

Jari Inkeroinen

## NOSTOKÖYSIEN VAIHTO-OHJE JA KUNNONVALVONTAMITTAUKSET

Insinöörityö

Kajaanin ammattikorkeakoulu

Tekniikan ja liikenteen ala

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Kevät 2005



Osasto Tekniikka	Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka
Tekijä(t) Inkeroinen Jari	
Työn nimi Nostoköysien vaihto-ohje ja kunnonvalvonta mittaukset	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Tietokoneavusteinen tuotanto	Ohjaaja(t) Savolainen Heikki, Kajaanin ammattikorkeakoulu Kärkkäinen Erkki, Pyhäsalmi Mine Oy
Aika Syksy 2005	Sivumäärä 74
Tiivistelmä <p>Tämä insinööri työ on tehty Pyhäsalmi Mine Oy:lle. Tilajalle on tehty Timonkuilun nostokoneen nostoköysien vaihto-ohje ja tutkittu teräsköysien kunnonvalvonta mittauksia. Kunnonvalvontamittauksista on erityisesti keskitytty tutkimaan teräsköysien elektromagneettista mittausta.</p> <p>Nostoköysien vaihto-ohje on tehty aiempien, tilaajalla käytössä olleiden nostokoneiden, nostoköysien vaihto-ohjeiden mallin mukaisesti. Se on varsin tiivis ja lyhyt, eikä sen toimivuutta ole työn tekemisen yhteydessä ollut mahdollista testata. Tilaajan kanssa käytyjen palaverien perusteella ohje on kuitenkin toimiva nykyisen kokeneen henkilöstön ohjeena.</p> <p>Kauppa- ja teollisuusministeriö edellyttää käytössä olevien nostokoneiden nostoköysien elektromagneettista testaamista määrävällein. Tällaisten testausten suorittajia ei kuitenkaan Suomessa ole, eikä tämän vuoksi myöskään tietämystä siitä. Tämän vuoksi tilaaja katsoi aiheelliseksi määrittellä elektromagneettisen testauksen perusteiden selvittämisen pääaiheeksi. Selvitystyö perustuu laajaan kirjalliseen ja internet materiaaliin. Tämän tutkimus ja selvitystyön tuloksena saatiin elektromagneettisen testauksen perusteet selvitettyä.</p>	
Luottamuksellinen Kyllä Ei                    X	
Hakusanat Teräsköysi, Nostoköysi, Elektromagneettinen testaus, LF-käyrä, LMA-käyrä	
Säilytyspaikka Kajaanin Ammattikorkeakoulun kirjasto	



Faculty Faculty of Engineering	Degree programme Mechanical and production engineering
Author(s) Inkeroinen Jari Tapani	
Title Instruction to replace of hoisting ropes and maintenance measurements	
Optional professional studies	Instructor(s) / Supervisor(s) Savolainen Heikki, Kajaani Polytechnic Kärkkäinen Erkki, Pyhäsalmi Mine Oy
Date Autumn 2005	Total number of pages 74
Abstract <p>This Bachelor's thesis was done for Pyhäsalmi mine Oy. It contains instruction to replace the hoisting ropes of the Timonkuilu's hoisting machine and a study of the basics of the electromagnetic steel wire rope inspection.</p> <p>The hoisting machine of Timonkuilu was mounted and brought into use in 2001. The estimated service life of the hoisting machine's hoisting ropes is approximately five years. That is why the instruction to replace the hoisting ropes is needed. In this thesis there are instruction to replace the ropes. The thesis was made in co-operation with the customer. The customer has accepted the instruction even if there was no possibility to test the instructions when making the thesis.</p> <p>The reason why thesis focused into electromagnetic steel wire rope inspection was that according to the Finnish legislation this kind of inspections have to be made periodically. In Finland there is not any inspector who does electromagnetic wire rope inspections. Therefore, knowledge of electromagnetic steel wire rope inspection is very small.</p> <p>The study of the wire rope electromagnetic inspection was based on large literature and Internet material. This thesis explains the basics of steel wire rope electromagnetic inspection.</p>	
Confidential Yes No           X	
Keywords: Steel wire rope, hoisting rope, electromagnetic inspection, LF-trace, LMA-trace	
Deposited at: Library of Kajaani polytechnic	

## ALKUSANAT

Tämä insinööri työ tuli tarpeelliseksi kesällä 2004, kun Pyhäsalmi Mine Oy:llä ilmeni tarve vaihtaa nostoköysien elektromagneettisen testauksen suorittajaa. Tämä johtui siitä, että siihen mennessä tehtyjen testausten tulokset eivät olleet johdonmukaisia eikä niihin voinut näin ollen luottaa. Tämä aiheutti puolestaan epäluuloa koko elektromagneettista testausta kohtaan. Kun elektro-magneettisen testauksen perusteita yritettiin selvittää, ei tietoa tuntunut löytyvän oikein mistään. Tästä saatiin hyvä aihe insinööri työlle, ja tätä täydennettiin ajankohtaisella Timonkuilun nostokoneen nostoköysien vaihto-ohjeella.

Haluan tässä yhteydessä kiittää kaikkia työni valmistumisessa auttaneita osapuolia. Erityiskiitokset kuuluvat Erkki Kärkkäiselle, Pyhäsalmi Mine Oy, ja Heikki Savolaiselle, Kajaanin ammattikorkeakoulu, jotka ovat olleet työni ohjaajat. Myös Matti Haikara, Pyhäsalmi Mine Oy, on ollut suureksi avuksi työtä tehdessä.

Pyhäsalmissa 23.9.2005

Jari Inkeroinen

## SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO .....	6
2 TYÖN TAUSTA JA TAVOITTEET.....	7
2.1 Tilaaja.....	7
2.2 Lähtökohta ja tavoitteet .....	8
3 NOSTOKÖYSIEN VAIHTO-OHJE .....	9
4 NOSTOKONEISSA KÄYTETTÄVÄT TERÄSKÖYDET .....	10
4.1 Teräsköysien rakenne .....	10
4.2 Köysien vaurioitumismekanismet.....	13
5 TERÄSKÖYSIEN ELEKTROMAGNEETTINEN TARKASTUS.....	17
5.1 Perusteet.....	17
5.2 Magneettikentän osatekijät.....	17
5.3 Mittausperusteet.....	23
5.4 Resoluutio .....	24
5.5 Läpäisykyky ja signaali-kohinasuhde.....	25
5.6 LF-testauksen periaate.....	27
5.7 LMA-mittauslaitteistot .....	29
5.8 Nykyaikaisten LMA-mittalaitteiden ominaisuuksia .....	30
5.9 Laitteistojen suorituskyky ja mittaustulosten tulkinta.....	35
5.10 Mittauksen yhteydessä ilmenneet ongelmat ja uuden testajan laitteiston arviointi .....	38
6 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU .....	41
7 YHTEENVETO.....	48
LÄHDELUETTELO .....	50
LIITELUETTELO.....	51

## 1 JOHDANTO

Tämä työ on tehty Pyhäsalmi Mine Oy:lle. Työ sisältää Timonkuilun nostokoneen nostoköysien vaihto-ohjeen sekä tutkii nostoköysien kunnonvalvontamittauksia.

Vaihto-ohje on tehty erillisenä kappaleena työn tilaajalle, ja se on liitteenä tässä raportissa. Vaihto-ohjeen teon aikana tilaajan kanssa on käyty palavereita, joiden perusteella vaihto-ohje on tehty. Tilaaja on vaihto-ohjeen hyväksynyt siinä muodossa kuin se liitteessä on.

Nostoköysien kunnonvalvontamittausten tutkinnassa on keskitytty teräsköysien elektromagneettisen tarkastuksen tutkimiseen. Tämä sen vuoksi, että kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä, koskien kaivoksien nostolaitoksia, vaaditaan nostoköysiä elektromagneettisesti tarkastettaviksi. Teräsköysien elektromagneettista tarkastusta suorittavia tahoja ei Suomessa ole, eikä siksi myöskään kovin paljon sen alan tietämystä. Tämä tutkimus pyrkii selittämään elektromagneettisen mittauksen perusteita ja nykyaikaisia mittausmenetelmiä.

Lisäksi työssä pyritään selvittämään syitä ongelmiin, joita tilaajalle ilmeni nostoköysien testajan vaihtumisen jälkeen. Näitä olivat muun muassa nostoköysissä olevien magneettimerkkien häviäminen, ja vaikeudet niiden palauttamisessa. Myös testauksen luotettavuutta pyrittiin selvittämään.

## 2 TYÖN TAUSTA JA TAVOITTEET

### 2.1 Tilaaja

Tämän työn tilaaja on Pyhäsalmi Mine Oy. Se on kupari-, sinkki- ja rikkikaivos, joka sijaitsee Pohjois-Pohjanmaalla Pyhäjärvellä. Outokumpu Oy perusti kaivoksen vuonna 1962. Aluksi se toimi avolouhoksena. Vuonna 1968 alkoi maanalainen louhinta. Sen myötä vuosituotanto nousi 600 000 tonnista 800 000 tonniin. Avolouhinta lopetettiin kokonaan vuonna 1975.

Vuonna 1996 saavutettiin +860-taso, ja malmivarojen luultiin loppuvan siihen. Intensiivisten tutkimusten tuloksena löytyi syvemmältä lisää malmia, ja 1999 saavutettiin kilometrin syvyys käyttäen entisiä malminnostokoneita. Uudet malmivarannot otettiin käyttöön 1.7.2001 avatun Timonkuiluksi nimetyn uuden nostokuilun kautta.

Uutta kaivosta varten rakennettiin +1410-tasolle uusi päätaso, jossa sijaitsevat uuden kaivoksen miehistön sosiaali-tilat, kalustokorjaamo, materiaalivarastot sekä työnjohdon toimistotilat. Uuden kaivoksen myötä Pyhäjärven kaivos on yksi maailman moderneimpia kaivoksia. Toiminnassa siellä panostetaan voimakkaasti turvallisuuteen.

Kaivoksen omistaja vaihtui vuonna 2002, kun sen osti kanadalainen INMET Corporation. INMET on kansainvälisesti toimiva, perusmetalleihin erikoistunut kaivosyhtiö. Sen muut kaivokset sijaitsevat Turkissa, Papua-Uudessa-Guineassa ja Kanadassa. Tutkimuksissa Pyhäjärven kaivos on todettu yhdeksi maailman kustannustehokkaimmista kaivoksista.

Vuosituotanto kaivoksella on tasaisesti noussut nykyiseen noin 1,3 miljoonaan tonniin. Pyhäsalmi Mine Oy työllistää noin 200 henkilöä ja urakoitsijoita suoraan noin 50 henkeä. Lisäksi sen välillinen työllistämisaikutus Pyhäjärvelle on huomattava.

## 2.2 Lähtökohta ja tavoitteet

Timonkuilun nostokoneeseen, joka on otettu käyttöön 1.7.2001, ei ole vaihdettu nostoköysiä kertaakaan, eikä niiden vaihtamiseen ole olemassa pätevää vaihto-ohjetta. Arvioitu käyttöikä kyseisillä köysillä on noin viisi vuotta, joten mahdollinen vaihtoajankohta on kesällä 2006. Tarve vaihto-ohjeelle on olemassa ja lisäksi erittäin ajankohtainen. Yksi tämän työn tavoitteista onkin valmistaa vaihto-ohje kyseisille köysille.

Kauppa- ja teollisuusministeriön (KTM) päätöksessä numero 372/69 (liite A) sekä KTM:n päätöksessä numero 1188/95 (liite B), jossa muutetaan aiemman päätöksen vaatimuksia, asetetaan vaatimuksia kaivoksissa käytettäville nostolaitoksille. Näiden päätösten mukaisesti köysille tulee suorittaa muiden kunnonvalvontamittausten lisäksi elektromagneettinen testaus vuoden tai puolen vuoden välein. Tarkastusväli riippuu nostokoneen koosta sekä mitoituksessa käytetyistä varmuuskertoimista ja on 6 tai 12 kuukautta. Pyhäsalmi Mine Oy:n Timonkuilun Nostokoneen tapauksessa tarkastusväli on puoli vuotta.[1.],[2.].

Määräysten mukaisen sähkömagneettisella tarkastuslaitteella suoritettavan hissiköysien tarkastuksen Pyhäsalmen kaivoksella on kesästä 2004 alkaen suorittanut saksalainen testauslaitos DMT GmbH. Sillä on nimenomaan hissiköysien tarkastamiseen tarkoitettu kalusto, ammattitaito kaluston käyttämiseen ja asiantuntemus mittaustulosten arvioimiseen. Sama yritys suorittaa vastaavia tarkastuksia suuressa osassa Eurooppaa ja myös muualla maailmassa.

Tarkastusten suorittamisen yhteydessä on kuitenkin ilmennyt ongelmia, joihin ei ole riittävästi osattu varautua. Suurin syy tähän on vähäinen tietämys teräsköysien elektromagneettisesta tarkastuksesta. Tämän työn päätavoite on tutkia teräsköysien elektromagneettisen tarkastuksen perusteita. Lisäksi nykyisen tarkastuksen suorittajan tekemän tarkastuksen luotettavuus haluttiin selvittää. Työn puitteissa on myös tarkoitus selvittää vastaavien tarkastusten suorittajia ja hintatasoa.



### 3 NOSTOKÖYSIEN VAIHTO-OHJE

Työn tekeminen aloitettiin nostoköysien vaihto-ohjeen tekemisellä. Siitä tehtiin erillinen versio työn tilaajalle, ja se löytyy tämän selostuksen liitteenä. Ohje on tilaajan kanssa tarkastettu ja tilaaja on sen hyväksynyt.

Ohjeen tekeminen aloitettiin perehtymällä vanhojen kuilujen köysien vaihto-ohjeisiin. Sen jälkeen perehdyttiin nykyiseen nostokoneeseen. Tässä yhteydessä tuli selväksi, että vaihto-ohje oli tehtävä kokonaan uudestaan, koska vanhat ja uusi nostokone erosivat toisistaan. Nykyiseen nostokoneeseen perehdyttiin ensin piirustusten avulla, mutta kaikki asiat eivät piirustuksista selvinneet, joten siihen tutustuttiin myös käymällä kyseisissä kohteissa. Esimerkiksi köydenvaihtotaso oli tällainen kohde.

Näiden alustavien tutkimusten perusteella vaihto-ohjeesta tehtiin ensimmäinen versio. Tilaajan kanssa oli mahdollisuus tehdä tiivistä yhteistyötä, johtuen työn suorittajan samanaikaisesta työsuhteesta tilaajaan. Lopullinen versio vaihto-ohjeesta muodostettiin tilaajan kanssa käytyjen palavereiden perusteella. Näin ohjeeseen saatiin sellainen tarkkuus ja oikeellisuus, johon tilaaja pyrki työtä aloitettaessa.

Koska työn päätavoitteeksi oli määritelty teräsköysien elektromagneettisen tarkastuksen perusteiden tutkiminen, ei vaihto-ohjeen tekemiseen keskitytty tämän tarkemmin. Kun ohje saadaan köysien vaihdon yhteydessä testattua, voidaan sen jatkokehittämistä harkita. Testaaminen ei kuitenkaan ole mahdollista tämän työn valmistumisen puitteissa.

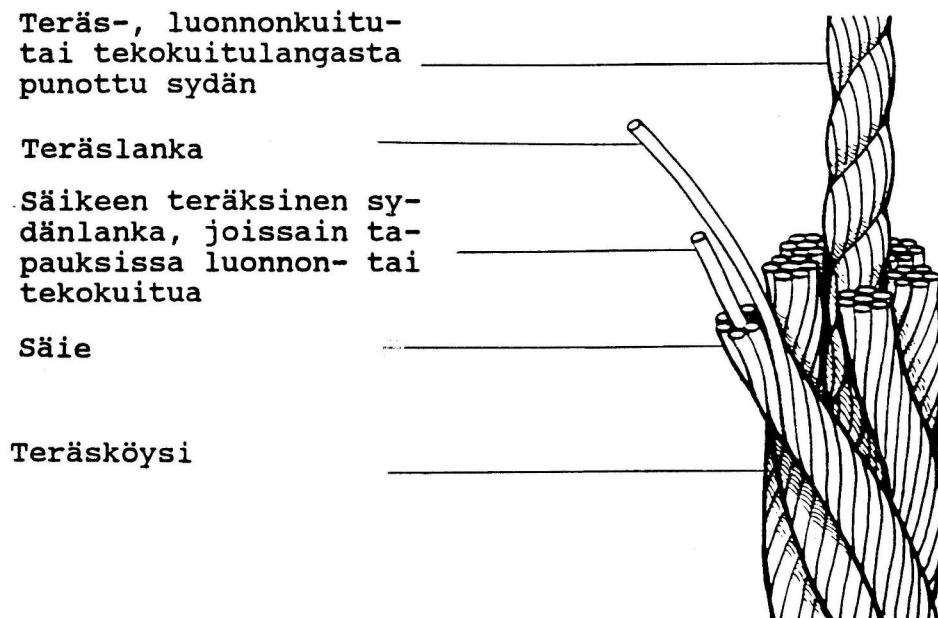
## 4 NOSTOKONEISSA KÄYTETTÄVÄT TERÄSKÖYDET

Nostoköysien kunnonvalvontamittausten tutkiminen aloitettiin tutustumalla kauppa- ja teollisuusministeriön aiheesta antamiin päätöksiin. Niissä määrätään, mitä tarkastuksia nostokoneille on vähintään suoritettava, jotta niillä saadaan nostotoimintaa suorittaa. Lisäksi vaatimuksia tarkastuksesta antaa myös nostokoneen toimittaja. Nämä vaatimukset täytyy mittauksilla vähintään pystyä täyttämään.

### 4.1 Teräsköysien rakenne

Seuraavaksi perehdyttiin teräsköysien rakenteeseen, jonka periaate on esitetty kuvassa 1. Teräsköysi on ohuista teräslangoista punomalla muodostettu köysi. Teräslangat kierretään säikeiksi, jotka puolestaan kierretään sydämen ympärille köydeksi. [3.]

Teräslankana käytetään runsashiilistä valssilankaa, joka on vedetty kylmänä halutunpaksuiseksi ja lujuiseksi sekä tarvittaessa lämpökäsitelty. Teräslanka on joko kirkas tai sinkitty. Ruostumattomissa köysissä lanka on haponkestävää terästä. [3.]



Kuva 1. Teräsköyden rakenteen periaatekuva.

Teräslangat punotaan ensin säikeiksi. Säikeiksi punominen tapahtuu kiertämällä teräslanka säikeen sydämen ympärille. Säikeen sydän voi olla joko teräksinen tai luonnon- tai tekokuidusta valmistettu. Teräslankakerroksia säikeessä voi olla yksi tai useampia. Säikeen sisältämien teräslankojen paksuudesta riippuen puhutaan joko sama- tai erilankaisista säikeistä. Jos säikeen kaikki langat ovat samanpaksuisia, on kyseessä samalankainen säie. Erilankaisessa säikeessä teräslankojen paksuus vaihtelee. [4.]

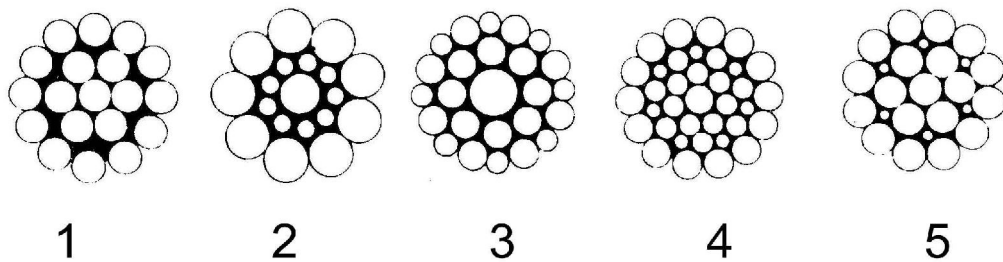
Samalankaisessa säierakenteessa, jossa on useampia lankakerroksia, eri kerrosten langoilla on erilainen nousu. Nousulla tarkoitetaan matkaa, jolla lanka kiertää yhden täyden kerroksen sydämen ympäri. Eri kerrosten langat siis risteävät johtuen eri noususta. [4.]

Erilankaisia säikeitä tehdään useimmiten seuraavien rakenteiden mukaisesti:

- Seale; Ulko- ja sisäkerroksissa sama lukumäärä lankoja. Tästä johtuen sisälankojen täytyy olla ohuempia.
- Warrington; Ulkokerroksen langat eripaksuisia.
- Seale-Warrington; Edellisten yhdistelmä
- Filler eli täytelankainen; Samalankainen perusrakenne, mutta ulko- ja sisäkerrosten väliin jääviin tyhjiin tiloihin on punottu ohuempi lanka.

Kuvassa 2 on esitetty edellä mainittujen rakennetyyppien poikkileikkauskuvia. [4.]

Erilankaisissa säierakenteissa lankakerrosten nousu on sama. Lankakerrosten lankojen suunta on näin ollen sama. Punontatavasta johtuen teräksinen poikkileikkauspinta-ala on erilankaisissa säikeissä suurempi. Toinen etu on säikeiden parempi väsymisen- ja kulumisen kestävyys johtuen samasta noususta ja näin ollen lankojen yhdensuuntaisuudesta. [3.]



*Kuva 2. Erityyppisten teräsköysien poikkileikkauskuvat. 1. samanlankainen köysi. 2. Seale. 3. Warrington. 4. Seale-Warrington. 5. Filler eli täytelankainen köysi.*

Säikeet punotaan köydeksi kiertämällä niitä köysisydämen ympärille. Sydän voi olla teräs-, luonnon- tai keinokuituköysi. Teräksinen sydän antaa säikeille paremman tuen, joten köysi säilyttää paremmin muotonsa. Lisäksi terässydämen köyden venymä on vähäisempi ja se kestää korkeampia rasituksia, työnopeuksia, lämpötiloja sekä puristusaineita köysitelalla tai -pyörällä. [3.]

Jos sekä säikeen langat että köyden säikeet on punottu samaan suuntaan kiertämällä, puhutaan langinpunontaisesta köydestä. Mikäli näiden punontasuunta on eri, puhutaan ristiinpunontaisesta köydestä. [4.]

Ristiinpunontaisen köyden punonnasta johtuvat sisäiset jännitykset ovat pienempiä, sillä erilaisista punontasuunnista johtuen sisäiset jännitykset kumoavat toisiaan. Edellisestä johtuen myös köyden kiertymistaipumus on vähäisempi ja köysi ei ole vaurioitumisaltis, eli se kestää kovaakin käsittelyä. [3.]

Langinpunontaisessa köydessä punonnasta johtuvat sisäiset jännitykset eivät kumoa toisiaan, mistä johtuu köyden suurempi kiertymistaipumus. Tätä merkittävää haittaa voidaan kuitenkin nykyisin pienentää säikeiden esimuokkauksella. Punontatavasta johtuen köyden kulutuspinna on suurempi ja kulutuskestävyys

täten parempi. Köysi on myös taipuisampaa. Varsinkin kuormittamattomana langinpunontainen köysi on alttiimpaa vaurioitumaan. [5.]

Köydet voidaan punoa joko oikea- tai vasenkätisesti. Pystyssä olevan oikeakätisesti punotun köyden säikeet menevät vasemmalta oikealle alhaalta ylöspäin köyttä seurattaessa. Vasenkätisesti punotussa köydessä säikeet kiertävät vastaavasti toiseen suuntaan. [4.]

Kiertymättömissä rakenteissa käytetään useita säiekerroksia. Vierekkäisten kerrosten säikeet on punottu eri suuntiin, jolloin niiden vääntömomentit kumoavat toisiaan. Kiertymättömiä rakenteita käytetään erityisesti suurilla nostokorkeuksilla, jotta köyden kiertyminen saataisiin mahdollisimman vähäiseksi.[4.]

Tarkastelun kohteena olevan Pyhäsalmi Mine Oy Timonkuilun nostokoneen nostoköydet ovat halkaisijaltaan 44 millimetrin paksuiset Trefil European valmistamat teräsköydet. Köysiä on neljä kappaletta, ja niistä kaksi on oikeakätisesti ja kaksi vasenkätisesti punottuja. Köydet ovat terässydämisiä ja niiden säikeet erilankaisia. Punontatapa köysillä on ristiinpunonta. Köysien tekniset tiedot (liite D) ja poikkivetotestin tulokset (liite E) ovat liitteenä tässä raportissa.

#### 4.2 Köysien vaurioitumismekanismejä

Köysiin perehtymisen jälkeen selvitettiin köysien vaurioitumismekanismejä. Teräsköysi kuluu monella tavalla. Venyminen aiheuttaa köyden ohenemista. Köysi voi myös ruostua, ja lankojen sekä säikeiden hankaaminen toisiaan vasten aiheuttaa mekaanista kulumista. Lisäksi köysi kuluu ulkopinnaltaan hankautuessaan esimerkiksi köysipyöriä vasten.

Köydessä muodostuvat veto-, puristus-, ja leikkausjännitykset aiheutuvat muun muassa kuorman painosta, köyden taivutuksesta esimerkiksi köysipyöriällä, lankojen puristumisesta toisiaan ja köysipyörien pintaa vasten sekä lankojen ja säikeiden kierteisestä muodosta, joka aiheuttaa niihin vääntömomenttia köyden ollessa vetojännityksen alainen. Koska langat ja säikeet kuormitettuna eivät pääse liikkumaan toisiinsa nähden, esiintyvät jännitykset usein epätasaisina

jännityshuippuina. Nämä jännityshuiput saattavat katkoa yksittäisiä lankoja köydessä. [3.]

Jännityshuipuista muodostuvan kokonaisjännityksen määrittäminen laskennallisesti ei ole mahdollista. Teräsköydet mitoitetaan tämän vuoksi vetolujuuden mukaan ja taivutusjännitykset otetaan huomioon valitsemalla oikea suhde köysipyörien halkaisijan  $D$  ja köyden halkaisijan  $d$  välillä. Teräsköyden käyttöikä kasvaa, kun vetojännitys pienenee ja suhde  $D/d$  kasvaa. Monilla käyttöalueilla on suunnitteluohjeisiin liitetty täsmälliset suhteen  $D/d$  vähimmäisarvot. Pyhäsalmen kaivoksella nostokoneen nostoköysien laskennallinen käyttöikä on noin viisi vuotta. [3.]

Esimerkkinä  $D/d$ -suhteen merkityksestä voidaan verrata Pyhäsalmi Mine Oy:llä käytössä olleiden nostokoneiden  $D/d$ -suhteita. Nykyisen nostokoneen  $D/d$ -suhde on noin 102 kun aikaisemmin käytössä olleen nostokoneen  $D/d$ -suhde oli 75. Aikaisemmin käytössä olleen nostokoneen köysien käyttöikä oli noin vuoden, kun nykyiset kestävät noin viisi vuotta. Nostoköysien käyttöikään vaikuttavat monet muutkin seikat, mutta  $D/d$ -suhteella on suuri merkitys.

Vaurioista helpoimmin tarkasteltavia ovat köyden ulkopinnalla näkyvät vauriot, kuten ulommaisten lankojen kuluminen ja niiden katkeamat. Köyden sisäiset viat eivät useinkaan silmämääräisissä tarkastuksissa näy, vaan niitä on haettava erilaisten apuvälineiden kanssa suoritettavilla tarkastuksilla. Tällaisia tarkastuksia ovat köyden halkaisijan mittaaminen, köyden pyöreiden mittaaminen sekä köyden elektromagneettinen testaus. [5.]

Ulkoisista vaurioista nostokonekäytössä helpoimmin tarkastettavia ovat lankakatkeamat ja uloimpien lankojen kuluminen. Lankakatkeamien tarkastaminen tarkoittaa, että lasketaan näkyvät ulkoiset lankakatkeamat. Uloimpien lankojen kuluminen voidaan mitata esimerkiksi työntömitalla mittaamalla tasaiseksi kuluneen osuuden leveys. Tasainen osuus ei saa olla leveämpi kuin uloimpien lankojen halkaisija. [5.]

Lisäksi merkittävä, joskin tarkastelun kohteena olevan nostokoneen kohdalla vähäisempi, ulkoisesti tarkasteltava vaurio on korroosio. Se vaikuttaa yleensä köyteen sekä ulkoisesti että sisäisesti, joten se on aina huomioitava. Korroosion köyttä heikentävä vaikutus on kuitenkin merkittävä. Köyden huolellinen rasvaus vaikuttaa korroosiota vähentävästi. [5.]

Köysipyörien urien väärä mitoitus aiheuttaa köyteen köyden mittaisen ja -suuntaisen kapean vauriovyöhykkeen tai kaksi. Liian leveä ura aiheuttaa köyden alapintaan kovan pintapaineen koska ura ei tue köyttä tarpeeksi. Tällöin köysi helposti vaurioituu tästä kosketuspinnasta, ja se näkyy kapeana köyden suuntaisena ja mittaisena vaurioalueena. Liian kapea köysipyörän ura aiheuttaa köyden kiilautumisen uraan, jolloin pintapaineen keskuksia on kaksi. Tästä aiheutuu kaksi kapeaa köyden suuntaista ja mittaista vaurioaluetta köyteen. Oikein mitoitettu köysipyörän ura tukee köyttä 120°:n matkalta. Uran pohjan säteen ja köyden säteen tulee olla sama. [5.]

Erilaiset iskuista johtuvat paikalliset vauriot, kuten katkenneet tai vioittuneet langat, ovat nostokonekäytössä vähäisempiä, joskin niitä voi päästä syntymään esimerkiksi nostokuiluun putoavan esineen tai kiven aiheuttamana. Paikallisia vaurioita voi aiheuttaa myös köysien iskeytyminen toisiaan vasten. Tällaiset vauriot voivat ilmetessään aiheuttaa suuren turvallisuusriskin, koska ne tekevät köyteen paikallisen lujuuden heikentymän. [5.]

Löysät langat tai säikeet teräsköyden pinnalla kertovat sisäisistä lankakatkeamista tai sydämen murtumisesta. Myös säiesydän voi murtua, jolloin säie venyy ja löystyy. Köyden halkaisijan selvästi havaittava pieneneminen jollakin köyden osuudella kertoo köyden sydämen murtumisesta tai venymisestä. Tällaisen köyden vetolujuus heikkenee merkittävästi. [3.]

Nostokoneiden tapauksessa teräsköysien sisäinen kunto on erittäin vaikea tarkastaa, koska köydet ovat yleensä paksuja ja jatkuvasti kuormitettuja. Niitä kuormittaa vähintään köyden oma massa lisätynä tyhjän kivikapan tai vastapainon massalla. Tästä johtuen niiden paikallinen auki kiertäminen on vaikeaa

tai lähes mahdotonta. Auki kiertäminen, vaikka se onnistuisikin, vahingoittaisi köyttä erittäin helposti heikentäen sen lujuutta. Nostokoneen toimittajan ohjeissa köysien käsittelystä erityisesti kielletään auki kiertäminen.



## 5 TERÄSKÖYSIEN ELEKTROMAGNEETTINEN TARKASTUS

### 5.1 Perusteet

Teräsköysien kunnan tarkastaminen onnistuu erittäin hyvin elektro-magneettisella tarkastuslaitteella. Se perustuu magnetismiin, ja niitä on ollut käytössä jo lähes sata vuotta. Varsinkin elektroniikan ja tietokoneiden huima kehitys viime aikoina on mahdollistanut myös elektromagneettisten tarkastuslaitteiden nopean kehityksen. Tässä työssä keskitytään elektromagneettisen tarkastuksen perusteiden tutkimiseen.

Elektromagneettinen nostoköysien tarkastus tapahtuu magneetin avulla. Joko kesto- tai sähkömagneetilla aiheutetaan köyteen pitkittäinen magneettikenttä, jossa köyttä liikutetaan. Herkillä antureilla mitataan tämän magneettikentän muutoksia köyden liikkuessa siinä. Antureiden mittadata tulostetaan paperille, jolloin saadaan koko köyden pituuden käsittävä käyrä. Tätä käyrää tulkitsemalla köyden kunto voidaan kartoittaa.

Nostoköysien elektromagneettiseen tarkastukseen perehtyminen aloitettiin kertaamalla magnetismin perusteet. Magneetti on sellaisesta aineesta koostuva kappale, jolla on taipumus vetää puoleensa ja pitää itsessään kiinni pieniä pehmytteräshiukkasia. Tätä ominaisuutta kutsutaan magnetismiksi. [6.]

Magneetteja on kolmea eri lajia, luonnonmagneetti, tekomagneetti ja sähkömagneetti. Luonnonmagneetti on luonnossa magneettisena esiintyvää rautamalmia. Sähkömagneetti on puolestaan kappale, jonka magnetismi on aikaansaatu sähkövirran avulla. Tekomagneetti on teollisesti valmistettu magneetti, jossa ei ole magnetismia luonnollisesti. Muotonsa perusteella magneetit jaetaan magneettineuloihin, tankomagneetteihin sekä hevosenkenkämagneetteihin. [6.]

### 5.2 Magneettikentän osatekijät

Magneetti aiheuttaa ympärilleen voimakentän, jota kutsutaan magneettikentäksi. Magneettikentän havainnollistaminen onnistuu helposti kesto-

magneetin, kartonkilevyn ja pehmytteräs jauhon avulla. Asetetaan kesto-  
magneetti kartonkilevyn alle ja ripotellaan pehmytteräs jauhoa sen päälle. Kun  
kartonkia vielä hieman koputellaan, asettuu pehmytteräs jauho magneettikentän  
voimaviivojen suuntaisesti kartongille. Voimaviivat kuvaavat havainnollisesti  
magneettikenttää ja niiden tiheys kentän voimakkuutta. Voimaviivojen suunnan  
sanotaan olevan N-navasta S-napaan. [6.]

Lähekkäin olevien napojen välissä kentän voimakkuus on suuri, eli voimaviivoja  
on tiheässä. Koko voimaviivojen määrästä, magneettivuosta, vain vähän suun-  
tautuu ympäristöön. Magneettikentän vuon virtausta osoittavat voimaviivat ovat  
suljettuja käyriä. Niiden ei voida kuvitella alkavan jostakin ja päättyvän johonkin.  
Näin ollen magneettikentän voimaviivat kulkevat magneetin ulkopuolella N-na-  
vasta S-napaan, ja ne jatkavat kulkuaan magneetin sisällä S-navasta N-  
napaan. [6.]

Magneettivuon virtauksen tiheys, josta käytetään suuremerkkiä  $B$ , määräytyy  
kentän voimakkuudesta, jonka merkki on puolestaan  $H$ . Virtauksen tiheys las-  
ketaan seuraavalla kaavalla:

$$B = \mu H$$

Magneettivuon virtauksen tiheys on:

$$[B] = [\mu H] = \frac{Vs}{m^2} = \text{tesla}, T$$

Suure  $\mu$  on aineen magneettinen johtavuus, jota virallisesti kutsutaan permeabi-  
liteetiksi. Koska erilaisilla aineilla on erilainen permeabiliteetti, on perusvakioksi  
valittu tyhjiön permeabiliteetti  $\mu_0$ . Tyhjiön permeabiliteetti, joka samalla on eräs  
luonnonvakioista, on:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Vs}{Am} = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{H}{m}, (1 \text{ Henry}, H = 1 \frac{Vs}{A})$$

Muiden aineiden permeabiliteetit ilmoitetaan perusvakioksi valitun tyhjiön per-  
meabiliteetin avulla seuraavasti:

$$\mu = k_m \mu_0$$

Yhtälössä  $k_m$  on aineen suhteellinen permeabiliteetti, joka voidaan merkitä  
myös  $\mu_s$  tai  $\mu_r$ . [7, s. 92,93]

Epämagneettisten aineiden suhteellinen permeabiliteetti  $k_m$  on hyvin tarkasti yksi. Voidaan sanoa, että kaikkien epämagneettisten aineiden permeabiliteetti on hyvin tarkasti sama kuin tyhjiön. Erityisesti tähän on syytä kiinnittää huomiota ilman kohdalla, sillä magneettikentät rakentuvat usein ainakin osaksi ilmaan. Kaikilla aineilla on permeabiliteetti, eli ne ovat magneettisesti johtavia. [7, s.93]

Magneettisten johteiden kohdalla suhteellinen permeabiliteetti vaihtelee runsaasti, eikä kysymys ole mistään vakiosuureesta. Permeabiliteetin karkeaksi vaihteluväliksi näillä ferromagneettisilla aineilla voidaan sanoa  $10^2 - 10^6$ . Suhteellinen permeabiliteetti siis vaihtelee samankin aineen ollessa kysymyksessä, riippuen monista asioista, kuten magneettikentän voimakkuudesta ja lämpötilasta. [7.]

Magneetin voidaan kuvitella koostuvan pienistä atomin ja molekyylin kokoluokkaa olevista alkeismagneeteista. Näiden alkeismagneettien magneettisuus johtuu elektronivirroista ja niiden järjestäytymisestä. Elektronivirrat aiheuttavat atomin tai molekyylin magneettisuuden. Magneetissa nämä alkeismagneetit ovat järjestyneet samansuuntaisesti tai lähes samansuuntaisesti. Niiden toisiinsa vahvistavasta vaikutuksesta johtuen koko kappale on magneettinen. [7, s.124]

Muut kuin magneettiset aineet jaetaan ferromagneettisiin ja epämagneettisiin aineisiin. Epämagneettiset aineet jaetaan vielä diamagneettisiin ja paramagneettisiin aineisiin. Tämä jaottelu tehdään sen perusteella, miten aineet magneettikentässä käyttäytyvät. Käyttäytyminen on suuresti kiinni siitä, millainen aineen molekyyli rakenne on, eli millaisia alkeismagneetteja aine sisältää. [7.]

Diamagneettisissa aineissa alkeismagneetit ovat heikkoja ja aiheuttavat magneettikentässä lievän peruskenttää heikentävän vaikutuksen. Aineen molekyyli rakenne siis on sellainen, etteivät elektronivirrat ole suuntautuneet erityisesti mitenkään, ja magneettikenttä suuntaa niitä hyvin vähän. Lisäksi suuntautuminen tapahtuu enimmäkseen niin, että alkeismagneettien N-napa

osoittaa ulkoisen magneettikentän N-napaa kohden. Tällaisten aineiden permeabiliteetti on hiukan pienempi kuin tyhjiön, mutta ero on kuitenkin erittäin pieni. Magneettikentässä tällaiseen aineeseen kohdistuu hyvin pieni voima, joka yrittää siirtää sitä pois magneettikentästä. [7, s.125]

Paramagneettisissa aineissa alkeismagneetit ovat myös hyvin heikkoja, mutta ne aiheuttavat magneettikentässä peruskenttää hivenen voimistavan vaikutuksen. Näidenkin aineiden alkeismagneetit ovat hyvin heikkoja, eli elektronivirrat eivät ole erityisen suuntautuneita. Ulkoinen magneettikenttä suuntaa alkeismagneetteja jonkin verran magneettikentän suuntaiseksi. Permeabiliteetti näillä aineilla on jonkin verran suurempi kuin tyhjiön, mutta kyse on erittäin pienistä eroista. Magneettikentässä näihin aineisiin kohdistuu hyvin heikko magneettikenttään sitova voima. [7, s.125]

Ferromagneettisissa aineissa alkeismagneetit ovat voimakkaita. Normaalityössä ne ovat suuntautuneet satunnaisesti kaikkiin suuntiin. Tämän vuoksi aine ei ole normaalisti magneettinen. Ulkoinen magneettikenttä suuntaa alkeismagneetteja hyvin voimakkaasti. Niiden suuntautuminen riippuu paljon suuntaavan magneettikentän voimakkuudesta. Kun kaikki alkeismagneetit ovat suuntautuneet, aineen sanotaan olevan magneettisesti kyllästynyt. [7.]

Ferromagneettisten aineiden permeabiliteetti on paljon suurempi kuin tyhjiön, ja se vaihtelee samankin aineen ollessa tarkastelun kohteena. Permeabiliteetin suuruuteen vaikuttavat monet ulkoiset seikat, joista magneettikentän voimakkuus on yksi merkittävimmistä. Näihin aineisiin kohdistuu magneettikentässä suuri magneettikenttään sitova voima. Ferromagneettiset aineet ovat varsinaisia magneettivuon johteita, joiden rinnalla para- ja diamagneettiset aineet ovat lähinnä eristeitä. Magneettivuon johtumista kutsutaan magneettiseksi influenssiksi. Se voidaan havaita siitä, että ferromagneettinen tanko muuttuu magneettiseksi, kun sen toiseen päähän asetetaan magneetti. [7.],[6.]

Koska kaikki aineet kuitenkin johtavat magneettikenttää, varsinaisia magneettikentän eristeitä ei ole olemassa. Magneettivuon virtausta ei ole mahdollista

eristää kulkemaan vain määrättyä piiriä pitkin. Osa magneettivuosta hajautuu kulkemaan hajateitä. Tätä hajateitä kulkevaa magneettivuon osaa kutsutaan hajavuoksi. Yleensä magneettipiirissä halutaan piirin tiettyyn kohtaan määrätty magneettivuo, niin kutsuttu hyötyvuo. Magneetin tarvittu kokonaisvuo on siis hyötyvuo lisättynä hajavuolla. Erityisen herkästi magneettivuo hajautuu epä-jatkuvuuskohdista, jollaisia voivat olla esimerkiksi kulmat ja ilmavälit. [7, s.118]

Suora sähköjohto, jossa kulkee virta, aiheuttaa ympärilleen magneettikentän. Magneettikentän suunta saadaan selville oikean käden säännön mukaan. Kun oikealla kädellä otetaan johdosta kiinni siten, että ojennettu peukalo osoittaa virran suunnan, osoittavat muut sormet magneettikentän suunnan. Magneettikentän voimaviivat pyörivät johdon ympäri. Jos johto kierretään rullalle, kulkevat rullan sisällä magneettikentän voimaviivat samaan suuntaan vahvistaen toisi-aan. [6.]

Rullalle käämistystä sähköjohdosta saadaan sähkömagneetti. Koska ilma on epämagneettinen aine, tarkasti paramagneettinen, ei magneettikenttä juurikaan ulotu virrallisen ilmasydämisen sähköjohtorullan ulkopuolelle. Ferro-magneettinen aine kuitenkin tähän magneettikenttään joutuessaan magnetisoi-tuu. Siitä voidaankin tehdä sydän sähkömagneettiin, ja näin saadaan sähkö-magneettinen kappale. Se käyttäytyy kuten magneetti, mutta vain silloin kun kelassa kulkee sähkövirta. [7.]

Kun suora virrallinen sähköjohdin asetetaan magneettikenttään, syntyy johti-meen voima, joka pyrkii siirtämään johtimen pois magneettikentästä. Tämä johtuu siitä, että johtimen oma magneettikenttä vahvistaa ulkoista magneetti-kenttää sillä puolella johdinta, jolla magneettikentän voimaviivojen suunta on sama. Toisella puolella johdinta magneettikenttien voimaviivat kulkevat vastak-kaisiin suuntiin heikentäen toisiaan. Johdinta siirtävän voiman suunta on magneettikenttää vahvistavalta puolelta heikentävälle puolelle ja sitä kutsutaan sähkömotoriseksi voimaksi. [6.],[7.]

Jos taas suoraa virratonta johdinta liikutetaan magneettikentässä magneetti-kentän voimaviivoja leikaten, aiheutuu johtimien päiden välille jännite. Johti-

meen muodostuu virta, jos johtimen päiden välillä on suljettu virtapiiri. Tätä virtaa kutsutaan induktiovirraksi. Induktiovirta on sitä voimakkaampi mitä voimakkaampi on magneettikenttä, mitä nopeampi on liike ja mitä pitempi on johdin. [6.],[8.]

Induktiovirtaa ei esiinny ainoastaan johtimen leikatessa magneettivuota. Myös magneettivuon voimakkuuden muutokset aiheuttavat induktiota. Hyvä esimerkki tästä on muuntaja, jossa yhteisen rautasydämen ympärillä on kaksi käämiä. Sitä kelaa, jolla rautasydäntä magnetoidaan, kutsutaan ensiökäämiksi. Ensiökäämin jännitettä muuttamalla voidaan rautasydämen magneettikentän voimakkuutta muuttaa. Rautasydämen magneettikentän voimakkuuden muutos indusoi toiseen käämiin jännitteen. Tätä käämiä kutsutaan toisiökäämiksi. Koska käämi ei liiku suhteessa magneettikentän voimaviivoihin, vaikuttaa indusoituvan jännitteen suuruuteen magneettikentän voimakkuuden muuttumisnopeus. Lisäksi siihen vaikuttavat magneettikentän voimakkuus ja johtimen pituus samoin kuten magneettikentässä liikutettavan suoran johtimen tapauksessakin. [6.],[8.]

Magnetismin kertaamisen jälkeen perehdyttiin elektromagneettiseen aineen koestukseen. Elektromagneettisella aineenkoestuksella tarkoitetaan magneetin avulla tapahtuvaa ainetta rikkomatonta aineenkoestusta. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi teräsköyden ominaisuudet selvitetään luotettavasti ilman, että teräsköyttä puretaan tai muuten vahingoitetaan. Muun muassa kaivosten nostokoneiden teräsköysiä on testattu elektromagneettisesti jo lähes sata vuotta [10.].

Teräsköyden tarkastamiseen käytetään yleisesti elektromagneettista testausta. Elektromagneettinen testaus perustuu magnetismiin. Siinä köyteen aiheutetaan tietynsuuruinen pitkittäinen magneettikenttä, joko sähkö- tai kestopagneetilla. Kun köyttä tässä tunnetussa magneettikentässä liikutetaan, voidaan magneettikentän muutoksia mittaamalla selvittää köyden kunto.

### 5.3 Mittausperusteet

Teräsköyden heikkeneminen voidaan periaatteellisesti luokitella seuraavasti:

1. Metallisen poikkipinta-alan kato (Loss of Metallic Cross-Sectional Area, LMA), jota aiheuttaa kuluminen ulkoisesti ja sisäisesti. Ulkoinen kuluminen aiheutuu esimerkiksi hankautumisesta seinään tai muuhun kiinteään rakenteeseen. Sisäistä kulumista aiheuttaa säikeiden ja lankojen liike suhteessa toisiinsa köyttä taivuteltaessa, suuret työpaineet tai esimerkiksi huono voitelu. Korroosio aiheuttaa sekä ulkoista että sisäistä kulumista, ja voi aiheutua esimerkiksi aggressiivisesta ilmastosta tai huonosta voitelusta. LMA aiheuttaa suoraan köyden vetolujuuden heikkenemistä.
2. Paikalliset viat (Localised Faults, LF), jotka ovat paikallisia köyden heikkenemiä, esimerkiksi katkenneita teräslankoja tai pistesyöpymiä. Teräslangan katkeaminen voi johtua esimerkiksi väsymisestä, materiaalin haurastumisesta tai mekaanisesta vioittumisesta. Kauppa- ja Teollisuusministeriön päätöksessä teräsköyden hylkäämisen yhtenä perusteena on lankakatkeamien määrä. [10.]

Molempia heikkenemistyyppäjä varten on kehitetty omat mittausmenetelmät ja laitteet. Näitä kutsutaan LF-tarkastukseksi ja LMA-tarkastukseksi. LF-tarkastus antaa köyden kunnosta kvalitatiivisen mittaustiedon. Se paljastaa köyden paikalliset viat, mutta sen avulla ei voi luotettavasti selvittää köyden vetolujuuden heikkenemistä. Köyden vetolujuuden heikkeneminen riippuu paikallisten vikojen lisäksi kulumisen ja korroosion aiheuttamasta metallisen poikkileikkauspinta-alan pienenemisestä. LF-tarkastuksella ei saada mitään tietoa metallisen poikkileikkauspinta-alan suuruudesta. [10.]

Metallisen poikkileikkauspinta-alan koko selvitetään LMA-tarkastuksella. Siinä paljastuvat hajaantuneemmat viat, kuten kuluminen ja korroosio. LMA-tarkastuksen tulos on kvantitatiivinen, ja sillä saadaan tarkasti selville köyden metallinen poikkileikkauspinta-ala. Tämän tiedon perusteella köyden vetolujuus voidaan selvittää tarkasti, ja köyden jäljellä olevan käyttöiän arviointi voidaan tehdä luotettavasti. Nykyaikaiset kehittyneet mittalaitteet tuottavat samalla anturilla ja mittauksella molemmat käyrät. [10.]

Jotta voitaisiin perustellusti suorittaa erilaisten laitteiden vertailua, on ensin syytä kiinnittää huomiota elektromagneettisten mittalaitteiden suorituskyvyn perusteisiin. Näiden perusteiden ymmärtäminen antaa suorituskyvyn vertailemiselle erinomaisen pohjan, ja tekee vertailusta helppoa ja ymmärrettävää.

#### 5.4 Resoluutio

Resoluutiolla tarkoitetaan vikojen välistä pienintä etäisyyttä, jolla vikojen indikaattorit pystyy selvästi erottamaan. Tämä on laitteen erottelutarkkuus. Köydessä oleva lankakatkeama aiheuttaa mittalaitteen tulostamaan käyrään tietyn muotoisen kuvion. Resoluutio on pienin, esimerkiksi kahden lankakatkeaman välinen etäisyys, jolla mittauskäyrästä voidaan selvästi havaita kysymyksessä olevan kaksi lankakatkeamaa. Resoluution kanssa vastavuoroinen ominaisuus on erotusteho. Resoluutio on lähinnä LF-mittalaitteiden vertailussa käytetty ominaisuus. [11.]

Kvantitatiivisella resoluutiolla tarkoitetaan lyhintä tasaista köyden metallisen poikkileikkauspinta-alan pienenemää, jonka mittalaite voi tarkasti ja luotettavasti mitata. Esimerkkinä voidaan ajatella köyttä, jossa on viiden senttimetrin matkalla 10 %:n pienenemä metallisessa poikkileikkauspinta-alassa. Kun tällainen köysi mitataan laitteella, jonka kvantitatiivinen resoluutio on viisi senttimetriä, saadaan tulokseksi 10 %:n kato viiden senttimetrin matkalla. Mittaus-tulokseksi laitteella, jonka kvantitatiivinen resoluutio on 50 senttimetriä, saadaan 1 %:n kato 50 senttimetrin matkalla. Jälkimmäinen mittaus-tulos on hyvin epätarkka arvio köyden todellisesta kunnosta. Molemmat mittalaitteet pystyvät luotettavasti mittaamaan yli 50 senttimetrin mittaiset metallisen poikkileikkauspinta-alan pienenemät. [11.]

Kvantitatiivisen resoluution kanssa vastavuoroinen ominaisuus on kvantitatiivinen erotusteho, joka ilmaisee, kuinka paksusta köydestä metallisen poikkileikkauspinta-alan pystyy luotettavasti mittaamaan. Kvantitatiivinen resoluutio on tärkeä ominaisuus kahden LMA-mittalaitteen vertailussa. [11.]



Kvantitatiivinen teho on tärkeä ominaisuus puhuttaessa nostoköysien mittaamiseen tarkoitetuista mittalaitteista, sillä myös köyden sisäinen korroosio heikentää köyttä. Sisäinen korroosio ei ole nähtävissä köydestä päällepäin, eikä se näin ollen paljastu visuaalisessa tarkastuksessa. Tämän vuoksi on tärkeää, että sisäinen korroosio ilmenee elektromagneettisessa tarkastuksessa. [11.]

Metallisen poikkileikkauspinta-alan väheneminen johtuu yleensä korroosiosta ja kulumisesta. Varsinkin korroosiolla on taipumus muodostaa pienehköjä alueita, joissa metallinen poikkileikkauspinta-ala on pienentynyt. Tämän takia on tärkeää, että laitteen kvantitatiivinen resoluutio on mahdollisimman pieni. [11.]

### 5.5 Lämpäisykyky ja signaali-kohinasuhde

Testauslaitteiston lämpäisykyky mitataan köyden sisäisen ja pinnalla olevan samanlaisen vian aiheuttaman merkin suuruuksien suhteesta. Tätä kutsutaan myös lämpäisykyksuhteeksi. Vian aiheuttaman signaalin amplitudi on riippuvainen vian sijoittumisesta köyden poikkileikkaukselle. Mitä lähempänä vika on anturia, sitä suuremman signaalin vika antaa. Ideaalitulanteessa lämpäisykyksuhde on yksi, eli samanlainen sisäinen ja ulkoinen vika aiheuttaisi samanlaisen signaalin. Tosiasiassa antureiden lämpäisykyksuhde on aina pienempi kuin yksi ja se riippuu vian geometriasta. [11.]

Ainoastaan köyden vioista aiheutuneet testisignaalit ovat testaustuloksissa merkittäviä. Muista syistä aiheutuneita signaaleita sanotaan kohinaksi. Signaali-kohinasuhteella tarkoitetaan vikojen aiheuttamien signaalien amplitudin suhdetta kohinan amplitudiin. [11.]

Teräsköydessä yksittäiset langat on kierukkamaisessa muodostelmassa säikeessä, ja säikeet puolestaan kierukkamaisessa muodostelmassa muodostaen köyden. Tämä monimutkainen lankojen ja säikeiden järjestelmä aiheuttaa köyteen koloja, jotka aiheuttavat samantyyppisiä signaaleita kuin köyden viat. Tätä rakenteesta johtuvaa häiriötä kutsutaan sisäiseksi kohinaksi. Sisäinen kohina aiheuttaa merkittäviä ongelmia ja tekee testisignaalin hyvin kohinaiseksi. [11.]

Epäyhtenäinen köyden pinta, joka on hyvin lähellä mittaavia keloja, on sisäisen kohinan ensisijainen lähde. Koska läpäisykyky suhde on aina pienempi kuin yksi, signaali-kohinasuhde, erityisesti sisäisten virheiden kohdalla, voi muodostua hyvin pieneksi. Sisäinen kohina asettuu vikasignaaleiden päälle, ja merkittävästi vääristää ja peittää niitä.

Signaali-kohinasuhde ei ole yksiselitteisesti määritettävissä. Se on monimutkainen funktio anturin parametreista, köyden rakenteesta ja vian geometriasta. Signaali-kohinasuhteen vertailemiseksi pitäisi erilaisilla laitteistoilla mitata sama köysi samanlaisissa olosuhteissa. Signaali-kohinasuhdetta voidaan sitten vertailla vertailemalla ja arvioimalla testisignaaleita. [11.]

Vian havaintakyky määritellään pienimmästä poikkileikkauspinta-alan muutoksesta joka voidaan havaita. Vian havaintakyky on funktio anturin parametreista, ja läheisesti sidoksissa signaali-kohinasuhteeseen. Signaali-kohinasuhteen tulee olla suurempi kuin yksi, jotta poikkileikkauspinta-alan muutoksia voidaan havaita. [11.]

Anturin herkkyys määritellään ennalta määrätyn vian aiheuttaman signaalin amplitudista. Nykyaikaisissa köydentestauslaitteistoissa herkkyyttä voi helposti muuttaa anturilta tulevan signaalin vahvistusta säätämällä. Herkkyydellä ei juuri ole merkitystä laitteiden suorituskykyyn. Vian havaintakyky on funktio, johon signaali-kohinasuhteella on selvästi suurempi merkitys kuin herkkyydellä. [11.]

Monet anturit, joita käytetään köydentarkastuslaitteistoissa, ovat joko osiin jaettuina tai muutoin epäsymmetrisiä. Tästä johtuen niin kohina kuin vika-signaalitkin ovat riippuvaisia köyden ja anturin välisestä asennosta. Näin ollen testituloksen täydellistä toistettavuutta ei voida taata kaikilla laitteistoilla.

Koska magneettikenttää eristäviä aineita ei ole olemassa, magneettivuota on vaikea hallita. Kaikki elektromagneettiset testilaitteet ovat magneettikentän vuodon ympäröimiä. Näin ollen läheiset rautaiset esineet voivat vaikuttaa testituloksiin. Tällaisia voivat olla esimerkiksi viereiset teräsköydet, hoitotasot, portaat, lattiat tai testilaitteisto, jos se joudutaan pitämään anturin välittömässä lä-

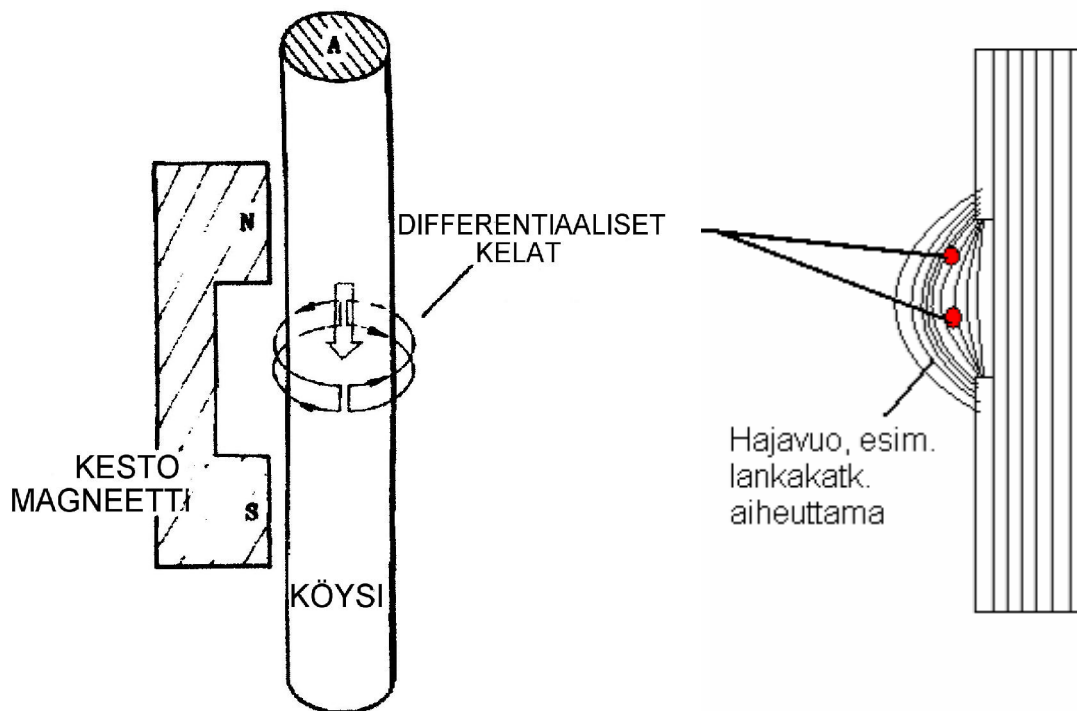
heisyydessä. Anturin sivuttaisliikkeen estäminen läheisten metalliesineiden suhteen eliminoi tai minimoi ongelmia, jotka aiheutuvat interferenssistä. [11.]

Köydentestauslaitteistot ovat yleensä liikuteltavia, sillä laitteistojen hinnat ovat varsin kalliita. Siitä johtuen on yrityksiä, jotka tarjoavat tarkastuspalveluita, ja nämä yritykset kuljettavat testauslaitteiston mukanaan testauspaikalle. Tämän vuoksi laitteiden koko ja paino ovat tärkeitä. Kestomagneetin paino on varsin merkittävä osa testauspään painoa. [10.]

Jotta testauspään suorituskyky olisi mahdollisimman hyvä ja luotettava, on magneetin kyllästettävä teräsköysi kaikissa käyttöolosuhteissa. Painon minimoimiseksi suorituskyvyn kärsimättä useat testilaitteet käyttävät äärimmäisen voimakkaita, kalliista ja harvinaisesta maametallista valmistettuja kesto- magneetteja. On mahdollista käyttää myös halvempia ja heikompitehoisempia teräsperustaisia magneetteja, mutta siitä aiheutuu suuria haittoja painon kasvun ja tehon heikkenemisen myötä. [10.]

#### 5.6 LF-testauksen periaate

Ensimmäiset käyttökelpoiset LF-testauslaitteet on esitelty noin 1935. Kuva 3 esittää tällaisen anturin periaatteen. Näitä laitteita on nimitetty tasavirtalaitteiksi, koska ne käyttävät köyden tasavirtamagnetointia, tai vuotovuolalaitteiksi, koska ne mittavat magneettivuon vuotoa köydestä. Vuotovuotestauksen periaate on kyllästää teräsköyden osa pitkittäissuuntaisella magneettikentällä voimakkaalla kesto- tai sähkömagneetilla. Mikä tahansa epäjatkuvuuskohta köydessä, kuten lankakatkeama tai katkennut säie- tai köysisydän, vääristää magneettivuota. Tämä aiheuttaa magneettivuon vuotamisen pois köydestä. Köyden ympärillä on kela tai Hall-anturi, joka reagoi vuotovuohon. Köyden liike aiheuttaa magneettikentän liikkumisen ja muuttumisen, joka indusoi jännitteen anturiin. Tämä jännite muokataan sitten testisignaaliaksi. [10.]



*Kuva 3. LF-antureiden toimintaperiaate. Tällaisia antureita on käytössä vieläkin.*

LF-testauksessa käytetyt anturit ovat differentiaalityyppisiä. Tämä tarkoittaa sitä, että ne voivat mitata ainoastaan magneettivuon muutoksia, eivät varsinaista vuota. Näin ollen vian havaittavuus vaatii magneettivuon nopean muutoksen köydessä, mikä aiheutuu tyypillisesti vain lankakatkeamasta tai piste-syöpymästä. Differentiaalityyppiset anturit eivät ilmaise ja mittaa köyden sisäistä ja ulkoista korroosiota tai kulumista, joka aiheuttaa vähittäisen muutoksen magneettivuossa. Näin ollen LF-testauslaitteet eivät sovellu kvantitatiiviseen, korroosiosta ja kulumisesta johtuvaan, köyden kunnan asteittaisen heikkenemisen arviointiin. LF-testauslaitteet antavat vain kvalitatiivisen ilmauksen köyden vioista. Kvantitatiivinen köyden lujuuden pienenemisen arviointi ei ole mahdollista. [10.]

LF-testauslaitteiden signaalin tulkitseminen on vaikeaa, joten siihen tarvitaan asiantuntija. Koska korroosio ja kuluminen ovat köyden lujuuden heikkenemisen pääsyyt, on pelkät paikalliset viat ilmiantava testauslaite nykyisin vanhentunut.

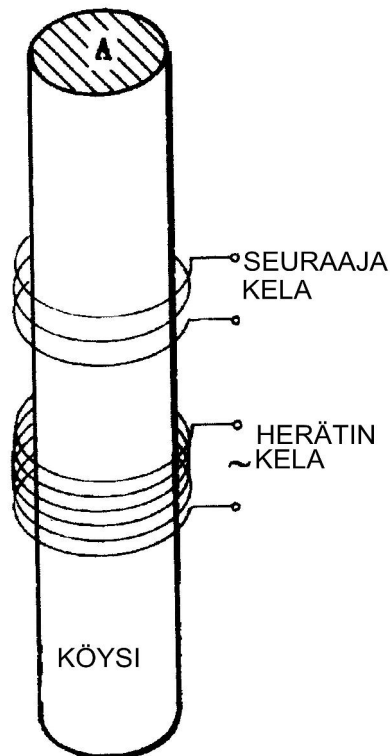
Kaikesta huolimatta LF-testauslaite pystyy ilmaisemaan monia vikoja joita pelkkä visuaalinen tarkastus ei paljasta. Näin ollen LF-testaus yhdistettynä visuaaliseen tarkastukseen on paljon parempi kuin pelkkä visuaalinen tarkastus. Pelkkiä LF-testauslaitteita ei nykyisin enää juuri valmisteta, vaan ne ovat korvautuneet kehittyneemmillä laitteilla, jotka tekevät samanaikaisesti sekä LF- että LMA-mittausta. Näissäkin laitteissa LF-mittaus voidaan kuitenkin suorittaa tämän tyyppisellä anturilla. [10.]

### 5.7 LMA-mittauslaitteistot

LMA-mittauslaitteisto on esitelty ensimmäistä kertaa niinkin aikaisin kuin 1907. Näitä laitteita kutsuttiin myös vaihtosähkölaitteiksi (AC), koska ne käyttivät köyden vaihtovirtamagnetointia. Käytetty periaate, joka on esitelty kuvassa 4, on jokseenkin samanlainen kuin tunnettu pyörrevirta menetelmä ainetta särkemättömässä aineenkoestuksessa. Näissä laitteissa teräsköysi toimi sähkömagneetin ferromagneettisena sydämenä. Teräsköyden poikkileikkauspinta-alan vaihtelu aiheutti testilaitteiston impedanssin tai yhteisen impedanssin vaihtelua. Tätä vaihtelua mittaamalla voitiin selvittää köyden teräksinen poikkileikkauspinta-ala. [10.]

Vaihtovirtatestausta on käytetty Pohjois-Amerikassa useita vuosia. Testaus-tavassa on kuitenkin puutteita, kuten monimutkainen toiminta, puutteellinen kvantitatiivinen resoluutio, huono signaali-kohinasuhde, ja näin ollen epäluotettavuus. Viimeaikaiset tutkimukset ovat osoittaneet tämän menetelmän suhteellisen tehottomuuden. Kaikesta huolimatta AC-mittauslaitteet antavat ainakin jotain viitteitä köyden kunnosta, joten aivan käyttökelvoton se ei ole. AC-mittauslaitteiden epäluotettavuuden vuoksi ne on korvattu nykyaikaisemmilla ja täsmällisemmällä mittalaitteilla. [10.]

Koska ensimmäiset toimivat LMA-mittalaitteet olivat "AC" -tyyppiä, on kaikkia LMA-mittauslaitteita joskus virheellisesti kutsuttu AC-mittalaitteiksi. "AC" on joskus väärinymmärretty tarkoittamaan sanoja "area channel" tai "area change", mikä aiheuttaa hämmennystä. Nykyaikaiset LMA-mittalaitteet käyttävät köyden tasavirtamagnetointia eivätkä ole missään tapauksessa AC-mittalaitteita. [10.]



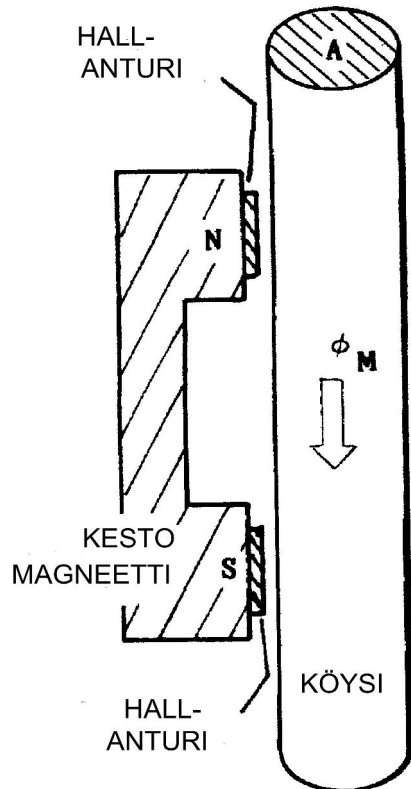
*Kuva 4. AC-tyyppisen mittalaitteen periaate.*

Tasavirtatyyppiset LMA-mittalaitteet ovat paljon tarkempia ja luotettavampia kuin vaihtovirtalaitteistot. Nämä laitteet käyttävät köyden tasavirtamagnetointia, yleensä kestmagneetilla. Kun köysi on magneettisesti kyllästetty, pitkittäinen magneettivuoto on suhteessa köyden metalliseen poikkileikkauspinta-alaan. Näin ollen LMA-mittaus voidaan suorittaa mittaamalla köyden pitkittäinen magneettivuoto. [10.]

#### 5.8 Nykyaikaisten LMA-mittalaitteiden ominaisuuksia

Ensimmäiset tasavirtatyyppiset LMA-testauslaitteet, kanadalainen Magnograph ja englantilainen Plessey, esiteltiin 1970-luvun loppupuolella. Näiden testauslaitteiden toimintaperiaate ilmenee kuvasta 5. Ne käyttivät Hall-antureita mittaamaan magneettivuotoa. Nämä käänteentekevät mittauslaitteet antoivat valtaisan panoksen teräsköysien testaamiseen. Plessey-testauslaite ajautui sittemmin patenttiloukkausongelmiin, eikä sitä ole enää ollut kaupallisesti tarjolla. Magnograph-testauslaite on päässyt yli alun ongelmista, jotka liittyivät lämpö-

tilan vaihteluun Hall-anturissa, ja sillä saavutetut julkaistut tutkimustulokset osoittavat sen olevan luotettava mittalaite. [10.]



*Kuva 5. Ensimmäisten tasavirtatyypisten LMA-mittalaitteiden toimintaperiaate. Kanadalaisessa Rotescograph-mittalaitteessa Hall-anturit on korvattu vuoportianturilla.*

Kanadalainen Rotescograph-mittalaite, joka esiteltiin 1980-luvulla, jäljittelee Magnogaphin periaatetta. Siinä Hall-anturit on korvattu vuoportiantureilla patentt loukkausten välttämiseksi, ja tehottomammat rautamagneetit oli korvattu erikoistehokkailla maametallimagneeteilla. [10.]

Näissä mittalaitteissa on yksi rakenteellinen puute. Mitatakseen magneettivuon suuruuden sekä Hall-anturi että vuoportianturi on sijoitettava magneettivuon virtausreitille. Toisin sanoen mitattavan magneettivuon on kuljettava anturin kanssa ristiin. Tämä ei ole mahdollista, kun halutaan mitata magneettivuo köyden sisältä. Näin ollen niiden täytyy turvautua epäsuoraan menetelmään mitattaessa teräsköyden sisäistä magneettivuota. Näillä antureilla mitataan köyden

ulkopuolista magneettivuota, ja tästä mittaustuloksesta derivoidaan ja lasketaan köyden sisäisen magneettivuon suuruus. [10.]

Kuten LF-mittauksessakin, voimakkaalla kestromagneetilla aiheutetaan köyteen pitkittäinen magneettikenttä. Hall-anturi, tai vuoportianturi, asetetaan köyden ja magneetin väliin, tai vaihtoehtoisesti paluuvuon virtausreitille. Näillä antureilla mitataan köyden ja magneetin pään välisessä ilmvälissä olevaa magneettivuota. Köyden ja magneetin pään välinen magneettivuo on magneetin napojen välisen metallisen tilavuuden funktio. Näin ollen magneettivuon suuruudesta ilmvälissä saadaan likimääräinen tulos keskimääräisestä köyden metallisesta poikkileikkauspinta-alasta magneetin napojen välillä. Näitä mittauslaitteita kutsutaan paluuvuomittauslaitteiksi, koska ne mittaavat köydestä palaavaa magneettivuota magneetin pään ja köyden välisestä ilmvälisestä. [10.]

LMA-mittalaitteita on usein täydennetty yhteenrakennetulla LF-anturilla. Vaikka nämä yhdistetyt LMA/LF-mittauslaitteet edustavatkin huomattavaa parannusta aiemmin esitelyihin LF- ja AC-mittalaitteisiin nähden, niillä on silti huono kvantitatiivinen resoluutio. Kuten toimintaperiaatteesta havaitaan, tällaiset laitteet mittaavat magneetin napojen välisen keskimääräisen metallisen poikkileikkauspinta-alan. Jotta metallisen poikkileikkauspinta-alan pienenemä tulisi kokonaisuudessaan mitatuksi, täytyy sen olla tasalaatuinen ja pitempi kuin magneetin napojen väli. [10.]

Magneetin pituus vaihtelee nykyisissä testilaitteissa helposti noin 20 senttimetrinä jopa 50 senttimetriin asti. Tästä seuraa, etteivät pienimmät korroosion tai kulumisen aiheuttamat metallisen poikkileikkauspinta-alan pienenemät näy testituloksissa täydellisinä. Suurimmissa laitteissa jopa keskikokoiset kuluma- ja korroosioalueet jäävät täydellisinä havaitsematta. Lisäksi lankakatkeamien keskittymät jäävät helposti havaitsematta kunnolla. Tällaisten teräsköyden kohtien lujuuden arvioiminen on helpointa tehdä LMA-käyrästä, mikäli sen kvantitatiivinen resoluutio on riittävä. Usein LF-käyrän resoluutio on riittämätön kun lankakatkeamat ovat hyvin lähellä toisiaan, kuten tällaisessa keskittymässä. [10.]

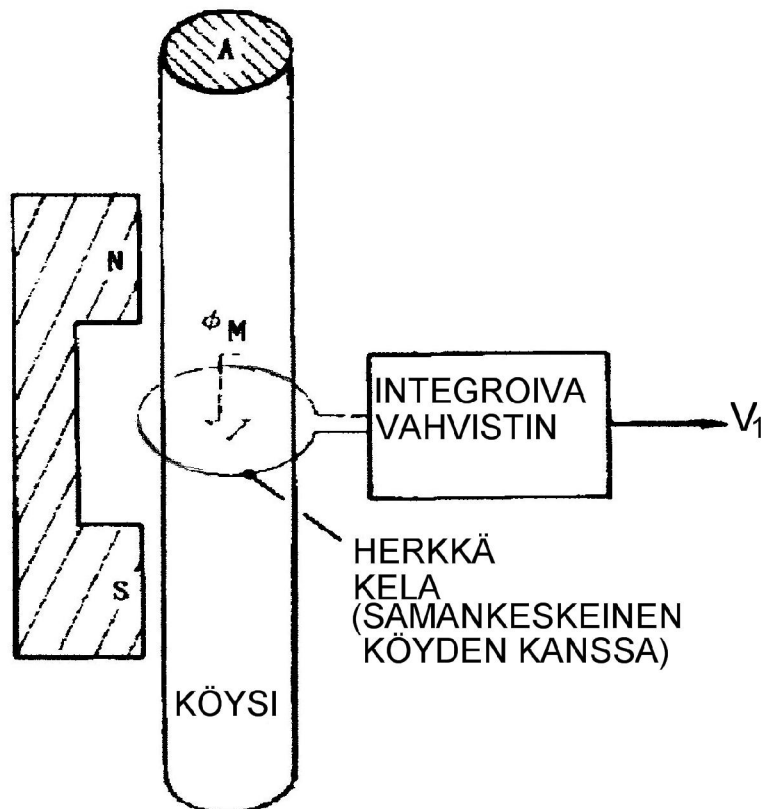


Tämän tyyppisten laitteiden LMA-anturin kvantitatiivinen resoluutio on yleensä huomattavasti pienempi kuin niiden LF-anturin resoluutio. Siksi kvantitatiivinen köyden lujuuden määrittäminen riippuu paljolti kvalitatiivisesta LF-mittauksesta, kun sen tulisi nojata kvantitatiiviseen LMA-mittaukseen. Sen vuoksi köyden jäljellä olevan lujuuden määrittämiseksi laitteet ja testaajat käyttävät patentoituja menetelmiä. Nämä eivät ole julkista tietoa eikä niitä näin ollen voi kriittisesti arvioida. Tästä johtuen tämän tyyppisten mittausten luotettavuuteen tulee suhtautua hiukan epäillen. [10.]

Uusin LMA/LF-testauslaitteiden tyyppi on esitelty Yhdysvalloissa muutama vuosi sitten. Samaan aikaan myös Saksassa on itsenäisesti esitelty samaa periaatetta käyttävä laite. Nämä laitteet kykenevät mittaamaan köyden pitkittäisen magneettikentän suoraan köydestä, mikä ei paluuvuo-tyyppisissä laitteissa ole mahdollista. Erotukseksi paluuvuo-tyyppisistä laitteista näitä voidaankin kutsua päävuolaitteiksi. Päävuo-tyyppinen LMA-mittaus antaa maksimaalisen kvantitatiivisen resoluution. [10.]

Päävuo-tyyppiset laitteet käyttävät herkkää kelaä mittaamaan teräsköyden pitkittäistä magneettikenttää suoraan köydestä. Vertailussa Hall-anturiin ja vuoportianturiin, jotka on asetettava magneettivuon kulkureitille, herkällä kelalla on yksi luontainen etu. Niiden on ainoastaan ympäröitävä mitattava magneettikenttä. Näin ollen kelat soveltuvat erinomaisesti teräsköyden sisäisen magneettikentän mittaamiseen. Päävuo-tyyppiset mittalaitteet pystyvät mittaamaan teräsköyden sisäisen magneettikentän suurella tarkkuudella ja resoluutiolla. [10.]

Päävuo-tyyppisen mittalaitteen periaate on samantyyppinen kuin paluuvuomittalaitteissakin, ja on esitelty kuvassa 6. Köyden ympärille asetettava kestopagneetti kyllästää teräsköyden pitkittäissuuntaisella tasavirtamagneettikentällä. Teräsköyden ympäröi sen kanssa samankeskeinen kela. Teräsköyden metallisen poikkileikkauspinta-alan muutokset aiheuttavat muutoksen teräsköyden magneettikentän vuohon. Köyden liikkeiden mukaan muuttuva magneettikenttä indusoi kelaan jännitteen, joka on suhteessa magneettikentän vuon tiheyden derivaattaan. [10.]



Kuva 6. Päävuo-tyyppisen mittalaitteen periaate.

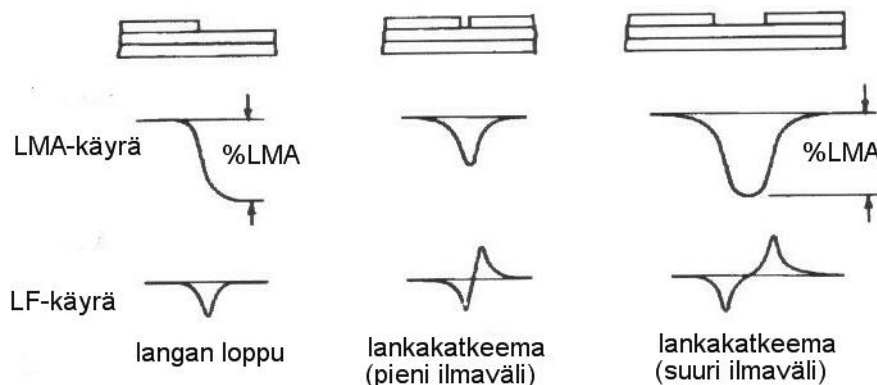
Kelaan indusoitunut jännite integroidaan integroivassa vahvistimessa, jonka ulostulojännite  $V_1$  on siten suoraan verrannollinen köyden magneettikentän vuon tiheyteen. Koska köysi on magneettisesti kyllästynyt, köyden pituus-suuntaisen magneettikentän vuontiheys on suoraan verrannollinen sen teräksiseen poikkileikkauspinta-alaan. Näin ollen anturin ulostulojännitteen  $V_1$  muutokset ovat suoraan verrannollisia mitatun köyden metallisen poikkileikkauspinta-alan muutoksiin. [10.]

Päävuo-tyyppisen laitteen ongelma on herkkä kela, joka on vaikea osioida köyden ympärille asentamista varten. Näissä mittalaitteissa tämä ongelma on ratkaistu käyttämällä patentoituja osioituja kelarakenteita, ja signaalin korjaavia piiriratkaisuja. [10.]

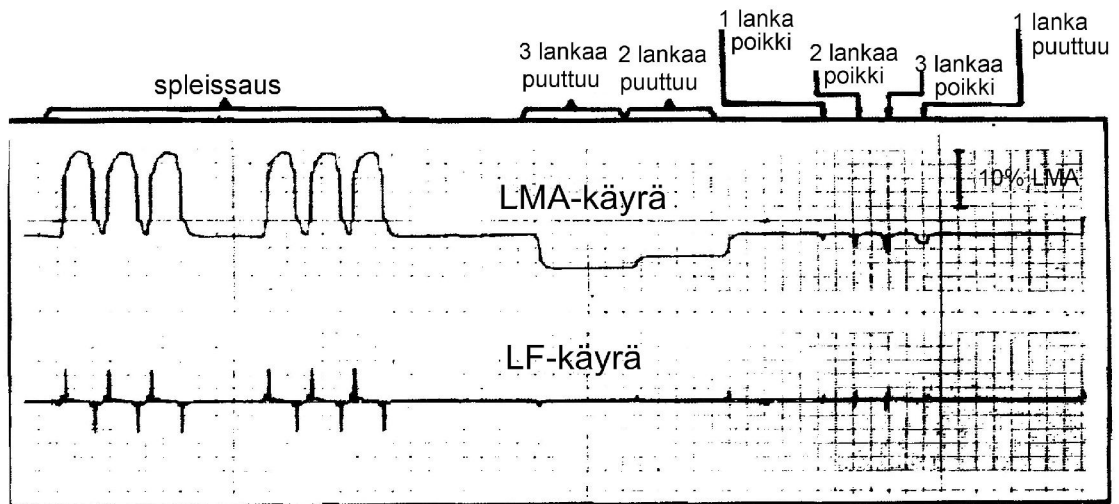
## 5.9 Laitteistojen suorituskyky ja mittaustulosten tulkinta

Erilaisten laitteistojen suorituskyvyn vertailemiseksi ja havainnollistamiseksi on hyvä käyttää lankakatkeamia tai puuttuvia lankoja standardivikoina. Tämä siksi että niitä esiintyy teräsköydessä usein. Jos vikoja ei teräsköydessä ole, niitä on helppo simuloida lisäämällä teräslankoja köyden pinnalle. Verrattuna korroosioon tai kulumiseen, lankakatkeamilla on selvästi määriteltävä geometria ja ne ovat helposti toistettavissa. Standardivikoja vastaavia signaaleita kutsutaan standardisignaaleiksi. Samanlaisista vioista johtuvien standardisignaaleiden vertailu antaa erittäin hyvän kuvan erilaisten mittalaitteiden suorituskyvystä. [10.]

Kuvassa 7 on esitelty standardisignaalit, ja niiden yläpuolella näkyy symbolinen esitys vastaavista standardivioista. Kuva 8 taas näyttää oikean mittaustuloksen joka on mitattu päävuo tyypisellä testilaitteistolla köydestä, johon on tehty tarkasti määriteltäviä standardivikoja. Standardivikojen luettelon avulla käyrä on lähes itsestään selvä. Käyrän tulkitseminen on todella helppoa ja jopa kohtuullisen ammattitaitoinen henkilö pystyy lukemaan sitä luotettavasti. [10.]



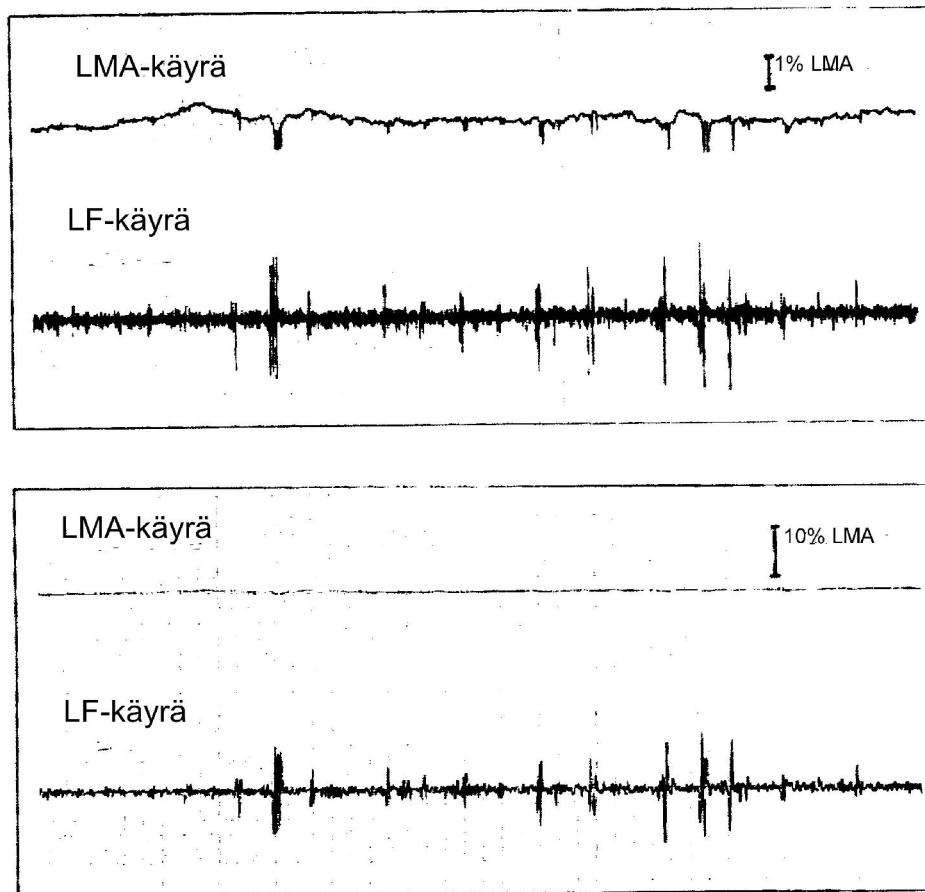
*Kuva 7. Standardisignaaleiden luettelo ja symboliset esitykset vastaavista standardivioista. Tällaisia ovat käyrät ideaalitapauksessa, mutta todellisessa mittatutuksessa kohina vaikeuttaa käyrän tulkintaa.*



*Kuva 8. Standardivioilla varustetun testiköyden testauksesta päävuo tyypisellä mittalaitteella saadut käyrät. Todennäköisesti köysi on aika ohut, koska kolme puuttuvaa lankaa aiheuttavat viiden prosenttien teräksisen poikkileikkauspinta-alan pienenemän.*

Kahdella erityyppisellä mittalaitteella saavutetut käyrät ovat vierekkäin kuvassa 9. Testatussa köydessä on useita lankakatkeamia. Näitä voidaan, kuten edellä todettiin, käyttää standardivikoina vertailtaessa kahden eri mittalaitteen suorituskykyä. Vertailun laitteet ovat päävuo-tyyppinen - ja paluuvuo-tyyppinen mittalaite. Päävuo-tyyppisen mittalaitteen kvantitatiivinen resoluutio on noin viisi senttimetriä. Paluuvuo-tyyppisen mittalaitteen vastaava resoluutio on noin 50 senttimetriä. Tämä ero on selvästi havaittavissa vertailtaessa laitteiden LMA-käyriä. [10.]

Päävuo-tyyppinen mittalaite näyttää kaikki lankakatkeamat, joissa katkenneiden lankojen päiden ilmaväli on noin viisi senttimetriä tai yli, metallisen poikkileikkauspinta-alan noin yhden prosenttien pienenemisenä. Myös alle viiden senttimetrin ilmavälillä olevat lankakatkeamat näkyvät selvästi LMA-käyrässä, joskaan eivät täydessä laajuudessaan. Paluuvuo-tyyppinen laite ei näytä LMA-käyrässä muutosta lähes ollenkaan lankakatkeamien kohdalla, johtuen huonommasta kvantitatiivisesta resoluutiosta. Molemmat LMA-käyrät näyttävät yhdessä kohdassa metallisen poikkileikkauspinta-alan lisääystä hieman alle yhden prosenttien, mikä luultavasti johtuu köyden muodonmuutoksesta. [10.]



*Kuva 9. Kahden erityyppisen laitteen mittaustulokset samasta köydestä mitattuna. Ylempi käyrä on mitattu päävuo tyypisellä ja alempi paluuvuo tyypisellä laitteella.*

Molempien laitteiden LF-käyrät ilmaisevat useita lankakatkeamia. Nykyisten mittalaitteiden LF-käyrät ovatkin usein hyvin yhteneviä, jopa laitteissa joiden rakenne on erilainen. Päävuo-tyypisen laitteen LMA- ja LF-käyrä ilmaisevat lankakatkeamat lähes yhtä selvästi. [10.]

Kaikesta huolimatta tarkan ja luotettavan LMA-käyrän avulla köyden lujuuden heikkenemisen määrittely on huomattavasti tarkempaa ja helpompaa. LF-käyrää käytetään yleensä vain paikallisten vikojen paikantamiseen ja LMA-käyrän avulla tulkitaan mittausdata. Näin ollen päävuo tyypisessä mittalaitteessa LF-käyrä on lähinnä apukäyrä, useissa tapauksissa jopa tarpeeton, eikä sitä juuri-kaan käytetä luotettavassa mittadatan tulkitsemisessä. [10.]

Paluuvuo-tyyppisessä mittalaitteessa LMA-käyrän tarkkuus on usein riittämätön köyden lujuuden heikkenemisen arvioinnissa. Luotettavuuden ja tarkkuuden lisäämiseksi teräsköyden lujuuden heikkenemisen arvioinnissa molempien käyrien informaatio täytyy ottaa huomioon. Koska molempia käyriä pitää arvioida samanaikaisesti, on luotettavan tulkinnan tekeminen vaikeaa ja subjektiivista. Esimerkiksi kuvan 9. tapauksessa paluuvuo-tyyppisen mittalaitteen LMA-käyrä ei ole kovin käyttökelpoinen köyden lujuuden heikkenemisen arvioimisessa. Köyden lujuuden heikkenemisen arvioinnissa täytyy luottaa LF-käyrään. Se ei kuitenkaan kvalitatiivisen luonteensa ansiosta sovellu kovin hyvin tällaisen kvantitatiivisen tiedon hankkimiseen. [10.]

#### 5.10 Mittauksen yhteydessä ilmenneet ongelmat ja uuden testaajan laitteiston arviointi

Elektromagneettisen tarkastuksen periaatteiden selvittämisen jälkeen perehdyttiin ongelmiin, joita testauksen suorittajan vaihtumisen jälkeen oli ilmennyt. Tämä tapahtui seuraamalla testaustapahtumaa paikan päällä. Testausta päästiin seuraamaan kaksi kertaa työn tekemisen aikana.

Suurimmat ongelmat aiheutuivat Timonkuilun nostokoneen magneettimerkkien häviämisestä. Nostokoneen nostoköysissä on kussakin magnetisoitu kohta, jota mittaa Hall-anturi. Kahdessa köydessä magneettitäplä on kivikapan puoleisessa päässä köyttä. Kahden muun köyden merkki on vastapainon puoleisessa köyden päässä. Näiden magneettimerkkien perusteella nostokoneen ohjaus tarkistaa kivikapan nopeuden ja paikan. Jos Hall-anturi ei havaitse oikealla nopeudella liikkuvaa täplää oikeassa paikassa, tietokone pysäyttää nostokoneen liikkeen hätäjarrujen avulla.

Magneettisista merkeistä ei ollut aiheutunut mitään ongelmia aiemmin Suomen malmin suorittaessa nostoköysien tarkastuksen. Ongelmat ilmenivät heti ensimmäisellä kerralla, kun saksalainen DMT GmbH suoritti tarkastuksen. Ongelmia aiheutti sekä magneettimerkkien häviäminen, että niiden erittäin työläs palauttaminen. Merkkien palauttamista varten tilaajalla on köyden magnetointilaitte. Laitteella suoritettiin merkkien magnetointi ohjeiden mukaisesti, mutta nosto-

koneen ohjaus ei niitä kuitenkaan hyväksynyt. Oli kuin merkit olisivat itsestään liikkuneet köyttä pitkin, sillä magneettikenttämittarilla merkit löydettiin eri kohdasta köyttä kuin mihin ne oli tehty.

Syy tähän löytyi testauslaitteistosta. Suomen Malmi Oy:n testauslaitteisto on kuvauksien perusteella ollut AC-testauslaitteisto, tähän ei kuitenkaan ole saatu vahvistusta. Sen vaihtovirtamagnetointi ei aiheuta köyteen pysyvää magneettisuutta. Tämä selittää myös Suomen Malmi Oy:n tekemien tarkastusten epäluotettavuuden. Esimerkkinä tästä voidaan mainita lankakatkeamat, joita seuraavassa mittauksessa ei pystytty havaitsemaan.

Saksalaisen DMT GmbH:n testauslaitteisto on päävuo-tyyppinen. Tasavirtamagnetointi, joka on niin vahva että kyllästää köyden magneettisesti, jätti köyteen vahvan magnetoinnin. Kun koko köysi oli magneettinen, ei magnetointilaitte kyennyt tekemään riittävän vahvaa magneettimerkkiä. Magneettimerkin olisi täytynyt olla koko köyden magneettisuutta riittävän paljon suurempi.

Magneettimerkkien näennäinen liikkuminen köydessä aiheutui todennäköisesti siitä, että magneettimerkkien napaisuus oli koko köyden magneettisuuden napaisuutta vastaan. Tällöin köyteen tuli perusmagneettisuus, joka ennen magneettimerkkiä laski nolnaan. Magneettimerkin kohdalla magneetin napaisuus oli toisin päin laskien jälleen nolnaan. Magneettimerkin jälkeen köydessä oli taas perusmagneettisuus, joka oli testauslaitteistosta lähtöisin. Köydessä oli kaksi magneetitonta kohtaa, ja niiden jälkeinen magneettisuus aiheutti häiriöitä.

Ratkaisuksi tähän ongelmaan löytyi Yhdysvaltalaiselta valmistajalta demagnetointikelat, joilla köyden kaiken magneettisuuden voi poistaa. Kun kelat on asennettu, voidaan köyden magneettisuus poistaa mittauksen jälkeen kokonaan. Tämän jälkeen voidaan magnetointilaitteella tehdä magneettimerkit normaalisti. Kun köyden testauksen jälkimagneettisuus ei ole aiheuttamassa Hallanturille ylimääräistä kohinaa, ei ongelmia pitäisi enää ilmetä. Yhdysvaltalainen toimittaja ei saanut toimitettua keloja työn valmistumisen aikana, eikä niiden toimintaa siksi päästy kokeilemaan.

Saksalaisen elektromagneettisen tarkastuksen suorittajan laitteisto voitiin arvioida varsin laadukkaaksi. Myös testaajan ammattitaito oli korkea, ja testaukset sujuivat ongelmitta. Laitteisto oli päävuo-tyyppinen, ja herätti luottamusta jo ulkonäöllään. Sitä koskeviin kysymyksiin testauksen suorittaja vastasi erittäin tarkasti. Testauksen jälkeen testaaja toimitti monipuolisen ja kattavan testausraportin. Saksalaisen DMT GmbH:n suorittamaa nostoköysien elektromagneettista tarkastusta voidaan suositella. Testaaja ei kuitenkaan puhu suomea, joten saksan- tai englanninkielen taito on tarpeen.

Testauksen jälkeen toimitetusta testausraportista (liite F) löytyvät kattavat tiedot testauksesta, testauksen kohteena olleista köysistä ja testaukseen käytetystä laitteistosta. Lopuksi raporttiin on laskettu köysistä löytyneet lankakatkeamat ja suurimmat lankakatkeamien esiintymistiheydet. Tämä sen vuoksi, että kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksissä on yhtenä köysien hylkäämisperusteena mainittu suurin sallittu lankakatkeamien määrä metriä ja viittä metriä kohti. LMA-mittauksen käyrät sopivaan mittakaavaan skaalattuina löytyvät myös raportin lopusta. DMT GmbH on suorittanut Pyhäsalmi Mine Oy:lle kaksi köysien testausta, ja toisessa testausraportissa testauksen tuloksia verrattiin ensimmäisen raportin tuloksiin. Tämä on varsin hyödyllistä, koska näin on mahdollista arvioida köysien kunnon heikkenemistä pitemmällä aikavälillä. Kun köysien testaukset suoritetaan tasaisin väliajoin, voi heikkenemisnopeuden äkilliset muutokset havaita näistä testitulosten vertailuista.



## 6 TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Tuloksena tästä työstä saatiin Pyhäsalmi Mine Oy:lle Timonkuilun nostokoneen nostoköysien vaihto-ohje, sekä tutkittua tietoa nostoköysien vioista ja niiden mittaamisesta. Varsinaisesti nostoköysien kunnonvalvontamittauksista keskityttiin köysien elektromagneettisen tarkastamiseen. Tämä siksi, että kauppa- ja Teollisuusministeriö päätöksessään kaivosten nostolaitoksista edellyttää nostokoneiden nostoköysiä tarkastettavaksi elektromagneettisella tai muulla turvatekniikan keskuksen hyväksymällä tarkastuslaitteella määrääjain.

Nostoköysien vaihto-ohjeen tekemisessä yhteistyö tilaajan kanssa on ollut tiivistä. Tilaajan tavoitteena oli ohje, jonka avulla nostoköysien vaihto onnistuu turvallisesti ja sujuvasti. Tällainen ohje saatiin aikaiseksi ja tilaaja on ohjeen hyväksynyt. Ohje on liitteenä siinä muodossaan, jossa se oli tilaajan hyväksyessä sen.

Nostoköysien vaihto-ohjetta on mahdollista edelleen kehittää. Kehittämistä voidaan tehdä esimerkiksi siten, että työvaiheista tehtäisiin riskien kartoitus. Riskien kartoituksen pohjalta ohjeeseen voidaan liittää varoituksia. Mahdollisesti myös työmenetelmiä voidaan muuttaa siten, että riskit saataisiin minimoitua.

Teräsköysien kunnonvalvontamittauksia käsittelevässä osiossa keskityttiin tutkimaan elektromagneettista testausta. Tilaajan tavoitteena oli tietämyksen lisääminen elektromagneettisen mittauksen osalta. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää elektromagneettista testausta suorittavia yrityksiä ja testausten hintatasoa. Tietämyksen lisäämisessä onnistuttiin, ja tavoite tältä osin saavutettiin. Tutkimusta varten löydetty materiaali oli kuitenkin suurimmaksi osaksi englanninkielistä, ja sen sisäistäminen vei odotettua enemmän aikaa. Siksi aika ei riittänyt testausta suorittavien yritysten ja niiden hintatason selvittämiseen.

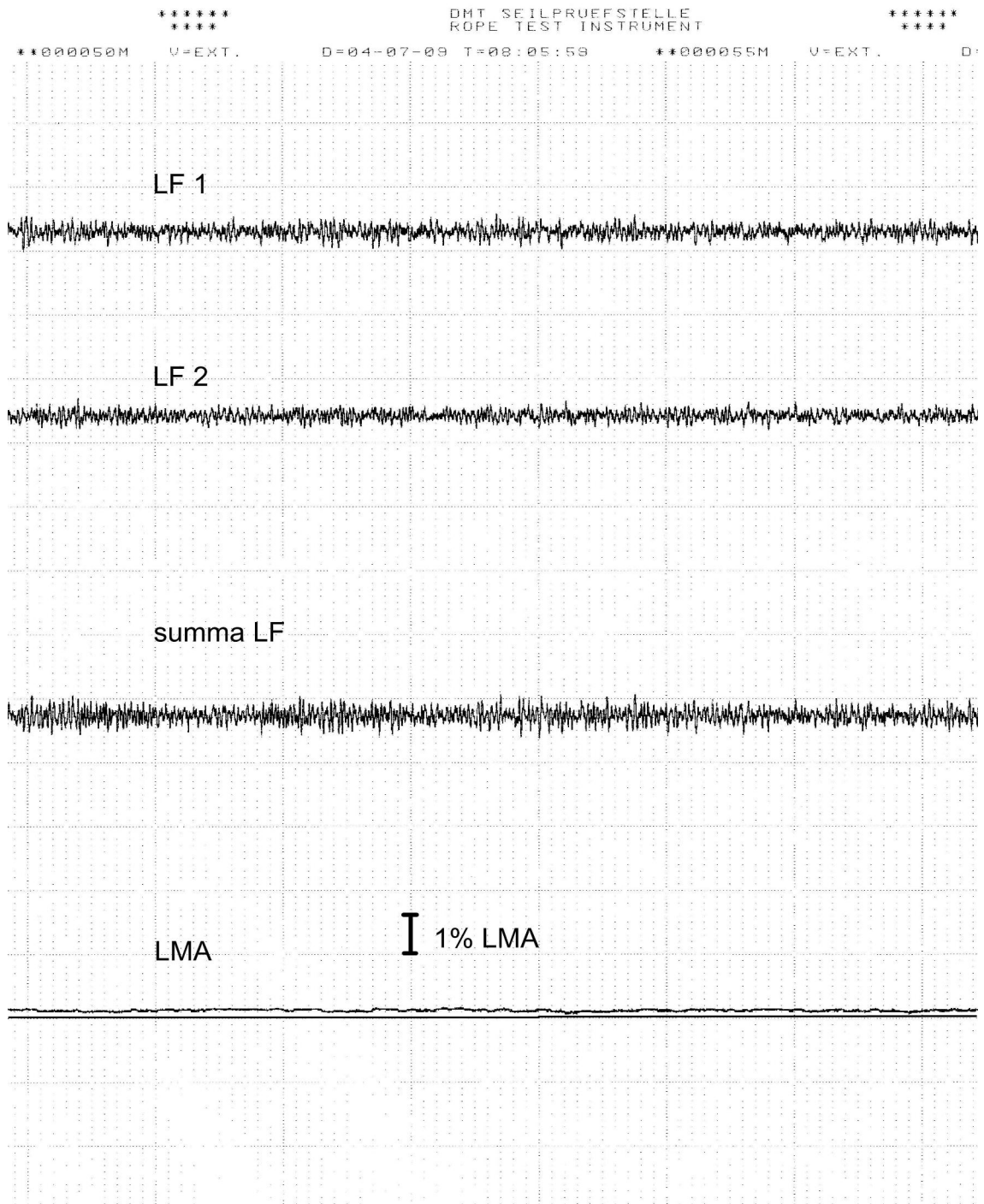
Suomessa ei ole toimivia nostokoneita niin monta, että elektromagneettisen testauksen järjestämiselle suomalaisin voimin olisi riittävästi kysyntää. Tekniikan kehittyessä ja elektroniikan halventuessa laitteiden hinnat saattavat kuitenkin tulla niin paljon alaspäin, että jonain päivänä se tulee kannattavaksi. Siihen

viittaa myös nykyinen suuntaus kehittää laitteita siten, että ne voisivat olla kiinteästi köysiin asennettuina. Varsinkin muita aineenkoestuksia suorittava yritys voisi laajentaa toimintaansa koskemaan myös teräsköysien elektromagneettista testausta.

Nostoköysien käyttöikä on hyvin paljon kiinni olosuhteista joissa niitä käytetään. Sen takia käyttöiän arvioiminen on erittäin vaikeaa. Tarkasti sen pystyy tekemään vain tapauskohtaisesti tarkan testausaineiston, esimerkiksi elektromagneettisen testauksen, avulla. Myöskään yhtä aikaa asennetut saman nostokoneen nostoköydet eivät välttämättä kulu tasaisesti. Köydet ovat kuitenkin monesti pitkiä ja kalliita, joten olisi kustannustehokasta käyttää niitä niin pitkään kuin mahdollista. Jatkuva elektromagneettinen testaus antaisi hyvän perusteen arvioida köyden jäljellä oleva käyttöikä. Tämän perusteella nostoköysien vaihdot voitaisiin ajoittaa niin, ettei köysiä vaihdettaisi turhaan, mutta ne olisivat kuitenkin aina turvallisia.

Kuvassa 10. on saksalaisen DMT GmbH testauslaitteistolla 8.7.2004 mitatusta Timonkuilun nostokoneen nostoköydestä numero kolme saatua mittadataa. Tämä oli ensimmäinen DMT GmbH:n Pyhäsalmi Mine Oy:lle suorittama nostoköysien elektromagneettinen testaus. Kaikki neljä nostoköyttä testattiin, ja niistä huonoimmassa kunnossa oli köysi numero kolme. Kuitenkin mittadata oli myös kolmosköyden osalta suurimmaksi osaksi juuri näin tasaista. Käyristä ei näy juuri muuta kuin LF-signaalin kohina.

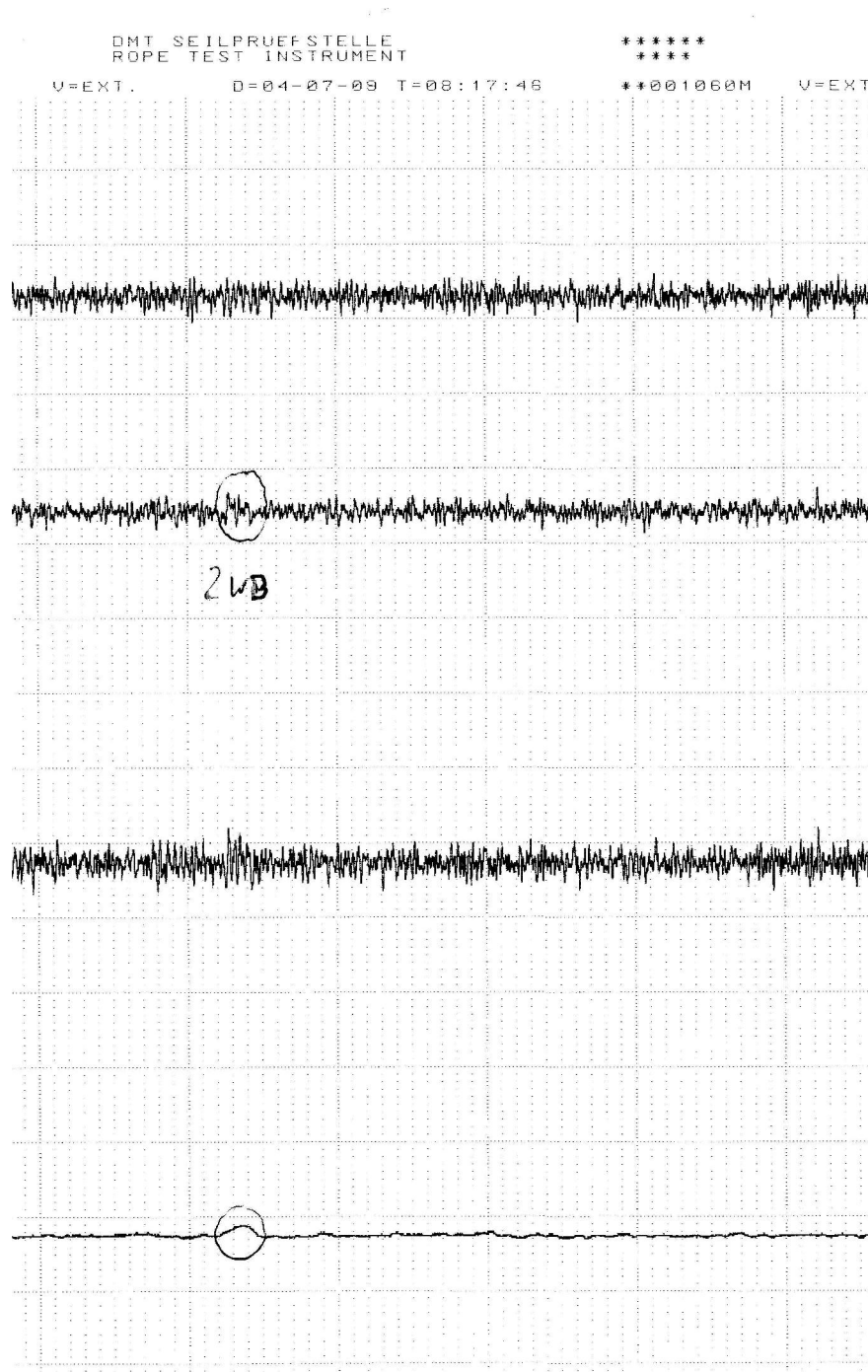
Kuvassa kolme ylintä käyrää ovat LF-mittaustuloksia. DMT GmbH:n käyttämässä testauslaitteessa mittauspää on halkaistu, jotta se olisi asetettavissa köyden ympärille. LF-anturit ovat samantyyppiset kuin kuvassa 3. ja tämä selittää kolme LF-käyrää. Ylin ja seuraavaksi ylin ovat kumpikin omalta anturilta tulleita signaaleita, ja kolmas käyrä on näiden summasignaali. Summasignaalilla helpotetaan sellaisten paikallisten vikojen havaittavuutta, jotka sijaitsevat syvällä köydessä tai LF-anturin kelojen välissä. Rakenteellisista syistä johtuen differentiaalikelojen väliin jää noin kahden millimetrin rako.



*Kuva 10. Timonkuilun köydestä numero kolme elektromagneettisella testilaitteella mitattua mittadataa. LMA-käyrän nolлатaso on merkattu vahvennetulla viivalla.*

Kuten kuvasta voidaan havaita, LMA-käyrä on hyvin tasainen ja osoittaa alle yhden prosentin metallisen poikkipinta-alan pienenemistä. Tällainen mittaus-tulos osoittaa köysien lujuuden olevan hyvin lähellä alkuperäistä. Kulumista ei ole juurikaan tapahtunut köysien käyttöönoton jälkeen.

Kuvassa numero 11. näkyy saman mittauksen tulos toisessa kohdassa köyttä. Tämä oli huonoin köydestä löytynyt kohta.



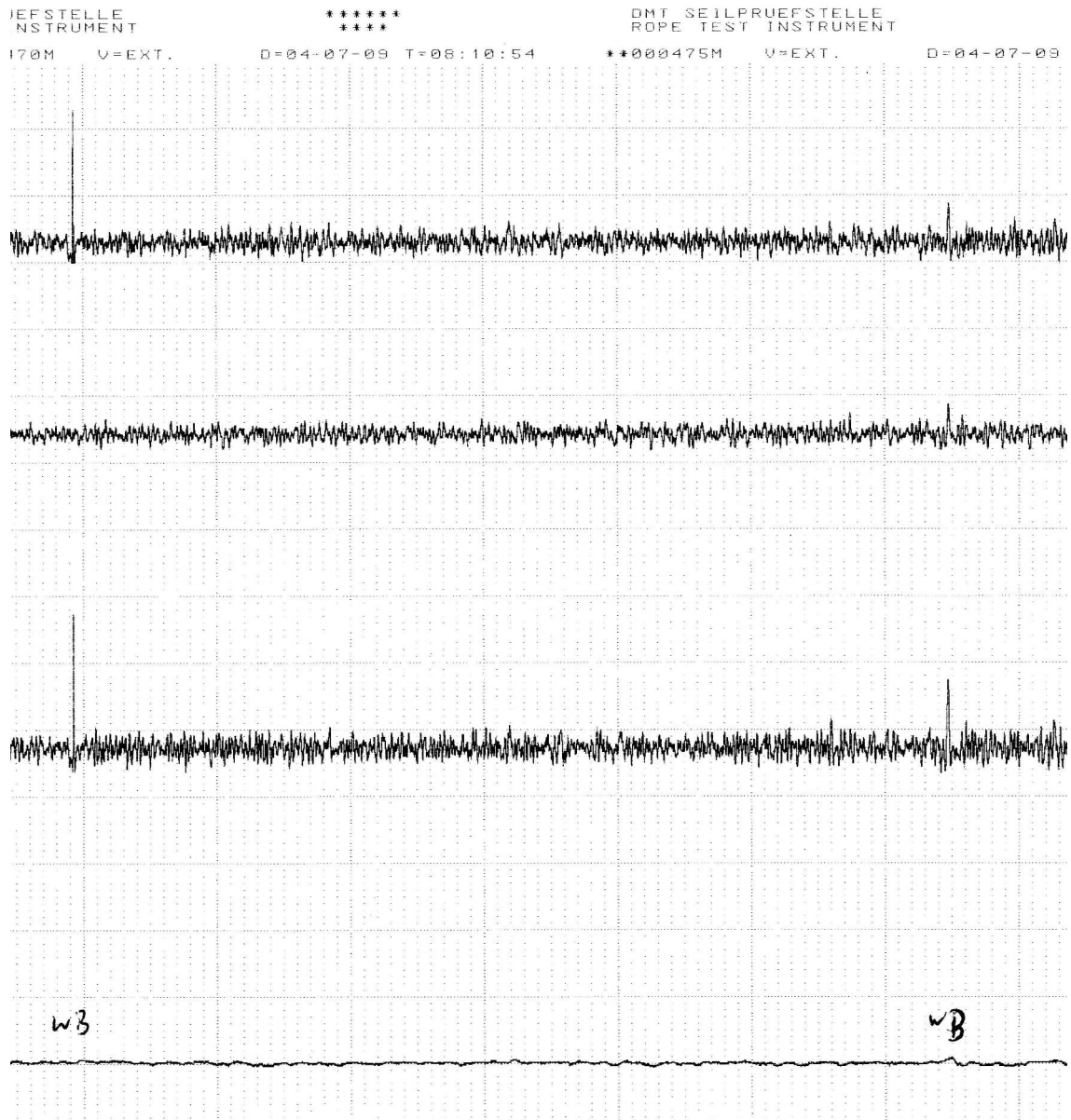
Kuva 11. Timonkuilun nostoköyden numero kolme huonoin kohta.

Toiseen LF-signaaliin on merkitty kohta, jossa on havaittavissa kaksi lähekkäistä sisäistä lankakatkeamaa. Myös LMA-käyrä näyttää tällä kohtaa noin 0.3 %:n teräksisen poikkileikkauspinta-alan pienenemistä. Tästä näytteestä näkyy myös selvästi, kuinka kohina vaikeuttaa erityisesti LF-käyrän

tulkitsemista. Sisäiset lankakatkeamat ovat vain heikosti erotettavissa kohinaisesta LF-käyrästä. Näissä tapauksissa riittävän tarkka LMA-käyrä helpottaa käyrien tulkintaa huomattavasti. Kuvassa on tarkasti katsottuna huomattavissa myös eräs toinen mielenkiintoinen seikka. LMA-käyrä näyttää jopa teräksisen poikkileikkauspinta-alan kasvua, suurimmillaan jopa 0.6 – 0.8 %:a. Tämä johtuu siitä, että LMA-käyrän mittaamiseen käytettävä herkkä kela kyllästyy pikkuhiljaa voimakkaassa magneettikentässä. Tämä kyllästymisen on lineaarista ja sen aiheuttama virhe on korjattavissa tietokoneella. DMT GmbH:n testaaja kertoi, että käyrä analysoidaan tietokoneella ja tässä yhteydessä korjataan kyllästymisen aiheuttama virhe.

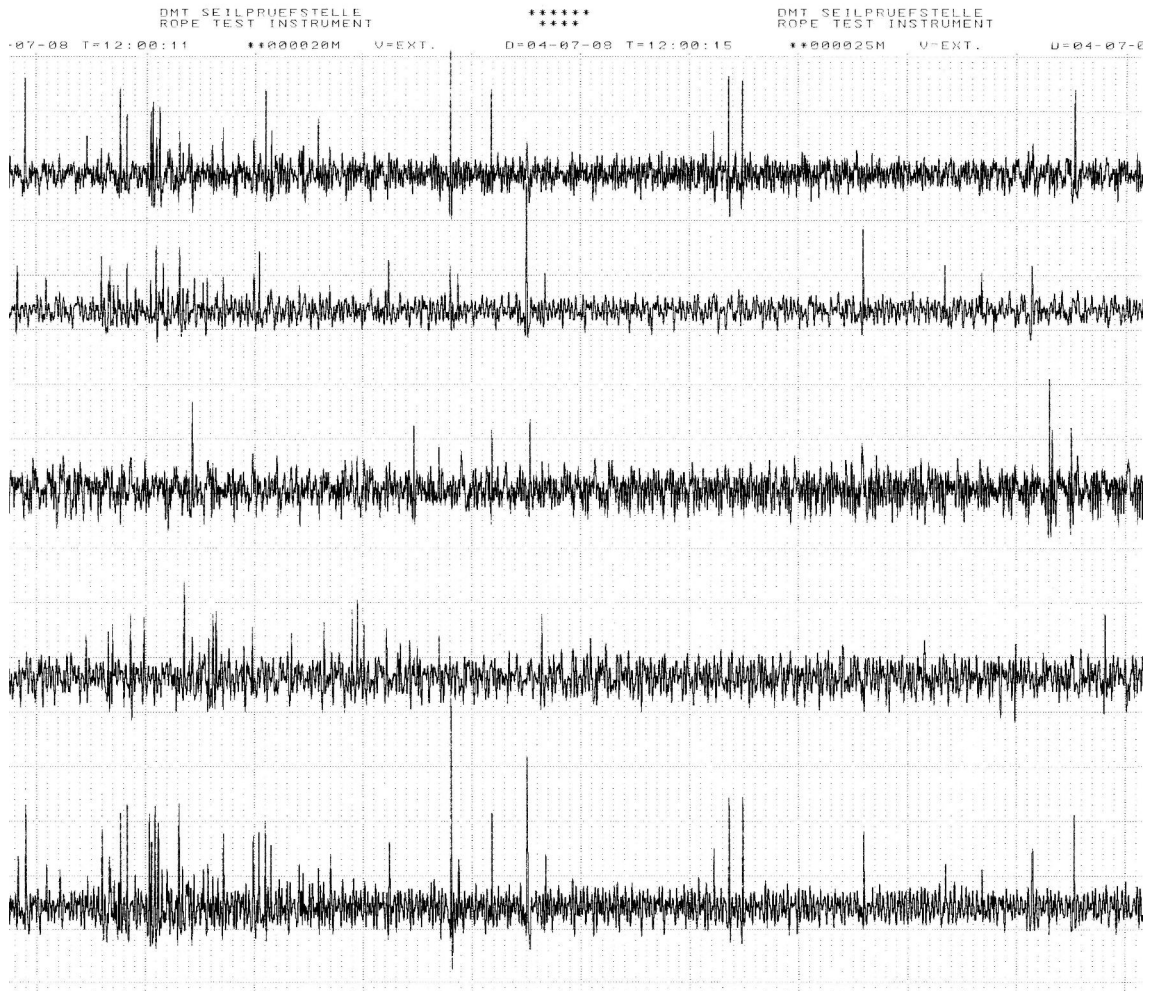
Kuvassa 12. on vielä kolmas kohta samasta köydestä. Siinä on nähtävissä myös kaksi lankakatkeamaa, mutta niiden väli on hieman suurempi, noin 7,5 metriä. Tässä näytteessä on myös havaittavissa summa LF-signaalin tarpeellisuus. Kuten voidaan havaita, ensimmäinen kuvassa näkyvä lankakatkeama on hyvin lähellä köyden pintaa. Se nähdään LF-signaalin amplitudista. Se on myös osunut lähes keskelle toista LF-anturin differentiaalikelaa. Tällainen lähellä köyden pintaa oleva lankakatkeama on erittäin helppo havaita LF-käyrästä.

Toinen kuvassa näkyvä lankakatkeama on köyden sisäosissa. Se on puolestaan osunut lähes LF-anturin differentiaalikeloiden väliin. Tämä huomataan siitä, että signaalin amplitudi on summa LF-käyrässä suurempi kuin yksittäisten keloiden LF-käyrässä. LMA-käyrän heilahdus on toisen lankakatkeaman kohdalla suurempi kuin ensimmäisen kohdalla, vaikka LF-käyrän kohdalla tilanne on toisin päin. Tämä johtuu siitä, että sisempänä köyttä oleva lankakatkeama on langassa, jonka halkaisija on suurempi. Tästä havaitaan myös se kuinka vaikeaa köyden lujuuden heikkenemisen arvioiminen on pelkän LF-käyrästä saatavan kvalitatiivisen tiedon perusteella.



*Kuva 12. Kaksi lankakatkeamaa noin 7.5 metrin välein Timonkuilun kolmosköydessä.*

Kuva numero 13. on edelleen DMT GmbH:n mittausaineistoa, mutta se on otettu toiselta kaivokselta. Tämä käyrä on otettu käytössä olleesta köydestä. Valitettavasti tässä näytteessä ei ole LMA-käyrää mukana, joten kattavan tulokinnan tekeminen siitä on melko vaikeaa. Käyrästä kuitenkin ilmenee varsin selvästi, että lankakatkeamia on niin paljon, että niiden erottaminen toisistaan ja lukumäärän laskeminen erittäin vaikeaa. Näissä tapauksissa tietokoneavusteinen käyrän analysointi helpottaa työtä paljon.



*Kuva 13. Esimerkki köydestä, joka hylättäisiin suomalaisten määräysten mukaan.*

Tässä näytteessä on käytetty kahta LF-anturia. Kaksi ylintä käyrää on köydestä numero yksi, ja kaksi seuraavaa käyrää köydestä numero kolme. Alin käyrä on köyden numero yksi summakäyrä. Tämä köysi on todennäköisesti hylätty heti tarkastuksen jälkeen. Lankakatkeamien keskittyminen yhdelle alueelle saattaa johtaa köyden hylkäämiseen, vaikka vika olisi hyvin paikallinen. Köyden lujuus on kuitenkin sillä alueella heikentynyt usein merkittävästi. Jos tässä mittauksessa olisi nähtävissä LMA-käyrä, olisi helpompaa arvioida kuinka monta prosenttia langoista on mennyt poikki.

## 7 YHTEENVETO

Tämä työ tehtiin Pyhäsalmi Mine Oy:lle. Tavoitteena oli saada Timonkuilun nostoköysille vaihto-ohje ja tutkia nostoköysien kunnonvalvontamittauksia, erityisesti elektromagneettista testausta. Lisäksi tavoitteena oli selvittää elektromagneettisen testauksen suorittajia ja niiden hintatasoa.

Tavoitteet täytettiin muuten, mutta elektromagneettisen testauksen suorittajien ja hintatason selvittämisen osalta tavoitteeseen ei päästy. Tähän johti se, että elektromagneettisen testauksen perusteiden selvittäminen vei odotettua enemmän aikaa. Nostoköysien vaihto-ohje saatiin aikaiseksi ja elektromagneettisen testauksen perusteet selvitettyä. Tilaajan päätavoitteet saatiin näin ollen täytettyä.

Nostoköysien vaihto-ohje on varsin tiivis ja lyhyt kokonaisuus, jonka jatkokehittäminen voisi olla tarpeen. Nykyisessä muodossaan nostoköysien vaihto-ohje toimii nostokoneen kanssa tekemisissä olleiden henkilöiden ohjeistuksena. Jos köyden vaihtoon joutuisi täysin kokematon henkilöstö, ohje todennäköisesti osoittautuisi riittämättömäksi. Tämän vuoksi sen kehittäminen enemmän käyttöohjeen suuntaan, kuvineen ja varoituksineen, voisi olla hyvinkin perusteltua. Tilaajan laatusertifiointi saattaa myös tällaista vaatia.

Tietopaketti elektromagneettisen testauksen perusteista on varsin kattava ja perusteellinen. Tähän on työtä tehtäessä panostettu eniten sen vuoksi, että tilaaja määritteli tämän työn päätavoitteeksi. Tietämys elektromagneettisesta mittauksesta on Suomessa varsin vähäistä, ja tämän työn tarkoituksena on lisätä sitä. Selvitystyö on tehty suurelta osin englanninkieliseen internet-aineistoon perustuen, ja sen tekeminen on siksi ollut oletettua työläämpää.

Lisäksi selvitettiin Timonkuilun nostoköysien testaajan luotettavuutta. Tähän liittyen selvitettiin testaajan käyttämä testauslaitteisto, ja tutkittiin saavutettuja tuloksia. Testauslaitteisto osoittautui toimintaperiaatteeltaan nykyaikaiseksi, ja tulokset johdonmukaisiksi ja luotettaviksi. Myös testaajan toimittamaa testaus-



raporttia tutkittiin ja todettiin se kattavaksi ja perusteelliseksi. Myös Suomen kaivostarkastaja on hyväksynyt testaukset ja niistä saatavan raportin.

Kaiken kaikkiaan tämän työn tekeminen on ollut todella mielenkiintoista ja antoisaa. Teräsköysistä ja niiden testauksesta on opittu paljon. Myös monta muuta asiaa on työn tekemisen varrella tullut tutuksi ja moni tieto ja taito syventynyt, esimerkkinä englanninkieli ja magnetismioppi.

Mihinkään valtavan suuriin vaikeuksiin työn suorittamisessa ei törmätty. Pieniä ongelmia aiheutti kuitenkin elektromagneettista testausta koskevan aineiston löytäminen, ja se että aineistoa löytyi ainoastaan vieraskielisenä.

## LÄHDELUETTELO

- 1 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös numero 372 nostolaitoksista kaivoksissa. Annettu 2.6.1969.
- 2 Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös numero 1188 nostolaitoksista kaivoksissa. Annettu 24.9.1995.
- 3 Teräsköysien rakenne. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti]. [http://www.certex.fi/uploads/fi/Teräsköysien\\_rakenne.pdf](http://www.certex.fi/uploads/fi/Teräsköysien_rakenne.pdf). (Luettu 15.6.2005).
- 4 Standardi SFS-EN 12385-2. Vahvistettu 18.8.2003. Teräsköydet. Turvallisuus. osa 2: Määritelmät, merkinnät ja luokittelu.
- 5 European Standard prEN 12385-3. September 2002. Steel wire ropes – safety – Part 3: Information for use and maintenance.
- 6 Valkola, Lehtonen. Tekninen fysiikka, yhdeksäs painos. Kustannus-yhtiö Otava. Helsinki 1967.
- 7 Rauno Saari. Teoreettinen sähkötekniikka, 1. osa. Oy sonator Ab. Tampere 1976.
- 8 Rauno Saari. Teoreettinen sähkötekniikka, 2. osa. Oy Sonator Ab. Tampere 1976.
- 9 Herbert R Weischedel. The Inspection of Wire Ropes in Service: A Critical Review. Ei päiväystä. [WWW-dokumentti]. <http://www.ndttech.com/Papers/CRITREV.PDF11>. (Luettu 23.9.2005).
- 10 Herbert R. Weischedel. Electromagnetic wire rope testers offer excellent inspection accuracy and allow economical and safe rope operation. 1998. [WWW-dokumentti]. <http://www.ndttech.com/Papers/Resolution-ME.pdf>. (Luettu 23.9.2005).

## LIITELUETTELO

- A Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös numero 372/69
- B Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös numero 1188/95
- C Nostoköysien vaihto-ohje
- D Tekninen datalehti Pyhäsalmi Mine Oy:ssä käytössä olevista nostoköysistä
- E Pyhäsalmi Mine Oy:n nostoköyden poikkivetotestin tulos
- F DMT GmbH toimittama köyden testausraportti

N:o 372.

## Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös nostolaitoksista kaivoksissa.

Annettu Helsingissä 2 päivänä kesäkuuta 1969.

Kauppa- ja teollisuusministeriö on 17 päivänä joulukuuta 1965 annetun kaivosasetuksen (663/65) 29 §:n nojalla päättänyt:

### Yleisiä määräyksiä

#### 1 §.

Tämän päätöksen määräykset koskevat pysyväisesti käytettäviä nostolaitoksia ja soveltuvin osin muitakin nostolaitoksia kaivoksissa.

#### 2 §.

*Nostolaitoksella* tarkoitetaan nostolaitetta ja sen apulaitteita sekä niitä tiloja ja rakennelmia, jotka liittyvät nostolaitteen toimintaan.

*Nostolaitteella* tarkoitetaan laitetta, jolla kuorma konevoimalla nostetaan tai laskeetaan sitä varten rakennettua nostoväylää pitkin.

*Nostokoneella* tarkoitetaan nostolaitteen rumpua tai pyörää siihen liittyvine voimansiirto- ja jarrulaitteineen.

*Nostokorilla* tarkoitetaan laitetta, johon uljetettava kuorma on sijoitettu.

*Käyttöjarru* on jarru, joka nostolaitteen normaalikäytössä toimii joko ohjajaan säätämänä tai painonapeilla ohjatuissa nostolaitteissa automaattisesti nostokorin lähestyessä haluttua tasoa.

*Hätäjarru* on jarru, joka toimii käyttöjarrun varana.

#### 3 §.

Nostolaitoksen on oltava rakenteeltaan ja laitteiltaan sellainen, että saavutetaan riittävä varmuus nostolaitoksen toiminnassa.

Nostolaitoksen kaikkien osien tulee olla valmistettu virheettömästi aineesta, hyviä

työtapoja, käytössä olevia virallisia normeja ja muita tunnustettuja tekniikan sääntöjä ja tämän päätöksen määräyksiä noudattaen.

Nostolaitteen tulee, jollei jäljempänä ole muuta määrätty, riittävällä varmuudella murtolujuuteen nähden kestää esiintyvät staattiset ja dynaamiset kuormitukset.

Nostolaitoksen sähkölaitteiden osalta on noudatettava sähkölaitteista annettuja määräyksiä.

### Nostonopeus

#### 4 §.

Nostonopeus älköön henkilökuljetuksessa ylittää 12 m/s.

#### 5 §.

Köysitarkastuksen suorittamiseksi on nostolaitetta pystyttävä ajamaan alle 0.5 m/s suuruisella nopeudella.

### Nostotorni, kuilu ja niihin liittyvät rakenteet

#### 6 §.

Nostotornin mitoituksessa on otettava huomioon rakenteiden kuormitusmääräysten lisäksi nostoköysien murtokuorma sekä nostokorin mahdollisesta yliajosta aiheutuvat rasitukset.

#### 7 §.

Kuilu on nostokorin ohjaamiseksi varustettava johteilla, milloin suurin normaalinopeus ylittää 3 m/s tai milloin kauppa- ja teollisuusministeriö muutoin turvallisuuden kannalta katsoo sen tarpeelliseksi.

## 8 §.

Kiinteiden johteiden ja niihin liittyvien laitteiden on oltava rakenteeltaan ja laadultaan sellaiset, että saavutetaan riittävä varmuus kuiluliikenteessä.

## 9 §.

Käytettäessä köysijohteita on johdeköysien määrä, asema, kiristys ja kiinnitys oltava sellaiset, että saavutetaan riittävä varmuus kuiluliikenteessä.

Nostokorin ja tason välinen etäisyys on henkilöliikenteen kannalta katsoen oltava turvallinen. Tämä on tarvittaessa aikaansaattava joko käyttämällä kiinteitä johteita tasojen kohdalla tai mekaanisella tasosillalla tahi muulla luotettavalla tavalla.

Kuorman lastauksen tai purkauksen aikana nostokorin liikkuminen vaakasuorassa suunnassa estettävä sopivalla tavalla.

Johdeköysinä on käytettävä tähän tarkoitukseen sopivia köysiä.

Uusien johdeköysien varmuuskertoimen on oltava vähintään 4,0, kun otetaan huomioon niihin kohdistuva staattinen kuormitus.

Nostokorien sekä nostokorin ja kuilun rakenteiden välinen etäisyys on oltava riittävän suuri ottaen huomioon vallitsevat olosuhteet kuten nostokorin nopeus, kuilun syvyys ja muut asiaan vaikuttavat tekijät. Nostokorien tai nostokorin ja rakenteiden välissä on tarvittaessa käytettävä puskuri- tai vaimennusköysiä.

## 10 §.

Pysyvään liikenteeseen tarkoitettulla nostolaitteella on nostoväylän ylä- ja alapäässä käytettävä kiilajohteita tai muuta vastaavaa kauppa- ja teollisuusministeriön hyväksymää hidastuslaitetta, joka tasaisesti hidastaen pysäyttää nostokorin yliajon tapahtuessa.

Kiilajohteiden nousu on mikäli mahdollista oltava 1:100 tai sitä loivempi siten, että johteen paksuus kasvaa 10 cm.

Johdevälin pienennyksen tulee mikäli mahdollista olla 1:50 tai sitä loivempi siten, että johteiden väli pienenee 20 cm.

Kiilajohteiden jälkeisten johteiden tulee jatkua tasapaksuisina ja yhdensuuntaisina mikäli mahdollista yläpäässä vähintään 1 m ja alapäässä vähintään 2 m.

Hidastuslaitteiden toiminnan tulee vetopyöränostolaitteella alkaa nostoväylän alapäässä aikaisemmin kuin yläpäässä.

## 11 §.

Mikäli nostonopeus on pienempi kuin 3 m/s, saa kiilajohteiden kiilan nousu- tai johdevälin pienennys olla 1:40 ja 1:20 tai sitä loivempi, jonka jälkeen johteiden on jatkuttava tasapaksuina ja yhdensuuntaisina yläpäässä vähintään 0,5 m ja alapäässä vähintään 1 m. Jos nostolaitteen nopeus on pienempi kuin 1,5 m/s, saavat mainitut suhteet olla 1:20 ja 1:10.

## 12 §.

Siihen matkaan nähden, jonka nostokorivoi esteittä kulkea, on otettava huomioon mitä 43 §:ssä jarrutusmatkan ja sanotun matkan suhteesta on määrätty.

## 13 §.

Kuilun aukot on tasojen ja siltojen kohdalla varustettava aitauksella tai sulkulaitteella. Kuilupihalle älköön 2 metriä lähemmäksi kuilua sijoitettako irtonaisia esineitä.

Kuljetusraide, joka päättyy kuiluaukkoon, on varustettava laitteella, joka estää kuljetusvaunun vahingossa siirtymästä kuiluaukolle.

## 14 §.

Mikäli nostonopeus ylittää 2 m/s, saadaan käyttää pysyväisesti asennettua hissitukea vain silloin, kun se on kytketty ohjausvirtapiiriin paitsi nostokorin ylimmässä ja alimmassa pysähdyspaikassa.

Jos nostonopeus ylittää 2 m/s, on köysijohteilla varustetussa kuilussa käytettävän mekaanisen tasosillan toiminta kytkettävä ohjausvirtapiiriin tai varmistettava muulla luotettavalla tavalla.

## 15 §.

Kun syvennetään kuilua, jossa nostolaite j on otettu käyttöön muuhun tarkoitukseen kuin itse syvennystyöhön, on syvennystyömaan yläpuolelle rakennettava riittävän vahva suojakatos.

## 16 §.

Kuilun pohja on rakennettava siten, ettei mikään nostolaitteen osa joudu liikkumaan vedessä yliajonkaan tapahtuessa.

## 17 §.

Jokaisesta henkilöliikenteeseen käytetystä nostokorista on tilanteen niin vaatiessa päästävä poistumaan kuilussa oleville tikkaille.

Jollei tikkaita ole, on järjestettävä muu turvallinen pääsymahdollisuus kaivoksen tasolle tai maanpinnalle.

#### Nostokori

##### 18 §.

Nostokorissa tulee olla vähintään 0,18 m<sup>2</sup> vapaata lattiapinta-alaa henkilöä kohti ja kuilunajossa käytettävässä nostokipassa vähintään 0,15 m<sup>2</sup>, jolloin kuljetettavia henkilöitä saa olla enintään 5.

##### 19 §.

Pystykuilussa käytettävän henkilönostokorin sisäkorkeuden tulee olla vähintään 2 m ja on tällainen nostokori varustettava lujalla suojakatolla. Vinokuilussa, jonka kaltevuus on alle 40° samoin kuin kuilunajossa, saadaan kuitenkin käyttää katotonta nostokoria. Jos lastaussillat tai muut kuilussa olevat rakenteet aiheuttavat vaaraa nostokorissa oleville henkilöille, on myös vinokuilun nostokori varustettava lujalla suojakatolla.

##### 20 §.

Nostokorissa tulee olla olosuhteisiin nähden riittävän korkeat kaiteet sekä tarpeen vaatiessa kädensijat, joista nostokorissa olevat voivat pitää kiinni.

Milloin nostokorin yleinen rakenne sen sallii, on se varustettava lattiasta kattoon ulottuvilla seinillä sekä sellaisella ovella tai muulla sulkulaitteella, joka suojaa nostokorissa olevia joutumasta kosketukseen kuilussa olevien rakenteiden kanssa.

Köysiohjatun nostokorin ylä- ja alareuna on, jos se osoittautuu tarpeelliseksi, pyörästetty tai varustettava pyörästystä vastaavilla osilla siten, että nostokori mahdollisten neilahdusten sattuessa ei takerru tasosiltaan tai muuhun rakenteeseen.

##### 21 §.

Jos nostokorissa kuljetetaan pyörillä kulkevaa kalustoa, on sen liikkuminen kuljetuksen aikana kiinnityslaitteilla tai muulla tavoin tehokkaasti estettävä.

##### 22 §.

Nostokorin kantavien rakenteiden tulee uutena kestää vähintään 8-kertaisella varmuudella murtolujuuteen nähden suurin niihin kohdistuva staattinen kuormitus. Nosto-

korin ja nostoköyden sekä tasausköyden välisten ripustusosien kohdalla tämän varmuuskertoimen tulee olla vähintään 10. Tällöin nostokorin päällä oleva kannatuspalkki laskeaan ripustusosiin kuuluvaksi.

Kuilunajokipan ripustusosien kohdalla varmuuskertoimen on kuitenkin oltava vähintään 15.

Sellaista 1 momentissa tarkoitettua ripustusosaa, jossa on hitsaamalla tehty kantava sauma, saadaan käyttää vain kauppa- ja teollisuusministeriön luvalla.

Yhdysosat on kaivostarkastajan antamien ohjeiden mukaan, kuitenkin viimeistään 5 vuoden väliajoin, yksityiskohtaisesti tarkastettava mittaamalla kulumiset ja arvioitava tästä johtuva varmuuden väheneminen ja on ne tarpeen vaatiessa vaihdettava, kuitenkin viimeistään silloin, kun varmuus on vähentynyt 15 %.

Yhdysosien on oltava valmistettu kauppa- ja teollisuusministeriön hyväksymien normien mukaisesti.

#### Kannatusköydet

##### 23 §.

Köysilankojen on oltava valmistettu korkealuokkaisesta teräksestä ja oltava laadultaan moitteettomat.

Köyden lankojen vetomurtolujuus on oltava välillä 120—200 kp/mm<sup>2</sup> eikä poikkileikkaukseltaan samannuotoisten lankojen vetomurtolujuus saa poiketa enempää kuin 7 % samannuotoisten lankojen vetomurtolujuuden keskiarvosta.

Lankateräs saa sisältää korkeintaan 0,050 % rikkiä ja 0,050 % fosforia.

Lankojen on kestettävä taivutusta ja kiertoa ISO:n standardien mukaisesti.

##### 24 §.

Kannatusköydestä on oltava valmistajan todistus köyden materiaalista, lujuudesta ja rakenteesta siten kuin 23 §:ssä on edellytetty.

Ennen kuin kannatusköysi otetaan käyttöön, on hankittava pätevän suomalaisen aineenkoetuslaitoksen todistus, josta tulee käy-  
dä ilmi:

- 1) köydessä olevien lankojen keskimääräinen vetomurtolujuus mm<sup>2</sup> kohti;
- 2) monenko kutakin lankatyyppiä olevan langan vetomurtolujuus suoritettujen vetokokeiden perusteella ilmeisesti eroaa enem-

män kuin  $\pm 7\%$  kunkin poikkileikkaukseltaan samanmuotoisten lankojen vetomurtolujuuden keskiarvosta tai ylittää  $200\text{-kp/mm}^2$ ;

3) montako taivutusta ja kierrosta kukin lankatyyppi kestää määrätyissä todistuksessa mainittavissa kokeiluolosuhteissa.

Köyden murtolujuutena käytetään poikkivedossa saatua arvoa tai arvoa, joka on lankojen yhteenlaskettu vetomurtolujuus kerrottuna punontahäviökertoimella, jona käytetään arvoa 0,85 paitsi milloin jostain erikoisköydestä on käytettävä tästä huomattavasti poikkeavaa arvoa. Tällöin älköön otetako sellaisia lankoja huomioon, jotka eivät täytä 23 §:ssä annettuja vaatimuksia.

## 25 §.

Nostolaitteen kannatusköyden kunto on tarkastettava uutena tai mahdollisimman pian käyttöönoton jälkeen ja aina 12 kuukauden käytön jälkeen sähkömagneettisella tai muulla kauppa- ja teollisuusministeriön hyväksymällä teknillisellä tarkastuslaitteella.

Jollei tarkastusta voida edellä mainitulla tavalla suorittaa, on köysi poistettava viimeistään kahden vuoden käytön jälkeen. Mikäli köysi näyttää käyttökelpoiselta, voi kaivostarkastaja määrämillään ehdoilla kaivostarkastuksen yhteydessä kuitenkin pidentää sanotun määräajan vuodeksi kerrallaan.

## 26 §.

Köyttä älköön rasvattako siten, että sen tehokas tarkastus vaikeutuu.

## 27 §.

Jos kannatusköyden tarkastuksessa havaitaan langankatkeama, on katkeaman tarkka sijainti merkittävä nostolaitteen tarkastuskirjaan.

## 28 §.

Köysi on poistettava käytöstä, jos:

1) yhden metrin matkalla havaitaan viisi tai sitä enemmän langankatkeamia tai viiden metrin matkalla enemmän kuin kymmenen langankatkeamaa;

2) langankatkeamien lukumäärä osoittaa nopeata lisääntymistä;

3) 25 §:ssä mainittu tarkastus tai aineen-koetuslaitoksen todistus osoittaa, että köyden lujuus on pienentynyt 85 prosenttiin alkupe-  
räisestä arvostaan tai mikäli edellä mainittu

todistus osoittaa, että köyden langat kestävät selvästi vähemmän taivutuksia tai kiertoja kuin uutena;

4) köysilankojen tasaiseksi kuluneen pinnan leveys jollakin kohtaa useissa säikeissä on kasvanut lankojen läpimittaa vastaavaksi;

5) köydessä havaitaan huomattavaa syöpmistä;

6) köyden läpimitta jollakin kohtaa on pienentynyt sillä tavalla, että on aihetta epäillä köyden sisustan vioittuneen;

7) köyden punonta näyttää häiriintyneeltä niin, ettei kuorma riittävän tasaisesti ja kaudu köyden kaikkien lankojen osalle; tai

8) on aihetta muuten epäillä, että köyden lujuus on alkuperäisestä selvästi heikentynyt. Köyttä ei kuitenkaan tarvitse poistaa käytöstä 1 momentin 1 kohdassa mainitusta syystä, jos langankatkeamat ovat syntyneet köyden vahingoittumisen johdosta sellaisissa tunnetuissa olosuhteissa ja sillä tavoin, että köyden lujuus todistettavasti on pienentynyt vähemmän kuin mitä 3 kohdassa esitetään.

## 29 §.

Milloin nostolaitteessa on kaksi tai useampia kannatusköysiä, tulee köysien olla samaa valmistetta ja on ne poistettava käytöstä samanaikaisesti, jollei kaivostarkastaja tässä kohdin salli poikkeusta.

## 30 §.

Nostokoria kannattavan uuden köyden tulee henkilökuljetuksessa ja työturvallisuuden kannalta siihen verrattavassa kuljetuksessa vähintään 8-kertaisella varmuudella sekä muussa kuljetuksessa, joka tapahtuu joko henkilönostokoneella tai muulla nostokoneella samassa kuilussa henkilöliikenteen kanssa, vähintään 6-kertaisella varmuudella kestää suurin siihen kohdistuva staattinen rasitus.

Jos nostoköysiä tarkastetaan säännöllisesti 25 §:n 1 momentin edellyttämällä tavalla vähintään 6 kk:n väliajoin, saadaan käyttää seuraavia varmuuskertoimia:

1) jos riippuvan nostoköyden pituus  $L$  on  $400\text{--}700\text{ m}$ , niin henkilöliikenteessä on varmuuskerroin  $V_h$  oltava vähintään 7,5 ja muussa kuljetuksessa  $V_m$  vähintään 5,5;

2) jos  $L$  on yli  $700\text{ m}$ , niin  $V_h$  on oltava vähintään 7,0 ja  $V_m$  vähintään 5,0.

Nostolaitteella, joka toimii sekä henkilöettä kivennostolaitteena, on henkilöliikenne kivennoston yhteydessä kielletty, mistä kai-

vostarkastaja voi sallia poikettavaksi erityisistä syistä, jolloin myöskin kivennostossa on varmuuskerroin Vm oltava vähintään 8.

Malmin- tai tavarannostolaitteella, joka toimii omassa kuilussa, saadaan käyttää varmuuskerronta Vm vähintään 5.0.

Kuilunajossa on varmuuskertoimen kivi-kuormalla aina oltava vähintään 8.

Köyden suurinta rasiutusta laskettaessa on paino henkeä kohti arvioitava 85 kg:ksi ja kivi kuorman painoksi otettava suurin esiintyvä paino.

## 31 §.

Edellisessä pykälässä mainitut varmuuskertoimet koskevat myös vastapainon köyttä.

## 32 §.

Nostolaitteen kannatusköyttä ei saa jatkaa. Käytössä aikaisemmin ollutta köyttä alköön ilman kaivostarkastajan lupaa käännettävä alköönkä otettako henkilökuljetuksessa käytettävän nostokorin kannatusköydeksi.

## 33 §.

Vetopyöränostokoneessa ei saa esiintyä sa-  
nottavaa köyden luistamista.

*Kannatusköyden kiinnitys*

## 34 §.

Köysi on luotettavalla tavalla kiinnitettävä nostokoria kannattaviin ripustusosiin. Kiinnityksen on oltava sellainen, että se kestää köyden murtokuorman.

Köyden taivutussäteen on köyden kiinnityksessä oltava vähintään 3 kertaa köyden halkaisija ja suljetulla tai puolisoljetulla köydellä vähintään 8 kertaa köyden halkaisija.

Yhdeltä puolelta puristavan kiilakausan käyttö on kielletty.

Juotoskiinnitystä kartiöhylsyyn tai split-saamalla tehtyä kiinnitystä saa käyttää vain, kun kiinnitys on tehty kauppa- ja teollisuusministeriön hyväksymien ohjeiden mukaan.

## 35 §.

Rumpunostolaitteessa on köyden kiinnityskohtaa kausassa muutettava vähintään 12 kk:n välein ja kuilunajokoneessa vähintään 6 kk:n välein. Tällöin on köysi katkaistava vähintään 1,5 m kiinnityksen yläpuolelta ja on näin saatu köydenosa paikalla purettava, tutkittava ja tehtävä merkintä havainnoista nostolaitteen tarkastuskirjaan.

Vetopyöränostolaitteen köyden kiinnityskohtaa on muutettava 2 vuoden käytön jälkeen ja sen jälkeen vuosittain, mikäli tämä kaivostarkastuksessa katsotaan tarpeelliseksi. Saaduista köydenosista on suoritettava edellä 1 momentissa mainittu tutkimus.

Kaivostarkastaja voi määrätä tai sallia poikettavaksi mainituista määräyksistä riippuen kiinnityksen ja köyden kunnosta ja laadusta.

## 36 §.

Rumpunostolaitteessa on köysi luotettavasti ja köyttä vahingoittamatta kiinnitettävä rumpuun ja tulee siitä käytön aikana aina jäädä vähintään kaksi täyttä kierrosta rummun ympärille.

*Tasausköysi*

## 37 §.

Tasausköydestä on oltava köyden valmistajan antama todistus köyden materiaalista, lujuudesta ja rakenteesta. Uuden tasausköyden varmuuskertoimen on oltava vähintään 5.

Tasausköyden tulee olla niin pitkän, ettei siihen tai sen kiinnitykseen kohdistu ylimääräistä rasiutusta nostokorin tullessa alimpaan mahdolliseen pysähdyspaikkaansa.

Tasausköyden kiertyminen on sopivin keinoin estettävä.

*Jarrut*

## 38 §.

Nostolaitteen tulee olla varustettu sekä käyttö- että hätäjarrulaitteilla, joihin tulee kuulua vähintään yksi jarrukenkäpari tai 2 levyjarruparia.

## 39 §.

Käyttöjarrun vaikutuksen tulee olla sellainen, että nostolaitteen ohjaaja kykenee helposti kaikissa esiintyvissä olosuhteissa pysäyttämään nostolaitteen kohtuullisella hidastumisella.

Painonapeilla ohjatuissa nostolaitteissa tulee käyttöjarrun kaikissa esiintyvissä kuormitusolosuhteissa riittävällä tarkkuudella ja kohtuullisella hidastumisella pysäyttää nostokori haluttuun kohtaan.

## 40 §.

Hätäjarrun osien tulee kestää suurin esiintyvä staattinen voima 8-kertaisella varmuudella. Käyttöjarrun kohdalla varmuuden on oltava vähintään 5.



Henkilöliikenteessä käytettävän nostolaitteen käyttö- ja hätäjarrun on kyettävä pidättämään suurin tasapainoittamaton staattinen kuorma vähintään 3-kertaisella varmuudella. Jos nostonopeus on pienempi kuin 3 m/s, on mainitun kertoimen oltava vähintään 2.

## 41 §.

Hätäjarrun tulee putoavilla painoilla tai muulla yhtä luotettavalla tavalla vaikuttaa vetopyörään tai köysirumpuun. Mikäli köysirumpu on kaksiosainen, tulee hätäjarrun vaikuttaa sen irroitettavissa olevaan osaan.

Hätäjarrun tulee olla laukaistavissa nostolaitteen ohjaajan työskentelypaikalle sijoitettuna laukaisulaitteella.

Hätäjarrun tulee automaattisesti toimia:

- 1) rajakatkaisijan avulla, kun nostokori tai vastapaino nousee ylintä säännöllistä pysähdyspaikkaansa korkeammalle;
- 2) nopeudenvalvojan avulla, kun vetopyörän tai köysirummun pyörimisnopeus ylittää 20 %:lla normaalinopeuden;
- 3) hidastuksenvalvonnan avulla, kun nostokori lähestyy ylintä tai alinta pysähdyspaikkaansa suuremmalla nopeudella kuin mitä normaalikäyttö edellyttää;
- 4) kun köysirumpukytkin avataan;
- 5) kun nostolaitteen sähkövoiman saanti keskeytyy; sekä
- 6) köyden luistokatkaisijan avulla vetopyöränostolaitteessa, kun köyden nopeus poikkeaa rummun kehänopeudesta laitteita vahingoittavassa määrin.

Edellä 3 momentin 3 kohdassa tarkoitettua hidastuksenvalvontaa ei vaadita, milloin nostolaitteen normaalinopeus ei ylitä 2 m/s. Milloin nostolaitteen normaalinopeus ylittää 6 m/s, tulee hidastuksenvalvonnan olla sellaisen, että se jatkuvasti tai useissa kohdin valvoo nopeutta hidastusmatkalla.

## 42 §.

Kun hätäjarru laukeaa suurimman tasapainoittamattoman kuorman noustessa normaalinopeudella, saa hidastuminen olla enintään 3 m/s<sup>2</sup>.

Nostolaitteen hidastuminen lasketaan käytäen kaavaa:

$$\text{hidastuminen} = \frac{(\text{normaalinopeus})^2}{2 \times \text{jarrutusmatka}}$$

## 43 §.

Kun hätäjarru laukaistaan suurimman tasapainoittamattoman kuorman laskeessa normaalinopeudella, tulee jarrutusmatkan olla lyhyempi kuin 0.7 kertaa se matka, jonka nostokori esteittä voi kulkea siitä pisteestä, missä 41 §:n 3 momentissa edellytetty rajakatkaisija tai hidastuksenvalvonta alkaa toimia.

*Rummut ja pyörät*

## 44 §.

Köysirummun, veto- ja taittopyörän halkaisijan tulee olla vähintään 60 kertaa köyden halkaisija ja vähintään 1000 kertaa paksuimman köydessä esiintyvän langan halkaisija.

Milloin nostonopeus on enintään 3 m/s, saadaan kuitenkin käyttää sellaista köysirumpua sekä veto- ja taittopyörää, joiden halkaisijat ovat vähintään 40 kertaa köyden halkaisija ja vähintään 800 kertaa paksuimman köydessä esiintyvän langan halkaisija.

Käytettäessä rakenteeltaan suljettua tai puolisoljettua nostoköyttä on veto- ja taittopyörän halkaisijan oltava vähintään 100 kertaa köyden halkaisija pysyvään käyttöön tarkoitetuissa nostokoneissa. Jos nostokoneen nopeus on enintään 3 m/s ja nostokoneen käyttö tilapäistä tai vähäistä, saa köysirummun sekä veto- ja taittopyörän halkaisija olla pienempi kuin edellä tässä momentissa on mainittu, kuitenkin vähintään 70 kertaa köyden halkaisija.

## 45 §.

Köysirummun, veto-, taitto-, kannatus- ja ohjauspyörän sekä niiden akselien tulee kestää nostoköyden murtokuormasta aiheutuvat rasitukset kuitenkin vähintään kymmenkertaistella varmuudella suurimmasta esiintyvistä staattisesta kuormasta aiheutuva rasitus.

## 46 §.

Köysirummun, veto- ja taittopyörien sekä köyden kannatus- ja ohjauspyörien rakenteen ja kunnon tulee olla sellainen, ettei köysi käytössä vahingoitu.

## 47 §.

Nostokuilussa käytettäviä työlavoja ja muita laitteita kannattavien köysivinttureiden ja pyörien sekä niiden kannatusköysien varmuuskertoimien ja rakenteen suhteen

noudatetaan soveltuvin osin 30 ja 45 §:n määräyksiä sekä muuten soveltuvin osin voimassa olevia standardeja.

*Merkinantolaitteet, nostolaitteen ohjaus ja käyttö*

48 §.

Ohjaajan toimesta ohjattava nostolaite on varustettava sellaisilla merkinantolaitteilla, että ajomerkin antaminen nostokoneen ohjaajalle tapahtuu selvästi ja luotettavasti.

49 §.

Nostolaite on varustettava syvyysosoittimella, joka selvästi ja jatkuvasti osoittaa nostokorin aseman.

Mikäli nostolaitteella on ohjaaja, hänen tulee työpaikaltaan helposti voida nähdä syvyysosoitin.

50 §.

Nostolaitetta saa ohjata ainoastaan täysi-ikäinen, luotettava ja muutenkin sanottuun tehtävään sopivaksi katsottava henkilö, joka on siihen valittu ja koulutettu.

Nostolaitteen ohjaajalle on annettava kirjalliset ohjeet nostolaitteen käytöstä.

51 §.

Uudella tai uudelleen kiinnitetyllä köydellä varustettua nostolaitetta älköön käytetäkö henkilökuljetukseen, ennen kuin laitteella on suoritettu koeajo ja tämän jälkeen todettu, että köysi on luotettavasti kiinnitetty.

Samanlainen koeajo on suoritettava laitteen käytössä sattuneen pitemmän tauon jälkeen ja myöskin lyhyemmän tauon jälkeen, mikäli kuilussa suoritettut työt, jäänmuodos tai muut erityiset syyt ovat voineet vaikuttaa laitteen käyttövarmuuteen. Jos nostokone on varustettu irroitettavalla köysirummulla ja köysirumpukytkentää on muutettu, on suoritettava koenosto ennen kuin yhdytään henkilökuljetukseen.

52 §.

Nostokoneeseen on sopivalle kohdalle pantava ilmoituskilpi, johon on selvästi ja pysyvästi merkitty nostokoneen suurin sallittu kuormitus, tasapainoittamaton kuorma ja nostonopeus sekä koneen valmistajan nimi ja valmistusvuosi.

Näkyvälle paikalle nostokoriin on kiinni-

tettävä suurinta sallittua kuormaa ja henkilömäärää osoittava kilpi.

Nostokonehuoneeseen ja kaikille liikennöitäville tasoille on asetettava nostolaitteen käyttöohjeet.

53 §.

Nostolaitteen korjaustyön aikana ei sitä saa käyttää muuhun kuin tätä korjaustyötä varten välttämättömään kuljetukseen. Jos tällöin tai muussakin tapauksessa on tarpeen tehdä rajoituksia tai muutoksia nostolaitteen tavallisessa käytössä, on nostolaitetta ohjattava ohjaajan toimesta ja on hänelle annettava ilmoitus sanottujen rajoitusten ja muutosten laadusta.

54 §.

Milloin nostokuilussa työskennellään, on ohjaajan pysäytettävä laskeutuva nostokori vähintään 3 metriä työskentelypaikan yläpuolelle eikä hän saa jatkaa nostokorin laskeamista, ennen kuin siihen on annettu merkki.

*Erikoisnostolaitteet*

55 §.

Tämän päätöksen määräyksiä on soveltuvin kohdin noudatettava erikoisnostolaitteisiin. Sellaisia ovat esimerkiksi nousumajohissit, tavaravintturit ja pelastushissit. Erikoisnostolaitteille on etukäteen hankittava kauppa- ja teollisuusministeriön tyyppihyväksyntä, jolloin on soveltuvin osin noudatettava, mitä 58 §:n 2 momentissa säädetään asiakirjojen esittämisestä.

*Nostolaitteen huolto*

56 §.

Nostolaitteet on huollettava valmistajan antamien ohjeiden mukaan.

Otettaessa käyttöön vanha nostolaite, on se ennen asennusta riittävästi purettava, tutkittava ja kuluneet tai vioittuneet osat tarpeen mukaan uusittava.

Jos kaivoksella aikaisemmin toiminnassa ollut nostolaite asennetaan uuteen paikkaan, on tällöin soveltuvin osin suoritettava edellä 2 momentissa mainitut toimenpiteet.

*Tarkastus*

57 §.

Joka aikoo ottaa käyttöön uuden nostolaitoksen tai muuttaa ennestään käytössä ol-

leen rakennetta tai käyttöolosuhteita, tehköön siitä ilmoituksen kauppa- ja teollisuusministeriölle. Samalla on ilmoitettava, milloin nostolaitteen käyttöönottotarkastus sopivasti voidaan suorittaa.

Kun nostolaitos lopullisesti poistetaan käytöstä, on tästä ilmoitettava kirjallisesti kauppa- ja teollisuusministeriölle.

## 58 §.

Uutta nostolaitosta tai sen osaa ei saa ottaa säännölliseen käyttöön ennen kuin nostolaitos on kauppa- ja teollisuusministeriön suositamassa käyttöönottotarkastuksessa hyväksytty.

Riittävän ajoissa ennen käyttöönottotarkastusta on kauppa- ja teollisuusministeriölle lähetettävä selostus nostolaitoksesta ja siihen kuuluvien laitteiden toiminnasta tarpeellisine piirustuksineen, nostolaitoksen käyttövarmuuteen vaikuttavien rakenteiden lujuuslaskelmat, aineenkoetuslaitoksen todistus kannatusköysien ominaisuuksista sekä kaivostyön harjoittajan laatima ehdotus nostolaitteen käyttöohjeiksi. Sanotut asiakirjat on liitettävä tarkastuksessa laadittavan pöytäkirjan käivoksella säilytettävään kappaleeseen.

Käyttöönottotarkastuksen suorittajan tulee tarkastuspöytäkirjaan tehtävällä merkinnällä määrätä suurin sallittu henkilömäärä ja kuormitus ja vahvistaa nostolaitoksen käyttöohjeet.

## 59 §.

Jollei nostolaitos käyttöönottotarkastuksessa ole määräysten mukaisessa kunnossa, tarkastajan tulee määrätä, mitkä viat ja puutteellisuudet on korjattava, ennen kuin nostolaitos saadaan ottaa säännölliseen käyttöön. Milloin syytä siihen on, jatkettakoon käyttöönottotarkastuksen toimittamista erikseen pidettävässä jälkitarkastuksessa.

## 60 §.

Mikäli nostolaitoksen rakennetta tai käyttöolosuhteita oleellisesti muutetaan, on suoritettava uusi käyttöönottotarkastus.

## 61 §.

Kauppa- ja teollisuusministeriön toimesta on vuosittain suoritettava nostolaitosten vuositarkastus.

## 62 §.

Kaivostyön harjoittajan on huolehdittava siitä, että pätevä henkilö vähintään kerran

kolmessa kuukaudessa suorittaa käytössä olevan nostolaitoksen neljännesvuositarkastuksen. Jos nostolaitos ei ole käytössä silloin, kun tarkastuksen viimeistään tulisi tapahtua, on tarkastus suoritettava heti, kun laitos jälleen otetaan käyttöön.

## 63 §.

Kaivostyön harjoittajan on huolehdittava siitä, että pätevä henkilö kerran viikossa suorittaa käytössä olevan nostolaitoksen viikkotarkastuksen. Sen yhteydessä on erityisesti tarkastettava nosto- ja tasausköydet ja niiden kiinnitykset, köysirumpu, veto- ja taittopyörät sekä jarrujen toiminta ja hätäjarrun 41 §:n 2 momentissa sekä 3 momentin 1 ja 3 kohdassa määrättyjen laukaisulaitteiden toiminta. Jos aihetta siihen ilmenee, on tämä tarkastus suoritettava useamminkin kerran viikossa.

Sama henkilö älköön suorittako neljännesvuositarkastusta ja viikkotarkastusta.

## 64 §.

Nostolaitoksesta on pidettävä tarkastuskirjaa, johon on tehtävä merkinnät neljännesvuositarkastuksen ja viikkotarkastuksen suoritusajoista, todetuista jarrutusmatkoista, köysissä havaituista vioista, köysien vaihdoista ja siinä yhteydessä tehdyistä havainnoista, korjausten suorittamisesta, käytön pitkäaikaisista keskeytyksistä sekä muista seikoista, joilla on merkitystä nostolaitteen käyttövarmuutta arvosteltaessa.

Jarrutusmatkoja ja köyttä koskevat tarkastustulokset on merkittävä tarkastuskirjaan tai sen liitteisiin havainnollisella tavalla.

Kaivostyön harjoittajan on huolehdittava siitä, että tarkastuskirjaa pidetään säännöllisesti ja että se on aina saatavissa. Tarkastuksen suorittajan on nimikirjoituksella varmennettava tarkastuskirjaan tekemänsä merkinnät.

*Erinäisiä määräyksiä*

## 65 §.

Kauppa- ja teollisuusministeriö voi harkintansa mukaan sallia erityisistä syistä poikkeuksia näistä nostolaitemääräyksistä sekä kieltää sellaisten laitteiden ja rakenteiden käytön, joita ei ole näissä määräyksissä otettu huomioon, mutta jotka saattavat aiheuttaa hengen, terveyden tai omaisuuden vaaraa.

*Määräysten voimaantulo*

66 §.

Tämä päätös tulee voimaan 1 päivänä syyskuuta 1969 ja sillä kumotaan kauppa- ja teollisuusministeriön turvallisuusmääräyksistä kaivoksissa 31 päivänä joulukuuta 1959 antaman päätöksen (556/59) nostolaitteita koskeva 4 luku.

Helsingissä 2 päivänä kesäkuuta 1969.

Ministeri Väinö Leskinen

Milloin ennen tämän päätöksen voimaantuloa rakennetun nostolaitteen muuttaminen näiden määräysten mukaiseksi tuottaa erityisen suuria vaikeuksia tai kohtuuttomia kustannuksia ja tarkoitettu turvallisuus voidaan muulla tavalla saavuttaa, kauppa- ja teollisuusministeriö voi määräämillään ehdoilla sallia nostolaitteen edelleen käyttämisen.

Vt. toimistopäällikkö Urpo J. Salo

N:o 1188

**Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös**  
nostolaitoksista kaivoksissa annetun kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen  
muuttamisesta

Annettu Helsingissä 24 päivänä lokakuuta 1995

Kauppa- ja teollisuusministeriö on

*kumonnut* 2 päivänä kesäkuuta 1969 nostolaitoksista kaivoksissa annetun kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen (372/69) 22 §:n 5 momentin, 23 §:n 2—4 momentin sekä

*muuttanut* 7 §:n, 10 §:n 1 momentin, 22 §:n 3 ja 4 momentin, 24 §:n 1 momentin, 2 momentin johdantokappaleen ja 2 kohdan sekä 3 momentin, 25 ja 29 §:n, 32 §:n 2 momentin, 34 §:n 3 momentin, 35 §:n 2 ja 3 momentin, 55 ja 57 §:n, 58 §:n 1 ja 2 momentin, 61 ja 65 §:n seuraavasti:

## 7 §

Kuilu on nostokorin ohjaamiseksi varustettava johteilla, milloin suurin normaalinopeus ylittää 3 m/s tai milloin turvatekniikan keskus muutoin turvallisuuden kannalta katsosen tarpeelliseksi.

## 10 §

Pysyvään liikenteeseen tarkoitettulla nostolaitteella on nostoväylän ylä- ja alapäässä käytettävä kiilajohteita tai muuta vastaavaa turvatekniikan keskuksen hyväksymää hidastuslaitetta, joka tasaisesti hidastaen pysäyttää nostokorin yliajon tapahtuessa.

## 22 §

Sellaista 1 momentissa tarkoitettua ripustusosaa, jossa on hitsaamalla tehty kantava sauma, saadaan käyttää vain turvatekniikan keskuksen luvalla.

Yhdysosat on turvatekniikan keskuksen an-

tamien ohjeiden mukaan, kuitenkin viimeistään 5 vuoden väliajoin, yksityiskohtaisesti tarkastettava mittaamalla kulumiset ja arvioitava tästä johtuva varmuuden väheneminen ja on ne tarpeen vaatiessa vaihdettava, kuitenkin viimeistään silloin, kun varmuus on vähentynyt 15 %.

## 24 §

Kannatusköydestä on oltava valmistajan todistus köyden materiaalista, lujuudesta ja rakenteesta.

Ennen kuin kannatusköysi otetaan käyttöön, on hankittava pätevän aineenkoetuslaitoksen todistus, josta tulee käydä ilmi:

2) monenko kutakin lankatyyppejä olevan langan vetomurtolujuus suoritettujen vetokeiden perusteella ilmeisesti eroaa enemmän kuin  $\pm 7$  % kunkin poikkileikkaukseltaan samanmuotoisen lankojen vetomurtolujuuden keskiarvosta;

Köyden murtolujuutena käytetään poikki-vedossa saatua arvoa tai arvoa, joka on lan-kojen yhteenlaskettu vetomurtolujuus kerrot-tuna punontahäviökertoimella, jona käyte-tään arvoa 0,85 paitsi milloin jostain erikois-köydestä on käytettävä tästä huomattavasti poikkeavaa arvoa.

## 25 §

Nostolaitteen kannatusköyden kunto on tarkastettava uutena tai mahdollisimman pian käyttöänon jälkeen ja aina 12 kuukauden käytön jälkeen sähkömagneettisella tai muul-ta turvatekniikan keskuksen hyväksymällä teknisellä tarkastuslaitteella.

Jollei tarkastusta voida edellä mainitulla tavalla suorittaa, on köysi poistettava vii-meistään kahden vuoden käytön jälkeen. Mikäli köysi näyttää käyttökelpoiselta, voi turvatekniikan keskus määräämillään ehdoil-la pidentää sanottua määräaikaa vuodeksi kerrallaan.

## 29 §

Milloin nostolaitteessa on kaksi tai useam-pia kannatusköysiä, tulee köysien olla samaa valmistetta ja on ne poistettava käytöstä sa-manaikaisesti, jollei turvatekniikan keskus tässä kohdin salli poikkeusta.

## 32 §

Käytöstä aikaisemmin ollutta köyttä ei saa ilman turvatekniikan keskuksen lupaa kään-tää tai ottaa käyttöön henkilökuljetuksessa käytettävän nostokorin kannatusköydeksi.

## 34 §

Juotoskiinnitystä kartiohylysyn tai vastaa-valla tavalla tehtyä kiinnitystä saa käyttää vain turvatekniikan keskuksen luvalla.

## 35 §

Vetopyöränostolaitteen köyden kiinnitys-kohtaa on muutettava 2 vuoden käytön jäl-keen ja sen jälkeen vuosittain, mikäli tämä tarkastuksessa katsotaan tarpeelliseksi. Saa-duista köydenosista on suoritettava edellä 1 momentissa mainittu tutkimus.

Turvatekniikan keskus voi määrätä tai sal-

lia poikettavaksi mainituista määräyksistä riippuen kiinnityksen ja köyden kunnosta ja laadusta.

## 55 §

Tämän päätöksen määräyksiä on soveltu-vin kohdin noudatettava erikoisnostolaittei-siin. Sellaisia ovat esimerkiksi nousunajohis-sit, tavaravintturit ja pelastushissit. Erikois-nostolaitteille on etukäteen hankittava turva-tekniikan keskuksen tyyppihyväksyntä, jol-loin on soveltuvin osin noudatettava, mitä 58 §:n 2 momentissa säädetään asiakirjojen esittämisestä.

## 57 §

Joka aikoo ottaa käyttöön uuden nostolai-toksen tai muuttaa ennestään käytössä olleen rakennetta tai käyttöolosuhteita, tehkään sii-tä ilmoituksen turvatekniikan keskukselle. Samalla on ilmoitettava, milloin nostolait-teen käyttöönottotarkastus sopivasti voidaan suorittaa.

Kun nostolaitos lopullisesti poiste-taan käytöstä, on tästä ilmoitettava kirjallises-ti turvatekniikan keskukselle.

## 58 §

Uutta nostolaitosta tai sen osaa ei saa ottaa säännölliseen käyttöön, ennen kuin nostolai-tos on turvatekniikan keskuksen suorittamas-sa *käyttöönottotarkastuksessa* hyväksytty.

Riittävän ajoissa ennen käyttöönottotarkas-tusta on turvatekniikan keskukselle lähetettä-vä selostus nostolaitoksesta ja siihen kuulu-vien laitteiden toiminnasta tarpeellisine pii-rustuksineen, nostolaitoksen käyttövarmuu-teen vaikuttavien rakenteiden lujuuslaskel-mat, aineenkoetuslaitoksen todistus kannatusköysien ominaisuuksista sekä kaivostyön harjoittajan laatima ehdotus nostolaitteen käyttöohjeiksi. Sanotut asiakirjat on liitettävä tarkastuksessa laadittavan pöytäkirjan kai-voksessa säilytettävään kappaleeseen.

## 61 §

Turvatekniikan keskuksen on vuosittain tarkastettava nostolaitokset (*vuositarkastus*).

## 65 §

Turvatekniikan keskus voi harkintansa mu-kaan sallia erityisistä syistä poikkeuksia näistä nostolaitemääräyksistä sekä kieltää

N:o 1188

2817

sellaisten laitteiden ja rakenteiden käytön, joita ei ole näissä määräyksissä otettu huomioon, mutta jotka saattavat aiheuttaa hengen, terveyden tai omaisuuden vaaran.

Tämä päätös tulee voimaan 1 päivänä marraskuuta 1995.

Teknillisen tarkastuskeskuksen ennen tämän päätöksen voimaantuloa antamat luvat ja hyväksynät sekä tarkastuksessa antamat määräykset ovat edelleen voimassa.

Helsingissä 24 päivänä lokakuuta 1995

Kauppa- ja teollisuusministeri *Antti Kalliomäki*

Vanhempi hallitussihteeri *Anja Liukko*

## Nostoköysien vaihto-ohje

### Esivalmistelut

Nostoköysien vaihdon turvallisen ja joustavan sujuvuuden varmistamiseksi täytyy vaihto valmistella huolellisesti. Nämä valmistelut tehdään ennen sen seisakin alkua, jonka aikana nostoköysien vaihto on tarkoitus tehdä. Valmisteleivina töinä seuraavat työt voidaan tehdä hyvissä ajoin:

1. Uudet köydet valmistellaan vaihtoa varten:

- valetaan päihin valukartiot valmiiksi
- hitsataan kiinnitysosat valukartioiden päälle
- valukartiot ja kiinnitysosat piirustuksen nro 993 776-3 mukaan

2. Valmistellut uudet köydet asennetaan lavetille telineisiin siten, että köysi purkautuu keulan yläpuolelta. Köydet vedetään paikoilleen suoraan lavetilta. Lavetti kuormataan piirustuksen numero **xxx xxx-x** (piirustus ei ole vielä valmis) mukaan.

3. Kausassa vapaana oleva köydenpää valmistellaan samoin kuin nostoköysien päät:

- valetaan päihin valukartiot valmiiksi
- hitsataan kiinnitysosat valukartioiden päälle
- valukartiot ja kiinnitysosat piirustuksen nro 993 776-3 mukaan

4. Kapan ripustusosien telinettä täydennetään tekemällä uusi työtaso toiselle puolelle. Entisiä neliöputkia vahvistetaan tason kannatusta varten asentamalla entisten neliöputkien sisään pienemmät lisäputket.

5. Ohjelmoidaan vaihtomiehistöä varten vähintään neljä, mielellään viisi, radiopuhelinta kanavalle, jolla ei ole muuta liikennettä. Esimerkiksi kanavia viisi ja kuusi voisi käyttää.

6. Asennetaan kiinteät lankapuhelimet tasoille taittopyörä-, köysipuristin- ja ohjauslaitetaso.

7. Köysiin asennettava köysipuristin kunnostetaan.

Juuri ennen vaihtoa tehdään seuraavat valmistelut:

8. Lavetit ajetaan köydenvaihtotasolle +705 ja sijoitetaan piirustuksen numero **zzz zzz-z** (piirustus ei ole vielä valmis) mukaisesti. Toro jätetään toiseen lavettiin kiinni.

9. Uudet köydet nostetaan ylös vastapainon puolelta. Niitä varten rakennetaan neljän tuuman parrusta ja kaksi kertaa neljän tuuman lankusta kehikot. Näillä varmistetaan köysien jouheva kulku nostokuiluun niin, etteivät uudet köydet hankaa ohjausköysiin tai kuilun seinämiin.

10. Nostoköydet lokeroidaan +365- ja maanpintatasolla neljän tuuman parruista valmistetuilla ristikoilla siten, että kukin köysi kulkee oman lokeron läpi. Sekä kapan että vastapainon puoleiset nostoköydet lokeroidaan.



11. Varataan miehistöä seuraavasti:

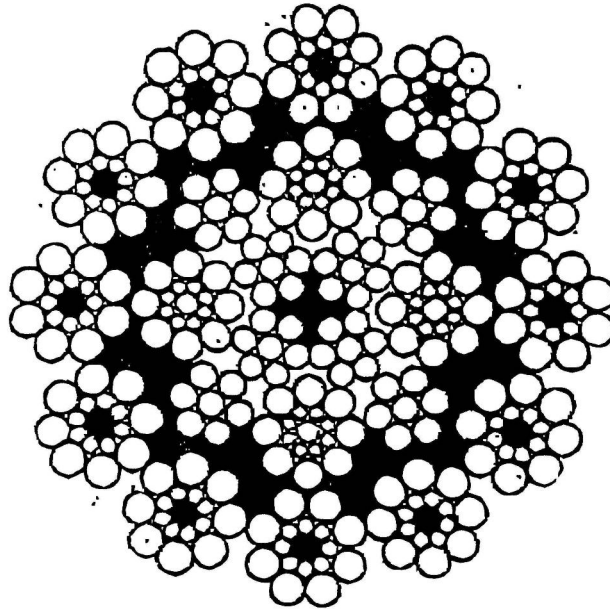
- uusille keloille neljä asentajaa
- vanhoja köysiä varten yksi koneenkuljettaja koneineen (Vesterinen)
- Uusien ja vanhojen köysien liitoksen esteettömän kulun varmistamiseen kaksi asentajaa
- yksi nostokoneen käyttäjä
- yksi työnjohtaja

Vaihtotapahtuman kulku

1. Ripustetaan hissikori. Ripustus tapahtuu korin ripustuslaitteen avulla.
2. Ripustetaan vastapaino. Vastapaino ripustetaan siihen tarkoitettujen palkkien avulla.
3. Irrotetaan vanhat köydet vastapainosta ja liitetään uudet köydet vanhoihin köysiin. Liittäminen tapahtuu hitsaamalla piirustuksen numero 993 776-3 mukaan käyttäen etukäteen valettuja kiinnitysosia.
4. Ripustusosat irrotetaan vastapainosta ja ne kuljetetaan maan päälle keskuskorjaamolle tarkistettaviksi ja mitattaviksi.
5. Vanhat köydet kiinnitetään pyöräkuormaajaan (Vesterinen) kapaan puolelta ja irrotetaan ne kapasta.
6. Kapaan kiinnitysosat irrotetaan ja kuljetetaan tarkastettavaksi keskuskorjaamolle. Mittauksen ja tarkistuksen kaikille kiinnitysosille suorittaa ulkopuolinen tarkastuslaitoksen edustaja.
7. Ajetaan nostokonetta kappa alaspäin suuntaan, jolloin vanhat köydet vetävät uudet köydet paikoilleen. Vanhat köydet pätkitään sopiviin pätkiin ja vedetään kaivokseen.
8. Uusien ja vanhojen köysien liitoskohdan tullessa +365- ja maanpintatasolla olevien ristikoiden kohdalle kohdalle, tarkkaillaan liitoksen menoa lokerikon läpi.
9. Kun köysien liitoskohta tulee taittorummun kohdalle, suojataan rummut ja kitkapinnat paksulla kumimatolla.
10. Uudet köydet liitetään vastapainoon käyttäen tarkastettuja (tai uusia) kiinnitysosia.
11. Uudet köydet liitetään hissikoriin käyttäen tarkastettuja (tai uusia) kiinnitysosia.
12. Vastapaino irrotetaan ripustuksesta.
13. Hissikori irrotetaan ripustuksesta.
14. Vanhat köydet hävitetään vetämällä ne täytettävään louhokseen.


Tekninen datalehti

Pyhäsalmen kaivos – Suomi

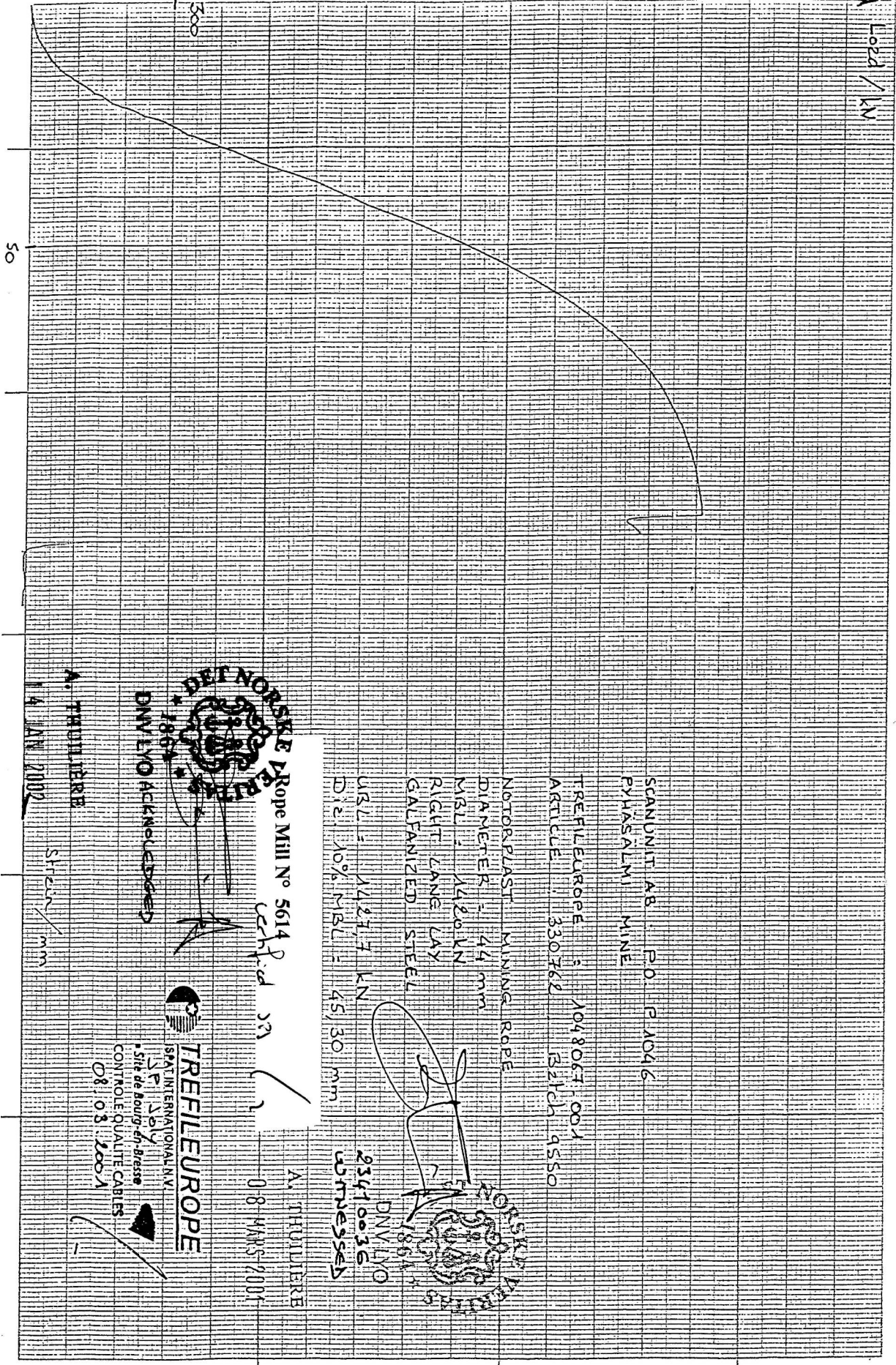


## NOTORPLAST tyypinen PÄÄKÖYSI

Nimellishalkaisija	44,00 mm toleranssi -1% +4%
Oletettu halkaisija kuormitettuna	45,10 mm
Massa	8,00 kg/m
Minimi murtolujuus	1420 kN
Vetogalfanoitu	1960 N/mm <sup>2</sup>
Oikea- tai vasenkätinen punonta	
Nimellinen metallin poikkipinta-ala	862.25 mm <sup>2</sup>
E-moduli	110 000 Mpa +- 10 000 Mpa

Doc. kind Title	Tarkastus- ja huolto-ohje Trefileuropen köydet	Project	Vastapainollinen kappa ja henkilö- nostokone  Pyhäsalmen kaivos		
 <b>ABB Industry Oy</b>	Document identity	Lang.	Rev. Ind.	Sheet	12
		fi	-	No. of sh.	16

Load / kN



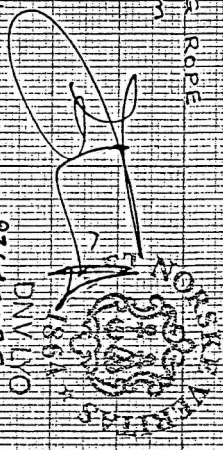
SCANONIT AB P.O. P110046  
 PYHASALMI MINE

TREFILEUROPE : 1048067:001  
 ARTICLE : 330762 Batch 9550

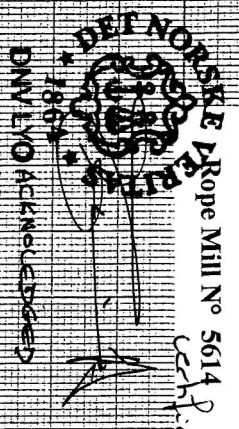
NOTORPLAST MINING ROPE

DIAMETER : 24 mm  
 MSL : 1420 kN  
 RIGHT HAND LAY  
 GALVANIZED STEEL

URL = 14227 kN  
 D<sub>21</sub> 10% MSL = 45,30 mm



DNV LYO  
 23410036  
 UNSTRESSED



A. THUILIERE  
 14 JAN 2002  
 Streun / mm



STAT INTERNATIONAL NV  
 Site de Boulogne-Bresse  
 CONTROLE QUALITE CABLES  
 08.03.2001

A. THUILIERE  
 08-MARS-2001



Geschäftsfeld  
Bergbau Service



Prüflaboratorium für  
Zerstörungsfreie und  
Zerstörende Prüfung  
- Seilprüfstelle -

Dinnendahlstraße 9  
44809 Bochum  
Telefon 0201 172-3833  
Telefax 0201 172-3897

e-mail: [bs@dmtd.de](mailto:bs@dmtd.de)  
<http://www.dmt.de>

DMT - Bergbau Service - Postfach 13 01 01 - 45291 Essen

Ihr Zeichen  
Ihre Nachricht  
Unser Zeichen PL-Gr  
Durchwahl 3815 (Fax-Nr. 3897)  
E-Mail [Olivier.Gronau@dmtd.de](mailto:Olivier.Gronau@dmtd.de)  
Datum 20.09.2004

### Test Report No. 102/2004/01

on the Magneto-Inductive Test of 4 Hoisting Ropes at Pyhäsalmi Mine Oy

Client: Pyhäsalmi Mine Oy  
P.O. Box 51  
FI-86801 Pyhäsalmi  
FINLAND

Person in  
charge of test: Dipl.-Ing. O. Gronau

**This test report comprises 7 pages and may only be duplicated as a whole and not in parts without written permission of DMT-Laboratory for Non-Destructive and Destructive Testing (DMT-Prüflaboratorium für Zerstörungsfreie und Zerstörende Prüfung - Seilprüfstelle -)**

Deutsche  
Montan Technologie GmbH

Aufsichtsratsvorsitzender:  
Ulrich Weber

Geschäftsführung:  
Dr. Michael Kopitz (Vors.)  
Heinz-Gerd Körner  
Dipl.-Kfm. Udo Scheer

Sitz: Essen  
Amtsgericht Essen HRB 810

Bankverbindung:  
Sparkasse Essen  
BLZ 360 501 05  
Konto 25 95 72

e-mail: [dmtd@dmtd.de](mailto:dmtd@dmtd.de)  
<http://www.dmt.de>

Nach DIN EN ISO/IEC 17025:2000 durch die  
DAP Deutsches Akkreditierungssystem Prüfwesen GmbH  
akkreditiertes Prüflaboratorium

Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde  
aufgeführten Prüfverfahren  
BAM-Begutachtungs-Stelle (BBS)



DAP-PL-1032.00



Test Report No. 102/2004/01  
PL-Gr dated 20.09.2004

page 2 von 7

## 1 General Data

### 1.1 Client / procedure

Pyhäsalmi Mine Oy  
Mr. Erkki Kärkkäinen  
P.O. Box 51  
FI-86801 Pyhäsalmi  
FINLAND

refer to: Quotation No. SF-A 2004-0134 from 23.06.2004

Order No. 20042958-2 from 01.07.2004

### 1.2 Extent of Order

Magneto-inductive test of 4 hoisting ropes at TIMO shaft at Pyhäsalmi Mine Oy.  
Result of the examination is a test report according to DIN EN ISO 17025.

### 1.3 Persons in Charge of Test

Dipl.-Ing. O. Gronau (accredited expert)

### 1.4 Available Documents

Technical data sheets of the shaft and the hoisting ropes were handed over.

### 1.5 Former Examinations by DMT

First examination by DMT after rope installation.

According to the information of the mining operator the ropes were non-destructive tested 4 times before by another company.



Test Report No. 102/2004/01  
 PL-Gr dated 20.09.2004

page 3 von 7

## 2 General Rope Data

type of ropes: NOTORPLAST  
 manufacturer: Trefileurope  
 nominal diameter: 44,00 mm  
 expected diameter under load: 45,10 mm  
 mass: 8,00 kg/m  
 M.B.L.: 1420 kN  
 rope 1 and 2: langs lay, left (sS)  
 rope 3 and 4: langs lay, right (zZ)  
 surface conditions of wires: drawn galvanized  
 nominal strength of wires: 1960 N/mm<sup>2</sup>  
 nominal metallic rope cross section: 862,25 mm<sup>2</sup>  
 installation of rope set: 10.05.2001  
 safety factors  
     man riding: 7,1  
     production: 6,3

rope construction:

No. of layer	No. of strands	wire per strands
1	4	1 x 2,57 mm Ø 6 x 2,17 mm Ø
2	4	1 x 2,00 mm Ø 8 x 1,20 mm Ø 8 x 2,25 mm Ø
	4	1 x 2,17 mm Ø 6 x 1,95 mm Ø
3	12	1 compact core HDPE 8 x 1,20 mm Ø 8 x 2,25 mm Ø



Test Report No. 102/2004/01  
 PL-Gr dated 20.09.2004

page 4 von 7

### 3 Operating Data

tower-type winding plant: one skip with man riding bottom  
 one counterweight

traveling way

man riding: 1400,2 m

production: 1407,8 m

winding pulley: 4500 mm Ø (lined with Becorit)

deflecting pulley: 4200 mm Ø (on skip side)

hoisting capacity with rope set: 3.784.620 t (total value since installation)

hoisting cycles with rope set: 176.029 (total value since installation)

average cycles / day: 180

### 4 Execution of the Examination

#### 4.1 Used Devices

Rope testing set system: RTI

Magnet head: SEM-ST 02 (Ser.-No. 99/06)

Electronic device: RTI 1-S (Ser.-No. 980501)

LF<sup>1</sup>-coil liners: 48 mm Ø

LMA<sup>2</sup>-coil cable: approx. 2,5 m

#### 4.2 Course of Examination

Inspection date: 08.07.2004

Place of inspection: at the 14 Meters checking platform

The magnetic head were installed first approx. 1,5 meter above the bindings of the suspension gears of the skip. The skip was moved down with approx. 1,5 m/s to the draw point. The end positions of the rope inspection were marked.

<sup>1</sup> LF - local faults like broken wires or changes in rope structure

<sup>2</sup> LMA - loss of metallic rope cross-section area by corrosion or abrasion



Test Report No. 102/2004/01  
 PL-Gr dated 20.09.2004

page 5 von 7

For the inspection of the rest ends of the ropes, the magnetic head were installed approx. 1,5 meters above the bindings of the suspension gears of the counterweight. The counterweight was moved down with approx. 1,5 m/s. The rope marks of the first inspections were driven through for approx. 5 meters.

The cross section calibration was made with 6 additional wires with 2 mm  $\varnothing$ . According to the metallic rope cross section area of 862,25 mm<sup>2</sup> the metallic cross section area of the additional wires are 2,2 %.

Rope No. 1 could be examined without interruption. However during this examination the magnet marks on the rope were deleted. During the examination of the ropes No. 2 to No. 4 it came therefore to short interruptions.

## 5 Examination Results

During the examination wire breaks and other irregularities<sup>3</sup> were found in all ropes at the LF-traces. Most wire breaks are characterized by very low amplitudes at the traces. Low amplitudes are caused by internal wire breaks and/or breaks of thin wires.

The results of the wire break detection are listed at the following table:

Rope No.	Total number of wire breaks	Maximum wire breaks / m
1	5	1
2	4	2
3	14	3
4	3	2

The results of the LMA-measurement are summarized in the fig. 1. No clear losses of rope cross-sectional could be measured. The short peaks at the beginning and at the

<sup>3</sup> Due to the form and amplitude the signals cannot be classified after the first examination. Signals could be also production-determined.





Test Report No. 102/2004/01  
PL-Gr dated 20.09.2004

page 6 von 7

end of the measurements of rope No. 2, 3 and 4 result from the above mentioned interruptions.

No further remarkable signals were found at the diagrams.

## 6 Evaluation of the Results

Regarding to the Finnish regulations (KTM: päätös 372/69 and 1188/95) the hoisting ropes are still reliable in service.

If the mode of operation or climatic conditions of the plant should substantially change, or should special changes in the ropes occur, the DMT Laboratory for Non-Destructive and Destructive Material Testing - Rope Test Centre - is to be informed immediately.

The accredited expert:



(Dipl.-Ing. Gronau)



Test Report No. 102/2004/01  
PL-Gr dated 20.09.2004

page 7 von 7

Pyhäsalmi Mine Oy - Timo Shaft  
LMA-Signal

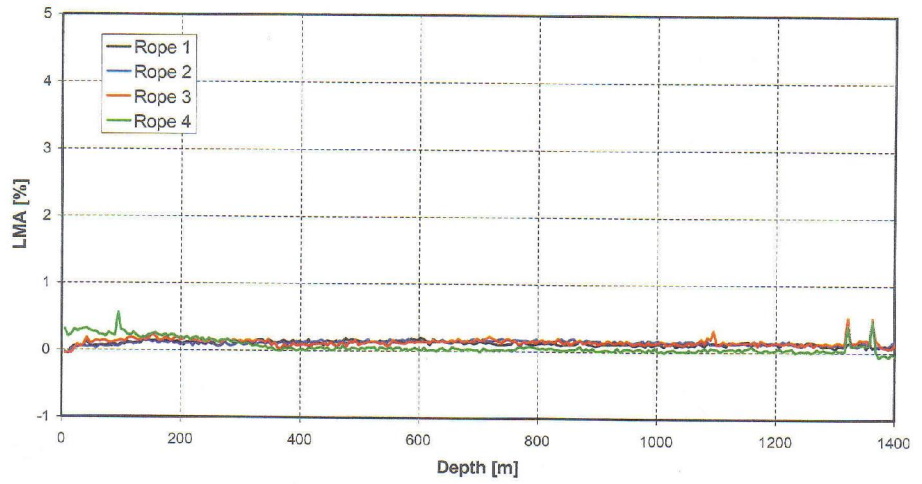


Figure 1: Results of the LMA measurement