

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikka/ Kone- ja laitossuunnittelu

Seppo Liimatainen

**Selvitys soodakattilan pohjan tarkastuksesta seisokissa**

Opinnäytetyö 2013

## TIIVISTELMÄ

### KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

#### Energiatekniikan koulutusohjelma

LIIMATAINEN, SEPPO	Selvitys soodakattilan pohjan tarkastuksesta seisokissa
Opinnäytetyö	39 sivua
Työn ohjaaja	Lehtori Jaakko Laine
Toimeksiantaja	Empower Oy
Joulukuu 2013	
Avainsanat	Selluloosa, soodakattila, kunnossapito, NDT- tarkastus

Tämän opinnäytteen tavoitteena oli tehdä selvitys soodakattiloiden pohjien tarkastuksista kunnossapitoseisokissa. Opinnäytetyö tehtiin StoraEnso Oyj Sunilan tehtaan kunnossapitoseisokkiin Empower Oy:lle. Työssä selvitettiin eri tarkastusmenetelmien vaikutus seisokkiaikatauluun ja kattilan pohjan pesuun.

Työn teoriaosassa käydään läpi erilaiset tarkastusmenetelmät ja niiden ominaisuudet. Tarkastusmenetelmien soveltuvuus seisokkiaikatauluun ja niiden vaatimukset kattilan pohjan pesun puhtaustasoon selvitettiin työssä.

Kunnossapitoseisokin aikataulu on kustannussyistä määritetty mahdollisimman lyhyeksi. Sellutehtaan tuotannon pysäyttäminen maksaa liikevaihdollisesti yli 500 000 €/vrk. Tämän johdosta soodakattiloiden työt joudutaan ajoittamaan osittain päällekkäin, mikä aiheuttaa lisämiehitystarvetta seisokkiin. Valintakriteeriksi tästä syystä valitaan yhdistelmä, joka koostuu erilaista tarkastusmenetelmistä ja pesutavoista, jotka antavat lyhyimmän läpimenoajan. Tarkastusmenetelmien ja pohjan pesun hintavaikutus jää täten vähäisemmäksi.

Nykyaikainen kustannustehokas tuotanto edellyttää hyvää pitkäntähtäimen kunnossapitosuunnitelmaa. Tarkastusraportin laatuun tulee kiinnittää huomiota. Tämä auttaa luomaan kunnossapitosuunnitelman, joka tukee tuotantoa ja antaa pohjan hyvälle käytettävyyssasteelle.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Energy engineering

LIIMATAINEN, SEPPO

The Inspection of Recovery Boiler bottom in Maintenance  
Shutdown

Bachelor's Thesis

39 pages

Supervisor

Jaakko Laine, Senior Lecturer

Commissioned by

Empower Oy

December 2013

Keywords

Cellulose, Recovery boiler, Maintenance, NDT- inspection

The goal of this thesis was to report about the inspections of bottoms of recovery boilers during a maintenance shutdown. The thesis was made during StoraEnso Ltd Sunila mill's maintenance shutdown for Empower Ltd. In the work, the effect of different inspection methods on the shutdown schedule and washing the bottom of the boiler were investigated. In the theory part different kinds of inspection methods and their qualities are discussed. Suitability of different inspection methods to the maintenance schedule and their requirements for washing of the boiler bottom were investigated in the work.

Duration of maintenance shutdown has been set as short as possible for financial reasons. Shutting down the production of the pulp mill costs over €500 000 /day in turnover. Therefore the phases of recovery boiler work has to be timed partly overlapping each other, which causes the need of more manpower during the shutdown. Therefore such combination of inspection and washing is methods is chosen that requires the shortest lead time. Thus the effect of inspection and bottom washing on the sales will be smaller.

Modern cost efficient production requires good long term maintenance program. Attention must be paid to the quality of the inspection report. This contributes to creating a maintenance program which supports the production and creates a base for a good usability grade.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
2	SUNILAN TEHTAAN PROSESSI	6
	2.1 Prosessi	6
	2.2 Soodakattilat	8
3	SOODAKATTILAN POHJAN TARKASTUS	10
	3.1 Tarkastuksen suoritus	10
	3.2 Kriittiset tarkastuskohteet	12
	3.3 Aikataulutus seisokissa	14
4	TARKASTUSMENETELMÄT	15
	4.1 Tarkastusmenetelmät	15
	4.1.1 Tunkeumaneste	15
	4.1.2 Magneettijauhetarkastus	16
	4.1.3 Pyörrevirtatarkastus	18
	4.1.4 Ultraäänitarkastus	20
	4.1.5 Radiografinen tarkastus	23
	4.1.6 Magneettinen vuotokenttätarkastus	25
	4.1.7 TScan ultraäänitarkastus	26
	4.2 Menetelmien soveltuvuus	28
	4.3 Menetelmien puhdistusvaatimukset	29
5	KATTILANPOHJAN PUHDISTUS	29
	5.1 Puhdistusmenetelmät	29
	5.2 Puhdistustulokset	31
	5.3 Aikataulutus seisokissa	32
6	TARKASTUSMENETELMIEN VAIKUTUS SEISOKKIIN	33
	6.1 Aikataulu	33

6.2	Miehitys	34
6.3	Vaikutus kohteen muihin töihin	34
7	TULOKSET	35
7.1	Tarkastusmenetelmien vaikutukset	35
7.1.1	Tarkastusmenetelmien vaikutus aikatauluun	35
7.1.2	Tarkastusmenetelmien vaikutus kustannuksiin	35
7.1.3	Tarkastusmenetelmien vaikutus kokonaiskustannuksiin	36
8	PÄÄTELMÄT	36
	LÄHTEET	37

## 1 JOHDANTO

Yksi nykyaikaisen kunnossapidon peruskäsitteitä on käytettävyyden parantaminen. Yksikön kustannuksia pyritään minimoimaan ja kunnossapidon seisokkien määrä optimoidaan vuositasolla. Vuosihuollon aikataulu sovitaan nykyisin jo yli puoli vuotta etukäteen. Seisokkityöt aikataulutetaan tarkasti ja tämä aiheuttaa vaatimuksen pientää huoltotöiden läpimenoaikoja.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää StoraEnso Biomaterials Sunilan tehtaan soodakattilan vuosihuollossa suoritettavaan kattilan pohjan tarkastukseen vaihtoehtoisia tarkastustapoja ja niiden vaikutusta seisokkiin. Eri tarkastusmenetelmien vaatimukset pohjan pesuun ja puhdistustarpeeseen käydään myös läpi tässä työssä.

StoraEnso Biomaterials Sunilan tehdas sijaitsee Kotkassa. Sunila Oy on perustettu 1938 viiden metsäteollisuusyrityksen yhteisyrityksenä. Vuonna 2009 tehdas siirtyi kokonaan Stora Enso Oyj omistukseen. Tehtaan vuosikapasiteetti on 380 000 tonnia sulfaattiselluloosaa. Raaka-aineena käytetään mänty- ja kuusipuuta. (1.)

Vuonna 2010 kunnossapidon kehitysprojektin tuloksena koko Sunilan tehtaan kunnossapito ja varastopalvelut ulkoistettiin Empower Oy:lle. Empower Oy:n juuret ovat lähitöisin 1988 perustetussa Teollisuuden Voimasiirto Oy:ssä, joka myöhemmin fuusioitiin Pohjolan Voimaan. Vuonna 1998 konsernin palvelutoiminnot eriytettiin ja yhtiön nimeksi tuli Empower Oy. Sunilan tehtaalla on yrityksellä 68 henkilöä kunnossapitotöissä. Tämä pitää sisällään kunnossapitotyöt, materiaalihallinnan, suunnittelun sekä osan ostotoiminnoista. (2.)

## 2 SUNILAN TEHTAAN PROSESSI

### 2.1 Prosessi

Sunilan tehdasta on uudistettu vuosien varrella useaan kertaan ja viimeisimmät suurinvestoinnit tehtiin 1990-luvulla. Suurimmat investoinnit alkoivat soodakattila 11:n käynnistymisellä 1988 ja happivalikaisu tämän jälkeen 1989. Kuorimo uusittiin 1992



keittokemikaaleista ja liuenneesta puuaineksesta saadaan kierrätettyä prosessin sisällä. Lajittelussa oksat ja roskat erotetaan sellusta. Happivalkaisussa jatketaan ligniinin poistoa hapella ja kuumalla alkaliuutolla. Tämän jälkeen massa vielä pestään ennen valkaisu. Kuitulinjan pesuvedet ennen valkaisu palautetaan vastavirtaperiaatteella koko prosessin alkuun. Valkaisulla selluloosan vaaleus nostetaan asiakkaan haluamalle tasolle. Sunilassa valkaisu prosessi on nelivaiheinen (D-EOP-D-P). Kuivaamolla on kaksi kuivatuskonetta (KK4 ja KK6). Näillä on yhteinen sidontalinja, jossa sellut pakataan asiakkaiden tarpeiden mukaisesti.

Keitossa liennut ligniini ja puuaines pumpataan haihduttamolle laihamustalipeänä. Laihamustalipeän kuiva-ainepitoisuus on 17 - 19 %. Haihduttamalla lipeän kuiva-ainetta nostetaan ennen soodakattilaa noin 80 % haihduttamalla lipeästä vesi pois. Soodakattilassa liennut puuaines toimii energian lähteenä polttotapahtumassa, jossa keittolipeä pelkistetään ja syntyy viherlipeää. Poltosta saadaan energiaa yli oman tarpeen ja sähköä riittää myyntiin. Viherlipeä pumpataan kaustistamolle, jossa meesauunin avulla poltettu kalkki reagoi viherlipeän kanssa. Lipeä suodatetaan tämän jälkeen Eco-filtterillä ja syntynyt valkolipeä pumpataan takaisin keittoon. Eco-filtterin suodatussakka (meesa) kierrätetään meesuunille, jossa siitä tehdään taas poltettua kalkkia kaustistamolle uudelleen käytettäväksi. ( 3.)

## 2.2 Soodakattilat

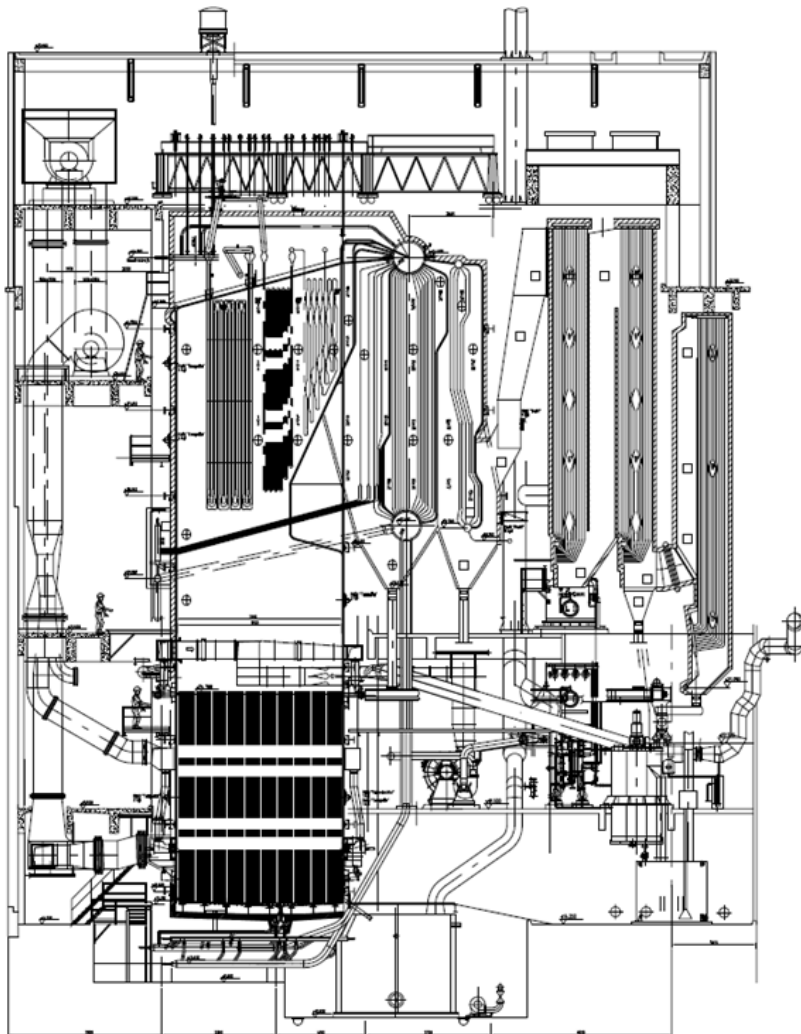
Soodakattilassa poltetaan mustalipeää, joka sisältää keitossa liuotettua puuainesta. Liuotettu puuaines on ligniiniä ja hemiselluloosaa. Puuaineesta saadaan energiaa hyödynnettäväksi höyrynä prosessin tarpeisiin ja turbiineilla sähköksi. Sellutehdas on energian suhteen omavarainen. Sunila myy ylimääräsähkön valtakunnan sähköverkkoon. Poltossa mustalipeässä olevat natrium- ja rikkiyhdisteet pelkistyvät ja kattilan pohjalle muodostuu soodasulakerros. Soodasula johdetaan sularännejä pitkin liuotussäiliöön, jossa soodasula liuotetaan heikkolipeään. Syntynyt soodalipeä johdetaan kaustistamolle valkolipeän valmistukseen ja sieltä takaisin keittoon.

Sunilan tehtaalla on käytössä kaksi soodakattilaa SK10 ja SK11. Näiden lisäksi apukattila KK2, jonka tyyppi on leijupetikattila. Biologisen puhdistamon liete poltetaan apukattilalla kuorimolta saatavan kuoren kanssa. Tehtaalta kerätään talteen hajukaa-



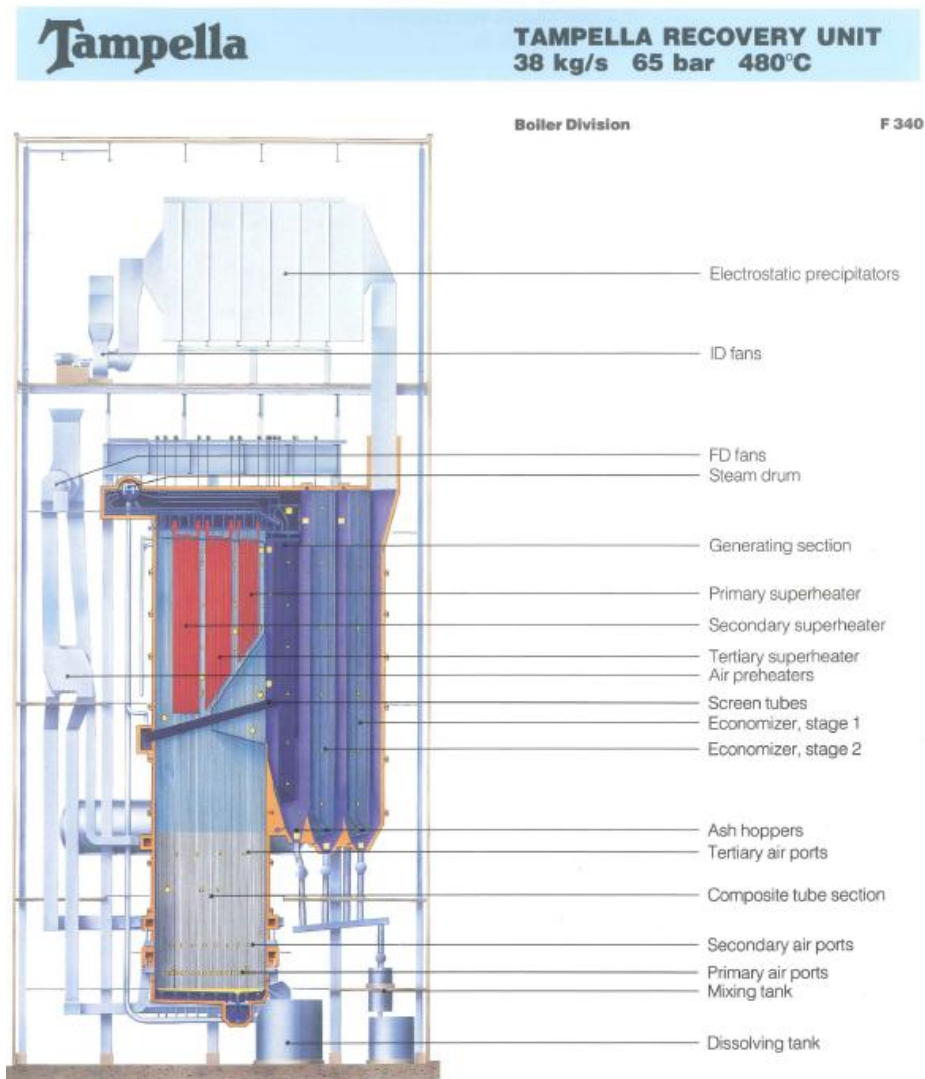
suja, jotka poltetaan hajukaasukattilassa. Tukipolttoaineena on tehtaalla käytössä maakaasu. Ainoastaan SK10 käyttää tukipolttoaineena kevyttä polttoöljyä.

SK10 on rakennettu vuonna 1966 ja valmistaja oli Tampella. Soodakattilan tyyppi on kaksilieriökattila. Kattilan teho on 840 tonnia kuiva-ainetta/päivä ja käyttöpaine 7,95 MPa. Käyttölämpötila on 480 °C ja kattilan pohjan mitat ovat 7,5m\* 7,5m. Kattilan pohjaa on uusittu 1992 ja 1996.



Kuva 2 Soodakattila SK10 (StoraEnso piirustusarkisto)

SK11 on rakennettu vuonna 1988 ja valmistaja oli Tampella. Soodakattilan tyyppi on yksilieriökattila. Kattilan teho on 1150 tonnia kuiva-ainetta/päivä ja käyttöpaine 8,5 MPa. Käyttölämpötila on 480 °C ja kattilan pohjan mitat ovat 8m\*8m.



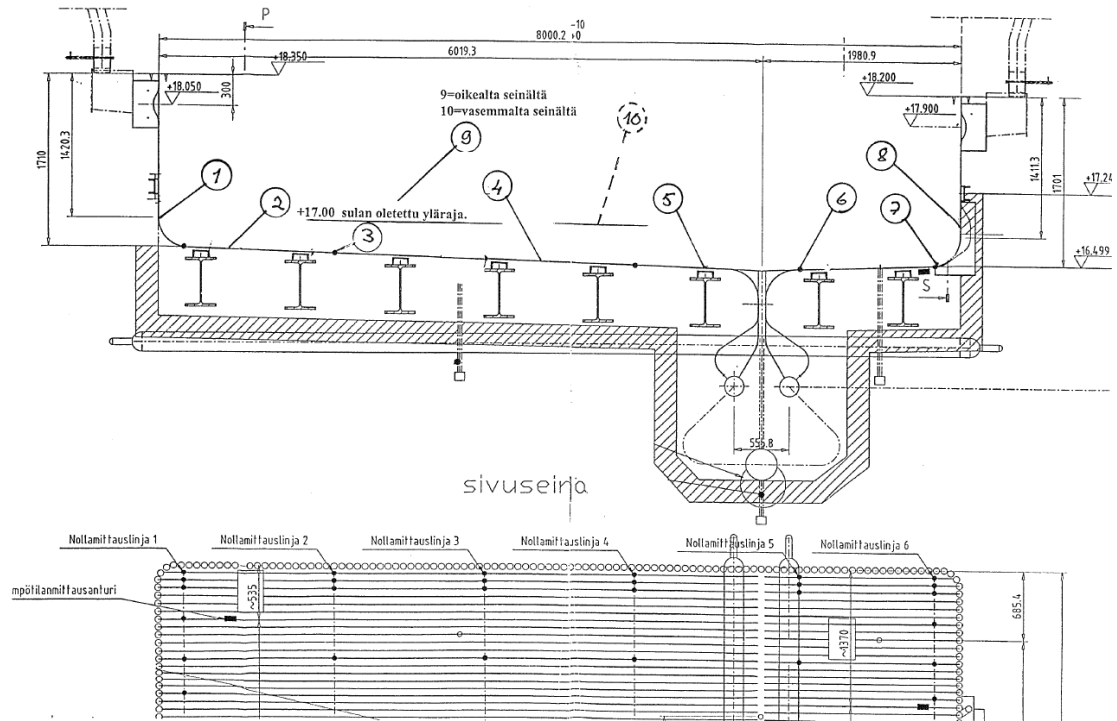
Kuva 3 Soodakattila SK11 (StoraEnso piirustusarkisto)

### 3 SOODAKATTILAN POHJAN TARKASTUS

#### 3.1 Tarkastuksen suoritus

Soodakattiloiden pohjia ei tarkasteta jokaisessa vuosihuollossa. Tarkastusvälinä on Sunilassa pidetty 4 vuotta. Edelliset tarkastukset pohjilla on suoritettu 2006. Syy pidentyneeseen väliin johtuu tehtaan pitkästä pysäytyksestä vuotta 2009. Tarkastuksen suorituksen onnistumisen kannalta on tärkeää suorittaa kattilan alasajo hyvin. Kattilaan jäävän sulan määrä minimoidaan hyvin suoritetulla pohjan sulan pumppauksella. Tarkastusta varten kattilan pohja pestään puhtaaksi. Puhdistustöiden jälkeen rakenne-

taan telineet seinäputkien tarkastusta ja mahdollisia korjaustoimia varten. Telineiden tuenta kattilan pohjaan tehdään lappujen päälle, jolloin tuennat eivät rajoita pohjan tarkastusta. Telineet rakennetaan kattilan seinäputkien mittalinjan korkeudelle saakka. Seinäputkien paksuuden tarkastus suoritetaan joko käsin telineeltä tai erityisellä kelkalla hissilaitteen avulla.

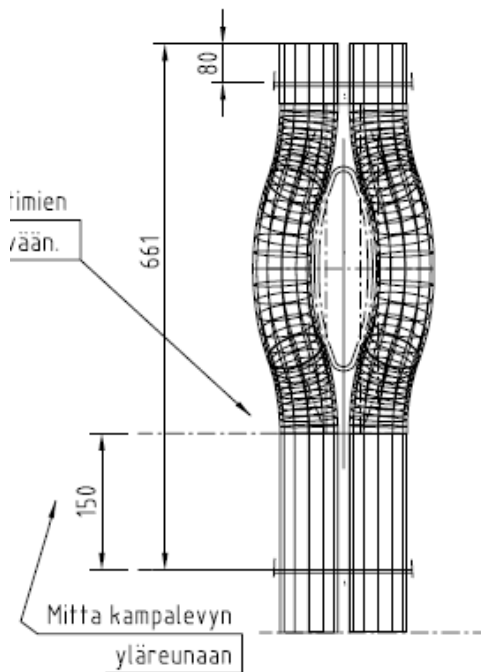


Kuva 4. Soodakattila SK11 pohjan mittalinjat. (StoraEnso piirustusarkisto)

Kattilan pohjan tarkastus suoritetaan käsimittauksella. Paksuusmittauksena on käytetty yleisesti ultraäänitekniikkaan perustuvia mittaustapoja. Säröjen tarkastus voidaan suorittaa monella eri menetelmällä. Jos säröjä mitataan tunkeumanestemenetelmällä, joudutaan tarkastuskohde hiomaan 150 mm:n matkalta periaatteella putken evästä evään, jotta putkien tarkastus onnistuisi. Koko kattilan pohjan mittaus edellyttää pohjan hiointaa kokonaan. Mittaustulokset analysoidaan huolella ja sen perusteella tehdään johdopäätökset mahdollisista korjauksista. Mittaustuloksista tehdään tarkastuspöytäkirja joka dokumentoidaan. Tarkastusraportin perusteella päivitetään kunnossapidon lyhyen ja pitkän tähtäimen suunnitelmat.

### 3.2 Kriittiset tarkastuskohteet

Soodakattilan SK11 kriittisimmät kohteet ovat ilma- ja sula-aukkojen kierrot sekä seinäputkimateriaalin muutoskohtien hitsaukset. Seinäputkien materiaalien muutoskohta on 10 metrin korkeudella pohjasta. Pohjaosan materiaali on Sanicro 38 ja seinäputkien yläosan materiaali on St 35.8/III. Pohjan putkistosta ei ole löytynyt säröjä edellisissä tarkastuksissa.

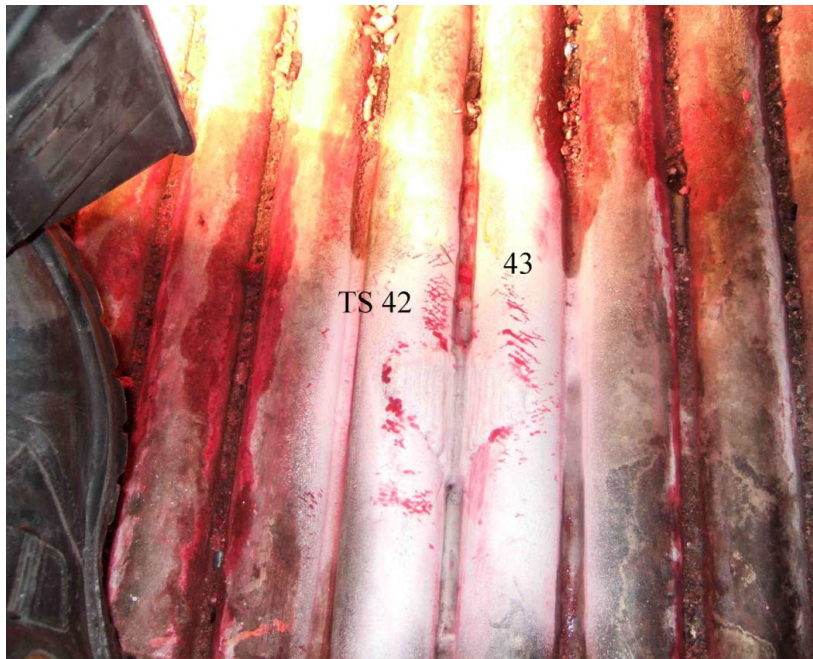


Kuva 5. SK 11 seinäputken malli ilma-aukon kahdalla. (StoraEnso piirustusarkisto)

Soodakattilan SK10 kriittisimmät kohteet ovat seinäputkien aukkojen kierrot sekä pohjaputkien ja seinäputkien materiaalien muutoskohtien hitsaukset. Seinäputkien muutoskohta on 8 metrin korkeudella. Yläosan materiaali on St 35.8/III ja alaosan materiaali on 3R12/4L7. Pohjan vaakaosalla 700 mm seinästä materiaali muuttuu takaisin St 35.8/ III. Pohjassa on tapitukset St 35.8/III alueella massausta varten. Osa putkiston St 35.8/III materiaalista on uudistuksien aikana muutettu materiaalilla St 45.8/III. Pohjaputkistosta on löytynyt pintasäröjä ja putkistoa on korjattu aikaisempien tarkastusten yhteydessä. Korjauksia on tehty putkistoa vaihtamalla ja pinnan korjaushitsauksella.

SK 10, osan nimi	halkaisija	seinämä	laskennallinen minimimitta, suora S	minimi + 0,5 mm hälytysli	materiaali	tiedon päiväys	Käyttötuntia			
							Käyttöön-otto vuosi, uusinta			2011
<b>HÖYRYSTIN:</b>										
-pohjaputket	60,3	6,3	2,42	2,9	St45.8/com.	1992	1996	1992	120000	144000
-pohjaputket, käyrät, "oja"	60,3	6,3	3,14	3,6	St45.8/com.	1999		1999		88000
-tulipesän compound seinäp	60,3	6,3	2,89	3,4	St45.8/com.	1965		1966		352000
-etuseinä	60,3	6,3	2,79	3,3	St45.8	1965		1966		352000
-vasen seinä	60,3	6,3	2,79	3,3	St45.8	1965		1966		352000
-oikea seinä	60,3	6,3	2,79	3,3	St45.8	1965		1966		352000
-takaseinä	60,3	6,3	2,79	3,3	St45.8	1965		1966		352000
-tulipesän yläosa, seinäputket	60,3	5,6	2,79	3,3	St35.8 III	1965		1966		352000
-kattoputket	60,3	5,6	2,79	3,3	St35.8	1965	1966	2001	352000	72000
-pohjan kammiot	193,7	22,2	10,36	10,9	15Mo3	1965		1966		352000
-jakokammiot	219,1	22,2	14,59	15,1	St45.8/III	1965		1966		352000
-etuseinän kokoojakammio	219,1	22,2	15,18	15,7	St45.8/III	1965		1966		352000
-kokoojakammiot	219,1	22,2	14,17	14,7	St45.8/III	1965		1966		352000
-yläk- ja lieriön väliset putket	108,0	8,0	4,01	4,5	St45.8 III	1965		1966		352000
-keittopintaputket, evätön	60,3	4,5	2,79	3,3	St35.8 III	1965		1966		352000
-keittopintaputket, evällinen	60,3	5,0	2,79	3,3	St35.8 III	1965		1966		352000
-vesiverhoputket	51,0	4,0	2,36	2,9	St35.8 uusit 15N	1965		1966		352000
-verhoputkien laskuputket	323,9	25,0	17,44	17,9	St45.8 III	1965		1966		352000
-verhoputkien jakokammio	219,1	22,2	13,3	13,8	St45.8 III	1965		1966		352000

Kuva 6. SK10 putkiston seurantataulukkoa (Storaenso piirustusarkisto)



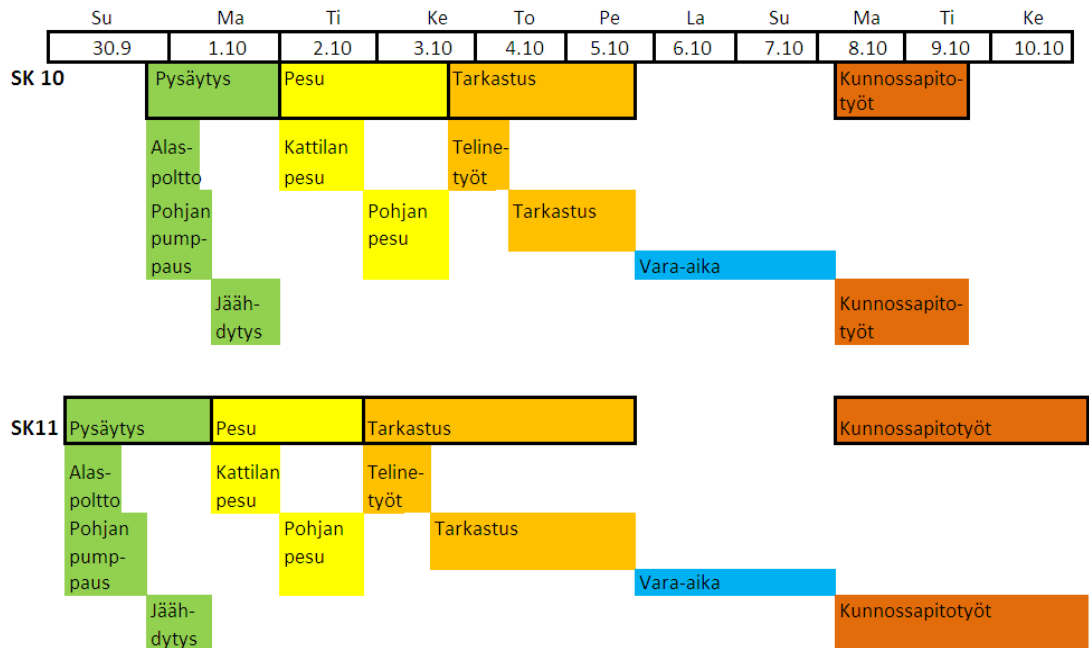
Kuva 7. SK10 pohjaputkien säröjä (Storaenso piirustusarkisto)

Soodakattilan pohjan compound putkien säröily johtuu lämpötilamuutoksien aiheuttamista vetojännitystiloiesta rakenteesta, joka johtaa pintaosan väsymissäröilyyn. Eri-tyisen alttiita kohteita ovat sula-aukkojen ja pohjaputkien taitoskohdat.

### 3.3 Aikataulutus seisokissa

Tehtaan alasajossa seisokkiin on soodakattiloille varattu 12 tunnin limitysaika.

#### Seisokkiaika soodakattilat SK10 ja SK11



Kuva 8. Sunilan soodakattiloiden seisokkiaikataulu. (4.)

Soodakattiloiden alasajoon on varattu aikaa 30 tuntia jäähdytyksineen, josta keon alaspolttoon ja sulan pumppaukseen yhteensä 16 tuntia. Limitysajasta johtuen kattiloiden pesuja suoritetaan yhtä aikaa molemmilla soodakattiloilla. Pesuaikaa on varattu 36 tuntia joka sisältää 12 tuntia vara-aikaa. Telineistöihin on varattu aikaa 14 tuntia. Kattiloiden tarkastukset joudutaan suorittamaan limityksen johdosta päällekkäin. Tarkastuksille ja mahdollisille kunnossapitotöille on varattu aikaa SK10:lle 96 tuntia ja SK11:lle 128 tuntia. Vara-aikaa on seisokkiin varattu 56 tuntia kummallekin soodakattilalle.

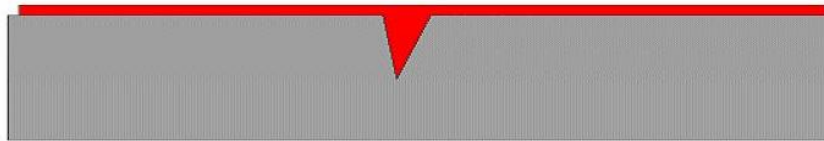
## 4 TARKASTUSMENETELMÄT

### 4.1 Tarkastusmenetelmät

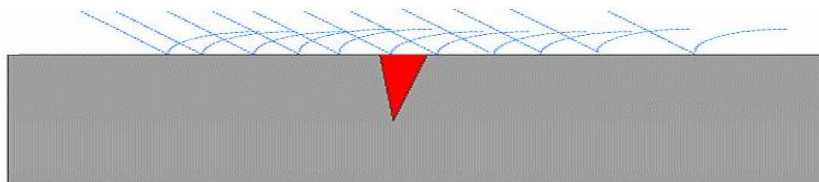
#### 4.1.1 Tunkeumaneste

Menetelmää käytetään pintaan asti avautuvien vikojen havaitsemiseen materiaaleille, jotka eivät ole huokoisia. Rasitetun kappaleen pintaan kohdistuu useimmiten suuremmat jännitykset, joten murtuma lähtee todennäköisesti pinnasta alkaen. Tunkeumanesteitä käytetään halkeamien, huokosten, liitosvikojen ja näiden kaltaisten epäjatkuvuus-kohtien havaitsemiseen. Mittatarkkuus suotuisissa olosuhteissa pintasärölle on pituus 1 mm ja leveys 0,1  $\mu\text{m}$ . Tarkastus perustuu visuaaliseen havainnointiin.

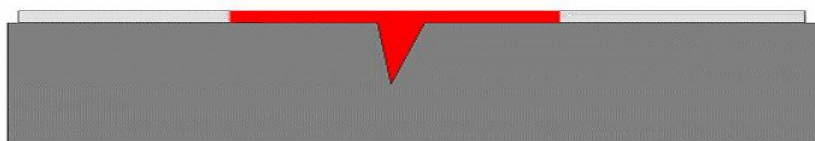
Tarkastusta varten kohde on puhdistettava hyvin, joko hellävaraisesti mekaanisesti tai liuotinaineiden avulla. Tunkeumaneste levitetään kohteeseen siten, että pinta kostuu. Ylimäärä neste poistetaan pinnasta noin 10 minuutin kuluttua mekaanisesti kuivattamalla. Kehitekerros levitetään kohteen päälle, jolloin pintavikoihin jäänyt tunkeumaneste imeytyy kehitekerrokseen. Neste leviää kehitteessä aiheuttaen suurennusefektin, jolloin pienetkin pintaviat saadaan näkyviin.



Tunkeumanesteen levitys



Ylimääräisen tunkeumanesteen pesu



Tunkeumaneste imeytyy epäjatkuvuudesta kappaleen pinnalle levitettyyn kehiteeseen

Kuva 9. Tunkeumanestetarkastus työvaiheet (5.)

Tunkeumanesteissä on siirrytty käyttämään fluoresoivia kehitteitä ja värillistä (punainen) tunkeumanestettä. Väriaine tunkeumanesteessä tappaa fluoresenssin indikaatioiden kohdalla. Tulos nähdään fokusoiduilla UV-valaisimen avulla. Tarvittava valoteho tarkastuspinnassa on vähintään  $500 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Menetelmällä saavutetaan parempi tarkkuus, koska menetelmällä kontrasti on parempi vikojen havaitsemiseen. Tunkeumanestemenetelmän etuja ovat laajojen pintojen tarkastusmahdollisuus yhdellä kertaa ja edullisuus. Tunkeumanesteet ja kehitteet ovat hinnaltaan edullisia. Tarkastuskohteen pintojen puhdistustyöt ovat aikaa vieviä, koska ne on suoritettava erittäin huolellisesti mittaustulosten saamiseksi luotettaviksi. Tarkastuskohde hiotaan puhtaaksi kaikesta likapartikkeleista. Raportointi on tehtävä manuaalisesti, ja raporttiin lisätään tarkastuskohteista valokuvia. (6.)



Kuva 10. Soodakattilan pohjan tarkastusta tunkeumanestemenetelmällä (7.)

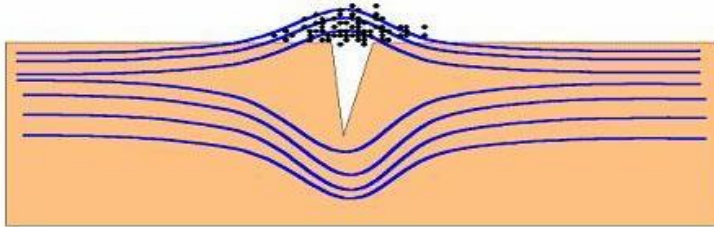
#### 4.1.2 Magneettijauhetarkastus

Menetelmää käytetään ferromagneettisten kappaleiden pinnassa tai sen läheisyydessä olevien vikojen havaitsemiseen. Kun kappale magnetoidaan, jakautuvat magneettiset voimaviiivat tasaisesti kappaleen poikkipinnassa pyrkien kuitenkin pysymään kappaleen sisällä hyvän magneettisen läpäisykyvyn (permeabiliteetti) ansiosta. Säröjen aiheuttama epäjatkuvuuskohta kerää ympärilleen ferromagneettista hiukkasista muo-



dostuvan sillan. Optisen kontrastin parantamiseksi käytetään värillistä hiukkasia tai fluoresoivia hiukkasia. Mitä voimakkaammin särö katkoo voimakenttiä, sitä suuremmaksi muodostuu polarisoituminen ja napaisuusero kylkien välillä. Teräväpohjainen särö polarisoi tehokkaimmin ja havaitaan parhaiten.

Magneettikenttä saadaan aikaan sähkövirralla joko virta- tai kelamagnetoinnilla. Magnetointimenetelmät voidaan jakaa syntyvän kentän mukaan napamagnetointiin ja virtamagnetointiin. Napamagnetoinnissa kappale polarisoituu ja virtamagnetoinnissa kenttä pysyy kappaleen sisällä, eikä napaisuutta esiinny. Magneettijauheena käytetään joko kuivaa tai kantonesteeseen sekoitettua jauhetta. Märkämenetelmä on Suomessa yleisempi tapa. Tässä tavassa jauheliuos levitetään suoraan pintaan joko aerosolipullolla tai ruiskutuspullolla. Menetelmällä havaitaan särö, jonka pituus on 1 mm ja leveys 0,1  $\mu\text{m}$ . Verkkovirralla toimivien magnetointilaitteilla rajoittuu tutkittava syvyys 1 -2 mm. Pinnan puhtaustason nosto parantaa tuloksen luotettavuutta.



Kuva 11. Magneettijauheen keräytyminen säröön. (8.)

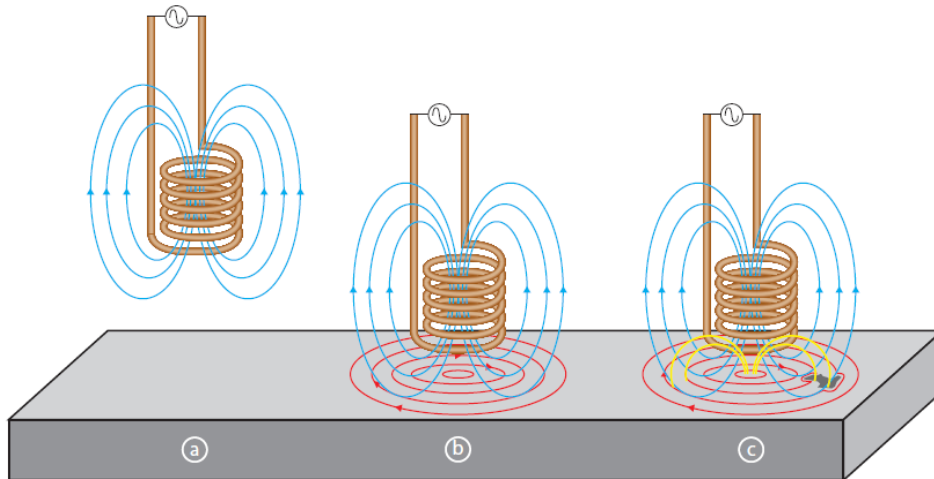
Tarkastuksessa yleiskulku on seuraava. Tarkastettava kohde puhdistetaan ensin hyvin ja pinnalle levitetään kontrastiväri. Kappale magnetoidaan yleensä kahdessa toisinaan kohtisuorassa suunnassa ja tarkastusaine levitetään kohteeseen. Näkyvä tulos analysoidaan ja dokumentoidaan. Lopuksi kappale demagnetoidaan. Fluoresoivassa menetelmässä jää kontrastivärin levitys pois. Voimalaitoksilla käytetään yleisesti napamagnetointitekniikkaa iesmagneetilla kevyen magnetointilaitteiston johdosta. Menetelmän haittana on laajan alueen tarkastuksen hitaus. (9.)



Kuva 12. Hitsisauman tarkastusta iesmagneetilla.(10.)

#### 4.1.3 Pyörrevirtatarkastus

Menetelmä perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Tarkastuskelaan johdetaan vaihtovirtaa, joka synnyttää kelan ympärille primäärimagneettikentän. Sähköä johtavan materiaalin lähellä kela synnyttää materiaaliin sekundäärimagneettikentän, joka vastustaa primäärimagneettikenttää eli on vastakkaissuuntainen. Indusoitunut virta materiaalissa kulkee sulkeutuvaa pyörrevirtää, josta menetelmän nimi pyörrevirta. Materiaalissa olevat poikkeamat häiritsevät indusoituneen virran kulkua aiheuttaen muutoksia sekundäärikenttään. Tämä muutos havaitaan kokonaiskentän muutoksena ja siten kelan impedanssi muuttuu, mikä havaitaan pyörrevirtamittarin näytöllä. Pyörrevirran vaihekulma kasvaa syvemmälle materiaan mentäessä. Tätä tietoa voidaan hyödyntää vian paikallistamisessa. Tunkeumasyvyydeksi on määritetty se syvyys, jossa pyörrevirran tiheys on pienentynyt 37 prosenttiin sen tiheydestä kappaleen pinnalla. Normaalitekniikalla syvyyden määrittäminen on alle 4 mm ja erikoistekniikalla päästään 8 mm.



Kuva 13. Pyörrevirtamittauksen periaate. (11.)

Anturit jaetaan kytkennän perusteella pääryhmiin absoluuttiset ja differentiaaliset. Taajuusgeneraattori synnyttää halutun taajuisen virran, joka syötetään anturin herätekelaalle. Anturin lähetinkelasta vastaanotettu signaali siirretään muokkausosaan, jossa signaalia vahvistetaan, balansoidaan, suodatetaan sekä muokataan analysointia varten. Lähetin- ja vastaanottokela voi olla sekä erikseen tai yhdistetty. Tuloksen analysointituloksen esitystapa riippuu apulaitteistosta. Näyttönä voi toimia mittalaitteen oma näyttö tai se voi olla yhdistettynä tietokoneeseen. Näytöllä näyttämän kulma korreloi syvyyden kanssa ja amplitudi vian tilavuuden kanssa. Nykyaikaisella anturitekniikalla saadaan erilaisille putkikokoluokille tehtyä omat anturikelkat, jolloin mittaustapahtumaa voidaan nopeuttaa huomattavasti.

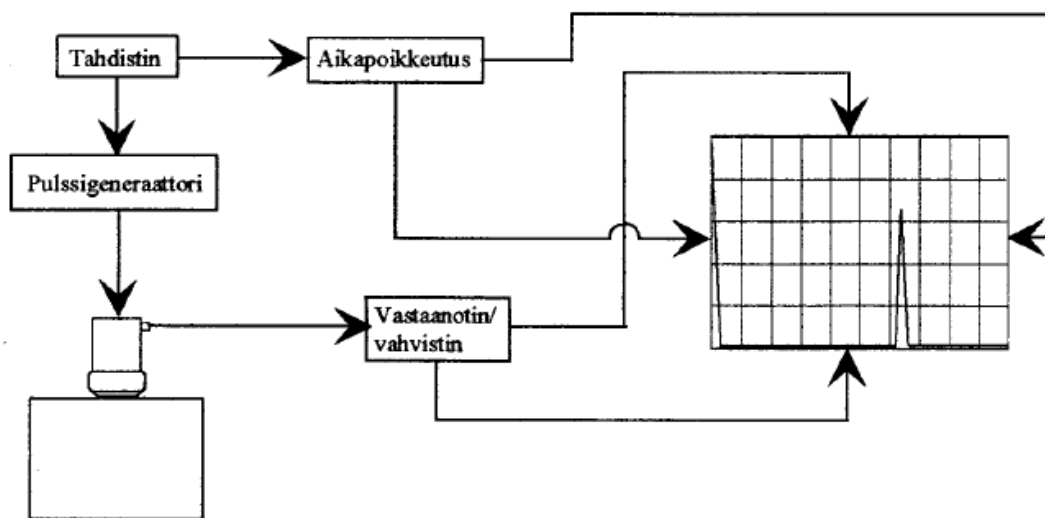
Menetelmän etuna on mittauksen nopeus, reaaliaikainen tuloksen seuranta ja raportoinnin monipuolisuus nykyaikaisen tietotekniikan avulla. Menetelmällä havaitaan säröjä joiden syvyys on 1 mm ja pituus 1 mm. Mittaustapahtumaan vaikuttavia tekijöitä ovat materiaalin sähkönjohtavuus, permeabiliteetti, taajuus sekä tarkastettavan kohteen geometria. Nämä tekijät on otettava huomioon analysoinnissa. (12.)



Kuva 14. Pyörrevirtamitta-anturi, joka on varustettu apupyörällä. (11.)

#### 4.1.4 Ultraäänitarkastus

Ääniaallot ovat kaikki mekaanista värähtelyä. Äänennopeus materiaalissa riippuu materiaalin tiheydestä, kimmokertoimesta ja Poissonin vakiosta sekä äänen aaltolajista. Ultraääni, jonka taajuusalue on 1 -10 MHz, tuotetaan lähes poikkeuksetta pietsosähköisellä menetelmällä. Ultraäänitarkastuksissa käytetään yleisesti pulssikaikutekniikkaan perustuvia laitteita. Mittaustapahtuma perustuu äänilähteen lähettämään signaaliin ja ääniaallon vastaanoton aikaeron ja signaalitason analysointiin.



Kuva 15. Pulssikaiku-tekniikan tarkastuslaitteisto (12.)

Tarkastuskohteesta saatavat kaiut voidaan esittää monella eritavalla, joista yleisimmät ovat A-kuva, B-kuva, C-kuva ja D-kuva.

A-kuva on yleisin ja käytössä manuaalisessa tarkastuksessa. Näytön vaaka-akselilla on kulkuaika säädetty kuvaamaan kulkumatkaa ja pystyakseli kuvaa kaiun voimakkuutta, mikä on riippuvainen heijastajan luonteesta ja koosta.

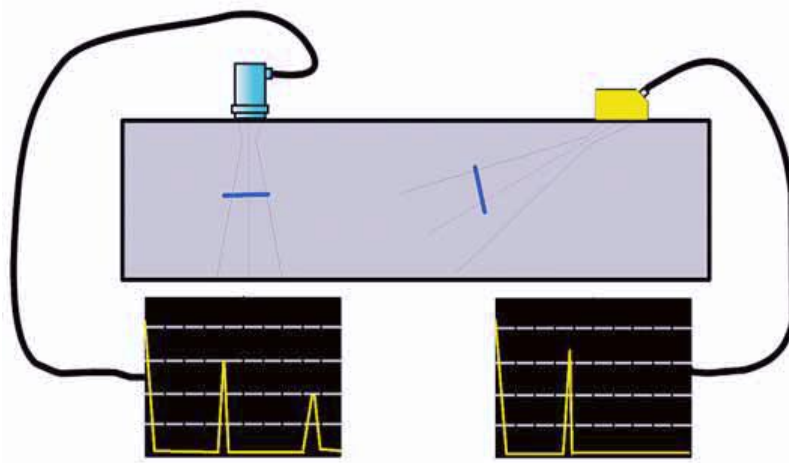
B-kuva esittää kaiun kulkuajan luotaimen liikeajan suhteen. Vaaka-akseli säädetään luotaimen liikenopeuden suhteen. Kun samalla säädetään pystyakseli äänennopeuden suhteen, saadaan näytölle sivuleikkaus kohteesta luotauslinjalla.

C-kuva edellyttää paikkatiedon luotaimen sijainnista tasokoordinaatistossa. Tämä yhdistettynä muihin mittauksiin mahdollistaa läpileikkaus-tyyppisen kuvan kohteesta.

D-kuva edellyttää luotaimen ja heijastajan paikkatiedon yhdistämistä. Näytölle saadaan kuva poikkileikkauksena luotaimen kulkusuuntaan. Hitsin tarkastuksessa tämä tarkoittaa kuvaajaa hitsin päästä katsottuna.

Mittaustapahtumaa voidaan automatisoida, jolloin luotaimen liike automatisoidaan. Tämän edellyttää tietotekniikalla toteutettavaa näyttötekniikkaa. Tämä tekniikka nostaa tarkastuslaitteiden hinnan korkealle tasolle. Luotain, kaapeli ja laiteyhdistelmälle on olemassa kaksi määritelmää: herkkyys ja erotuskyky. Herkkyydellä tarkoitetaan pienintä havaittavaa vikakokoa. Herkkyys on riippuvainen materiaalista ja luotaimen taajuudesta. Erotuskyvyllä tarkoitetaan kahden vian pienintä väliä, jolloin ne luokitellaan erillisiksi vioiksi. Erotuskyky on parhaimmillaan puolet pulssin pituudesta.

Tarkastustekniikan menetelmiä ovat pulssikaikutekniikka, jossa pulssi lähetetään ja vastaanotetaan kaikuna. Läpäisytekniikassa lähetin ja vastaanotin sijaitsevat vastakkaisilla puolilla tarkastuskohdetta. Myös sivuttainen yhdistelmä on mahdollinen. Tandem-tekniikassa käytetään kahta luotainta, joista toinen toimii lähettimenä ja toinen vastaanottimena. Tämä tekniikka soveltuu hitsisaumojen tarkastukseen. Hitsisaumojen mittaus edellyttää aina kulmaluotaimen käyttöä. Virheet ovat saumassa siten suuntauneita, ettei suoralla mittauksella saada luotettavaa tulosta.



Kuva 16. Normaali- ja kulmaloutauksen periaatteet (5.)

Menetelmän etuja ovat mittauksen nopeus, tuloksen näkyminen reaaliajassa ja raportoinnin monipuolisuus. Putkistojen tarkastuksissa on ultraäänitekniikkaa käytetty paksumittauksissa tarkastusnopeuden johdosta. Tarkastuksesta tehdään luotaussuunnitelma, jolla pyritään varmentamaan tarkastuksen kattavuus. Raportoinnissa kirjataan kaikki tietyn rajan ylittävät vioiksi luokiteltavat viat. Vähintään ilmoitettavat viat ovat vian etäisyys 0-pisteestä, vian pituus, vian sijainti, vian syvyys suunnan asema, suurimman kaiun paikka ja koko.



Kuva 17. Ultraäänimittauksen suoritusta. (13.)

Vaiheistetut ultraäänimittausmenetelmät ovat yleistyneet mittauksen luotettavuuden ja reaaliaikaisen 3D-kuvan johdosta. Mittatarkkuus on 0,2 mm paksuusmittauksessa. Heikkoutena on, että rakennevikojen tulkinta vaatii suurta ammattitaitoa. (12.)

#### 4.1.5 Radiografinen tarkastus

Radiografinen tarkastus on luonteeltaan radiograafista kuvan tuottamista läpivalaisu-menetelmällä kohteesta ja syntyneen kuvan analysoinnista. Kuvauksessa havaitaan tilavuusperusteisia (kolmiulotteinen) materiaalivikoja. Tyypillisiä materiaalivikoja ovat huokokset, kuonasulkeumat, reunahaavat ja vajaamittaiset hitsit. Säteilylähteestä suunnataan säteilykeila, joka läpäisee tutkittavan kappaleen. Materiaalissa olevat epäjatkuvuskohdat aiheuttavat säteilykeilassa intensiteettieroja. Kehitettyssä kuvassa epäjatkuvuudet muodostavat kuvan, jossa epäjatkuvuskohdat nähdään mustumaeroina.

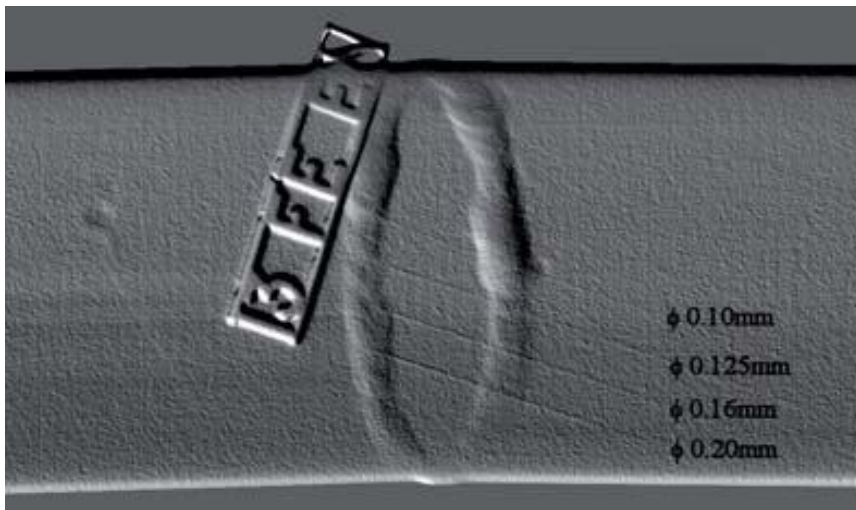
Riittävän hyvälaatuisen kuvaan vaikuttavia tekijöitä ovat käytetty geometria, säteilyn laatu ja filmin ominaisuus. Geometrisiä tekijöitä ovat säteen kohtisuoruus kohteeseen, kaarevan muodon (putki) huomioiminen kuvassa sekä kuvausetäisyyden vaikutus kuvan epätarkkuuteen. Säteilyn laatu vaikuttaa kuvan erottelukykyyn. ”Pehmeän” säteilyn, jonka läpäisy on 4 - 8ertainen puoliintumispaksuuteen nähden, parantaa kuvalaatua, mutta pidentää valotusaikaa. Hajasäteily huonontaa säteilyn laatua ja sitä voidaan pienentää käyttämällä suodatinlevyä ja taustan suojausta. Filmi on kompromissi rakeisuuden ja nopeuden välillä. Digitaalitekniikka on tuonut parannuksen filmin nopeuteen ja paneelin erottelukyky ratkaisee kuvalaadun.

Säteilylähteen valintaan vaikuttavat kuvattavan aineen laatu ja paksuus, jotka määräävät tarvittavan läpäisykyvyn. Koska kuvaustapahtuma on kuvauslaitteiden siirtämistä ja kohdistusta, nousee ratkaisevaksi tekijäksi säteilylähteen koko, paino ja liikuteltaisuus. Kuvalaadun parantamiseksi käytetään vahvistinlevyjä. Vahvistinlevyt asetetaan molemmille puolille filmiä ja ne emittoivat elektroneja ja saavat aikaan kuvaa muodostavan vaikutuksen filmiin.

Kuvan laatu tulee voida arvioida ja tähän tarkoitukseen on kehitetty soveltuva mittausväline. Indikaattoreilla voidaan mittaus suorittaa numeerisesti. Suomessa eniten

käytössä oleva indikaattorityyppi on lankaindikaattori. Indikaattorit on järjestysnumeroitu ja tunnusta vastaa langanhalkaisija. Indikaattori sijoitetaan aina kuvattavan kappaleen säteilylähteen puoleiselle pinnalle. (14.)

Digiröntgenmenetelmän käyttö on lisääntynyt nykyisin nopean kuvankäsittelyn johdosta. Kuvankäsittely digitaalisesti mahdollistaa lähes reaaliaikaisen tulosten analysoinnin. Näytön erottelukyky on nykyisin lähes satakertainen perinteiseen filmikuvaan verrattuna. Valotusaika on voitu lyhentää 60 nanosekuntiin, jolloin ympäristön turva-alueita on voitu pienentää huomattavasti.



Kuva 18. Digiröntgenin eroittelukyky.(15.)

Laitteiston koko on pienentynyt ja tietotekniikka mahdollistaa nykyaikaisen raportointimahdollisuuden ja dokumentoinnin taso on korkea kuvatekniikan johdosta. Etuna on myös, ettei kuvattavaa kohdetta tarvitse hioa. Matalapainepesu riittää hyvin kohteeseen. Haittana on mittauskohteen työympäristön eristys säteilyn johdosta. Kuvaukset suoritetaan yksittäiskuvauksena, mikä hidastaa nopeutta.

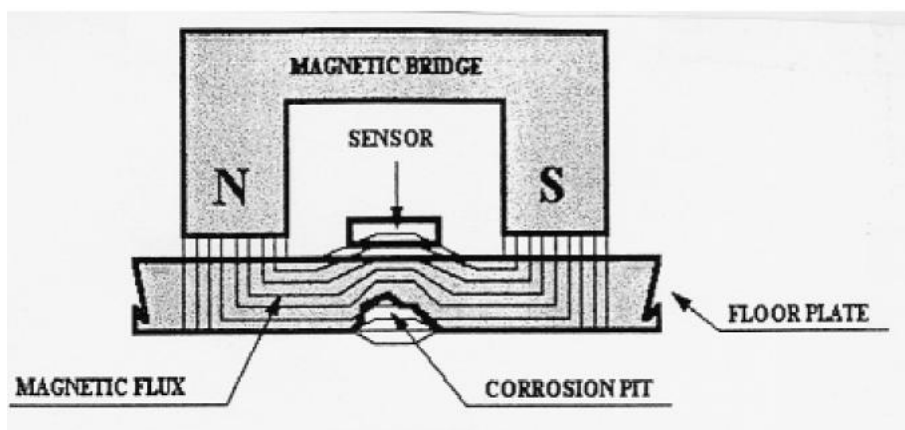




Kuva 19. Pienikokoinen flat-panel digiröntgen (16.)

#### 4.1.6 Magneettinen vuotokenttätarkastus

Menetelmässä tarkastelukohta magnetoidaan ja sensori mittaa materiaalivian aiheuttaman magneettivuon maksimin. Maksimi voidaan havaita liikkuvalla kelalla tai Hall-anturilla. Pintavian havaitsemiseen riittää 2 - 3 kertaa koersitiivinen kentän voimakkuus. Alapinnan materiaalivikojen havaitseminen edellyttää lähes kyllästysmagnetointia. Menetelmää on käytetty vikakohteiden etsinnässä erityisesti säiliöiden pohjissa. Menetelmällä havaitaan jyrkkäreunaisia vikoja, mutta yleistä ohenemaa sillä ei pystytä havaitsemaan.



Kuva 20. Vuotokenttämittauksen periaate (17.)

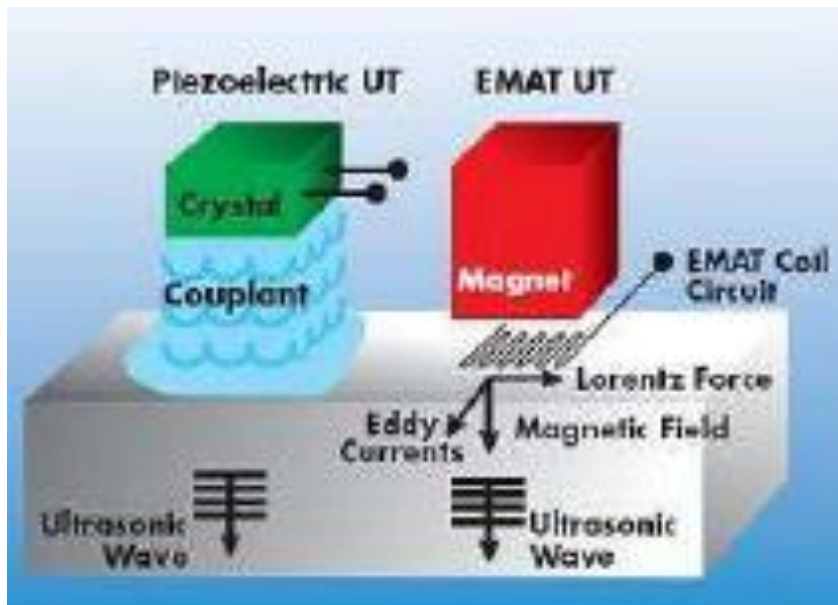
Menetelmän etu on suuri tarkastusnopeus, jopa puoli metriä sekunnissa. Nopeuden johdosta se sopii hyvin suurien alueiden tarkastuksiin. Mittaherkkyys pistekorrosiolle on 10 prosenttia 6 mm:n putkiseinämästä. Menetelmä ei sovellu hitsisaumojen tarkastukseen. Tarkastelukohteen pinta pitää puhdistaa hyvin tuloksen luotettavuuden varmistamiseksi. Vikakohteen tarkkaa mitta-arvoa ei saada menetelmällä selville. Nykyisin on saatavana yhdistelmälaitteita, joissa pyörrevirta ja vuotokenttä ovat samassa mittalaitteessa. ( 12.)



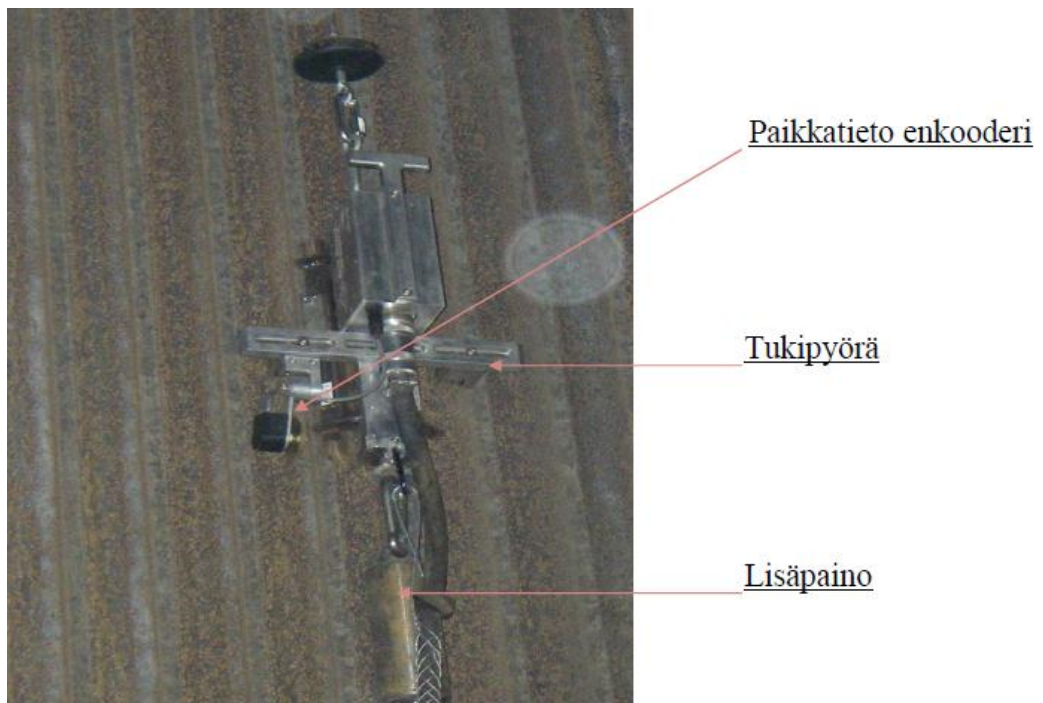
Kuva21. Pipescan magneettinen vuotokenttämittauslaite putkistolle.(18.)

#### 4.1.7 TScan ultraäänitarkastus

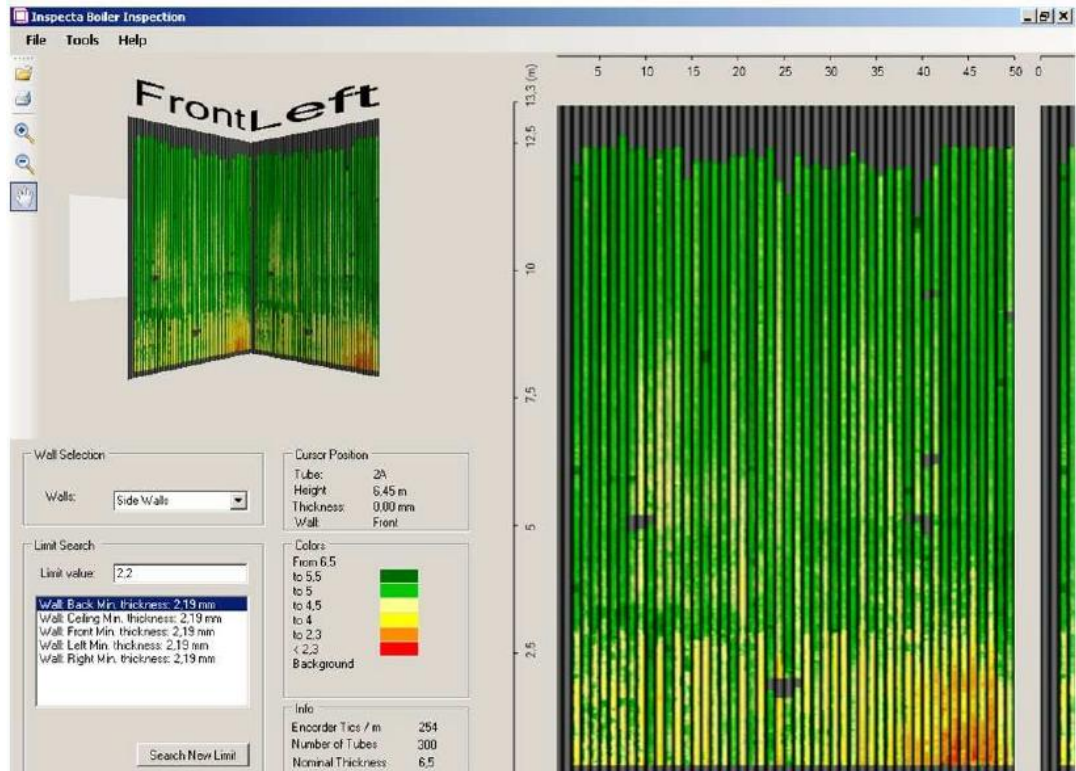
Menetelmässä on yhdistetty ultraäänimittausta ja elektromagnetismia. Menetelmä perustuu EMAT-tekniikkaan (ElektroMagneticAcousticTransducer). Paksuusmittauksen tarkkuus 0,1mm - 0,2 mm. TScan menetelmän etuja ovat mittauksen nopeus 0,5 m/s ja pieni puhdistustarve sekä raportoinnin monipuolisuus. Menetelmällä havaitaan myös asteittaiset ohentumat. Kattilan seinäputkille on kehitetty vinssilaite, jonka avulla mitaustapahtumaa voidaan automatisoida. Heikkoutena on mittalaitteiden kalleus ja rajallinen anturien saatavuus. Menetelmä sopii putken ulkohalkaisijasta  $\varnothing$  44 mm ylöspäin. (19.)



Kuva 22. TScan-mittaustekniikan periaate.(19.)



Kuva 23. Mittakelkka nopeuttaa putkien mittausta.(19.)



Kuva 24. Raporttiesimerkki kattilaseinästä. (19.)

#### 4.2 Menetelmien soveltuvuus

	Paksuusmittaus	Pintavirhe	Sisäinen virhe
Tunkeumaneste		X	
Magneettijauhe		X	(X)
Pyörrevirta		X	X
Ultraääni	X		X
Radiografinen	X	X	X
Vuotokenttä		X	
TScan	X		

Tarkastusmenetelmien soveltuvuustaulukko. Merkintä (X) tarkoittaa, että menetelmä sopii osin kyseiseen kohtaan.

### 4.3 Menetelmien puhdistusvaatimukset

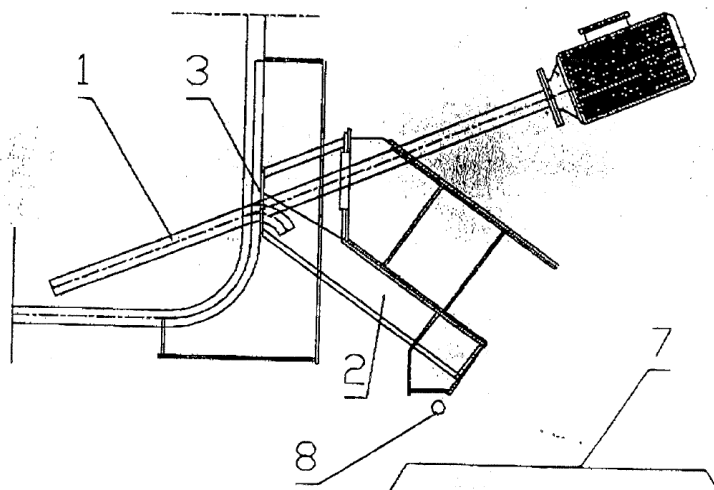
	Hionta	Korkeapainepesu	Matalapainepesu
Tunkeumaneste	X		
Magneettijauhe	(X)	X	
Pyörrevirta		X	
Ultraääni	X		
Radiografinen		X	X
Vuotokenttä	(X)	X	
TScan			X

Puhdistustarpeiden vaatimustaulukko. Taulukossa merkintä (X) tarkoittaa, että puhdistustason nosto lisää mittaustulosten luetettavuutta.

## 5 KATTILANPOHJAN PUHDISTUS

### 5.1 Puhdistusmenetelmät

Kattilan alasajon aikana kattilan sulanmäärää pienennetään keon alaspoltolla. Samalla pestään kattilaa ja aloitetaan kattilan pohjan sulan pumppaus, ennen kuin sula jäähtyy ja kovettuu. Sulan pumppauksessa käytetään ejektori- tai ruuvipumppumenetelmää. Pumppauskapasiteetti on molemmilla menetelmillä samanlainen 8 - 10 m<sup>3</sup>/h/pumppu. Sulan lämpötila rajoittaa imuputken käyttöaikaa erittäin paljon ruuvipumppauksessa. Ejektorimenetelmässä ilma jäädyttää sulaa ja lämpötilassa n. 800 °C imuputken kesto-aika on 1,5 tuntia. Sulan jähmettyminen alkaa jo lämpötilan pudotessa alle 800 °C ja pumppaus hidastuu nopeasti kun mennään lämpötilassa alaspäin. Sulan koostumus alaspolton loppuvaiheessa vaikuttaa jähmettymislämpötilaan. Sulan määrä on keon alaspolton jälkeen soodakattila SK10 n.22 m<sup>3</sup> ja SK11 n. 25 m<sup>3</sup>. (20.)



Kuva 25. Ruuvipumppausmenetelmän periaatekuva. (21.)

SK11 soodakattilan tukipolttoaineena käytetään maakaasua ja käytössä olevan poltintekniikan avulla ei pohjalla olevaan sulaan saada riittävästi siirrettyä lämpöä. Tämän johdosta sulan pumppauksen onnistumiseen täytyy kiinnittää erityistä huomiota. SK10 soodakattilalla kevytöljy polttimilla kattilan pohja saadaan pysymään paremmin kuumana. Kattilan pohjan pumppauksen jälkeen aloitetaan kattilan pohjan pesu. Pesuvedenä käytetään kuumaa vettä, jota varataan etukäteen voimalaitoksen säiliöön ja pesuveden lämmitykseen varataan ulkoinen lämmitysyksikkö. Pesuveden lämpötilan tavoitearvo on 70 °C liuotustehon pitämisenä korkeana. Pesutekniikka on kehittynyt viimevuosina ja kokonaan käsin suoritettavasta pesusta on siirrytty kaksivaiheiseen pesuun. Jähmettyneen sulan poistosta mekaanisesti on luovuttu putkipintojen vahingoittumisriskin johdosta kokonaan.

Ensin suoritetaan tankkipesureiden avulla kiinteiden kappaleiden murskausta ja putkistoseinämien pesua. Pesuneste ja irronnut lika-aines poistuu kattilasta liuottajaan ja imuautoilla tyhjennetään kattilan pohja ajoittain pesutuloksen tarkastusta varten. Tankkipesussa kattilan sisään työnnetään pesuvarsi, joka on varustettu moneen suuntaan pyörivällä suuttimella. Molemmilla soodakattiloilla pohjan pesua suoritetaan kahdella pesuvarrella samanaikaisesti. Pyörivät tankkipesurin suuttimet keskittävät automaattisesti itsensä, eikä suutinyksikkö pääse vaurioittamaan kattilaputkia. Soodakattiloiden pohjan mitat ovat riittävän pienet, että pesuvarret eivät tarvitse sisäisiä ohjainlaitteita. Tankkipesurissa käytettävän pesuveden paine on yleisesti 80 - 100 MPa pohjalle jääneen jähmettyneen sulan murskaamiseksi. Pesuveden virtauksen alaraja

suuttimen keskityksen johdosta on 150 l/min. Normaali pesuvedenvirtaus on 200 l/min.

Tankkipesun jälkeen osa jähmettyneestä sulasta on liennut kuumaan pesuveteen, mutta suuremmat irtokappaleet jäävät suuriksi kokonaisuuksiksi. Irtokappaleet joudutaan murskaamaan käsin suoritettavalla korkeapainepesulla. Pistemäisellä suuttimella murskataan suuremmat irtokappaleet ja vielä kiinni oleva jähmettynyt sula-aines. Pyörivällä suuttimella suoritetaan pohjaputkiston pintojen viimeistely puhdistus. Pesutekniikan kehittyessä on siirrytty UHP- tekniikkaan (Ultra High Pressure), jossa pesupaine on 250 - 300 MPa. UHP- tekniikalla saavutetaan jo erittäin hyvä pesutulos. (22.)

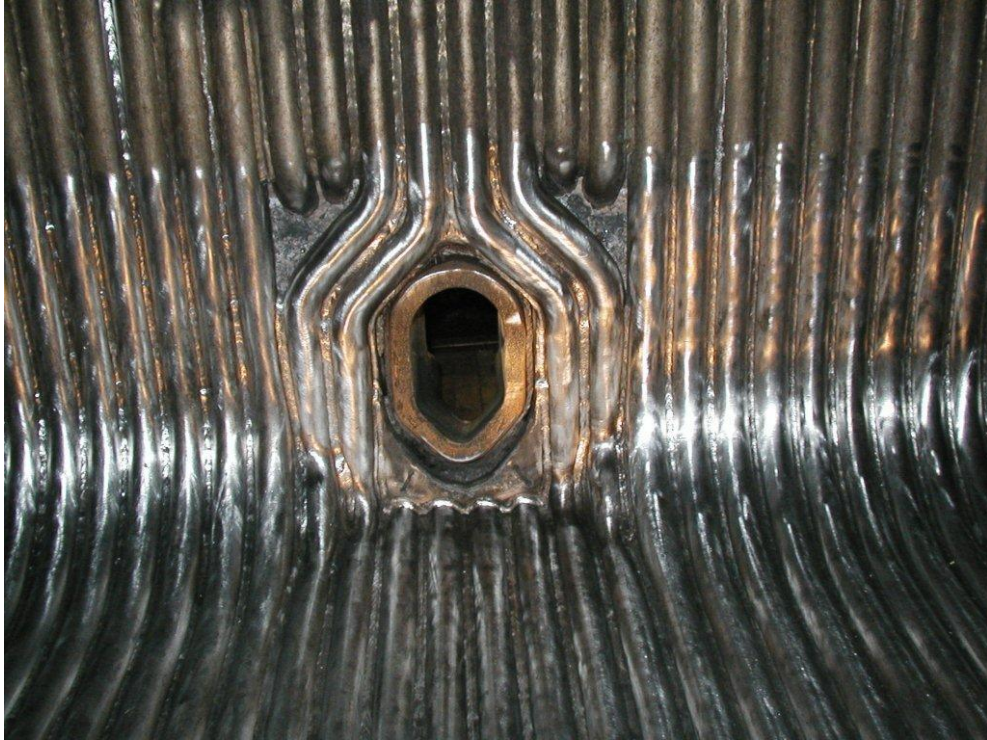
Tarkastusmenetelmä voi vielä edellyttää putkipinnan hiontaa erittäin puhtaaksi kaikesta likapartikkeleista. Putkipintojen hionta suoritetaan yleisesti käsin tai erikseen kehitetyllä hiontaharjakoneella.

## 5.2 Puhdistustulokset

Kattilan pohjan puhdistustulokseen vaikuttaa erittäin paljon kattilan sulan pumppauksen onnistuminen sekä käytävissä olevan pesuveden lämpötila. Pohjan lopulliseen puhtaustasoon vaikuttaa suuresti käytävissä oleva aikataulu ja tarkastuksen vaatima puhtaustaso.



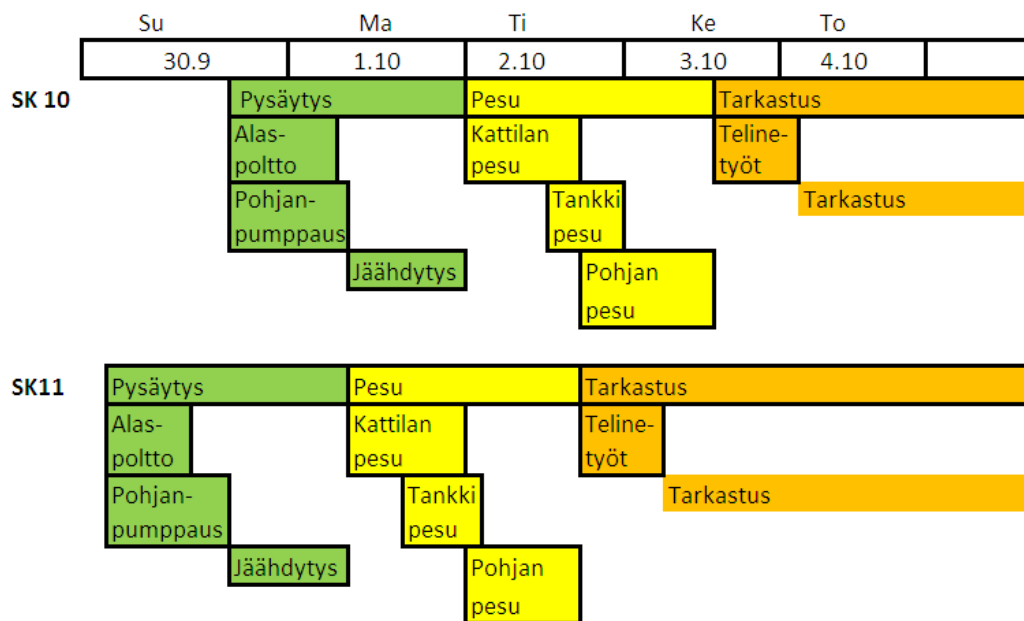
Kuva 26. Soodakattilan pohjaa hyvin suoritettun tankkipesun jälkeen. (7.)



Kuva 27. Soodakattilan pohjaa kiillotettuna. (7.)

### 5.3 Aikataulus seisoissa

Seisokin aikataulu on tiukka ja soodakattiloiden pesuja joudutaan suorittamaan osittain päällekkäin. Aikataulun johdosta on molemmille kattiloille varattava omat puhdistusmiehistöt.



Kuva 28. Soodakattiloiden pesuaikataulu. (4.)



## 6 TARKASTUSMENETELMIEN VAIKUTUS SEISOKKIIN

### 6.1 Aikataulu

Tarkastusaikaan vaikuttaa suuresti kattilan pohjan tarkastuksen laajuus. Vaihtoehtona on, että tarkastetaan kattilan pohjan mittalinjat sekä kriittiset kohteet tai tarkastetaan koko kattilan pohja. Kuvassa 29 on esitetty tarkastusaikoja eri tarkastusmenetelmille. Tarkastusajan käytöstä on huomioitava, että tarkastuksessa käytetään yleisesti paksumittauksessa ja särömittauksessa erimenetelmiä. Tämän johdosta tarkastusaika on yhdistelmä kahden eri menetelmän vaikutuksesta. Tunkeumanestetarkastuksessa on huomioitava putkiston pinnan säröilytaso. Mikäli pintasäröilyä esiintyy, tämä hidastaa tarkastusta erittäin paljon.

	Herkyys syvyys/pituus	Nopeus m/h	Työryhmä koko	Tarkastus aika teor.
Tunkeumaneste	1 µm/1 mm	5 - 20 m	1	2 vrk
Magneettijauhe	1 µm/1 mm	5 - 20 m	1 - 2	2 vrk
Pyörrevirta	1 mm/1 mm	5 -100 m	1 - 2	1 vrk
Ultraääni	0,2 mm	0,5 - 3 m	1	3 vrk
Radiografinen	0,5 mm	0,5 - 3 m	2	3 vrk
Vuotokenttä	0,6 mm	teor. jopa 1000m	1	1 vrk
TScan	0,1 mm	teor. jopa 1000m	1 - 2	1 vrk

Kuva 29. Eri tarkastusmenetelmien vaikutustaulukko

## 6.2 Miehitys

Seisokkiaikana pohjan puhdistukseen on varattava kaksi pesuysikköä ja lämmitysyksikkö kummallekin soodakattilalle tarkastusmenetelmästä riippumatta. Tarkastajia varataan työskentelemään kahteen vuoroon 10 henkilöä, että tarkastukset saadaan suoritettua aikataulun sallimissa rajoissa. Tarkastuskohteiden hiomisiin varataan 10 henkilöä, jotka työskentelevät myös kahdessa vuorossa. Koska soodakattiloiden pohjia tarkastetaan osittain päällekkäin, täytyy tarkastustapahtumaa rytmittää molemmille kattiloille.

## 6.3 Vaikutus kohteen muihin töihin

Kattilan pohjan tarkastuksen aikana ovat kattilan yläosan työkohteet tulistinosalla esitetty työturvallisuussyistä. Radiografisen tarkastusmenetelmän säteilyriskin johdosta kattilan alaosan ympäristö eristetään, eikä alueella voi työskennellä.

	Vaara	Vaikutus
Tunkeumaneste	Vaaralliset kemikaalit Leimahdusvaara	Kemikaalien käyttö huomioitava muissa ympäristön työkohteissa
Magneettijauhe	Vaaralliset kemikaalit Leimahdusvaara	Kemikaalien käyttö huomioitava muissa ympäristön työkohteissa
Pyörrevirta	Magnetointi	Magnetointi tarkastuksessa otettava huomioon ja magnetoinnin poisto
Ultraääni		
Radiografinen	Säteilyvaara	Kohteen ympäristön eristys ja henkilökulun esto alueelle sekä valvonta
Vuotokenttä	Magnetointi	Magnetointi tarkastuksessa otettava huomioon
TScan		

Kuva 30. Vaikutuksia, jotka on huomioitava muissa ympäristön työkohteissa

## 7 TULOKSET

### 7.1 Tarkastusmenetelmien vaikutukset

#### 7.1.1 Tarkastusmenetelmien vaikutus aikatauluun

Seisokin aikataulu on sovittu kireäksi ja soodakattiloiden pohjien tarkastukset suoritetaan osittain päällekkäin. Tarkastuksien onnistuminen edellyttää erimenetelmien yhteensovittamista. Mikään tarkastusmenetelmä ei yksinään kykene selvittämään pohjan tarkastusta riittävän korkeatasoisesti tässä aikataulussa. Tarkastuksen analysoinnin ja dokumentoinnin taso on pidettävä korkeana, jotta kunnossapidon tarpeet tulevaisuuteen saadaan selville. Tämä edellyttää tietotekniikan läsnäoloa mittaustapahtumassa ja tietojen analysoinnissa.

Näihin vaatimuksiin päästään yhdistämällä pohjan yleismittaus ja tiedon analysointi. Saatujen tulosten perusteella määritetään lisämittaustarpeet mittalinjojen ja kriittisten kohtien lisäksi. Pohja-alueen yleismittaukseen sopii TScan- menetelmä paksuuksiin ja pyörrevirtamittaus säröihin nopean informaation saamiseksi pohjan kunnosta. Koko pohjan särömittaus ja paksuusmittauksen perusteella tehtäviin lisämittauksiin sopii tunkeumanestemittaus.

Soodakattila SK10 aikataulu on kriittisempi. Tämä edellyttää nopeaa pohjan yleistilanteen selvitystä, koska edellisissä tarkastuksissa on löydetty pohjaputkistosta säröjä. SK 10 pohjalla on tapitus keskialueella ja tämä hidastaa mittauksia. Pohjan puhdistukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota, että tarkastus onnistuisi aikataulussa. Kattilan tulistinosan pitäminen puhtaana helpottaa myös pohjan pesua. Tällä saadaan alasajon aikana suoritettavassa tulistinosan pesusta irtoavan kiintoaineen määrä minimoitua alas kattilan pohjalle. Paksuusmittaus tapitusalueen ulkopuolella TScan-mittauksena ja tapitusalueella ultraäänimittauksena. Särömittaukseen sopii pyörrevirtamittaus ja kriittiset kohteet tarkastetaan tunkemanesteellä.

#### 7.1.2 Tarkastusmenetelmien vaikutus kustannuksiin

Koko pohjan tarkastus edellyttää pohjaputkien puhdistamista kirkkaalle pinnalle. Tarkastusmenetelmien vaikutus pohjan pesuun on tällöin vähäinen. Yhdistämällä eri mit-

taustapoja saadaan minimoitua kiillotettavan putkien määrä kriittisiin kohteisiin ja paksuusmittauksen perusteella kartoitettuihin kohteisiin. Seisokkiajan minimoiminen edellyttää tarkastustapahtumalta lyhyttä läpimenoaikaa. Tällöin valintakriteeri painottuu lähes kokonaan nopeaan ja hyvään analysointituloksen omaavaan menetelmään. Tarkastusmenetelmien kustannusvaikutus jää vähäisemmälle huomiolle.

### 7.1.3 Tarkastusmenetelmien vaikutus kokonaiskustannuksiin

Nykyaikainen kustannustehokas tuotantoprosessin ylläpito edellyttää myös seisokkiajan minimointia. Kokonaiskustannuksista seisokissa pääosa tulee tuotannon pysähtymisestä. Sellutehtaalla jo yhden päivän pysäytyksen hinta liikevaihdollisesti on 500 000 – 800 000 € sellun hintatasosta riippuen. Koska tehtaan seisomisen hinta on todella korkea, on pääpaino seisokin pituuden minimoimisessa. Soodakattilan pohjan tarkastuksessa tämä johtaa tarkastusmenetelmien osalta kokonaisuuteen, jossa pohjan puhdistus ja valitut tarkastusmenetelmät mahdollistavat lyhyen läpimenoajan sekä laadukkaan ja selkeän raportoinnin.

## 8 PÄÄTELMÄT

Nykyaikaisen sellutehtaan korkea käytettävyys on avainasemassa kustannustason pitämisessä mahdollisimman alhaisella tasolla. Samalla tuetaan laadukkaan tuotteen valmistamista ilman turhia tuotantokatkoja. Ennakoivalla kunnossapidolla on suuri rooli tämän toteuttamiseen. Soodakattila on sellutehtaan suurin yksittäisinvestointi ja sen kunnan seuranta on erittäin tärkeää.

Kunnossapitoseisokissa pyritään selvittämään soodakattilan tila mahdollisimman hyvin, jotta kattilan mahdollisia korjaustarpeita voidaan ennakoida. Kattilan pohjan tarkastus on suoritettava säännöllisesti ja dokumentoitava. Tarkastusten tuloksien analysointi on tehtävä huolellisesti, sillä sen perusteella luodaan pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnitelma.

Seisokki aika pyritään optimoimaan mahdollisimman lyhyeksi, että käytettävyys pysyy korkeana. Soodakattilan pohjan tarkastus on usein seisokin pitkäkestoisempia töitä. Kireän aikataulun johdosta on erityistä huomiota kiinnitettävä soodakattilan alasajoon, että sulan pumppaus onnistuisi mahdollisimman hyvin. Tämä nopeuttaa

pohjan puhdistusaikataulua todella paljon. Soodakattilan tulistinosat on pidettävä käynnin aikana mahdollisimman puhtaana, ettei seisokissa ylhäältä tulisi puhdistuksissa paljon irtotavaraa pohjalle. Tarkastusmenetelmiksi valitaan yhdistelmät, jotka antavat aikataulullisesti lyhyimmän läpimenoajan. Tarkastusraportin laatu täytyy pitää korkeana ja analysointiin varattava aikaa.

## LÄHTEET

1. StoraEnso Oyj Sunilan tehdas. Yritys esittely 2011. [viitattu 17.6.2012] Saatavissa: <http://www.storaenso.com/>

2. Empower Oy. Yritys esittely.[viitattu 17.6.2012] Saatavissa: <http://www.empower.fi>

3. Sunila Oy:n ympäristöselonteko vuodelta 2007.[viitattu 28.6.2012]. [kirjallinen julkaisu] Terttu Heinonen. StoraEnso Oyj.

4. Storaenso Oyj. Kokousmuistio SUN 2012 seisokkipalaverista.[viitattu 10.8.2012]. [sähköposti] Jukka Venäläinen. Empower Oy.

5. Latvala, Kari. NDT-menetelmät painelaitteiden ja putkistojen tarkastuksissa, Kunnossapito 5/2005. [viitattu 10.7.2012]. Saatavissa: [http://www.promaint.net/alltypes.asp?menu\\_id=500](http://www.promaint.net/alltypes.asp?menu_id=500)

6. Åström, Thomas. Tunkeumanestemenetelmä, Hitsaustekniikka 1/1986. [viitattu 14.7.2012]. Koulutusmateriaalikeskus. Inspecta Oy 2003

7.Soodakattilan pohjan tarkastuksen valokuvia. [viitattu 7.8.2012]. [sähköposti] Veijo Hirvi. Primamet Oy.

8. Magneettijauhemenetelmä. TeknoNDT Oy.[viitattu 28.8.2012]. Saatavissa: [http://www.ndt-tukku.com/product\\_catalog.php?c=112](http://www.ndt-tukku.com/product_catalog.php?c=112)

9. Latvala, Kari NDT-menetelmät painelaitteiden ja putkistojen tarkastuksissa, Kunnossapito 4/2007. [viitattu 22.7.2012] Saatavissa: [http://www.promaint.net/alltypes.asp?menu\\_id=652](http://www.promaint.net/alltypes.asp?menu_id=652)

10. Magneettijauh tarkastus. Insinööritoimisto Laatutesti Ky. [viitattu 22.7.2012].  
Saatavissa: <http://www.laatutesti.net/palvelut/magneettijauh tarkastus/>

11. Pyörrevirtausmittaus. Olympus Ltd. [viitattu 19.8.2012]. Saatavissa:  
<http://www.olympus-ims.com/en/ec-flaw/>

12. NDT-menetelmät. [julkaisematon materiaali]. [viitattu 20.8.2012]. Koulutusmateriaal kansio 2003, Inspecta Oy.

13. Latvala, Kari. NDT-tarkastukset ja uudet tuotestandardit. [viitattu 19.8.2012].  
Suomen Hitsaustekniikan Yhdistys ry, Saatavissa:  
[http://www.shy-hitsaus.net/Latvala\\_NDT tarkastukset04.pdf](http://www.shy-hitsaus.net/Latvala_NDT tarkastukset04.pdf)

14. Kopiloff, Pentti. Radiografinen tarkastus, Hitsaustekniikka 3/ 1987. [viitattu  
20.7.2012]. Koulutusmateriaal kansio 2003, Inspecta Oy.

15. Röntgenkuva. [viitattu 28.7.2012]. Jouni Koivumäki. Koulutusmateriaal kansio  
2003. Inspecta Oy.

16. Digiröntgen. Vidisco Ltd. [viitattu 26.7.2012]. Saatavissa:  
<http://www.vidisco.com/FlashXPro.asp>

17. Kari, Lahdenperä. VTT Valmistustekniikka. [viitattu 26.8.2012]. Saatavissa:  
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1997/T1854.pdf>

18. Pipescan mittauslaite. Silverwing Ltd. [viitattu 19.8.2012]. Saatavissa:  
[http://www.silverwingndt.com/magnetic\\_flux\\_leakage/mlf\\_pipe\\_inspection/pipescan.aspx](http://www.silverwingndt.com/magnetic_flux_leakage/mlf_pipe_inspection/pipescan.aspx)

19. Koivumäki, Jouni. Inspecta Oy, Kehittyneet NDT-testausmenetelmät kattiloiden  
tarkastuksiin. [viitattu 8.7.2012]. [raportti 1/2011]. Suomen Soodakattilayhdistys ry.  
Konemestaripäivä 2011.

20. Lähde, Jussi. Boildec Oy, Sulanpumppaus haastattelu, Sunilan tehdas. 24.8.2012.

21. Ruuvipumppausmenetelmä. Kaakon Teollisuuspalvelu Oy .[viitattu 1.8.2012].  
[Raportti 1/98].Suomen soodakattilayhdistys ry. Konemestaripäivä 1998.

22. Nuuttila, Jukka. Delete Oy. Kattilan pohjan pesu haastattelu. 6.6.2012.