



SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Suomen Soodakattilayhdistys ry

KONEMESTARIPÄIVÄ 1996

31.1.1996 Kokkola

SJO-22010-01

Suomen Soodakattilayhdistys ry

KONEMESTARIPÄIVÄ 1996

31.1.1996 Kokkola

SJO-22010-01

OHJELMA

EVK/MPS/JHH

Otaniemi 26.1.1996

P:\EV\SKY\OTR\KONEMEST\KMP96.OHJ

Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 1996

AIKA 31.1.1996 klo 9.30 - 21.00

PAIKKA Hotelli Kantarellis', Kokkola (isäntänä Wisaforest Oy Ab, Pietarsaari)

OHJELMA	09.00	Ilmoittautuminen ja aamukahvi
	09.30	Tilaisuuden avaus Heikki Keskinen, Wisaforest Oy Ab, Pietarsaari
		Soodakattilayhdistyksen toiminta ja vauriokatsaus Petri Nieminen, Energia-Ekono Oy
		Vaurioiden tarkastusmenetelmät Thomas Åström, Vakuutusosakeyhtiö Pohjola
	10.45	Tauko
	11.00	Akustinen emissio Esa Ilves, Keskeytysvakuutusosakeyhtiö OTSO Ismo Orava, Enocell Oy
	11.45	Wisaforest Oy Ab, Pietarsaari, sellutehtaan esittely Stig Nickull, Wisaforest Oy Ab, Pietarsaari
	12.15	Lounas
	13.00	Tehdaskierros (Wisaforest Oy Ab, Pietarsaari)
	16.00-18.00	Sauna
	19.00-21.00	Päivällinen

OSANOTTAJALUETTELO

EVK/MPS/JHH

Otaniemi 26.1.1996

1(2)

SJO-22010

Suomen Soodakattilayhdistys ry

Konemestaripäivä 1996

YRITYS	OSALLISTUJA	Kokous 31.1.	Päiväll. 31.1.	Majoitus 30.1.-31.1.	Majoitus 31.1.-1.2.	Vauriokok 30.1
--------	-------------	-----------------	-------------------	-------------------------	------------------------	-------------------

PUHEENJOHTAJA

Wisaforest Oy Ab, Kymmene, Pietarsaari

Lars-Martin Wikström	x	x	x	x	x
----------------------	---	---	---	---	---

LUENNOITSIJAT

Energia-Ekono Oy, Espoo

Petri Nieminen	x	x	x	x	x
----------------	---	---	---	---	---

Enocell Oy, Uimaharju

Ismo Orava	x	x	x	x	x
------------	---	---	---	---	---

Keskeytysvakuutusosakeyhtiö OTSO,

Helsinki

Esa Ilves	x	x	x	x	x
-----------	---	---	---	---	---

Vakuutusosakeyhtiö Pohjola, Helsinki

Thomas Åström	x	x	x	x	x
---------------	---	---	---	---	---

Wisaforest Oy Ab, Kymmene, Pietarsaari

Stig Nickull	x				
--------------	---	--	--	--	--

OSALLISTUJAT

A.Ahlström Oy, Ahlström Machinery,

Varkaus

Lasse Koivisto	x	x	x	x	
----------------	---	---	---	---	--

Timo Launo	x	x	x	x	
------------	---	---	---	---	--

Petri Markkanen	x	x	x	x	
-----------------	---	---	---	---	--

Ari Nieminen	x	x	x	x	
--------------	---	---	---	---	--

Yrjö Olli	x	x	x	x	
-----------	---	---	---	---	--

Keijo Raak	x	x	x	x	
------------	---	---	---	---	--

Esa Vakkilainen	x	x	x	x	
-----------------	---	---	---	---	--

Energia-Ekono Oy, Espoo

Juha Hakala	x	x	x	x	x
-------------	---	---	---	---	---

Janne Kerttula	x	x		x	
----------------	---	---	--	---	--

Enso Fine Papers Oy, Oulu

Reijo Hukkanen	x	x	x	x	x
----------------	---	---	---	---	---

Enso-Gutzeit Oy, Heinola

Rainer Kokemäki	x	x	x	x	x
-----------------	---	---	---	---	---

Enso-Gutzeit Oy, Imatra

Tapani Hämäläinen	x	x	x	x	x
-------------------	---	---	---	---	---

Seppo Peltola	x	x	x	x	x
---------------	---	---	---	---	---

Foster Wheeler Service Oy

Hannu Kokko	x	x	x	x	
-------------	---	---	---	---	--

YRITYS	OSALLISTUJA	Kokous 31.1.	Päiväll. 31.1.	Majoitus 30.1.-31.1.	Majoitus 31.1.-1.2.	Vauriokok 30.1
Kaukas Oy, Lappeenranta						
	Ari Seppänen	x	x	x	x	x
	Olavi Virtanen	x	x	x	x	
Kymin Paperiteollisuus Oy, Kuusankoski						
	Lasse Elojärvi	x	x	x	x	x
	Martti Jäppinen	x	x	x	x	x
	Simo Lehto	x	x	x	x	x
	Rainer Rantanen	x	x	x	x	x
Laminating Papers Oy, Kotka						
	Matti Takala	x	x	x	x	x
	Pentti Voikkala	x	x	x	x	x
Oy Metsä-Botnia Ab, Kaskinen						
	Kari Auvinen	x	x	x	x	x
	Jorma Kenttälä	x	x	x	x	x
	Juhani Rissa	x	x	x	x	x
Oy Steamservice Ab, Tampere						
	Reijo Ojala	x	x	x	x	
	Jorma Ulvinen	x	x		x	
Sunila Oy, Sunila						
	Seppo Nikula	x	x	x	x	x
Tampella Power Oy, Tampere						
	Markku Laitinen	x	x	x	x	
	Kalle Salmi	x	x	x	x	
Teollisuusvakuutus Oy, Helsinki						
	Asmo Rantanen	x	x		x	
Veitsiluoto Oy Kemin sellutehdas, Kemi						
	Kari Kerttula	x	x	x	x	x
	Kalevi Rantala	x	x	x	x	
Wisaforest Oy Ab, Kymmene, Pietarsaari						
	Heikki Keskinen	x	x			
	Heikki Kojola	x	x			
	Max Nylund	x	x			
	Teuvo Pietilä	x	x			
	Håkan Sjö		x			
	Håkan Stenbacka	x	x			
	Hans-Peter Österholm	x	x			
UPM Joutseno-Pulp						
	Jorma Viinikainen			x	x	x
UPM Tervasaari, Valkeakoski						
	A. Ovaska	x	x	x	x	
	Erkki Pohja	x	x	x	x	x

SOODAKATTILAYHDISTYKSEN TOIMINTA JA VAURIOKATSAUS

Petri Nieminen, Energia-Ekono Oy

1. SOODAKATTILAYHDISTYKSEN TOIMINTA

SIHTEERISTÖ

Energia-Ekono Oy, Petri Nieminen, Juha Hakala
Toiminnan ohjaus, tilinpito, tilastointi
Kansainvälinen toiminta
Soodakattilatiedote

HALLITUS

Puheenjohtaja Vesa Mikkola, Veitsiluoto Oy, Oulun tehtaat
Toiminnan suuntaviivat
Projektien hyväksyminen työryhmien ehdotus mukaan

KESTOISUUSTYÖRYHMÄ

Puheenjohtaja Jukka Henriksson, Sunila Oy
Vaurioraportointi
Soodakattilan pohjavauriotutkimus
Terminen väsyminen
Suojaussuositus

LIPEÄTYÖRYHMÄ

Puheenjohtaja Pauli Harila, Oy Metsä-Botnia Ab, Kemin
tehtaat
Mustalipeitten uudet poltto-ominaisuudet II
Mustalipeän pisaroituminen
Vesikierroltaan suljettu sellutehdas
Soodakattilan sulan yhdisteiden käyttäytyminen talteenotto-
prosessissa

YMPÄRISTÖTYÖRYHMÄ

Puheenjohtaja Sauli Purho, Enocell Oy
Ilmansuojelupäätösten yhteenveto
Ohje soodakattilan päästöjen laskentaan

AUTOMAATIOTYÖRYHMÄ

"Esityöryhmän" puheenjohtaja Jukka Mikkonen, Valmet Automation Oy

"Automaatiotyöryhmän toimenkuvaan kuuluvat soodakattilan automaatioon liittyvät tutkimukset ja niiden seuranta, automaatiolaitetekniikat, soodakattilan turvallisuus ja käytettävyys sekä yhteydet viranomaisiin."

OHJELMATYÖRYHMÄ

Puheenjohtaja Juha Kouki, Kymin Paperiteollisuus Oy
Konemestaripäivä 1996, Wisaforest Oy Ab
Vuosikokous 1996 (27.3.-96), Laminating Papers Oy
Soodakattilapäivä 1996

2. SOODAKATTILAVAURIOT 1995

Vaurioiden lukumäärä

Vaurioiden ilmeneminen

Lipeänpolton keskeytysaika

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
VAURIORAPORTTIEN YHTEENVETO 1995

VAURIOIDEN LUKUMÄÄRÄ

TULIPESÄ	2 kpl
VERHO	
TULISTIN	5 kpl
KEITTOPINTA	1 kpl
LIERIÖ	
EKONOMAISERI	11 kpl
POHJA	2 kpl
MUU	2 kpl
YHTEENSÄ	23 kpl

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
VAURIORAPORTTIEN YHTEENVETO 1995

VAURION SATTUESSA ILMENI

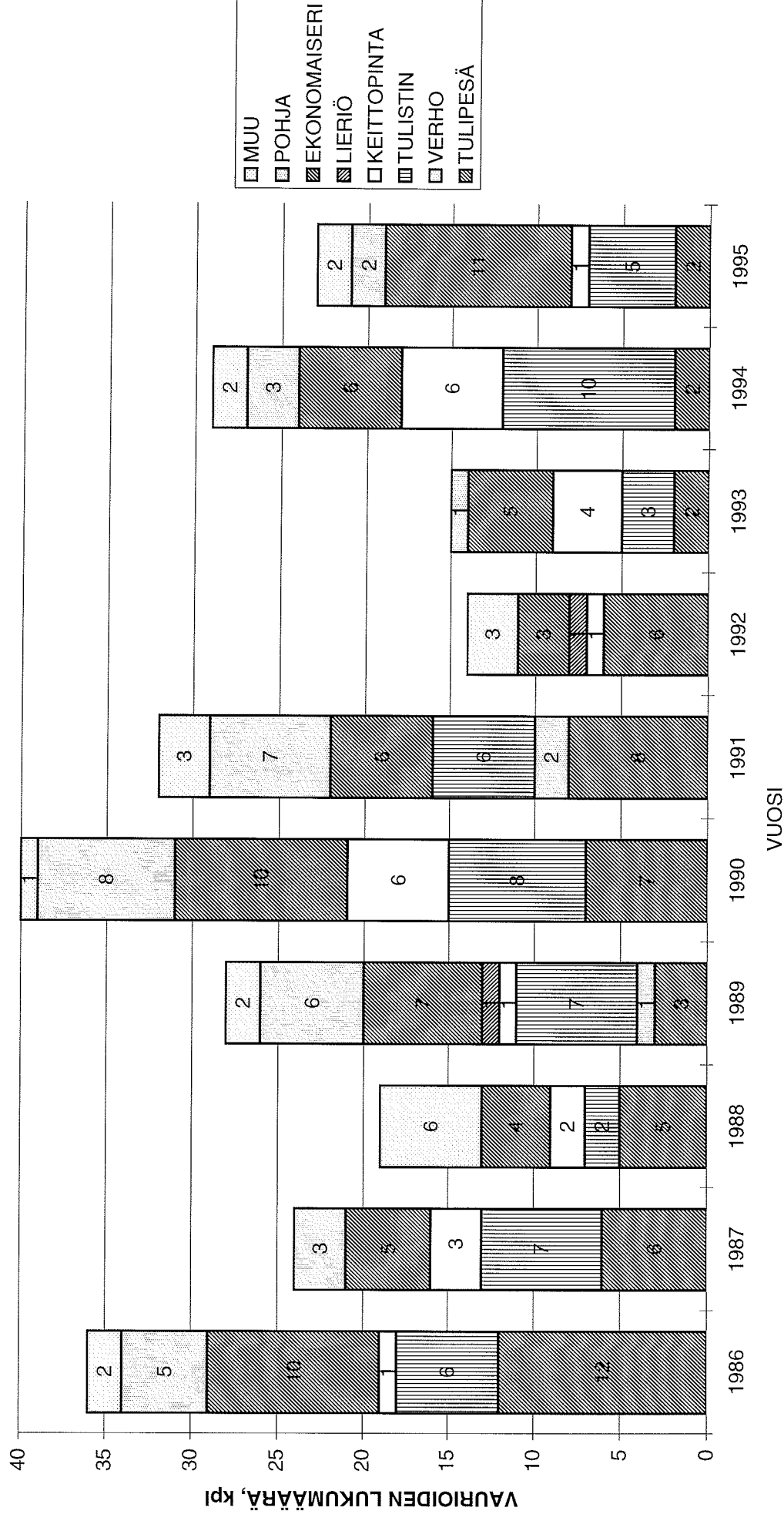
VESIVUOTO KATTILAAN	1 kpl
VESIVUOTO ULOS	8 kpl
HÖYRYVUOTO KATTILAAN	6 kpl
HÖYRYVUOTO ULOS	2 kpl
VUOTO TAI MUU ÄÄNI	1 kpl
SULAVUOTO	2 kpl
MUU	1 kpl

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
VAURIORAPORTTIEN YHTEENVETO 1995

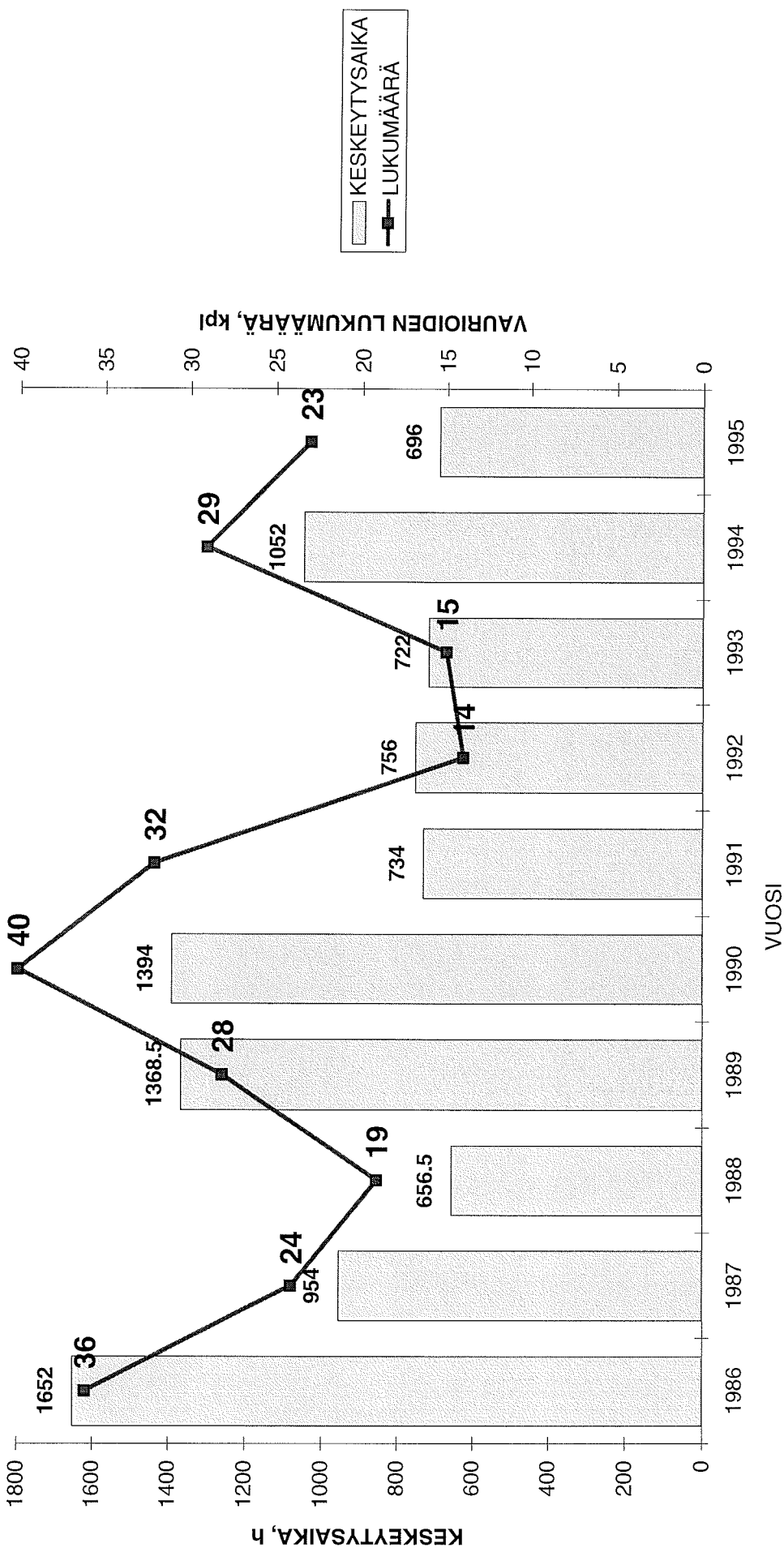
KESKEYTYSAIKA

TULIPESÄ	118 h
VERHO	
TULISTIN	180 h
KEITTOPINTA	32 h
LIERIÖ	
EKONOMAISERI	316 h
POHJA	
MUU	50 h
YHTEENSÄ	696 h

VAURIOIDEN LUKUMÄÄRÄ VAURIOITYYPEITTÄIN



VAURIOIDEN KOKONAISLUKUMÄÄRÄ JA LIPEÄN POLTON KESKEYTYS TUNTEINA



VAURIOIDEN TARKASTUSMENETELMÄT

Thomas Åström, Vakuutusosakeyhtiö Pohjola

Tekn. lis. Thomas Åström
Pohjola-Yhtiöt
Suurasiakkaat

VAURIOIDEN TARKASTUSMENETELMÄT

SISÄLLYSLUETTELO

- 1 Johdanto
- 2 Silmämääräinen tarkastus
- 3 Magneettijauhetarkastus
- 4 Tunkeumanestetarkastus
- 5 Ultraäänitekniikka
- 5.1 Paksuusmittaus
- 5.2 Ultraäänitarkastus
- 5.3 Laakerimetallien kiinnittyvyyden tarkastus
- 5.4 Vuotojen ja koronapurkauksien ilmaisu ultraäänen avulla
- 6 Radiografia
- 6.1 Vian etsintä
- 6.2 Profiilikuvauus
- 6.3 Twinprofile-menetelmä
- 7 Pyörrevirtatarkastus
- 8 Särönsyvyysmittaus
- 9 Kalvonpaksuusmittaus
- 10 Kovuusmittaus kentällä
- 11 Akustinen emissio
- 12 Jäljennetarkastus
- 13 Barkhausen kohinamittaus
- 14 Tarkastusvaatimusten määräytyminen
- 15 Kirjallisuusviitteet

1 JOHDANTO

Konediagnostiikkaan kuuluvat kaikki ne arviointimenetelmät joiden avulla tutkitaan erillisten komponenttien tai kokonaisten laitteiden kuntoa niitä rikkomatta. Tutkimus voidaan suorittaa yhtä hyvin valmistuksen jäljiltä vastaanottokokeissa sekä käytön aikana ennaltaehkäisevän kunnossapidon työkaluna kuin myös vaurioiden paikallistamisessa, niiden korjauksissa ja niiden selvitystyössä. Konediagnostiikan menetelmissä hyödynnetään fysikaalisia ilmiöitä ihmisaistien jatkeena ja ennuste koneen kunnosta tehdään monasti pysäyttämättä prosessia.

Konediagnostiikan tärkeimmät menetelmät ovat:

- värähtelymittaus,
- ainetarikkomattomat tarkastusmenetelmät (n.s. NDT-menetelmät),
- öljyanalyysit ja
- lämpökuvaus.

Tässä esityksessä keskitytään NDT-menetelmiin ja erityisesti niiden soveltamiseen vaurioiden tutkimiseen kun kyseessä ovat lähinnä kattilat, paineastiat ja putkistot. Kuitenkin menetelmiä käytetään samoilla tekniikoilla muuntuyppisten kriittisten teollisten komponenttien tarkastamiseen.

Nykyään komponenttien suunnittelussa hyödynnetään aineiden ominaisuuksia tarkemmin kuin aikaisemmin. Lisäksi pyritään pidentämään laitosten elinikää mahdollisuuksien mukaan. Nämä kaksi tekijää asettavat tavallista ankarammat vaatimukset NDT-menetelmien luotettavuudelle. Laitosten käytön mahdollisesta jatkamisesta tai korjauksien suorittamisesta päätettäessä on tärkeää, että vastuussa olevilla henkilöillä on kuva NDT-menetelmien tarjoamista mahdollisuuksista. Tällöin on myös välttämätöntä tuntea eri rikkomattomien menetelmien käyttöön liittyviä rajoituksia.

NDT-menetelmiä on perinteisesti käytetty komponenttien ja niissä kriittisimpien alueiden kuten hitsien epäjatkuvuuskohtien löytämiseen ja löydettyjen vikojen dimensioiden mittaamiseen. Rinnan tämän tehtävän kanssa on NDT-menetelmiä hyödynnetty aineominaisuuksien tutkimisessa. Näiden tutkimusten tuloksena on esimerkiksi pystytty selvittämään aineiden raekokoja, kovuuksia sekä niiden kimmoisia ja magneettisia ominaisuuksia. Kunnon valvonnassa voidaan yhdistää nämä alat ja pyrkiä seuraamaan kauko-ohjatusti sopivia NDT-antureita hyväksi käyttäen komponenttien materiaalissa tai toiminnassa tapahtuvia muutoksia.

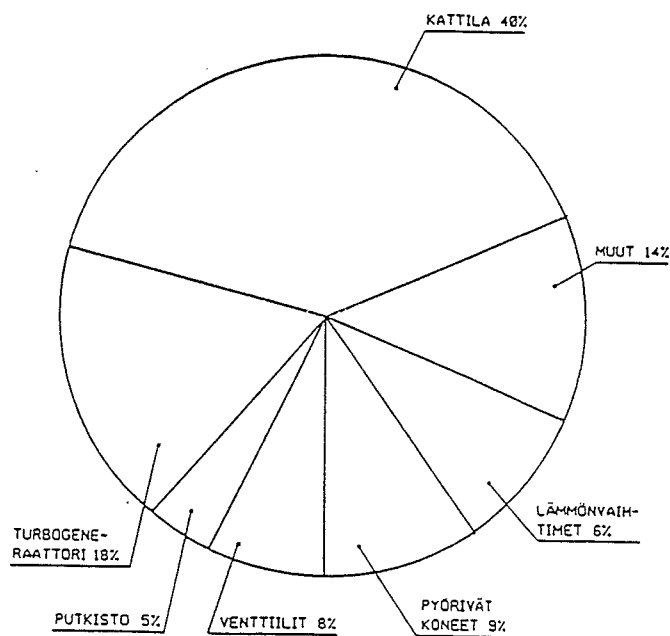
Tunnetuimmat NDT-menetelmät ovat silmämääräinen tarkastus, magneettijauhetarkastus, tunkeumanestetarkastus, ultraäänitarkastus ja radiografia. Edellä mainitut menetelmät ovat olleet käytössä teollisuudessa yli neljä vuosikymmentä. Tässä esityksessä käsitellään ensisijaisesti em. menetelmien periaatteita, niiden kalibrointitapoja sekä näillä menetelmillä saavutettavia käytännön tarkkuuksia.

Perinteisten menetelmien lisäksi on käytettävissä joukko muita rikkomattomia menetelmiä, joista voi olla hyötyä erikoistapauksissa. Näiden menetelmien soveltaminen vaatii yleensä erikoislaitteita. Käytetyistä erikoismenetelmistä mainittakoon korkeataajuusultraäänitarkastus, monitaajuuspyörrevirtatarkastus, säröjen syvyydenmittaus, kovuusmittaus kentällä, jäljennemenetelmä, akustinen emissio ja Barkhausen kohinamittaus.

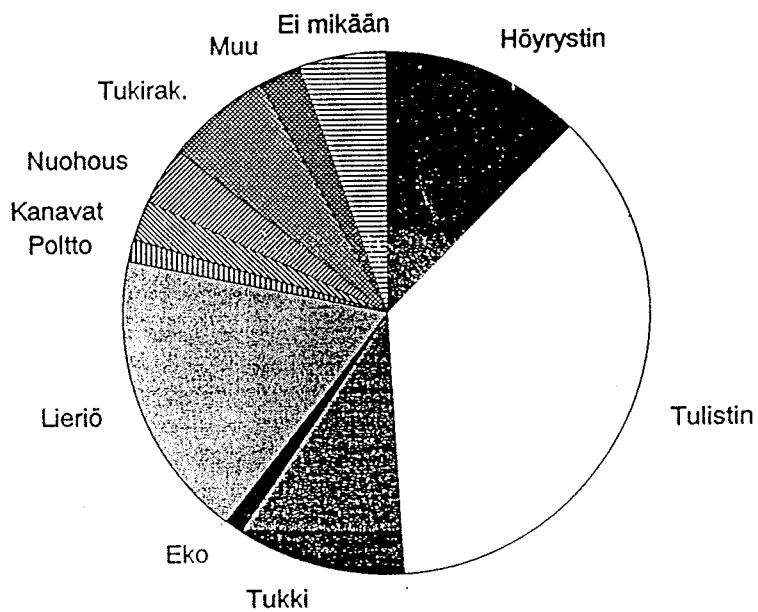
Energiatuotantosektorilla tehon rajoitusten syyt laitoksilla (kuva1) antaa käsityksen tyypillisistä vauriokohteista. Kuvassa 2 on eritelty kattilalaitosten kriittiset komponentit ja kuvassa 3 turbiinien arvioidut vastaavat.

Käsitys eri NDT-menetelmien käytöstä saadaan vertailemalla tuloksia, jotka on kerätty kuuden vuoden aikana tehdyistä tarkastusselostuksista, jotka koskevat voimalaitosten koneita ja laitteistoja Saksassa. Tulokset perustuvat n. 1 miljoonan komponentin tarkastukseen /2/. Tarkastus jakaantui eri komponenteille seuraavasti: höyryturbiinit 54,8 %, kaasuturbiinit 24,9 %, höyrykattilat 16,4 % ja vesiturbiinit 3,9 %. Jakauma eri tarkastusmenetelmien kohdalla on esitetty kuvassa 4, josta kuitenkin puuttuu silmämääräisen tarkastuksen osuus, joka aina tehdään kaikille komponenteille.

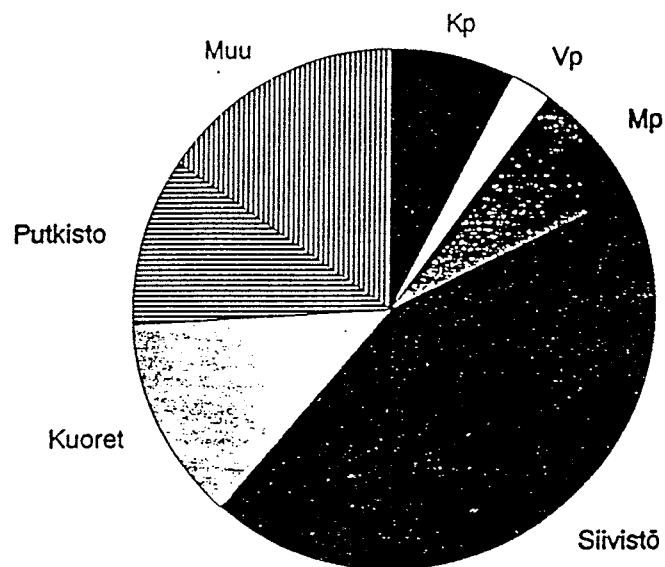
Merkille pantavaa on myös, ettei tässä jakaumassa ole lainkaan radiografiaa mukana. Tämä johtuu siitä, että aineisto perustuu määräaikaistarkastuksiin, eikä valmistusaikaisiin tarkastuksiin, joissa radiografian osuus luonnollisesti on tärkeä.



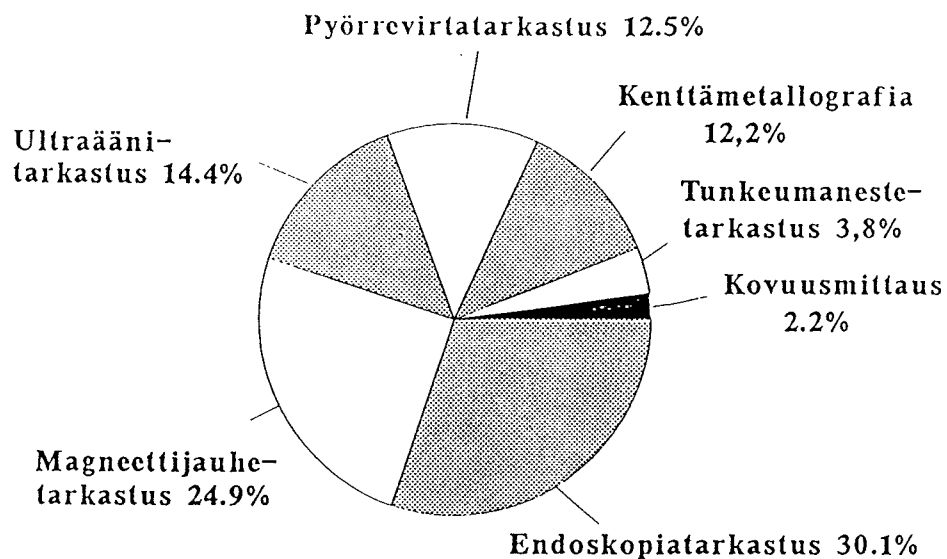
Kuva 1. Eri laiteryhmiä vaurioista aiheutuneet energiatuotannon tehin rajoitukset yhteenvetona useilta laitoksilta /1/.



Kuva 2. Kattilalaitosten kriittiset komponentit /1/.



Kuva 3. Turbiinien kriittiset komponentit käyttäjien arvion mukaan (Kp: Kp roottori, Vp: Vp roottori, Mp: Mp roottori) /1/.



Käytettyjen voimalaitoskomponenttien tarkastusmenetelmien laajuusjakauma vuosina 1981-1987. Lähde AZT-Datenbank koskien 1 milj. komponenttia.

1A2

Kuva 4. Voimalaitostarkastuksissa käytettyjen tarkastusmenetelmien laajuusjakauma /2/.

SILMÄMÄÄRÄINEN TARKASTUS

2.1

Silmämääräinen tarkastus ilman apuvälineitä

Kiistattomasti vanhin ja ylivoimaisesti eniten käytetty tarkastusmenetelmä on visuaalinen eli silmämääräinen tarkastus. Silmämääräinen tarkastus on aina tehtävä ennen muita NDT-menetelmiä, tai näiden yhteydessä.

Ihmissilmän tarkkuus on hyvä ja kun tähän yhdistetään kokemusperäistä tietoa, joka nykyään voi olla tallennettuna massamuistiin, on tuloksena tehokas tarkastusmenetelmä.

Ihmissilmä pystyy havaitsemaan taustasta värillisesti eroavan viivan, jonka leveys on hiuskarvan halkaisijan luokkaa (n. 50 μm). Tästä kapeammat epäjatkuvuuskohdat – tyypillisesti halkeamat – havaitaan vasta sen jälkeen kun niiden antamat näyttämät on saatu sivusuunnassa suurennetuksi esimerkiksi magneettijauhe tai tunkeumanestetarkastuksen avulla.

Pyöreitä, taustasta väriltään eroavia pisteitä ihmissilmä pystyy havaitsemaan edellyttäen, että niiden halkaisija ylittää n. 100 μm .

2.2

Peilitarkastus

Silmämääräisessä tarkastuksessa ovat yksinkertaisimpia apuvälineitä suurennuslasin lisäksi erilaiset peiliasetelmat. Näiden, niin kuin endoskopia ja TV-yksiköidenkin käyttö edellyttää kokemusta.

2.3

Endoskopiata tarkastus

Käytössä on suoria optisia katselulaitteita ns. boroskooppeja ja taipuisia kuituoptisia laitteita. Katselusuunta näissä on joko suoraan eteenpäin tai peilien avulla sivusuuntaan.

Linsseillä varustettujen suorien endoskooppien optinen tarkkuus on paras, mutta näiden halkaisija kasvaa mekaanisista syistä pituuden mukaan niin, että esim. pituuden ollessa 8 metriä halkaisija on n. 20 mm.

Kuituoptisten endoskooppien pituus on normaalisti 1,5 – 3 m:n luokkaa. Näiden halkaisijat vaihtelevat alueella 6 – 15 mm ja niiden okulaaripäätä voidaan normaalisti kääntää $\pm 120^\circ$. Endoskooppeihin on yleensä liitettävissä järjestelmäkamerarunkoja. Nykyään on käytettävissä myös pienempiä endoskooppeja erikoissovellutuksiin. Tällöin halkaisijat vaihtelevat esimerkiksi alueella 0,9 – 2,7 mm ja pituudet vastaavasti alueella 36 – 175 mm.

2.4

TV-tarkastus

Jos suorien endoskooppien tai kuituoptisten endoskooppien pituus ei riitä, voidaan käyttää TV-yksiköitä, jolloin tarkastus on suoritettavissa jopa kymmenien metrien päässä kohteesta. Tyypillinen tällöin käytettävä TV-kamera on esim. 200 mm pitkä, halkaisijaltaan noin 30 mm oleva vesitiivis kamera. Kamera liitetään kaapelin avulla TV-yksikköön, jossa on monitori. Kaapelien pituudella ei ole rajoituksia. Sen sijaan tulee kuvattavan kohteen paikallistamistekniikka, niin kuin pitkissä kuituoptisissa endoskoopeissakin, vaatimaan lisäjärjestelyjä.

2.5

Videoendoskoopit

Äskettäin on ilmestynyt markkinoille digitaalisia värikameroita, joissa optiikka pitkälti on korvattu CCD-elementillä. Näin ollen kamera mahtuu kokonaisuudessaan kuituoptisen kaapelin päähän, jonka halkaisija on esimerkiksi 6 mm 2 m:n kaapelipituudella ja 13 mm 6 m:n kaapelipituudella. Koska kuva otetaan vastaan digitaalisessa muodossa, on mahdollista välittömästi tarkastuksen aikana tallentaa tulokset kuvanauhurille. Jos yksikköön kuluu soveltuva tietokone voidaan kuvankäsittelymenetelmin parantaa kuvia tarkastuksen aikana tosiajassa tai jälkikäteen paremman havaittavuuden saavuttamiseksi.

Uusimpien videoendoskooppien okulaaripäitä ohjataan nykyään joy-stickin avulla ja markkinoilla on sekä keveitä yhden miehen kannettavissa olevia että sellaisia, joissa käyttö vaatii kaksi miestä. Nykyään löytyy myös eräitä malleja, joissa on sisäänrakennettuja mittaustoimintoja. Tiettyssä tapauksissa voidaan endoskoopin päähän asentaa pyörrevirta-anturi säröntarkastusta varten tai pientä työkalua, millä esimerkiksi unohtuneet työkalut poimitaan pois putkistiesta.

Paineastioiden, kattiloiden ja etenkin turbiinien tarkastuksissa käytetään endoskopiatarkastusta yleisesti. Joskus on endoskopiatarkastusta varten paineestioihin porattu reikiä, jotka tarkastuksen jälkeen täytetään kierretulpalla tai hitsaamalla.

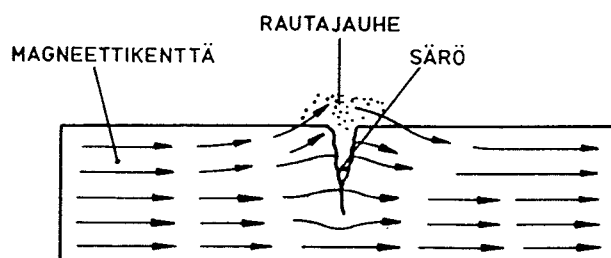
3

MAGNEETTIJAUHETARKASTUS

Magneettijauhetaarkastus on ferromagneettisten aineiden pintaan ulottuvien säröjen etsintämenetelmä. Prosessiteollisuuden rakenneaineista huomattavimmat ferromagneettiset aineet ovat ruostumaton teräs, alumiini ja titaani. Magneettijauhemenetelmä sopii erikoisen hyvin kapeiden epäjatkuvuuskohtien havaitsemiseen.

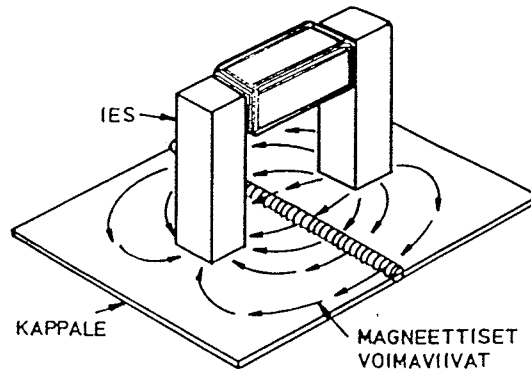
Sirottelemalla pintaan rautaoksidihuikkasia, jotka jäävät vuotokohtiin, saadaan aikaan indikaatio eli huikkaskauma, jonka leveys särön leveyteen verrattuna on suuri (kuva 5). Tähän suurennokseen perustuu magneettijauhetaarkastuksen kyky paljastaa hyvinkin pieniä säröjä. Tällä menetelmällä voidaan havaita pintasäröjä, joiden pienin pituus on millimetrin luokkaa ja leveys esimerkiksi yli 0,01 μm .

Magneettijauhemenetelmässä aikaansaadaan pintaan voimakas magneettinen vuo, joka pysyy kappaleessa, jos pinta on ehjä, mutta joka "vuotaa ulos" mahdollisista epäjatkuvuuskohdista.



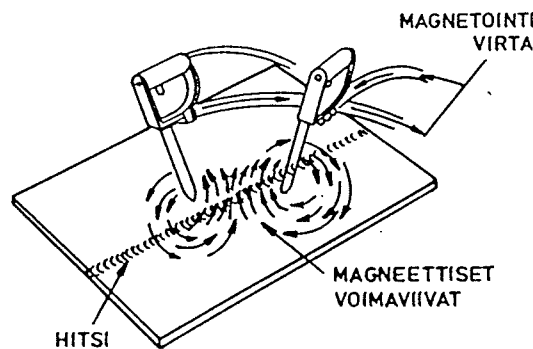
Kuva 5. Magneettivuon kulku kappaleessa, jossa on pintasärö /3/.

Pinta magnetoidaan joko iesmagnetointilaitteella aikaansaadulla magneettivuolla (kuva 6), magnetointikelalla tai virralla, joka saadaan virtamagnetointilaitteesta (kuva 7).



Kuva 6. Magnetointi magneettivuolla iesmagnetointilaitteella /4/.

Käytössä on kahdentyypisiä tarkastusaineita; värillisiä ja fluoresoivia magneettijauheita. Näistä fluoresoivien aineiden herkkyys on parempi, mutta tarkastus on suoritettava UV-valossa, eikä taustavalaistus silloin saa olla kovin voimakas.



Kuva 7. Virtamagnetointi käsikohtiolla /4/.

Magneettijauhetarkastus, niin kuin muutkin NDT-menetelmät, on kalibroitava, jotta indikaatiot voitaisiin tulkita oikealla tavalla. Tarkastusaineiden toimivuus ja kenttävoimakkuuden riittävyys voidaan arvioida sopivilla kalibrointikappaleilla. Iesmagnetointilaitteiden nostokyvyille asetetaan vaatimuksia ja virtamagnetoinnissa määräävät tarkastusohjeet tarvittavat minimiampeerimäärät. Magneettijauhetarkastuksen kalibrointia on käsitelty tarkemmin viitteissä /4/ ja /5/.

Maalattuja pintoja ja päällystettyjä pintoja voidaan tarkastaa edellyttäen, että pintakalvo ei ole liian paksu. Tarkastuksen tarkkuus on epäsuorasti riippuvainen kalvon paksuudesta. Yleensä voitaneen hyväksyä 100 µm:n paksuisia pintakalvoja ja tarkoissa töissä kuten paineestiatarkastuksissa korkeintaan 50 µm:n paksuisia pintakalvoja /5/.

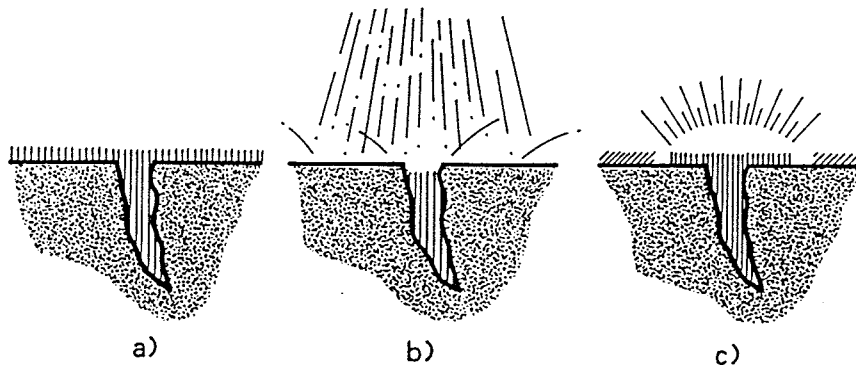
Teollisuudessa magneettijauh tarkastusta käytetään lähinnä hitsien tarkastukseen, mutta menetelmä soveltuu yleensä kaikkiin kohtiin, joissa voi esiintyä kapeita epäjatkuvuuskoh-
tia, tyypillisesti väsymissäröjä, ja erilaisten kriittisten alueiden tutkimiseen. Soodakattiloissa
tapahtuu vuotoja eniten tulistinputkissa ja ekonomaisierissa ja vuodon löytämisen jälkeen
lähialue kartoitetaan usein ultraäänitarkastuksella muiden mahdollisten ohueiden kohtien
paikallistamiseksi ja magneettijauh tarkastuksella mahdollisten säröjen löytämiseksi.

4

TUNKEUMANESTARKASTUS

Tunkeumanestetarkastus on menetelmä, jota voidaan käyttää pintaan avautuvien vikojen
havaitsemiseen. Menetelmä soveltuu kaikille aineille, jotka luonnostaan eivät ole huokoisia.
Teollisuuden rakenneaineista tulevat usein kysymykseen nimenomaan ruostumaton teräs,
alumiini ja titaani.

Tunkeumanestetarkastuksessa kappaleen pintaan levitetään epäjatkuvuuskohtiin hyvin
tunkeutuvaa joko värillistä tai fluoresoivaa nestettä. Pinta puhdistetaan tietyn vaikutusajan
jälkeen ylimääräisestä tunkeumanesteestä ja kuivataan. Pintaan levitetään tämän jälkeen
hyvin ohut kehitekerros. Kehitekerros imee imupaperin tapaan epäjatkuvuuskohtiin jääneen
nestetilavuuden, joka leviää ohuessa kehitekalvossa. Näin saadaan aikaan tarvittava
suurennos, jotta indikaatio pystytään havaitsemaan silmämääräisesti (kuva 8).



Kuva 8. Tunkeumanestetarkastuksen periaate.

- a) Neste on imeytynyt säröön.
- b) Ylimääräinen neste poistetaan pinnasta.
- c) Kehitekalvo toimii "imupaperina" /6/.

Tunkeumanesteet voidaan tarkastelutavan mukaan jakaa värillisiin ja fluoresoiviin
nesteisiin. Lisäksi tunkeumanesteet jaetaan kolmeen ryhmään ylimääräisen tunkeumanes-
teen poistotavan mukaan: liuottimilla poistettaviin, vedellä pestäviin ja jälkiemulgoitaviin.

Tunkeumatarkastusta käytettäessä on varmistettava, etteivät menetelmään kuuluvat
kemikaalit (tunkeumaneste, puhdistin ja kehite) aiheuta korroosiota.

Tunkeumanestetarkastus on herkempi ulkopuolisille vaikutuksille ja suoritustapavaihteluille
kuin magneettijauh tarkastus. Sen vuoksi olisikin pintamenetelmistä aina ensisijaisesti

käytettävä magneettijauhetarkastusta, jos kysymyksessä on magneettinen aine.

Suotuisissa oloissa voidaan tunkeumanesteillä havaita pintasäröjä, joiden pituus on millimetrin luokkaa ja leveys esimerkiksi yli 0,1 μm . On huomattava, että tunkeumanesteindikaation leveys on riippuvainen epäjatkuvuuskohtaan imeytyneestä nestetilavuudesta, jolloin pyöreistä epäjatkuvuuskohdista, kuten huokosista, tulee hyvinkin selviä indikaatioita.

Tunkeumatarkastuskin vaatii kalibroinnin. Kemikaalien toimivuus on kokeiltavissa sopivilla kalibrointikappaleilla. Tunkeumanestetarkastusta on käsitelty tarkemmin viitteessä /6/ ja menetelmään liittyviä terveydellisiä näkökohtia viitteessä /7/.

Mainituista tunkeumanestetyypeistä ei kentällä käytetä jälkiemulgoitavia tunkeumanestesarjoja, sen sijaan voidaan värillisten sarjojen lisäksi hyvin käyttää fluoresoivia sarjoja paikoissa, kuten teollisuushalleissa ja kattilalaitoksissa, joihin aurinko ei suoraan pääse valaisemaan.

5 ULTRAÄÄNITEKNIikka

5.1 Paksuusmittaus

Puhuttaessa ultraäänimittauksesta tarkoitetaan yleisesti paksuudenmittausta, kun taas ultraäänitarkastus käsitteenä sisältää myös aineen volumetrinen tarkastamisen.

Ultraäänipaksuusmittarit ovat nykyisin pienikokoisia digitaalinäytöllä varustettuja taskuun sopivia laitteita, joiden mitta-alue on esimerkiksi 1 – 100 mm. Mittarien tarkkuus on n. 0,1 mm. Uusimmat mittarit ovat prosessoriohjattuja, jolloin tulostusmahdollisuudet ovat moninaiset. Mittaustuloksista saadaan tarvittaessa keskiarvot, keskipoikkeamat jne. ja mittareihin on yhdistettävissä tulostusyksiköitä.

Mitattu paksuus on keskiarvo mittapään vaikutusalueen sisällä olevasta paksuudesta. Tällöin paikallisia paksuuseroja, kuten kuoppakorroosion aiheuttamia aineen ohentumisia, ei voida havaita. Paksuusmittaus antaa täten syöpymätapauksissa kuvan mahdollisesta yleiskorroosiosta ja esimerkiksi kattilalaitoksissa kuvan eroosion aiheuttamasta ohentumisesta.

Paksuusmittausta voidaan suorittaa myös tavanomaisessa ultraäänitarkastuksessa käytettävällä ultraäänilaitteella, kun käytetään normaaliäänipäätä. Vaikeissa mittauskohdissa on nimenomaan edullista käyttää tavanomaista ultraäänilaitetta paksuusmittaukseen, koska tulokset ovat tällöin luotettavampia kuin digitaalimittarilla suoritettujen mittauksen tulokset. Tilanteessa, jossa digitaalimittari toimii luotettavasti, sitä kannattaa nopeutensa takia käyttää.

5.2 Ultraäänitarkastus

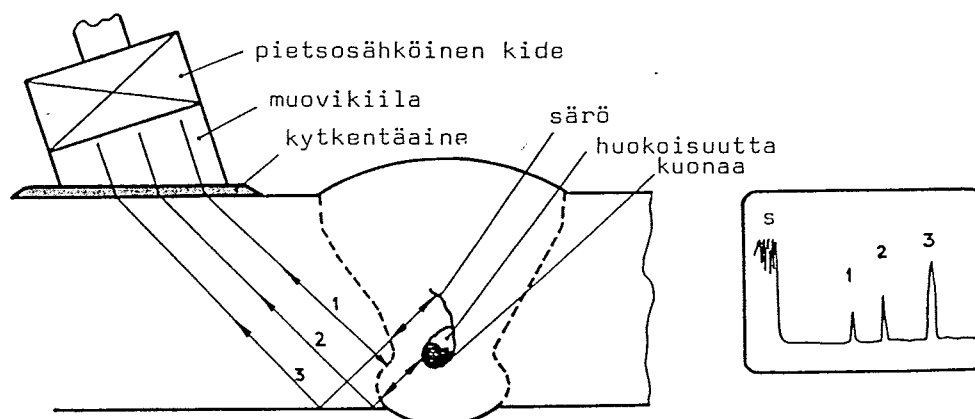
Volumetrisessa ultraäänitarkastuksessa haetaan pinnasta käsin mahdollisia äänenheijastajia, joina toimivat lähes kaikki epäjatkuvuuskohdat. NDT-tarkastajan ratkaistavaksi jää kulloinkin onko kysymys viasta, vai onko heijastus täysin geometriasta johtuva.

Ultraäänilaitte kalibroidaan siten, että otetaan tietynkokoisesta tunnetusta heijastajasta

vertailukaiku ja yhdistetään tähän kyseessä olevan matkan aiheuttama äänen vaimennus. Tarkastustuloksena saadaan tietystä epäjatkuvuuskohdasta kaiku, jota verrataan tunnetun kalibrointireiän antamaan kaikuun.

Ultraääniluotaimena käytetään joko normaali tai kulmaluotaimia. Normaaliluotaimella löydetään kerrostumat parhaiten, kun taas halkeamat, jotka kuten korroosio- tai väsymisvauriotkin yleensä lähtevät komponentin pinnasta, löytyvät parhaiten kulmaluotaimella. Ultraäänitarkastuksen periaate on esitetty kuvassa 9. Ultraäänitarkastus soveltuu useimmille prosessiteollisuuden aineille alkaen n. 5 mm:n paksuudesta ylöspäin. Austeniittinen teräs varsinkin valetussa ja hitsatussa muodossa, vaimentaa ultraääntä voimakkaasti ja tuottaa näin ollen vaikeuksia.

Sekä valmistuksen että käytön aikana hitsit ovat komponenttien kriittisimpiä kohteita. Tästä syystä niille suoritetaan laadun valmistamiseksi laajasti ultraäänitarkastuksia, joskus radiografiatarkastuksien lisäksi tai niitä korvaamaan.



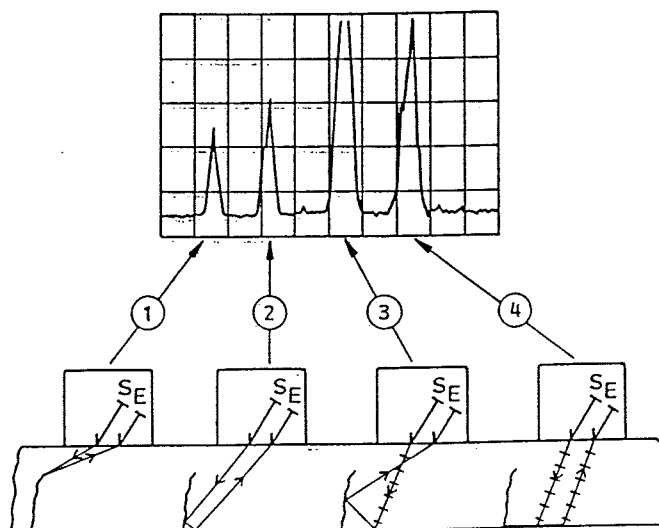
Kuva 9. Periaatekuva hitsin ultraääniluotauksesta /8/.

Kriittisten komponenttien, kuten paineastioiden määräraikaistarkastuksessa ollaan nykyään osin siirtymässä nk. "fitness for purpose" – ajattelutapaan tarkoittaen sitä, että tavanomaisen hyväksymisrajojen sijaan lasketaan hyväksyttävät vikakoot tapauskohtaisesti. Menetelmä edellyttää murtumismekaanisia laskutoimenpiteitä ja vikojen tarkkaa koon määrittämistä, johon päästään käyttämällä erikoistekniikoita /9/ ja erikoisluotaimia, kuten aaltomuodonmuutosluotaimia (kuva 10, /10/).

5.3

Laakerimetallin kiinnittyvyyden tarkastus

Ultraäänitarkastuksella voidaan todeta liukulaakereiden laakerimetallin ns. valkometallin kiinnittyvyyden terästä- ja teräsvalupohjaan. Jos valkometallipinnoite on irti, heijastuu äänenpaine tehokkaasti takaisin rajapinnasta. Jos toisaalta valkometalli on kiinni pohjassa kulkeutuu osa äänestä rajapinnan läpi. Menetelmää ei voida käyttää lohenpyrstöurilla varustetuille harmaavalun (suomugrafiitti) alustalle valetuille liukulaakereille.



1. Pitkittäisaalto, särön kärki
2. Pitkittäisaalto, särön nurkka
3. Aaltomuodonmuutos, 30 - 70 - 70
4. Aaltomuodonmuutos, sisäpinnan ryömintä

Kuva 10. Monikaikuteknikan periaate /10/.

5.4

Vuotojen ja koronakohtien ilmaisu ultraäänen avulla

Kun kaasu tai neste purkautuu pienestä aukosta, syntyy niin korkeataajuisia ääntä, ettei sitä ole ihmiskorvin havaittavissa. Ääni syntyy ultraäänitaajuudella ja tämä korkea taajuus voidaan vastaanottaa ultraäänianturein ja muuttaa taajuusmuuntimella kuuluvaksi ääneksi. Vuotokohta haetaan ilmaisulaitteella joko suoraan koestamalla tai ilman kautta etsimällä. Ilman kautta etsintä on käytännöllistä ympäristössä, jossa perusmelu on korkea kuten kattilalaitoksilla. Jossain tapauksessa voidaan etsi vuotoja kuten lämmönvaihtimista käyttäen aktiivista ultraäänilähetintä sijoitettuna tarkastettavaan kojeeseen.

Kun sähköisiä purkauksia tapahtuu ns. korona-ilmiön kautta, syntyy samalla tavalla kuin vuotojen tapauksessa erittäin korkeataajuisia ääntä. Sopivalla suuntausanturilla eli antennilla voidaan sähkölaitteiden, kykintäkenttien ja korkeajännitelinjojen purkauksia havaita useiden kymmenien metrien päästä ja eräiden valmistajien mukaan jopa helikopterista käsin.

6

RADIOGRAFIA

6.1

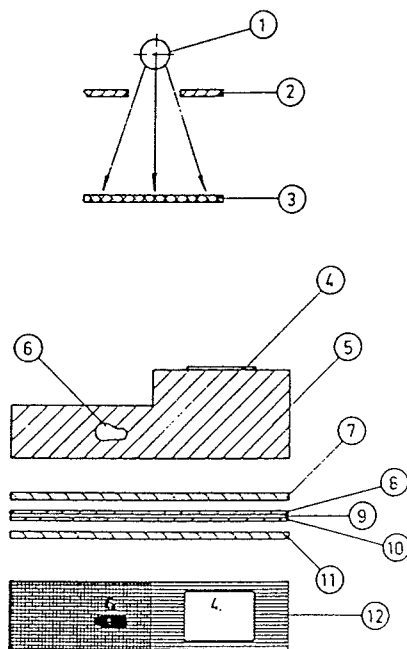
Vian etsintä

Röntgenkuvauksessa käytetään säteilyn heikentymistä eli absorptiota hyväksi siten, että kuvattavan aineen tai komponentin mahdolliset epäjatkuvuuskohdat aiheuttavat filmiin mustumaeroja. Mustumaerojen perusteella voidaan kohdat luokitella tiettyjen normien ja ennen kaikkea kokemuksen perusteella.

Koska röntgenkuvaus paljastaa hyvin kolmiulotteisia epäjatkuvuuskohtia, kuten hitseissä

huokosia, kuonasulkeumia, valumia, ainevajautta, juurivikoja ym., ymmärretään, että korroosion ja eroosion aiheuttamat kuopat ja muut viat saadaan esille.

Tarkka röntgenkuva voi myös paljastaa pintojen rosoisuutta tai epätasaisuutta. Vaurioiden aiheuttamat mustumaerot ovat yleensä niin pieniä, että on syytä käyttää näiden esillesaamiseen melko pehmeätä säteilyä. Tästä syystä isotooppikuvaus soveltuu röntgenkuvausta huonommin tähän tarkoitukseen. Kuvassa 11 /11/ on esitetty radiografiatarkastuksen periaate.



Radiografian periaate

1. Sätelylähde
2. Sätelyn rajottin
3. Suodatin
4. Indikaattori
5. Tarkastettava kohde
6. Huokonen kohteessa
7. Suodatin
8. Etuvahvistuslevy
9. Filmi
10. Takavahvistuslevy
11. Taustasta sironneen säteilyn suodatin
12. Kehittyvä filmi

Kuva 11. Radiografian periaate /11/.

Radiografian huomattavin rajoitus säröntyypisten vaurioiden paljastamisessa on kaksikulotteisen vian – kuten halkeaman – löytäminen. Kaksikulotteisen vian löytämiseksi säteilyn suunnan on oltava oikea ja vian leveyden suurempi kuin filmiin syntyvän luontaisen epätarkkuuden.

Radiografiaa käytetään teollisuuden komponenteissa lähinnä hitsien ja myös esim. kattilaputkien ja seinämien valmistus- ja korjauskuvaukseen.

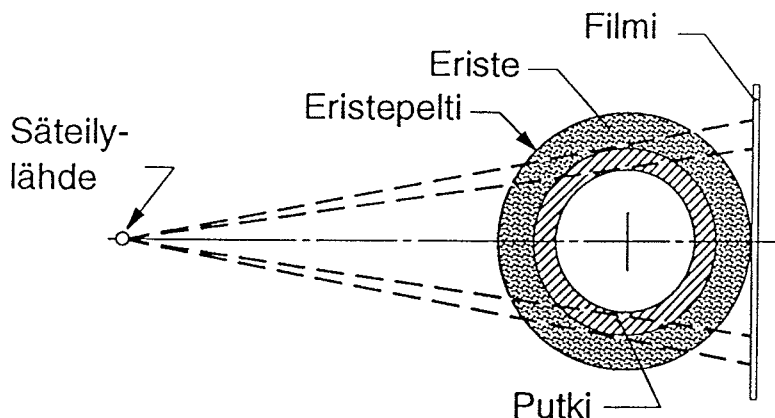
6.2 Profiilikuvaukseen

Kunnossapidon kannalta tärkein "uutuus" radiografiassa on isotoopin käyttö ns. profiilikuvauksessa. Tällä tekniikalla pystytään putkia tyhjentämättä ja eristeitä purkamatta kuvaamaan esimerkiksi sisäpuoliselle korroosiolle tai kulumiselle alttiita kohteita ja saamaan niistä suhteellisen tarkka kuva. Profiilikuvauksen periaate on esitetty kuvassa 12. Kuvauksessa valotetaan putki siten, että filmille syntyy putken profiilista projektiokuva.

6.3

Twinprofile-menetelmä

Suomessa on kehitelty läpivalaisumenetelmä, jossa filmi on korvattu kahdella säteilyanturilla. Anturit mittaavat putken radiometrisesti tietyssä leikkaustasossa ja tulostus saadaan absorptioprofiilikuvan muodossa. Menetelmällä on samat edut kuin profiilikuvauksella siinä, ettei putkea tarvitse purkaa eristeestä kuvausta varten. Lisäksi kuvaksessa käytetään niin heikkoa säteilyttäjä, ettei kuvaustyö vaadi tavanomaisia säteilysuojaustoimenpiteitä.



Kuva 12. Profiilikuvauksen periaate .

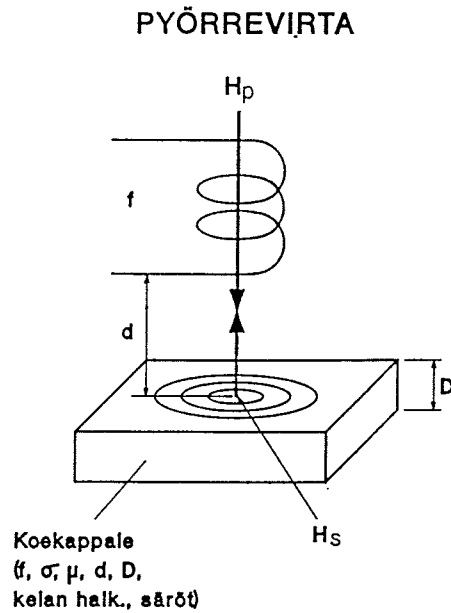
7 PYÖRREVIRTATARKASTUS

Pyörrevirtamenetelmä on sähkömagneettinen menetelmä, jota käytetään sähköjohtavien aineiden pinnan ja pinnan välittömässä läheisyydessä olevien epäjatkuvuuskohtien etsimiseen.

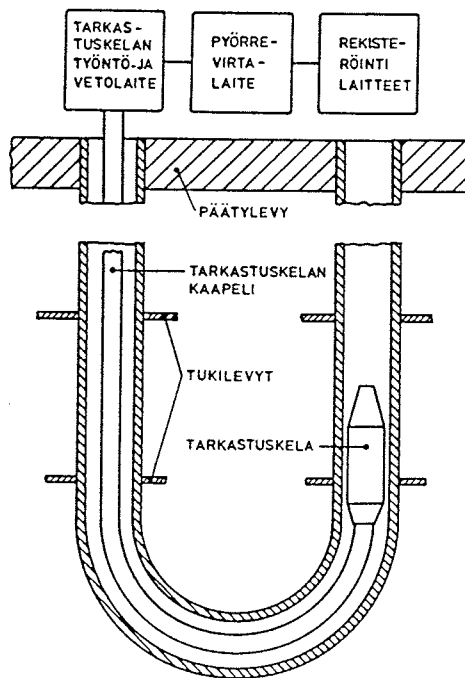
Pyörrevirtamenetelmä soveltuu parhaiten ei-ferromagneettisten ohuiden putkien tarkastamiseen. Menetelmää käytetään myös säröjen syvyyden sekä kalvojen paksuuksien mittaamiseen.

Pyörrevirta-anturi, johon on rakennettu pienikokoinen kela, indusoi sähköä johtavaan aineeseen pyörrevirtoja vaihtovirtamagneettikentän avulla. Pyörrevirtojen ansiosta syntyy aineeseen magneettikenttä, joka vaikuttaa impedanssiin. Jos kelan vaikutuspiirissä on ainevajausta, kuten särö tai korroosion aiheuttama kuoppa, on tämä rekisteröitävissä. Jos tarkastettavan kohdan, esimerkiksi putken, geometria muuttuu, muuttuu myös impedanssi, joten pyörrevirtamenetelmä ilmoittaa lähinnä muutoksia. Pyörrevirtatarkastuksen periaate on esitetty kuvassa 13 /12/.

Teollisuudessa käytetään pyörrevirtamenetelmää ennen kaikkea lämmönvaihtimien ja lauhduttimien tuubien sisäpuoliseen tarkastamiseen. Tällöin työnnetään tai ammutaan anturi ilmanpaineen avulla putkeen, joko kaikkiin, tai tiettyyn ennalta sovittuun osaan kaikista putkista. Näitä sisäisiä antureita on oltava joka putkikokoa varten erilainen. Standardikelat ovat halkaisijaltaan 12 – 40 mm. Tarkastuksessa avulla määritellään ne putket, jotka on vaihdettava tai tulpattava seuraavan käyttöjakson häiriöttömän toiminnan varmistamiseksi (kuva 14 /13/)



Kuva 13. Pyörrevirtatarkastuksen periaate. Primaarikenttä(H_p),sekundarikenttä (H_s) ja siihen vaikuttavat parametrit lueteltu /12/.

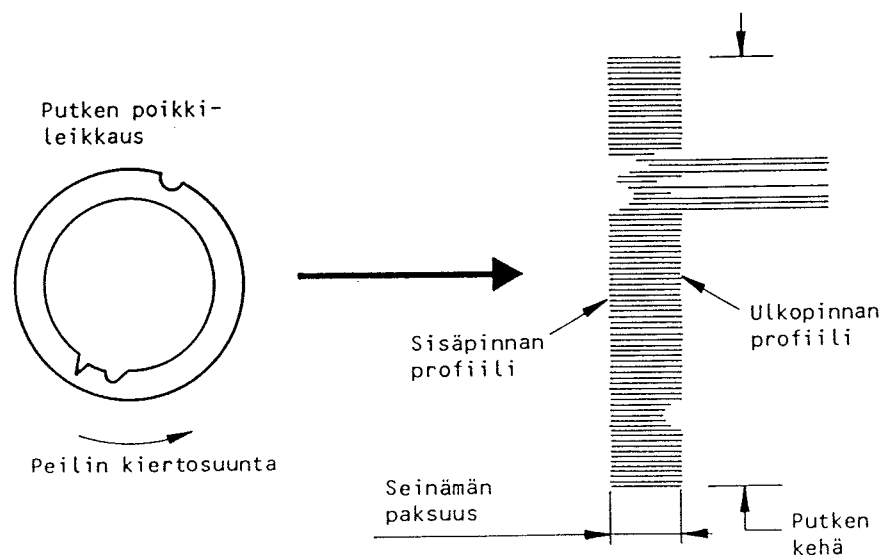


Kuva 14. Asennetun lämmönvaihtimen putken tarkastus /13/. Tehollinen tarkastussyvyys rajoittuu yleensä 5 mm:iin. Kalibroitireikänä käytetään

esimerkiksi 2 mm:n sisä- ja ulkopinnassa olevia tasapohjareikiä. Optimiolosuhteissa pystytään 0,1 mm:n porauksella tehty reit erottamaan. Näissä laitteissa käytetään nykyään muistioskilloskooppeja, jolloin indikaatiot on helposti valokuvattavissa.

Pyörrevirtatarkastusta pyritään myös nykyään soveltamaan ferromagneettisten aineiden tutkimiseen. Menetelmä edellyttää tällöin aineen magneettista esikyllästämistä. Ferromagneettisia lämmönvaihdinputkia on tällä tavalla tarkastettu pyörrevirralla. Koska tulokset ovat vielä melko epätarkkoja, voidaan näiden tarkastuksien yhteydessä epäilyttäviä kohtia tarkastaa jälkikäteen ultraäänitekniikkaa käyttäen. Tällöin käytetään erikoista pyörivällä anturilla varustettua laitteistoa (kuva 15 /14/).

Pyörrevirtatekniikan yleissovellutuksia on käsitelty lähemmin mm. viitteessä /15/. Menetelmää käytetään lisäksi rajoitetusti pintavikojen etsintään, myös ferriittisten hitsien tarkastustekniikoita pyritään kehittämään/16/.



Kuva 15. Vasemmalla on kalibrintiputken poikkileikkaus, jossa näkyvät keinoviat, oikealla yhdestä ultraäänianturin pyörähdyksestä saatava kuva. Jokaisesta lähetetystä ultraäänipulssista saadaan kuvaan yksi vaakaviiva /14/.

8

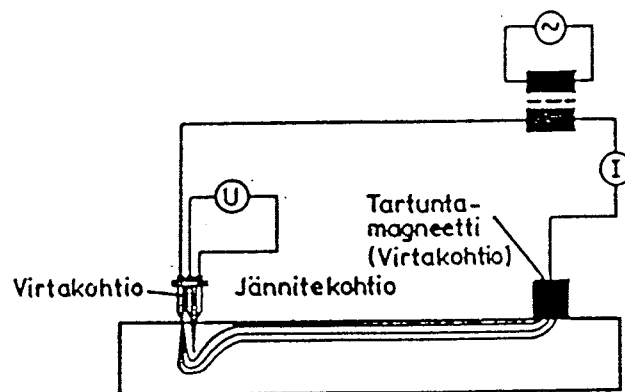
SÄRÖJEN SYVYYDEN MITTAUS

Pinnasta löydetyn säröindikaation syvyys on aina tarkemmin selvitettävä. Ellei pintaa voida hioa, on käytettävä jompaa kumpaa varsinaista särön syvyyden mittaamismenetelmää. Nämä ovat jännitteenpudotusmenetelmä (Potential Drop Method) ja pyörrevirtamenetelmä. Näiden menetelmien lisäksi antavat sekä ultraääni-, magneettijauhe- että tunkeumanestetarkastus arvion särön syvyydestä. Näitä muita mahdollisuuksia on käsitelty tarkemmin viitteessä /17/.

Sähköä johtavissa aineissa voidaan käyttää vastusta hyväksi särön syvyyden mittamiseen.

Mittaus perustuu siihen, että jännitehäviö särön yli on huomattavasti suurempi kuin vastaavan etäisyyden yli ehjässä aineessa (kuva 13). Tällä tavalla voidaan päästä aina 100 mm:n vaikutussyvyyteen asti. Matalampia säröjä mitattaessa tarkkuus on luokkaa 0,2 mm. Mittaus ei kuitenkaan onnistu jos särössä vallitsee puristusjännitys.

Särön syvyys voidaan mitata melko yksinkertaisilla ja tietenkin hienostuneemmillaakin pyörrevirtalaitteilla. Tällöin laite varustetaan kynäanturilla ja kalibroidaan sopivalla kalibrointipalalla. Saavutettu tarkkuus näillä mittareilla on 0,1 mm:n luokkaa. On kuitenkin otettava huomioon, että näissä laitteissa käytetty korkea taajuus rajoittaa nk. pintaefektin takia pyörrevirtojen tunkeutuvuuden muutamaa millimetriä.



Kuva 16. Säröjen syvyyden mittaus vastusperiaatteella vaihtovirralla /8/.

9

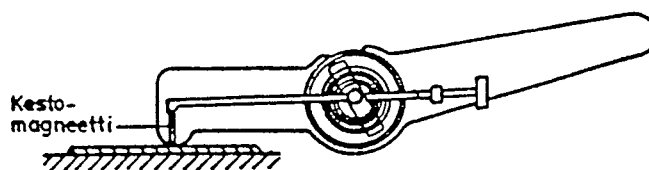
KALVONPAKSUUSMITTAUS

Kalvonpaksuuksia mitataan tavallisimmin magneettiseen vetovoimaan perustuvilla mittareilla, pyörrevirtamittareilla tai täysin mekaanisesti jousen vastavoimaperiaatteella. Yksinkertaisin mittari on joustovoimamittari nk. banaani (kuva 17).

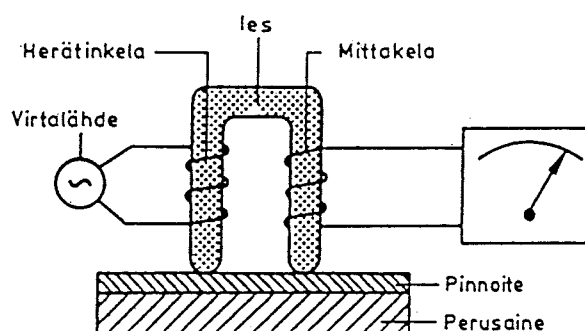
Magneettisuuteen perustuvat mittarit mittaavat vetovoiman elektronisesti joko yksipiste- tai kaksipistemittauksella (kuva 15). Vetovoima on suoraan verrannollinen epämagneettisen kerroksen paksuuteen.

Tämäntyyppisillä mittareilla on eräissä tapauksissa mahdollista mitata kalvo/perusaineyhdistelmiä, joissa molemmat aineet ovat ferromagneettisia, kunhan aineiden permeabiliteetit eroavat riittävästi toisistaan.

Kalvonpaksuusmittauksia mitataan myös pyörrevirtalaitteilla. Ne on varustettu pintakeloilla ja mittausperusteena on kelan ja sähkö johtavan aineen etäisyyden muuttuminen. Niillä on mahdollista mitata myös sähköä johtavan päällysteen paksuus, jos perusaine ei johda sähköä.



Kuva 17. Kalvonpaksuusmittaus jousen vastavoimaperiaatteella /8/.



Kuva 18. Kalvonpaksuusmittaus kaksipistemittauksella käyttäen vaihtovirtamagneettikenttää /8/.

Magneettiseen vetovoimaan perustuvien laitteiden mittausalue on 0 – 1000 μm ja niiden tarkkuudet ovat $\pm 10\%$.

Kalvonpaksuusmittausta käytetään teollisuudessa maalaus- tai suojausprosessien yhteydessä useimmiten varmistamaan kalvonpaksuuden riittävyyden. Magneettitarkastuksen yhteydessä mittaus voi tulla ajankohtaiseksi silloin kun halutaan tarkastaa ettei maalipaksuus ole liian suuri. Kalvonpaksuusmittauksia on käsitelty tarkemmin viitteessä /18/.

10

KOVUUSMITTAUS KENTÄLLÄ

Kovuusmittaus ei fysikaalisesti ottaen ole rikkomaton menetelmä, koska pintaan aina jää pieni jälki, mutta kappaletta ei tarvitse rikkoa mittausta varten. Kovuusmittaus voi olla hyvä menetelmä aineiden tunnistamiseksi. Kovuusmittaus voidaan suorittaa tavanomaisin keinoin painettavilla käsikovuusmittareilla, Poldivasaralla jne.

Markkinoilla on myös siirrettäviä mittareita, joista saadaan mittatulos välittömästi mittauksen yhteydessä digitaalisena vertailulukuna. Mittaus perustuu aineen sekä kimmoisiin että plastisiin muodonmuutosominaisuuksiin ja suoritetaan siten, että pintaan ammutun pienen kuulun lähtönopeutta verrataan takaisinkimmahdusnopeuteen ja vaimenemiskäyttämiseen.

Paineastia-alalla voi vaurioiden hitsauksessa olla hyötyä tämän tyyppisestä mittauksesta, jossa tulos saadaan heti. Menetelmällä saadut tulokset saattavat vaihdella johtuen pinnankarheuseroista ja paikallisista koostumuseroista, mutta monasti vertaileva tulos on jo käyttökelpoinen.

11

AKUSTINEN EMISSIO

Menetelmää, jota kutsutaan myös fononiemioksi, käytetään kokonaisten komponenttien tai osajärjestelmien eheystarkkailuun. Menetelmässä käytetään perinteisesti hyväksi materiaalissa olevien ainevikojen ultraäänitaajuuksilla lähettämiä signaaleja. Materiaalissa olevat viat tulevat aktiivisiksi, jos deformaatiota tapahtuu esimerkiksi koeponnistusten aikana. Muuttamalla kappaleen pintaan kiinnitettyjen pietsosähköisten antureiden avulla äänet sähköisiksi pulsseiksi, ja niitä sopivasti suodattamalla ja lähetyskohtia seismograafisesti paikantamalla, voidaan saada informaatiota mahdollisista kasvavista ainevioista. Menetelmää voidaan myös käyttää suoraan kuuntelemiseen ja siten esim. ydivoimaprosessissa liikkuvien ei-toivottujen esineiden havaitsemiseen. Suomessa on menetelmää ansiokkaasti kehitelty ja käytetty m.m. erinäisten soodakattilajoissa tapahtuvien muutosten havaitsemiseen. Tätä aihetta käsitellään tarkemmin seuraavassa luennossa.

12

JÄLJENNETARKASTUS

Joskus tavanomaiset NDT-menetelmät eivät anna tarvittavia tietoja pintojen yksityiskoh-
taisemmasta mikrorakenteesta. Jos tarkastettavasta kohteesta ei ole irroitettavissa näytepa-
loja mikroskooppitutkimuksia varten, on syytä harkita jäljennöksen ns. replikan tekemistä
kiinnostavasta pinnasta.

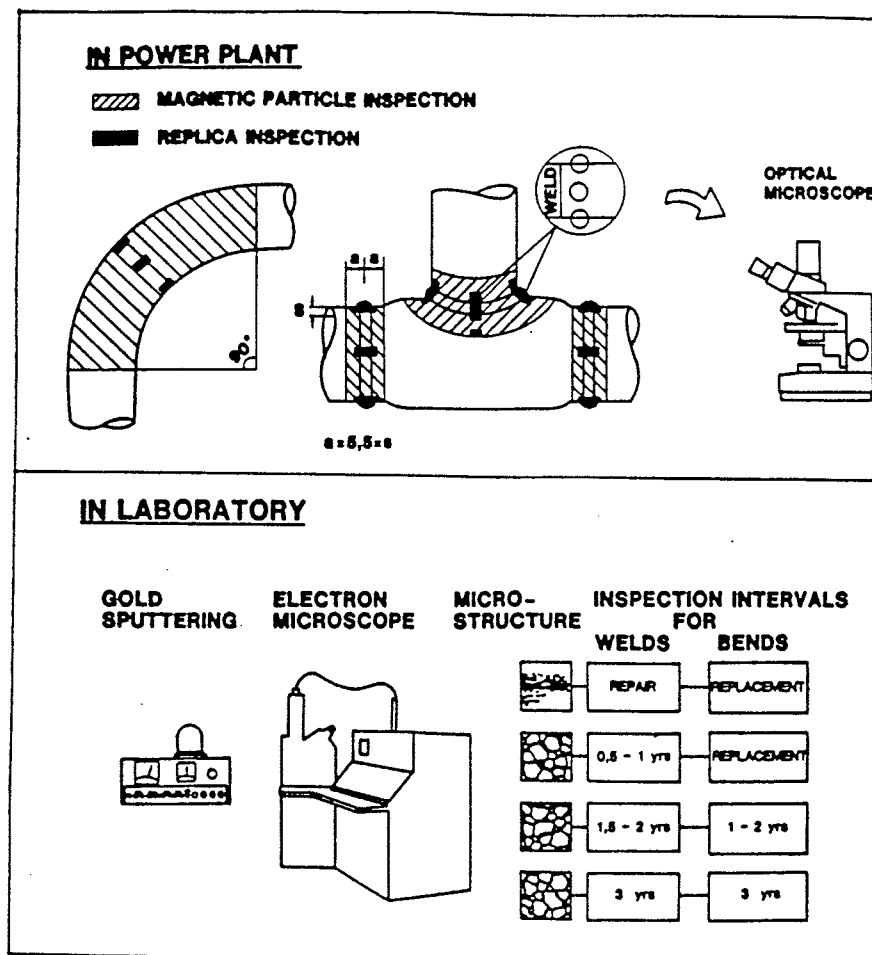
Jäljennetekniikassa tarkastettava kohta hiotaan ensin mekaanisesti ja kiilloitetaan tämän
jälkeen elektrolyytisesti. Seuraavaksi kohta syövytetään ja jäljennös pinnasta otetaan esim.
muovikalvoon. Tämän jälkeen kalvoa voi tarkastella mikroskoopissa ja sen voi tarvittaessa
päälystää ohuella kultakerroksella elektronimikroskooppitarkastelua varten. Tarkastelun
yhteydessä on valokuvauksella helppo dokumentoida näytetulokset.

Tämä menetelmä, jota kutsutaan jäljennemenetelmäksi, on menestyksellisesti otettu
käyttöön kattilalaitosten, turbiinien ja varsinkin höyryputkistojen eliniän määrittämiseen.
Menetelmän avulla tarkistetaan virumisvaurioiden syntyä ja seurataan niiden etenemistä
määräajoin suoritetuilla tarkastuksilla. Tällöin oikeiden tarkastuskohteiden valinta on
ensiarvoisen tärkeää. Menetelmää ja kokemuksia Suomessa on tarkemmin käsitelty
viitteessä /19/ ja pitkään käytössä olleiden päähöyryputkien virumisanalyysi jäljenne-
menetelmää käyttäen on käsitelty viitteessä /20/. Kuvassa 19 on esitetty jäljennemenetel-
män periaate.

13

BARKHAUSEN KOHINAMITTAUS

Viimeinen tulokas NDT-menetelmärintamalla on Barkhausen kohinamittaus. Menetelmää
on tutkittu Suomessa intensiivisesti ja tunnetuin laitevalmistaja on suomalainen. Menetel-
mässä käytetään magneettikenttää ja aineen jännitystilän vuorovaikutusta hyväksi.
Menetelmän mittasyvyyydet vaihtelevat 0,01 mm –1,5 mm välillä. Käytännön sovellutuk-
sista voidaan mainita jännitystilän mittaus, mikrorakenne-erojen arviointi ja sellaisten
vikojen analysointi, joihin liittyy muutoksia sekä mikrorakenteessa että jännitystilassa.
Menetelmää on tarkemmin kuvattu viitteissä /21/ ja /22/.



Kuva 19. Jäljennetarkastuksen vaiheittainen eteneminen /19/.

14

TARKASTUSVAATIMUSTEN MÄÄRÄYTYMINEN

Paineastian tarkastuksella pyritään valvomaan, että paineastia valmistetaan määräysten mukaisesti ja, että sitä käytetään turvallisesti. Paineastian tarkastuksia ovat rakennetarkastus, käyttöönotto-tarkastus sekä määräaikaistarkastus. Rakenne- ja määräaikaistarkastuksia täydennetään usein NDT-tarkastuksella/23/. Paineastiapuolella käytetään viraanomaisten suorittamista toimituksista "tarkastus"-sanaa korostaen samalla, että toimitukseen liittyy virallisia hyväksymisiä. Muiden suorittamista tarkastustoimista käytetään vastaavasti termiä "NDT-testaus".

Paineastioiden NDT-testauksia tehdään sekä lakisääteisesti että vapaaehtoisesti, jolloin lakisääteiset toiminnot on luotu varmistamaan paineastian turvallinen käyttö ja kaikki vapaaehtoisella pohjalla suoritettut testaustoiminnot tähtäävät komponentin käyttövarmuuteen.

Lakisääteisiä testauksia saavat tehdä vain valvontaviranomainen, Valtion teknillinen tutkimuskeskus ja valvontaviranomaisen hyväksymä testauslaitos, jonka palveluksessa on hyväksytty testauksen valvoja ja pätevidyt testajat (KTMP 391/84). NDT-testaajan tulee olla pätevoidetty NORDTEST-järjestelmän tai vastaavan mukaan. Tarkempia tietoja tarkastusvaatimusten määräytymisestä on käsitelty viitteessä /8/jä /23/.

15

KIRJALLISUUSVIITTEET

1. Ruohola, J., Voimalaitosten kunto Suomessa. Energia ja kunnossapito. Kongressi. Kustannus Oy Kunnossapitotekniikka. Tampere. 1994. 26 s.
2. Löbert, P. & Schaar, R., Zerstörungsfreie Prüfung zur Sicherung und Erhöhung der Verfügbarkeit von Maschinen und Anlagen in Kraftwerken. Der Maschinenschaden 61, Heft 3, 1988, s. 124 – 133.
3. Åström, T., Magneettijauhettarkastus. Tekninen tiedotus 10/78. Suomen Metalliteollisuuden Keskusliitto. Helsinki 1978, 25 s.
4. Åström, T., Magneettijauhettarkastuksen perusteet. Osa I. Hitsaustekniikka 4 – 5. 1978, s. 132 – 141.
5. Åström, T., Magneettijauhettarkastuksen perusteet. Osa II. Hitsaustekniikka 2. 1980, s. 40 – 48.
6. Åström, T., Tunkeumanestemenetelmä. Hitsaustekniikka 1. 1986, s. 23 – 28.
7. Åström, T., MP- ja PT- tarkastusaineiden käyttöturvallisuus. AEL-INSKO julkaisu HO61601/94. NDT-päivä. Helsinki 1994. 13 s.
8. Åström, T., NDT- Tarkastukset. AEL-INSKOn julkaisu HO63601/94. Paineastiat-yleistietoutta. Helsinki 1994. 18s.
9. Särkiniemi, P., Kauppinen, P. & Jeskanen, H., Jännityskorroosiosäröjen ultraäänitutkimus. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 703. Espoo 1987, 49 s.
10. Särkiniemi, P., Jännityskorroosiosäröjen ultraäänitestaus putkistoissa. Suomen Hitsausteknillisen Yhdistyksen NDT-päivä. Oulu 1988, 11 s.
11. Leiponen, H., Radiografian perusteita. Hitsaustekniikka 4 – 5, 1978, 5 s.
12. Åström, T., NDT-menetelmien kehitysnäkymät hitsausliitosten tarkastuksessa. Tekninen tiedotus 2/90, Suomen Metalli-, Kone- ja Sähköteollisuuden Keskusliitto. Helsinki 1990, 88 s.
13. Aho-Mantila, I., Pyörrevirtatarkastuksen perusteet ja soveltaminen putkien tarkastukseen. Kirjallisuustutkimus. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Metallilaboratorio, Tiedonanto 19. Espoo 1978, 79 s.
14. Lahdenperä, K., Pitkänen J. & Lipponen, A., Lämmönvaihdinputkistojen ultraäänitestaus. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 734. Espoo 1987, 22 s.
15. Lahdenperä, K., Pyörrevirtamenetelmän sovellutuksia. Ammattienedistämislaitos. NDT-päivä. Helsinki 1989. 26 s.
16. Lahdenperä, K., Pyörrevirtamenetelmän soveltaminen hitsien testauksessa. INSKONn julkaisu 21-90. Paineastioiden NDT-tarkastukset. Helsinki 1991. 19 s.
17. Åström, T., Pintamenetelmien käyttö säröjen syvyyden mittaamiseen kenttäolosuhteissa. Ammattienedistämislaitos. NDT-päivä. Helsinki 1979, 9 s.

18. Ruotsalainen, M., Pinnoitteiden paksuuden mittaus rikkomattomin menetelmin. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Metatallilaboratorio. Tiedonanto 67. Espoo 1980, 40 s.
19. Vierros, P., Pintajäljennemenetelmän käyttö. AEL. NDT-päivä. Helsinki 1989, 7 s.
20. Salonen, J. & Vierros, P., Pitkään käytössä olleen päähöyryputken virumisvaurio-analyysi jäljennemenetelmää käyttäen. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tutkimuksia 587. Espoo 1989, 52 s.
21. Karvonen I., Barkhausen analyysi (Magnetoelastinen tarkastus). Suomen Hitsaus-teknillisen Yhdistyksen NDT-päivä. Oulu 1988, 4 s.
22. Karjalainen, P. & Rautioaho, R., Applications of Barkhausen noise measurements. Anglo-Finnish joint symposium on advances in nondestructive testing, VTT-symposium 93. Espoo 1988, ss. 144-162.
23. Kaijanen, R., Tarkastusten ja tarkastusvaatimusten määräytyminen. Paineastiat. Ammattienedistämislaitos. Helsinki 1993, 9s.

AKUSTINEN EMISSIONTARKASTUS

Esa Ilves, Keskeytysvakuutusosakeyhtiö OTSO

Konemestaripäivät
31.1.1996
Pietarsaari

AKUSTINEN EMISSIONTARKASTUS

Esa Ilves
Keskeytysvakuutusosakeyhtiö OTSO

JOHDANTO

Keskeytysvakuutusosakeyhtiö OTSO on suorittanut vuodesta 1971 lähtien NDT-tarkastustoimintaa pääpainona vahinkojen hoito ja ennaltaehkäisevä vahinkojen torjunta. Eräänä tärkeimpänä toiminnan kohteena ovat olleet soodakattilat, joiden vauriot saattavat aiheuttaa satojen miljoonien markkojen aineelliset ja tuotannolliset menetykset, puhumattakaan ihmishenkien menetyksistä.

Tämän vuosikymmenen alussa sattuneessa keittopintaputkistovauriossa tuli ajatus hankkia vuotojen ilmaisujärjestelmä, mutta hanke kaatui pitkään toimitusaikaan. On sinänsä ihme, että Suomessa on maailman suurimmat soodakattilat, muttei niissä ole tänä päivänäkään vuotojen ilmaisujärjestelmiä.

Vuosina 1993 ja 1994 sattuneet keittopinta- ja eko-vauriot aktivoivat kattilanvalmistajan hankkimaan erään kattilan valvontaan akustisen emissiotarkastuslaitteiston, johon voidaan liittää myös atmosfäärianturit pelkästään vuodon ilmaisuun.

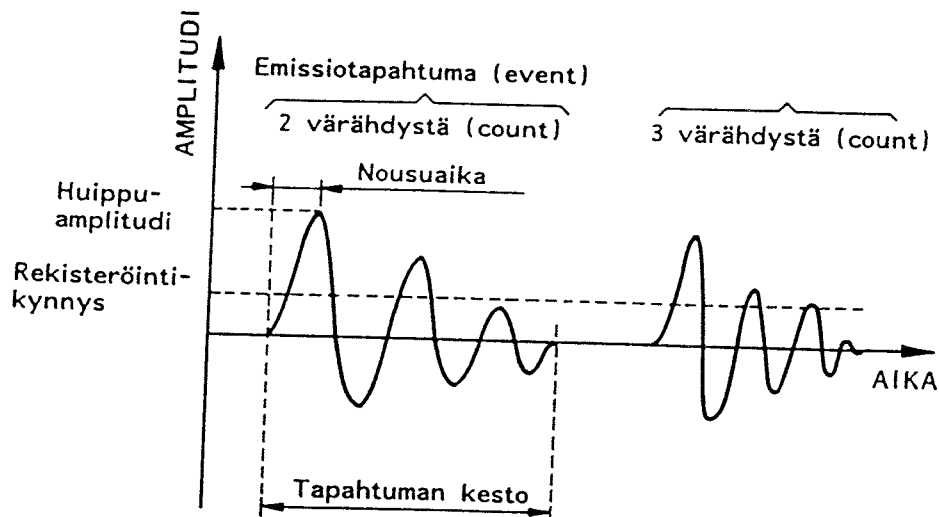
Tässä yhteydessä saatu ja NESTE Oy:n saamien kokemusten pohjalta OTSO hankki oman laitteiston kesällä 1995. Hankittu laitteisto on kuusi anturinen. Se on hankittu pyörivien koneiden kunnonvalvontaan, mutta sitä voidaan käyttää myös paineistettujen komponenttien säröilyn valvonnassa. Tässä esitelmässä on tarkoitus kertoa laitteen käytöstä saaduista kokemuksista.

AKUSTISEN EMISSIONMITTAUKSEN (AE) PERIAATE

Akustiseksi emissioksi kutsutaan jännitysaaltoimpulsseja, joita syntyy pienten energiamäärien vapautuessa esimerkiksi särönkasvun tai materiaalin deformatumisen yhteydessä. Impulssimaiset tapahtumat, joita ovat esimerkiksi särön hyppäyksellinen kasvu, korroosiopartikkeleiden rikkoontuminen tai irtoilu, aiheuttavat purskemaista akustista emissiota. Jatkuvaksi akustiseksi emissioksi kutsutaan puolestaan esimerkiksi vuotojen tai huonon voitelun aiheuttamaa emissiota.

Emissiopulssit etenevät materiaalissa ultraäänen tapaan heijastuen, vaimentuen ja synnyttäen erilaisia aaltomuotoja. Käyttökelpoinen taajuusalue käytettäessä akustista emissiota metallirakenteissa on 50 kHz - 1 MHz. Otson hankkiman laitteiston taajuuskaista on 150 kHz - 160 kHz, jolloin mekaanisten häiriölähteiden aiheuttama akustinen emissio jää tämän kaistan alapuolelle. Laitteeseen liitettävät atmosfäärianturit toimivat taajuuskaistalla 20 kHz. Vertailun vuoksi mainittakoon ihmisen kuulon taajuusalue 16 Hz - 20 kHz.

Akustinen emissio mitataan herkillä pietsosähköisillä antureilla, jotka muuttavat liikkeitä sähköisiksi signaaleiksi. Nämä signaalit vahvistetaan, suodatetaan, johdetaan edelleen tietokoneelle, joka muuttaa datan havainnolliseen graafiseen esitysmuotoon, katso liite 1. Käyrästön amplitudi kertoo emissiotapahtumien sisältämien värähdysten (count) määrän tiettyinä kestoajoina kuten kuvassa 1 on esitetty.



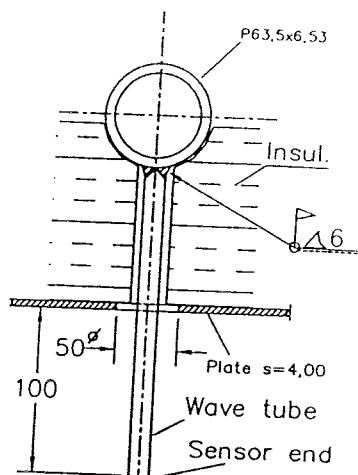
Kuva 1

TARKASTUSKOhteita

Koska laitteisto on kehitetty ajatellen jatkuvaa online valvontaa, toteutuneiden mittausten lukumäärä on tässä ajassa varsin rajallinen.

Soodakattilapuolella laitteisto on ollut kahdessa pohjassa kiinni ja yhden kattilan molemmissa lieriön päissä. Kattilapuolella ja yleensä kuumissa

kohteissa anturikiinnitys tehdään kuvan 2 mukaisella aaltoputkella siten, että anturi on eristeen ulkopuolella.



Kuva 2

Liitteessä 2 on soodakattilan pohjalta saatu tulostus amplitudimuodossa. Lieriöiden päästä saatu tulostus on liitteessä 3, josta näkyy keittopinta-putkiston heiluminen.

Soodakattiloiden lisäksi AE-tarkastuksia on tehty seuraaville kohteille:

- Kamyr-keittimiä 2 kpl. Toisessa valvottiin keittimen säröytymistä (liite 4) ja toisessa alakaavarin laakerin kuntoa (liite 5).
- Vesiturpiineita 3 kpl, liite 6
- Jätteenpolttokattiloita 2 kpl, liite 7
- Meesauuneja 2 kpl, liitteet 8 ja 9
- Yankee-sylintereitä 1 kp

KOKEMUKSET

Hyödyt:

- * Luoksepäästävyys: Ilmiöt, jotka aiheuttavat suuremman emissiomäärän, "kuuluvat" varsin pitkälle riippuen kohteen rakenteesta.

- * Emissio etenee yllättävän hyvin laakereiden läpi: Hyvänä esimerkkinä on meesauunitarkastukset, joissa tarkastellaan yhdellä anturilla laakerin kuntoa/voitelua, akselin ja kannatuspyörän vikaantumista, kannatuspyörän ja -renkaan välistä voitelua ja ennen kaikkea meesauunin linjausta. Linjausviat aiheuttavat paikallista ylikuormitusta, joka kertoo linjaustarpeesta. Eräässä testissä jopa kannatusrenkaan reunan hionnat kulmahiontakoneella näkyivät mittauksessa.
- * Hitaasti pyörivien kohteiden laakerivalvonnassa menetelmä on antanut yllättävän hyviä kokemuksia. .

Vaikeudet:

- * Vaikka akustinen emissiotarkastusta on tehty ja parisenkymmentä vuotta, menetelmästä ei ole kohdekohtaisia menetelmä ja hyväksyntä standardeja.
- * Kokemuksien hakeminen käytännön testeistä vaatii paljon aikaa, koska tarkastus on on-line tyyppinen ja mahdolliset termiset rasitukset tulisi saada mukaan mittaukseen.
- * Akustiselta emissioltaan matala energiatasoisista ilmiöistä kuten jännityskorroosiosta tulisi saada lisää tutkittua tietoa. Mikä näkyy laboratorio-olosuhteissa, ei ilmene välttämättä käytännön kalibrointitasolla. Käytännön mittauksissa jännityskorroosio näkyy todennäköisemmin vaurion ollessa selvässä säröilyvaiheessa. Esim. omissa kokeilussa jännityskorroosiokohdan lämmitys tyhjässä compound-putkessa aiheuttaa akustista emissiota, vaikka pinta on tässä vaiheessa puristusjännityksessä. Jännityskorroosion luonteen vuoksi ilmiö on varsin luonnollinen.
- * Ympäristön vaikutus
 - vuotaako lähettyvillä venttiili?
 - tuleeko tietty mekaaninen lyönti kuitenkin suodatuksen läpi?
 - sähköiset häiriöt
 - jne
- * Menetelmän käyttö irrallisena vaatii paljon käytännön kokemusta. Tulkinta vaatii myös muiden ndt-menetelmien käyttöä ja tuntemusta, mukaan lukien niiden puutteet. Ennen kaikkea on tunnettava tutkittavan kohteen todennäköisemmät vauriokohteet ja mekanismit.

- * Online periaatteella toimiva AE-kuuntelu kertoo kattilapuolella termisistä voimista ja säröytymisestä, mutta se ei kerro korroosio-ongelmista kuin korkeintaan "varttia vaille" vuotoa.

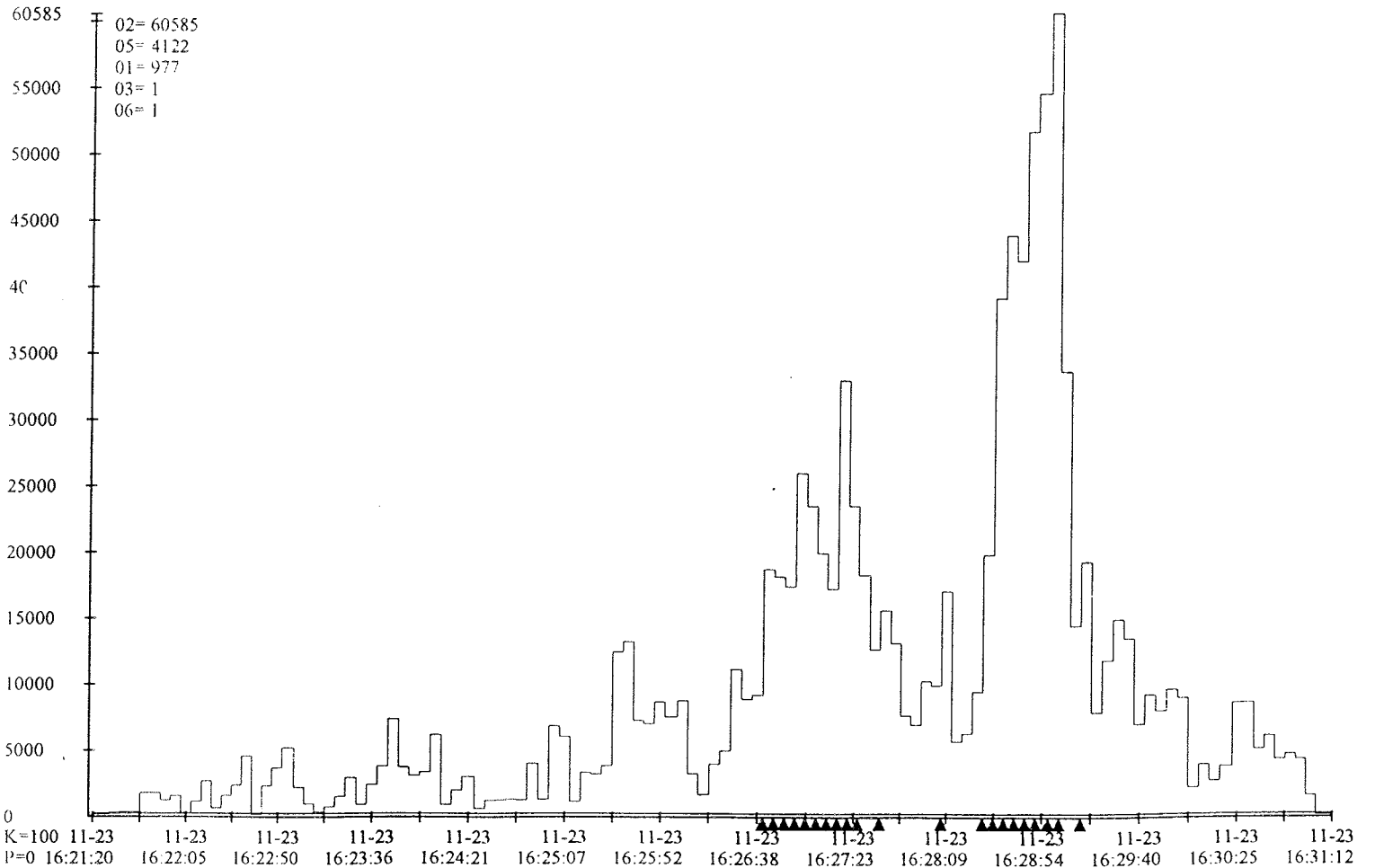
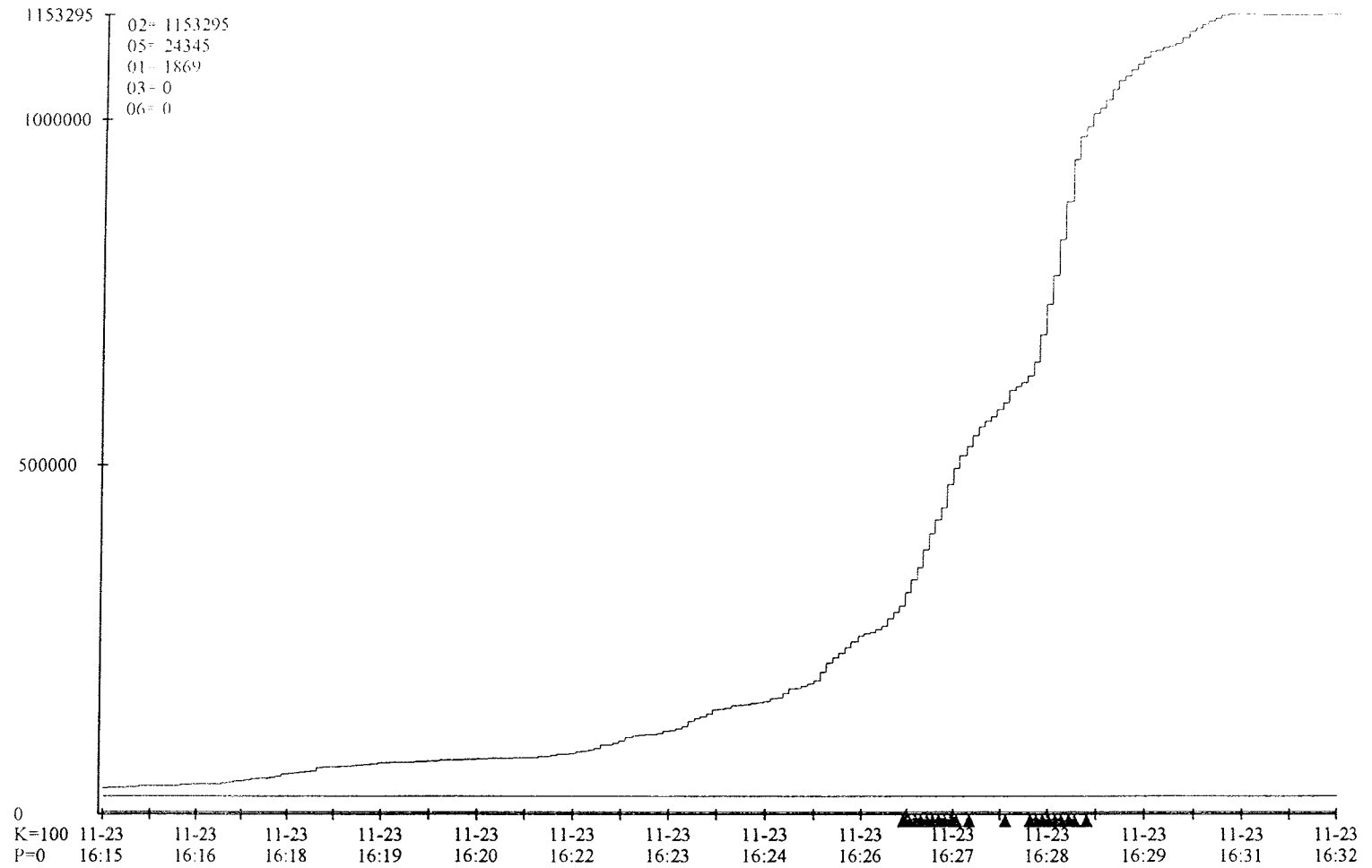
Soodakattilaympäristössä tärkeimpänä kohteena AE-valvonnalle on pohja. Koska jännityskorroosio näissä termisissä olosuhteissa etenee prosessin aikana varsin nopeasti, on särön ydintymisvaiheen havaitseminen lähinnä teoreettista. Jo tehdyissä mittauksissa yhtenä vaikeutena on ollut antureiden vähyys säröjen paikantamista ajatellen. Tärkeänä lisäparametrina on mahdollisuus lämpötilojen mittaamiseen (laitteeseen on liitettävissä lämpötila-anturit). Soodakattilan pohjan valvonnassa on aina muistettava myös vesipuolen valvonta. Esim. vetyhauraus tulee uskomukseni mukaan selkeästi näkyviin AE-mittauksessa. Soodakattilan pohjan valvonnassa anturit tulisi sijoittaa kohtiin, jotka saattavat olla paljaina käytön aikana kuten sularännien edustat, jolloin voidaan valvoa myös sularännien viereisiä hitsausaumoja seinällä. Pohjan ja sivuseinien välisten "kamparautojen" valvonta kannattaa myös sisällyttää valvontaan, jos kustannussyistä ei pyritä valvomaan koko pohjaa.

Lieriöiden päihin sijoitetut AE-anturit kertovat lieriöiden säröytymisestä ja ennenkaikkea keittopintaputkien kunnosta. Onko keittopintaputki säröytymässä tai onko putkien kiinnityspannat rikki? Tehdyissä mittauksissa näkyy selvästi nuohoimien liikkeitä, joka auttaa vikaantumisen paikantamisessa. Kattilavalmistuksessaan yksi vaikeus on rakenteen jousto. Liian jäykkä rakenne aiheuttaa vikaantumisen takuuajana ja liian "letkeä" rakenne 5 -10 vuoden kuluttua.

Vaikka AE-valvonta on periaatteessa online menetelmä, voidaan valvontaa laajentaa vaihtamalla antureiden paikkoja käyttöjaksojen aikana. Suurin kustannuserä on vain aaltoputkien asennus ja johtojen veto. Sama koskee myös muita laitteita kuten meesauuneja, pumppuja, puhaltimia, vaihteistoja....

Näillä näkymillä ja kokemuksilla OTSO on hankkimassa toista AE-laitteistoa vuoden 1996 aikana.

LIITE 1



874

800

700

600

500

400

300

200

100

0

K=1

P=0

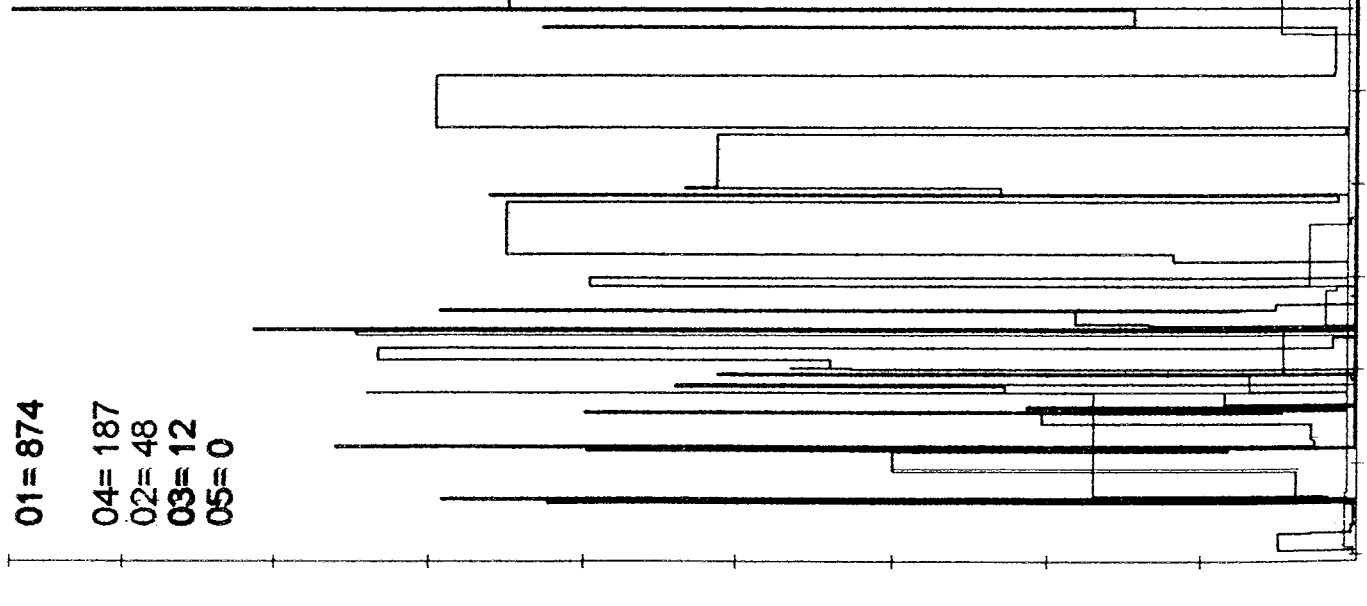
01= 874

04= 187

02= 48

03= 12

05= 0



08-23

20:30

08-24

05:34

08-24

14:38

08-24

23:42

08-25

08:46

08-25

17:50

08-26

02:54

08-26

11:58

08-26

21:02

08-27

06:06

08-27

15:17

LITE 2

LITE 2

637

600

500

400

300

200

100

0

K=1

P=0

03= 637
05= 302
04= 38
06= 0

LITE 3

09-10 18:39

09-10 20:50

09-10 23:01

09-11 01:11

09-11 03:22

09-11 05:33

09-11 07:44

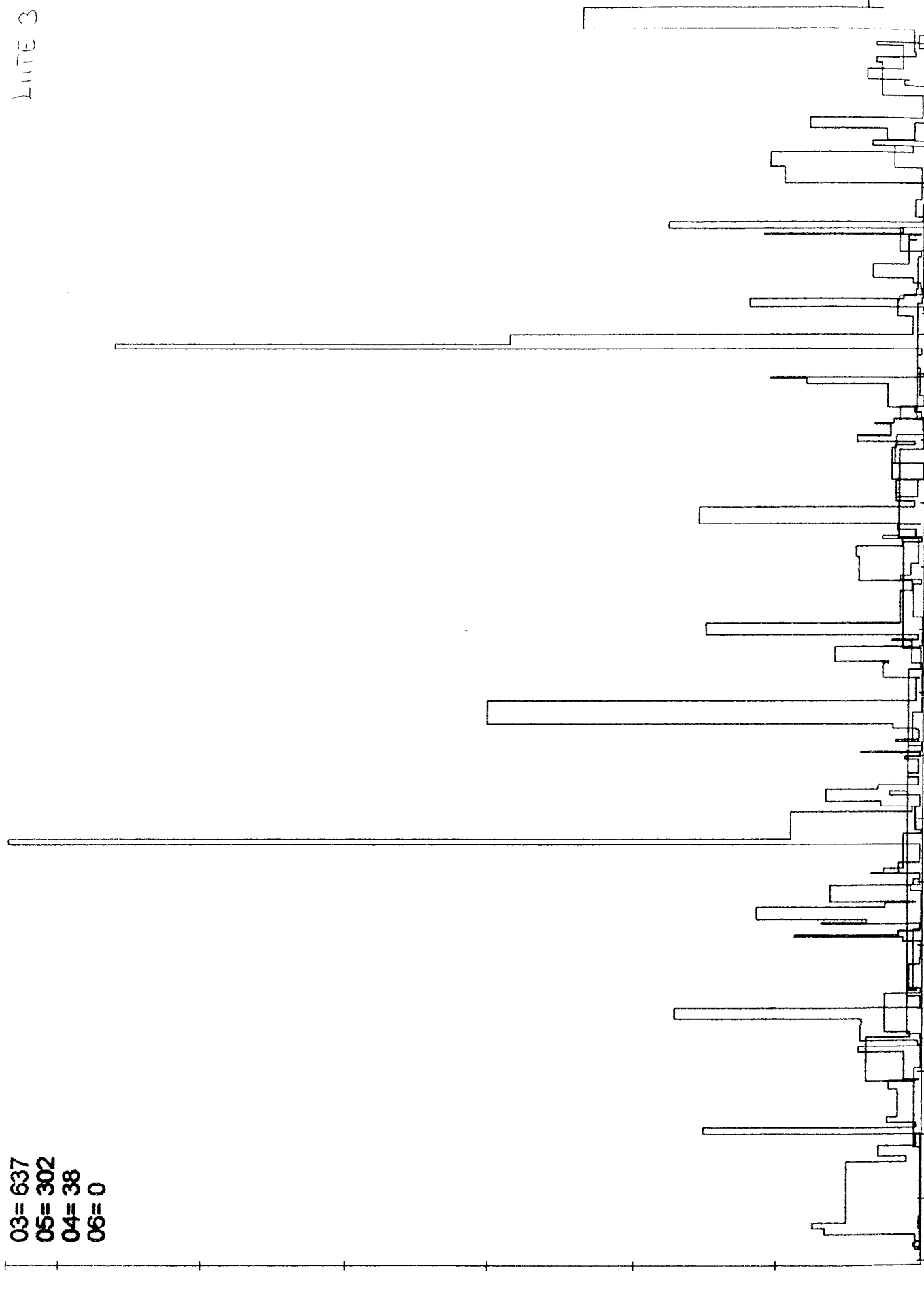
09-11 09:54

09-11 12:05

09-11 14:16

09-11 16:28

LITE 3



510

400

300

200

100

0

K=1
P=0

03= 510
01= 315

LITE 4

LITE 4

12-20 15:49

12-20 20:27

12-21 01:05

12-21 05:43

12-21 10:21

12-21 14:59

12-21 19:37

12-22 00:15

12-22 04:53

12-22 09:31

12-22 14:12

1000

01 = 1693

LITE 5

LITE 5

0
K=1
P=0

Time	Value
01-11 14:20	1693
01-11 14:28	1693
01-11 14:36	1693
01-11 14:44	1693
01-11 14:51	1693
01-11 14:59	1693
01-11 15:07	1693
01-11 15:15	1693
01-11 15:23	1693
01-11 15:31	1693
01-11 15:39	1693

1500

1000

500

04= 101840
05= 6240

911-4

O K=1 P=0

11-30

10:01

10:01

12:40

12:40

15:20

15:20

17:59

17:59

20:39

20:39

23:18

23:18

01:57

01:57

04:37

04:37

07.16

07.16

09.56
12.01

09.56
12.01

12-01
12-37

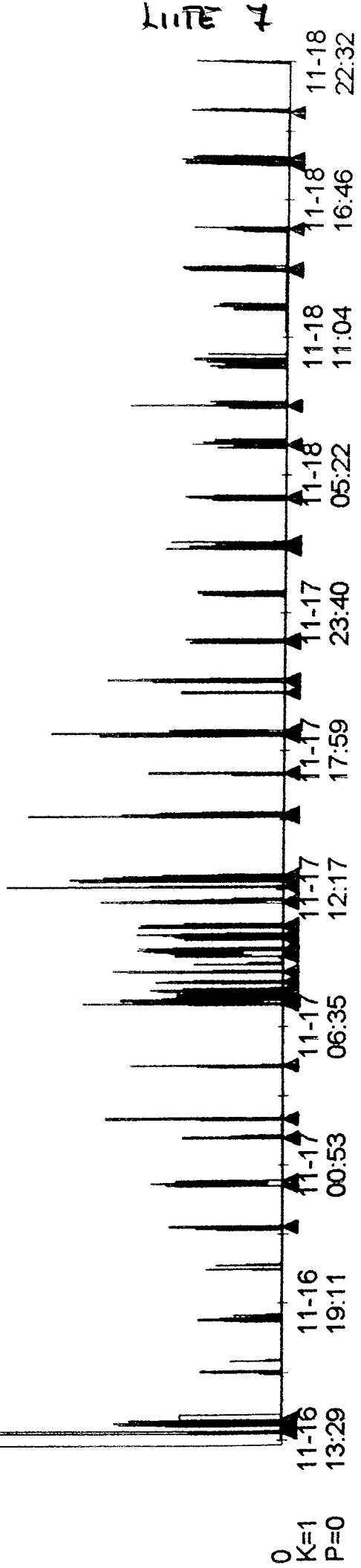
12-01
12-37

1

108795
100000
50000
0

04= 108795
03= 30196
05= 104
06= 1
02= 0

K=1
P=0



LINE 7

311477

300000

250000

200000

150000

100000

50000

0

K=1

P=0

06= 311477

02= 33817

04= 28277

07= 16182

03= 724

08= 0



LISTEN

AKUSTISEN EMISSION MITTALAITTEET JA MITTAUKSET ENOCCELL OY:SSÄ

Ismo Orava, Enocell Oy

AKUSTISEN EMISSION MITTALAITTEET JA MITTAUKSET ENOCELL OY:SSÄ

1. Mittalaitteet

EC:llä on käytössä mittaus- ja valvontakoneet. Laitteisto on asennettu keväällä 1994, josta lähtien laitokselle on kertynyt käyttökoke-muksia. Ensimmäiset ohjelmistot olivat vaikeaselkoisia, mutta nykyi-set Windows-sovellukset ovat helpompia ja selkeimpiä käyttää. Li-säksi valvontakoneen kapasiteettia on kasvatettu 386 >> 486.

Mittauskoneella (kuva 1) on kahdeksan säröanturikanavaa ja neljä vuotoäänikanavaa. Lisäksi nuohousta voidaan seurata nuohoinkoh-taisesti tai koko nuohousohjelmaa kerralla. Anturit on johdotettu kentältä mittaustietokoneelle, joka sijaitsee SK2:n sähkötiloissa, josta kerätty tieto johdetaan RS-kaapelilla valvomoon, jossa valvon-tatietokone sijaitsee.

Kaksi säröanturia on keittopinnan alapään jakotukissa, kaksi eko 2:n alapään jakotukissa, kaksi eko 2:n yläpään kokoojatukissa ja savukaasupuhallin 2:ssa ja 3:ssa on kummassakin yksi anturi (kuva 2). Kuvassa 3 on keittopinnan alapään säröanturi. Vuotoääniantu-reista kaksi on keittopinnan ja eko 2:n väliseen solan alapäässä ja kaksi sen yläpäässä. Kuvassa 3.1 on yksi vuotoääniantureista.

2. Mittaukset

2.1 Painerunko

Laitteiden asentamisen jälkeen kattilalla on ollut kaksi vuotoa, joista ensimmäinen toukokuussa 1994 (kuva 4) ja jälkimmäinen kesäkuun lopulla 1994 (kuva 5). Anturien sijoitus on kerrottu edellä. Kuvassa 5 nähdään keittopinnan alapään säröanturien mittaustiedot 21 - 28.6.1994. Lineaarisesti kasvava käyrä on normaalia, mutta kiinnos-tavaksi käyrä muuttuu silloin, kun sen kulmakerroin muuttuu. Tätä muutosta seurataan tai ainakin sen syy on hyvä selvittää.

Kesän 1994 jälkeen vuotoja ei ole ollut, mutta vieläkin kuormanmuu-tokset näkyvät muutoksina käyrien kulmakertoimissa, joka mieles-täni on merkki muutoksista painerungossa. Kuvassa 6 on normaali näyttö, joka on valvontatietokoneella jatkuvassa seurannassa. SK2 EKO II Ylätukin vasemman anturin jatkuva kasvu ajoittuu nuohoimen 49 liikkeisiin.

2.2 Savukaasupuhaltimet

Savukaasupuhaltimet 2 ja 3 on otettu seurantaan myöhemmin kuin painerunko. Anturit siirrettiin SK2:n levyvaipasta savukaasupuhal-timille. Antureiden pitäisi kuulla laakerin läpi savukaasupuhaltimen

juoksupyörässä mahdollisesti syntyvät säröt. Savukaasupuhallin 1:n juoksupyörä on irronnut kaulukseltaan kesäkuussa 1994 ja syysseisokissa 1994 muiden savukaasupuhaltimien juoksupyörät tarkastettiin ja säröt korjattiin.

Korjausten jälkeen anturit asennettiin. Acutestin tulkin mukaan säröjä juoksupyöriin syntyi talven 94-95 aikana. Kesäseisokissa juoksupyörät 2 ja 3 tarkastettiin, mutta korjattavia säröjä ei ollut. Syksyllä 95 puhaltimiin asennettiin jatkuvat värinämittarit, jonka jälkeen puhaltimien värinät laskivat paremmasta puhtaanapidosta johtuen. Myös säröanturien mittaustulokset rauhoittuivat (kuva 7). Savukaasupuhaltimien akustisen emission tulkinta vaatii vielä harjaantumista ainakin meillä EC:ssä. Kuvassa 8 on savukaasupuhaltimen säröanturi.

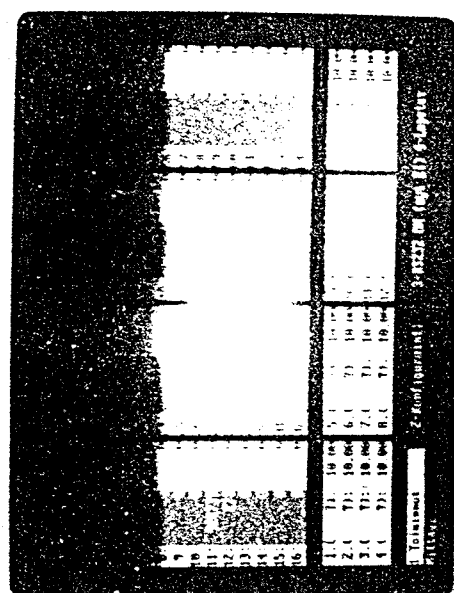
2.3 Valkolipeäecon syöttöpumppu

Syöttöpumppu kului meillä hyvin nopeasti ja sen juoksupyörä piti vaihtaa puolen vuoden välein. Pumpun kavitoidessa sen pinnasta lähtee rautaa ja kiderakenne muuttuu. Tätä ääntä kuunneltiin asentamalla väliaikainen anturi pumpun laipan kartioon pumpun ajoarvojen virittämiseksi. Kuvassa 9 on pumpun kavitoinnista syntynyt countien määrä ennen säätöä ja sen jälkeen. Jouluseisokissa 95 pumpun juoksupyörä tarkastettiin ja se oli hyvässä kunnossa. Uskomme pääsevämme kahden kolmen vuoden käyntijaksolle säädöstä ja juoksupyörän materiaalin vaihdosta johtuen.

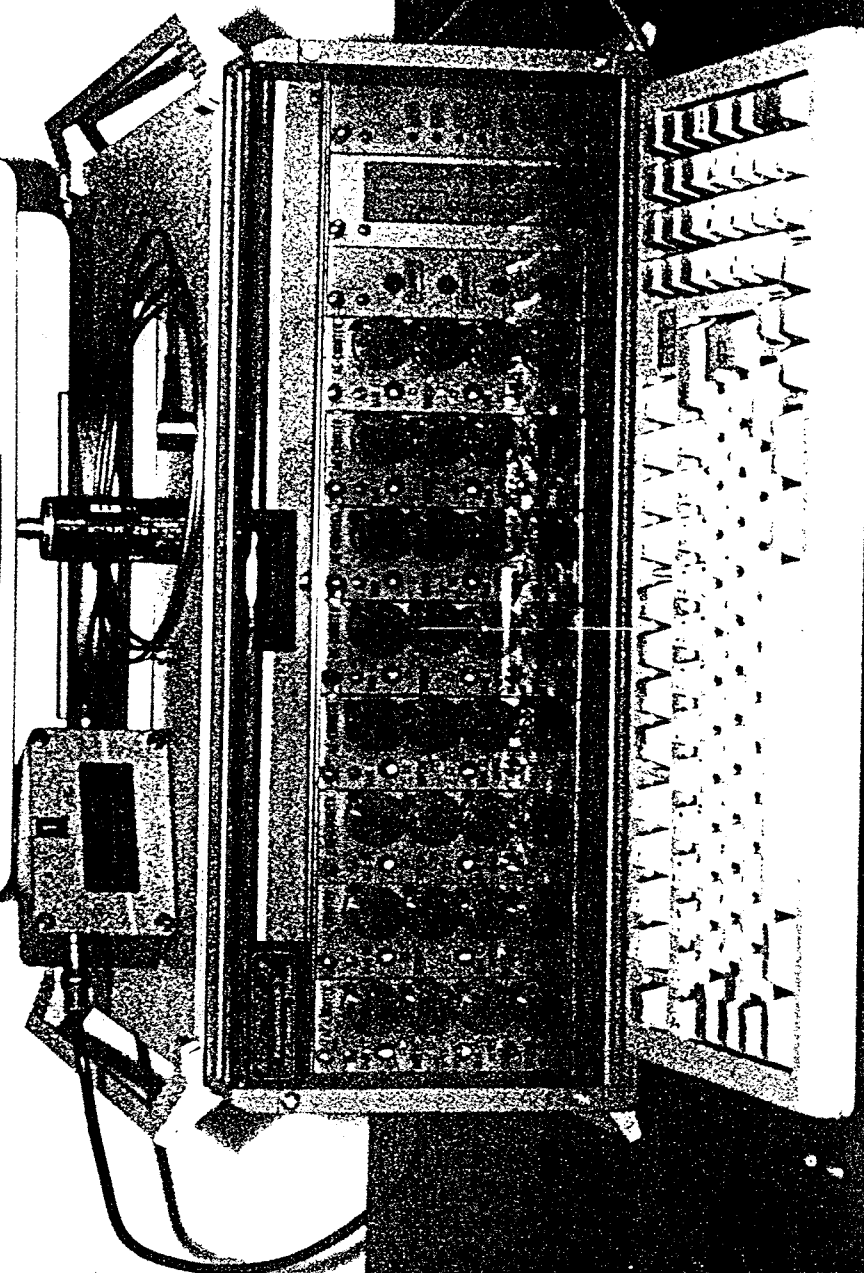
3. Tulevaisuus

Uskon, että akustinen emissio on hyvinkin käyttökelpoinen työväline kattilan kunnonvalvonnassa. Kukaan ei kuitenkaan voi opettaa käyttämään ja tulkitsemaan tuloksia hetkessä. Kun laite on asennettu, niin siitä alkaa käyttökokemusten kertyminen ja sitä mukaa kuin käyttökokemusta kertyy enemmän voi tuloksia hyödyntää paremmin. Enpä usko, että kukaan uskaltaa ajaa kattilan alas pelkästään akustisen emission perusteella, mutta siitä voi saada hyvää apua ajotapojen muutoksille ja tukea päätöksille.

Valitettavasti meillä ei ole tällä hetkellä kuin kahdeksan säröanturia, mutta toivottavasti hankimme niitä tulevaisuudessa lisää tarpeen mukaan.

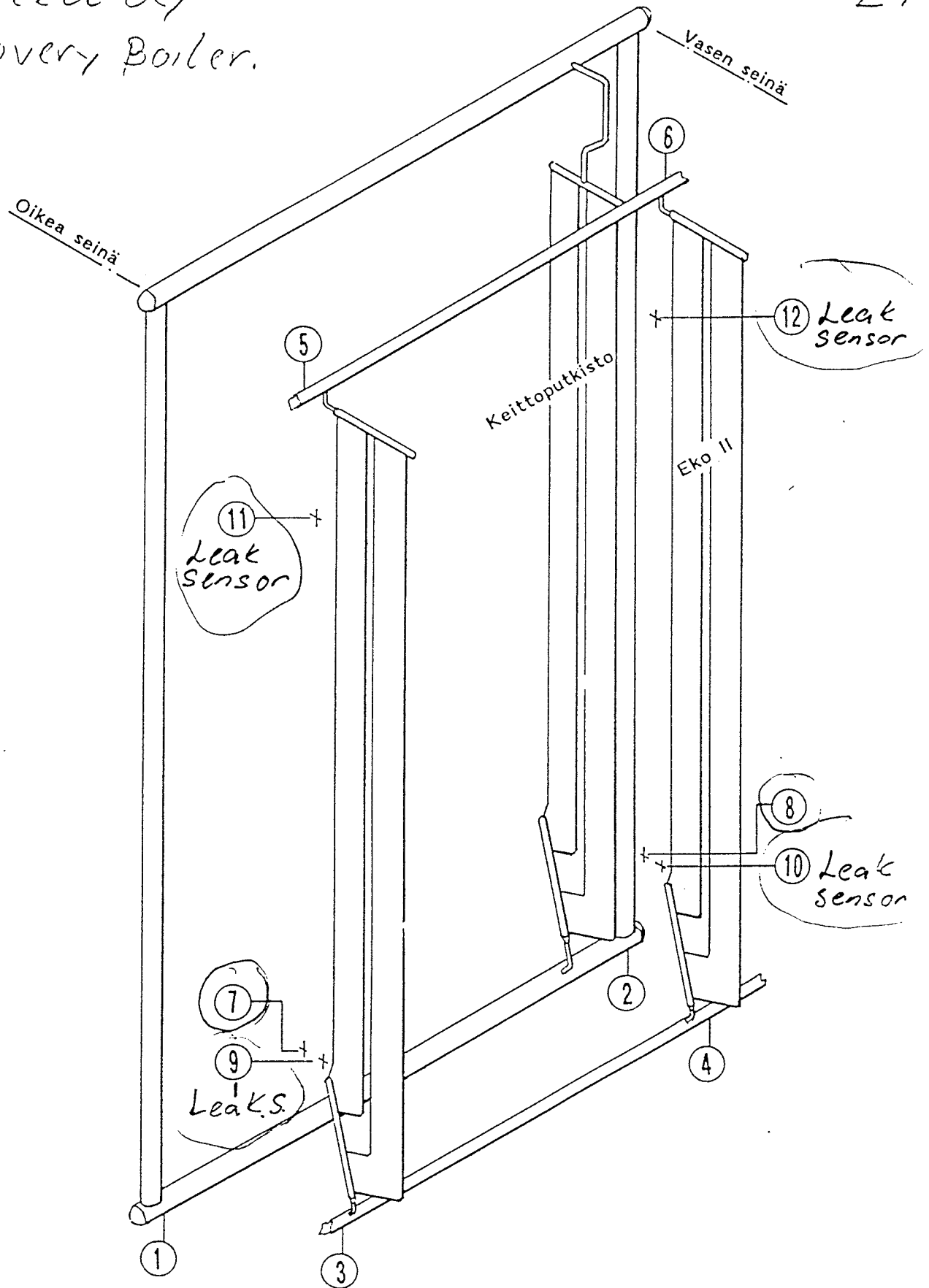


Advent of
the 21st Century

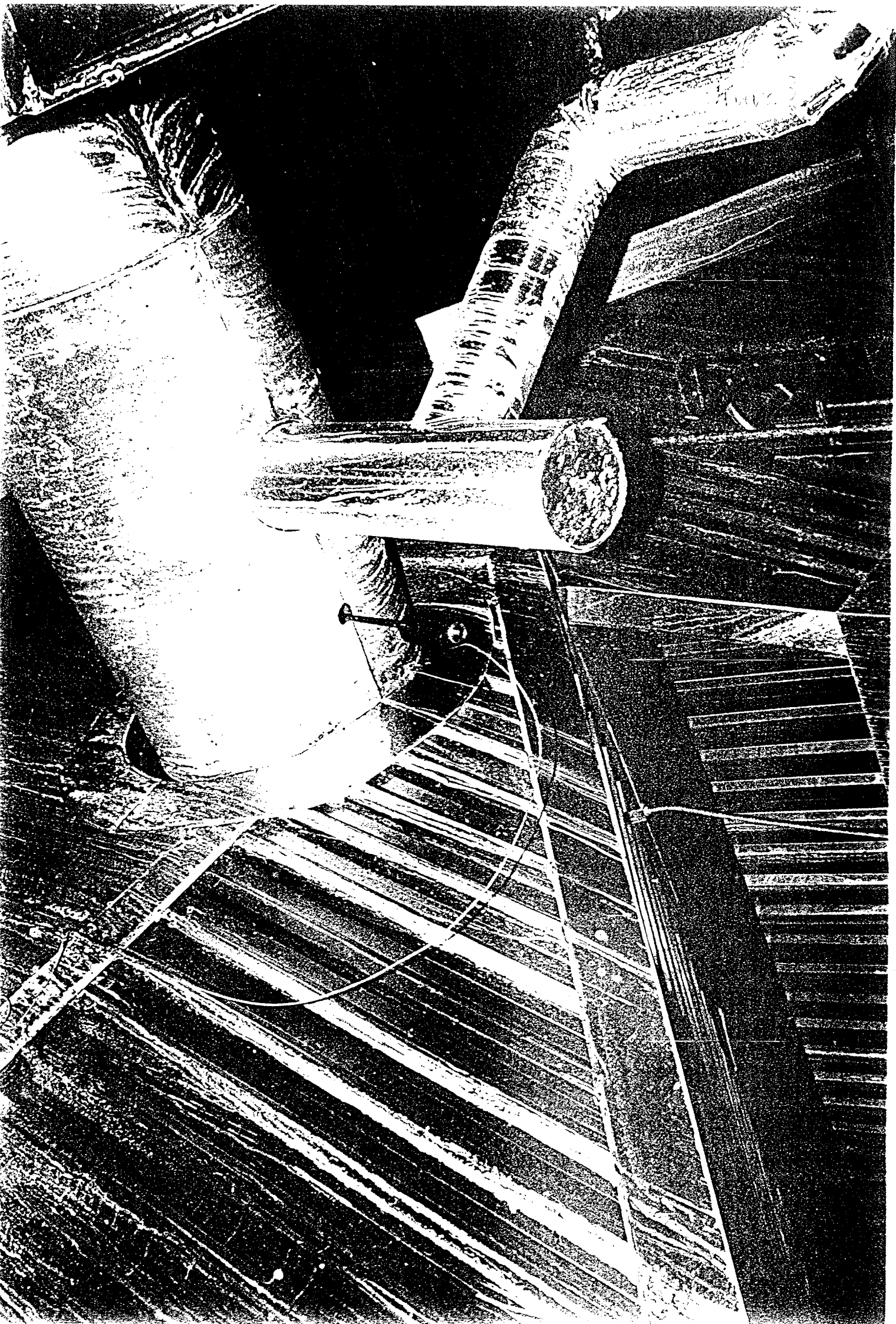


Enocell Oy,
Recovery Boiler.

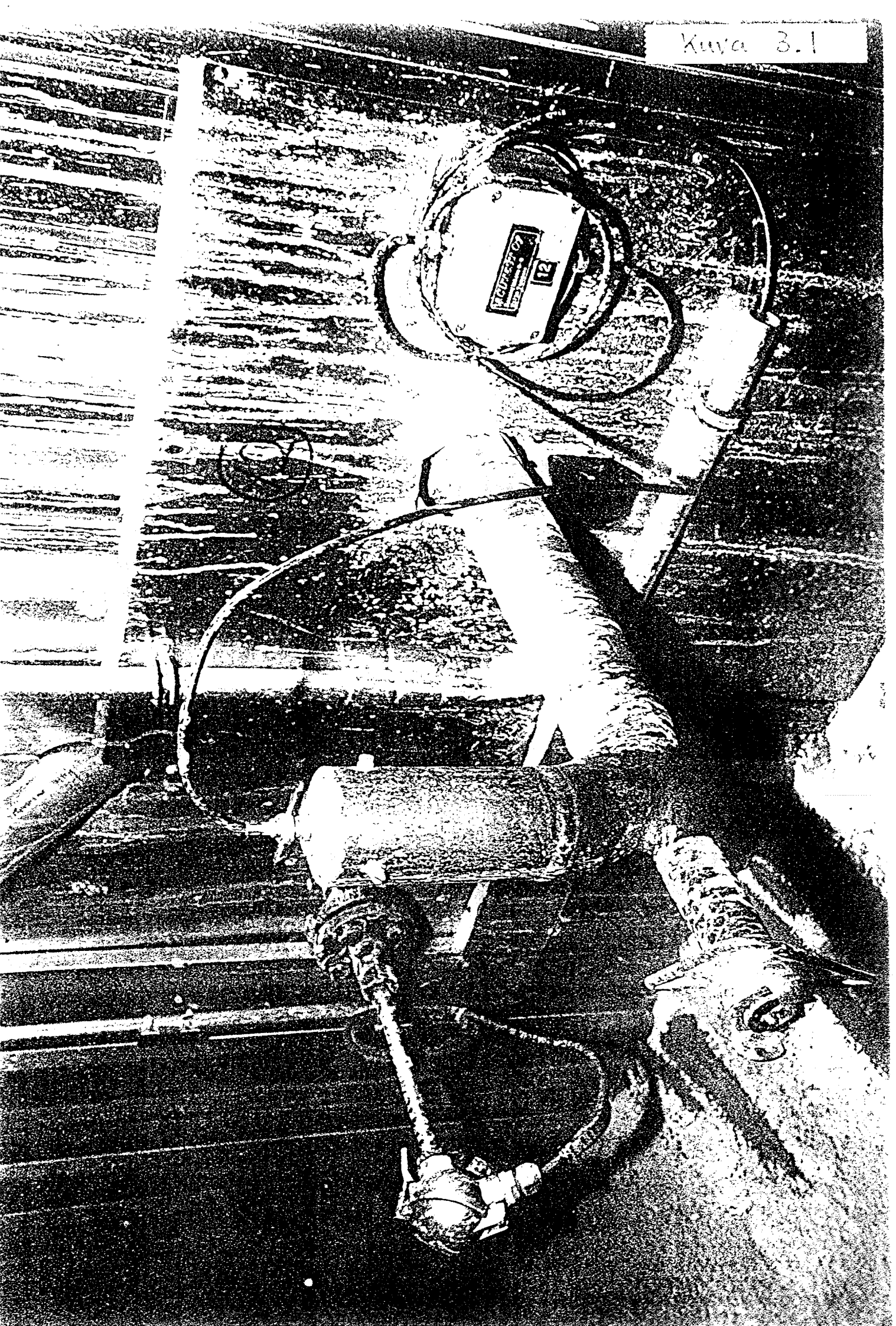
Kuva 2
E1



Tampella
power



Kuwa 3.1



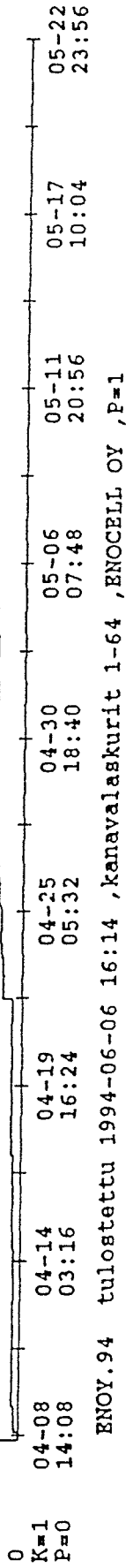
01= 8039

SK2 Enocell oy
 Data 4.8 = 8.4 - 22.5.94
 (I Leak) 'Aoustic Emis.

Leak

Crack

Crack nucleation

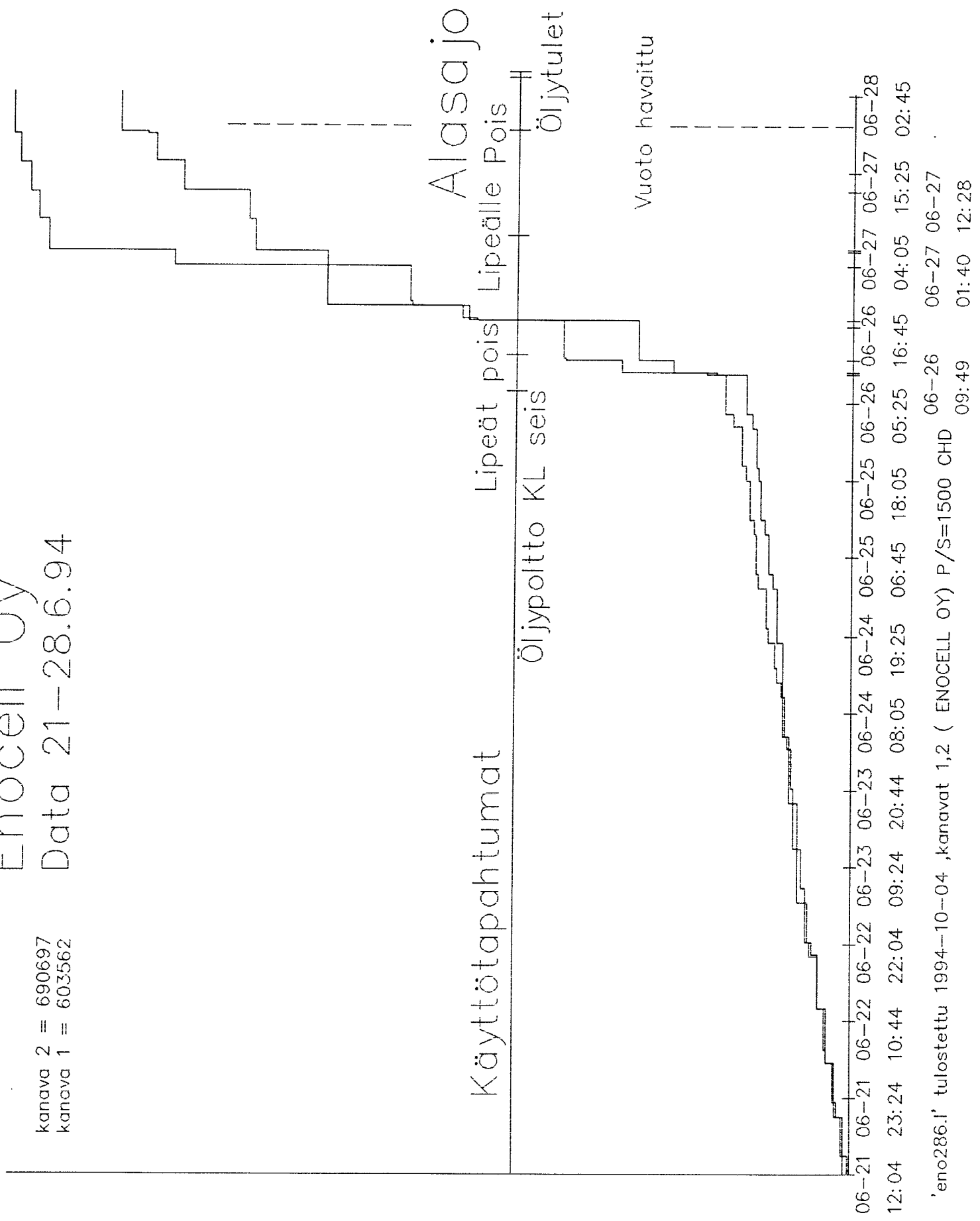


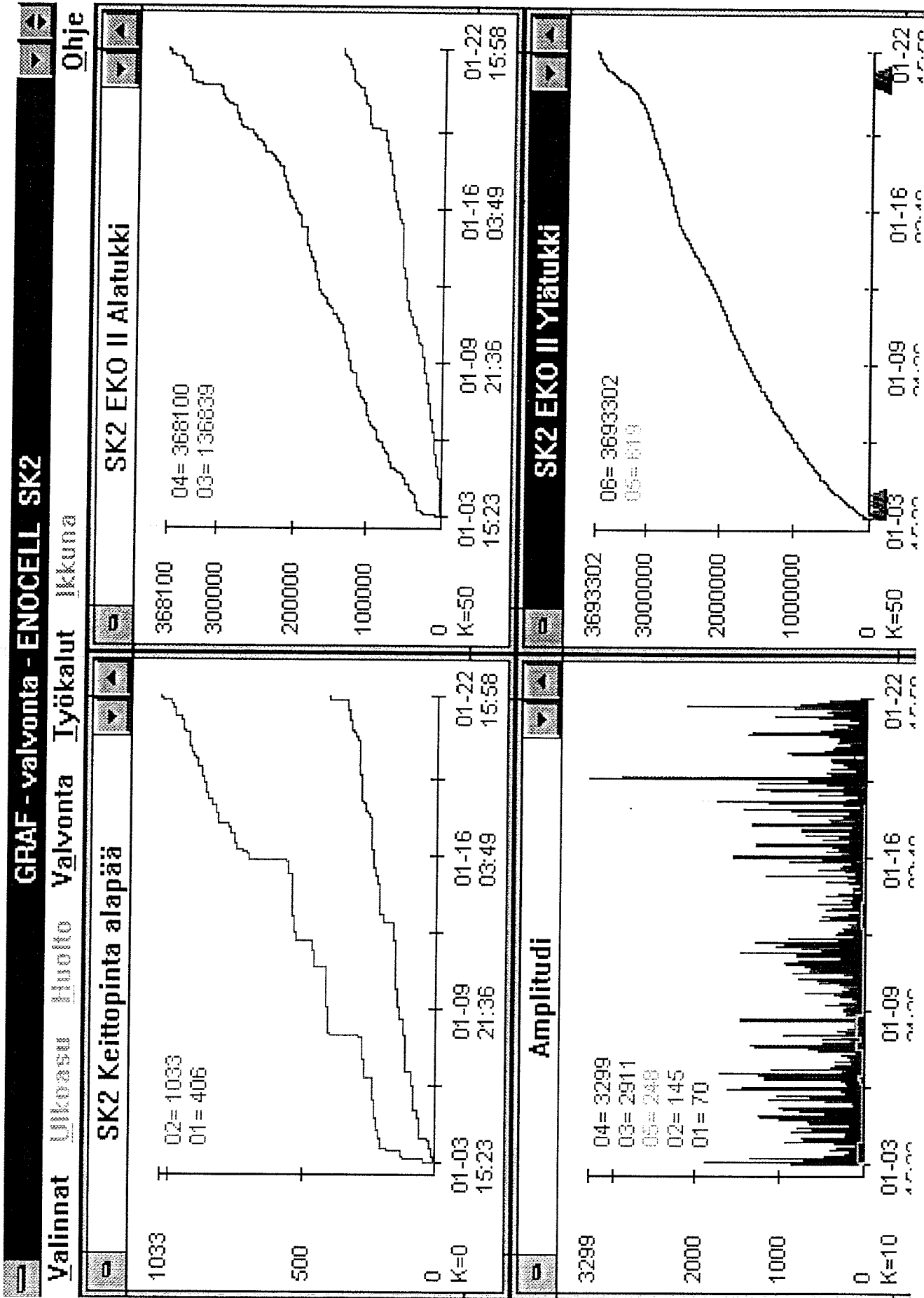
Enocell Oy

Data 21-28.6.94

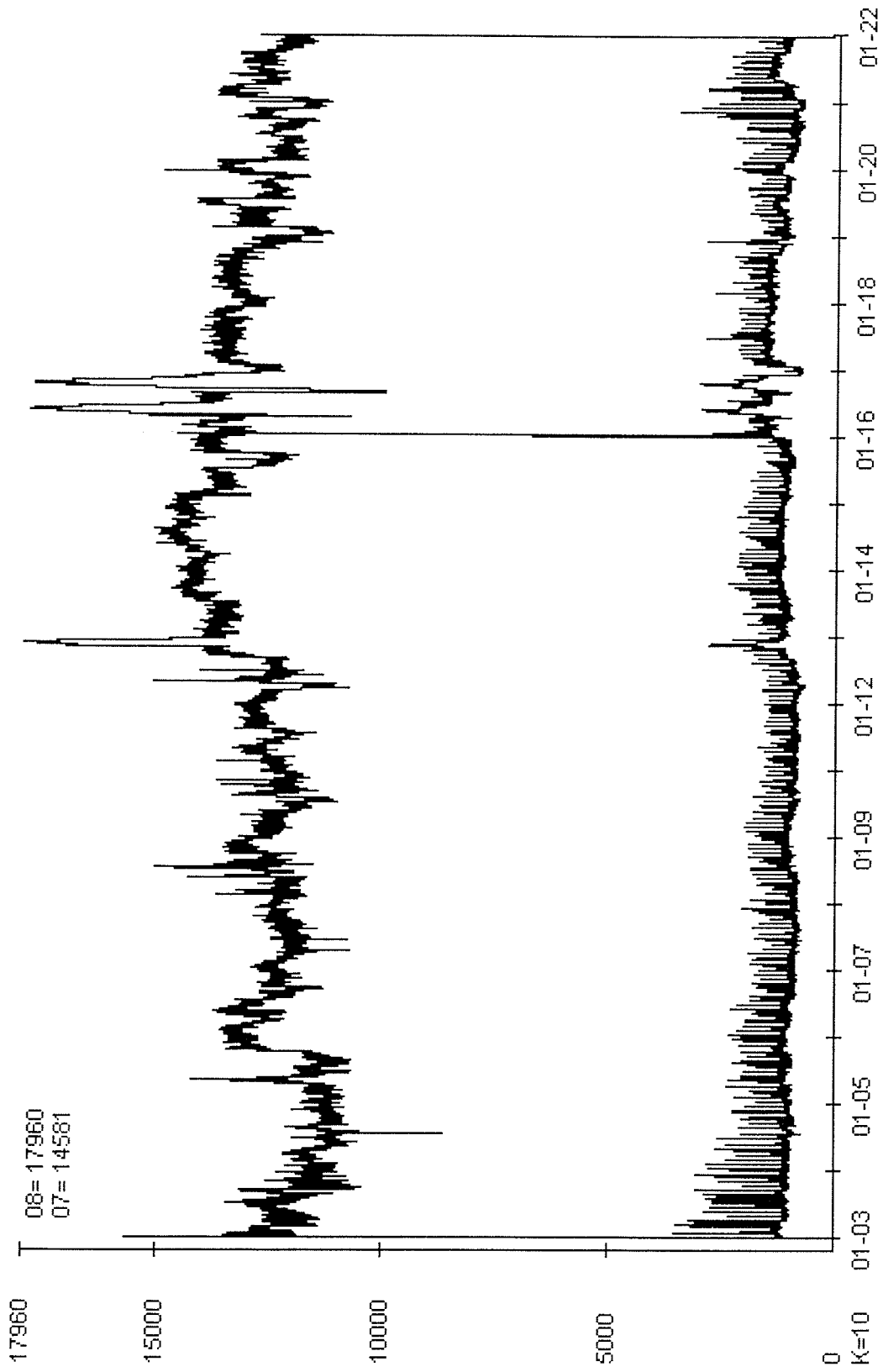
kanava 2 = 690697
kanava 1 = 603562

Kuva 5





GRAF - valvonta - ENOCELL SK2 - [SK2 Savukaasupuhaltimet 2 ja 3]					
Valinnat	Ulkoinen	Valvonta	Iyökalut	Ohje	



Kuva 8

