

Energiatehnoloogia instituut

**EELISOLEERITUD KAUGKÜTTETORUSTIKU
LEKKEOTSIMISSÜSTEEM**

**PREINSULATED DISTRICT HEATING PIPE LEAKAGE
DETECTION SYSTEM**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Kasper Valliste

Üliõpilaskood: 183294MASM

Juhendaja: Igor Krupenski, lektor

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/magistritööle esitatud nõuetele

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

Juhendaja:

/allkiri/

Kaitsmisele lubatud

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

Kaitsmiskomisjoni esimees:

/nimi ja allkiri/

Energiatehnoloogia instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Kasper Valliste, 183294MASM
Õppekava, peeriala: MASM02/18, Energiatehnoloogia ja soojusenergeetika
Juhendaja(d): lektor, Igor Krupenski, 58003989

Lõputöö teema:

Eelisoleeritud kaugküttetorustiku lekkeotsimissüsteem
Preinsulated district heating pipe leakage detection system

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Kaugküttevõrkude lekkeotsimissüsteemi üldine tutvustus
2. Lekkeotsimissüsteemi projekteerimine ja ehitamine
3. Lekete otsimine ja selle süsteemi haldamise meetodite tutvustus

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Lõputöö teema valimine, kinnitamine ja kava koostamine	Veebruar 2020
2.	Info kogumine	Aprill 2020
4.	Töö kirjutamine	Mai 2020
5.	Töö vormistamine ja esitamine	Juuni 2020

Töö keel: Eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** ".....".....20.....a

Üliõpilane: ".....".....20.....a
/allkiri/

Juhendaja: ".....".....20.....a
/allkiri/

Programmijuht: ".....".....20.....a
/allkiri/

SISUKORD

EESSÕNA	5
SISSEJUHATUS	6
1 KAUGKÜTE	7
1.1 Soojuse tootmine	7
1.2 Soojuse jaotamine.....	8
1.3 Soojuse tarbimine	9
1.4 Kaugküte Eestis ja mujal maailmas	11
2 KAUGKÜTTETORUSTIK.....	13
2.1 Raudbetoonkanalis torustik.....	13
2.2 Eelisooleeritud terastorustik	15
2.3 Eelisooleeritud plasttorustik.....	18
2.4 Maapealne torustik	18
3 LEKKEOTSIMISSÜSTEEM.....	20
3.1 Nordic süsteem	20
3.2 Brandes süsteem.....	21
3.3 Alternatiivsed meetodid.....	22
4 LEKKEOTSIMISSÜSTEEMI ABIL PROBLEEMIDE LEIDMINE	23
4.1 Ahela takistuse mõõtmine	23
4.2 Isolatsioonitakistuse mõõtmine	25
4.3 Probleemi asukoha määramine	26
5 LEKKEOTSIMISSÜSTEEMI PLANEERIMINE JA PROJEKTEERIMINE	29
5.1 Ahelate planeerimine	29
5.2 Lekkeotsimissüsteemi projekteerimine	32
6 LEKKEOTSIMISSÜSTEEMI EHITAMINE	34
6.1 Muhvimine.....	34
6.2 Mõõtepunktid.....	36
6.3 Ehitusjärgne tegevus	39
7 LEKKEOTSIMISSÜSTEEMI HALDAMINE.....	40
7.1 Passiivne süsteem	40
7.2 Aktiivne süsteem.....	41
KOKKUVÕTE	44
SUMMARY	45
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	46
LISAD	46
Lisa 1 Lekkeotsimissüsteemi projekteerimise plaan.....	49
Lisa 2 Lekkeotsimissüsteemi projektjoonis.....	50
Lisa 3 Lekkeotsimissüsteemi kontrolli protokoll	51

EESSÕNA

Antud magistritöö teema sai valitud autori kokkupuutest kaugküttevõrkude lekkeotsimissüsteemiga töötades ettevõttes Adven Eesti AS, kus autori üheks tööülesandeks oli hallata Adven Eesti AS-le kuuluvate kaugküttevõrkude lekkeotsimissüsteemi. Tööülesande täitmine osutus väga suureks katsumuseks kuna informatsioon selle kohta oli kesine ning väljaõpe toimus ainult suust-suhu varem sellel ametil töötanud inimese kaudu. Autor loodab selle magistritööga olla abiks teistele, kes vajavad selle süsteemiga töötamise kohta rohkem informatsiooni, olgu nad kaugküttevõrkude projekteerijad, ehitajad või haldajad.

Töö jaoks vajalik informatsioon on pärit enamjaolt autori töökogemusest. Teoreetilistest teemade seletamiseks on kasutatud erinevaid arengukavasid, uurimistöid, aruandeid ja dokumente.

Töö koostaja soovib tänada oma lähimaid kolleege Advenis ning oma juhendajat Igor Krupenskit.

Käesolev magistritöö tutvustab lühidalt kaugkütte olemust, tänapäeval kasutatavat kaugküttetorustikku ning sellesse integreeritud lekkeotsimissüsteemi ja proovib anda nõuandeid kuidas süsteemi abil leida lekkeid ning kuidas seda projekteerida, ehitada ja hallata.

Kaugküte, eelisoleeritud torustik, lekkeotsimissüsteem, magistritöö.

SISSEJUHATUS

Kaugküte on teinud viimaste aastakümnete jooksul hüppelisi arenguid: kasutusele on võetud efektiivsemaid viise kuidas soojust toota, jaotada ja ka tarbida modernsete katelde, torustike ja soojussõlmede näol. Mugavus ja efektiivsus on teinud kaugkütte väga ihaldusväärseks küttelahenduseks nii Eestis kui ka mujal maailmas.

Üheks suureks sammuks kaugkütte arengus on olnud eelisooleeritud torustike kasutuselevõtt. Võrreldes kaugkütte algusaastatel ehitatud raudbetoonkanalis torustikega on need tunduvalt väiksemate soojuskadudega ning neid on ka mõnes mõttes kergem ehitada. Eelisooleeritud torudega on paralleelselt kasutusele võetud ka uuemat sorti lekete otsimise süsteem, mis võimaldab elektrilise takistuse mõõtmise abil tuvastada eelisooleeritud torude vigastada saamist või isolatsiooni niiskumist.

Eelisooleeritud toru lekkeotsimissüsteem on Eesti jaoks üpris uus tehnoloogia ning selle kohta on väga vähe eestikeelset materjali. Selle tõttu on ka olnud raskusi erinevatel ettevõtetel ja kohalikel omavalitsustel lekkeotsimissüsteem juurutamisel kuna puudub informatsioon kuidas seda korrektselt projekteerida, ehitada ning hiljem hallata. Tehes pisikesi vigu nende protsesside jooksul on võimalik süsteem muuta kas osaliselt või täielikult kasutuskõlbmatuks.

Selle töö eesmärk on panna kirja tähtsamad põhimõtted lekkeotsimissüsteemiga töötamisel, et tõsta projekteerijate, ehitajate ning kaugküttevõrkude haldajate teadlikust selle süsteemi kasutamise osas. Töö võib ka olla aluseks hiljem laiahaardelisema juhendmaterjali koostamiseks lekkeotsimissüsteemi osas. Paremate üleüldiste teadmistega saab vältida suurte vigade tekkimist ning annab kaugküttevõrkude haldajatele suure abimehe, millega on võimalik tõsta neile kuuluvate kaugküttestorustike efektiivsust ja eluiga.

Töö on jaotatud seitsmesse peatükki, kus on puudutatud kaugkütet, kasutatavaid torustikke ja lekkeotsimissüsteemi üldiselt ning hilisemates peatükkides on antud nõuandeid kuidas lekkeotsimissüsteemi planeerida, projekteerida, ehitada, hallata ning kuidas selle abil ka lekkeid leida.

1 KAUGKÜTE

Eesti kaugkütteseaduse järgi on kaugküte soojuse tootmine ja selle jaotamine tarbijatele võrgu kaudu. Kaugküttesüsteem koosneb üldiselt kolmest tähtsast osast:

- soojuse tootmine,
- soojuse jaotamine,
- soojuse tarbimine. [1]

1.1 Soojuse tootmine

Soojuse tootmine käsitleb kõiki seadmeid ning tehnilisi vahendeid, mille eesmärk on toota soojusenergiat. Ajalooliselt on vastutanud selle eest kaugküttesüsteemis katlamaja: hoone, mis majutab ühte või mitut katelt, mis muundavad erinevates kütustes oleva keemilise energia soojusenergiaks. [1, 2]

Peamisteks kütusteks kaugküttekateldes on maagaas ja hakkepuit. Maagaasil töötavad katlad on väga kergesti automatiseeritavad, mugavad ning töökindlad, mis teevad need väga mõistlikuks valikuks kaugküttevõrkudes kasutamiseks, eelkõige nende töökindluse tõttu: katlamaja seisak kaugküttevõrgus tähendab soojusenergia puudujääki mitte ühele, vaid mitmele tarbijale. [3, 4]

Maagaas on aga fossiilne kütus ning tingitud Euroopa Liidu poolt seatud eesmärkidest suurendada taastuvenergia kasutamise osakaalu energeetikas on läinud käiku mitmeid kütusevahetuse projekte, millega on võetud paljudes katlamajades kasutusele hoopis hakkepuit. Eesti Vabariik on ka aktiivselt läbi Keskkonnainvesteeringute Keskuse aidanud selliseid projekte rahastada, mis on teinud hakkepuidu kasutuselevõtmise kaugküttesüsteemidele majanduslikult atraktiivsemaks. Hakkepuit kütusena aga nõuab palju rohkem tähelepanu ja keerukamaid süsteeme kui maagaas. [3, 5]

Mingil määral on leidnud kütustena kasutust ka põlevkivi, erinevad õlid, puidupelletid, saepuru, turvas ning isegi ka olmejäätmed. Nendel kütustel aga on omad spetsiifilised iseärasused mis piiravad nende laialdasemat kasutamist. [3, 4]

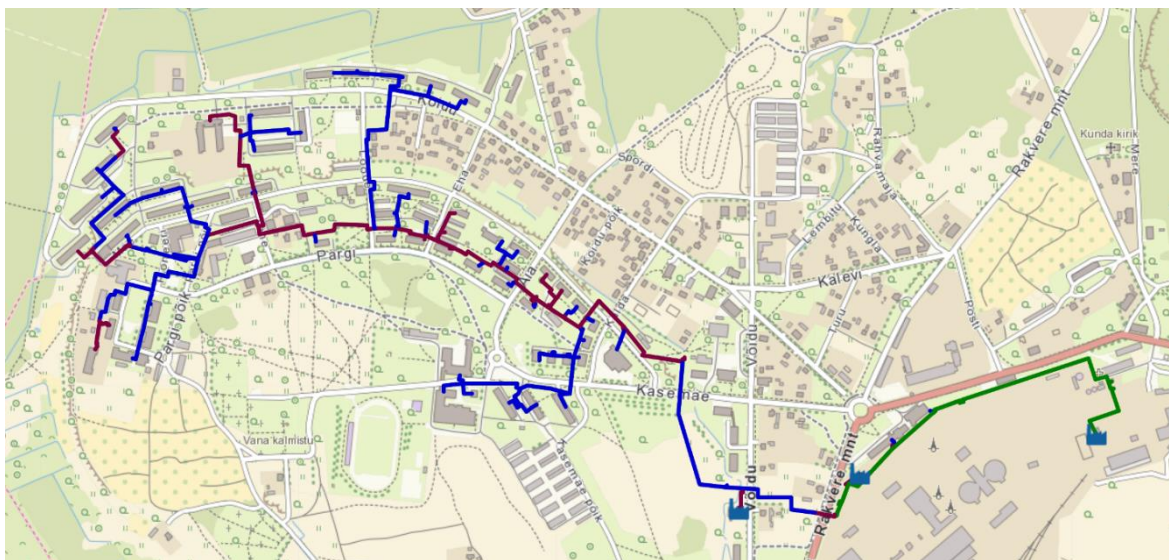
Suurimates kaugküttevõrkudes toodavad soojust koostootmisjaamad: jaamad, kus toodetakse samal ajal nii elektri- kui ka soojusenergiat. Kuna elektrienergia tootmise kasutegur on üpris madal, siis otstarbekas on järgi jääv heitsoojus ära kasutada. Koostootmisjaamad rajatakse tavaliselt väga suurte võimsustega, seega parimaks heitsoojuse ära kasutamise viisiks ongi kaugküte. Tuntumad sellised on Eestis Vao ja Iru koostootmisjaamad, mis aitavad varustada suurt osa Tallinnast soojusenergiaga. [6, 7]

Tulenevalt tehnoloogiate arengust on võimalik oodata tulevikus ka teistel meetoditel soojuse tootmist kaugkütte jaoks. Võimalikeks alternatiivideks on päikesekollektorid, soojuspumbad, geotermaalenergia ja ka tehnoloogilistest protsessidest saadav heitsoojus. Nende kasutamine aga eeldab kapitaalseid muudatusi olemasolevates kaugküttesüsteemides, mis ei pruugi olla kergesti teostatavad. [8]

1.2 Soojuse jaotamine

Katlamajades toodetud soojus on vaja ka kuidagi tarbijateni viia ning selle eest vastutab kaugküttesüsteemis kaugküttetorustik ehk teisisõnu kaugküttevõrk. Kaugküttevõrk on torustike ja seadmete kogum, mille kaudu katlamajas üles kuumutatud vesi viiakse tarbijani, andes seejärel tarbijale üle vees olev soojusenergia. Kaugküttevõrgus olev vesi on pidevas ringluses: peale tarbijale soojuse üleandmist liigub madalama temperatuuriga vesi katlamajja tagasi, et protsessi korrata. [1, 2]

2017. aasta seisuga oli Eestis töös 1455 km [9] kaugküttevõrku. Näide ühest kaugküttevõrgust on joonisel 1.1, kus erinevad kaugküttetorustiku tüübid on eraldatud värvidega (roheline – maapealne, sinine – raudbetoonkanalis, punane – eelisoleeritud, hilisemas peatükis on need torustiku tüübid detailsemalt lahti seletatud).



Joonis 1.1 Kunda linna kaugküttevõrgu plaan [10]

Kaugküttevõrke saab iseloomustada mitmete näitajatega. Kõige tähtsam nendest on võrgu temperatuurigraafik, mis sätestab kaugküttevõrgus tarbijani jõudva (pealevoolu) vee temperatuuri sõltuvalt välisõhutemperatuurist ning tarbijalt tagasi tuleva (tagasivoolu) maksimaalselt lubatava vee temperatuuri. Ilma kindla graafikuta on võimatu ehitada korralikult töötavat kaugküttesüsteemi. Pealevoolu maksimaalsed

temperatuurid jäävad võrkudes sageli vahemikku 80 – 120°C. Kõrgem temperatuur torustikes aga suurendab ka soojuskadu pinnasesse ning see ajendab kaugkütteettevõtteid langetama kasutusel olevaid temperatuure. [8]

Lisaks eelnevale on olemas ka mitmed näitajad, mis kirjeldavad kaugküttevõrgu efektiivsust. Nendeks on näiteks:

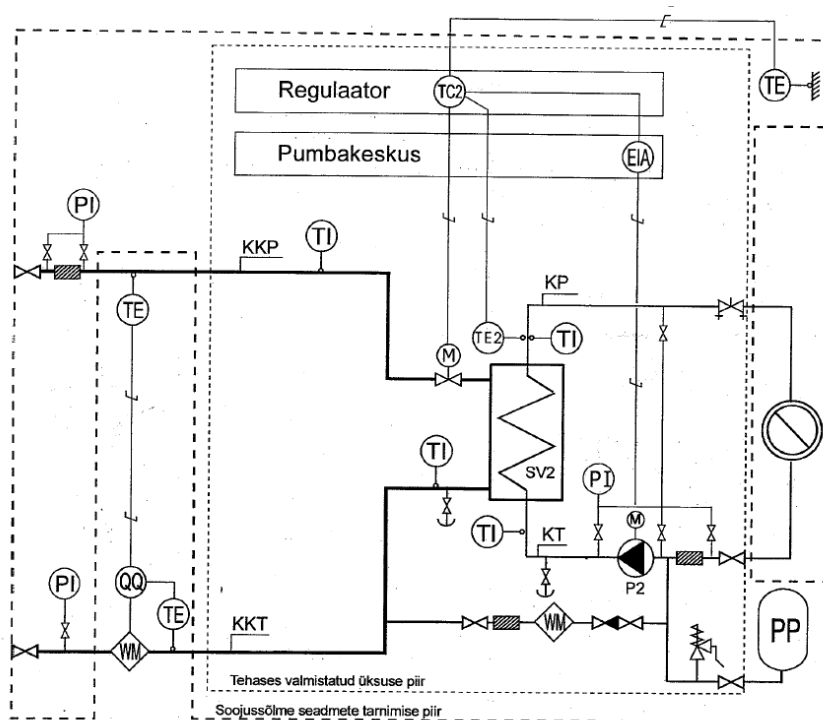
- võrgukaod (kui palju soojust läheb kaduma soojuse jaotamise käigus);
- tarbimistihedus (kui palju soojusenergiat tarbitakse ühe võrgu meetri kohta);
- erikoormuse karakteristik (soojustarbimise suhe võrgupikkuse ja keskmise diameetri korrutisse, näitab kui optimaalselt on võrk konfigureeritud). [3, 4]

Võrkude efektiivsuse üleval hoidmine on väga tähtis. Kui kaod on suured ja tarbimine väike, siis on oht, et võrk ei ole jätkusuutlik ning tuleks kaaluda alternatiivseid lahendusi.

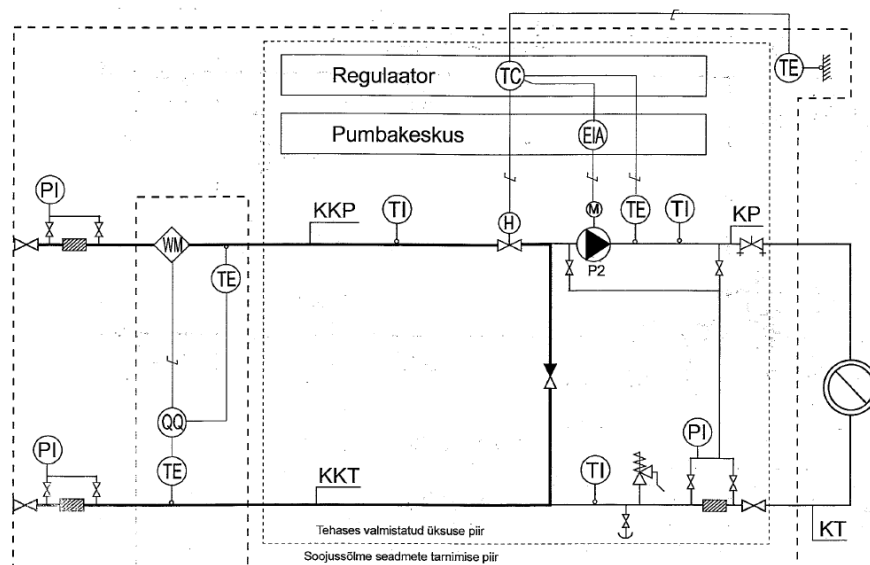
1.3 Soojuse tarbimine

Kaugküttevõrgu poolt tarbijale üleantava soojuse lõplikuks tarbimiseks on seadmete kogum, mida nimetatakse kaugkütteseaduse järgi tarbijapaigaldiseks. Tarbijapaigaldise südames paikneb soojussõlm: seadmestik, mis muudab kaugküttevõrgus ringleva vee parameetrid sobivaks kasutamaks hoonete kütte-, ventilatsiooni- ja tarbeveesüsteemides. Soojussõlme ülesanne on ka täpsemalt reguleerida hoone soojusega varustamist vastavalt vajadusele. Soojussõlme koosseisu kuulub mitmeid erinevaid väiksemaid seadmeid nagu soojusvahetid, reguleerseadmed, mõõteseadmed, paisupaagid ja ringluspumbad. [1, 2, 11, 12]

Tänapäeval on kasutusel sellised soojussõlmed, mis eraldavad tarbija soojuskandjad kaugküttevõrgu soojuskandjast soojusvahetitega. Sellised soojussõlmed vähendavad kaugküttevõrgus esinevate probleemide mõju tarbija süsteemile (nagu näiteks õhu või sette kogunemine). Mitmed soojussõlmed on veel Eestis aga vanemat tüüpi, kus kaugküttevõrgu vesi ringleb läbi hoones olevate radiaatorite ning parameetrite muutmine saadakse segamise teel: võrgust tulev vesi segatakse osaliselt võrkku tagasimineva veega, et saavutada sobiv temperatuur. Soojusvahetiga soojussõlme skeemi on näha joonisel 1.2 ja ilma soojusvahetita skeemi on näha joonisel 1.3. [11, 12]



Joonis 1.2 Soojusvahetiga sõlme skeem [12]



Joonis 1.3 Segamissõlme skeem [12]

Soojusenergiat saab hoonetes ära kasutada mitmes süsteemis, millest peamine on küttesüsteem. Küttesüsteemi eesmärk on hoida hoone siseruumides normidekohane õhutemperatuur ning see saavutatakse radiaatorite või põrandakütte abil. Mõningates hoonetes on kasutusel küttesüsteemi abistamiseks ka ventilatsioonisüsteemid, mis samuti tõstavad õhutemperatuuri. Lisaks võib kasutada soojust ära hoones sooja tarbevee valmistamiseks või ka tööstuses erinevateks tehnoloogilisteks protsessideks. [11, 12]

1.4 Kaugküte Eestis ja mujal maailmas

Esimene kommertslik kaugküttevõrk ehitati aastal 1877 USA linnas Lockport. Süsteemi loojaks oli Birdsill Holly, kes ehitas oma maja keldris asuvast katlast 305-meetrise torustiku kõrvalmajade kütmiseks. Torustik oli rauast ning kaetud asbesti, vildi ja paberiga. Holly tehniline lahendus osutus väga edukaks ning ta lõi oma ettevõtte Holly Steam Combination Company, mis haldas aastaks 1879 juba viis kilomeetrit kaugküttetorustikku. Holly kaugküttevõrkudes oli soojuskandjaks veeaur. Aastal 1909 oli USA-s kokku juba ligikaudu 150 kaugküttesüsteemi, kuigi paljud neist ei olnud väga kasumlikud. Pärast teist maailmasõda kaugkütte areng USA-s seiskus, sest fossiilkütuste ja elektri kasutamine sai hoo sisse. [13]

Samal perioodil arendati kaugkütet ka Euroopa riikides (eriti Skandinaavia maades) ning ka Venemaal. Venemaa esimene kaugküttevõrk rajati Peterburis, kus soojuskandjaks oli turbiinides töötanud aur. Nõukogude Venemaa plaanides rõhutati soojuse ja elektri koostootmise ja tööstusliku jääsoojuse kasutuselevõtu arendamise vajadust ning see pani alguse sotsialismimaades laialdasema kaugkütte kasutuselevõtu. [13]

Eestis sai kaugküte alguse Kohtla-Järvel, kus hakati hooneid sellel viisil kütma aastal 1949. Aastal 1959 valmis ka esimene kaugküttevõrgu lõik Tallinnas ja seejärel hakati seda arendama ka mitmes teistes Eesti asulates. 1960ndate alguses hakkas Eesti NSVs massiline kortermajade ehitamine ning nendega paralleelselt ka kaugküttevõrkude rajamine. Võrkude varustamiseks ehitati mitmeid veesoojenduskatlaid ja aurukatlaid, mille põhikütusteks oli masuut, kivisüsi ja hiljem ka gaas ja põlevkiviõli. [13]

Kortermajade ehitamine jätkus 1980ndate lõpuni ning plaan oli seda jätkata veelgi, mille tõttu ehitati kaugküttevõrgud suure varuga. Kuna soojuse hind oli sellel ajal suhteliselt tühine, siis ei pööratud palju tähelepanu ka soojuskadudele. Sellel ajal tehtud otsuste tõttu on aga mitmed kohad tänapäeval silmitsi probleemiga: võrgud on üledimensioneeritud ning soojuskaod on tänaste kütusehindade juures liiga suured. Probleemi lahendamiseks on alustatud suurtes mahtudes kaugküttevõrkude rekonstrueerimisega, et muuta kaugküte efektiivsemaks ja jätkusuutlikumaks. Sarnaselt katlamajade kütusevahetusele toetab ka võrkude rekonstrueerimist Keskkonnainvesteeringute Keskus. [13, 5]

Tänaseks on Eestis kaugküte reguleeritud äri. Soojuse tootmise, jaotamise ja müügiga seonduvad tegevused ja võrguga liitumine on reguleeritud kaugkütteseadusega. Tegevused peavad olema koordineeritud, objektiivsed, võrdselt kohtlevad ning läbipaistvad, et tagada kindel, usaldusväärne, efektiivne, põhjendatud hinnaga ning keskkonnanõuetele ja tarbijate vajadustele vastav soojusvarustus. Mitmetes kohalikes

omavalitsustes on moodustatud kaugküttepiirkondi ehk alasid, kus tarbijaid varustatakse soojusega kasutades eelkõige kaugkütet. Sellistes alades on kaugkütteettevõtted monopoolses seisus, aga selle peamine eesmärk on siiski hoida töötavaid kaugküttevõrke jätkusuutlikena. Kaugküttevõrkudes müüdava soojuse piirhind on reguleeritud Konkurentsiameti poolt. Piirhind arvutatakse võrguettevõtja kulude põhiselt ning Konkurentsiameti kohustus on kontrollida, et piirhind sisaldaks ainult põhjendatud kulusid ja tulukust. Piirhind määratakse üheks kuni kolmeks aastaks. [1, 3, 13]

Aastal 2012 tarbiti Eestis 16 TWh soojust, millest umbes 45% moodustas kaugküte. Terves maailmas moodustab kaugküte ligikaudu 8% ning Euroopas 13% soojusenergiast. Kaugküte osakaal on ligikaudu 50% või rohkem Islandis, Taanis, Rootsis, Soomes, Lätis, Leedus, Poolas, Venemaal ja Hiina põhjaosas. Väga palju kaugküte potentsiaali aga on jäänud maailmas kasutamata. [9, 14]

Tehnoloogiliselt on kaugküte igal pool maailmas samasugune, kuid esineb ka mõningaid erandeid. Üheks näiteks on kasutatav soojuskandja: praktiliselt kõik kaugküttevõrgud maailmas on läinud veeauru asemel üle veele (kuna veeaur on väga ebaefektiivne soojuskandja) peale mõne nagu näiteks Manhattani linnaosa võrk New Yorkis või Pariisi kesklinna võrk. Teiseks näiteks võib tuua soojuse mõõtmise: Euroopa riikides kasutatakse soojusarvesteid, mis mõõdavad tarbija poolt kasutatud soojust, aga Venemaal ja Hiinas on olnud traditsiooniks küsida püsihinda vastavalt hoone köetavale pinnale. Võrdlemispunktiks saab veel tuua ka kasutatava kütuse: Hiinas on veel kivisüsi väga populaarne ning Venemaal kasutatakse peamiselt maagaasi. Euroopa riikides on aga trend taastuvate kütuste kasutamise suunas. [14]

2 KAUGKÜTTETORUSTIK

Kaugküttetorustik on kahetoruline süsteem, millega transporditakse soojuskandjaga soojusenergiat katlamajast tarbijateni. Kaks toru on vajalik sellepärast, et soojuskandja on pidevas ringluses ning muutub ainult selles sisalduv soojuse kogus. Toru, mille kaudu soojuskandja liigub katlamajast tarbija poole kutsutakse pealevooluks ning toru, mille kaudu soojuskandja liigub katlamajja tagasi kutsutakse tagasivooluks. Torude materjaliks on reeglina teras kuid toodetakse ka roostevabast terasest, plastist ning vasest torusid, mida kasutatakse spetsiifilistes olukordades. Kuna kaugküttetorustiku eesmärk on transportida soojust, siis on paratamatu ka soojusülekande teke toru ja väliskeskkonna vahel. Selle vähendamiseks kaetakse kõik kaugküttetorud soojusisolatsiooniga. Aegade jooksul on tekkinud mitu standartset kaugküttetorustiku tüüpi, mida kasutatakse või on kasutatud peaaegu kõikides kaugküttevõrkudes:

- raudbetoonkanalis torustik,
- eelisoleeritud terastorustik,
- eelisoleeritud plasttorustik,
- maapealne torustik.

2.1 Raudbetoonkanalis torustik

Nimetatud tüüpidest kõige vanem. Raudbetoonkanalis torustikke rajati Nõukogude Liidu ajal ning suur osa nendest on kasutusel tänaseni. Torustiku materjaliks oli teras ning see isoleeriti ehitamise käigus mineraal- või klaasvillaga ja kaeti omakorda ruberoidiga. Mõningate vanemate torustike isoleerimiseks kasutati ka asbesti. Torud paiknesid maalustes raudbetoonkanalites, mis kaitsesid torustikku pinnase eest. Tänapäevaks alles jäänud seda tüüpi torustiku kvaliteet on märgatavalt halvenenud: isolatsioon on niiskunud või üldse torude pealt maha tulnud ning toru ise korrodeerunud. Tihti esineb ka kanalite kokkuvajumist. Raudbetoonkanalis torustikku on näha joonisel 2.1. [3, 13]



Joonis 2.1 Raudbetoonkanalis torustik [10]

Kaugküttevõrgu teenindamiseks (lõikude sulgemine, tühjendamine) rajati maaaluseid kambreid, kust oli võimalik torustiku kraane avada ja sulgeda. Kambreid tehti erinevates suurustes kuid tavaliselt olid need piisavalt suured, et inimene mahuks seal sees tööd tegema. Näidet kambrist on näha joonisel 2.2.



Joonis 2.2 Raudbetoonkanalis torustiku kamber [10]

Tulenevalt eelnevalt mainitud raudbetoonkanalis torustike probleemidest (kõrged soojuskaod, üledimensioneeritus, kvaliteedi halvenemine) proovitakse võimalikult palju seda tüüpi torustikku asendada uuemat tüüpi torustikuga – eelisoleeritud torustik.

2.2 Eelisoleeritud terastorustik

Eelisoleeritud torustik on saanud oma nime sellest, et torud isoleeritakse juba tehases ära ning tarnitakse sellisena ehitusobjektile. Torulõike saab tellida standartsete pikkustega (6, 12 ja 16 m, sõltuvalt mingil määral toruläbimõõdust) ning vajadusel lõigata lühemaks. Tavaliselt kasutatakse torumaterjalina terast. [15]

Eelisoleeritud torude isoleerimiseks kasutatakse polüuretaanvahtu, mis kaetakse omakorda kõva polüetüleenkihiga (HDPE), mida on võimalik kergesti ära tunda selle mustast värvusest. Sageli pannakse nende kahe kihi vahele ka difusioonitõke, mis takistab vahus sisalduvate gaaside eraldumist, et säilitada isolatsiooni kvaliteeti pikemaks ajaks. Polüuretaanvaht töötab väga hea soojusisolatsioonina ning selle peal olev HDPE kiht kaitseb vahtu ja toru vee ning pinnase eest. Isolatsiooni paksus on sarnaselt torulõikude pikkusele standartset määratud ning erinevad paksused on jaotatud kolme isolatsiooniklassi: I, II ja III, kus III on kõige paksema isolatsiooniga. Eestis eelistatakse II klassi torusid. [15]

Erinevalt vanemast torustiku tüübist paigaldatakse eelisoleeritud torud raudbetoonkanali asemel otse pinnasesse, milleks on reeglina peeneteraline liiv, et tagada toru ohutus ja ühtlane hõõrdumine. Eelisoleeritud torustikku on näha joonisel 2.3. [15, 16]



Joonis 2.3 Eelisoleeritud torustik [10]

Sarnaselt torulõikudele isoleeritakse tehases ka muud eelisooleeritud torustiku osad nagu näiteks sulgemiskraanid, hargnemiselemendid, põlved jne. Torustik ehitatakse põhimõtteliselt modulaarselt: torustiku elemendid keevitatakse kokku ning keevituste kohad isoleeritakse ära kasutades jätkupakendeid (kutsutakse ka nimega „muhv“). Jätkupakendeid on mitmeid erinevaid tüüpe ning iga kaugkütteeettevõtte eelistab erinevat. [15, 17]

Eelisooleeritud torustike puhul ei kasutata enam suuri kambreid, et neid teenindada. Selle asemel kasutatakse väikestes plastkaevudes olevaid maakraane, mida on võimalik kergesti kasutada ilma kaevu ronimata. Näidet eelisooleeritud torustiku kaevust on näha joonisel 2.4.



Joonis 2.4 Eelisooleeritud torustiku kaev [10]

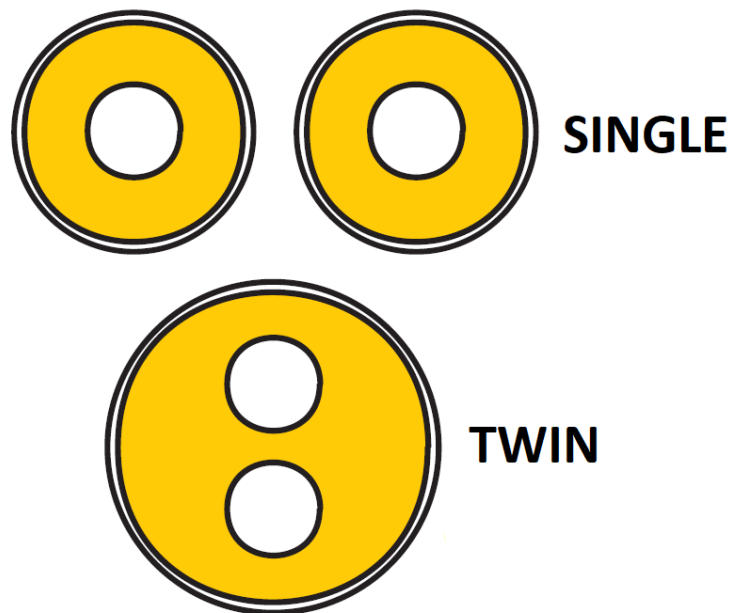
Eelisooleeritud torusid on võimalik ka tellida selliseid kus pealevoolu ja tagasivoolu torud on ühe isolatsiooni sees. Selliseid torusid kutsutakse *Twin*-torudeks (teine tüüp on vastavalt *Single*-toru). *Twin*-torude kasutamisel on mitmeid eeliseid:

- soojuskaod on väiksemad,
- kokkuvõttes läheb *Twin*-toru tootmiseks vähem materjali,
- torustiku kaevikud on väiksemad ning torustik võtab ise vähem ruumi,
- torustiku paiknemise projekteerimine on kergem,
- ehitamisel on vaja kasutada vähem jätkupakendeid. [15, 18]

Sellegipoolest eelistavad mõned ettevõtted kasutada *Single*-torusid kuna nende keevitamine on kergem ning remont odavam. *Twin*-toru puhul eeldab remont nii pealevoolu kui tagasivoolu toruelemendi välja vahetamist (eriti suur hinnavahe võib tekkida kui probleem peaks olema kraanielemendis) kuigi probleem võib olla ainult

näiteks pealevoolu torus. Paratamatult aga tekib olukordi kus ka need ettevõtted on sunnitud kasutama *Twin*-toru: näiteks kui kaugküttetorustiku jaoks on jäetud väga kitsas ala teiste maa-aluste kommunikatsioonide vahele.

Tingitud eelisoleeritud torustiku modulaarsusest on võimalik kasutada ühes kaugküttevõrgus nii *Single*- kui ka *Twin*-toru korraga. Nende ühendamiseks toodetakse mitmeid erinevaid elemente, millega on võimalik minna üle ühelt tüübilt teisele. Näiteks tehakse selliseid põlvi, hargnemisi ja ka Y-kujulisi sirgeid üleminekuid (mida kutsutakse ka nimega „püksid“). Mõningates kaugküttevõrkudes kasutatakse seda võimalust maksimaalselt ära: magistraaltorud tehakse *single*-torudest ning väiksemad hargnemised tehakse *twin*-torudest. *Single*- ja *Twin*-torude ristlõikeid on näha joonisel 2.5. [15]



Joonis 2.5 *Single*- ja *Twin*-torud [17]

Kõiki eelisoleeritud toruelemente on võimalik tellida koos kahe isolatsiooni sees paralleelselt jooksva metalltraadiga. Need traadid moodustavad kaugküttetorustiku lekkeotsimissüsteemi (selle töö peamine fookus, millest on detailsemalt juttu hilisemates peatükkides). [15]

2.3 Eelisoleeritud plasttorustik

Eelisoleeritud torusid tehakse terase asemel ka erinevatest plastidest. Põhiliselt selliseks plastiks on PEX, ehk ristseotud polüetüleen. Sellised torud on põhimõtteliselt väga sarnased terastorustikele, aga nende puhul peab silmas pidama mõningaid erinevusi:

- üle 110 mm läbimõõduga plasttorusid ei toodeta, terasest torusid on aga võimalik saada kuni lausa 1200 mm läbimõõduga,
- plasttorusid toodetakse kuni 100 meetriste rullidena,
- plasttoru on väga painduv ning põlvi ei ole vaja kasutada,
- plasttorud ei pea vastu suurtele temperatuuridele (pikaajaline max umbes 85°C, terasel 120°C),
- lekkeotsimissüsteemi plasttorudesse ei paigaldata,
- plasttoru soojuspaisumine on minimaalne, seega puudub vajadus kinnistugede ja kompensatorite järele,
- plastist sulgemiskraane ei toodeta, seega kasutada tuleb eelisoleeritud terastorustiku kraanielemente või paigaldada kuulkraanid suuremasse kaevu või kambrisse,
- plasttorustiku osad ühendatakse omavahel ja terastorustikuga osadega pressliitmike abil. [15, 17]

Tulenevalt eelisoleeritud plasttorude iseärasustest kasutatakse neid erandjuhtudel. Kõige piiravamateks asjaoludeks on läbimõõt ja temperatuurid. Paljud kaugküttevõrgud on piisavalt suured ning selliste temperatuuridega, et plasttorusid ei ole võimalik kasutada. Sellegipoolest leiavad plasttorud kasutust kohtades kus on vaja paindlikkust, ehituse lihtsustamist või raha säästmist.

2.4 Maapealne torustik

Mõningates kohtades on veel näha ka kaugküttetorustikke, mis kulgevad hoopis maa peal. Sellised torud on enamjaolt pärit samast ajast kui raudbetoonkanalis torustik ning ehituselt on nad ka väga sarnased. Raudbetoonkanali asemel istub maapealne torustik aga tugevate peal, mis võivad olla kõrgusega paar detsimeetrit kuni paar meetrit. Maapealsete torustike ehitamise põhjuseid võib olla erinevaid. Peamine eelis on raha kokkuhoid: ehitamiseks ja remontimiseks ei ole vaja teha kaeve- ja taastamistöid, mis moodustavad hinnast märgatava osa. Kõige enam näeb maapealseid torustikke tööstuspiirkondades, kus torustik ei sega elanikke. Maapealset torustikku on näha joonisel 2.6. [3]



Joonis 2.6 Maapealne kaugküttetorustik [10]

Kõik sellised torud ei ole vanad. Mõningad lõigud võivad olla lähiajal rekonstrueeritud või uuesti isoleeritud kuna ka need on jõudmas oma eluea lõpuni. Uuemad maapealsed torud isoleeritakse fooliumkattega kivivillast koorikutega ning kaetakse tsingitud plekist ümbrisega, mis kaitseb isolatsiooni erinevate füüsiliste kahjustuste eest ja takistab selle mahatulemist.

Maapealse torustiku kraanide kasutamine on imelihtne kuna kraanidele on reeglina vaba ligipääs (mõndades kohtades võib vaja minna tõstukit). Samuti on see veel üks raha kokkuhoiu koht kuna ei ole vaja ehitada kambreid ega kaeve.

3 LEKKEOTSIMISSÜSTEEM

Kaugküttetorustike puhul on väga tähtis toru ja selle isolatsiooni kvaliteet. Mõlema suurimaks vaenlaseks on vesi: vees segunenud hapnik reageerib terasest toruga tekitades selle lagunemist ja niiskunud isolatsioon suurendab märgatavalt soojuskadusid. Torustike seisukorda tuleb pidevalt monitoorida ja probleemide tekkimisel tuleb võimalikult kiiresti reageerida. Selleks on kõiki kaasaegseid eelisoleeritud torusid võimalik varustada lekkeotsimissüsteemiga, millega saab väga kergelt ja kiiresti tuvastada vee tungimist torustiku isolatsiooni enne kui see suudab tekitada suuremat kahju. Välja on arenenud kaks erinevat süsteemi:

- Nordic (vaskkaablitega süsteem),
- Brandes (nikroomkaabliga süsteem).

3.1 Nordic süsteem

Nordic süsteemi puhul varustatakse kõik eelisoleeritud toruelemendid kahe vaskkaabliga (millest üks on selguse jaoks tinatatud), mis jooksevad paralleelselt läbi toruelementide isolatsiooni. Süsteem töötab elektrilise takistuse mõõtmise põhimõttel: polüuretaanvaht on nii halb soojusjuht kui ka halb elektrijuht, aga niiskumisel kaotab ta mõlemad omadused, seega mõõtes isolatsiooni elektrilist takistust on võimalik määrata kas vesi on tunginud isolatsiooni või mitte. Süsteem võimaldab lisaks lekke olemasolule tuvastada ka selle täpne asukoht ilma torustikku lahti kaevamata kasutades reflektomeetriat. Eelisoleeritud torusid koos Nordic süsteemiga on näha joonisel 3.1. [17, 19]



Joonis 3.1 Eelisoleeritud torud Nordic süsteemiga [20]

Vaskkaableid on torude sees kaks tükki, et moodustada elektriabel. Elektriabela tekitamine võimaldab kontrollida süsteemi terviklikkust ning aitab hinnata kui pikka torustiku lõiku süsteem haarab. Süsteem töötab kõige optimaalsemalt kui see on jaotatud väiksemateks osadeks, mida saab eraldi kontrollida. Nordic süsteem on enim levinud lekkeotsimissüsteem ning vaikumisi pakutakse Eestis selle torudesse lisamise võimalust. Seetõttu käsitletakse antud töös detailsemalt ainult Nordic süsteemi. [19]

3.2 Brandes süsteem

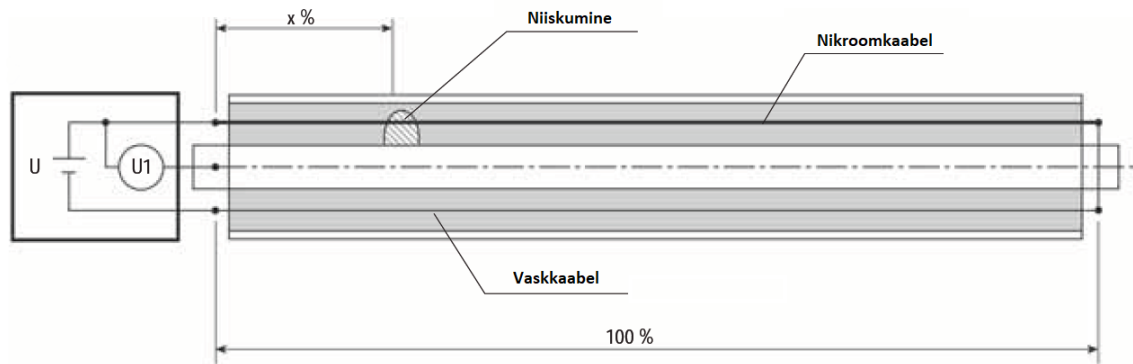
Brandes süsteemi (kasutatakse ka väga palju teisi nimesid) puhul varustatakse eelisoleeritud torud kahe isoleeritud kaabliga, millest üks on nikroomist (nikli ja kroomi sulam) ning teine vasest. Nikroomkaabli isolatsioon on perforatsiooniga iga kindla distantsi tagant ning vaskkaabel on oma terves ulatuses täielikult isoleeritud. Brandes süsteemi kaableid on näha joonisel 3.2. [21]



Joonis 3.2 Brandes süsteemi kaablid [22]

Brandes süsteem töötab sarnaselt Nordic süsteemile: kahe kaabliga moodustatakse elektriabel ning lekete olemasolu tuvastatakse mõõtes toruisolatsiooni elektrilist takistust. Põhiline erinevus kahe süsteemi vahel tekib lekke asukoha määramisel.

Lekke asukoha määramiseks tekitatakse Brandes süsteemi puhul kaablite ahelas pinget ning samal ajal mõõdetakse pinget toru ja nikroomkaabli vahel. Isolatsiooni niiskumisel moodustub kaablite ahelaga paralleelne ahel (kaabel, niiske isolatsioon ja toru) ning toru ja nikroomkaabli vahele ühendatud voltmeeter hakkab näitama pinget. Tulenevalt nikroomi väga kõrgest eritakistusest langeb enamik mõõdetust pingest nikroomkaablile. Kuna on teada tervele ahelale tekitatud pinget ning lekkeni kulgevale kaablile langev pinget siis saab nende suhte abil leida suhtelise kauguse lekkeni. Teades nikroomkaabli pikkust saab suhte abil omakorda leida täpse niiskumise kauguse ka meetrites. Asukoha määramise põhimõtet on näha joonisel 3.3. [21]



Joonis 3.3 Lekke asukoha määramine Brandes süsteemiga [21]

3.3 Alternatiivsed meetodid

Mitmetes kaugküttevõrkudes ei ole kõik torustikud asendatud eelisoleeritud torustikega ning nende puhul kasutatakse lekete leidmiseks teisi meetodeid nagu näiteks:

- võrguvee värvimine uraniiniga (lekkiv vesi on rohelse värvusega ning seda otsides on võimalik leida lekke ligikaudne asukoht),
- akustiline meetod (leke tekitab müra ning kindlate andurite abil on võimalik selle järgi leida lekke asukoht),
- võrgulõikude sulgemine (lekkiv vesi kaugküttetorustikus asendatakse pidevalt lisaveega ning sulgedes lekkiv lõik peatub vee asendamine),
- termograafia (leke tekitab suuri soojuskadusid pinnasesse ning infrapunakaameraga on võimalik leida koht, kus pinnase temperatuur on suurem kui mujal).

Ka eelisoleeritud toru puhul saab neid kasutada ning lekkeotsimissüsteem ei pea neid asendama. Kasutades mitmeid meetodeid korraga on võimalik märgatavalt suurendada täpsust ja vähendada eksimise riski. Kuna kaevetööde hind on üpris kõrge siis vea tegemine lekke asukoha määramisel võib osutuda väga kalliks.

4 LEKKEOTSIMISSÜSTEEMI ABIL PROBLEEMIDE LEIDMINE

Probleemi leidmiseks kasutades lekkeotsimissüsteemi tuleb läbida kolm sammu:

- lekkeotsimissüsteemi ahela takistuse mõõtmine,
- toruisolatsiooni takistuse mõõtmine,
- probleemi asukoha määramine.

4.1 Ahela takistuse mõõtmine

Kõikidel elektri kaablitel on elektriline takistus sõltuvalt nende ristlõikepindalast, pikkusest ja materjalist. Seda takistust on võimalik arvutada valemiga:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}, \quad (4.1)$$

kus R – kaabli takistus, Ω ,

ρ – kaablimaterjali eritakistus, $\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$,

S – kaabli ristlõikepindala, mm^2 ,

l – kaabli pikkus, m.

Nordic lekkeotsimissüsteemis kasutatakse 1,5 mm² läbimõõduga vasest kaableid. Vase eritakistus on 0,01678 $\Omega \cdot \text{mm}^2 \cdot \text{m}^{-1}$ [23]. Kui võtta ahela näitlikuks pikkuseks 100 m, siis saame leida selle eeldatava takistuse:

$$R = \frac{0,01678 \cdot 100}{1,5} \approx 1,12 \Omega$$

Lekkeotsimissüsteem aga ei ole terves ulatuses puhtast vasest. Ühendades eelisoleeritud toruelemente omavahel tuleb ka ühendada nendes olevad lekkeotsimissüsteemi kaablid. Nende ühenduste tõttu paratamatult suureneb ka ahela takistus. Kogemus ütleb, et ahelate takistused jäävad vahemikku 1,12 kuni 1,5 Ω 100 meetri kaabli kohta. Takistust saab ka näidata toru pikkuse kohta: ahelat moodustavaid kaableid on toru sees kaks tükki ning seetõttu on ahel alati kaks korda pikem kui toru, sellest tulenevalt jäävad takistused vahemikku umbes 2,24 kuni 3 Ω 100 meetri toru kohta.

Ahela takistuse mõõtmise eesmärk on kontrollida, et ahel oleks pidev ning et ahela ühendused on hea kvaliteediga. Kui mõõdetud takistus näitab seadme tehnilist lõpmatust, siis on tegemist katkenud ahelaga. Katkenud ahel võib tähendada ühte järgnevast:

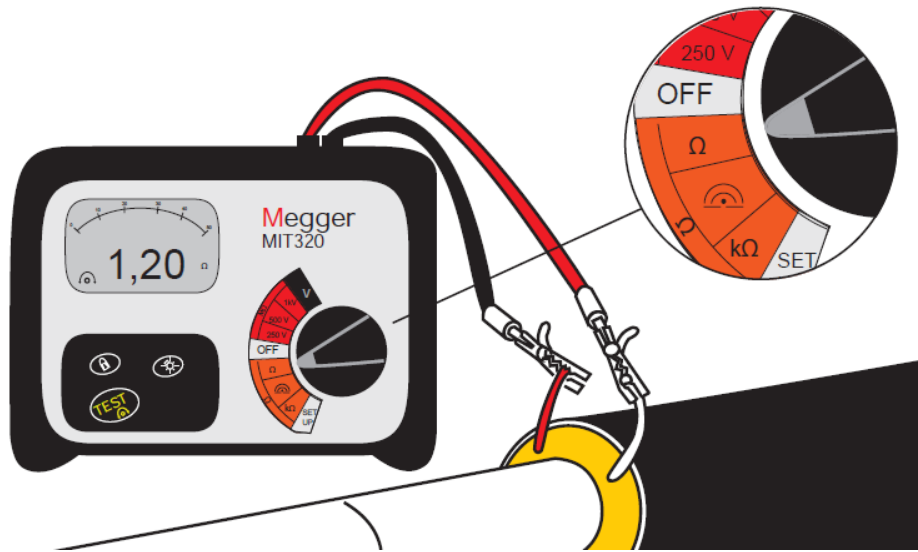
- toru on saanud piisavalt suure vigastuse, et katkestada isolatsioonis olev ahel,
- lekkeotsimissüsteemil on sekundaarne mõõtepunkt ning sealt on jäänud ühendamata,
- ehituse käigus ei ole kaableid omavahel ühendatud või ühendus ei ole jäänud piisavalt tugev ning kaablid on lahti tulnud.

Kui mõõdetud takistus erineb märgatavalt eeldatavast takistusest (aga ei ole tehniliselt lõpmatu), siis see võib tähendada, et ahel ei kulge nii nagu on arvatud (näiteks lekkeotsimissüsteemi dokumentatsioon erineb reaalsusest) või et kaablite ühendused on kehvad ning need suurendavad tavapärasest rohkem ahela takistust.

Ahela takistust saab mõõta paljude erinevate seadmetega nagu näiteks multimeetriga, isolatsioonitakistuse mõõtjaga või ka kõigest oommeetriga. Mõõtmiseks ühendatakse mõõteseadme otsad mõlema lekkeotsimissüsteemi kaabliga. Silmas tuleks pidada, et seade suudaks mõõta elektrilist takistust vahemikus 0 kuni 20 Ω täpsusega vähemalt 0,1 Ω . Mõningad eelisoleeritud torustiku tootjad (näiteks Logstor) on seadmete vajalikkusega arvestanud ning pakuvad neid ka oma tootekataloogides. Logstori poolt pakutavat seadet Megger MIT320 on näha joonisel 4.1 ning sellega ahela takistuse mõõtmise teostamist on näha joonisel 4.2. [15, 17]



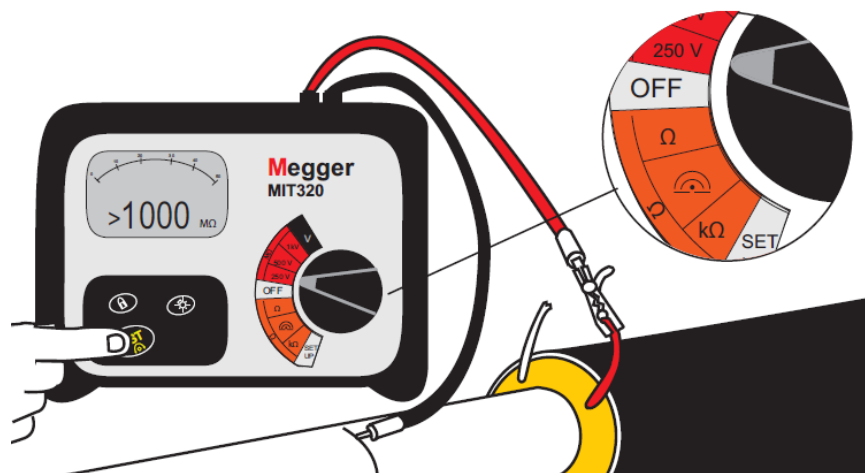
Joonis 4.1 Isolatsioonitakistuse mõõtja Megger MIT320 [24]



Joonis 4.2 Ahela takistuse mõõtmine Megger MIT320-ga [17]

4.2 Isolatsioonitakistuse mõõtmine

Saades ahela takistuseks rahuldava tulemuse võib olla kindel, et ahel on pidev ning lekkeotsimissüsteem kontrollib toru isolatsiooni seisukorda terves ahela ulatuses. Isolatsioonitakistuse mõõtmiseks ühendatakse mõõteseadme (megaoommeeter või isolatsioonitakistuse mõõtja) üks ots ühe lekkeotsimissüsteemi kaabliga ning teine ots toruga. Mõõtmine teostatakse kõrge pingega (250, 500 või 1000 V, soovitatakse pigem 250 või 500 V) kuni seadme näidu stabiliseerumiseni või 60 sekundi möödumiseni. Tulemus saadakse megaoomides. Isolatsioonitakistuse mõõtmist on näha joonisel 4.3. [17]



Joonis 4.3 Isolatsioonitakistuse mõõtmine Megger MIT320-ga [17]

Tulenevalt polüuretaanvahu halvast elektrijuhtivusest peaks seade näitama tehnilist lõpmatust. Kui see nii ei ole, siis võib probleemiks olla üks järgnevast:

- isolatsioon on niiskunud ning selle elektrijuhtivus on suurenenud (tulemus võib olla väga erinev sõltuvalt niiskumise tõsidusest: mida madalam tulemus megaoomides seda niiskem isolatsioon),
- lekkeotsimissüsteemi kaabel puudutab toru (tulemus väga madal, seade tavaliselt näitab 0 megaoomi),
- polüuretaanvaht on söestunud ning on hakanud juhtima elektrit (võib juhtuda kui näiteks ehituse käigus on proovitud kuivatada toru isolatsiooni leegipõletiga, tulemus sõltub tõsidusest nagu niiskumine),
- probleem väljaspool torustikku (näiteks lekkeotsimissüsteemi mõõtepunkt on saanud märjaks või mõõtepunkti kaablite isolatsioon on saanud vigastada ning kaablid puutuvad kokku).

Aktsepteeritav (kuid mitte ideaalne) tulemus isolatsiooni mõõtmisel on üle 10 M Ω , alla selle tuleb torustiku lõik võtta jälgimise alla. Takistuse langemisel alla 1 M Ω tuleb jätkata probleemi asukoha määramisega ning võimalusel selle likvideerimisega. [17]

4.3 Probleemi asukoha määramine

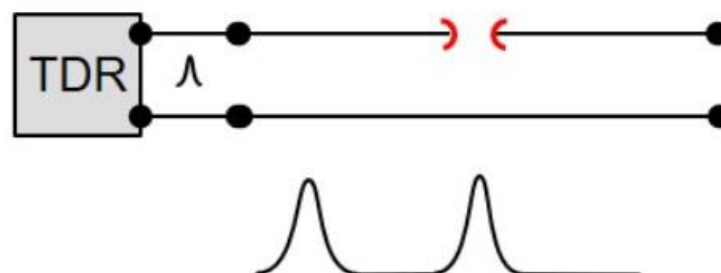
Tuvastades probleem ahela või isolatsioonitakistuse mõõtmisel on järgmiseks sammuks probleemi asukoha määramine. Selleks kasutatakse reflektomeetrit: seadet, mis saadab mööda kaablit elektromagnetlainet, mis peegeldub osaliselt seadmesse tagasi kohates kaablis näivtakistuse ehk impedantsi muutust. Reflektomeeter mõõdab erinevate peegelduste tagasijõudmise aega ning joonistab selle järgi graafiku. Teades laine levimiskiirust kaablis ning aega, mis võttis peegeldusel seadmesse jõudmiseks on võimalik leida peegeldumist põhjustava probleemi kaugus mõõtepunktist. Näidet reflektomeetrist on näha joonisel 4.4. [25, 26]



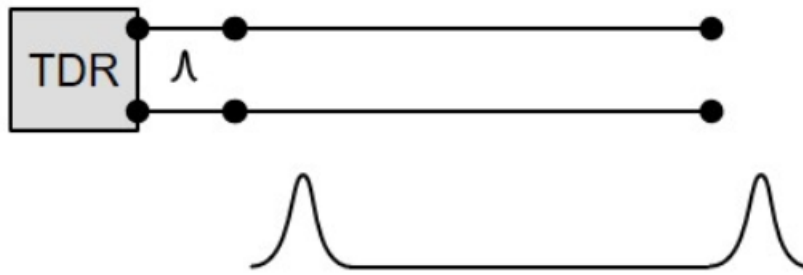
Joonis 4.4 Reflektomeeter Radiodetection 1205CX [27]

Reflektomeeter võimaldab leida mitmeid lekkeotsimissüsteemi poolt tuvastatud probleeme ning need ilmuvad seadme poolt joonistatud graafikule erinevalt. Reflektomeetriga on võimalik leida:

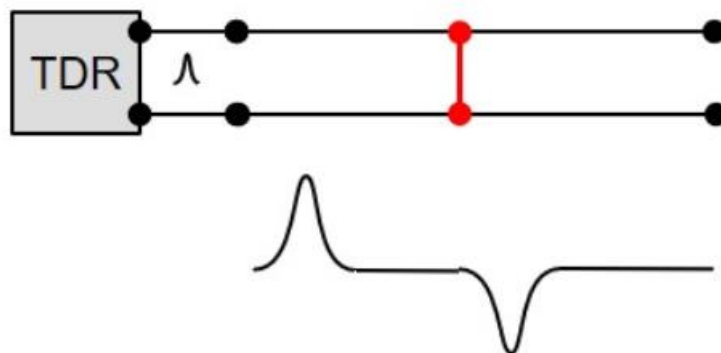
- ahela katkemist (katkemispunkt joonistub graafikule ülespoole kõverana, vt joonis 4.5),
- ahela pikkust (kui on teada, et ahel on pidev, siis ahela lõpp-punkt joonistub graafikule katkemispunktina ning selle kaugus on ahela kogupikkus, vt joonis 4.6),
- kaabli kokkupuudet toruga (joonistub graafikule allapoole kõverana, vt joonis 4.7),
- madala isolatsioonitakistusega kohti (joonistub graafikule sarnaselt joonisele 4.7, aga kõvera suurus sõltub isolatsioonitakistusest).



Joonis 4.5 Ahela katkemine [25]



Joonis 4.6 Ahela lõpp-punkt [25]



Joonis 4.7 Kaabli kokkupuude toruga [25]

Reaalsed reflektomeetri graafikud on väga segased ning nende lugemine nõuab kasutaja poolt palju kogemust. Kerge on leida märgatavaid vigu nagu näiteks ahela katkemist või kaabli kokkupuudet toruga, aga kui on tegemist näiteks niiskumisega, siis olenevalt selle tõsidusest võib see osutada väga keeruliseks. Töö lihtsustamiseks kasutatakse tihti reflektomeetria puhul varasema seisukorraga võrdlemist: reflektomeetriga koostatakse lekkeotsimissüsteemist graafik sel hetkel kui see ei tuvasta probleemi ning probleemi tekkimisel võrreldakse uut graafikut vanaga. Erinevus graafikutes suure tõenäosusega on põhjustatud avastatud probleemi poolt. Erandjuhtudel on *Single*-torude puhul võimalik võrdlusena kasutada ka teist toru (ahelad koostatakse mõlemas torus identsena). See ei pruugi aga alati väga suureks abiks olla kuna teisel torul võivad olla ka omad nüansid.

Reflektomeetrid on üldiselt väga kallid ja keerulised seadmed. Seetõttu ka paljud kaugküttega tegelevad ettevõtted (või kohalikud omavalitsused) ei ole endale neid soetanud vaid ostavad vajadusel sisse reflektomeetria teenust. See on mõistlik lähenemine, aga eeldab siiski, et lekkeotsimissüsteem on korralikult koostatud ning olemas on piisavalt informatsiooni, mida teenuse osutajal võib vaja minna.

5 LEKKEOTSIMISSÜSTEEMI PLANEERIMINE JA PROJEKTEERIMINE

Iga torustiku ehituseks või rekonstrueerimiseks tuleb koostada projekt. Otsustades kasutada eelisoleeritud torustikku lekkeotsimissüsteemiga tuleb projekti tellijal eelnevalt läbi mõelda kuidas ahelad tema kaugküttevõrgus võiksid kulgeda.

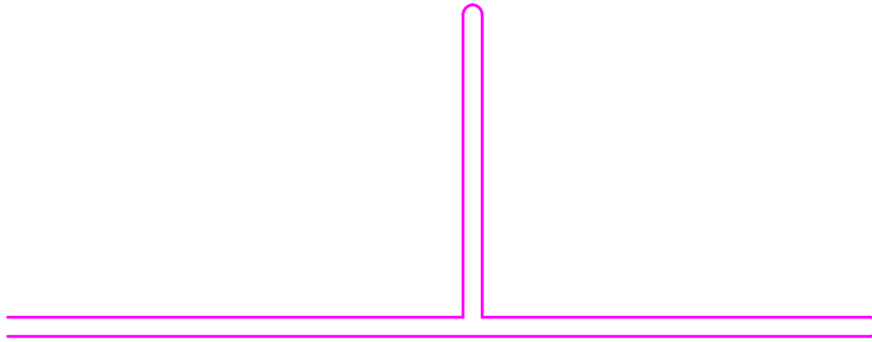
5.1 Ahelate planeerimine

Lekkeotsimissüsteemi ahelate koostamine ei ole keeruline protsess. Selle käigus tuleb leida vastused ainult paarile küsimusele:

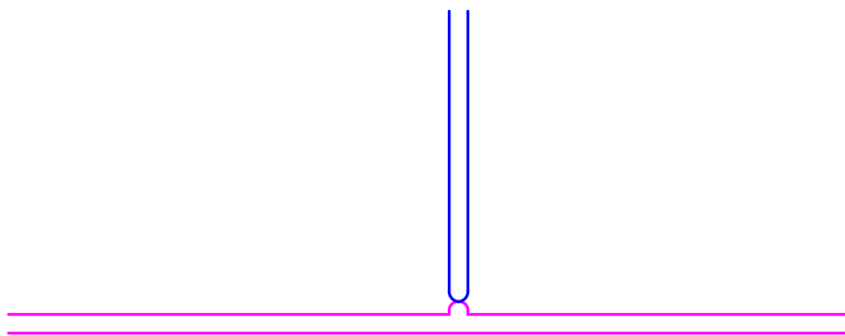
- Kui pikad ahelad moodustada?
- Kus ahelad omavahel eraldada?
- Kuhu planeerida ahelate mõõtepunktid?
- Kas võrgus on olemasolevaid ahelaid ning kas uusi on vaja nendega ühendada?
- Mida teha *Twin-* ja *Single-*torude ühendamisel?

Ahelate pikkus ei tohiks kunagi ületada 1000 meetrit (st 500 meetrit toru) kuna sellest pikemate ahelate puhul on märgatavalt raskendatud probleemide asukoha määramine reflektomeetriga. Samuti suurendab see tõenäosust, et mitmes kohas on korruga probleem, mis võib tekitada palju segadust. Vahemikus 0 kuni 1000 meetrit on ahelate pikkus vabalt valitav: nii pikematel kui lühematel ahelatel on omad eelised ja puudused. Moodustades lühemaid ahelaid on tunduvalt kergem määrata probleemide asukohti (ka ahel ise hakkab juba võrku liigendama osadeks), aga see omakorda nõuab rohkem tööd, et kõik need ahelad eraldi üle kontrollida. Kasutades pikemaid ahelaid piisab tavaliselt ainult paarist kontrollist terve võrgu peale, aga tuvastades probleem võib selle asukoha määramine olla palju keerulisem.

Vältimaks liiga pikkade või keeruliste ahelate tekkimist on vaja need vahel jaotada mitmeteks ahelateks. Seda on võimalik teha igas muhvis, aga parimateks kohtadeks on hargnemis- ja kraanielementide muhvid. Hargnemiselementide juures eraldamine aitab hoida ahelaid väga lihtsatena: näiteks ühe ahela (joonis 5.1) asemel saab hargnemiselemendis eraldades moodustada kaks väga lihtsat ja lühemat ahelat (joonis 5.2).

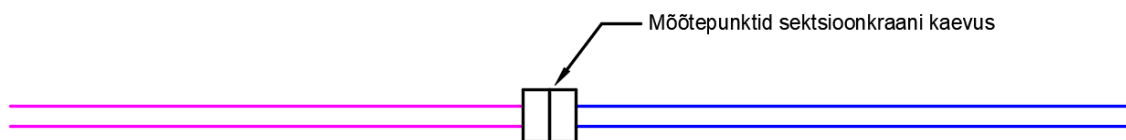


Joonis 5.1 Üks ahel



Joonis 5.2 Kaks eraldi ahelat

Kraanielementides eraldamine võimaldab mõlemale ahelale paigaldada ka kaevu sisse mõõtepunkt. Näiteks saab nii muuta pika magistraalitoru ahela sektsioonkraani abil kaheks lühemaks ahelaks, mida on mõlemat võimalik kontrollida kahest otsast (joonis 5.3).



Joonis 5.3 Eraldamine kraanielemendis

Mõõtepunkte võiks ideaalis olla igal ahelal vähemalt kaks, et oleks võimaldatud probleemi asukoha määramine mitmest punktist. Kui reflektomeetriga mõõdetud kaugused kohtuvad ühes kohas, siis on kindlam, et probleem on just selles punktis. Mõõtepunkte saab tekitada:

- hoonete sees (tuues kaablid välja eelisoleeritud torustiku otstest),

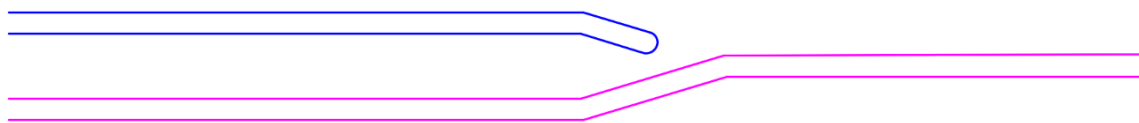
- eelisoleeritud kraanide kaevudes (tuues kaablid välja spetsiaalsetest kraanielementidest või lähedal asuvatest muhvist),
- eelisoleeritud torustiku ja maapealse torustiku ühenduskohtades (kaablid tuuakse välja eelisoleeritud torustiku otstest ning möötepunkt pannakse maapealse torustiku külge),
- eelisoleeritud torustiku ja raudbetoonkanalis torustiku ühenduskohtades (tavaliselt paigaldatakse sellistesse kohtadesse vaatluskaevud või ühendus toimub olemasolevas vanas kambri, kaablid tuuakse välja eelisoleeritud torustiku otstest),
- eelisoleeritud torustiku muhvide kohal (maa peale paigaldatakse spetsiaalne kapp, kuhu pannakse möötepunkt, kaablid tuuakse välja maa all olevatest muhvist).

Üldiselt tekitatakse möötepunkte hoonete sisse kuna seal on kuiv keskkond ning kuna see on kõige loogilisem koht (eelisoleeritud torustik alati lõppeb hoones, tuleohutuse tõttu ei tohi eelisoleeritud torusid hoonetes kasutada). Kui aga kaugküttevõrk on suhteliselt suur ning ahelaid on palju, siis võib hoonetest ahelate kontrollimine olla raskendatud kuna ligipääs sinna ei pruugi alati olla koheselt võimaldatud. Kontrollide lihtsustamiseks võib näiteks ahelate põhimöötepunktid planeerida kaevudesse ning lisaks hoonetest mõõta ainult siis kui on tuvastatud probleem. Möötepunkte saab alati tekitada ka teiste torustikutüüpidega ühendumisel, aga kui tulevikus peaksid ka need minema rekonstrueerimisele, siis tuleb sinna paigaldatud möötepunkti asukoht ümber mõelda.

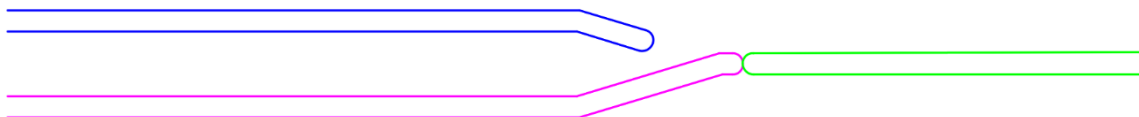
Rekonstrueerimised ei toimu alati üheaegselt ning seetõttu võib tekkida olukordi kus peab kaalutlema uue ja olemasoleva eelisoleeritud torustiku ahelate kokkuühendamist. See võib olla vajalik näiteks möötepunktide olemasolu tagamiseks. Sellistes olukordades tuleb alati lähtuda olemasoleva ahela seisukorrast. Kui selle näitajad on korras, siis ei ole probleemi uue torustikuga ühendamisel. Kui aga olemasolev ahel ei ole korras, siis peaks võimalusel vältima sellega ühendamist. Ka ehitaja võib olla selle vastu kuna probleemse ahelaga ühendamine muudab koheselt ka tema ehitatud ahela probleemseks. Olemasoleva ahelaga ühendamisel peab ka jälgima, et tekkiv suurem ahel ei oleks väga pikk.

Kasutades ühes võrgus nii *Single*- kui ka *Twin*-torusid peab lisa tähelepanu pöörama lekkeotsimissüsteemile nende ühenduskohtades. *Single*-torustikul on alati kaks ahelat (üks kummalgi torul) ning *Twin*-torustikul on ainult üks, seega üks *Single*-torude ahelatest peab alati nende torustike ühenduskohas lõppema. Teist ahelat on aga võimalik pikendada *Twin*-toru ahela võrra (vt joonis 5.4). Sellisel juhul peab hiljem alati meeles pidama, et üks *Single*-torude ahelatest haarab endasse ka *Twin*-toru ahela.

Teine võimalus on ahelad selles punktis eraldada (vt joonis 5.5). See aga ei pruugi mõõtepunktide seisukohast alati võimalik olla.



Joonis 5.4 Single- ja Twin-toru ahelate ühendamine



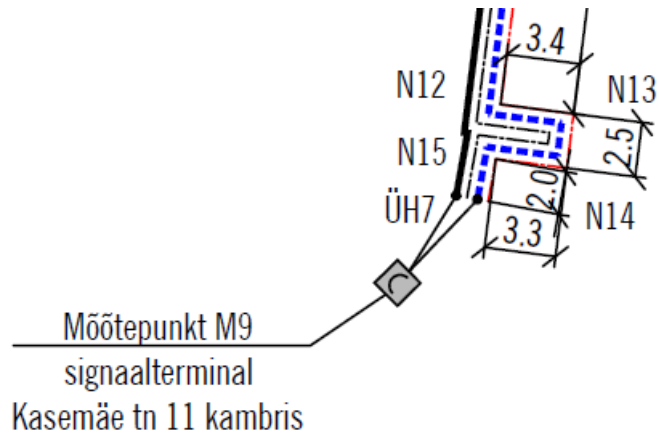
Joonis 5.5 Single- ja Twin-toru ahelate eraldamine

Jälgides eelnevalt nimetatud põhimõtteid on võimalik ühe võrgu jaoks koostada mitmeid erinevaid lekkeotsimissüsteemi ahelate kombinatsioone. Kõige tähtsam on, et ahelad ei oleks liialt pikad ega keerulised ning, et neid saaks kontrollida mitmest punktist. Ahelate moodustamise informatsioon esitatakse torustiku projekteerijale koos muude torustiku projekteerimise tingimustega kas tekstina (mis punktides ahelad eraldada või ühendada ning kuhu paigaldada mõõtepunktid) või joonisena (Lisa 1).

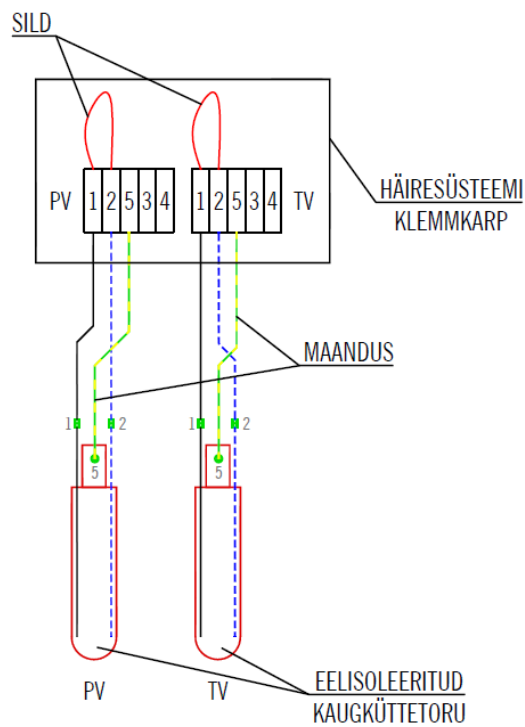
5.2 Lekkeotsimissüsteemi projekteerimine

Tellijalt saadud informatsiooni põhjal koostab projekteerija koordinaatides lekkeotsimissüsteemi monteerimise joonised, kus peab olema ära näidatud:

- ahelate eralduskohad,
- ühendamised olemasolevate ahelatega,
- mõõtepunktide asukohad (vajadusel koos selgitusega, näiteks kas kaablid tuuakse välja spetsiaalsest kraanielemendist või hoopis muhvist, vt joonis 5.6),
- mõõtepunkti (klemmkarbi) põhimõtteline joonis (millised kaablid karbis vastavad millistele kaablitele torudes, vt joonis 5.7),
- ahelate kogupikkused,
- muud lekkeotsimissüsteemi monteerimisega seotud nõuded.



Joonis 5.6 Mõõtepunkti asukoha näitamine projektis [10]



Joonis 5.7 Klemmkarbi põhimõtteline joonis [10]

Näidet ühest terviklikust lekkeotsimissüsteemi monteerimise joonisest on näha lisas 2.

Torustiku projekti spetsifikatsioonis peavad ka olema loetletud kõik lekkeotsimissüsteemi monteerimiseks vajalikud detailid ja vahendid. Sinna alla kuuluvad kõik klemmkarbid, kaablijätkuhülsid, kaablite väljavõtu komplektid, spetsiaalsed kaabli väljavõtuvõimalusega kraanielemendid jne.

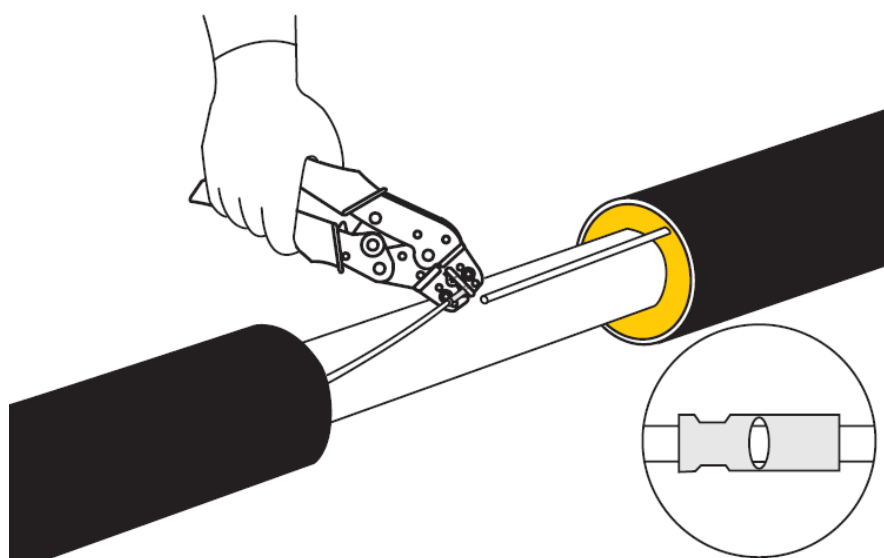
6 LEKKEOTSIMISSÜSTEEMI EHTAMINE

Ehituse käigus võib tekkida mitmeid hooletusvigu lekkeotsimissüsteemiga. Selle vältimiseks on soovitatav, et ehitaja teostab igale toruelemendile ahela ja isolatsioonitakistuse kontrolli enne selle ühendamist ülejäänud torustikuga. Halvas seisukorras toruelemente ei ole lubatud torustiku ehitamiseks kasutada. Samuti tuleks teostada sama kontroll tervele seni ehitatud torustikule peale iga muhvi tegemist. Tehes järjepidevalt neid kontrole on probleemi tuvastamisel alati teada, et see tekkis viimase muhvi tegemisel. Lekkeotsimissüsteemiga torustiku ehitamise puhul tuleb alati olla ettevaatlik ning kasutada õigeid võtteid, et tagada süsteemi korrasolek ja kvaliteet. [17]

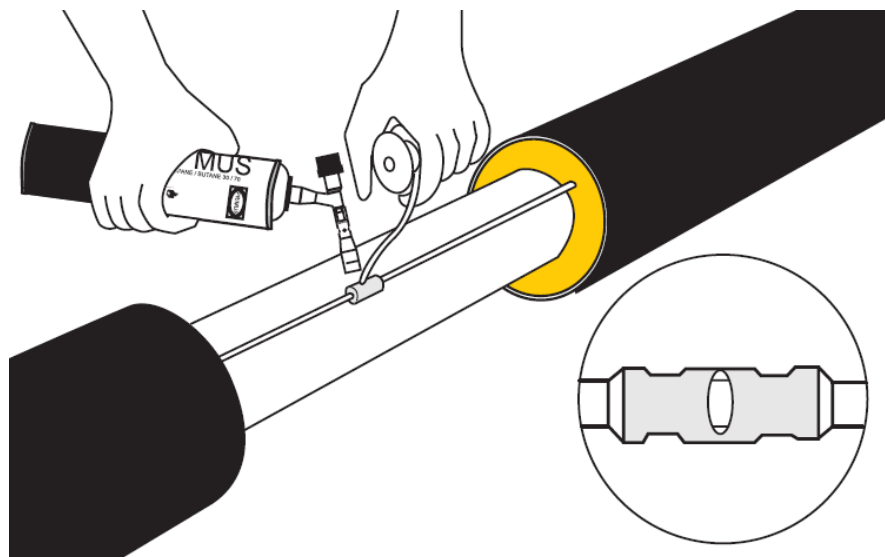
6.1 Muhvimine

Muhvides toimub alati kas ahelate jätkamine või nende eraldamine. Protsess mõlema jaoks on sarnane ning ainus erinevus on selles, millised kaablid omavahel ühendatakse. Ahelate eraldamiseks ühendatakse sama toruelemendi mõlemad kaablid omavahel ning jätkamiseks ühendatakse ühe elemendi kaablid teise elemendi kaablitega. Ahela jätkamise puhul tuleb kindlasti jälgida, et kaableid ei ühendataks kunagi risti. [17]

Kaablite ühendamine toimub kaablijätkuhülsiga: kaablid pannakse hülsi otste sisse ning hüls pigistatakse kinni (vt joonis 6.1). Seejärel kaablid joodetakse hülsis kokku, et tagada võimalikult kvaliteetne elektriline ühendus (vt joonis 6.2). Enne ühenduste tegemist peab alati kaablite otsad ära puhastama kuna ehituse käigus võib jõuda vase peale tekkida oksiidikiht. [17]

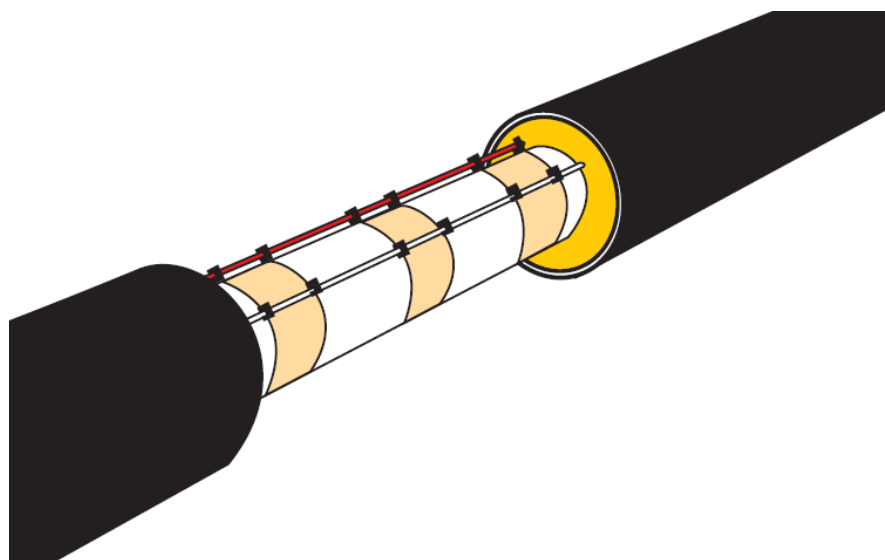


Joonis 6.1 Kaablite ühendamine [17]



Joonis 6.2 Kaablite jootmine [17]

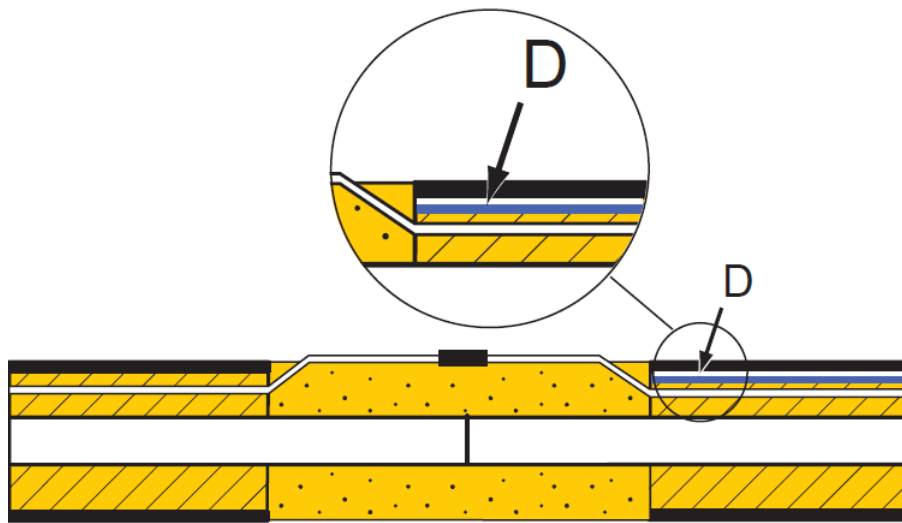
Muhve on kahte varianti: vahumuhvid ja koorikmuhvid. Vahumuhvide puhul paigaldatakse jätkukoha peale polüetüleenikiht, mis kuumutades kahaneb toruelementide ümber ning moodustab jätkukohale veekindla katte. Seejärel puuritakse sellesse kihti augud ning muhv täidetakse paisuva polüuretaanvahuga. Vahumuhvides kasutatakse lekkeotsimissüsteemi kaablite hoidmiseks kandureid (vt. joonis 6.3). Ilma kanduriteta on oht, et vaht liigutab paisudes kaableid mille järel need võivad puutuda kokku toruga. [15, 17]



Joonis 6.3 Kaablid kanduritega vahumuhvis [17]

Koorikmuhvides paigaldatakse jätkukohale enne isolatsioonikoorik ning seejärel kaetakse see polüetüleenkihiga. Nende muhvide puhul jooksevad kaablid isolatsioonikooriku pealt (mitte mingil juhul ei tohi koorikut panna kaablite peale) ning kandureid ei ole vaja. Koorikmuhvide puhul peab olema ettevaatlik, et kaablid ei

puutuks kokku toruelementide diffusioonikihiga. Selle vältimiseks lõigatakse kooriku otste sisse lühikesed vahed, millest kaablid viiakse läbi (vt joonis 6.4). [17]



Joonis 6.4 Kaablid koorikuhvis [17]

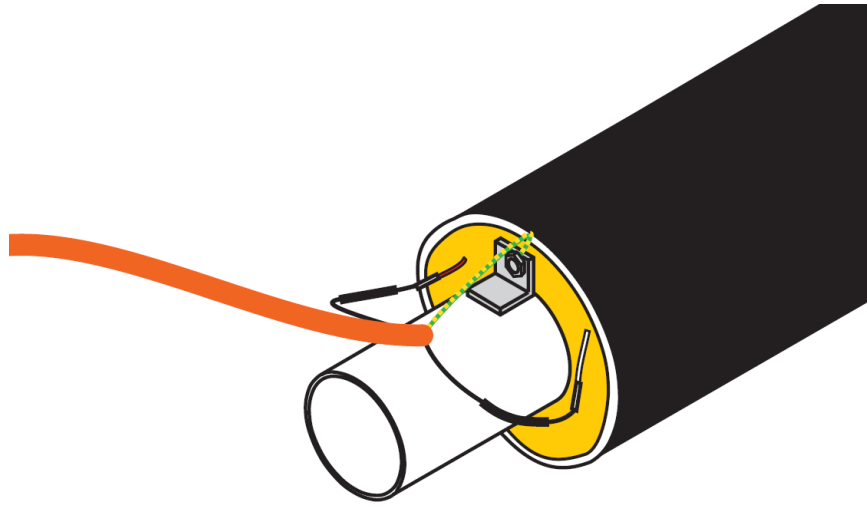
Muhvid on paratamatult peamised kohad kust lekkeotsimissüsteem leiab niiskumist. Hästi tehtud muhv suudab seda ära hoida ning seetõttu on väga tähtis, et ehitaja pööraks palju tähelepanu tehtud muhvide kvaliteedile.

6.2 Mõõtepunktid

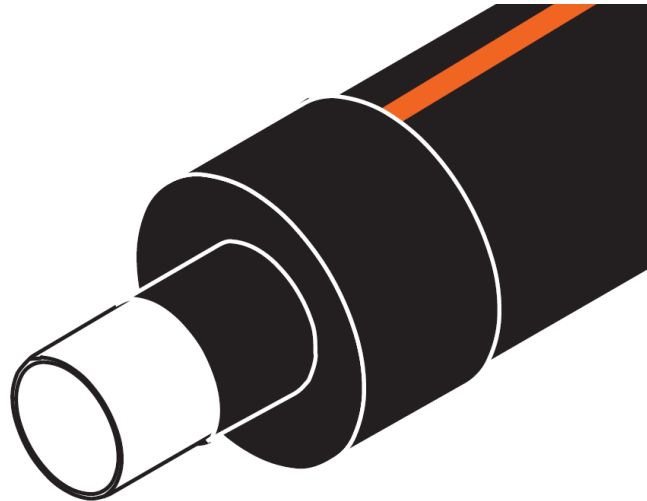
Mõõtepunkte on võimalik tekitada mitmeid erinevaid, kõik need aga eeldavad kaablite väljatoomist torustikust ning mõõtekarbi paigaldamist. Kaableid saab välja tuua:

- eelisoleeritud toru otsast,
- kraanielemendist,
- muhvist.

Toru otsast tuuakse välja kolm kaablit, millest kaks ühenduvad torustiku ahelaga ning üks ühendub toruga (vt joonis 6.5). Kaablit toruga ühendamiseks keevitatakse torule väike metallist detail, mille külge on võimalik kruvi või mutri abil ühendada kaabel. Kaablid tuuakse välja toru otsamütsi alt (vt joonis 6.6). Selle puhul peab olema ettevaatlik, et kaablid ei puutuks mütsi all omavahel kokku ning et need ei puudutaks ka toru diffusioonikihti. Selle vältimiseks tuleb mütsi all kasutada isoleeritud kaableid. Lisaks tuleks jälgida, et otsamüts oleks ka koos väljaulatuva kaabliga veetihe. [17]



Joonis 6.5 Kaablite ühendamine toru otsas [17]



Joonis 6.6 Kaablite väljatoomine otsamütsi alt [17]

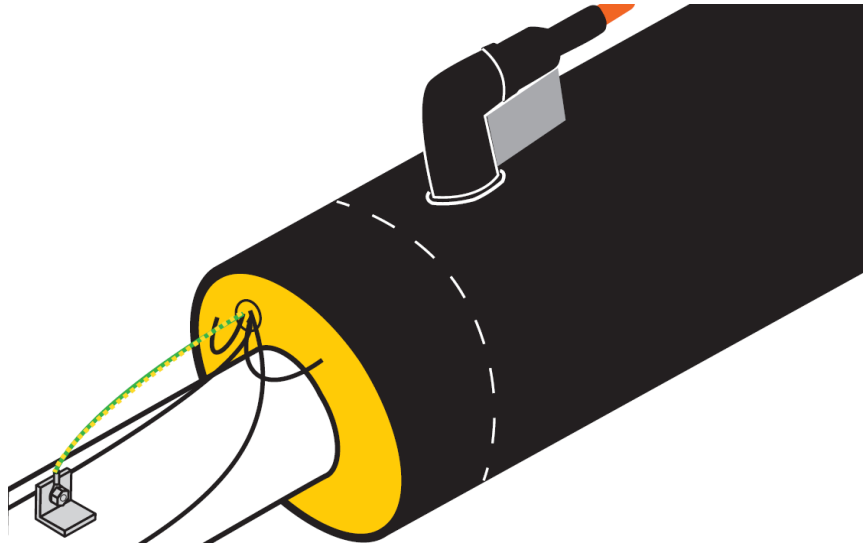
Kraanielemendist kaablite välja toomine on kõige lihtsam kuna tehases toodetakse selliseid kraane, mille spindli otsamütsi alt ulatuvad kaablid juba välja (vt joonis 6.7). Nende tellimiseks tuleb eraldi ära märkida, et soovitakse just selliseid kuna vaikimisi tarnitakse tavalisi kraane, mille kaablid ei ole eelnevalt välja toodud. Mõõtepunkti tegemiseks tuleb kõigest kraanielemendi kaablid lahti lõigata ning pikendada need mõõtekarbi sisse. Toruga ühenduvat kaablit ei ole vaja paigaldada kuna selle asemel saab mõõtmisel kasutada kraani spindli metallist osa.



Joonis 6.7 Väljatoodud kaablitega kraanielement [10]

Muhvist kaablite väljatoomiseks kasutatakse spetsiaalset polüetüleenist detaili, mida kutsutakse selle välimuse tõttu piibuks. Piibu eesmärk on luua võimalikult hermeetiline kaablite väljund torust. Erinevalt toru otstest ja kraanielementidest on muhvid reeglina alati täielikult pinnase all ning selle tõttu tuleb muhvist kaablite väljatoomisel olla eriti tähelepanelik, et väljaviik jääks veetihe. [17]

Muhvist tuuakse välja tavaliselt 5 kaablit: üks, mis ühendatakse toruga ning ülejäänud neli, mis moodustavad kahe eraldi ahela otsad. Toruga ühenduv kaabel on sarnaselt toru otsale kinnitatud väikese metallist detaili külge, mis keevitatakse torule. Nagu ka tavalises muhvis peab ahela kaableid hoidma torust eemale kandurite või isolatsioonikooriku abil. Kaablid tuuakse kõik välja läbi piibu ning viiakse mõõtekarp, mis on tavaliselt maapeelses kapis. Erandjuhtudel tuuakse ka kaablid lähedal asuvasse kambritesse või kaevudesse kuigi mõistlikum oleks sellistel juhtudel kasutada juba väljatoodud kaablitega kraanielemente (kraanide olemasolul). Muhvist kaablite väljatoomist on näha joonisel 6.8. [17]



Joonis 6.8 Kaablite väljatoomine muhvist [17]

Möötekarpide tegemisel tuleb tähelepanelikult järgida projektis antud juhiseid kaablite värvide ja paigutuse osas, et hiljem ei tekiks möötmisel segadust. Möötekarbid ise peaksid olema veetihedad. Kambrites ja keldrites tuleks karp kinnitada seina külge kergesti ligipääsetavasse kohta, et möötmine oleks võimalikult mugav. Kaevudes on kõige mugavam kui karp on kinnitatud kaevu seina külge selliselt, et seda on võimalik sealt ära võtta ning tõsta piisavalt kõrgele, et inimene saaks teostada möötmist püsti seisest. Möötekarpe ei tohi jätta kambrite ja kaevude põhja kuna sinna võib koguneda vesi ning sellistes tingimustes ei pruugi karp enam püsida veetihe.

6.3 Ehitusjärgne tegevus

Peale kõikide muhvide ja möötepunktide valmimist on aeg lõplikult kontrollida üle kõik ehitusel koostatud ahelad. See kontroll teostatakse kas tellija enda poolt või vähemalt tellija juuresolekul. Soovitavalt ajastatakse see enne torustiku kaeviku täitmist, sest siis ei pea torustikku jälle välja kaevama juhul kui peaks ilmnema probleem ahelatega. Kui ehitaja on järjepidevalt teinud ka enda poolt kontrollid ehituse käigus ning on kindel, et ahelad on korras, siis saab lõppkontrolli teha ka peale kaeviku täitmist. Kontrolli järel tehakse protokoll möötetulemustest, mis kuulub ehituse dokumentatsiooni hulka (näide lisas 3). Kui möötmisel ilmneb probleem, siis tuleb see ehitaja poolt kõrvaldada enne torustiku üleandmist tellijale.

Ehituse dokumentatsiooni kõige tähtsam osa on teostusjoonised. Ka lekkeotsimissüsteemist tehakse teostusjoonis, mis on väga sarnane projektis tehtud joonisele, aga kajastab kõiki ehituse käigus tehtud muudatusi. Teostusjoonis on vajalik, et tellijal oleks korrektne informatsioon lekkeotsimissüsteemi haldamiseks.

7 LEKKEOTSIMISSÜSTEEMI HALDAMINE

Peale ehituse lõppemist ning kõikide dokumentide vormistamist annab ehitaja torustiku üle tellijale, mille järel lisab tellija kõik uued ehitatud lekkeotsimissüsteemi ahelad oma haldamise süsteemi. Meetodeid kuidas lekkeotsimissüsteemi hallata on mitmeid erinevaid ning igal ettevõttel on see lahendatud omamoodi. Võimalik on ka süsteemi mitte hallata ning kasutada seda ainult ühekordselt ehituse kvaliteedi kontrollimiseks kuid sel juhul jäädakse ilma suurest abimehest. Haldamise saab jagada põhimõtteliselt kahte suurde rühma: passiivsed süsteemid ning aktiivsed süsteemid. [17, 19]

7.1 Passiivne süsteem

Passiivne süsteem on selline, kus lekkeotsimisüsteemi ahelaid käib keegi kohapeal mõõteseadmetega kontrollimas iga kindla ajaperioodi tagant. Ajaperiood on vabalt valitav ning iga ettevõtte valib sellise, mis neile endile sobib. Mõni võib näiteks käia kontrollimas iga aasta aga mõni hoopis iga kuu tagant. Suuremad ettevõtted võivad leida, et neil on keeruline ahelaid mõõta tihedamini kui kord aastas kuna ahelaid on neil kokku päris palju. Väiksemad ettevõtted või kohalikud omavalitsused, mis haldavad näiteks ainult ühte kaugküttevõrku on aga tõenäoliselt võimelised kontrollima neid tihedamini. Üldiselt tuleks teostada kontrole nii tihti kui võimalik, et jõuda kiiresti jälile tekkivatele probleemidele enne kui need süvenevad. [19]

Peale kontrollide teostamist tuleb tulemused arhiveerida, et hiljem saaks neid omavahel võrrelda. Nii on võimalik ka näha kuidas torustiku isolatsiooni kvaliteet on aja jooksul halvenenud ning see võib ka aidata välja selgitada millal või mille tõttu on probleeme tekkinud. Tulemuste arhiveerimist võib teha mitmel erineval moel. Kõige lihtsamaks meetodiks on näiteks lekkeotsimissüsteemi päeviku pidamine paberil või Exceli tabelis. Kirja on soovitatav panna ahelat iseloomustav nimi (näiteks mõõtepunkti asukoht), ahela pikkus, mõõdetud kontuuri ja isolatsiooni takistuste tulemused, mõõtmise aeg ning muu vajalik informatsioon (näiteks kui mõõtepunkt on hoone sees siis sinna pääsemiseks vajalik kontaktinfo) või märkused. Näide päeviku vormistamisest on tabelis 7.1.

Tabel 7.1 Lekkeotsimissüsteemi päeviku vormistamise näide

Mõõtepunkti asukoht	Ahela pikkus (PV), m	Ahela pikkus (TV), m	Kontuuri takistus (PV), Ω	Kontuuri takistus (TV), Ω	Isolatsioonitakistus (PV), M Ω	Isolatsioonitakistus (TV), M Ω	Kuupäev	Kontakt
Aia 1 soojussõlm	100	100	1,5	1,5	550	550	01.01.2018	+372 XXXX XXXX
Aia 1 soojussõlm	100	100	1,5	1,5	550	400	01.01.2019	+372 XXXX XXXX
Aia 1 soojussõlm	100	100	1,5	1,5	550	0,01	01.01.2020	+372 XXXX XXXX

Võimalik on ka koostada keerulisemaid süsteeme, mis aitavad lekkeotsimissüsteemi töid lihtsustada või siduda neid muude töödega. Näiteks kui ettevõttel on olemas oma hooldusmeeskonnad ning süsteem, millega peetakse pävikuid muude hooldustööde osas (näiteks kraanide hooldus), siis saab ka lekkeotsimissüsteemi kontrollid sisestada sinna süsteemi hooldustööna ja arhiveerida tulemusi seal. Teise näitena saab Exceli tabeleid üles laadida pilvesüsteemidesse, mis võimaldab mitmel inimesel korraga objektidel tulemusi koheselt arhiveerida. See väldib ka segadust selle osas, mis ahelad on juba hiljuti kontrollitud või mitte ning võimaldab kolmandatel isikutel vajadusel informatsioon võimalikult kiiresti kätte saada.

Kui lekkeotsimissüsteemi haldaja omab reflektomeetrit, millega on võimalik graafikuid salvestada, siis on soovitatav neid igal kontrollkäigul teha ja ka need koos tavaliste tulemustega arhiveerida. See muudab hiljem probleemide asukoha tuvastamise märgatavalt lihtsamaks ja täpsemaks.

7.2 Aktiivne süsteem

Aktiivne süsteem on selline, mille puhul paigaldatakse mõõtepunktidesse seadmed, mis teostavad kontrollmõõtmisi iseseisvalt ning saadavad informatsiooni otse haldajale. Sellise süsteemi puhul ei ole vajalik käia korduvalt igas mõõtepunktis ahelaid kontrollimas ning see võimaldab avastada probleeme kohe kui need tekivad, moodustades alarmsüsteemi, mis pidevalt monitoorib torustiku seisukorda. Passiivset süsteemi on alati võimalik täiendada aktiivseks süsteemiks. [19]

Aktiivse süsteemi paigaldamist pakub näiteks Logstor nime Logstor Detect all. Logstor pakub selleks erinevate funktsioonidega seadmeid:

- Detector X1L,
- Detector A1e,
- Detector X4. [19]

Detector X1L mõõdab selle külge ühendatud ahelate (kokku saab ühendada 4 ahelat) kontuuri ja isolatsiooni takistusi. Kui mõõdetud tulemus jääb väljapoole lubatud piiridest (piire saab vajadusel muuta), siis süttib seadmel tuli, mis teavitab probleemi olemasolust. Seade on saadaval erinevate kommunikatsiooniühendustega (3G, internet), mis võimaldab saada probleemi kohta teavitust ka ilma seadet kontrollimata. X1L kasutab toiteks püsivooluallikat või liitiumakut. Seadet on näha joonisel 7.1. [19]



Joonis 7.1 Detector X1L [19]

Detector A1e on sarnane X1L-e, aga võimaldab mõõta lisaks kahe ahela kontuuri ja isolatsiooni takistusele ka seadme ümbruse niiskust, temperatuuri, vee taset ja torus oleva vee temperatuuri ja rõhku. Seetõttu on A1e sobilik kasutamiseks kambrites, mille kohta soovitakse saada rohkem informatsiooni. Seadet on näha joonisel 7.2. [19]



Joonis 7.2 Detector A1e [19]

Detector X4 võimaldab lisaks kahe ahela kontuuri ja isolatsiooni takistuse mõõtmisele määrata ka nendes ahelates probleemide asukohti kasutades reflektomeetrit. Seade tekitab paigaldamisel esialgse graafiku, millega hakkab toimuma pidev võrdlemine. Tuvastades erinevus annab seade alarmteavituse ning ka probleemi asukoha. Ka X4 on erinevate kommunikatsiooniühendustega, aga toiteks on vaja püsivooluallikat tulenevalt reflektomeetri osa energiavajadusest. Seade tuleb alati koos kaitsekapiga ning seda on näha joonisel 7.3. [19]



Joonis 7.3 Detector X4 [19]

Logstor pakub ka seadmete informatsiooni lugemiseks ja arhiveerimiseks programmi nimega XTool. Seda kasutades kogutakse kõikide seadmete andmed ühte andmebaasi interneti või mobiilside teel ning need kuvatakse XTool abil arvuti ekraanile. Probleemi tekkimist on koheselt programmist näha ning sellele on võimalik kiiresti reageerida. Andmebaasis säilitatakse ka viimase paari aasta andmed, et vajadusel neid omavahel võrrelda. [19]

Aktiivne süsteem on igati eelistatud passiivse süsteemi ees kuna see võimaldab reageerida võimalikult kiiresti tekkivatele probleemidele, mis võivad passiivse süsteemi puhul jääda kahe silma vahele liiga kauaks. Samuti võimaldab aktiivne süsteem hoida kokku tööjõu arvelt kuna suuremates võrkudes kõikide ahelate käsitsi kontrollimine võib võtta väga kaua aega.

KOKKUVÕTE

Kaugkütte kiire areng on toonud endaga kaasa mitmeid muudatusi, millest üks kõige suurem on eelisoleeritud torude kasutuselevõtt. Võrreldes selle eelkäijaga, raudbetoonkanalis torustikuga, on eelisoleeritud torustik tunduvalt väiksemate soojuskadudega ning mõnes mõttes ka lihtsam ehitada. Eelisoleeritud torudega on paralleelselt välja arendatud ka uut sorti lekete otsimise süsteem, kus paigaldatakse torude isolatsiooni sisse kaks paralleelselt jooksvat kaablit. Mõõtes nende kaablite ja toru vahelist elektrilist takistust on võimalik tuvastada isolatsioonimaterjali niiskumist ning ka muid probleeme, mis võivad anda märku torustiku vigastada saamisest.

Käesoleva tööga tutvustati lekkeotsimissüsteemi lähemalt, andes ka juhiseid kuidas selle abil tuvastada mitmeid erinevaid probleeme, kuidas kaugküttevõrkudes planeerida ja projekteerida lekkeotsimissüsteemi ahelaid, kuidas ehituse käigus vältida enamlevinud vigu ning kuidas hiljem tervet süsteemi hallata. Töö on kasuks nii kaugküttetorustike projekteerijatele, ehitajatele kui ka haldajatele kuna lekkeotsimissüsteemi kohta ei ole väga palju eestikeelset materjali.

Võttes arvesse Keskkonnainvesteeringute Keskuse poolt väljaantavaid toetusi torustike rekonstrueerimiseks on oodata märgatavat tõusu eelisoleeritud torustike kasutamises, mis toob paratamatult endaga kaasa ka lekkeotsimissüsteemi juurutamise vajadust. Sellest tulenevalt tuleks pöörata lisatähelepanu lekkeotsimissüsteemi kasutamise teadlikuse tõstmiseks. Üheks võimaluseks oleks selle ala spetsialistide poolt ühiselt koostatud juhendmaterjal, mis oleks heaks abimeheks kõikidele kaugküttevõrkudega tegelevatele ettevõtetele. Teiseks võimaluseks oleks spetsiaalselt lekkeotsimissüsteemi puudutavad koolitused, mis oleks korraldatud näiteks Eesti Soojustehnikainseneride Seltsi poolt.

SUMMARY

The rapid development of district heating has brought with it many changes, of which one of the biggest is the usage of preinsulated pipes. Compared to its predecessor, pipes in concrete channels, preinsulated pipes have noticeably smaller heat losses and are somewhat easier to construct. Along with the development of the preinsulated pipe, a new system for detecting leakages, where two parallel cables are embedded into the insulation of preinsulated pipes, was also developed. Measuring the electrical resistance between the cables and the pipe, it is possible to identify moisture in the insulating material and other problems that might signal damages in pipes.

This paper introduced the leakage detection system in more detail, while also giving advice on how to use the system to identify different problems, how to plan and design cable loops, how to avoid common problems during construction and how to later manage the whole system. This paper is beneficial to district heating network designers, constructors as well as managers due to the lack of information regarding the subject in Estonian.

Taking into account the subsidies issued by the Environmental Investment Centre to reconstruct old district heating pipes, a considerable increase in the use of preinsulated pipes is expected, which will in turn bring forth a need to root the use of the leakage detection system. Due to this extra attention should be paid to raising awareness of how to properly design, construct and use the leakage detection system. One way to do this is to compile an instructional manual, which could be of assistance to all companies that deal with district heating. Another way would be to organize training lessons that specifically talk about the leakage detection system. These lessons could for example be organized by the Estonian Association of Thermal Engineers.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Kaugkütteseadus. Riigiteataja I, 03.03.2017, 12
2. Kaugküte. [WWW] <https://www.fortum.ee/kliendile/tooted-ja-teenused/kaugkyte#> (11.04.2020)
3. Markus, T. Eesti väikeasulate kaugküttepiirkondade olukord ja lähitulevik: magistritöö. Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn, 2018
4. Vali, L. Kaugkütte energiasääst. Tallinn, 2013
5. Efektiivne soojusenergia tootmine ja ülekanne. [WWW] <https://kik.ee/et/toetatav-tegevus/efektiivne-soojusenergia-tootmine-ja-ulekanne> (11.04.2020)
6. Koostootmine. [WWW] <https://energiatalgud.ee/index.php/Koostootmine?menu-100> (11.04.2020)
7. Energiatõhusus. [WWW] <https://www.utilitas.ee/jatkusuutlikud-lahendused/energiatohusus/> (11.04.2020)
8. Kraav, E. Neljanda põlvkonna kaugküte: bakalaureusetöö. Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn, 2015
9. Energiamaajanduse arengukava aastani 2030. Tallinn : Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 2017
10. Ettevõttesisene (Adven Eesti AS) dokumentatsioon
11. Soojussõlm. [WWW] <https://www.fortum.ee/parnu-kliendiletule-meie-kliendiks/soojussolm> (13.04.2020)
12. Soojussõlmed: juhised ja eeskirjad. Tallinn : Eesti Jõujaamade ja Kaugkütte Ühing, 2007
13. Kask, Ü. Kaugküte: mugav, tõhus ja soodne. Tallinn: Ostwil OÜ, 2013
14. Werner, S. International review of district heating and cooling. — *Energy*, 2017, 137, 617-631
15. Logstor A/S tootekataloog. [WWW] <https://www.logstor.com/media/6548/product-catalogue-uk-202004.pdf> (19.04.2020)
16. Logstor A/S projekteerimise juhend. [WWW] <https://www.logstor.com/media/6171/design-201902.pdf> (19.04.2020)
17. Logstor A/S käitlemise ja installeerimise juhend. [WWW] <https://www.logstor.com/media/6594/handling-and-installation-202005.pdf> (19.04.2020)
18. Logstor TwinPipe system. [WWW] https://www.logstor.com/media/1899/twinpipe_en_p_dh.pdf
19. Logstor A/S Detect kataloog. [WWW] <https://www.logstor.com/media/6421/surveillance-202002a.pdf> (24.04.2020)

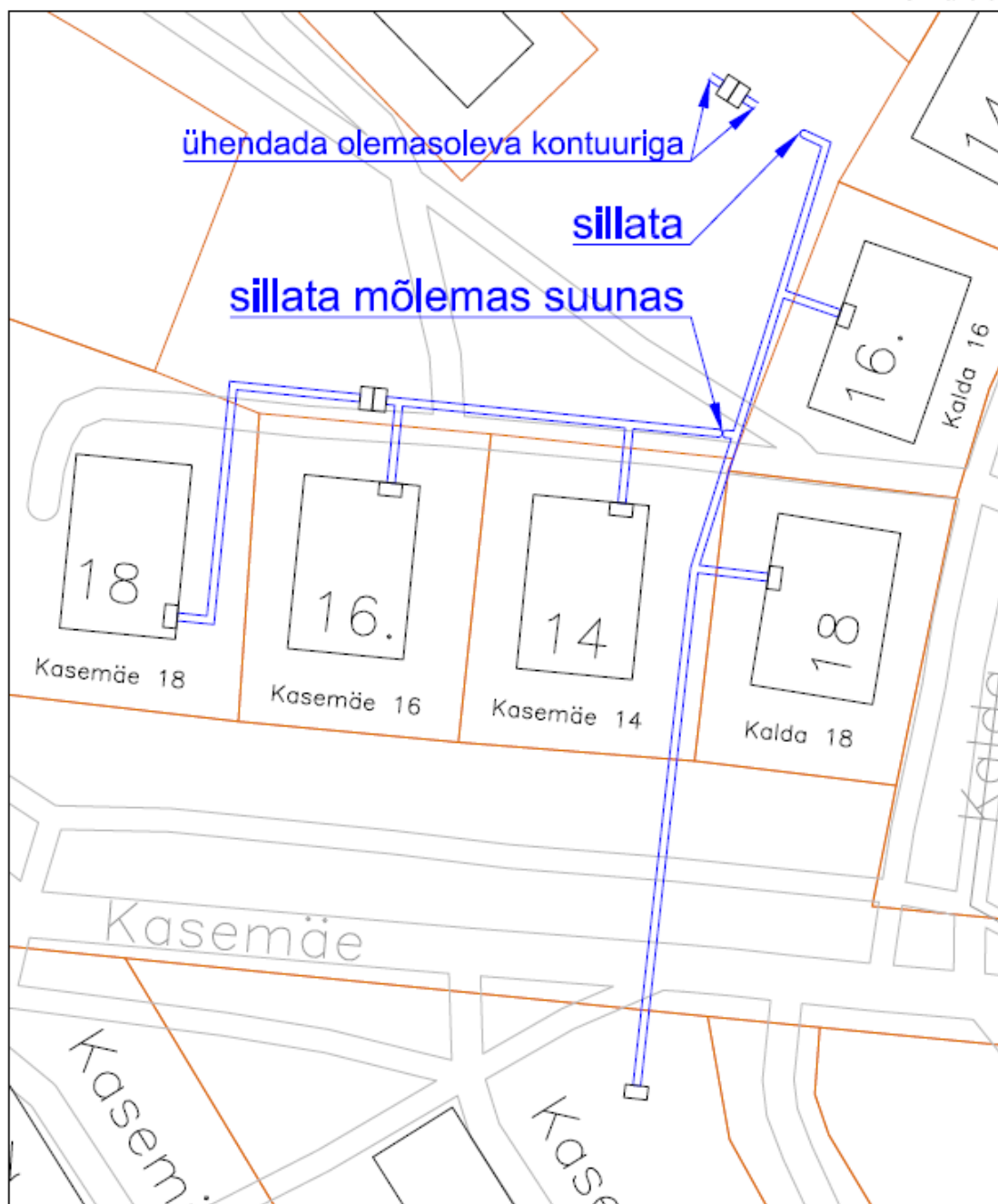
20. District Heating. [WWW] <https://www.isoplus.dk/int/district-heating/>
(24.04.2020)
21. Brugg Pipes Visileak tehniline informatsioon. [WWW] http://www.dunder-cijevi.hr/go/slike/katalozi/eng/Visileak_GB_8jan15_2.pdf (25.04.2020)
22. General information. [WWW] <http://www.prinzeugen.org/index.php/general-information.html> (25.04.2020)
23. Eritakistus. [WWW] <https://et.wikipedia.org/wiki/Eritakistus> (27.04.2020)
24. MIT320-EN Megger Insulation Tester. [WWW]
<https://www.valuetronics.com/product/mit320-en-megger-insulation-tester-new>
(28.04.2020)
25. The Basics of Time Domain Reflectometry (TDR) [WWW]
<https://hvtechnologies.com/blog/basics-time-domain-reflectometry-tdr>
(30.04.2020)
26. Reflektomeetri 1205CXA kasutusjuhend. [WWW]
<https://www.radiodetection.com/sites/default/files/250-0027-04-1205-CXA-Manual.pdf> (30.04.2020)
27. Radio Detection 1205CXA. [WWW]
<https://www.trsrentelco.com/category/electrical-and-industrial-test-equipment/cable-locator/radio-detection/1205cxa> (01.05.2020)

LISAD

Lisa 1 Lekkeotsimissüsteemi projekteerimise plaan

KUNDA KAUGKÜTTEVÕRGU REKONSTRUEERIMISE KONTROLLTRAATIDE
PLAAN KASEMÄE JA KALDA TÄNAVATE PIIRKONNAS

Lisa 3
SV-16/2019

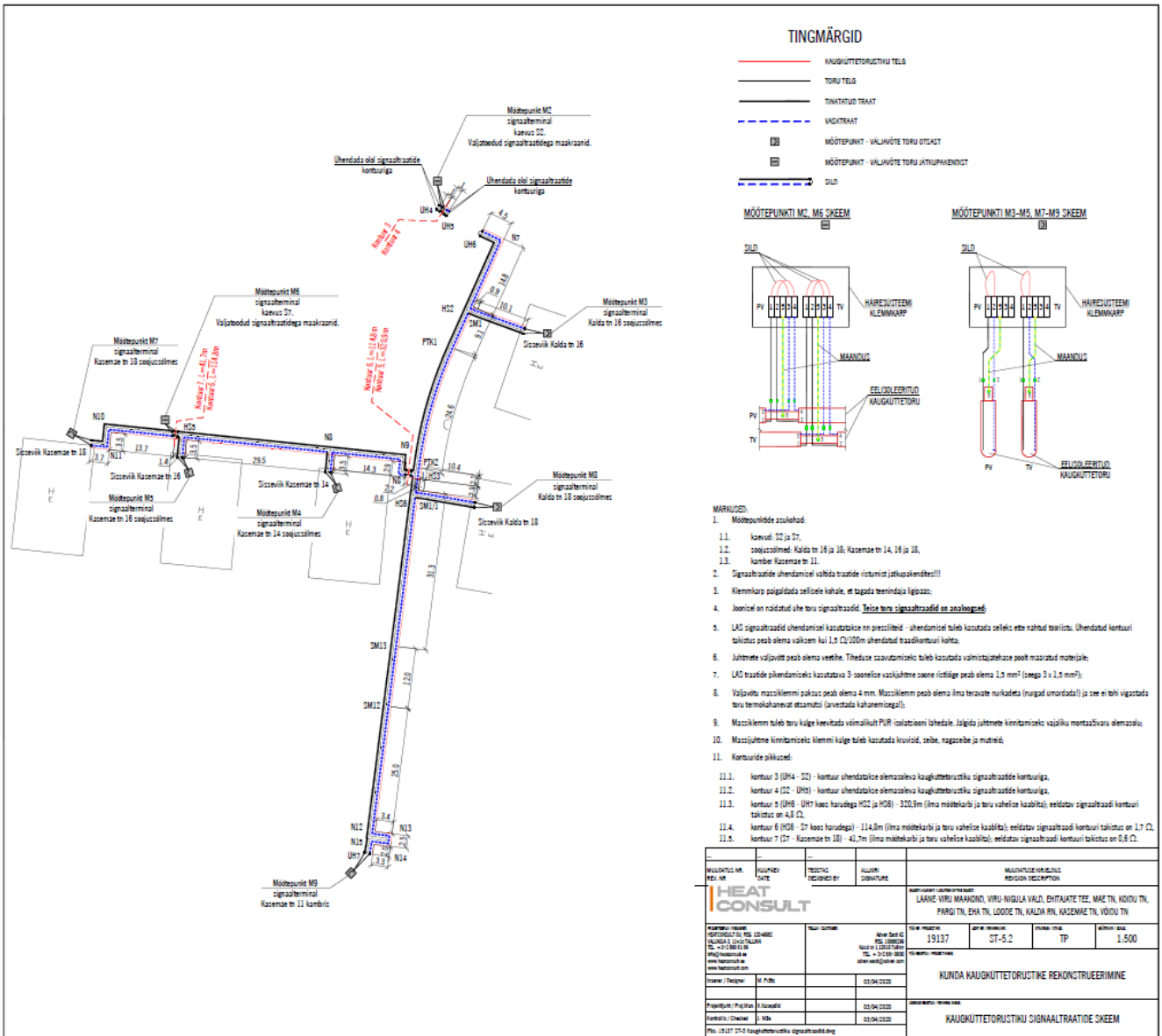


— - tagasvoolu toru kontrolltraatide kontuurid (pealevoolu kontuurid identsed)

□ - kontrolltraatide möõtepunkt

□ - kontrolltraatide kahe-suunaline möõtepunkt

Lisa 2 Lekkeotsimissüsteemi projektjoonis



projekti koostaja: 20.04.2020 09:31:22 (1)C-30.WEL

Lisa 3 Lekkeotsimissüsteemi kontrolli protokoll



LEKKEOTSIMISSÜSTEEMI SIGNAALTRAATIDE LIITETÖÖDE PROTOKOLL NR. 1-18-2-2020

Kuupäev	18.02.2020
Objekt	Maleva tn 18, Tallinn
Ehitaja	Metrx OÜ

Möötepunkti asukoht	Maleva tn 18 soojussõlme ruum
Mööteriist	FLUKE 1503

	Pealevool	Tagasivool
Kontrolltraatide kontuuri pikkus: [m]	75	75
Kontrolltraatide kontuuri takistus: [Ω]	1,07	1,05
Soojusisolatsiooni elektriline takistus: [$M\Omega$]	550	550
Mõõtmisel kasutatud pinge: [V]	500	500

18.02.2020

/alkirjastatud digitaalselt/

Kasper Valliste
võrguspetsialist