



Energiatehnoloogia instituut

**Soojusvõrkude avariilukordade analüüs ja eelisoleeritud
kaugküttetorustikude kasutamine avariide likvideerimisel Eestis.**

**Analysis of emergency situations of heating networks and the use of
pre-insulated district heating pipelines in the elimination of
emergencies in Estonia.**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Jegor Jefimov

Üliõpilaskood: 211909MASM

Juhendaja: Anna Volkova

Kaasprofessor tenuuris, Dr.Sc.Ing.

Tallinn 2023

(Tiitellehe pöördel)

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

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

"....." 2023

Autor:

/ allkirjastatud digitaalselt /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

"....." 2023

Juhendaja:

/ allkirjastatud digitaalselt /

Kaitsmisele lubatud

"....."2023 .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ allkirjastatud digitaalselt /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Jegor Jefimov (*autori nimi*) (sünnikuupäev: 15.02.1993)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose, Soojusvõrkude avariilukordade analüüs ja eelisoleeritud kaugküttetorustikude kasutamine avariide likvideerimisel Eestis. ,

mille juhendaja on Anna Volkova,

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 instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Jegor Jefimov 211909MASM

Õppekava, peeriala: MASM02/18 - Energiatehnoloogia ja soojusenergeetika

Juhendaja(d): Professor , uurimisrühma juht Anna Volkova, 5582866

Konsultant:(nimi, amet)

..... (ettevõtte, telefon, e-

post) **Lõputöö teema:**

(eesti keeles) Soojusvõrkude avariilukordade analüüs ja eelisoleeritud kaugküttetorustikude kasutamine avariide likvideerimisel Eestis. .

(inglise keeles) Analysis of emergency situations of heating networks and the use of pre-insulated district heating pipelines in the elimination of emergencies in Estonia.

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Analüüsida erinevaid soojusisolatsioon.
2. Analüüsida avarii.
3. Leida valitud piirkonna jaoks optimaalse kaugkütte torustiku lahenduse.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Lõputöö teema kinnitamine, algandmete kogumine ja kirjanduse lugemine	31.01.2023
2.	Teema kinnitamine juhendaja poolt	21.05.2023
3.	Lõputöö terviklik esitamine juhendajale	30.05.2023

Töö keel: Eesti

Lõputöö esitamise tähtaeg: "30"mai 2023a

Üliõpilane: ".....".....202....a

/ allkirjastatud digitaalselt /

Juhendaja: ".....".....202....a

/ allkirjastatud digitaalselt /

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

/ allkirjastatud digitaalselt /

Programmijuht: ".....".....202....a

/ allkirjastatud digitaalselt /

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

EESSÕNA	6
LÜHENDTE JA TÄHISTE LOETELU	7
SISSEJUHATUS	8
1. Soojusvõrgud	9
1.1 Kaugkütte maailmas	9
1.2 Kaugkütte Eestis	9
1.3 Soojusvõrgu isolatsioon	11
1.3.1 Polüuretaani loomise ajalugu	11
1.3.2 Omadused	11
1.3.3 Twin süsteem	18
1.3.4 Eelised	19
1.4 Toru paigalduse meetod	19
2. Taust	24
2.1 Seadusandlus	24
2.2 Soojusvõrgu olukord Tallinna linnas	26
2.2.1 Asendamise põhjused	26
2.2.2 Soojuskaod	27
3. Avariide analüüs	30
3.1 Meetod	30
3.2 Tulemused	32
3.2.1 Avarii 1	32
3.2.2 Avarii 2	34
3.2.3 Avarii 3	35
3.2.4 Avarii 4	37
3.3 Põhjused	38
3.4 Toimingualgoritm	40
3.4.1 Toimingualgoritm enne likvideerimise algust	40
3.4.2 Toimingualgoritm signaali saamisel	40
3.5 Järeldus	42
Kokkuvõte	43
Abstract	45
Kasutatud kirjanduse loetelu	47
Lisad	49

EESSÕNA

Magistritöö teema valiti välja lähtuvalt isiklikust kogemusest ja on seotud kaugküttevõrgu ehitamisega ning magistritöö teemal koguti piisavalt infot erinevatest allikatest. Töö loodi Anna Volkovi juhtimisel. Töö eesmärgiks on analüüsida mineraalvilla ja eelisoleeritud soojustorustike probleempiirkondade arengut.

Näidetena kasutatakse isiklike kogemusi ning teadusartiklidel põhinevat info kogumist ja intervjuud AS Utilitas Tallinn teenindusosakonna juhataja Andrei Mjagkoviga. Töö on ette valmistatud ajavahemikul jaanuar 2023 kuni mai 2023. Andmed tööks koguti avalikest allikatest, varem valminud teadusartiklitest, tööga seotud projektidest (mis on avalikustamiseks lubatud). Töö ettevalmistamine ja andmete kogumine toimus Eestis.

Märksõnad: kaugkütte , eelisoleeritud toru, mineraalvill, magistritöö

LÜHENDTE JA TÄHISTE LOETELU

1. **Kaugküte** on soojuse tootmine ja võrgu kaudu jaotamine tarbijate varustamiseks soojusega kaugküttesüsteemi kaudu [1];
2. **PV** – torustiku pealevool;
3. **TV** – torustiku tagasivool;
4. **PPU toru** – eelisooleeritud toru
5. **TWIN toru** - eelisooleeritud kaksik toru
6. **ORM/LOS** – lekke otsimise süsteem
7. **PUR** - polüeretaanvaht
8. **PIR** - tulekindel polüeretaanvaht

SISSEJUHATUS

Käesolevas magistritöös antakse ülevaade eelisoleeritud torudest, tööpõhimõttest, loomise ajaloost ning kasutamise hetkeseisust maailmas ja Eestis. Räägitakse isiklikest kogemustest, mis on seotud projektipõhise tehnoloogia kasutamise ja probleemsete kohtadega. Töös kasutati AS-ilt Utilitas Tallinn ja AS-ilt Utilitas Eesti saadud andmeid ning erikirjandusest, üldkasutatavatest dokumentidest, arendustest ja internetist kogutud lisainfost.

Käesoleva töö peamine eesmärk on analüüsida soojusvõrgu probleemseid piirkondi eelisoleeritud torude ja mineraalvilla kasutamisel, tutvustada statistikat ning pakkuda võimalikke väljavaateid statistika ja andmete põhjal töö kvaliteedi parandamiseks. Põhjused ja otstarbekus vahetada vanad sojustrassid predisoleeritute vastu. Töö aktuaalsus seisneb vajaduses vähendada soojusvõrgu avariide arvu ja parandada klienditeeninduse kvaliteeti. Pikendada katkematu soojavarustuse tööaega klientidele.

Töö koosneb neljast peatükist. Esimeses peatükis on juttu mineraalvillast ja eelisoleeritud torudest: loomisloost, nende omadustest, kus ja kuidas neid kasutatakse, samuti kasutamisest Eestis.

Teine peatükk töös käsitleb intervjuud Utilitas AS spetsialistiga, koguda teavet ja järeldused.

Töö kolmandas peatükis räägitakse autori isiklikest kogemustest ja erinevate õnnetuste stsenaariumidest. Avariide likvideerimiseks kasutatud meetoditest.

Artikli neljandas peatükis on välja toodud võimalikud lahendused tähistatud probleemidele.

1. Soojusvõrgud

See peatükk räägib eelisoleeritud soojusvarustuse torudest. Polümeersete polüuretaanimaterjalide tekkelugu. Selle soojuslikud, füüsikalised ja keemilised omadused. Tutvustatakse paigaldus- ja protsessitehnoloogiat ning torude kasutamise hetkeolukorda maailmas ja Eestis.

1.1 Kaugkütte maailmas

Tsentraliseeritud soojusvarustus on rohkem levinud põhjamaades. Hiina, Venemaa ja Euroopa arvele langeb üle 90% maailma tsentraalsest soojusvarustusest. Peamine rõhk on taastuvatel energiaallikatel nagu bioenergia, päikeseenergia, soojuspumbad ja maasoojusenergia. Tsentraalse soojusvarustuse dekarboniseerimise potentsiaal on aga suures osas kasutamata, sest fossiilsed kütused domineerivad endiselt tsentraalvõrgu tarnetes kogu maailmas (umbes 90% kogu soojustoodangust), eriti Hiina ja Venemaa kahel suuremal turul. 2021. aastal toodeti ligi 90% soojusest fossiilsetest allikatest, mil taastuvatest allikatest pärines vähem kui 8% maailma tarnetest.

Euroopa on praegu taastuvenergia integreerimisel esirinnas, nimelt sellistes riikides nagu Rootsi, Taani, Austria, Eesti, Leedu, Läti ja Island, kus 50% kaugküttest tuleb taastuvatest allikatest.

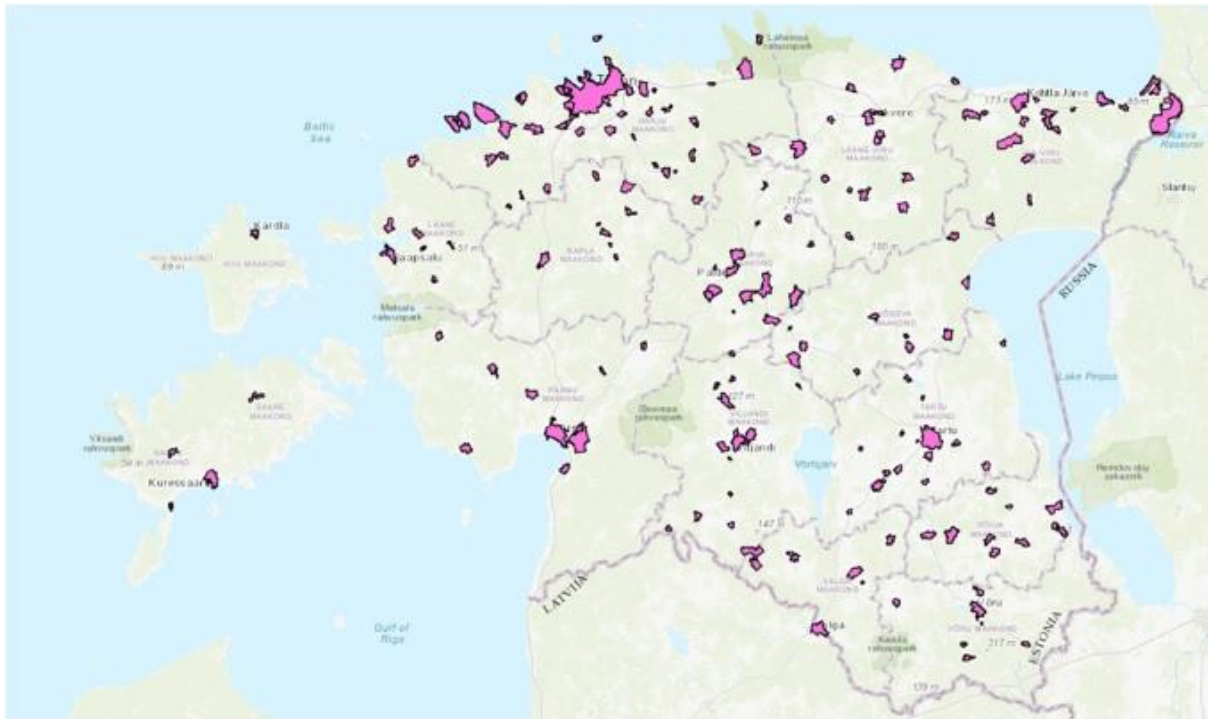
Ligikaudu 40% kaugküttele toodetavast soojusest tarbitakse ehitussektoris. Globaalselt on tsentraalse soojusvarustuse abil hoonetesse tarnitava soojuse osakaal suhteliselt väike ja moodustab vaid 11% hoonete lõpptarbimisest. See osakaal on püsinud muutumatuna alates 2000. aastast, arvestades hoone pindala kasvu 65% samal perioodil. Kuigi maailmas keskmiselt on see osakaal väike, sellistes Euroopa riikides nagu Taani (ligikaudu 65%) ja Rootsi (ligikaudu 45%) ning Venemaal (ligikaudu 40%) ja Hiinas (ligikaudu 155%), moodustab tsentraalne soojusvarustus olulise osa hoonetesse tarnitavast soojusest.

Umbes 40% kaugküttele toodetavast soojusest tuleb tööstussektoris. Tööstussektori tarbijad vajavad sageli kuuma soojust, mis mõjutab võrgu võimet alandada jaotustemperatuuri. Lahenduseks võib olla soojuspumpade kasutamine piirkonna alajaamades temperatuuri tõstmiseks. Hiina juhib kaugkütte kasutamist tööstuses, mille osakaal on 2021. aastaks ligikaudu 55% ülemaailmsest mahust, võrreldes ligikaudu 35%-ga 2010. aastal. Venemaa osakaal, vastupidi, on vähenenud rohkem kui 35%-lt 2010. aastal vähem kui 25%-ni. [2]

1.2 Kaugkütte Eestis

Peamised energiatõhususe trendid kaugküttesektoris on Eestis hoonete ja torustike rekonstrueerimine, vanade fossiilkütustel katlamajade asendamine puiduhakke katlamajadega ning võimalusel koostootmisseadmete ehitamine. Eesti Keskkonnainvesteeringute Keskus (EIC) toetab järgmisi kaugkütte projekte: kaugküttekatelde rekonstrueerimine, kulunud ja ebaefektiivsete kaugküttestorustike väljavahetamine ning kaugkütte juhtimise arengukavade ettevalmistamine. Aastatel 2015-2020 rahastas EIC kokku 308 projekti. Soojussektori arengukava ettevalmistamine moodustab neist suurima ja rahaliselt kõige väiksema osa.

Eestis on kokku veidi üle 230 kaugküttevõrgu (Joonis 1.1)



Joonis 1.1. Eesti tsentraalne soojusvarustus. [3]

Eesti väikeses osas on kaugküttevõrgud praegu väga halvas seisukorras, torustikke ja katlamaju ei remondita, mis seab kahtluse alla võrkude jätkusuutlikkuse. Nende võrkude halb olukord on seotud tarbijate arvu otsustava vähenemisega. Võrku on jäänud väga vähe tarbijaid, nende territoriaalne asukoht on hajutatud ja võrgu rekonstrueerimine ei ole enam kulutõhus. 90% kaugküttevõrkudest on Eestis täielikult või osaliselt rekonstrueeritud ning 10% kaugküttevõrkudest ei ole torustik täielikult rekonstrueeritud.

Eestis tegutsevad suurimad kaugküttevõttevõtted on Utilitas OÜ, Gren Eesti AS, Adven Eesti AS, SW Energia OÜ и N. R. Energy OÜ. [3]

Soojavarustuse aktuaalsust Eestis kinnitab ka raha kogumine nende renoveerimiseks. Näiteks KIK.ee kodulehel saab vaadata, milliseid toetusi ja kui palju eraldatakse. Perioodil 2004-2010 rahastati Harju maakonnas 6 suurt soojusvõrgu renoveerimise projekti ja eraldati üle 3 miljoni euro, aga perioodil 2011-2020 oli 7 suurt projekti, kus eraldati rohkem kui 5 miljoni eurot. [4]

Võrkudes juhtub perioodiliselt avariisid, enamuses hooldamata torudes, kuid ka renoveeritud võrkudes. Töö ülesandeks oli analüüsida õnnetusi, nende põhjuseid, kõrvaldamise algoritmi.

1.3 Soojusvõrgu isolatsioon

Nõukogude ajal kasutati soojatrassi isoleerimiseks mineraalvilla. Soojusvõrgu laienedes ja tehnika arenedes hakati kasutama polüuretaanvilla isolatsioonina eelisoleeritud torudes.

1.3.1 Polüuretaani loomise ajalugu

Esmakordselt töötasid polüuretaanid välja Saksamaa teadlased 1935. aastal ning 1937. aastal sai Otto Bayer esimese kõva polüuretaanvahu. Tööstuslik vahtpolüuretaanide tootmine keerukate polüestrite baasil korraldati Saksamaal 1944. aastal ja nende analoogid odavamate lihtpolüestrite baasil USA-s 1957. aastal. Alates 1955. aastast hakati Euroopas masstootma elastseid PPU-sid.

1974. aasta energiakriis Euroopa riikides ja USA-s tõi kaasa vajaduse energiavarusid ratsionaalselt kasutada. Eriti aktuaalne oli küsimus soojuskadudest torustike kaudu soojuse edastamisel. Energiatõhususe suurendamiseks loodi uued tehnoloogiad, mis said laialdase kasutuse - vahtpolüuretaankonstruktsiooniga torujuhtmete isolatsioonisüsteemid. See süsteem on erineva läbimõõduga torude kasutamine, mille vahel on isoleeriv materjal - PPU. See meetod vähendas energiakadu ja oli valmistoode, mis vähendas ka paigaldusaega ja vähendas kulusid.

See soojusisolatsioon ligi 40-aastaselt kogemusel soojusenergia ja gaasijuhtmete, magistraalsete nafta- ja gaasijuhtmete, kondensaatorijuhtmete ning muude süsteemide rakendamisel on tõestanud oma majanduslikku ja tehnoloogilist efektiivsust. Vahtpolüuretaani pikaealisust hinnatakse 25 - 30 aasta vanuseks. Praktikas aga Saksamaal, USA-s, Kanadas, Rootsis, Jaapanis võtavad eksperdid lahti seinte, katuste, vundamentide konstruktsioone, lõikavad eelmise sajandi 70ndatel valatud torudelt vahtpolüuretaani näidiseid ja sõnastavad korrektselt - „omadused ei ole muutunud“.

PPU torude ehitamine on juba vajalik meede energia-, elamu- ja kommunaalmajanduse ning tootmisobjektide toimimise probleemide usaldusväärseks lahendamiseks. [5]

1.3.2 Omadused

Soojusvõrkudes kasutatakse süsinikterasest torusid. Terasest süsiniktorude üheks peamiseks eeliseks on väike lineaarne laiendustegur kuumutamisel $\approx 0,0115\text{mm/m}^\circ\text{C}$, väike maksumus, paigaldus- ja remondilihtsus ning võime taluda temperatuuri kuni 150°C . Kuid terastorudel on üks oluline puudus, korrosioonioht. See tähendab, et tuleb täielikult vältida torude kokkupuudet veega. [6]

Soojuskadude ja soojusvõrgu kogukoormuse vähendamiseks rakendatakse spetsiaalseid soojusisolatsioonimaterjale. Üheks põhimaterjaliks on mineraalvill ja vahtpolüuretaan. Tabel 1.1. annab mineraalvilla ja vahtpolüuretaani võrdleva iseloomustuse.

Tabel 1.1 Materjalide omadused

Omadused	Mineraalviil	Vahtpolüuretaan
Soojusjuhtivus, Vt/m*K	0.04	0,022-0,03
Tihedus, kg/m ³	105-135	60
Veesilitus, %	10-15	1-2
Manustamistemperatuur, C0	Alates -180 kuni +680	Alates -180 kuni +140
Montaaž	Võib nõuda mähkimist, pingutite fikseerimist, traadist rõngaid	Kantakse torule, fikseeritakse termolindiga
Keemiline ja biokindlus	Kõrge	Kõrge
Põletustunne	Ei põle	Põleb

Mineraalviil on kiuline materjal, mis koosneb pihustatud sulatatud klaasist. Torude soojustamine mineraalvatiga kestab üle 40 aasta.

Selle kasutamise kogemus on näidanud mitmeid olulisi puudusi, mis viivad torude enneaegse purunemiseni. Selle materjali peamiseks miinuseks on selle avatud poorsus. Mineraalviil imab suurepäraselt niiskust, võimaldades selle sattumist terastorustikule, mis viib selle välise korrosioonini. Samuti suureneb niiskuse tõttu selle materjali soojusjuhtivus, mis mõjutab tugevalt soojuskadusid. Mineraalviil ei ole aga siiani kasutusest väljunud ja seda kasutatakse remonditud torude piirkondade soojustamiseks.

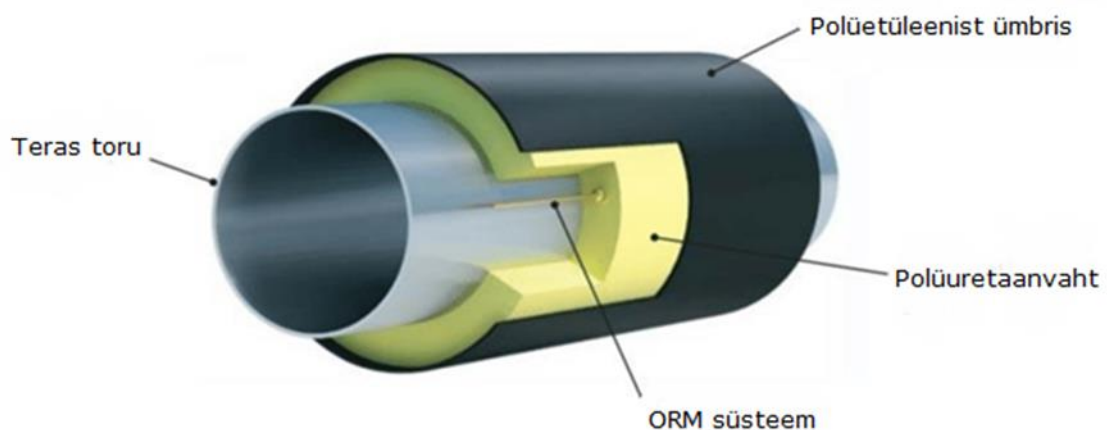
Mineraalvillal on oma unikaalsed omadused, nagu:

- Tulekindlus. Mineraalvilla selline omadus saavutatakse silikaatkivide mittekorbeivate sulamite kasutamisega tootmisprotsessis. Isegi kõrgetel temperatuuridel ei deformeeru mineraalviil ja kõik nende omadused jäävad samaks. Tulekahju korral on materjal ka põlemiskindel. Veelgi enam, vaatamata mehaanilise mõju puudumisele võib seda kasutada pikaajalises kokkupuutes kõrgete temperatuuridega. See mineraalvilla omadus on tingitud kivikiudude ja koostises kasutatava sideaine sulamistemperatuuri erinevusest.
- Vastupidavus erinevatele agressiivsetele bioloogilistele ja keemilistele ainetele, lõhnatu, elastne, ei ole mürgine, ei lagune ega paku soodsat kasvupinnast hallitussentele ja närilistele Selliste tehniliste näitajatega mineraalviil vastab täielikult kaasaegsetele hügieenistandarditele ja kvaliteedistandarditele. Vähene termiline ja looduslik kokkutõmbumine. Mineraalvillast materjalide mõõtmed ja kujud ei muutu kogu kasutusaja jooksul. See omadus aitab vältida külma läbimist ühenduskohtadest. See juhtub siis, kui materjal aja jooksul kokku tõmbub.
- Madal soojuslik ja loomulik kokkutõmbumine. Mineralvill ei muuda kasutusprotsessis mõõtmeid ega kuju. See omadus aitab vältida külma sattumist liitekohtadesse. See juhtub materjali kokkutõmbumisel aja jooksul. Auru läbilaskvus. See omadus on niiskuse taseme reguleerimiseks. Tänu materjali auruläbilaskvusele on võimalik veeaurude ja kondensaadi takistamatu eemaldamine.
- Mahu ja vormi stabiilsus mis tahes tingimustel.
- Vähene soojusjuhtivus. Seda materjali iseloomustab kõrge kuumakindlus. See omadus aitab vähendada remonditööde kulusid.

- Kõrge heliisolatsioon. Mineraalvill võib oma olemuse ja omaduste tõttu olla võimas helilainete blokeerija, eriti vanades hoonetes.
- Suur tugevus ja korrosioonikindlus. Kvaliteetne mineraalvill on keemiliselt inertne ega põhjusta kokkupuutuvate metallide söövitust. Mida rohkem on materjalis vertikaalkiudusid, seda suurem on selle tugevus. Kui selliseid kiudaineid on rohkem, võib kasutada vähem tihedat katet.
- Keskkonnasõbralikkus. See on ohutu materjal, mis on inimorganismile täiesti kahjutu.
- Paigaldamise lihtsus. Iga mineraalvill võib olla kergesti lõigatav soovitud vormini. Pehmet mineraalvilla võib lõigata noaga ja tihket saega. See on kergesti vormitav mis tahes kujul ja seda saab hõlpsasti paigaldada erineva kujuga pinnale.
- Kauakestev. Kasutamisaeg on umbes 30 aastat. [7]

Kuid vaatamata suurele hulgale plussidele, uurime järgnevalt, miks kasutatakse peamiselt eelisoleeritud toru sagedamini.

Joonisel 1.2 on näha eelisoleeritud toru PPU kestas. Nagu jooniselt 1.2 võib täheldada, koosnevad PPU isolatsioonitorud 3 osast ja on mitmekihilise konstruktsiooniga. Selle konstruktsiooni sees asub terastoru. Järgneb vahtpolüuretaanist isoleeriv kiht. Väljastpoolt on toru kaitstud spetsiaalse kõvast plastikust kooriga.



Joonis 1.2 Eelisoleeritud toru PPU kestas

Torustiku lekke või isolatsioonikihi vigastuste leidmiseks ja avastamiseks on olemas spetsiaalne operatiivse kaugkontrolli süsteem. See süsteem on vahtpolüuretaanist isolatsioonikihi sisse paigaldatud signaaljuhtmed. Selle süsteemi toimimise põhimõte põhineb signaaltraatide elektritakistuse (Ω) kontrollmõõtmisel. Juhtmete takistus sõltub torustiku pikkusest ja etteantavast pingest. Takistuse suurus näitab niiskuse olemasolu või selle puudumist soojusisolatsiooni kihis. Lekke asukoha avastamiseks kasutatakse vajadusel spetsiaalset seadet, mida nimetatakse reflektomeetriks. Selle abil on võimalik 1 meetri täpsusega leida vigastatud koht.

Vahtpolüuretaani toodetakse polüoolist ja isotsüanaadist. Vaht on ühtlane ja vastab EN 253 funktsionaalsetele nõuetele. PUR on ületamatu isolatsioonimaterjal torustikele -

200°C kuni +120°C ja koos mineraalvatiga kuni +250°C. See on survekindel ning koos kande- ja kaevutoruga loob tugeva võileivakonstruktsiooni. PUR säilitab oma mehaanilised omadused üle 30 aasta. [8]

Tabel 1.2. PUR ja PIR isolatsioon

Omadused	PUR isolatsioon	PIR isolatsioon
Materjal	Polüüretaanvaht on valmistatud polüoolist ja isotsüanaadist. Vaht on homogeenne, rakkude keskmine suurus max 0,5 mm	Polüisotsüanuraatvaht on valmistatud polüoolist ja isotsüanaadist. Vaht on homogeenne, rakkude keskmine suurus max 0,5 mm
Tihedus	55 kg/m ³	55 kg/m ³
Veeimavus keetmisel	10%	10%
Survetugevuse 10% deformatsioon	0,3 N/mm ²	0,3 N/mm ²
Aksiaalne nihketugevus	0,12 N/mm ²	0,12 N/mm ²
Tangentsiaalne nihketugevus	0,20 N/mm ²	0,20 N/mm ²
Soojusjuhtivus 50°C juures	0,027 W/m°C	0,028 W/m°C
Maksimaalne töötemperatuur	120°C(tipp 140°C kuni 300t aastat)	170°C(tipp 180°C kuni 300t aastat)

Vahtpolüisotsüanuraadist (PIR vaht) isolatsiooniga eelisoleeritud tööstustorudel on sama kõrge soojusisolatsiooniga vahtpolüüretaaniga omadused. Polüisotsüanuraadi väärtus on lambda 0,023 temperatuuril -20°C ja 0,028 temperatuuril +50°C.

Polüisotsüanuraatvaht koosneb polüoolist ja isotsüanaadist. Ühtlane vaht vastab EN 253 funktsionaalsetele nõuetele.

PIR on ainulaadne isolatsioonimaterjal kõikidele torustikele temperatuurivahemikus -60°C kuni +170°C. See on survekindel ja moodustab koos peavoolu- ja tagasivoolutoruga ühtse koostise. PIR säilitab oma mehaanilised omadused muutumatuna 30 aasta jooksul ja omab võrreldes polüüretaaniga paremaid tulekindluse omadusi.

Tabel 1.3. PUR ja PIR isolatsiooni U-väärtused

U-Väärtused						
Kandetoru DN	PUR-isolatsiooni keskmine temperatuur on 50 °C			PIR-isolatsiooni keskmine temperatuur on 50 °C		
	1.Seeria, W/m°C	2.Seeria, W/m°C	3.Seeria, W/m°C	1.Seeria, W/m°C	2.Seeria, W/m°C	3.Seeria, W/m°C
15	0,113	0,101	0,094	0,119	0,104	0,096
20	0,136	0,119	0,109	0,142	0,122	0,111
25	0,165	0,14	0,127	0,175	0,145	0,131
32	0,172	0,153	0,141	0,18	0,158	0,143
40	0,197	0,173	0,157	0,208	0,18	0,161
50	0,222	0,197	0,171	0,234	0,202	0,175
65	0,267	0,222	0,194	0,277	0,228	0,198
80	0,278	0,235	0,207	0,287	0,247	0,21
100	0,295	0,248	0,217	0,301	0,25	0,218
125	0,347	0,289	0,245	0,351	0,29	0,245
150	0,42	0,332	0,272	0,42	0,332	0,272
200	0,467	0,356	0,287	0,461	0,352	0,285

Soojusisolatsiooniks on kõva vahtpolüuretaan, mis peab vastama standardi EVS-EN253:+A1:nõuetele. [9]

Segades kahte komponenti – isotsüannati ja polüooli-tekib keemilise reaktsiooni tulemusena polüuretaan. Kui reaktsioon toimub vaakumis, siis on tulemuseks tihe ja suhteliselt kõva polüuretaan, mida kasutatakse näiteks kingataldade ja mööblirataste aga ka värvide ja vaikude valmistamiseks.

Lisades komponentidele paisutusgaase saame vahtpolüuretaani, mis on hea heli- ja soojusisolatsioonimaterjal. Komponentide segamissuhtest olenevalt saadakse pehme vahtpolüuretaan või PUR. PUR-i kasutatakse soojusisolatsioonimaterjalina alates 1950-ndatest aastatest ja eelisoleeritud torudes on ta kasutamist leidnud 1960-ndatest aastatest alates.

Paisutusainena kasutatakse süsihappegaasi või tsüklopentaani. Freoonide kasutus on tänapäeval keelatud keskkonnakaitselistel põhjustel.

Eelisoleeritud torud ja tooted isoleeritakse PUR-vahuga tehasetingimustes. Töömaal isoleerib keeviliited jätkupakendite paigaldaja ja ta peab PUR-vahu töö käigus ise valmistama. Vahud valmistatakse valdavale käsitsi, kui suuremate mahtude tarbeks on olemas vastavad vahutusmasinad.

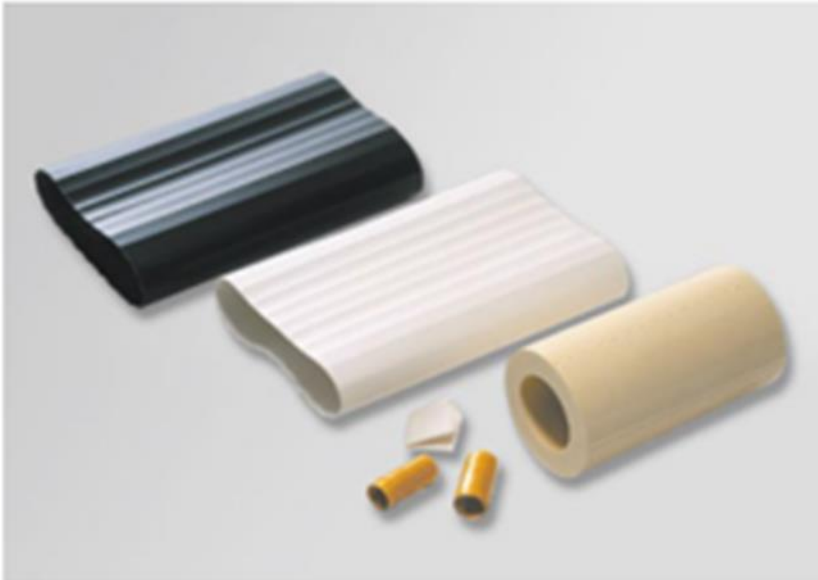
Eelisoleeritud torustikud kogutakse kokku ja monteeritakse kiiresti ja tõhusalt, kasutades laia valikut standardühendusi, mis koosnevad otseühendustest ja vändaühendustest, T-kujulistest ühendustest, otsakorkidest ja muudest tarvikutest. See tagab optimaalse lahenduse kõikidele projektidele. Ühendused on samuti hästi isoleeritud ja ohutud nagu ülejäänud süsteem.

Normaalne temperatuurisüsteem töötamiseks -60°C kuni +120°C

Torustik sobib isegi toiduainetööstusele, kus on kehtestatud kõrged hügieeninõuded.

Ei ole probleeme bakterite kasvuga isolatsioonis ega vee kondentsiga. Isolatsiooni kvaliteet on homogeenne ja tagab hästi dokumenteeritud isolatsiooniomadused. Töötlemine ja paigaldamine toimub kiiresti ja lihtsalt.

Joonisel 1.3 on näidatud standardne ühenduse muhvi komplekt, mida kasutavad ehitamises protsessis.



Joonis 1.3. Ühenduse muhvi komplekt.

Joonisel 1.4. on näidatud paigalduse protsess, kuidas eelisoleeritud torud ühendatakse.



Joonis 1.4. Ühendamise protsess

Väikeste tegevuskulude ja pika eluea saamiseks on oluline, et kõik ühendused oleksid korralikult paigaldatud ja kõik vabad otsad oleksid suletud summutuskorkidega, et vältida saastumist. Süsteem on varustatud musta või valget värvi termokahanevate torumuhvidega. Valget värvi muhve kasutatakse ainult siseruumides. Torude jätkukohtadele paigaldatakse jätkulapp, et vesi või niiskus ei saaks tungida ega kahjustada isolatsiooni sisse ja põhjustada korrosiooni. Torustike süsteem on 100% veekindel, polüetüleenist korpus, mis on vastupidav enamikele kemikaalidele. Eluea jooksul on lihtne puhastada - ka tugevate pesuvahendite kasutamisel ning vajadusel kõrge ja madala survega puhastamisel. [10]

Kuna torud ei saa vabalt paisuda, tekib neisse telgpinge ja suunamuutused põhjustavad kogu süsteemi liikumist. Seotud süsteemis on igasugune keskkonna temperatuuri muutus tajutav aksiaalne pinge muutusena pealevoolu torus või liikumisena piki painutuslõigu mitmekihilist struktuuri (eelisoleeritud toru).

Sellisel juhul paigaldatakse kompensatorid paindepiirkonna isolatsiooniümbrise sissepoole, et tagada selle liikumine. Ainult suurte mõõtmete või suuremate temperatuurimuutuste korral võib olla vajalik liigse liikumise või kõrge pinge kompenseerimine. Sellistel juhtudel võib hüvitamine toimuda torustikusüsteemis eelsoojendusega. Selleks kasutatakse maa-aluste paigaldiste jaoks katsetatud ja heaks kiidetud ühendusi, näiteks BX-isolatsioonitihendusi, topelttihendi ja poolituskestaga, BXS-i (kahekordne isolatsioonitihend) või SX-i, mis vahutatakse ja tihendatakse keevituskorkidega. Maa-alused kõrge temperatuuriga süsteemid, mis on isoleeritud mineraalvillaga või vahtpolüuretaaniga, võivad töötada libisevate süsteemidena. Tagasivoolu toru toetatakse pinnase hõõrdumise ja paisumisega ning pealevoolu toru neeldub isolatsioonis. Süsteem on jaotatud sektsioonideks betooniga täidetud ankrutega. Iga sektsiooni laiendus neeldub telgkompensatorites või kompensatsioonivuukides, mis

võimaldab nihutada toru väljundit kuni 40 mm mineraalvati abil. Kõrge temperatuuriga süsteemide puhul kasutatakse HBX termokahanevaid ühendusi või HEW elektrikeevitusühendusi mineraalvillast ja vahtpolüuretaanist isolatsiooniga. [11]

1.3.3 Twin süsteem

Nagu ühetorusüsteem, on ka Twin süsteem liimsüsteem ehk PV ja TV torud, isolatsioonikiht ja väliskiht on omavahel mitmekihilises konstruktsioonis kindlalt ühendatud.

Twin-süsteemis on pealevoolu- ja tagasivoolutorud ühesuurused ning paigaldatud samasse korpusesse. See tähendab, et temperatuuri kõikumise tõttu terastorudes toimuv paisumine või kokkusurumine kandub isolatsiooni kaudu väliskestale, nii et liikumine toimub väliskesta ja ümbritseva liiva vahel.

Liikumist takistab hõõrdumine väliskesta ja ümbritseva liiva vahel. See tähendab, et kaevikusse paigaldatud torusüsteemis on liigutusi vähem kui vabalt laienevas torusüsteemis.

TwinPipe süsteemis on toetused väiksemad kui vastavas ühetorusüsteemis, sest pealevoolu- ja tagasivoolutorud ühendatakse kinnitusvarrastega. Seega liiguvad pelevoolu ja tagasivoolu torud võrdselt vastavalt nende vahelisele keskmisele temperatuurile.

Twin süsteemis paigaldatakse kaks toru üksteise kohale, tagasivoolu toru pealepoole. See tähendab, et hargnemised paigaldatakse põhitoruga samale tasapinnale ja asetatakse risti, nii et kogu paigaldussügavust saab vastavalt vähendada.

Kuna kaks terastoru puutuvad kokku erineva temperatuuriga, põhjustab see tavaliselt kahe toru ebaühtlast pikisuunas paisumist.

Tagamaks torustiku tagasilikumist, ühendatakse terastorud nende külge keevitatud kinnitusvarrastega:

- Kõikide suunamuutuste korral
- Reduktsioonide järgi (suurima mõõtmise järgi)
- Torustiku sirgete osade otstes

Kinnitusplaadid on ette nähtud maksimaalseks temperatuuride erinevuseks 60°C PV ja TV torude vahel. [12]

Joonisel 1.5 on kujutatud Twin eelisooleeritud toru.



Joonis 1.5 Twin eelsoleeritud toru

1.3.4 Eelised

Eelsoleeritud torustikul on traditsioonilise soojustamise ees mitmeid eeliseid. Penopolüuretaan on kaasaegne, ohutu ja parim soojusisolatsioonimaterjal, mille abil on suudetud energiaressursse efektiivsemaks muuta. Sellel on järgmised omadused:

- kaalult kerge;
- väga vastupidav;
- kulumiskindel;
- allub mis tahes töötlemisviisidele;
- mädanemiskindel;
- võib "töötada" pinnases;
- hoiab hästi sooja.

Tänapäeval peetakse soojusisolatsiooni vahtpolüuretaaniga kõige efektiivsemaks ning eeldisoleeritud torustike tihendamist kõige soodsamaks soojusvõrkudele ja jahutussüsteemidele. See on nii säästlik kui ka keskkonnasõbralik. Sellise torustiku peamine koostisosa on PPU isolatsiooni terastoru. [13]

1.4 Toru paigalduse meetod

Kõik torud reageerivad temperatuuri muutusele: need paisuvad kuumutamisel ja lühenevad jahutamisel. Temperatuuri muutustest tingitud joonpaisumisi liigutusi ja pingeid torudes tuleb kontrollida ja arvutada. Jutt on sellest, kas torud asetsevad pinnase sees või on paigaldatud maapinna peale.

Maa-alused süsteemid on kas polüuretaaniga seotud süsteem PIR-vahud või mineraalvilla ja PUR-iga HT-süsteemid nagu isolatsioon. Need kaks tüüpi tuleb välja töötada erinevate meetoditega.

Seotud süsteemil peab olema täielik haarduvus sandwich-struktuuri üksikute koostisosade (polüuretaan/PIR-isolatsioon ja pealevoolutoru) vahel. Liigutused kanduvad torust edasi tagasivoolu kaudu vahtu ja vastupidi. Hõõrdumine vastu isolatsioonikesta korpust maa sees takistab terastoru vaba laienemist ümbritseva temperatuuri muutuste korral.

Soojusvarustuse torusid paigaldatakse kahel viisil: maa- või õhu kaudu. Esimene torude tihendamise meetod nõuab kaevamisseadmeid, samas kui teist meetodit on lihtsam rakendada.

Peamiselt paigaldatakse soojatrasid maa-alusel viisil, kuid ka õhu kaudu ei ole see haruldane. Maa-alune meetod võib juba jaguneda kolmeks:

- Kanal
- Kanalivaba
- Hülss

Kui vaadata kanalit, siis sinna ehitatakse betoonpaneelidest kanal, mis näeb välja nagu betoonkarbis olevad torud. Seejuures kasutatakse terastorusid, mis isoleeritakse edaspidi mineraalvillaga (Joonis 1.6). Selline viis võtab ehitamisel rohkem aega ja on ka suur kulu, sest betoon on praegu kallis. Näiteks Tallinna soojusvõrgus on suur osa vanast torustikust kanaliseeritud. Avariitöid on aga lihtsam teha, võrreldes ülejäänud torustike paigalduse meetoditega, sest manöövreid ja tegutsemisvõimalusi on rohkem.



Joonis.1.6. Paigaldus meetod, toru kanalis

Kanalivaba paigaldamiseviis tähendab pinnases asetsevat toru. Tavaliselt paigaldatakse nii eelisoleeritud torud. (Joonis 1.7). Selline meetod vähendab kaevetöödemahtu, tähtaegu ja ehituskulusid. Kuid teeb avariitööde läbiviimise vajaduse korral

keerulisemaks, sest eelisoleeritud toru vahetatakse ainult samasuguse toru vastu ja seda ei ole alati olemas käepärast. [14]



Joonis 1.7. Eelisoleeritud toru

Kolmas meetod on paigaldamine hülsi sisse. Selline viis eeldab oluliselt suurema läbimõõduga torus olevat toru. Seda meetodit kasutatakse väga harva ja enamasti ainult siis, kui toru siseneb hoonesse või on väga tiheda liiklusega tee all, mõnikord avariitöödel.

Torude vahele paigaldatakse mineraalvill, et vältida soojuskadu. (Joonis 1.8)



Joonis 1.8. Toru hülsis

Meetod ei ole kõige kallim, kuid on keeruline avariiolukorras. Mõnikord on toru endani jõudmine küllalt keeruline ning võtab palju aega lekke otsimiseks ja kõrvaldamiseks. [15]

Maapealse trassi peamine eripära on see, et töökontuuri paigaldamiseks ei ole vaja kaevikuid kaevata, torud paigaldatakse maapinna peale ja kinnitatakse spetsiaalsetele tugedele. (Joonis 1.9)

Soojustrasside paigaldamine sellisel viisil on praktiline, kuid seda kasutatakse ainult äärmisel juhul. Sellist meetodit kasutatakse ainult tööstuspiirkondades või teiste kommunikatsioonide suure olemasolu korral. Seda meetodit tuleb vältida väljaspool tööstuspiirkondadest, sest see halvendab elamukvartalite väljanägemist. Teiseks puuduseks on torude isolatsioonisüsteemi keerukus. Soojuskadude vähendamiseks tuleb kasutada mitmeid materjale ja kaitsekonstruktsioone. [16]



Joonis 1.9. Õhksoojustrass

2. Taust

Käesolevas peatükis vaatleb autor seadusandlust ning analüüsib intervjuude vastuseid Andrei Mjagkoviga, võrgukäiduosakonna juhatajaga. Andrei on töötanud Utilitas Tallinn AS-is 18 aastat ning tegelenud soojustrasside projektide ehitamise ja kooskõlastamisega. Oma pika tööstaaži jooksul on ta korduvalt kokku puutunud torustike avariidega ning tal on tohutu suur kogemus. Utilitas AS on juhtiv elektri- ja soojusenergia ning tsentraalse soojusvarustuse ja jahutuse tootja kogu Eestis. Nende tehnoloogia areneb pidevalt. Soojusvõrkude operaator on kohustatud õigeaegselt korraldama avariide likvideerimistööd, et tagada tarbijale katkematu soojusvarustus.

2.1 Seadusandlus

Soojusvõrk, nagu ka muu kommunikatsioon, on reguleeritud seadusega. Soojusenergia tarnija on kohustatud hooldama oma võrku. Tema vastutab täielikult ja vastutab töö korrasoleku eest.

Kaugkütteseaduses 2. peatükis § 4. soojusettevõtja on ettevõtja, kes tegutseb vähemalt ühel tegevusalal, milleks on soojuse tootmine, jaotamine või müük, ning vastutab nende tegevustega seonduvate kaubanduslike, tehniliste või hooldusküsimuste lahendamise eest.

Kaugkütteseaduses 2. peatükis § 7. soojusettevõtja kohustused on :

- peab tagama tarbijate ja teiste soojusettevõtjate soojusega varustamise vastavuses käesoleva seaduse, tegevusloa tingimuste ja sõlmitud lepinguga.
- peab oma raamatupidamises pidama eraldi arvestust soojuse tootmise, jaotamise, müügi ja nende tegevustega mitteseotud tegevusalade kohta.
- Hädaolukorra seaduse § 36 lõike 4 punktis 1 nimetatud elutähtsa teenuse osutaja on:
 - 1) soojuse tootja, kelle tootmise prognoositav maht aastas on vähemalt 50 000 MWh, kes tegutseb võrgupiirkonnas, mille aastane müügimaht on vähemalt 50 000 MWh, ja kes osutab teenust vähemalt 10 000 elanikuga kohaliku omavalitsuse üksuses;
 - 2) võrguettevõtjast soojusettevõtja, kes tegutseb võrgupiirkonnas, mille aastane müügimaht on vähemalt 50 000 MWh, ja kes osutab teenust vähemalt 10 000 elanikuga kohaliku omavalitsuse üksuses.
- Soojusettevõtja, kelle tootmise prognoositav maht aastas on vähemalt 500 000 MWh võrgupiirkonna kohta, on kohustatud soojuse tootmiseks tagama niisuguse koguse reservkütuse kasutamise võimaluse, mis kindlustab soojusvarustuse kolme ööpäeva jooksul.
- Reservkütuse koguse arvutamisel lähtutakse eelmise aasta maksimaalsest ööpäevasest tarbimisest.

Kaugkütteseaduses 2. peatükis § 14. võrguettevõtja kohustused on:

- kohustatud tagama võrguühendust omavate tarbijate varustamise soojusega käesoleva seaduse, tegevusloa tingimuste või kohaliku omavalitsuse volikogu otsuse ja sõlmitud lepingu kohaselt.
- vastutab tema omandis või valduses oleva võrgu toimimise ja korrasoleku eest.
- kohustatud arendama võrku selliselt, et oleks tagatud võrguettevõtja võrgupiirkonnas olevate tarbijapaigaldiste võrku ühendamine.
- peab korraldama võrgust tarbitava soojuse koguste mõõtmise ja pidama sellekohast arvestust, kui ei ole kokku lepitud teisiti.

- on kohustatud andma kõigile teistele tema tegevuspiirkonna võrguettevõtjatele vajalikku informatsiooni, et tagada soojuse jaotamine ja müük viisil, mis on kooskõlas võrgu kindla ja tõhusa kasutamisega.
- võib oma tegevuse lõpetada ainult juhul, kui ta on andnud käesolevast paragrahvist tulenevad kohustused üle teisele ettevõtjale.
- peab vähemalt 12 kuud enne oma tegevuse lõpetamist Konkurentsiametit kirjalikult informeerima lõpetamisajast ja -kavast ning esitama piisava ülevaate abinõudest, mis tagavad käesolevas paragrahvis esitatud nõuete täitmise. [17]

Siit tuleb järeldada, et tuleb arendada ja tugevdada katkematu soojusvarustust, vältimaks avariolukordi. Eeskujuks võib võtta Tallinna linna, mis on jagatud piirkondadeks. Juhindudes kohaliku omavalitsuse korralduse seaduse § 6 lõikest 1, kaugkütteseaduse § 5 lõigetest 2 ja 6 ja linnavolikogu 29. oktoobri 1998. a otsusega nr 145 heakskiidetud Tallinna energiakontseptsioonist ning tulenevalt linnavalitsuse ettepanekust, Tallinna Linnavolikogu määrab:

- Määrata Tallinna kaugküttepiirkonna piirid, kaugküttevõrguga liitumise ning eraldumise tingimused ja kord, kaugkütte üldised kvaliteedinõuded ja soojusettevõtja arenduskohustus vastavalt lisale.
- Tallinna Linnavalitsusel lähtuda soojuse piirhinna kooskõlastamisel Energiaturu Inspeksiooni poolt väljatöötatud soojusenergia piirhinna kooskõlastamise põhimõtetest.[18]

Siit tuleb järeldada, et tuleb arendada ja tugevdada katkematu soojusvarustust, vältimaks avariolukordi. Eeskujuks võib võtta Tallinna linna, mis on jagatud piirkondadeks. [19] Kuigi peamine prioriteet on elektriga varustamine, aga ka soojaga varustamine, eriti talvehooajal.

§2. Terminid määrab kindlaks, mis on eluliselt haavandid:

- Elutähtis teenus käesoleva määruse tähenduses on abivajajale tema surma või püsiva tervisekahjustuse vältimiseks:
 - 1) tervishoiuteenuste korraldamise seaduse § 17 lõikes 1¹ nimetatud kiirabi osutajate pidaja osutatav kiirabi sama seaduse § 16 lõike 1 tähenduses;
 - 2) tervishoiuteenuste korraldamise seaduse § 22 lõikes 4¹ nimetatud haiglavõrgu haigla osutatav eriarstiabi sama seaduse § 20 lõike 1 tähenduses.
- Elutähtsa teenuse toimepidevuse häire käesoleva määruse tähenduses on elutähtsa teenuse osutamisel esinev takistus, mille tõttu osutatakse teenust ajutiselt osalises mahus ja mis võib viia elutähtsa teenuse katkestuseni.
- Elutähtsa teenuse toimepidevuse katkestus käesoleva määruse tähenduses on elutähtsa teenuse osutamise taseme langus alla käesoleva määruse § 3 lõikes 1 või § 4 lõikes 1 kehtestatud taseme või selle täielik lakkamine, kui teenuse osutamist ei suudeta taastada käesoleva määruse § 3 lõikes 2 või § 4 lõikes 2 kehtestatud aja jooksul. [20]

Enamik haiglaid on ühendatud soojusvõrku. Viimasel ajal on projekteerimisel tagavaravariandid (ajutised katlad), kuid igal juhul on kõige prioriteetsemad just selliste objektide soojusvarustust takistavad avariolukorrad likvideerimine. Lisaks seaduses nimetatud objektidele kehtivad sise-eeskirjad, et lasteaedade, koolide ja hooldekodude puhul kõrvaldatakse avarii võimalikult kiiresti.

Selliste sidemete puhul tuleb omavahelist sidet vähendada, et nad ei sõltuks üksteisest. Samuti koostada taastumiskava, analüüsides kõiki riske. [20] Kriisilukorrad juhtuvad ootamatult, kuid nendeks tuleb valmis olla. Näiteks 2019. aastal käivitasid ilmastikuolud oktoobris avariaahela: elektrikatkestus põhjustas probleeme soojuse ja veega. Antud juhtum näitas, et kriisilukorras tuleb kommunikatsioonid omavahel ära jagada.

Kaugkütteteenust pakutakse 77 omavalitsuses, 67 omavalitsuses ei ole üksi kaugkütteteenuse osutaja elutähtsa teenuse osutaja ehk nende munitsipaliteetide võimekust kriisiolukorras korralikult tegutseda ei kontrollita seaduse alusel. Elanike arvult on olukord mõnevõrra parem, sest enamik eestlasi elab endiselt elutähtsaid teenuseid pakutavates omavalitsustes. Ligi 25%-le kaugkütteteenusega liitunudest ei ole teenusepakkuja elutähtsa teenuse osutaja, seega elab ligi 164 000 inimest piirkondades, millele ei laiene eriolukorra seaduse nõuded kaugkütte kasutamisele.

Tsentraalne soojusvarustus on üks 14 elupäästeteenusest, mis on loetletud eriolukorra seaduses, see tähendab, et sellel on suur mõju ühiskonna toimimisele ning soojusvarustuse katkestus ohustab otseselt inimeste elu ja tervist. [21]

Seetõttu on käimas soojusvõrkude ümberehitustööd töökindlamate materjalidega, nagu eelisoleeritud torustikud.

2.2 Soojusvõrgu olukord Tallinna linnas

Tallinn, mis on Eesti pealinn ja ühtlasi suurim linn, vajab pidevat soojusvõrgu uuendamist ja remonti. Praeguseks on juba uuendatud 65% eelisoleeritud soojatrassidest. Seda tehnoloogiat on Tallinnas kasutatud alates 1996. aastast. Korduvalt ei ole olnud ka iseeneslikku leket. Avariid on juhtunud vaid välise sekkumise tõttu, teiste kommunikatsioonide või hoonete ehitamisel. Utilitas Tallinn AS peamine eesmärk on vahetada kogu soojusvõrk aastaks 2035 eelisoleeritud võrgu vastu. Tallinnas on kavas 2023. aastal vahetada 14 km soojustrassi.

Avariid soojustrassidel on üsna sagedased. Kui vaadata 2021. aastat, siis ainuüksi Tallinnas juhtus 309 avariid. 2022. aastal 322 avarii tõttu vahetati vana tüüpi soojustrassid eelisolatsiooniga vastu. Kuid vaatamata eelisolatsiooniga torude suurele eelisele on ka puudusi:

- ühenduskohtade paigaldamise ja isoleerimise keerukus;
- kaitsev ümbris ja vahtpolüuretaan ei allu mehaanilistele mõjudele;
- ebakvaliteetse paigaldamise ja niiskuse sattumise korral isolatsiooni kihi sisse on torustiku korrodeerumise oht;
- isolatsiooni kahjustumisel tuleb vigastatud toruosa vahetada, sest isolatsioon ei ole taastatav.

Tulenevalt isiklikust kogemusest on ka eelisolatsiooniga torudega torustikes avariisid ning vaatleme nende põhjuseid järgmises peatükis, samuti probleemseid piirkondi kus, kuidas ja miks avariid tekivad. Kas eluiga on tõesti 30-40 aastat?

2.2.1 Asendamise põhjused

Üks nende põhimõtteid on kliendikesksus. Seetõttu tulebki pakkuda inimestele katkestusteta kütet ja sooja vett. Selleks rekonstrueeritakse kaugküttevõrk, ennetades võimalikke avariisid.

Eelisolatsiooniga torude peamine eelis on nende energiasäästlikus, sest nende torude soojuskadu on umbes 20-30% väiksem võrreldes vana tüüpi terastorudega. Samuti on eelisolatsiooniga torud terastorudega võrreldes pikema elueaga, eelisolatsiooniga torude

paigaldamisel ei ole vaja ehitada drenaaži ning nende hoolduskulud on väiksemad. Nende torude oluliseks eeliseks on ka see, et need on varustatud lekkeotsingu signaaljuhtmetega, mis võimaldab lühikese aja jooksul lekkeid lokaliseerida ja kõrvaldada. Varem paigaldatud torustikes saab lekkekohta kindlaks teha ainult helisignaalseadmete abil, nagu seda on seni tehtud. Paratamatult võib lekke avastamiseks, täpse asukoha määramiseks ja kõrvaldamiseks kuluda rohkem aega kui kaasaegsete anduritega varustatud torustike puhul. [22]

2.2.2 Soojuskaod

Nõukogude ajal ehitati soojatrassid peamiselt raudbetoonkanalitesse, soojustuseks kasutati mineraalvilla. Selles osas võrdleme tollaseid soojuskadusid ja kaasaegset hermeetiliste eeldisoleeritud torude tehnoloogiat, tuginedes uuringutele. See võimaldab välja selgitada asendamise otstarbekuse.

Arvutuses võrreldi nõukogudeaegse torustiku ja tänapäevase eelisoleeritud torustiku soojuskadude suurust. Arvutustes eeldatakse, et nõukogudeaegsete soojustrasside tehnilised parameetrid vastasid algselt tolaaegsetele ehitusnormidele. Samas on näha, et torustike tehniline seisukord on pärast pikka kasutusperioodi selgelt halvenenud. See tähendab, et torustiku isolatsioon on kahjustatud või isegi kohati puudub. Nõukogude ajal tehti torustike isoleerimistöid tavaliselt kohapeal nende rajamise käigus. Sageli kasutati soojustuseks mineraalvilla ja isolatsioonik kihiks ruberoidi, mis kinnitati traadiga. Mineraalvilla soojusjuhtivus on palju suurem kui vahtpolüuretaanil, kuid vatt võib märjaks saada, mida ruberoid ei suuda ära hoida. Märja isolatsiooni soojusjuhtivus suureneb oluliselt võrdeliselt mineraalvati niiskusesisaldusega.

Nende kahe näitaja soojuskaod võrdlemiseks on vajalik teada või määrata arvutuslikult pinnase soojusjuhtivus ehk soojusjuhtivustegur.

On kindlaks tehtud, et pinnase soojusjuhtivus on vahemikus 1,0-2,5 W/ (m*K), kusjuures kõrgemad väärtused vastavad maapinna suuremale niiskusele.

Talvel võib sageli täheldada lume sulamist seal, kus soojustorud maa alt läbi jooksevad. Loomulikult on see seotud soojusvõrgu soojuskadudega.

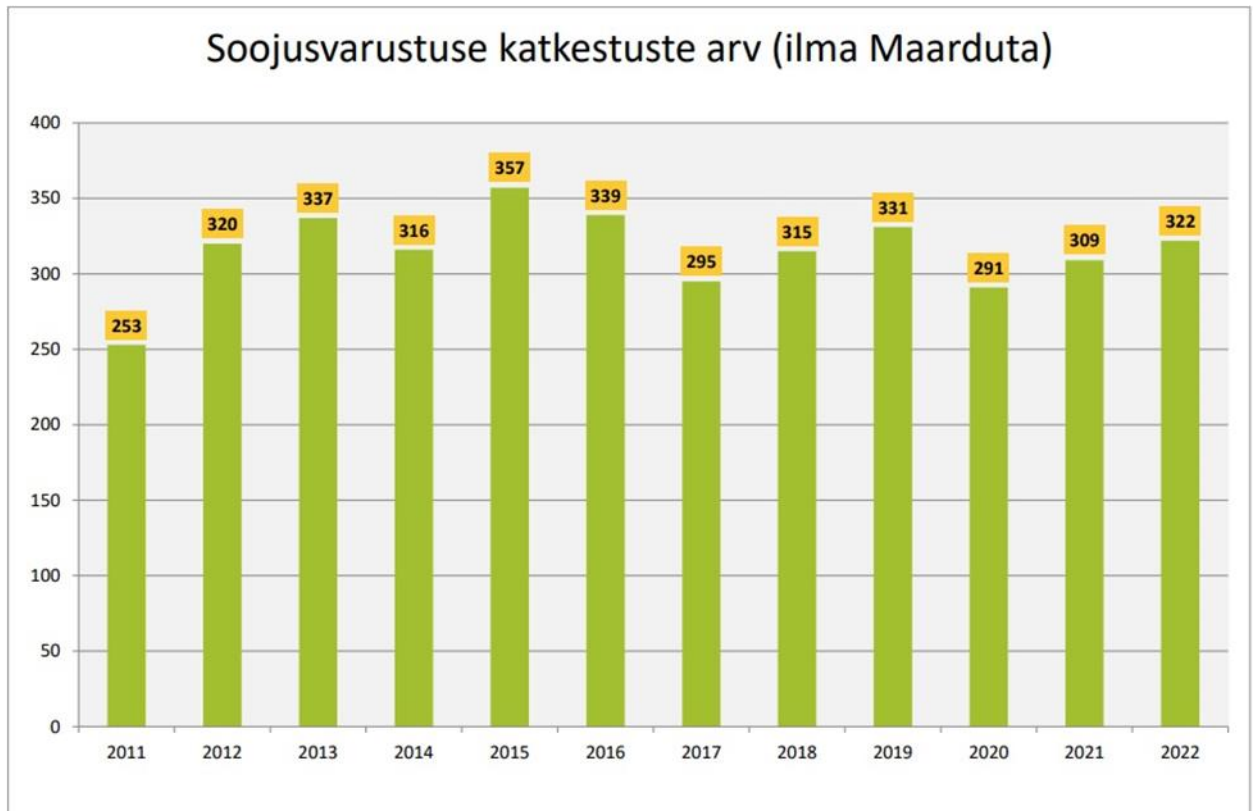
Kui lumi sulab soojuskadude tõttu tsentraalse soojusvarustuse torudes, muutub maa niiskeks, põhjustades veelgi suuremaid soojuskadusid.

Tuginedes Eesti Arengufondi 2013. aasta uuringule, on võimalik jõuda järgmiste järeldusteni:

- Asendamise otstarbekus sõltub igast konkreetsest majanduslikust juhtumist.
- Kuna vanad torud on paigaldatud tarbijate kasvu arvestusega ülemõõdulised, võiks need asendada väiksema diameetriga torudega, mis annab kahekordse efekti, sest need vähendavad soojuskadusid ja ka investeeringute suurust.
- Soojusvõrgu rekonstrueerimine eelisoleeritud torudega on väga kallis ega kata suuri kapitalikuluseid. [23]

Üldiselt sõltub kõik konkreetsest juhtumist ja soojustrassi seisukorrast. Vana soojusvõrgu osa asendamine eelisoleeritud torustiku vastu toimub soojuskadude vähendamise eesmärgil ja seetõttu, et vana torustik on halvas või avariilises seisukorras.

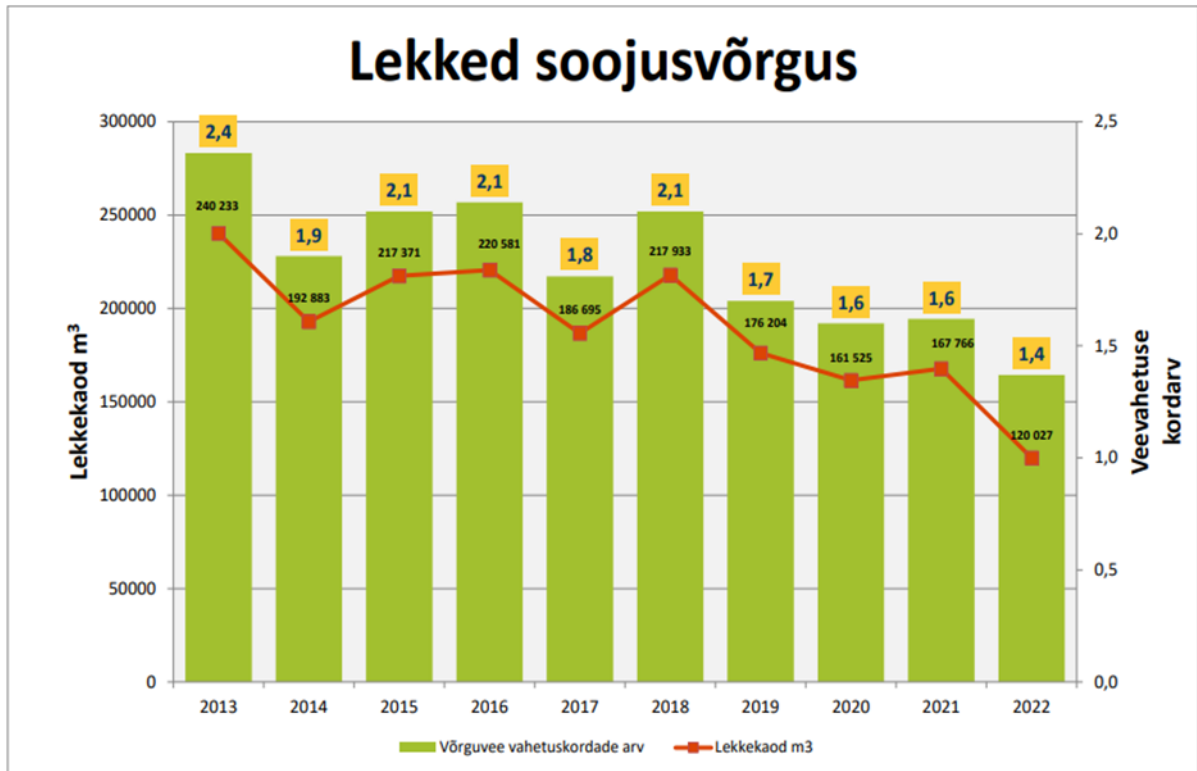
Uuringutele tuginedes oli Tallinnas 2011. aastal 60% katlamajadest vanemad kui 20 aastat, samas kui 75% soojatrassidest on vanemad kui 15 aastat. Kuigi katlamajade eluiga on keskmiselt 20 aastat ja soojatrassid 25 (vana tüüpi), vähendab õigeaegne renoveerimine ja asendamine eeldisoleeritutele lekke tõenäosust. [24] Utilitase statistikat vaadates ei ole avariide arv 2011. aastast 2022-ni vähenenud, vaid suurenenud. (Joonis 2.1)



Joonis 2.1. Soojusvarustuse katkestuste arv(ilma Maarduta)*
 *(Joonise 2.1. Edasine kasutamine on keelatud)

Autor võib oletada, et see on tingitud sellest, et nõukogude ajal ehitatud vana tüüpi soojatrasside eluiga on lähenemas või lõppemas. Kui aga vaadata lekkest tingitud veekao joonisel 2.2, siis on näha, et 2013. aastast 2022. aastani on veekadu vähenenud ligi kaks korda. Võrdleme kahte aastat: 2013 ja 2022. 2013. aasta jooksul tekkis 337 leket, samas kui 2022.a. 322 leket. 2013. aasta veekao maht oli 240 233 m³ aga 2022.a. 120 027 m³. Millega see võib olla seotud?

- Lekke suurus.
- Lekke õigeaegne avastamine ja kõrvaldamine.
- Torude profülaktika. Surveproovid.



Joonis 2.2. Lekked soojusvõrgus*

* (Joonise 2.2. edasine kasutamine on keelatud)

Avariiolukorrad on torustikes vältimatud. Siiski aitab õigeaegne profülaktika ja uuendamine vähendada aega ja raha selle kõrvaldamiseks. Soojustrasside renoveerimine on vajalik tõrgeteta varustamiseks, vaatamata sellega seotud kuludele. Aga nagu praktika näitab, on see ka asjatundjate sõnul seda väärt.

3. Avariide analüüs

Käesolevas peatükis käsitletakse soojusvõrkude avariianalüüsi. Analüüsi fookus on soojusvõrkude torude avariilisusel. Analüüs sisaldab hinnangut, mis põhineb autori pikaajalisel kogemusel nii mineraalvillaga kaetud torude kui ka eelisoleeritud torude avariide kõrvaldamisel.

Igal aastal juhtub soojusvõrkudes erinevaid avarisiid, mis tuleb kiiresti ja kvaliteetselt kõrvaldada.

3.1 Meetod

Avariide põhjused võivad olla erinevad, sõltuvalt torude seisundist ja vanusest kuni teiste mõjuteguritega kokkupuutumiseni. Soojatrassi kasutusaja pikendamiseks vahetatakse probleemsed lõigud või terved trassid eelisoleeritud torustike vastu, sõltuvalt nende asukohast. Enamik võrguoperaatoreid teostab soojusvõrgu püsivat kontrolli kaasaegsete arvutiprogrammide abil, mis näitavad vooluhulga järsku suurenemist ja järsku rõhulangust ning juhtmestiku katkemist eelisoleeritud torul. Vanade soojustorustikude vahetamine eelisoleeritud torude vastu nõuab suuri rahalisi kulusi ja reeglina tööprojekti koostamist. Protsess võtab piisavalt pika aja, alates proekteerimistöödest kuni kasutusloa saamiseni.

Järgnevalt toob autor välja mitmed stsenaariumid avariide likvideerimiseks, kus käsitletakse erinevaid variante soojusvõrgu lekke kõrvaldamiseks eelisoleeritud torude ja mineraalvilla abil samadel tingimustel. Stsenaariumid on võetud tingimisi, kuid autor on nende avariilukordadega kokku puutunud isiklikult. Parameetrid, mille alusel me analiseerime avariilukorda ja mille tulemusena teeme algoritmi nende kõrvaldamiseks, on näidatud allpool. Tabelit kasutatakse iga stsenaariumi puhul. Avariide analüüsiks kasutatakse järgmisi parameetreid:

Avarii koht - avarii asukoht on üks tähtsamaid väärtusi.

Sõltuvalt asukohast määratakse tööde teostamise kiirus ja maksumus. Eelkõige liigitatakse, kas õnnetus toimub haljasalal või sõiduteel. Kui õnnetus on sõidutee all, on oluline hinnata, kui intensiivne on liiklus sellel teel. Kui liikumine on intensiivne, tuleb seda piirata, et tekiks ohutu ala. Kui see on Tallinna vanalinna piirkonnas, on see omaette probleem, sest reeglina on kõik kommunikatsioonid üksteise peale surutud, sügavusega kuni meeter ja selleks, et neid mitte kahjustada, rasketehnikat kaevetöödel ei saa kasutada.

Lekke suurus - sõltuvalt torude seisukorrast ja lekke suuruselt tehakse otsuseid.

Samuti on avariilukordi, kus seda ei ole võimalik täpselt kindlaks teha.

Põhjused - võimalikud lekke tekkepõhjused. Põhjuseks võib olla nii väline korrosioon kui ka toru kulumine.

Toru paigaldus meetod - millisel viisil soojustrass rajati.

Sagedus - kui tihti juhtuvad lekked. Lekkesagedusest sõltuvalt kasutatakse vastav toimingualgoritm ja sellest sõltub avariitööde soorituse kiirus.

Objekti tähtsus – mõjutab tegevuste operatiivsust. Objekte nagu koolid või lasteaiad tuleb teha kindlatel kellaaegadel, mis ei seaks inimesi ohtu. Elutähtsatel kohtadel, nagu haiglaid ja hooldekodud tuleb avariid võimalikult kiiresti kõrvaldada.

Tulemus – õnnetuse raskusaste.

Samuti kaalutakse iga õnnetuse puhul kahte võimalust õnnetuse likvideerimiseks ja mõlema variandi majanduslikku analüüsi.

Avarii kõrvaldamise maksumus arvutatakse järgmise valemiga (1)

$$C_i = C_k + h_{sul} * P_s + C_{mi} + h_w * P_w \quad (1)$$

Kus,

C_i - Avariide likvideerimise kogumaksumus. EUR

i - Kõrvaldamisvõimalus ($i=1,2$)

C_k - Kaevamise kogumaksumus. EUR

h_{sul} - Tee sulgemise aeg. Päev

P_s - Teesulgemise hind. EUR

h_w - Töötundide arv. tund

P_w - Töötunni hind. EUR/tund

C_m - Materjalide kogumaksumus. EUR

Kanali materjali maksumus arvutatakse järgmise valemiga (2)

$$C_{m1} = P_t * L_t + P_v * q_v + q_m * P_m \quad (2)$$

Kus,

C_{m1} - Materjali maksumus kanalis. EUR

P_t - Terastoru hind. EUR/m

L_t - Terastoru pikkus. m

P_v - Mineraalvahi hind. EUR/tk

q_v - Mineraalvahi kogus. Tk

q - Komponentide arv. Tk

P_m - Komponendi hind. EUR/tk

Eelisolleeritud materjali maksumus arvutatakse järgmise valemi (3) järgi

$$C_{m2} = P_e * L_e + q_m * P_m \quad (3)$$

Kus,

C_{m2} - Eelisolleeritud materjali maksumus. EUR

P_e - Eelisolleeritud toru hind. EUR/m

L_e - Eelisolleeritud toru pikkus. m

q_m - Komponentide arv. tk

P_m - Komponendi hind. EUR/tk

3.2 Tulemused

3.2.1 Avarii 1

Leke toimus intensiivse lekkumisega kesktänaval, sõiduteel. Torude diameeter DN400, ei ole teada, kus ja mis põhjusel toimus soojatrassi avarii. Ei ole teada, mis seisukorras torud on ja mis meetodil need paigaldati. Avarii 1 andmed on näidatud Tabelis 3.1.

Tabel 3.1. Avarii 1 andmed.

Avarii koht	sõidu tee, intensiivne
Lekke suurus	teadmata
Põhjus	korrosioon
Sagedus	sageli
Toru paigaldus meetood	Hülls
Objekti tähtsus	Tavaline
Tulemus	Raske

Selle avarii puhul kaalume kahte võimalust:

Stsenaarium 1. Vahetada kanalis asuva vigastatud toru lõik.

Stsenaarium 2. Vahetada terve trassi lõik, täpsemalt pealevoolu- ja tagasivoolu torud eelisoleeritud torude vastu.

Stsenaariumi 1 ja Stsenaariumi 2 puhul tuleb tee sulgeda ja lahti kaevata, et määrata lekke täpne asukoht ja kuidas seda avariiolukorda kõige paremini lahendada. Vaatleme lähemalt.

Antud tänaval on liiklus väga tihe ja liikluskoormus on liiga suur. Tee sulgemine ja soojatrassi lahtikaevamine on vajalik mõlema stsenaariumi korral.

Soojustrassi avades saame teada, et toru asub DN600 hülsis (üks soojatrassi paigaldamise meetod, kui soojavarustuse toru on teises kaitsetorus, toru on suure diameetriga) ja konkreetse lekkekoha lokaliseerimine muutub praktiliselt võimatuks, õigemini võtab väga palju aega, sest hüls on aja jooksul täielikult mädanenud ja samuti avariiolukorras. Antud juhul otsustatakse kogu lõik vahetada eelisoleeritud torude vastu, sest mineraalvillaga variandi puhul tuleb igal juhul likvideerida vana soojustrass, rajada kanal, kuhu paigaldatakse terastoru ja isolatsioon, milleks kulub väga palju aega. Mida kiiremini leke kõrvaldada ja tänav töötavasse seisundisse tagasi viia, seda parem. Väljavahetatava ala ligikaudne pikkus on 36m. Võrdleme kahte võimalust. Stsenaariumi 2 korral vana toru eelisoleeritud toru vastu väljavahetamine (paigaldamine ja monteerimine) võtab aega umbes 12 tundi (eeldusel, et töötavad kaks keevitusbrigaadi ja 1 isoleerijate brigaad). Stsenaariumi 1 korral kulub mineraalvilla asendamiseks kanali ehitamisele vähemalt 12 tundi, kuna kanal ühendatakse betooniseguga, mis kivistub ja peab tehnoloogiliselt seisma ööpäeva, ning keevitustööd koos isoleerimistöödega võtavad aega veel 12 tundi. Antud juhtumi puhul võib esimese kokkuvõtte teha: eelisoleeritud toru paigaldamine Stsenaariumi 2 juures on kiirem.

Järgnevalt vaatame üle rahalise osa. Tee sulgemine maksab ligikaudu 300 eurot ööpäevas. Keevitusbrigaadi tunnid võtame tinglikult 50 eurot/tund. Kaevetööde maksumus on ligikaudu 5000 eurot. Arvutame välja materjalide maksumuse, sest brigaadide montaaž ja töö on ajaliselt erinevad ning tingimused on juba erinevad. Vahetuseks eelisoleeritud toru vastu on vaja: DN400/560-72m toru (vahetame ka pealevoolu ja tagasivoolu) ja 8tk BX ühendusmuhvi. Tootja valime näiteks Logstori, hinnad võtame nende ametlikult kodulehelt. DN400/560 145 eurot 1 meeter, muhvikomplekt 186 eurot 1 tk. Materjali kogumaksumus on 11928 eurot.

Mineraalvilla vastu vahetamiseks on vaja: toru DN400-72m, betoonkarp 3m - 12tk, betoonplaadid -12tk ja mineraalvill 72m. Näiteks torud tellime Uweko AS-ist, Taglas AS-ist betoonmaterjalid, Hals Trading AS-ist isolatsioon.

1 meeter DN400 maksab 118,8 eurot, betoonkanali element 1tk maksab 489,6 eurot, r.betoonplaat 1 tk 408 eurot, isolatsiooni hind meetri eest 23,57 eurot. Antud stsenaariumi kasutamisel tee sulgemine kestab kaks korda kauem. Seega on ka tööliste töötunde kulub kaks korda rohkem. Kasutatud materjali kogumaksumuseks kujuneb 21021,84 eurot.

Teine kokkuvõtte: eelisoleeritud toru ja selle vahetus on ligi kaks korda odavam. Kasutades valemeid (1) – (3), kirjutame kõik tabelisse 3.2.

Tabel 3.2. Avarii 1 Hind.

	1.stsenaarium	2.stsenaarium
Tee sulgemine, Eur/päev	600	300
Materjali hind, Eur	21021,84	11928
Töötunnid, t	1200	600
Kaevutööd, Eur	5000	5000
Kokku, Eur	27821,84	17828

Kaalume veel kahe valitud võimaluse töökindlust. Üldiselt võib öelda, et mõlemad on usaldusväärsed. Kuid kanali konstruktsioon on antud olukorras välismõjudele vastuvõtlikum, lähtuvalt teekoormusest tingitud vibratsioonist. Veelgi enam, kui tulevikus peaks torustik lekkima, on seda eelisoleeritud toru puhul lihtsam avastada tänu signaaltraatidele ning remontitöid on kergem ja kiirem teostada.

Selles stsenaariumis on ilmne eelisoleeritud toru valik. 1 stsenaariumi maksumus ületab 2 stsenaariumi maksumuse ca 56% võrra. Maksumuse erinevus on seotud suurema materjalide maksumuse ja pikema ajakuluga tööde läbiviimisel.

3.2.2 Avarii 2

Leke toimus Mustamäe linnaosas haljasalal asuvas elurajoonis. Torude diameeter DN80. On teada, et toru asub kanalisis. Kogu lõigu pikkus on 20 meetrit. Pärast kanali avamist leiame 1mm suuruse läbimõõduga lekkekoha. Avarii 2 andmed on näidatud Tabelis 3.3.

Tabel 3.3. Avarii 2 andmed.

Avarii koht	Roheline tsoon, liikumine puudub
Lekke suurus	1 mm
Põhjus	korrosioon
Sagedus	sageli
Toru paigaldus meetood	Betoon kanal
Objekti tähtsus	Tavaline
Tulemus	Tavaline

Avarii likvideerimise võimalused:

Stsenaarium 1: vahetada 20cm pikkune terastoru osa

Stsenaarium 2: Vahetada kogu lõigu torustik eeldisoleeritud torustiku vastu

Praegusel juhul on kõik teada. Töö ei nõua suuri investeeringuid. Võrdleme kahte avarii kõrvaldamise võimalust. Lõigu pikkus on 20m.

Kiireim viis on 20cm pikkuse toru väljavahetamiseks, sest lekkekoht on lokaliseeritud. Näiteks on meil vaja 1 keevitusbrigaadi ja sellise torujupi vahetamiseks kulub umbes 3 tundi tööd. Kogu lõigu väljavahetamiseks on vaja rohkem keevitusbrigaade ja isoleerijaid, tööaeg ligikaudu 8 tundi.

Lisaks ei ole mõtet vahetada avariilist torustiku osa eelisoleeritud torujupiga. Esiteks, meile vajaliku torupikkuse mõõtu ei toodeta (minimaalne eelisoleeritud toru pikkus on 6m). Teiseks, kui ise välja lõigata 20cm pikkune torujupp eelisoleeritud tehasetorust, siis katkeb eelisoleeritud toru enda tehnoloogia ja kolmandaks kulub ettevalmistustöödeks rohkem aega.

Lekke kõrvaldamisele kuluv aeg on kõige tähtsam põhimõte, mistõttu antud juhul on esmakokkuvõtteks terasetoru asendamine.

Rahaliselt on see töö odavam, sest töö ise on väikemahuline. DN80 terastoru maksab 15 eurot meeter. Samas kui eelisoleeritud, sama diameetriga asendus 20m lõigul maksab umbes 600 eurot. Muidugi, kui vahetada kogu 20m pikkune lõik terastoru vastu, maksumus kujuneb samaks, kuid antud olukorras on töö eesmärk lekke likvideerimine. Kaevetööde maksumus 1 stsenaariumi korral on ligikaudu 300 eurot, 2 stsenaariumi korral ligikaudu 2000 eurot. Ja 20cm pikkune terastoru asendusvariant on odavam.

Kui vaadata töökindlust, siis on mõlemad variandid head, erinevalt 1 juhtumist mingit koormust soojatrasile ja kanalile ei ole, sest väliseid mõjutegurid puuduvad. Võrdleme tabeli järgi.

Tabel 3.4. Avarii 2 Hind.

	1.stsenaarium	2.stsenaarium
Tee sulgemine, Eur/päev	-	-
Materjali hind, Eur	15	600
Töötunnid, t	150	400
Kaevutööd, Eur	300	2000
Kokku, Eur	465	3000

Konkreetselt antud juhul võrreldes ajakulu ja tööde maksumust töömeetodi valik on 20cm terastor vahetamiseks ja isolatsiooni taastamiseks kanalis.

3.2.3 Avarii 3

Leke toimus tee ja haljasala ristumiskohas. Teada on DN65 torude diameeter. Lõigu pikkus on 15m. Kuidas soojatrans paigaldati ei ole teada. Soojatrans on "lamava politseiniku" all. Mõlemal juhul tuleb tee sulgeda ja soojustrass lahtikaevata, et saada aru, kus täpselt lekke asukoht on ja kuidas seda kõige paremini kõrvaldada. Avarii 3 andmed on näidatud Tabelis 3.5.

Tabel 3.5. Avarii 3 andmed.

Avarii koht	Roheline tsoon/Sõidutee
Lekke suurus	teadmata
Põhjus	korrosioon
Sagedus	Harva
Toru paigaldus meetood	Kanal/Hülss
Objekti tähtsus	Oluline
Tulemus	Keskmine

Soojustrassi avades saame teada, et toru asub DN400 hülssis, mis on paigaldatud kogu sõidutee laiuse ulatuses. Haljasalal on toru kanalis. Lekkekoht ise asub kanali ja hülsi ühenduskohas. Kaalume lahendusvariante:

1.Stsenaarium 1. Jätta hülss paigale: sellel stsenaariumil on järgmised alamstsenaariumid:

- 1.1. Lahti kaevata osa sõiduteest ja kontrollida, millises seisukorras on hülss ja selle sees paiknev toru.
- 1.2. Avada kaevik haljasalal, lõigata hülsiosa lahti ja kontrollida, millises seisukorras on toru.
- 1.3. Kaevata soojustrass lahti teiselt poolt teed ja paigaldada uus toru läbi olemasoleva hülsi.

2.Stsenaarium 2: Kaevata lahti soojustrassi osa kogu sõidutee laiuses ning asendada vana terastorustik eelisoleeritud torustiku vastu.

Antud konkreetsel juhul juhtus avarii lasteaeda soojusega varustaval trassi lõigus, mis piirab väga tugevalt avaritööde likvideerimisele kuluvat aega ja manöövrit. Sisuliselt on ainult kaks esimest lahendust antud lekke kõrvaldamiseks, sest stsenaariumid 1.3 ja 2 võtavad palju aega ja lisategevusi. (Tabel 3.6.)

Tabel 3.6. Avarii 3 Hind.

	1.1 stsenaarium	1.2 stsenaarium	1.3 stsenaarium	2 stsenaarium
Tee sulgemine, Eur/päev	-	-	-	300
Materjali hind, Eur	16	16	240	912
Töötunnid, t	400	200	600	1800
Kaevutööd, Eur	600	200	400	3000
Kokku, Eur	1016	416	1240	6012

Kuna lekkekoht asub hülsi sees, on seda piisavalt keeruline lokaliseerida. Aga kuna haljasalal on juba soojustrass lahti kaevatud ja sõidutee osa veel mitte, siis tasub alustada stsenaariumist 1.2. Tuleb tähele panna, et konkreetse juhtumi lahendamise puhul on küsimus ainult ajas kui palju selle avarii likvideerimise peale kulub.

Antud juhul asendatakse avariiline toruosa ja paigaldatakse mineraalvill, sest leke ei ole mõõtmetelt suur. Avariilise torustiku asendamiseks eelisooleeritud torustiku vastu kulub ettevalmistustöödele rohkem aega.

Selle stsenaariumi puhul oleks mineraalvillaga variant kõige optimaalsem.

3.2.4 Avarii 4

Rapla linnas, haigla soojusvarustamiseks oli 90-ndate aastate paiku Rootsi ehitusfirma poolt paigaldatud eelisooleeritud torustik. See soojustrass on ühendatud väikese haigla katlamajaga. Maa-alused torud ühendatakse katlamajaga joonis 3.1.



Joonis 3.1. Eelisooleeritud toru katlamajas

Lekke toimub kusagil isolatsioonikihi all mille asukohta on keeruline kindlaks teha, kuna eelisooleeritud toru oli paigaldatud lohakalt, tehnoloogiat rikkudes (torustiku kontroll-signaaltraadid ei olnud jätkukohtades omavahel ühendatud ja seoses sellega ei olnud võimalik tuvastada niiskuse sattumist isolatsioonikihi sisse). Isolatsiooni eemaldamisel selguski, et katlamaja ühendustoru oli läbi roostetanud ja tuleb otsida vigastatud isolatsiooni asukoht. Pärast soojustrassi lahtikaevamist tuvastati lekke asukoht. Avarii 4 andmed on näidatud Tabelis 3.7.

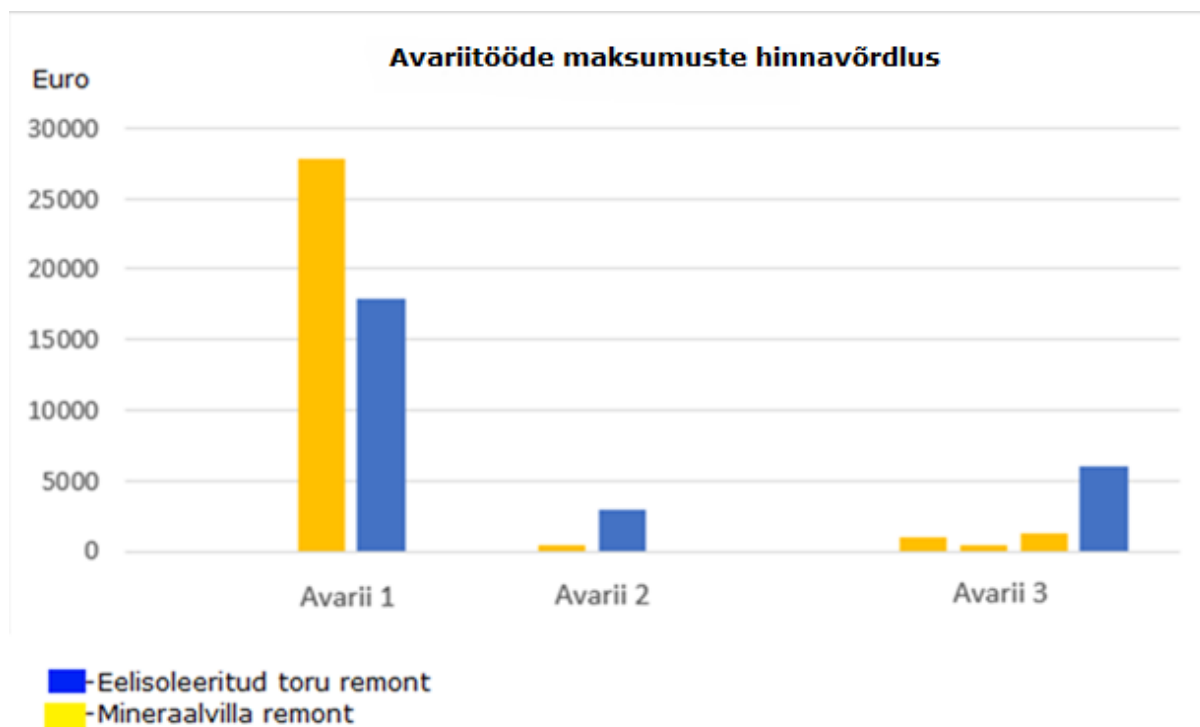
Tabel 3.7. Avarii 4 andmed.

Avarii koht	Roheline tsoon
Lekke suurus	teadmata
Põhjus	korrosioon
Sagedus	Väga harva
Toru paigaldus meetood	Eelisooleeritud
Objekti tähtsus	eluliselt oluline
Tulemus	Tavaline

Lahenduste variante on ainult üks, sest antud juhul vahetatakse eelisooleeritud torustik ainult eelisooleeritud toru vastu. Küsimus on vaid vajalike tööde mahus.

3.3 Põhjused

Kõigi 4 stsenaariumiga on autor isiklikult kokku puutunud. Võimalikke variante avariolukordade lahendamiseks ja nende läbiviimise tingimuste kohta on väga palju ning kõiki juhtumeid tuleb käsitleda individuaalselt.



Joonis 3.2. Avariitööde maksumuste hinnavõrdlus

Joonisel 3.2 on kujutatud hinnavõrdluse avarii. Iga avarii sõltub paljudest tingimustest. Sellest sõltub ka remondi hind.

Nagu praktika näitab, eelisoleeritud torudel avarii juhtub väga harva, kuid siiski juhtub. Põhjuseks on aga peamiselt torude välis- ja sisemõjude tegurid.

Sisemõjude tulemuseks on torustiku roostetamine ja rõhumuutused. Niiskus tekitab metalli korrosiooni ja lõhub järk-järgult torustikku ning ühel hetkel ei pruugi nõrk koht tööriistade vastu pidada, mis põhjustab lekke. Soojustorustiku kanalite halva hüdroisolatsiooni, torustiku enda soojusisolatsiooni ja kanalite drenaazisüsteemi puudumise tõttu on osa torustike pidevalt vee sees.

Rõhumuutused torustikus on tavapärased, kuid soojustrassi paisumise ja ahenemise vältimiseks paigaldatakse kompensatorid. Kuumutamisel mis tahes materjal laieneb, seega soojusvõrkude torustikud pikenevad, kui neis oleva soojuskandja temperatuur tõuseb. Soojusvõrgu häireteta tööks kasutatakse kompensatoreid, mis kompenseerivad torustike pikenemist ja ahenemist nende töös, vältimaks torustike avariolukordade tekkimist.

Väärib märkimist, et torustike paisumist ja ahenemist arvestades projekteeritakse lisaks kompensaatoritele ka torustiku tugede süsteem, mis omakorda võib olla nii liugtugi kui ka kinnistugi. Soojuse kvaliteetse reguleerimisega suureneb torustike paisumistsüklite arv. Torustike ressurss väheneb, avariide tekkimise oht suureneb. Koormuse kvantitatiivne regulatsioon on järgmine - soojusallikast väljuv temperatuur on püsiv. Vajadusel soojuskoormuse muutused - muudetakse soojuskandja kulu. Sellisel juhul töötab soojusvõrgu torustike metall kergemates tingimustes, paisumistsükleid on minimaalselt ning seeläbi suureneb soojusvõrgu torustike ressurss.

Väline mõju on inimlik sekkumine. Näiteks liigne liitekohtade paigaldamine, mis põhjustab edaspidi korrosiooni niiskuse sattumise tõttu isolatsiooni kahjustumise korral, mis häirib eelisoleeritud toru töö tehnoloogiat ja põhjustab torustiku roostetamist.

Joonisel 3.3 Aia paigaldamisel on soojustorustiku isolatsioonikiht kahjustatud. Kahjuks ei teatanud piirdeaia paigaldanud firma tekitatud kahjustusest ja see põhjustas torustiku sisemise purunemise.



Joonis 3.3. Metall korrosioon isolatsiooni kahjustumisel.

Paraku nõuavad sellised õnnetused väga suurt väljaminekut ja ettevalmistamisaega, sest ei ole teada, kui palju toru on roostetanud ja millises ulatuses tuleb see välja vahetada. Pealegi ei ole Eestis eelisoleeritud torude tootjat ja need tuleb tellida ning mõnikord võib tarneaeg võtta kuu või rohkem aega.

Kaugküttevõrkude hetkeseisu iseloomustab kõige paremini soojuskadude suurus. Tsentraalse soojusvarustuse erinevate piirkondade soojuskadude võrdlemisel tuleb arvestada võrgu konfiguratsiooni, hoonestustihedust ja erivõimsust. Seetõttu saab soojustorustike seisukorra hindamiseks võrrelda vaid sarnaste näitajatega võrgupiirkondi. Ka soojusvõrgu soojuskaod sõltuvad otseselt torude enda seisukorrast. Torustike mõõtmed on sageli ülepaisutatud, peamiselt seetõttu, et soojusvõrgud rajati nõukogude ajal, kui kavandati märkimisväärset tarbimise suurendamist. Tsentraalse soojusvarustuse torustike valiku aluseks on loomulikult projekt, mis sisaldab torustiku diameetri valiku ja kuluarvestusega seotud punkte lisaks (vajaliku) ülekantava võimsuse arvutamisele. Torustiku läbimõõt peab olema mõõdetav ülekantava võimsusega. Optimaalse diameetri valik peab põhinema peamiselt teostatud tehnilistel ja

majanduslikel arvutustel. On teada, et torude suurema diameetri korral väheneb toru veekiirus, vähenevad survekaod ja väheneb elektrikulu veeringlusele. [25]

Soojusvarustussüsteemid tuleb projekteerimise alguses hoolikalt hinnata vastavalt torustiku klassile, et tagada vajalike ohutuselementide olemasolu, kuna need on ohuks inimestele ja keskkonnale avariolukorras (toru purunemine või sooja vee leke). Olemas on kolm torustiku klassi vastavalt standardile EN 13941 [26]:

1. A - Tavaliselt kuni DN300, madal töö rõhk torus, väike risk keskkonnale ja inimestele avariide korral.
2. B - Ka DN300-ni, kuid töö rõhk torus on kõrge.
3. C - Kõrgem kui DN300, millel on kõrge rõhk süsteemis ning suur risk inimestele ja keskkonnale õnnetusjuhtumite korral.

Sõltuvalt torustiku klassist on erinevad nõuded torustiku ehitamisele, paigaldamisele, katsetustele ja arvutamisele. Kõik see on mõeldud selleks, et vältida avariisid. [27]

3.4 Toimingualgoritm

Avariid õigeaegne kõrvaldamine sõltub regulaarsest võrkude seirest ja kokkulepitud protseduuride selgest täitmisest lekke avastamisel.

3.4.1 Toimingualgoritm enne likvideerimise algust

Iga õnnetus nõuab omamoodi ettevalmistust. Kui veekulu on suurenenud, teavitab dispetšer sellest vastava piirkonna- või linnameistreid. Edasi lokaliseeritakse leke, et mõista, keda selle kõrvaldamiseks konkreetselt vaja on. Sellega lõpeb käitaja reageerimispiirkond ja lekke kõrvaldamiseks edastatakse info avarii likvideerimisfirmale. Kui leke on ligipääsetavas kohas, näiteks soojuskambris või keldris, on vaja ainult 1 keevitusbrigaadi, kuhu kuuluvad keevitaja ja lukksepp. Kui aga maa all, siis on vajalik kaevetööde brigaad ja rasketehnika (ekskavaator ja kallur). Loomulikult on kõik need inimesed professionaalse haridusega, kes on ette valmistatud erinevateks olukordadeks.

Näiteks keevitajatel peab olema 3 keevitustase ja avariijuht peab omama inseneri minimaalselt 6. taset. 3 tase keevitaja peab:

- mõistma kasutatavate materjalide koostist, omadusi ja tehnoloogilisust
- mõistma erinevate keevitusviiside olemust ja nende valiku põhimõtteid
- mõistma õmbluste ja keevisõmbluste klassifikatsiooni, keevitusasendeid ja keevituskrosside ettevalmistamist [28]

Tase 6 insener peab:

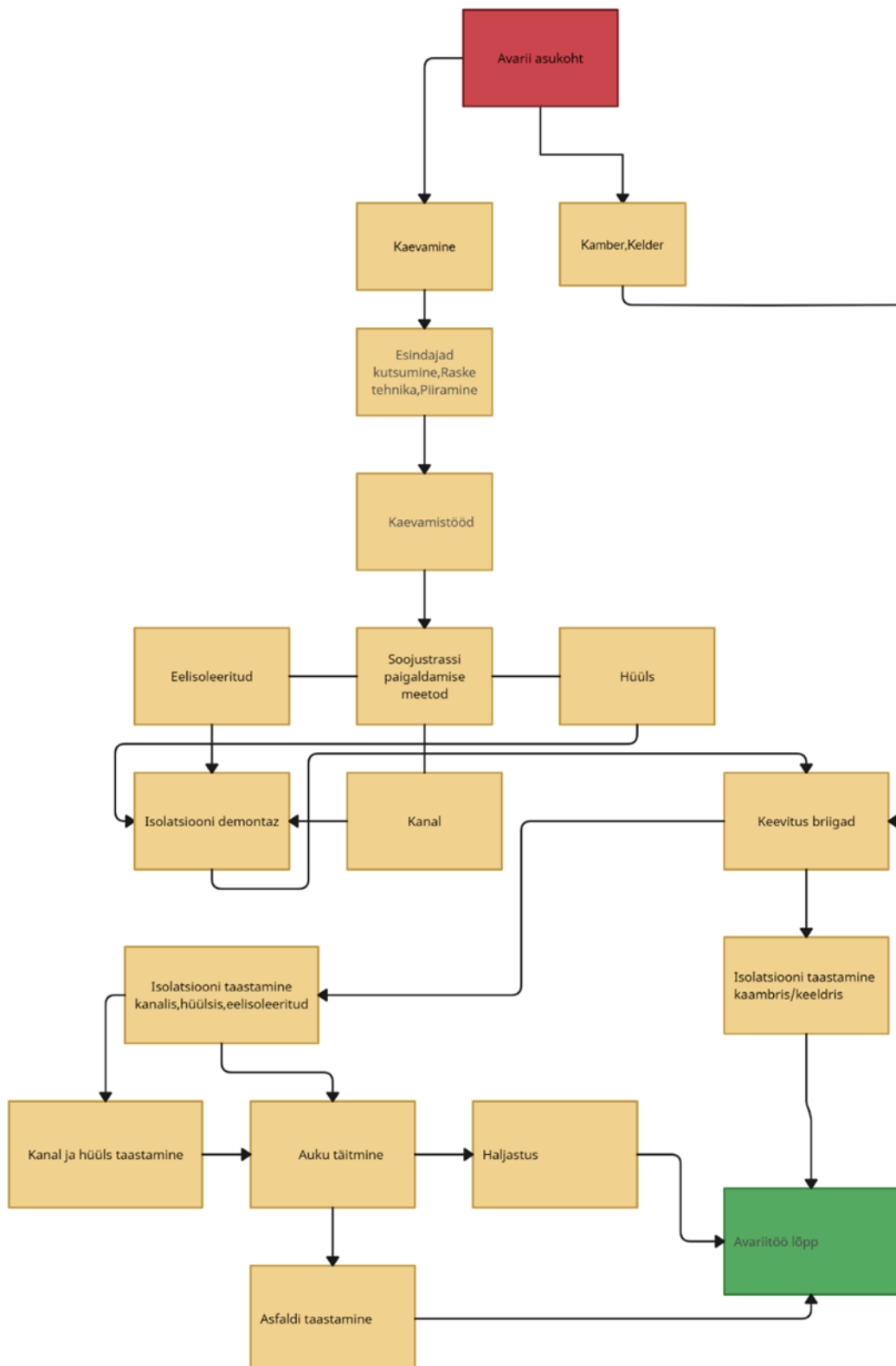
- omama soojustehnika bakalaureusekraadi
- omama kaheaastast töökogemust soojusenergeetika valdkonnas [29]

Samuti ei tohi unustada kõiki võimalikke koolitusi, nagu esmaabi ja tuletööde läbiviimine. Avariolukorrad on väga ootamatud, kuna andmed torustiku kohta on mõnikord süsteemis ja reaalses elus erinevad. Seepärast tulebki kõigeks valmis olla.

3.4.2 Toimingualgoritm signaali saamisel

Avariijuhtumid on väga sarnased. Üldiselt võib öelda, et avariide likvideerimisel on olemas teatud algoritm ja vaatleme seda edasi. Esmalt tuleb teada saada, kus soojatrass

kulgeb ja kus tuleb lekkeid kõrvaldada: inimtühjas kohas või sõiduteel. Edasi tuleb hinnata töödemahtu: kas kaevetööd on vajalikud või saab hakkama ainult keevitusbrigaadiga, näiteks soojuskambris või keldris.



Joonis 3.4. Toimingualgoritm.

Kui ikkagi kaevetööd on vajalikud, tuleb kindlasti kutsuda kohale teiste kommunikatsioonide võrguvaldajate esindajad (elekter, side, gaas, vee-ja kanalisatsiooni osas), korraldada objektile kaevetehnika, ning samuti tuleb tähistada ja piirata avariiala. Seejärel määratakse kindlaks, millise meetodiga soojustrass paigaldati: toru kanalis, hülsis või on tegemist eelisoleeritud toruga. Sõltuvalt torustiku paigaldusmeetodist valitakse avarii likvideerimise lahendused. Kui keevitustööd on lõppenud, täidetakse soojustrass, et kontrollida keevisliited. Peale keevisliidete kontrolli isoleeritakse toru. Järgneb ligikaudne tegevusalgoritm Joonis 3.4. See algoritm on välja töötatud Tallinna võrguettevõtjal ja Tallinnas töötaval remondibrigaadidel vastuvõetud protseduuride alusel, kuid seda saab edaspidi kasutada mis tahes soojusvõrkudes, kus on erinevat tüüpi tihendi ja isolatsiooniga torud.

3.5 Järeldus

Eelisoleeritud torude kasutamine on üks parimaid lahendusi keeruliste ja suurte avariide likvideerimiseks, kui on aega ettevalmistusteks. Nagu praktika on näidanud, eelisoleeritud torustike lõikudel esineb avariijuhtumeid harva ja peamiselt on need juhtumid seotud väliste tegurite mõjutustega soojatrassile. Suurte avariijuhtumite alla kuuluvad vähemalt 6m suurused torustike lõigud ja nende vahetamine on otstarbekas. Näiteks suure koormusega tiheda liiklusega tee all. Väikestele avariidele ei ole mõtet seda panna, sest tehnoloogia ei tööta. Selle meetodi puudused on:

1. Vajab ettevalmistamise aega (torustiku tellimine ja tarneaeg)
2. Torude minimaalne pikkus on 6m
3. Materjali maksumus
4. Enamikul eelisoleeritud torude tootjatel on oma tehnoloogia, mis nõuab spetsiaalsete koolituste läbimist.
5. Eelisoleeritud toru saab vahetada ainult eelisoleeritud toru vastu

Eelisoleeritud torude tehnoloogia areneb pidevalt. Tuginedes teadusartiklile, milles uuriti eelisoleeritud torustiku kasutussükli, on toru tugevus 30 aasta jooksul vähenenud vaid 20% võrra. Torustiku võimalik kasutusaeg on rohkem kui 50 aastat, teatud temperatuuri juures. See tähendab, et teoreetiliselt, kui vahetada kõik torud eelisoleeritud torude vastu, avariide arv langeb nullini ja soojustrasside avariid muutub haruldaseks. [30]

Kokkuvõte

Käesolevas töös analüüsiti soojusvõrgu probleemseid piirkondi. Kuigi nõukogude ajal eelisoleeritud torusid ei kasutatud, kuna sellist tehnoloogiat veel ei olnud, oli mineraalvilla kasutamine soojusisolatsioonina suurepärane idee ja nagu aeg näitas, torustiku kasutustsükkel on 30-40 aastat. Eelisoleeritud torude kasutamine algas Eestis alles 90ndatel aastatel, ja tänaseks on isetekkeliste avariide arv eelisoleeritud torustikel nullilähedane. Eelisoleeritud torude tootjad tagavad nende elueaks 30 aastat, kuid teadlaste tehtud uuringud on hinnanguliselt 50 või enam aastat. Soojusvõrgu paigaldamine kanalitesse oli hea meetod oma aja kohta, kuid sellel oli mitmeid puudusi. Need on ju paigutatud niiskesse pinnasesse ja kehva hüdroisolatsiooni tõttu on nende kasutusaeg lühenenud 30-40 aastalt 5-7 aastale. Nagu torujuhtmete purunemise analüüs näitab, on 80-85% kõigist avariidest väliskorrosioon. Ekspertide sõnul on üleminek eelisoleeritud torudele suurepärane lahendus. Kahjuks ei ole alati otstarbekas neid kasutada avariistel juhtudel, enamuses tuleb lekked kõrvaldada koheselt, mis omakorda piirab tugevalt eelisoleeritud torude kasutamist. Nagu eelnevalt märgitud, on vajalik ettevalmistusaeg, mida alati ei ole. Võib olla kindel, et kui võrrelda töökindlust mineraalvillaga, on ka sellel kättesaadavuse mõttes omad eelised. Üldiselt võib öelda, et kui leke on väike ja see tuleb kiiresti kõrvaldada, siis on parim variant asendada ajutise variandina mineraalvillaga torujupp ja seejärel vahetada kogu trassilõik eelisoleeritud torustiku vastu. Nagu praktika on näidanud, on suuremahuliste tööde puhul odavam, kiirem ja ohutum üle minna eelisoleeritud torude kasutamisele. Mineraalvilla kasutamine on ajutine lahendus, sest keegi ei tea, kui kaua toru veel vastu peab.

Tallinna linnas on alles 35% vana tüüpi soojatrassidest, mis uuendatakse 2035 aastaks. Arvestades Eestimaa kliimaolusid, kus temperatuur võib juba oktoobris ulatuda kuni -10°C-ni, sunnib katkematu soojatarne vajadus tehnoloogiat arendama ja selleks raha eraldama. Ainuüksi Tallinna linnas plaanib Utilitas AS 2023. aastal vahetada 14 km soojustrasse, mis tähendab, et need on juba avariilises seisus.

Käesolev töö hõlmab soojusvõrkude avariidega seotud seadusandluse analüüsi Eestis. Selgus, et Eestis on selle teemaga seotud seadusandluse eri tasandid, kaasa arvatud Kaugkütte seadus ja Hädaolukorra seadusest [31] tulenev Sotsiaalministeeriumi korraldatavate elutähtsate teenuste kirjeldus ja toimepidevuse nõuded.

Töös analüüsiti eelisoleeritud ja mitteisoleeritud torudega soojusvõrkude avariide likvideerimist. Avariisid analüüsiti järgmiste indikaatorite alusel: asukoht, lekke suurus, põhjus, soojustrassi paigaldamise meetod, soojustrassi avariide sagedus ja olulisus ümbruskonnale. Autor tõi välja 4 avariiliiki, mille likvideerimiseks esitati erinevad stsenaariumid avarii likvideerimiseks. Stsenaariume võrreldi kolme põhikriteeriumi alusel, nagu likvideerimise kiirus, majanduslik mõju ja valitud variandi töökindlus. Enamikel juhtudel eelistati mineraalvilla vahetamise lahendust lähtuvalt läbiviidavate tööde ajakuluga, kuid oli ka juhtumeid, kus eelisoleeritud toru oli odavam ja töökindlam variant. Avarii likvideerimise viisi valikut mõjutavad järgmised tegurid, näiteks: likvideerimise kiirus ja hind, sest nendest teguritest sõltub väga palju. Nagu öeldud, on iga õnnetus ainulaadne ja vajab individuaalset lähenemist. Ei saa üheselt öelda, et üks või teine viis on parem avariide likvideerimiseks enne iga konkreetse juhtumi detailset hindamist. Käesolevas töös andis autor torustiku lekete likvideerimiseks tegutsemisalgoritmi lähtuvalt võrguoperaatori ja remondibrigaadide tööde läbiviimise protseduuridest ja reeglitest ning

autori isiklikust kogemusest. See algoritm võimaldab algusest lõpuni kõrvaldada lekkeid erinevat tüüpi avariide korral.

Abstract

In this work, problem areas of the heating network were analyzed. Despite the fact that in Soviet times, pre-insulated pipes were not laid, since the technology did not yet exist, the use of mineral wool as thermal insulation was a great idea and, as time showed, the life cycle lasted 30-40 years. The use of pre-insulated pipes in Estonia began only in the 90s, but today the number of spontaneous accidents on them is almost zero. Manufacturers of pre-insulated pipes guarantee their service life of 30 years, but studies carried out by scientists estimate 50 years or more. The duct laying of the heating network was a good method for its time, but they had several drawbacks. After all, they are placed in moist soil and due to poor waterproofing, their service life has been reduced from 15 years to 5-7 years. As the analysis of pipeline breakdowns shows, 80-85% of all accidents are caused by external corrosion. According to experts, switching to pre-insulated pipes is an excellent solution. Unfortunately, it is not always advisable to use them in emergency cases, in most cases leaks must be repaired immediately, which in turn greatly limits the use of pre-insulated pipes. As mentioned earlier, preparation time is needed, which is not always available. There is no doubt that if we compare reliability with mineral wool, then it also has its advantages in terms of accessibility. In general, it can be said that if the leak is small and needs to be fixed quickly, then the best option is to replace a piece of pipe with mineral wool as a temporary option, and then subsequently replace the entire area with a pre-insulated one. As practice shows, for large-scale work it is cheaper, faster and safer to switch to pre-isolated. The use of mineral wool is a temporary solution, because no one knows how much longer the pipe can last.

In the city of Tallinn, only 35% of the old type heating pipes will be renewed by 2035. Considering that Estonia is a northern country, where the temperature can already reach -10°C in October, the need for uninterrupted heat supply forces us to develop technology and allocate money for it. In the city of Tallinn alone, Utilitas plans to replace 14 km of heating lines by 2023, which means that they are already in an emergency condition.

This work includes an analysis of legislation related to heat network accidents in Estonia. It turned out that there are different levels of legislation related to this topic in Estonia, including the District Heating Act and the description of the vital services organized by the Ministry of Social Affairs and the requirements for continuity arising from the Emergency Situations Act [31].

The work analyzed the liquidation of heat network accidents with pre-insulated and non-insulated pipes. The accidents were analyzed on the basis of the following indicators: location, size of the leak, cause, method of installation of the heat pipe, frequency of heat pipe accidents and their importance to the surrounding area. The author pointed out 4 types of accidents, for the elimination of which different scenarios for the elimination of the accident were presented. The scenarios were compared on the basis of three main criteria, such as speed of elimination, economic impact and reliability of the chosen option. In most cases, the mineral wool replacement solution was preferred based on the time required for the work to be carried out, but there were also cases where a pre-insulated pipe was a cheaper and more reliable option. The following factors influence the choice of the method of emergency liquidation, for example: the speed and price of liquidation, because a lot depends on these factors. That being said, every accident is unique and requires an individual approach. It cannot be said unequivocally that one or the other method is better for eliminating accidents before a detailed

assessment of each specific case. In this work, the author provided an action algorithm for the liquidation of pipeline leaks based on the procedures and rules of the network operator and repair crews, as well as the author's personal experience. This algorithm makes it possible to eliminate leaks from the beginning to the end in different types of accidents.

Kasutatud kirjanduse loetelu

- [1] Kaugkütte seadus, vastu võetud 11.02.2023, Riigikogu <https://www.riigiteataja.ee/akt/KK%C3%BCTs>
- [2] A.Volkova, E.Latõšov, V.Mašatin, I.Krupenski, A.Siirde Jätkusuutlik kaugküte, kõrgkooliõpik, 2022, <https://kaugkute.taltech.ee/soojusvajadus/>
- [3] A.Volkova, E.Latõšov, V.Mašatin, I.Krupenski, A.Siirde Jätkusuutlik kaugküte, kõrgkooliõpik, 2022, <https://kaugkute.taltech.ee/kaugkute-eile-tana-homme-2/>
- [4] Keskkonnainvesteeringute keskus, rahastatud projektid , <https://kik.ee/et>
- [5] Gama NV, Ferreira A, Barros-Timmons A. Polyurethane Foams: Past, Present, and Future. Materials (Basel). 2018 Sep 27;11(10):1841. doi: 10.3390/ma11101841. PMID: 30262722; PMCID: PMC6213201.
- [6] M.Andrijaškin, Tallinna Küte kaugküttevõrgu torustiku avariide analüüs, bakalaureusetöö, 2016, Tallinnatehnikaülikool, <https://digikogu.taltech.ee/et/Item/81411ad1-cd72-439e-9b9c-6de36564f319>
- [7] Минеральная вата – многофункциональный материал с уникальными свойствами. https://www.tn.ru/library/poleznaja_informacija/mineral_vata/
- [8] ArmorThane: Advantages and disadvantages of PUR foam insulation, <https://www.armorthane.com/advantages-and-disadvantages-of-pur-foam-insulation/>
- [9] IEA: District Heating, Infrastructure deep dive, September 2022, <https://www.iea.org/reports/district-heating>
- [10] R.Mukhametrakhimov, A.Galautdinov, A.Panchenko, T. Gorbunova, Improving the quality of installation of preinsulated pipelines of heat supply systems, E3S Web Conf. Volume 264, 2021 International Scientific Conference "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering" (CONMECHYDRO - 2021), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126402068>
- [11] Logstor: Pre-insulated pipes for industrial applications, 09/2022, Denmark <https://www.logstor.com/media/7552/kingspan-logstor-industry-brochure-en.pdf>
- [12] Logstor: Design TwinPipes , 04/2023, Denmark <https://www.logstor.com/media/7241/kingspan-logstor-design-manual-twinpipes-specifications-en-eur.pdf>
- [13] ППУ – изоляция, <http://baltstroy metall.ru/faq/289-ppuisolation>
- [14] Avitek engineering , Монтаж теплотрассы методом направленного бурения: преимущества и особенности технологии, 22.06.22, <https://avitekengineering.ru/articles/montazh-teplotrassy-metodom-napravlenного-bureniya-preimushchestva-i-osobennosti-tekhnologii/>
- [15] МСО-7 Проектное бюро, Для чего нужен футляр трубопровода, 28.05.2022, <https://mco-7.ru/blog/dlja-chego-nuzhen-futljar-truboprovoda>
- [16] Avitek engineering, Открытый монтаж теплотрассы: особенности и условия применения, 30.05.2022, <https://avitekengineering.ru/articles/otkrytyy-montazh-teplotrassy-osobennosti-i-usloviya-primeneniya/>
- [17] Kaugkütte seadus, vastu võetud 11.02.2023, Riigikogu <https://www.riigiteataja.ee/akt/KK%C3%BCTs>

- [18] Tallinna kaugküttepiirkonna piirid, kaugküttevõrguga liitumise ning eraldumise tingimused ja kord, kaugkütte üldised kvaliteedinõuded, soojuse piirhinna kooskõlastamine ja soojusettevõtja arenduskohustus, Vastu võetud 27.05.2004 nr 19 Tallinna Linnavolikogu <https://www.riigiteataja.ee/akt/770917>
- [19] Sotsiaalministeeriumi korraldatavate elutähtsate teenuste kirjeldus ja toimepidevuse nõuded, Vastu võetud 21.04.2018 nr 17 , Tervise- ja tööminister <https://www.riigiteataja.ee/akt/126112020003>
- [20] Siseministeerium, Elutähtsad teenused , 22.01.2021 , <https://www.siseministeerium.ee/elutahtsad-teenused#elutahtsat-teenust-k--2>
- [21] Riigikontroll, Kui paljud võivad jääda kriisis külma kätte ja veeta?, Roel Burov, Silver Jakobson, 22.04.2022, <https://www.riigikontroll.ee/Suhtedavalikkusega/Riigikontrolliblogi/tabid/310/ItemId/1359/amid/920/language/et-EE/Default.aspx>
- [22] Fireman.club , Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения: виды, причины и порядок действий, 23.03.2017, <https://fireman.club/statyi-polzovateley/avarii-na-kommunalnyih-sistemah-zhizneobespecheniya/>
- [23] Arengufond: Kaugkütte energiasääst, uuring, 2013 https://energiatalgud.ee/sites/default/files/images_sala/4/46/Eesti_Arengufond._Kaugk%C3%BCtte_energias%C3%A4%C3%A4st.pdf
- [24] Д. Б. Вафин, Теплоснабжение и тепловые сети, учебное пособие, 2014, Нижнекамск, https://www.nchti.ru/phocadownload/nchti_ucheb2/nchti_teplotech/nchti_teplosnab.pdf
- [25] Riigi tegevus soojusvarustuse jätkusuutlikkuse tagamisel, Riigikontrolli aruanne Riigikogule, 04.03.2011, Tallinn , https://energiatalgud.ee/sites/default/files/images_sala/1/15/Riigikontroll._Riigi_tegvus_soojusvarustuse_j%C3%A4tkusuutlikkuse_tagamisel.pdf
- [26] Eesti standardimis- ja akrediteerimiskeskus, EVS-EN 13941-1:2019+A1:2021 , District heating pipes - Design and installation of thermal insulated bonded single and twin pipe systems for directly buried hot water networks - Part 1: Design <https://www.evs.ee/et/evs-en-13941-1-2019-a1-2021-consolidated>
- [27] A.Volkova, E.Latõšov, V.Mašatin, I.Krupenski, A.Siirde Jätkusuutlik kaugküte, kõrgkooliõpik, 2022, <https://kaugkute.taltech.ee/projekteerimine-ja-ehitamine/>
- [28] Kutsestandardid , Keevitaja , tase 3 ,01.01.2022, <https://www.kutseregister.ee/ctrl/et/Standardid/vaata/10912389%3f>
- [29] Kutsestandardid , Soojusenergeetikainsener , tase 6 ,19.02.2015, <https://www.kutseregister.ee/ctrl/et/Standardid/vaata/10550786>
- [30] A.Vega, Assessment of the lifetime of district heating pipes , 2020, Chalmers University, Sweden, https://research.chalmers.se/publication/520167/file/520167_Fulltext.pdf
- [31] Hädaolukorra seadus, vastu võetud 08.02.2017, Riigikogu , <https://www.riigiteataja.ee/akt/117052020003>

Lisad

Lisa 1. Intevjuuküsimused AS Utilitas Tallinn võrgu käiduosakonna juhatajale Andrei Mjagkovile:

1. Räägi endast, ametikohast ja töökogemusest.
2. Milline on Tallinna linna soojatrasside hetkeseis?
3. Millised on peamised soojustrasside avarii põhjused?
4. Miks Utilitas AS uuendab soojustrasse?
5. Miks kasutab eelisoleeritud torusid?
6. Missugune vanade soojustrasside maht on Tallinna linna?
7. Mitu torusid te plaanerite välja vahetada 2023.aastal?
8. Kas maht on muutunud võrreldes eelmise aastaga?
9. Kas ja miks on avariid eelisoleeritud torudel?

Lisa 2. Vastused.

1. **Räägi endast, ametikohast ja töökogemusest.** Andrei Mjagkov, VKO (Võrgukäiduosakonna juhataja). Töökogemus: Töötan Utilitas Tallinn AS-l alates 2005 a (18 aastat). Põhilised ülesanded: projektide kooskõlastamine, uue soojustorustike ehitus, omanikujärelevalve, soojustorustike hooldus ja remont.
2. **Milline on Tallinna linna soojatrasside hetkeseis?** Tallinna kaugküttevõrk on väga kõrge töökidlusega. Praegu on Tallinna võrgupiirkonnas uute või rekonstrueeritud torustike osakaal 65% ning Utilitase eesmärk on aastaks 2035 saavutada 100%.
3. **Millised on peamised soojustrasside avarii põhjused?** Põhiline põhjus väline korrosioon. Põhjus tehti vajuivad amortiseerunud raudbetoonelemendid. Soojustorustiku lekked toimuvad tavaliselt nõrkades kohtades – amortiseerunud kinnistoed, teenindusventiilid (õhutused, tühjendused).
4. **Miks Utilitas AS uuendab soojustrasse?** Kaugküttetorustiku rekonstrueerimine on vajalik, et elanikel ei tekiks tulevikus probleeme hoonete kütmisega ja soojavee varustusega. Kaugküttevõrgu renoveerimisega ennetame võimalike võrguavariisid ja soojusvarustuse häireid. Korras soojustorustik tagab töökidluse ja madalamad soojuskaod (ning võimaldab tõsta võrguvee rõhku ja alandada temperatuuri).
5. **Miks kasutab eelisoleeritud torusid?** Eelisoleeritud torude põhieeliseks on nende soojuspidavus tänu millele on nende torude soojuskadu ca 20-30% väiksem võrreldes vanaaegsete terastorudega. Lisaks on eelisoleeritud torud on pikkema eluega võrreldes terastoruga. Eelisoleeritud torude paigaldamisel puudub vajadus ehitada dreanaži nign nende hoolduskulud on väiksemad. Nende torude oluliseks eeliseks on ka see, et nad on varustatud signaaltraatidega lekke otsmiseks, mis annab võimaluse lühiajal lekkete lokaliseerimiseks ja likvideerimiseks. Varem paigaldatud torustikel saab lekke asukohta kindlaks teha ainult helilokatsiooni seadmete abil, nagu seda on tehtud siiani. Paratamatult võib lekkest teada saamine, selle täpse asukoha määramine ja remont võtta sel juhul rohkem aega kui kaasaegsete anduritega varustatud torustiku puhul.
6. **Missugune vanade soojustrasside maht on Tallinna linna?** Tallinna kaugküttevõrk on väga kõrge töökidlusega. Praegu on Tallinna võrgupiirkonnas uute või rekonstrueeritud torustike osakaal 65% ning Utilitase eesmärk on aastaks 2035 saavutada 100%.
7. **Mitu torusid te plaanerite välja vahetada 2023.aastal?** Ca 14 km

8. **Kas maht on muutunud võrreldes eelmise aastaga?** Alates 2020 a. oli suurendatud rekonstrueerimise maht. Eesmärk on: 2035.4 aastal aastaks kõik vanad soojustorustikud Tallinnas peab olemavälja vahetatudvahetada.
9. **Kas ja miks on avariid eelisooleeritud torudel?** Eelisooleeritud torud paigaldatakse Tallinnas alates 1996 a. Tänu oma tehnoloogiale on nad üldiselt väga töökindlad ning seni ei ole meil lekkejuhtumeid olnud. Küll aga tuleb ette avariisid eelisooleeritud torudes seoses vigastustega, mis tekitatakse teiste kommunikatsioonide või hoonete ehitamise käigus.