



Marko Sankkinen

# GuidedWave-laitteen soveltuvuus putkistojen kuntotutkimukseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Insinööri (AMK)  
Talotekniikka  
Insinöörityö  
28.3.2011

Tekijä Otsikko	Marko Sankkinen GuidedWave-laitteen soveltuvuus putkistojen kuntotutkimukseen
Sivumäärä Aika	29 sivua 28.3.2011
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	kiinteistöjohtaminen
Ohjaaja(t)	DI Minna Launiainen yliopettaja Olli Jalonen
<p>Insinöörityön tavoitteena oli selvittää, miten uusi GuidedWave-laite sopii kiinteistöjen putkistojen kuntotutkimukseen. Lopputyössä ei perehdytä syvällisesti GuidedWave-laitteen toimintaperiaatteeseen, vain sen toimivuuteen putkistojen kuntotutkimuksissa. Laitetta ei ole ennen kokeiltu tähän tarkoitukseen.</p> <p>Laitteella on mahdollista tutkia putkia, jotka kulkevat rakenteiden sisällä kotelossa tai vaikka betonivalussa. Tällaisia putkia ei perinteisillä tutkimusmenetelmillä saada tutkittua ilman purku- tai kaivutöitä.</p> <p>Tällä hetkellä laitetta käytetään pääosin petrokemian teollisuudessa ja menetelmä on niin sanottu etsintätyökalu. Kyseinen laite on tällä hetkellä Pohjoismaiden ainoa.</p> <p>Tutkimus tehtiin todellisissa kohteissa, ja käytössä oli putkistojen kuntotutkimuksissa perinteisesti käytettävät läpivalaisu- ja ultraäänimittauslaitteisto sekä testattava GuidedWave-laitteisto. Tutkimustulosten perusteella voidaan todeta, että laitteisto ei vielä ole valmis toimimaan apuna kiinteistöjen putkistojen kuntotutkimuksissa.</p> <p>Tutkimustuloksista ilmeni, että laitetta voisi hyödyntää esimerkiksi kaukolämpöputkissa, jotka kulkevat maassa ilman kannakoiteja tai putkitunneleissa harvalla kannakevälillä ja jotka on liitetty toisiinsa hitsiliitoksien.</p>	
Avainsanat	GuidedWave, putkistojen kuntotutkimus, ultraäänitarkastus

Author Title Number of Pages Date	Marko Sankkinen The applicability of GuidedWave equipment in pipeline condition survey 29 pages 28 March 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering OR Electrical Engineering for Building Services OR Property Management
Instructor(s)	Minna Launiainen, M. Sc. (Tech.) Olli Jalonen, principal lecturer
<p>The purpose of this final year project was to examine how the new Guided Wave equipment suits for pipeline condition surveys. The functioning principles of the Guided Wave device were not included in this thesis, only the functionality of the device in pipeline condition surveys. The equipment has not been used for this purpose before.</p> <p>The equipment enables the examination of pipes that run inside structures, such as casings or concrete. Such pipes cannot be examined with traditional survey methods without demolishing or digging the structure.</p> <p>The device is primarily used in the petrochemical industry. The device is the only one in the Nordic countries at the moment. The research was conducted in real-life circumstances. The equipment used was not only the Guide Wave equipment to be tested, but also radioscopy and ultrasonic measuring, which are traditionally used in pipeline condition surveys.</p> <p>According to the results of the research, it can be concluded that the equipment is no yet ready to be used in pipeline condition surveys. However, the survey results indicate that the device could be for surveys of, for example, district heating pipes since they are welded together and either run in the ground without supporting structures or in pipe tunnels with a long distance between the supports.</p>	
Keywords	GuidedWave, pipeline condition survey, ultrasonic inspection

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Ultraäänimenetelmät	2
2.1	Ultraäänen toimintaperiaate	3
2.2	Laitteisto	3
2.2.1	Paksuusmittaus ultraäänilaitteilla	3
2.2.2	GuidedWave-laitteisto	6
3	GuidedWave-laitteen käyttökohteet	9
4	Kriteerit kohteiden valinnalle	11
5	Tutkimus	12
5.1	Tutkimuksessa käytetyt laitteet	12
5.2	Tutkimuksen suorittaminen	13
6	Tutkimustulokset	13
6.1	Kohde 1	14
6.2	Kohde 2	16
6.3	Kohde 3	19
6.4	Kohde 4	23
6.5	Kohde 5	25
7	Johtopäätökset	28
	Lähteet	29

## 1 Johdanto

Putkistojen kuntotutkimuksia tehdään nykyisin läpivalaisemalla (röntgen), mittaamalla ultraäänellä seinämävahvuuksia, ottamalla koepaloja verkostoista sekä sisäpuolisella TV-kuvauksella. Nykyisillä tutkimusmenetelmillä ja otantatavasta johtuen järjestelmissä kuitenkin saattaa olla piileviä vaurioita, joita ei nykyisillä menetelmillä saada selville tai vaurioiden aste ja laajuus saattavat poiketa havaitusta.

Uuden laitteen testauksella haluttiin tuoda markkinoille uusi menetelmä, jolla todennettaisiin varmemmin rakennuksien tämänhetkinen putkien kunto. Tästä hyötyisivät ensikädessä putkisanerauksen maksavina asiakkaina olevat osakkaat, koska oikein ajoitetut korjaukset säästävät aina kiinteistön käyttö- ja ylläpitokustannuksia. Laitetta ei ole ennen kokeiltu tähän tarkoitukseen.

Laitteella on mahdollista tutkia putkia, jotka kulkevat rakenteiden sisällä koteloidissa tai vaikka betonivalussa. Tällaisia putkia ei perinteisillä tutkimusmenetelmillä saada tutkittua ilman purku- tai kaivutöitä. GuidedWave-laitteella saadaan vähennettyä myös perinteisen läpivalaisun käyttämistä, joten säteilyn aiheuttamat turvallisuusriskit pienenevät minimiin.

Lopputyö tehtiin Inspectan Building Services -osastolle, ja insinööriyön tavoitteena oli selvittää, miten uusi GuidedWave-laite sopii kiinteistöjen putkistojen kuntotutkimukseen. Inspectan Building Services-osasto tarjoaa tällä hetkellä korjaustarve-, kuntoselvitys-, suunnittelu-, projektinjohto-, valvonta- sekä rakennusten ja energiankäytön palveluita.

Tällä hetkellä laitetta käytetään pääosin petrokemian teollisuudessa ja menetelmä on niin sanottu etsintätyökalu. Laite on tällä hetkellä Pohjoismaiden ainoa.

## 2 Ultraäänimenetelmät

Ultraäänen käyttökohteita ovat ainetta rikkomaton tarkastus eli NDT (non-destructive testing), hitsaus, mittaustekniikka, peseminen ja lääketiede. Myös kaikuluotaimen toiminta perustuu ultraääneen.

NDT-tarkastuksessa tutkitaan hitsausvirheitä, ainevahvuuksia, liitosvikoja ja sulkeumia rakenteista ja hitsauksista. Mitattaessa ainevahvuuksien paksuuksia saadaan ultraäänellä mittatarkkuudeksi parhaimmillaan millimetrin tuhannesosan tarkkuuksia.

Ultraääntä käytetään myös muovien ja metallien hitsauksessa, ns. ultraäänihitsauksessa, jossa voidaan nopeasti liittää metallisia ja keraamisia materiaaleja. Ultraäänihitsauksen käyttäjiä ovat tyypillisesti leikkikalvalmistajat, elektroniikka-, auto-, ja pakkaus-teollisuus.

Mittaustekniikassa ultraääntä käytetään liikkeen mittaamiseen ja havaitsemiseen. Kohteen paikkaa voidaan 100 Hz:n taajuudella mitata sata kertaa sekunnissa.

Pesemisessä ultraääntä käytetään kavitaation muodostamiseen. Kavitaatiota muodostuu, kun ultraääntä johdetaan nesteeseen. Kavitaatiokuplat saavat pestävän aineen pinnassa aikaan voimakkaita paineiskuja, jotka irrottavat tehokkaasti epäpuhtauksia.

Lääketieteessä ultraääntä käytetään sikiön kehityksen seurannassa sekä sisäelinten tutkimuksissa. Lääketieteessä ultraääni- eli kaikututkimus on turvallinen menetelmä, koska siinä ei tarvita ionisoivaa säteilyä (röntgensäteily). [1]

## 2.1 Ultraäänen toimintaperiaate

Ultraäänen käyttö ainetta rikkomattomassa tutkimuksessa perustuu siihen, että ultraäänikimppu etenee riittävän homogeenisessä aineessa kapeana säteenä ja heijastuu kohdatessaan perusmateriaalista tarpeeksi poikkeavan rajapinnan. Ultraääni tarvitsee edetäkseen väliaineen, kiinteän aineen tai nesteen. Tyhjiössä ultraääni ei etene lainkaan ja vaimenee nopeasti kaasuissa.

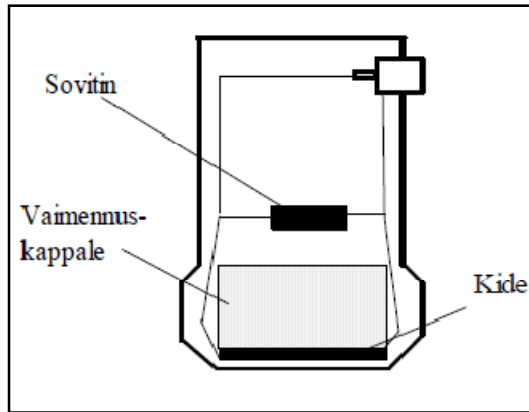
Menetelmä perustuu ääneen, joka on atomien mekaanista liikettä. Sen taajuus on ihmiskorvan kuuloalueen yläpuolella yli 20 kHz ja nykyisillä laitteilla jopa 100 MHz.

Ultraäänipulssit lähtevät luotaimessa olevasta värähtelijästä kytkentäaineen välityksellä tutkittavaan kohteeseen. Ne etenevät kullekin aineelle ominaisella nopeudella ja heijastuvat kohdatessaan rajapinnan: materiaalin takapinnan tai rakenteessa olevan vian. Samanlainen tai jopa sama luotain toimii heijastuneen pulssin vastaanottimena. [1]

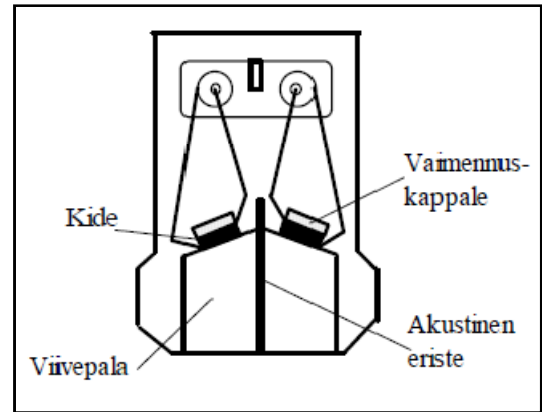
## 2.2 Laitteisto

### 2.2.1 Paksuusmittaus ultraäänilaitteilla

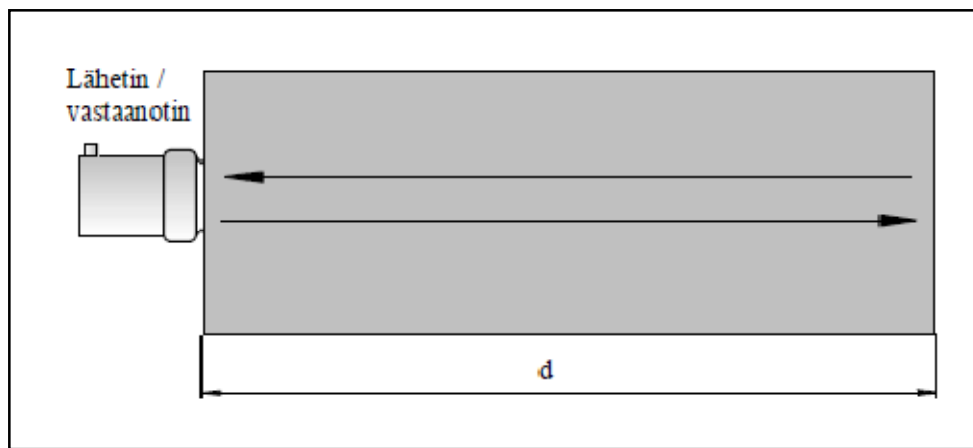
Kiinteistöjen putkistojen kuntotutkimuksissa käytettävän ultraäänimittarin nykyinen tarkoitus on lähinnä seinämäpaksuuksien mittaus näkyvillä olevista putkista. Laitteistoon kuuluu kaksi osaa; ultraäänimittari ja luotain. Mittauksissa käytetään normaalisti kahta erilaista luotainta, normaaliluotainta ja kaksoisnormaaliluotainta. Normaaliluotain ei ole "normaali" luotain, vaan sillä tarkoitetaan luotauspinnan normaalin suunnassa ääntä lähettävää luotainta (kuva 1). Kaksoisnormaaliluotain on kaksikiteinen normaali-luotain, jossa toinen kide lähettää ja toinen kide vastaanottaa ääntä (kuva 2).



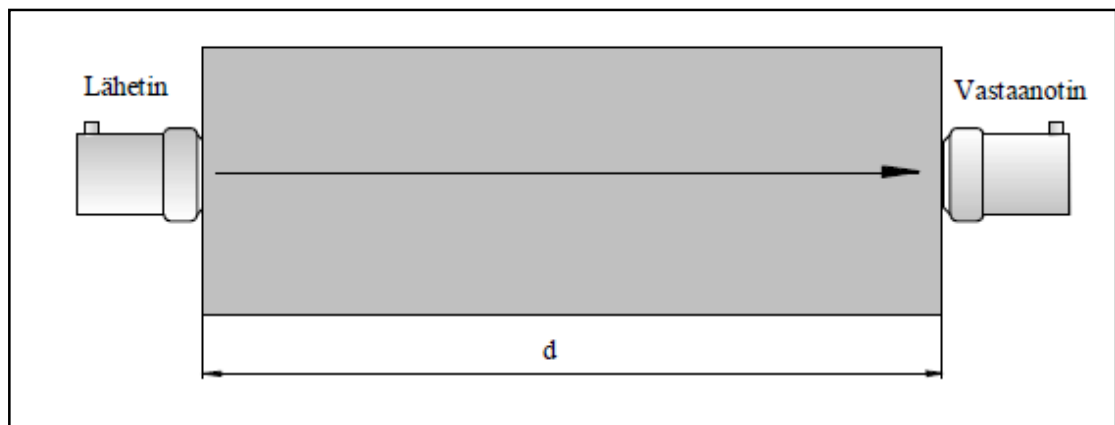
Kuva 1. Normaaliluotain [2].



Kuva 2. Kaksoiskideluotain [2].



Kuva 3. Pulssikaikutekniikka paksuusmittaus [2].



Kuva 4. Läpäisytekniikka voimakkaasti vaimentavat materiaalit [2]



Ultraäänimittarin elektronisessa osassa, joka lähettää ja vastaanottaa pulssin sekä vahvistaa sen, on katodisädeoskillooskooppi heijastuneiden pulssien näyttämiseksi (kuvat 3 ja 4). Laitte kalibroidaan alle 10 mm:n ainevahvuuksille tavallisesti siten, että oskillooskoopissa olevalta asteikolta on suoraan luettavissa, miltä etäisyydeltä takaseinäkaiku tai tarpeeksi suuren vian lähettämä kaiku tulevat. Ultraäänipaksuusmittarissa, jolla mitataan ainevahvuuksia, on digitaalinen näyttö.

Kuvissa 5 ja 6 on kahden eri valmistajan A-kuvalliset ultraäänimittarit.



Kuva 5. Panametrics Epoch [2].



Kuva 6. Krautkrämer USM35X [2].

Ultraäänimittarissa (kuvat 5 ja 6) on yleensä ainakin seuraavat säätimet:

- Mitta-alueen säädin, mitta-alueita on useita esim. pienin 0–10 mm ja suurin 0–25 mm.
- Pulssin siirto, tämän ja edellisen säätimen avulla laite kalibroidaan halutulle mitta-alueelle käyttäen kahta eripaksuista kappaletta, joiden paksuus tunnetaan.
- Palaavan pulssin vahvistuksen säätö, esim. 0–100 dB, jota voidaan käyttää mm. kaikukorkeuksien mittaamiseen.
- Vaimennuksen säätö, jolla kaikkia kaikuja voidaan alentaa esim. 30 % kuvapinnan korkeudesta.

Ultraäänitarkastus soveltuu kaikille ääntä hyvin johtaville materiaaleille. Näihin kuuluvat kaikki metallit ja useimmat muovit. Äänen nopeus eri aineissa vaihtelee huomattavasti, joten ultraäänilaitetta joudutaan kalibroimaan erikseen kullekin aineelle [3, s. 63–65].

## 2.2.2 GuidedWave-laitteisto

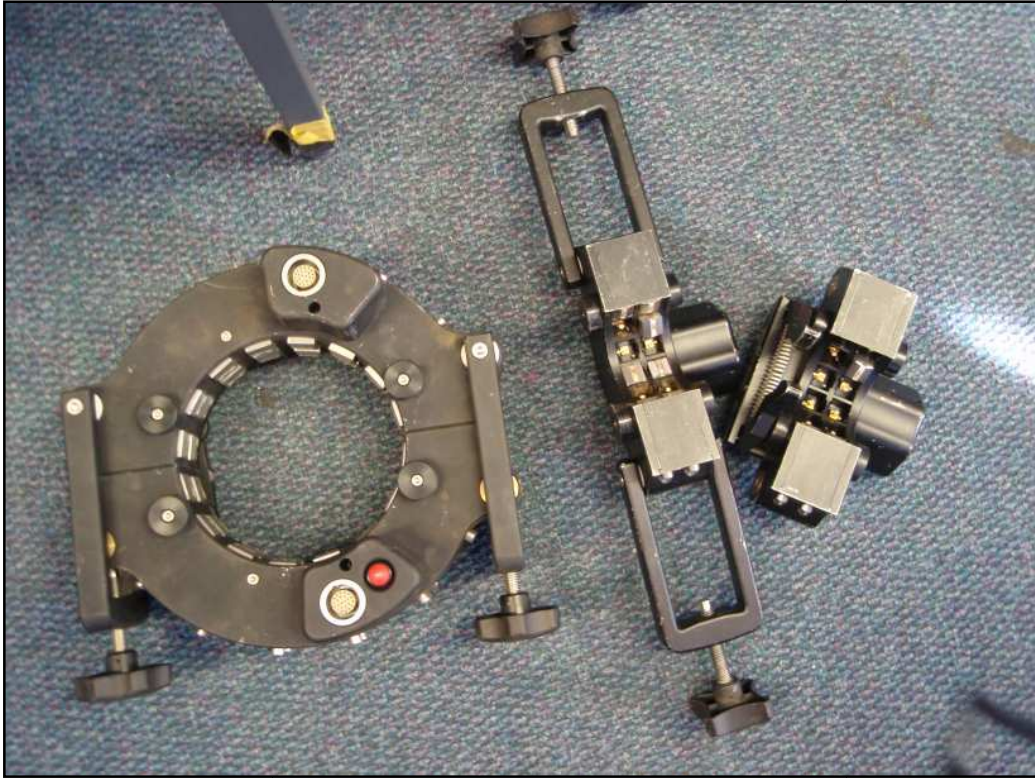
GuidedWave-laitteiston tutkimuskalustoon kuuluu kolme osaa: tietokone, kiinteä- tai ilmatäytteinen lähetinrenkas ja ultraäänilaite (kuvat 7, 8 ja 9).



*Kuva 7. GuidedWave-laitteisto ilmatäytteisellä lähetinrenkaalla [4].*

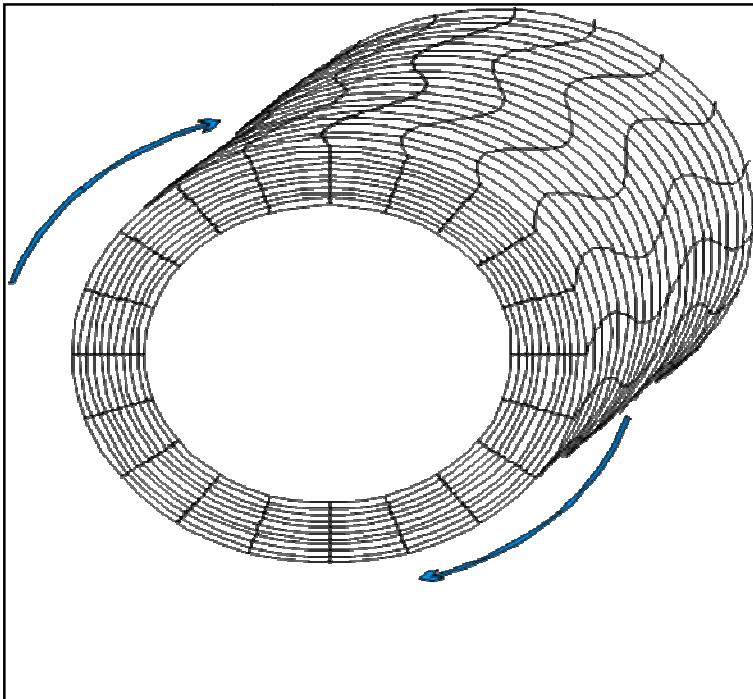


*Kuva 8. Ilmatäytteinen lähetinrenkas.*



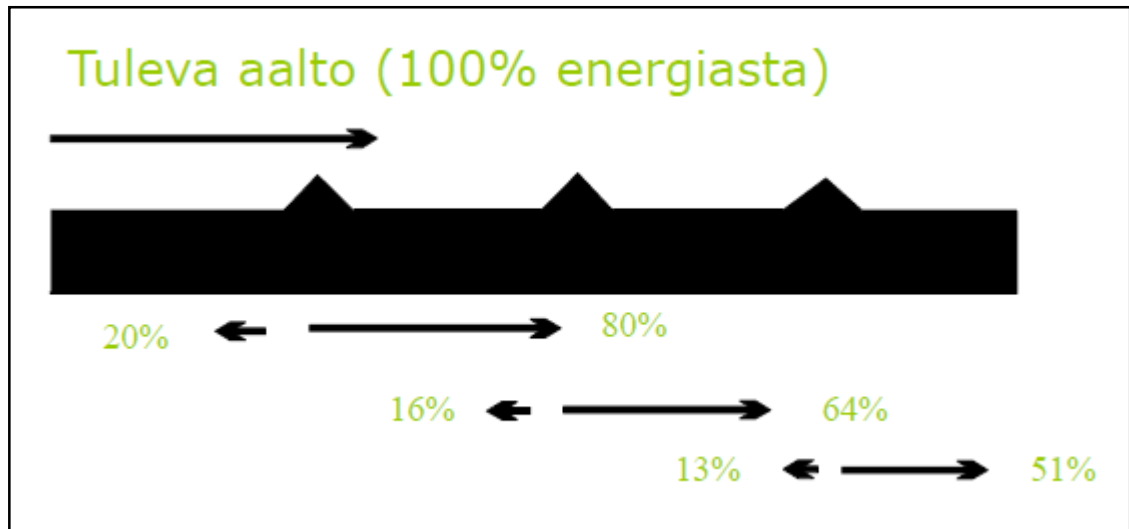
*Kuva 9. Kiinteä lähetinrenas [4].*

GuidedWave-laitteen ultraääni etenee tutkittavassa materiaalissa torsionaalisessa muodossa rakennetta pitkin, ei rakenteen läpi (kuva 10).



*Kuva 10. Torsionaalisen aallon jaksottainen pyöriminen heijastumissuunnan ympäri [4].*

Putken seinämät muodostavat ultraääni-aalloille ohjaavan pinnan. Kun aalto osuu muutokseen poikkipinta-alassa, heijastuu osa takaisin lähettimeen. Jokainen heijastuma pienentää läpäisevää energiaa, esimerkkinä hitsi (kuva 11).



Kuva 11. Kun aalto osuu muutokseen poikkipinta-alassa, heijastuu 20 % takaisin lähettimeen [4].

Menetelmä on herkkä vioille sekä poikkipinta-alan muutoksille kaikissa kiinteän seinän asennoissa.

Taulukossa 1 on tutkimuksen kohteena olleiden materiaalien äänen nopeus ja materiaalivakiot.

Taulukko 1. Materiaalivakiot [5, s. 82–85].

Materiaali	Tiheys kg/m <sup>3</sup>	Kimmokerroin GPa	E/ρ 10 <sup>4</sup>	Pitkittäis- aalto m/s	Poikittais- aalto m/s
Valurauta	6 900	78	1 090	3 500	2 200
Kupari	8 900	122	1 373	4 700	2 260
Musta teräs	7 850	213	2 731	5 940	3 250
Ruostumaton teräs	7 850	213	2 731	5 940	3 250
Sinkitty teräs	7 850	213	2 731	5 940	3 250

### 3 GuidedWave-laitteen käyttökohteet

GuidedWave-laitetta käytetään jalostamoiden sekä voimaloiden sisäisten putkistojen sekä öljykentillä kulkevien putkistojen kunnan tarkkailuun sekä heikkojen kohtien etsintään. Heikot kohdat varmistetaan visuaalisesti tai otetaan läpivalaisukuva varmistamaan löydökset. Seuraavissa kuvissa (kuvat 12–16) on teollisuudessa olevia laitteen käyttökohteita.



*Kuva 12. Voimaloiden putkipatterit [4].*



*Kuva 13. Vaikeapääsyiset putket (öljynporauslautat) [4].*



*Kuva 14. Vedenalaiset putket (öljykentiltä kulkevat putket) [4].*



*Kuva 15. Maanalaiset putket (öljykentiltä kulkevat putket) [4].*



Kuva 16. Suurikokoisia putkia, halkaisija 72" [4].

Laitteella voidaan tutkia putkia joiden ulkohalkaisija on  $\frac{3}{4}$ "–72", laitteen käyttölämpötila on  $-30...+180^{\circ}\text{C}$ .

Optimiolosuhteissa laitteella on mahdollisuus saada mittaustuloksia 200 metrin matkalta renkaan molemmin puolin. Tyypillisesti maanpäällisillä putkilla kantama on 50 metriä molempiin suuntiin. Maan alla oleville putkille kantama on noin 20 metriä, riippuen putkesta, pinnoitteesta sekä maaperän ominaisuuksista.

#### 4 Kriteerit kohteiden valinnalle

Kohteiksi valittiin Raja- ja merivartiokoulun sekä Yleisradion putkitunneleissa ja teknisissä tiloissa olevia putkia. Kohteet valittiin siksi, että kohteista löytyi tutkimukseen sopivia ja yleisesti kiinteistöissä esiintyviä putkikokoja ja -materiaaleja. Tutkimus suoritettiin näkyvillä olevista putkista GuidedWave-laitteella, koska mahdolliset löydökset sekä syyt ultraäänen heikkoon kulkuun haluttiin todentaa perinteisellä läpivalaisumenetelmällä ilman rakenteiden avauksia. Näin pystyttiin myös visuaalisesti todentamaan varmuus sen tarkkuudesta ja mahdollisista uusista toimintaympäristöistä sekä luomaan mielipide säteen heikkouksista/vahvuuksista tai siirtämään mittakenkää otollisempaan kohtaan eristääksemme eri syitä säteen toiminnalle tai toimimattomuudelle.

Tutkimuksen yhtenä haasteena oli löytää sopivan kokoisia testiputkia. Kohteen valintaa rajoitti se, että Inspectalla tällä hetkellä pienin käytössä oleva mittakenkä on 2”(Ø 55 mm), koska laitteen pääasiallinen käyttö on suunnattu teollisuuteen, jossa tutkittavat putkikoot ovat suuria. Toisena haasteena oli sovittaa aikataulullisesti laitteen vapaana olo sekä saada lupa kiinteistön omistajalta käyttää rakennusta tutkimuskohteena. Näin ollen suunnitelmat muuttuivat usein ja aiheuttivat tutkimuksen venymisen usealla kuu-kaudella.

## 5 Tutkimus

Tutkimuksen kenttätyöt suoritettiin 3.8.2010, 14.10.2010 ja 19.10.2010. Avustamassa oli GuidedWave-laitteistoa ja ultraäänipaksuusmittaria hallitseva henkilö Karo Ruuska, NDT-tarkastaja, Inspecta Oy. RTG-laitteen käyttäjänä toimi Seppo Teräväinen, LVI-asiantuntija, Inspecta Oy.

### 5.1 Tutkimuksessa käytetyt laitteet

Taulukossa 2 näkyvät tutkimuksessa käytetyt laitteet, oheismateriaali ja määrät.

*Taulukko 2. Tutkimuksessa käytetyt laitteet ja oheistarvikkeet*

Laite	Laitemerkki ja malli
Ultraäänipaksuusmittari	Krautmer USM 25
Tietokone	Panasonic CF-30
Keskusyksikkö	GuidedWave Wavemaker G3
Mittakenkä	GuidedWave 3” ja 4” kiinteä lähetinrengas
Mittakenkä	GuidedWave 8” ilmatäytteinen lähetinrengas
Röntgenlaite	Yxlon Smart 225/kV/4mA, puoliaaltokone
RTG-filmi	Viisi kpl 43 cm*18 cm ja kolme kpl 40 cm*30 cm
Kamera	Olympus µ Tough-3000 12 Mpixel



## 5.2 Tutkimuksen suorittaminen

GuidedWave-laitteella tutkittiin yhteensä viittä eri putkimateriaalia: valurautaviemäriä lyijymuhviliitoksin, sprinkleriputkistoa hitsiliitoksin, kupariputkea fosforikupari- ja mesinkijuotoksin, sinkittyä teräspuutkea kierrelitiitoksin ja ruostumatonta teräspuutkea hitsiliitoksin. Testipituutena oli yhteensä 65 metriä puutkea.

RTG-kuvauskohdat valittiin GuidedWave-laitteen käyttäjän suosituksesta. Hänen mukaansa kuvauskohdissa oli jotain poikkeavaa, tai signaali kuoli kokonaan. Näihin syihin haluttiin varmuus ja ne todennettiin läpivalaisukuvilla.

## 6 Tutkimustulokset

Taulukossa 3 näkyvät tutkitut putkimateriaalit liitostapoineen, näiden koko ja seinämäpaksuudet sekä tarkastelun kohteena ollut pituus.

*Taulukko 3. Tutkitut putket, liitostavat, koko ja tarkastelupituus.*

Tutkimuskohde	Materiaali	Liitostyyppi	Putken koko DN/mm	Seinäämävahvuus mm.	Tarkasteltava pituus m
1.	Valurauta	Lyijymuhviliitos	110	5	10
2.	Kupari	Fosforikuparijuotos	110	2	10
3.	Mustateräs	Hitsiliitos	155	4,5	15
4.	RST	Hitsiliitos	219	2	20
5.	Sinkitty teräs	Kierrelitiitos	80	4	10

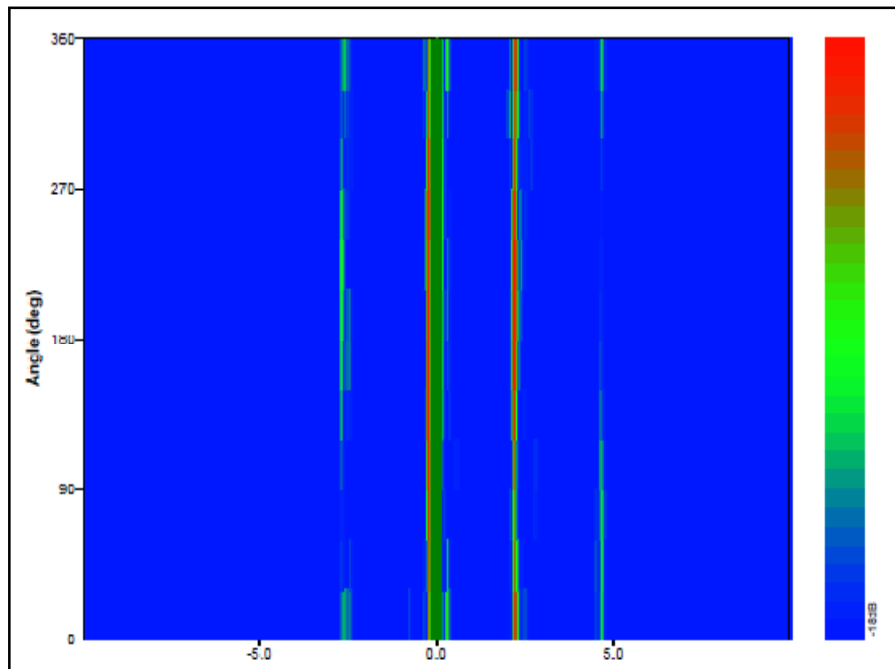
## 6.1 Kohde 1

Ensimmäisenä tutkittavana putkena oli 100/5 mm valurautaviemäri lyijymuhviliitoksella. Tutkittavaksi pituudeksi määriteltiin 10 metriä. Valurautaviemäriä lyijymuhviliitoksin haluttiin tutkia muhvilla tapahtuvan ainevahvuuden muutoksen ja muhvilla olevan lyijyliitoksen takia: kykeneekö säde etenemään muhvista läpi ja kuinka paljon se heikkenee. Valurautaisen viemärin tutkimustuloksen perusteella voidaan todeta, että ultraääni pysähtyi lähes täysin lyijymuhviliitoksessa olevaan voimakkaaseen ainevahvuuden muutokseen 1,8 metrin kohdalla (kuva 19).

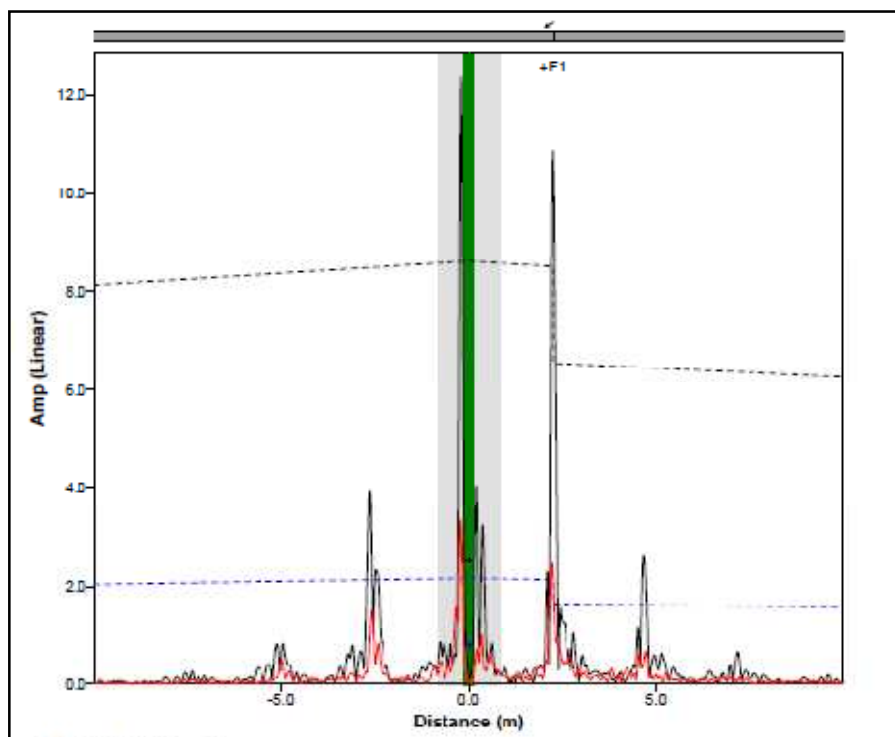
Tästä voidaan todeta, että laitteella ei pystytä tutkimaan valurautaista putkea lyijymuhviliitoksin, oli se sitten vesijohto- tai viemäriputkea. Seuraavissa kuvissa (kuvat 17–20) on esitetty tutkimuskohta, C- ja A-kuvat sekä läpivalaisukuva tutkimus kohdasta.



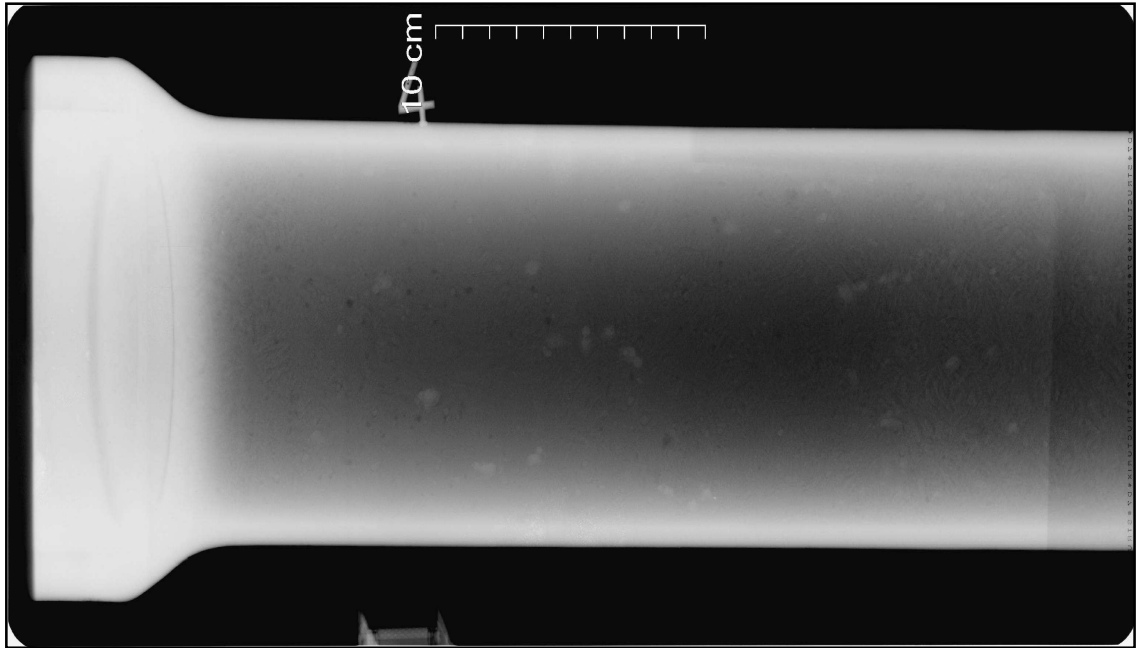
*Kuva 17. Valurautaviemärin testaus.*



Kuva 18. C-kuva valurautaviemäristä.



Kuva 19. A-kuva valurautaviemäri, ultraääni heikkenee 1,8 metrin kohdalla +F1.



Kuva 20. RTG-valurautaviemäri.

## 6.2 Kohde 2

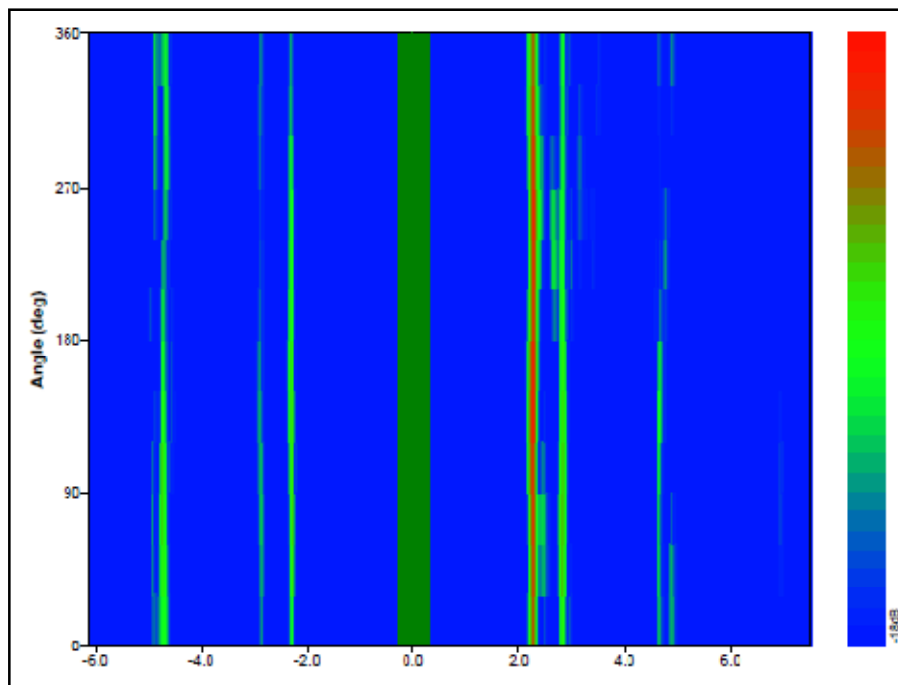
Toisena tutkittavana putkena oli 110/2 mm kupariputki fosforikupari- ja messinkijuotoksilla (kuva 21). Tutkittavaksi pituudeksi määriteltiin 10 metriä. Kupariputki haluttiin tutkia kyseisestä kohdasta, koska ensimmäisenä sädettä vastassa oli fosforikupari-liitos ja heti perään messinkijuotos, jossa oli silmin nähden havaittavissa sinkinkatoa (selektiivinen korroosio). Kupariputki oli kannakoitu äänieristyskannakkeilla.

Ensimmäinen kiinnitys putkeen ei onnistunut, koska kupariputkea oli hehkutettu ja se oli hieman soikea. Kiinteän kengän anturit eivät saaneet tarvittavaa kosketusta putken pintaan, vaikka anturit ovat jousikuormitteisia. Toinen kiinnitysyritys onnistui. Kupariputken (kuva 22) tutkimustuloksen perusteella voidaan todeta, että säde heikkeni fosforikuparijuotokseen 2,2 metrissä lähes kokonaan (kuva 23, kohta +F1) sekä toisessa suunnassa vastassa olleeseen T-haaraan (kuva 23, kohta -F1). Testissä haluttiin nähdä, kykeneekö ultraääni havaitsemaan sinkinkatoa juotoksissa, sekä miten säde käyttäytyy putken seinämän paksuuden ollessa 2 mm. Tutkittavien putkien seinämävahvuuden tulisi GuidedWave-laitteen valmistajan ohjeiden mukaan olla minimissään 3 mm. Läpivalaisukuvassa näkyi vakava liitosvirhe. Liitosvirhe aiheuttaa virtaukseen häiriöitä ja siitä seuraa eroosiororroosiota (kuva 24). Säde eteni erinomaisesti juotosliitokseen ja T-haaraan asti, vaikka putken seinämäpaksuus oli 2 mm.

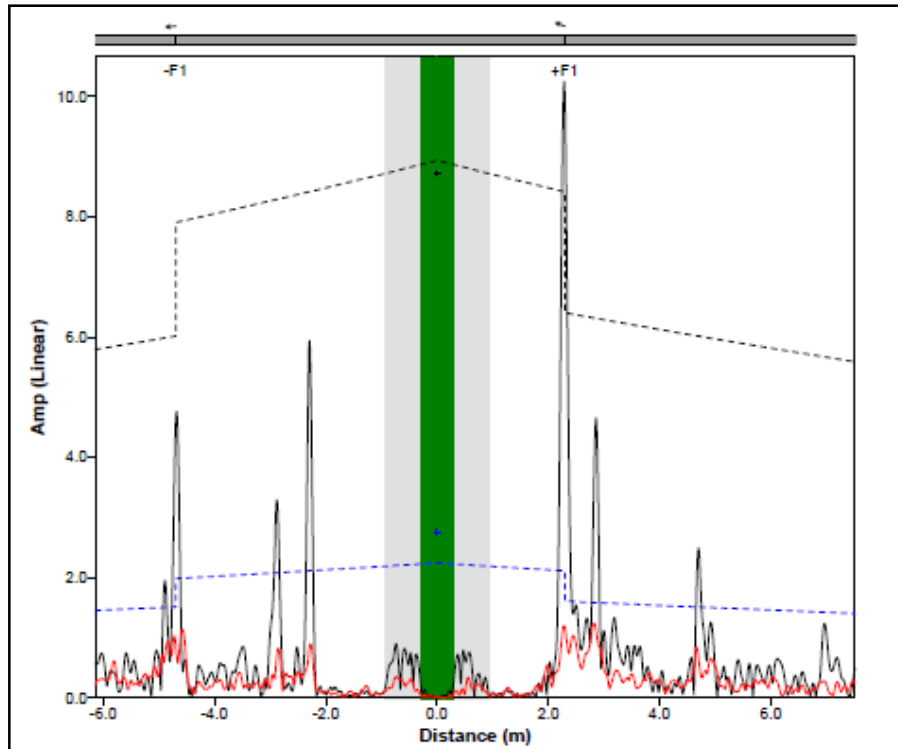
Tästä voidaan todeta, että laitteella pystytään tutkimaan seinämäpaksuudeltaan 2 mm olevia putkia, mutta lähes samankokoiset haarat runkoputkessa aiheuttavat säteen heikkenemisen. Liitosvirheen vuoksi messinkijuotosta (kuva 25) ei voitu tutkia.



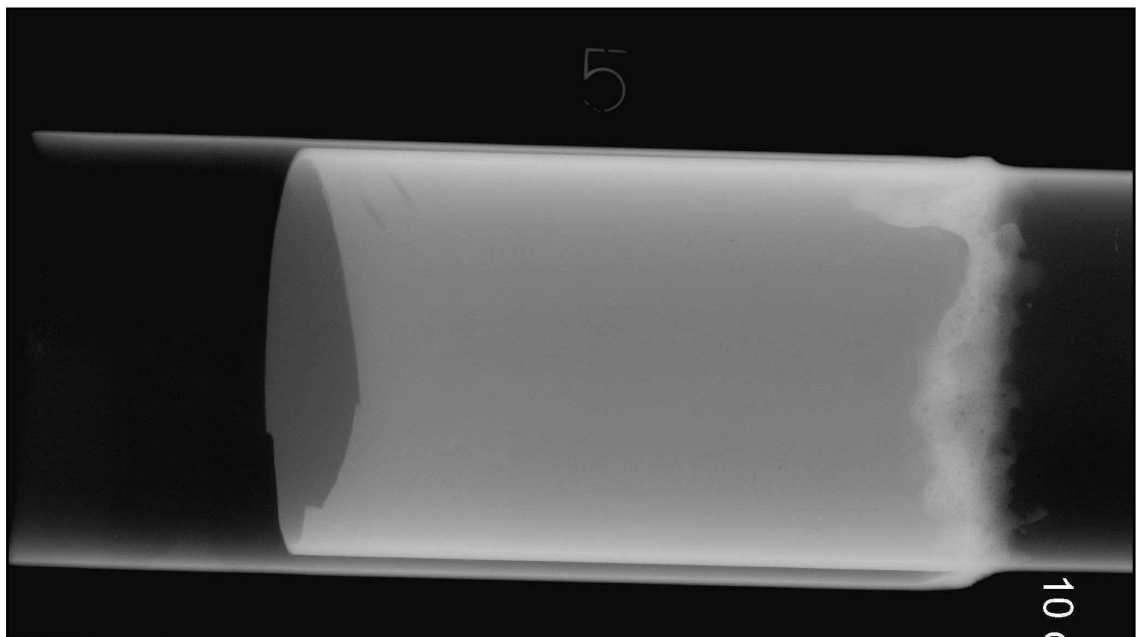
*Kuva 21. Kupariputken testaus.*



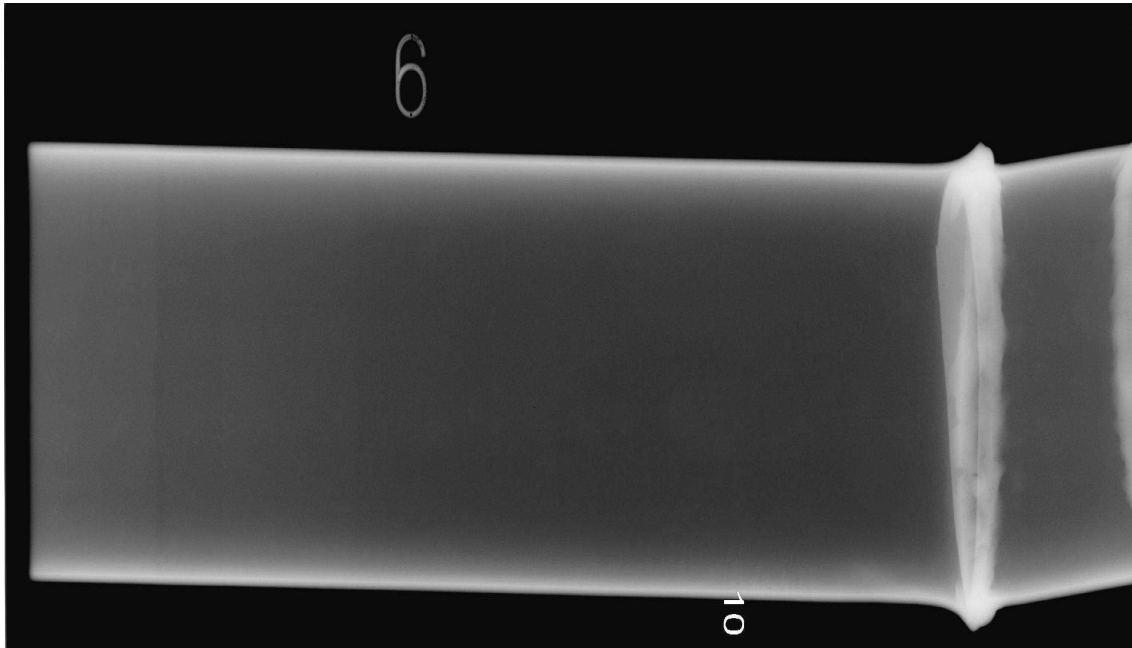
*Kuva 22. C-kuva, kupariputki.*



Kuva 23. A-kuva, kupariputki, ultraääni heikkenee 2,2 metrin kohdalla +F1 sekä 5 metrin kohdalla -F1.



Kuva 24. RTG, fosforikuparijuotos ja vakava liitosvirhe.



Kuva 25. RTG, messinkijuotos.

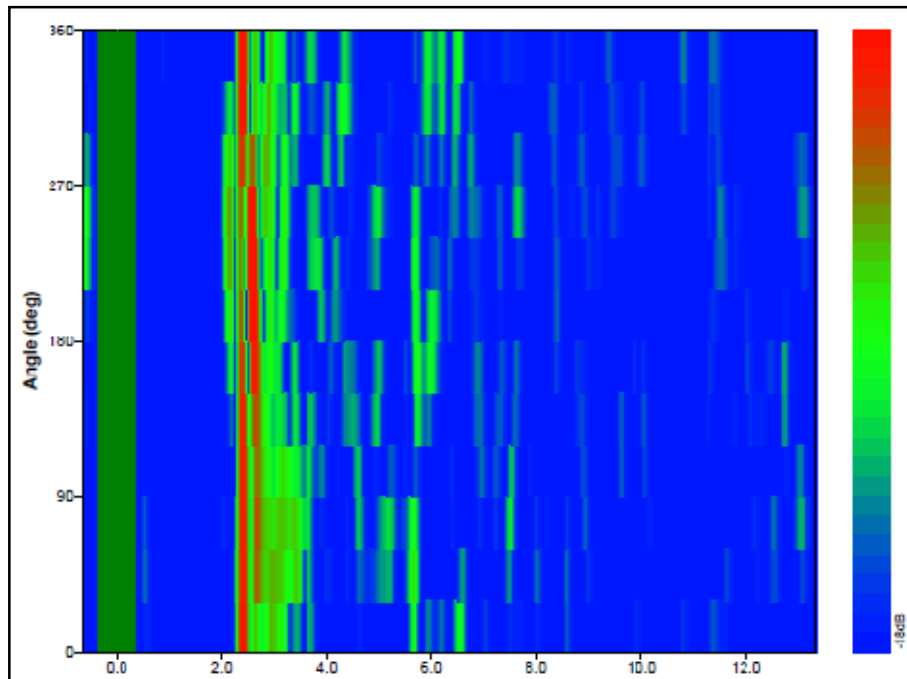
### 6.3 Kohde 3

Kolmantena tutkittavana putkena oli 152/4,5 mm musta teräspankki hitsiliitoksin, jossa oli hyvin lähekkäin hitsisaumoja, kannakkeita, sammutinhaaroja sekä putken maadoitus, testipituutena oli 15 metriä (kuva 26). Ensimmäinen yritys pysähtyi maadoitukseen, johon ultraääninen signaali kuoli lähes kokonaan (kuvat 27 ja 28, kohta+F3). Toinen yritys sprinkleriputkeen tehtiin heti maadoituksen jälkeen. Tulos oli parempi, ja 2,7 metrin etäisyydellä kengästä laite havaitsi jotain, mikä varmennettiin läpivalaisukuvalla (kuvat 29 ja 30, kohta+F3). Tuloksena oli mitä todennäköisimmin häiriökaiku kannakkeesta, koska läpivalaisukuvasta ei löytynyt mitään poikkeavaa (kuva 31).

Voidaan todeta, että tiukasti putken pinnassa olevat eristämättömät kannakkeet sekä maadoitukset vievät tehoa ultraäänestä, eikä selvää tietoa saada esille.

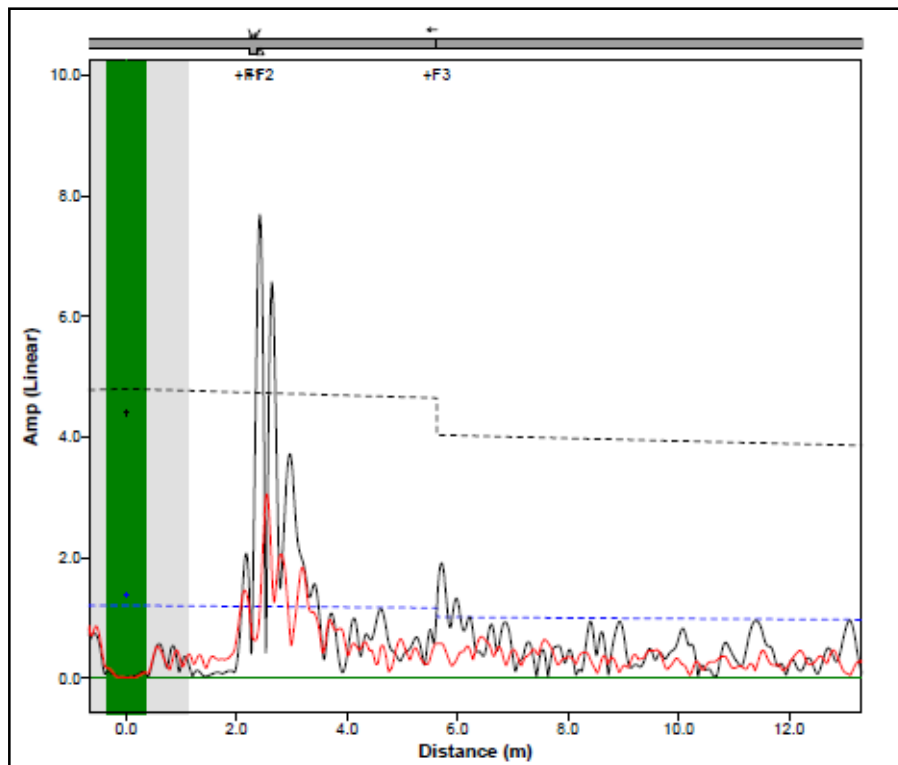


*Kuva 26. Sprinkleriputken testaus.*

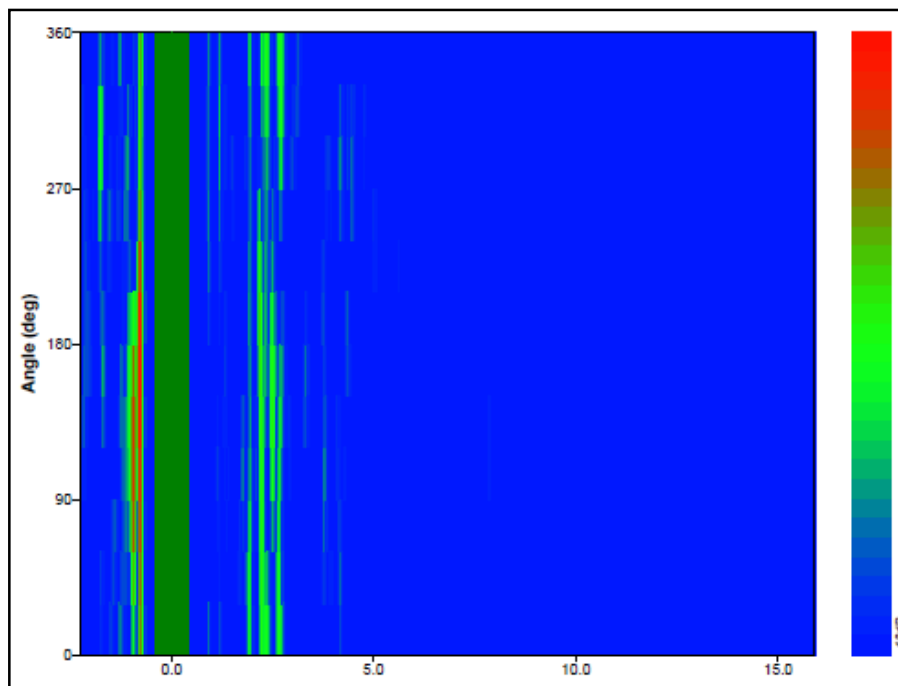


*Kuva 27. C-kuva, sprinkleriputki.*

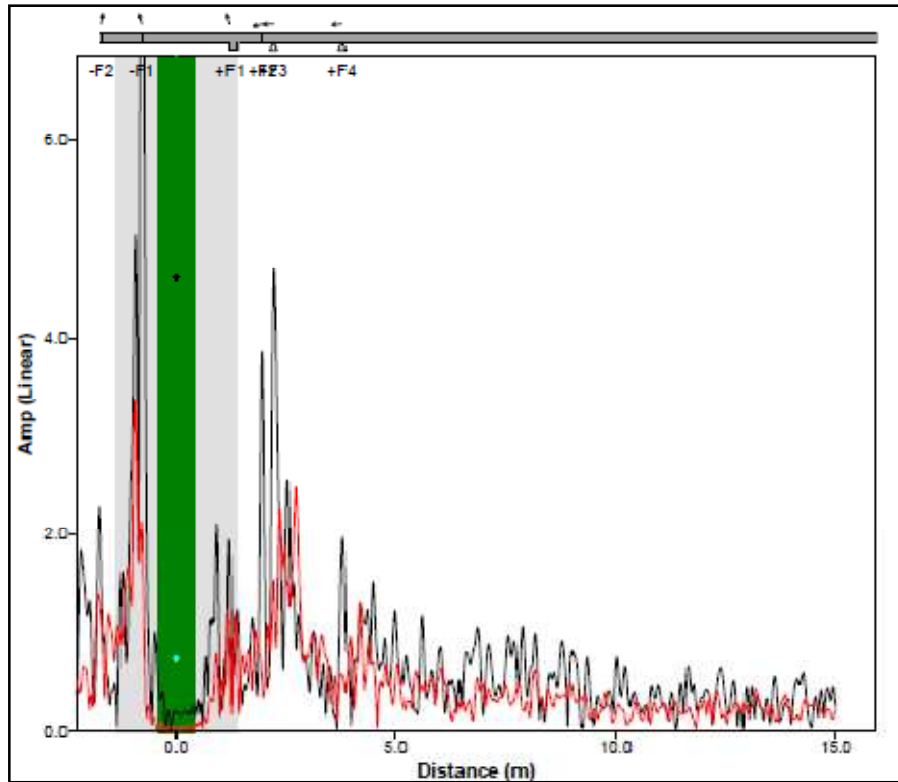




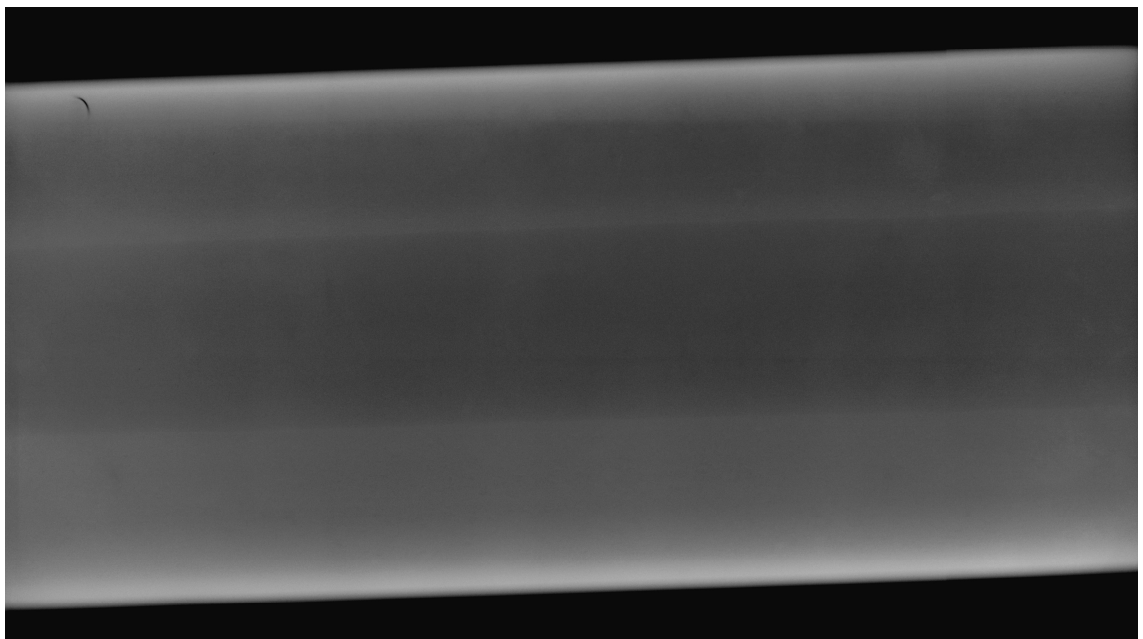
Kuva 28. A-kuva, sprinkleriputki, ultraääni heikkenee 6 metrin kohdalla +F3 maadoitukseen.



Kuva 29. C-kuva, sprinkleriputki.



Kuva 30. A-kuva, sprinkleriputki, ultraääni antaa kannakkeesta 2,7 metrin kohdalla häiriökaiun, jota luultiin viaksi.



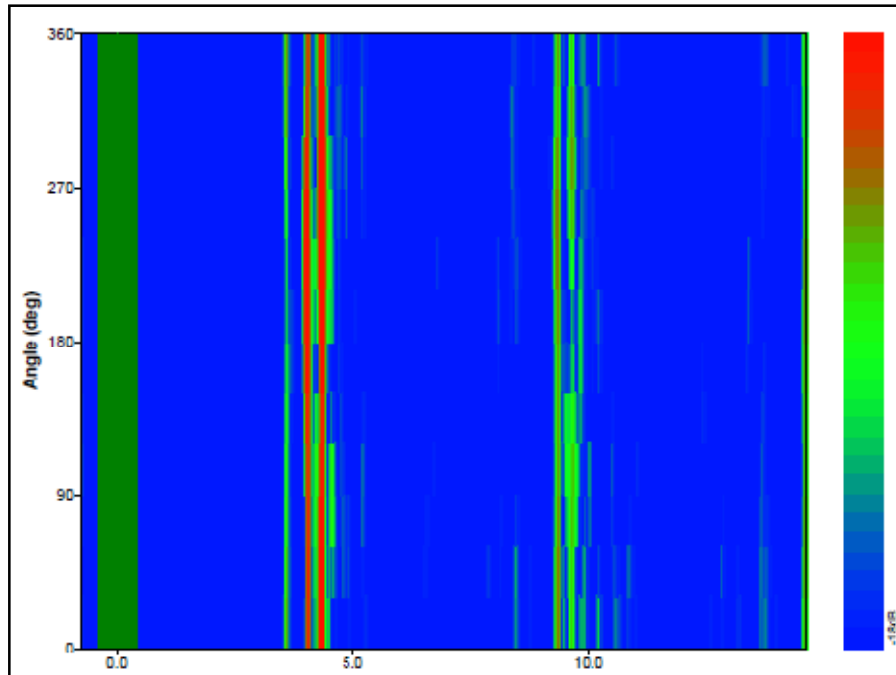
Kuva 31. RTG, sprinkleriputki.

#### 6.4 Kohde 4

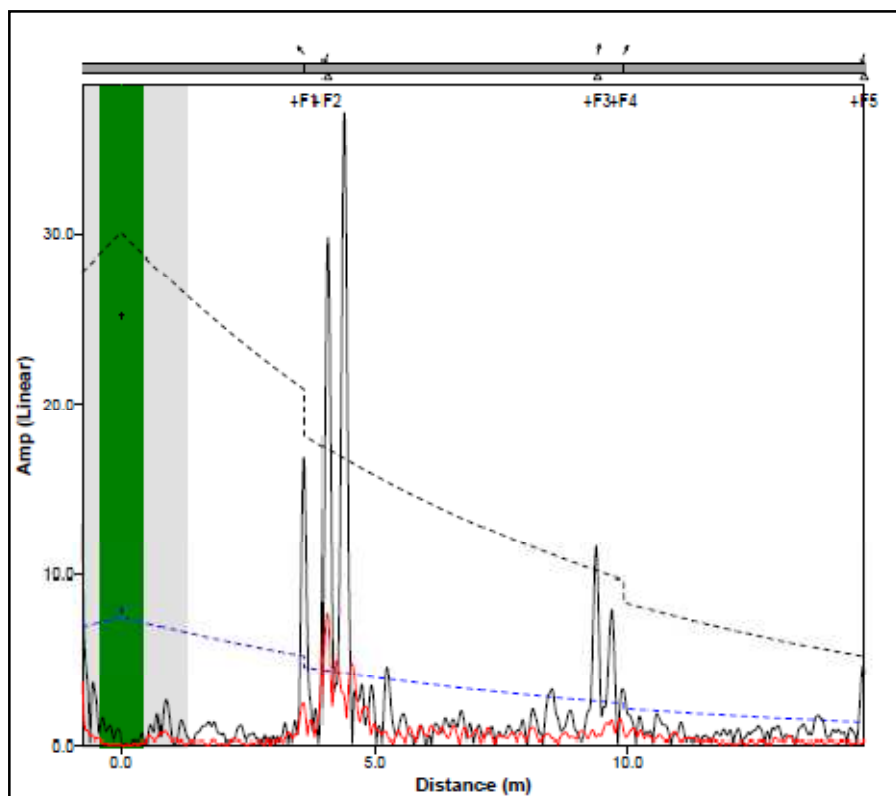
Neljäntenä tutkittavana putkena oli 219/2 mm kylmän veden ruostumaton teräsputki hitsiliitoksin (kuva 32). Putki oli tiukasti kannakoitu muovilla eristetyillä tuplakannakkeilla, testipituutena oli 20 metriä. Ultraääni eteni hyvin koko testipituuden kannakkeista huolimatta (kuvat 33 ja 34). Mitään mainittavaa löydöstä ei havaittu. Ensimmäinen hitsisauma varmennettiin läpivalaisukuvalla (kuva 35). Voidaan todeta, että mikäli yläpuoliset kannakkeet olisi löysätty, tällainen putkikanaalissa sijaitseva hitsiliitoksin tehty putki olisi tutkittavissa ultraäänilaitteella. Myös tämän putken tutkimus antoi varmuuden sille, että laite pystyy tutkimaan alle 3 mm seinämävahvuudeltaan olevia putkia.



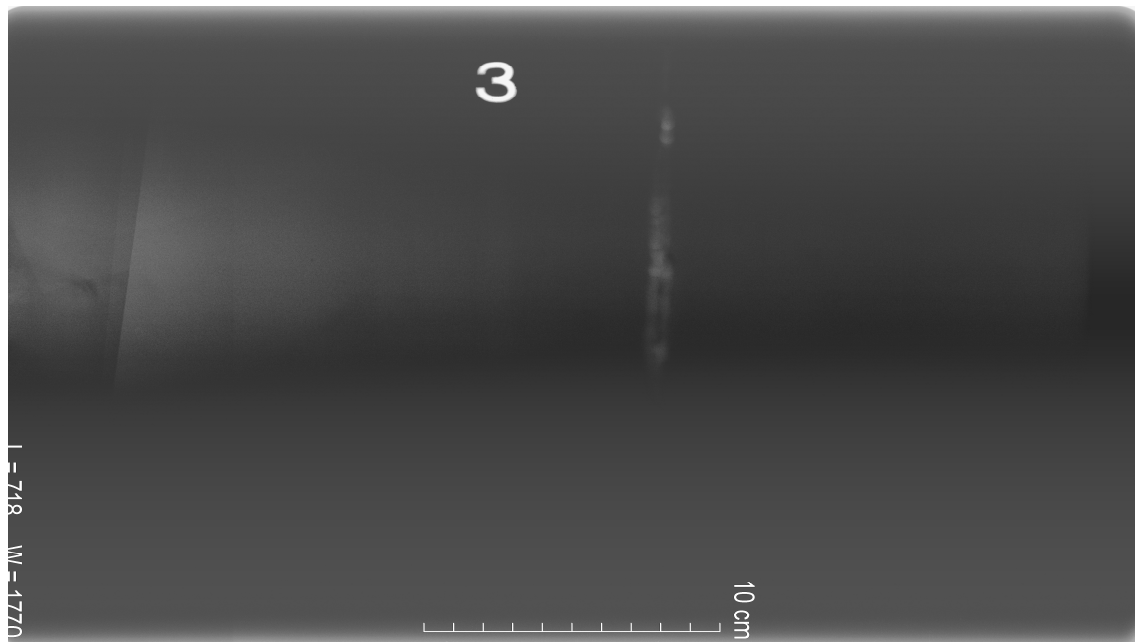
*Kuva 32. RST-kylmävesiputken testaus.*



Kuva 33. C-kuva, RST-kylmävesi.



Kuva 34. A-kuva, RST-kylmävesi.



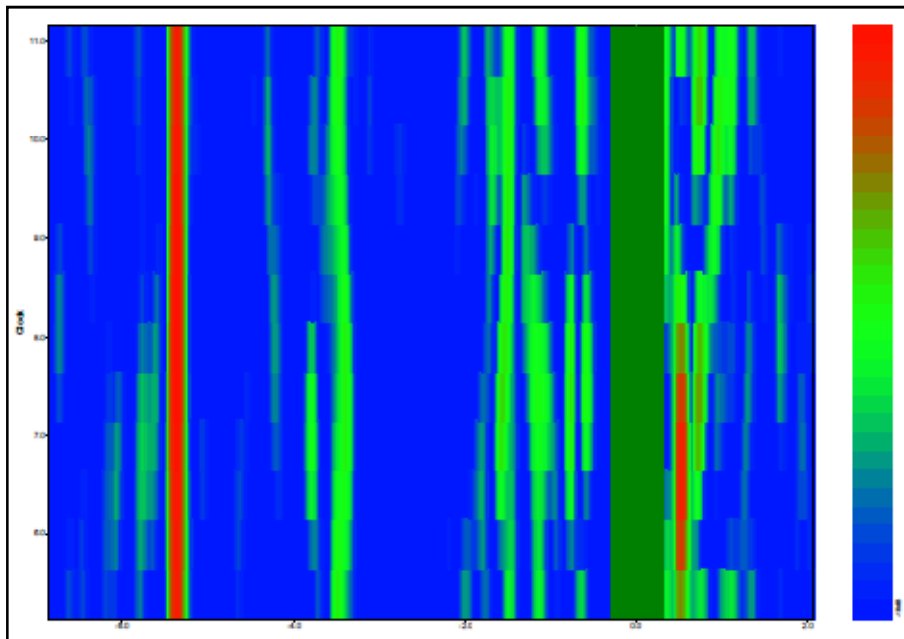
*Kuva 35. RTG, RST-kylmävesi.*

#### 6.5 Kohde 5

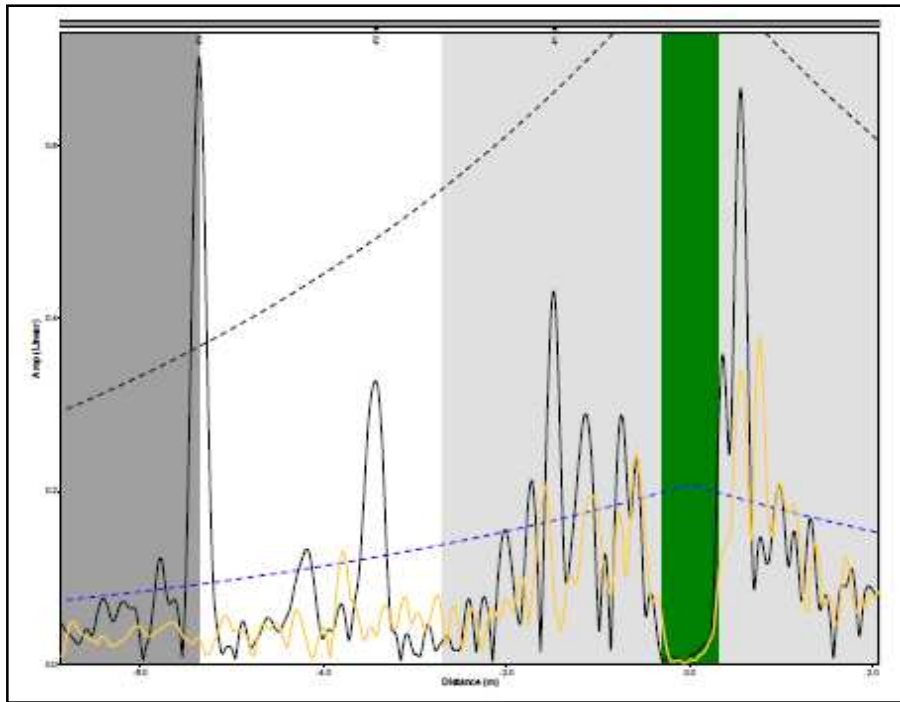
Viidentenä tutkittavana putkena oli 80/4 mm kylmän veden sinkitty teräsputki kierrelitöksiin (kuva 36). Putki oli eristetty villaeristeellä ja kannakoitu ylhäältä auki olevilla kannakkeilla, testipituutena oli 10 metriä. Ultraääni eteni hyvin aina 5,34 metriin saakka pysähtyen lähes kokonaan siihen (kuvat 37 ja 38). Varmenteeksi otetussa läpivalaisukuvassa näkyi muhviilitos ja pientä ruostekerääntymää (kuva 39). Voidaan todeta, että laitteella ei pystytäkään tutkimaan kierreosilla tehtyjä putkilinjoja.



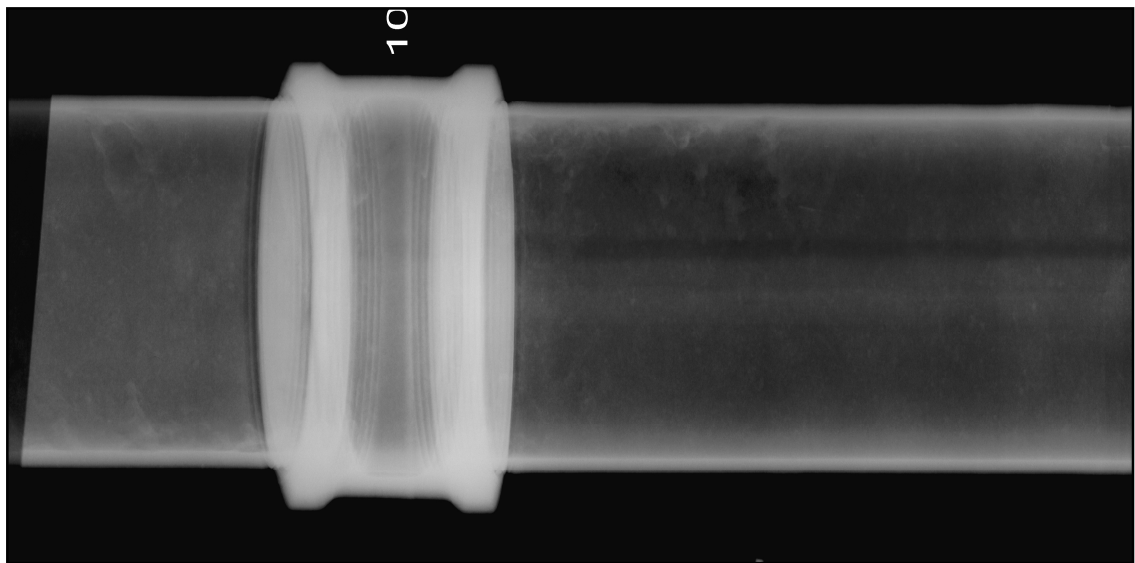
*Kuva 36. Sinkityn kylmävesiputken testaus.*



*Kuva 37. C-kuva, kylmä vesi, sinkitty teräs.*



Kuva 38. A-kuva, kylmä vesi, sinkitty teräs.



Kuva 39. RTG, sinkitty teräs, kylmä vesi.

## 7 Johtopäätökset

Tutkimuksen lopputuloksena voidaan todeta, että uusi laite ei vielä ole täysin valmis kiinteistöjen putkistojen kuntotutkimukseen. Laitteen toimivuuden kannalta olisi tärkeää saada putkissa olevat kannakkeet avattua tai löysennettyä sekä maadoitukset poistettua, mikä on vanhoissa kiinteistöissä usein esiintyvien asbestia sisältävien eristeiden takia käytännössä liian hankalaa ja kallista.

Laitteella voisi olla tulevaisuutta esimerkiksi kaukolämpölinjojen tutkimuksissa, sekä kaukolämpölinjoissa tapahtuvien vuotojen paikannuksessa. GuidedWave-laitteella on tulevaisuutta myös tutkittaessa seinämävahvuudeltaan alle 3 mm:n putkia, jotka on liitetty hitsiliitoksin.

Kokonaisuutena voidaan testitulosten pohjalta todeta, että pääsääntöisesti laitteella ei ole tulevaisuutta kiinteistöjen putkistojen kuntotutkimuksissa kiinteistöissä esiintyvien putkimateriaalien, liitostapojen, haarojen, kannakointien, maadoitusten sekä putkien kulmaosien takia, sillä ne heikentävät ultraäänen tehoa. Putkien tulee myös olla virheettömässä kunnossa kiinnityskohdasta, ruostetta tai muita kuona-aineita ei saa esiintyä putken pinnassa sekä putkien tulee olla kiinteillä kengillä tehdyissä testeissä lähes virheettömän pyöreitä. Laitteella saadaan hyviä tutkimustuloksia hitsiliitoksin tehdyistä putkilinjoista, joissa ei ole haaroja tutkittavan testipituuden välissä.

Tämän tutkimuksen aikana valmistui VTT:n tekemä tutkimus GuidedWave-laitteen soveltuvuudesta kaukolämmön siirtolinjojen korjaustarpeen ajoituksesta [7]. Tutkimus osoittaa, että laitetta voidaan käyttää kaukolämmön siirtolinjojen tutkimiseen sekä viikojen paikallistamiseen nopeammin ilman mittavia maanrakennustöitä. GuidedWave-laitteen lisätiestien tekemistä kaukolämpöverkoston tarkastuksissa voidaan suositella tehtäväksi tähän tutkimukseen vedoten.



## Lähteet

- 1 Ultraääni. Verkkodokumentti. Wikipedia.  
<<http://fi.wikipedia.org/wiki/Ultra%C3%A4%C3%A4ni>>. Luettu 22.10.2010.
- 2 Ultraäänitarkastuksen koulutusmateriaali, Inspecta Oy.
- 3 Järvinen, Jorma & Jokinen, Heikki & Tavi, Markku & Seppänen, Olli & Forsén, Olof. Putkilinjastojen kunto ja kunnan tutkimismenetelmät asuin kerrostaloissa. Koerakentamistutkimus. Raportti B13. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio, 1987.
- 4 GuidedWave-esittely materiaali, Inspecta Oy.
- 5 Krautkrämer, opaskirja (vuodelta 1979).
- 6 Haastattelut Inspecta Oy: Heikkinen Sauli, asiakastoimialapäällikkö 3.8.2010, Ruuska Karo, NDT-tarkastaja 14.10.2010 ja Hemminki Sami, NDT-tarkastaja 14.10.2010.
- 7 Sandlin Stefan ja Koskinen Ari: Guided wave tekniikan käytön soveltuvuus kaukolämmön siirtolinjojen korjaustarpeen ajoitukseen. Tutkimusraportti VTT-R-07133-10. Verkkodokumentti.VTT<[http://www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/kaukolampo/kirjasto/tutkimusraportit/liitteet/ultra%C3%A4%C3%A4nitekniikka%20verkon%20kunnonvalvonnassa\\_esiselvitys\\_loppuraportti\\_2010.pdf?SectionUri=%2Ffi%2Fkaukolampo%2Fkirjasto%2Ftutkimusraportit](http://www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/kaukolampo/kirjasto/tutkimusraportit/liitteet/ultra%C3%A4%C3%A4nitekniikka%20verkon%20kunnonvalvonnassa_esiselvitys_loppuraportti_2010.pdf?SectionUri=%2Ffi%2Fkaukolampo%2Fkirjasto%2Ftutkimusraportit)>. Luettu 22.11.2010