



Tutkintaselostus

C 5/1996 R

Säiliövaunujen putoaminen kiskoilta Turussa 31.5.1996

Tämä tutkintaselostus on tehty turvallisuuden parantamiseksi ja uusien onnettomuuksien ennalta ehkäisemiseksi. Tässä ei käsitellä onnettomuudesta mahdollisesti johtuvaa vastuuta tai vahingonkorvausvelvollisuutta. Tutkintaselostuksen käyttämistä muuhun tarkoitukseen kuin turvallisuuden parantamiseen on vältettävä.



SÄILIÖVAUNUJEN PUTOAMINEN KISKOILTA TURUSSA 31.5.1996

TIIVISTELMÄ

Viisi säiliövaunua putosi 31.5.1996 kiskoilla oikealle kääntyvässä kaarteessa Turussa Pansion öljy- ja kemikaalisataman raiteella. Yksi vaunuista kaatui. Onnettomuus ei aiheuttanut henkilövahinkoja. Maahan valunut vähäinen määrä rasva-alkoholia saatiin nopeasti poistettua.

FIVE CONTAINER WAGONS DERAILING IN TURKU ON 31 MAY 1996

SUMMARY

On May 31, 1996, five container wagons derailed in a right-turning curve on a track in Pansio oil and chemicals harbour, in Turku. One of the wagons overturned. No personal injury or fatality occurred. The slight amount of fatty alcohol having leaked on the ground, was rapidly removed.



SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	3
SUMMARY.....	3
1 ONNETTOMUUDEN YLEISKUVAUS.....	5
2 ONNETTOMUUS.....	5
3 ONNETTOMUUDEN TUTKINTA.....	5
4 TAPAHTUMAYMPÄRISTÖ	6
4.1 Rata.....	6
4.2 Kalusto	6
4.3 Vaunujen lasti.....	6
4.4 Olosuhteet.....	7
4.5 Henkilöstö	7
5 PELASTUSTOIMET	7
6 ANALYYSI	7
7 ONNETTOMUUDEN SYYT	9
8 SUOSITUKSET.....	9

LÄHTEET

KUVALIITE

LIITE: 1 VTT *Valmistustekniikka*: Rautatiekiskon murtumisen tutkimus. Tutkimusselostus VAL72-6011/10.12.1996.

1 ONNETTOMUUDEN YLEISKUVAUS

Perjantaina 31.05.1996 Dv 15-tyyppisen dieselvaihtoveturin työntäessä suojavaunun ja 15 venäläisen säiliövaunun muodostamaa junaa Turussa kohti Pansion öljy- ja kemikaalisatamaa viisi säiliövaunua putosi kiskoilta oikealle kääntyvässä kaarteessa. Yksi vau- nuista kaatui. Onnettomuus ei aiheuttanut henkilövahinkoja. Maahan valunut vähäinen määrä rasva-alkoholia saatiin nopeasti poistettua.

2 ONNETTOMUUS

Onnettomuus tapahtui 31.5.1996 klo 11.15. Ennen onnettomuutta päivystysveturi oli ha- kenut junassa olleet vaunut Pahaniemensillan eteläpuolella olevalta ratapihalla ja vetä- nyt ne sillan pohjoispuolelle (ks. raidekaavio s. 13). Vaihteiden kääntämisen jälkeen ve- turi alkoi työntää junaa satamaraidetta pitkin kohti Pansion satamaa. Onnettomuuspai- kalla satamaraide kaartaa junan kulkusuuntaan nähden oikealle.

Onnettomuushetkellä junan nopeus oli noin 15 km/h. Veturinkuljettaja huomasi, että vaunut alkoivat täristä ja heilua. Samanaikaisesti junan jarrut lukkiutuivat ja juna pysäh- tyi jarrupaineen hävittyä jarruletkun katketessa. Kuljettaja havaitsi yhden vaunun kaatu- neen.

Onnettomuuden jälkeen todettiin, että ensimmäisenä ollut suojavaunu oli lähellä Koti- koivunkadun päätä ja lähinnä veturia ollut säiliövaunu muutamia kymmeniä metriä sen kohdan jälkeen, missä Tuontikatu menee Ovakon sillan ali.

Junassa olleiden venäläisten säiliövaunujen säiliöt makaavat vaunun rungon ja pyörät käsittävällä lavetilla. Laveteissa on kaksi noin 0,5 metrin pituista metallitappia, jotka me- nevät säiliöissä oleviin vastaaviin reikiin. Säiliöiden yli kulkevat vielä niitä tukevat kiinni- tystevanteet, jotka on ankkuroitu lavetteihin. Kiskoilta suistuneiden vaunujen säiliöt pysyi- vät tapeissaan lukuun ottamatta aikaisemmin mainittua kaatunutta vaunua, jonka säiliö oli irronnut. Tapit olivat vääntyneet vasempaan, tankin kaatumissuuntaan (ks. kuvaa s. 15).

3 ONNETTOMUUDEN TUTKINTA

Onnettomuustutkintakeskus päätti 01.06.1996 toimittaa asiassa virkamiestutkinnan. Tut- kijoina ovat toimineet johtaja Kari **Lehtola** ja johtava tutkija Kari **Alppivuori**.

Onnettomuustutkintakeskus toimitti onnettomuuden jälkeen VTT Valmistustekniikalle näytteet onnettomuuden yhteydessä murtuneista kiskoista sekä yhdestä sidepultista. VTT Valmistustekniikka on tehnyt tutkimuksen *Rautatiekiskon murtumien tutki- mus*. Tutkimusselostus VAL72-6011/10.12.1996.

Poliisin Turun tekninen tutkimusryhmä on toimittanut Onnettomuustutkintakeskuksen toimeksiannosta valokuvausta ja teknisiä tutkimuksia. Turun kaupungin pelastuslaitos on luovuttanut Onnettomuustutkintakeskuksen käyttöön valokuvamateriaalia.

4 TAPAHTUMAYMPÄRISTÖ

4.1 Rata

Onnettomuus tapahtui perjantaina 31.5.1996 klo 11.45 Turussa Pansion öljy- ja kemikaalisatamaan johtavalla raiteella Pahaniemen sillan kohdalla. Radan omistaa Turun kaupunki.

Raide on rakennettu 1930-luvulla. Onnettomuuspaikalla raide oli varustettu 30 kg:n kiskotuksella, puupölkkyillä ja nauloilla kiinnitetyillä aluslevyillä. Heti onnettomuuspaikasta Pansion suuntaan alkaa peruskorjattu rataosuus, jossa on 43 kilon kiskotus, puupölkkyt ja ruuveilla kiinnitetyt aluslevyt.

Rata oli onnettomuuspaikalla huonokuntoinen. Siinä oli lahoja pölkkyjä. Kiskot olivat valmistusnumeroista päätellen osittain peräisin 1930-luvulta. Radan peruskorjaus ja kiskojen vaihto raskaampiin oli tarkoitus aloittaa kesäkuun alussa. Edellisenä syksynä perusparannustyö oli saatu viedyksi niin pitkälle, että vain radan kaupungin puoleisessa päässä lyhyttä osuutta ei ehditty korjata.

4.2 Kalusto

Onnettomuusjunan veturina oli Dv 15-tyyppinen dieselvaihtoveturi n:o 1995, joka työnsi kohti Pansion öljy- ja kemikaaliosatamaa 16 vaunua käsittävää junaa. Koska

Koska useissa onnettomuutta koskevissa raporteissa junan vaunujen järjestysnumerointi aikaa etummaisena kohti satamaa edenneestä vaunusta, ja junaa työntänyt veturi oli näin ollen viimeisenä, tässä tutkintaselostuksessa käytetään samaa numerointia. Ensimmäisenä vaununa kohti satamaa eteni suomalainen Hkba-tyyppinen vaunu (suoja-vaunu). Sen perässä tuli 15 venäläistä Vgobo-tyyppistä säiliövaunua ja viimeisenä veturi. Säiliövaunuista seitsemäs vaunu suistui kiskoilta. Kahdeksas vaunu kaatui. Seuraavina olleet 9 - 11. vaunut suistuivat kiskoilla. Loput vaunut ja veturi pysyivät kiskoilla.

Junan 13 Vgobo-säiliövaunun omapaino oli 23,4 t ja suurin sallittu kuorma 60 t. Kahden vaunun omapaino oli 24,47 t ja suurin sallittu kuorma 67 t. Vaunujen akselipainot olivat noin 21 t ja noin 23 t. Onnettomuusjunassa sallittua enimmäispainoa ei ylitetty.

4.3 Vaunujen lasti

Junan venäläisissä säiliövaunuissa oli lastina kauppanimellä LINCOLN 810-tunnettua rasva-alkoholia (fatty alcohol), jota käytetään lähinnä kosmetiikkateollisuuden raaka-aineena. Aine saattaa ärsyttää silmiä ja hengityselimiä ja on nieltynä terveydelle haital-



lista. Ainetta ei kuitenkaan luokitella vaarallisten aineiden kuljetusmääräysten (VAK) alaiseksi. Ainetta on yleisesti kuvattu "inhottavaksi käsitellä".

4.4 Olosuhteet

Säällä, valaistuksella tai muilla vastaavilla seikoilla ei ole todettu olleen vaikutusta onnettomuuteen.

4.5 Henkilöstö

Onnettomuuden aikaiseen operaatioon, vaunujen vaihtotyöhön sekä siirtämiseen Pansion öljy- ja kemikaaliosatamaan osallistuivat päivystäjäveturin kuljettaja, konduktööri, vaihdemies ja junamies.

Kaikilla heistä oli asianmukainen koulutus ja pitkäaikainen kokemus tehtävässään.

Kuljettajalle tehtiin puhalluskoe, jossa ei todettu merkkejä alkoholin nauttimisesta.

5 PELASTUSTOIMET

Turun aseman junatoimiston vuorossa ollut järjestelymestari ilmoitti heti tiedon onnettomuudesta saatuaan siitä palokunnalle, poliisille, VR Rata Oy:n raivausryhmälle sekä Turun satamaviranomaisille.

Turun kaupungin pelastuslaitos sai hätäilmoituksen klo 11.39. Välittömästi paikalle lähti viisi yksikköä, joihin kuului yhteensä 13 henkilöä. Kello 12.10 mennessä paikalle lähti yhdeksän muuta yksikköä. Myöhemmin paikalle lähetettiin vielä kolme muuta yksikköä.

Kaatuneen vaunun vuoto tukittiin ja vuotanut kemikaali kerättiin keräilysäiliöön. Myöhemmin päivän ja illan aikana kaksi vaunua pumpattiin tyhjiksi säiliöautoihin. Viisi vaunua nostettiin takaisin kiskoille. Pelastustoimiin osallistuivat Turun kaupungin pelastuslaitoksen lisäksi VR-Rata Oy:n Turun ja Helsingin raivausryhmät, Kokemäeltä olevan Viinikka Oy:n säiliöautot, turkulaisen Nostokonepalvelu R.Nieminen Oy:n nosturit, vaunujen lastin haltija Turun Tankki Oy, Puolustusvoimat ja poliisi.

Pelastustoimet sujuivat ripeästi ja asiallisesti.

6 ANALYYSI

Tutkija Kari Lehtola teki onnettomuusiltana paikalla katselmuksen sekä kuvautti tapahtumapaikan. Hän otti haltuunsa kaksi kiskonäytettä. Kaarteen ulkopuoliset kiskot olivat katkenneet onnettomuuden yhteydessä kolmesta kohtaa. Yksi kisko oli katkennut kahdesta kohtaa katkeamiskohtien välin ollessa noin kaksi ratapölkynväliä. Tämä kahden ratapölkynvälin mittainen kiskonpala (jäljempänä "pitempi kiskonäyte"), jossa oli murtumat molemmissa päissä, otettiin toiseksi näytteeksi. Kolmannen katkeamiskohdan toi-

nen murtopinta otettiin myös näytteeksi niin, että kisko polttoleikattiin poikki noin puolen metrin päästä katkeamiskohdasta (jäljempänä "lyhyempi kiskonäyte"). Lisäksi otettiin näytteeksi yksi katkennut sidepultti.

Metallinäytteet toimitettiin VTT Valmistustekniikkaan analyysijä varten.

Onnettomuuspaikalta on olemassa laaja valokuva-aineisto. Turun kaupungin pelastuslaitos ja poliisi ottivat pian onnettomuuden jälkeen paikalta runsaasti valokuvia. Onnettomuustutkintakeskus teetti onnettomuuspäivän iltana poliisin Turun teknisellä tutkintaryhmällä täydennyskuvauksia. Turun kaupungin pelastuslaitos kuvasi saamiensa ohjeiden mukaisesti vielä onnettomuusraiteen sen jälkeen, kun kaikki vaunut oli viety pois paikalta.

VTT Valmistustekniikan tutkimuksissa on todettu, että onnettomuuspaikan kohdalla oikealle kaartavalla raiteella kaarteeseen ulkopuolisen kiskon ylälaipan sisäreuna oli joutunut niin kovan rasituksen kohteeksi, että kisko oli murtunut kolmesta kohtaa poikki. Kuitenkin onnettomuuden synnyn kannalta pitemmän kiskonäytteen murtumat ovat ilmeisesti ensisijaisia.

Kaarteeseen ulkoreunalla olevat kiskot olivat joutuneet jo pitkän aikaa voimakkaan rasituksen kohteiksi, koska kiskojen ylälaippojen poikkipinnat olivat kuluneet epäsymmetrisiksi noudattaen junan pyörän muotoa. Kiskoissa oli myös pysyvää sivuttaista taipumaa ja kaatumaa. Pölkkyjen välinen osuus oli taipunut ja kaatunut kaartessa ulospäin niin runsaasti, että ratapölkkyjen kohdalla kisko oli jäänyt mutkalle sisäänpäin.

Kaikki havaitut murtumat olivat alkaneet kaarteeseen ulkopuolisessa kiskossa ratapölkkyjen kohdalla. Pitemmän kiskonäytteen keskivaiheilla, ratapölkyn kohdalla, oli niinkään useita senttimetrejä syvä särö, joka osoittaa, että sama murtumia synnyttänyt voima oli kohdistunut kiskoon myös tällä kohdin.

Pitemmän kiskonäytteen ylälaipan kuluneen sivun alakulma oli myös leikkautunut pois siten, että näytteen keskivaiheille oli jäänyt noin 200 mm pitkä kieleke pois leikkautunutta kulmaa. Näytteen molemmissa päissä olleet murtumat olivat alkaneet ylälaipan sisäreunalta irtileikkautuneen kielekkeen yläreunan kohdalla. Näytteen keskivaiheilla, ratapölkyn kohdalla oli useita senttimetrejä syvä särö, joka nähtävästi alkoi irtileikkautuneen kielekkeen juuresta.

Pitemmässä kiskonäytteessä kiskon pintakerroksessa todettiin kaventumista eli pintakerroksen kuumentumista. Pintakerros oli kuumentunut 0,05 mm syvyydelle jopa yli 900 asteen lämpötilaan asti.

Kiskoon on ajossa kohdistunut voimakas sivuttainen voima kaarteesa ulospäin, jonka vaikutuksesta ratapölkyn kohdalla murtuma on edennyt myös kaarteesa ulospäin.

On todennäköistä, että ennen katkeamistaan kisko on kallistunut ulkokaarteeseen suuntaan. Katkeamiskohta, joka näkyy jäljempänä liitteen 1 sivulla 5 olevassa kuvassa 1, on ollut ratapölkyn kohdalla. Kiskon aluslevy ja naulat eivät olleet enää onnettomuuden jälkeen paikallaan, vaan kyseisen pölkyn koko ulkokaarteeseen puoleinen pää - alkaen noin

puoli metriä katkenneesta kiskosta sisäkaarteeseen päin oli murtunut ja pirstoutunut. Ilmeisesti pölkyn ovat kuitenkin rikkoneet sen yli ajaneen, kiskoilla pudonneen vaunun pyörät. Pölkkyjen lahouk ja onnettomuuden yhteydessä tapahtuneet useat kiskonauhojen pettämiset tukevat kuitenkin sitä, että kisko on voinut ennen katkeamistaan irrota nauhoituksesta ja kallistua.

7 ONNETTOMUUDEN SYYT

Onnettomuuden syynä oli raiteen heikko kunto. Kiskot olivat kevyitä 30 kg:n kiskoja ja osittain peräisin jopa 1930-luvulta. Osa ratapölkkyistä oli erittäin lahoja.

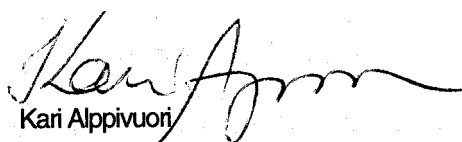
Tutkijat yhtyvät VTT Valmistustekniikan tutkimusselostuksessa esitettyyn arvioon, jonka mukaan onnettomuuden perussy s oli kaarte en ulkopuolisen kiskon katkeaminen kahdesta kohdasta ratapölkkyjen kohdalta. Vanha ja kevyt kisko oli liian heikkoa sille rasitukselle, minkä onnettomuushetkellä liikenteessä olleet täydet säiliövaunut aiheuttivat kaarte en ulkopuolisen kiskon kulkupinnan sisäreunaan.

8 SUOSITUKSET

Tässä vaiheessa ei esitetä turvallisuussuosituksia. Syksyn 1996 aikana tapahtui kuitenkin useita vaunujen suistumisia kiskoilla kuntien ja teollisuuslaitosten omistamilla sata- ma- ja teollisuusraiteilla. Myös niissä epäillään raiteiden huonoa kuntoa onnettomuuden syyksi. Onnettomuustutkimuskeskus julkaisee myöhemmin suosituksen tällaisten raiteiden kunnan valvonnasta.

Helsingissä 15 päivänä toukokuuta 1997


Kari Lehtola


Kari Alppivuori

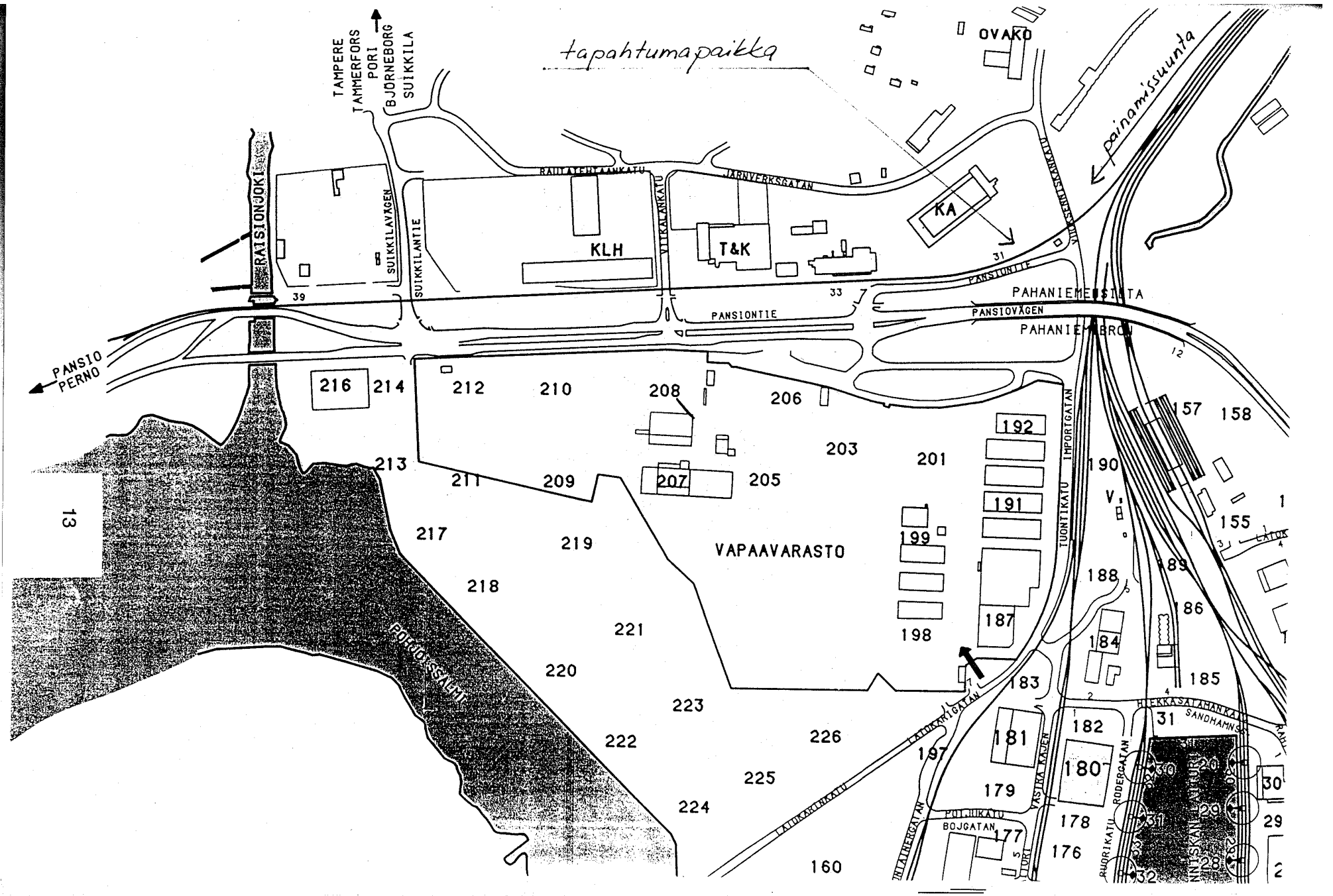
LIITE

- 1 VTT Valmistustekniikka: Rautatiekiskon murtumisen tutkimus. Tutkimus selostus VAL72-6011/10.12.1996.

LÄHTEET

- 2 VR:n tapahtumailmoitus 31.5.1996,
- 3 Turun poliisilaitoksen ilmoitus 3500/S/42595/96.
- 4 Poliisin Turun teknisen rikostutkimuskeskuksen tutkimuspöytäkirja T 366/96. 31.5.1996.
- 5 Material Safety Data Sheet according to 91/155/EEC. LINCOL 810.
Kauppanimellä LINCOL 81 0 tunnetun rasva-alkoholin turvallisuustiedote.
- 6 Turvallisuustiedotteen lähetekirjelmä.
- 7 Valokuva liite

Lähdeasiakirjat säilytetään Onnettomuustutkimuskeskuksen arkistosta ja niistä saa jäljennöksiä Onnettomuustutkimuskeskuksesta, jollei yksittäisen asiakirjan julkisuutta ole lailla rajoitettu.



tapahtumapaikka

TAMPERE
TAMPERFORS
PORI
BJORNEBORG
SUIKKILA

OVAKO

painomissuunta

KLH

T&K

KA

PAHANIEMI
PANSIOVAGEN

PAHANIEMI
BRON

PANSIONTIE

PANSIONTIE

PANSIO
PERNO

216

214

212

210

208

206

207

205

203

201

192

190

157

158

155

13

213

217

219

VAPAAVARASTO

199

191

155

218

221

223

187

188

189

186

185

PORTTISSAHLI

220

222

223

226

183

184

185

182

180

178

176

225

224

226

181

179

178

176

160

177

176

31 SANDHAMN

31 SANDHAMN

31 SANDHAMN

31 SANDHAMN

31 SANDHAMN

31 SANDHAMN

30

29

29

29



Yleiskuva onnettomuuspaikalta. Kaatunut säiliövaunu kuvan keskellä raiteen ja kadun välissä



Vääntynyt Vgobo-säiliövaunun lavetin tappi, joka pitää säiliötä paikallaan



Kiskon ylälaipan sisäreunasta revenneitä kielekkeitä

Rautatiekiskon murtumien tutkimus

TUTKIMUSSELOSTUS
VAL72-6011/10.12.1996
Onnettomuustutkintakeskus/Oikeusministeriö

VTT VALMISTUSTEKNIikka
PL 1704, 02044 VTT
Puhelin 90-456 6869, telekopio 90-456 7002



Rautatiekiskon murtumien tutkimus

TUTKIMUSSELOSTUS

VAL72-6011/10.12.1996

Onnettomuustutkintakeskus/Oikeusministeriö

VTT VALMISTUSTEKNIikka

PL 1704, 02044 VTT

Puhelin 90-456 6869, telekopio 90-456 7002

Tilaaaja ONNETTOMUUSTUTKINTAKESKUS, Kari Lehtola, puh (09)-1825 7641
PI 1
00130 Helsinki

Tilaus Suullinen tilaus kesäkuu 1996

Käsittelijä Johtava tutkija Klaus Rahka, VTT Valmistustekniikka, Käyttötekniikka, PL
1704 (Kemistintie 3, Espoo), 02044 VTT, puh. (09)-456 6869, telekopio
(09)-456 7002.

Rautatiekiskon murtumien tutkimus

Näytteet Tilaaaja toimitti VTT:lle kaksi murtuneen rautatiekiskon osaa sekä murtuneen
sidepultin osan murtumiseen johtaneen syyn selvittämiseksi. Pitemmän
kiskonäytteen molemmat päät olivat murtopintoja, lyhyemmän näytteen
toinen pää oli polttoleikattu. Sidepulttinäyte oli mutterilla varustettu pultin
kierreosan pää, joka oli leikkautunut irti muusta pultista.

Tutkimukset Suoritetut tutkimukset ja niiden tulokset selostetaan liitteessä

Johtopäätökset Murtunut näytekisko on painoluokkaa 30 kg/m. Tutkimukset viittaavat
siihen, että kiskon kantokykyyn nähden ylisuuri kalusto on käyttänyt
rataosuutta. Murtumien ydintymisalueilta ei löytynyt ilmeisiä merkkejä
väsymisestä, mutta sen sijaan ylikuumentumisesta kertova karennut
materiaalikerros ja siihen liittyvät pienet leikkausmurtumat kaartein
ulkopuolisen kiskon kulkupinnan sisäreunassa viittaavat ylikuormaan.
Kiskokatkoksen sidepultti oli leikkautunut poikki sitkeästi niinikään
ylikuorman takia, eikä siinäkään havaittu silmämääräisesti väsymismurtuman
alkamista. Korroosion ja hankautumisen aiheuttamaa poikkipinnan vähäistä
pienentymistä oli havaittavissa, mutta se ei oleellisesti ole alentanut pultin
kantokykyä.

Espoo, 10.12.1996

Tutkimuspäällikkö

Käyttötekniikka

Johtava tutkija

Käyttötekniikka



Kenneth Holmberg



Klaus Rahka

LIITTEET Suoritetut tutkimukset, 1 kpl

JAKELU Tilaaaja 3 kpl
VTT VALMISTUSTEKNIikka/VAL7/2 kpl

Rautatiekiskon murtumien tutkimus

Liite tutkimusselostukseen

Suoritetut tutkimukset

Murtumisen syiden tutkimukset käsittivät saatujen näytteiden silmämääräisen tarkastuksen sekä kiskojen poikkipinnan mittojen ja muodon tarkastelun kiskonäytteiden muodonmuutosten kartoittamiseksi, eri murtumien kartoituksen sekä murtopintojen yleisten piirteiden selvittämisen. Kiskomateriaalin mekaanisia ominaisuuksia selvitettiin lujuuden ja perussitkeyden osalta vetokokeella sekä kylmäaurauden toteamiseksi iskusitkeyskokeella. Kiskomateriaalin mikrorakennetta tarkasteltiin optisella mikroskoopilla lämpökäsittelytilan selvittämiseksi. Kiskomateriaalin kemiallinen koostumus määritettiin optisella emissiospektrometrillä (Quantovac) materiaalin sulatus-laadun toteamiseksi. Kiskon päämurtumaksi päätellyn murtopinnan tarkastelu suoritettiin myös elektronimikroskoopilla ydintymismekanismien selvittämiseksi eli väsymismurtuma-alun mahdollisuuden toteamiseksi.

Tutkimustulokset

Alustavat havainnot

Kisko on painoluokkaa 30 kg/m. Näytteiden silmämääräisessä tarkastelussa havaittiin, että pitempi kiskonäyte on ilmeisesti noin kahden ratapölkkyvälin mittainen (kuva 1). Lyhyempi näyte oli nähtävästi irrotettu pitemmästä kisko-osasta. Molempien kiskonäytteiden ylälaipan poikkipinta oli kulunut epäsymmetriseksi niin että kuluneen sivun ja yläpinnan muodostama kokonaisuus muistuttaa junanpyörän muotoa, kuva 2. Kuluma korkeussuunnassa on useita millimetrejä. Pidemmän kiskon ylälaipan kuluneen sivun alakulma oli myös leikkautunut pois siten että näytteen keskivaiheille oli jäänyt n 200 mm pitkä kieleke pois leikkautunutta kulmaa, kuva 3. Kielekkeen asennosta pääteltiin että juna on liikkunut kiskolla niin että pidempi näyte edustaa ratakaarten ulkopuolista kiskoa. Kuva 1 on siten otettu tulevaa junaa päin.

Saadut kiskonäytteet ovat kulumisesta ja leikkautumasta päätellen olleet rataosuuden kaarteiden ulkopuolista kiskoa. Kiskossa on pysyvää sivuttaista taipumaa ja kaatumaa siten, että ratapölkkyjen välinen osuus on taipunut ja kaatunut kaarteissa ulospäin ja ratapölkyn kohdalla taipuma on vastaavasti "sisäänpäin". Kuvan 2 kaaviot murtumista esittävät, miten pitemmän kiskonäytteen molemmissa päissä olevat murtumat ovat alkaneet kiskon ylälaipan sisäreunalta irtileikkautuneen kielekkeen yläreunan kohdalla. Lyhyemmän näytteen murtuma on alkanut alalaipan toisesta reunasta.

Sekä pidemmän näytteen molemmat murtumat että lyhyemmän näytteen turmassa syntynyt murtuma ovat kylmähauraudesta johtuvia lohkomurtumia. Pidemmän näytteen murtumat ovat siten turmassa primäärisiä ja lyhyemmän näytteen murtuma on ilmeisesti syntynyt kiskon katkeamisen seurauksena.

Pitemmän kiskonäytteen keskivaiheilla ratapölkyn kohdalla on useita senttimetrejä syvä särö, joka nähtävästi alkaa irtirepeytyneen kielekkeen ”juuresta”. Magneettijauh tarkastuksessa ei löytynyt muita säröjä, mutta pitkän kiskonäytteen keskellä ollut osamurtuma osoittautui myös kiskon ylälaipan vain osittain läpäiseväksi, eli laipan ulkoreuna oli ehjä. Kiskoon oli siten ajossa kohdistunut voimakas sivuttainen voima kaarteessa ulospäin, jonka vaikutuksesta ratapölkyn kohdalla murtuma oli edennyt myös kaarteessa ulospäin. Kaikki havaitut murtumat olivat alkaneet näiden ulommaisten kiskojen ”sisäpuolelta” kaarteessa ratapölkkyjen kohdalta.

Ratakiskoon kohdistuneen kuormitustason arvio

Murtumissitkeys

Rautatiekiskon murtaneen kuormitustason selvittämiseksi tarkasteltiin aluksi murtumien ulkonäköä. Kylmähaurautteen viittaavat kiteiset murtopinnat puolsivat iskutitkeyden mittausta joten kiskomateriaalin kylmähaurautta kuvaava iskutitkeys määritettiin standardisoidulla Charpy-V iskutitkeys kokeella. Tulosten mukaan kiskomateriaali täyttää tavanomaisen iskutitkeysvaatimuksen 28 J vasta yli +130 C asteen lämpötilassa. Huoneenlämpötilan paikkeilla iskutitkeys on vain noin 6 J, joten kiskomateriaali on katsottava täysin kylmähauraaksi tavanomaisissa käyttölämpötiloissaan. Murtumismekaniikan mukaisessa kuormitustasolaskelmassa tarvittavaksi murtumissitkeydeksi arvioidaan noin $30 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$.

Materiaali, mikrorakenne ja murtumien ytimet

Kiskomateriaalin kemiallinen koostumus on merkitty taulukkoon 2, jonka mukaan hiilipitoisuus viittaa tavanomaiseen tasoon melko iäkkäässä kiskomateriaalissa, jota ei ole tarkoitettu hitsattavaksi. Murtumissitkeyskin on vaatimaton. Piin ja alumiinin miltei täydellinen puuttuminen viittaa tiivistämättömään teräkseen, jolla on taipumus myötövanhenemiseen ja kylmähaurautteen. Materiaalissa on lisäksi arseenia, joka entisestään lisää kylmähaurastumistaipumusta. Mikrorakenne on enimmäkseen perliittiä ja perliittisten rakeiden raja-alueilla ferriittiä. Raekoko on karkeahko, mikä myös rajoittaa iskutitkeyttä.

Murtumien mikroskooppitarkastelu suoritettiin kiskon ylälaipan sisäreunasta irtileikkautuneen kielekkeen yläkulman alueelta josta oli havaittu murtumien ydintyneen pitkässä kiskonäytteessä. Myös materiaalin pintakerros oli hyvin muokkautunutta raerakenteesta päätellen. Havaittiin, että kiskon ylälaipasta alkaneiden haurasmurtumien ”ytimet” olivat alle 0,5 mm syviä vinossa kulmassa laipan sivupintaan nähden. Kiskon pintakerros oli tällä alueella myös karennut noin 0,05 mm:n syvyydeltä eli kuumentunut lähes tai jopa yli 900 asteen lämpötilaan rajun pintamuokkauksen takia.

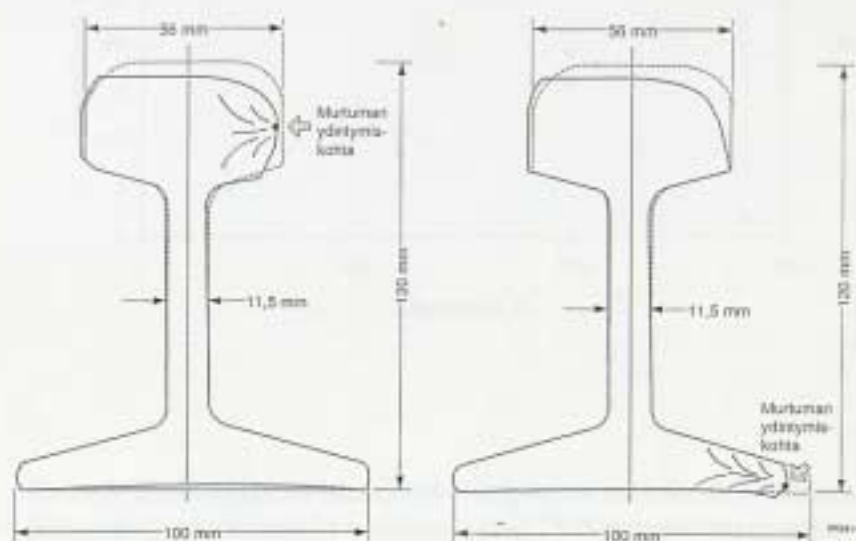
Kiskon kokema kuormitustaso

Havaitun särökoon mukaan voidaan arvioida että kiskon kuormituksesta vaikuttanut taivuttava jännitys kiskon ylälaipassa on ollut luokkaa $30 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}/(\sqrt{(3.14*0.0005 \text{ m})}) = 700 \text{ MPa}$ (jossa $30 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ on materiaalin arvioitu murtumissitkeys ja 0.5 mm särön syvyys). Murtuman aiheuttanut jännitys on materiaalin murtolujuuden tasoa ja likimääräisesti merkitsee ylikuormitusta kiskon kantokykyyn nähden. Alkusäröt ovat tällöin vielä niin pieniä, että kylmähauraudesta aiheutuu vähäistä kiskon kantokyvyn alenemista. Muodonmuutoskykyä kylmähauraus jo ilmeisesti rajoittaa merkittävämmiin.

On ilmeistä että kisko on alimittaista turman aiheuttaneelle kalustolle.



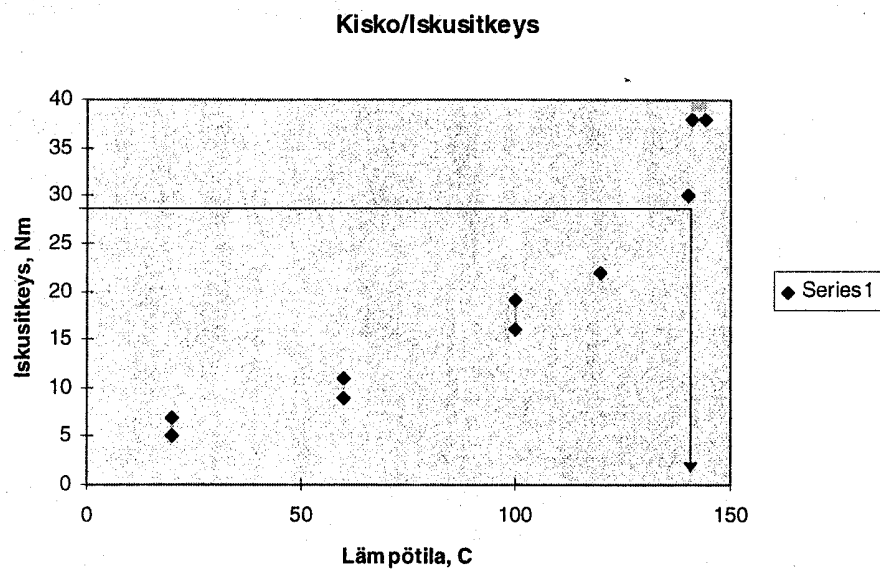
Kuva 1. Pitempi ratakiskonäyte junan todennäköistä tulosuuntaa vasten kuvattuna.



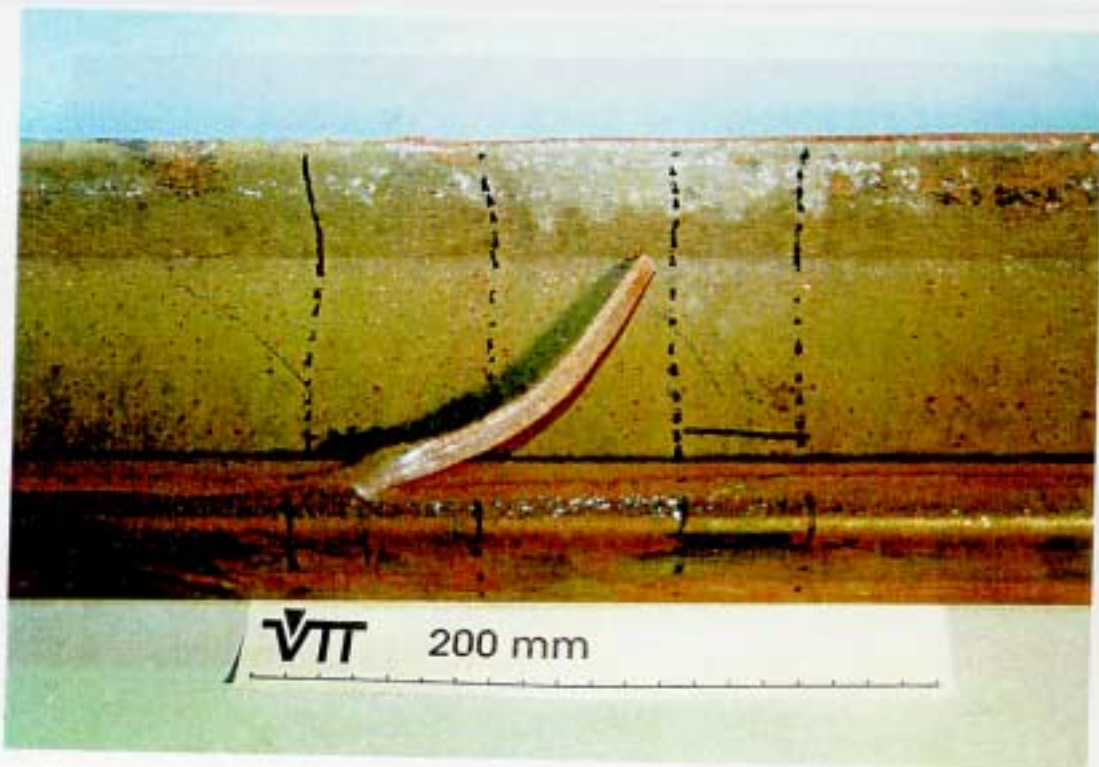
Kuva 2. Kiskomurtumat kaavioina. Vasemmalla pitemmän näytteen murtumat. Oikealla lyhyemmän näytteen murtuma.

Taulukko 1.Kiskomateriaalin vetokoetulokset

Myötölujuus	R_{eh}	382	MPa
Murtolujuus	R_m	721	MPa
Murtovenymä	A_5	19.5	%
Murtokurouma	Z	35	%



Kuva 3. Kiskonäytteen iskusitkeys lämpötilan funktiona. Tavanomaiselta teräsrakennemateriaalilta vaadittava taso 28 Nm saavutetaan vasta n +140 °C:n lämpötilassa.



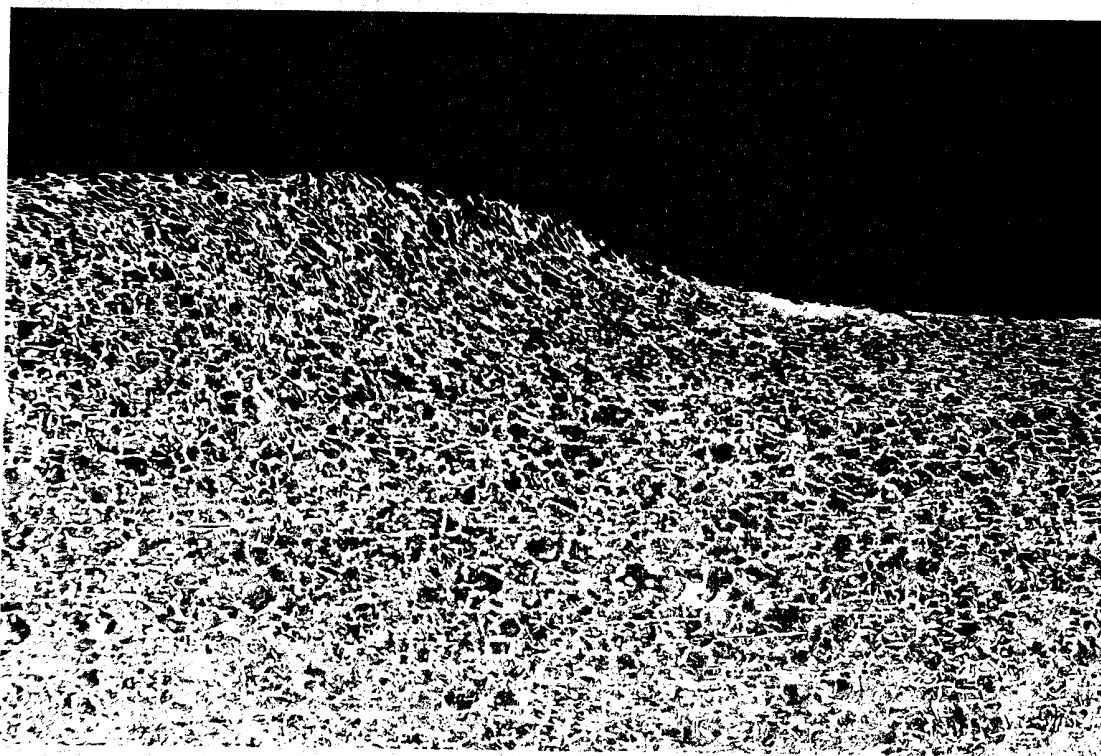
Kuva 4. Kieleke pitemmän kiskonäytteen keskivaiheilla, ilmeisesti ratapölkyn kohta.



Kuva 5. Kiskomateriaalin mikrorakenne (200x). Perinnäisen austeniitin raerajoille syntynyttä ferriittiä ja perliittiä. Raekoko n 0.1 mm eli melko karkea.

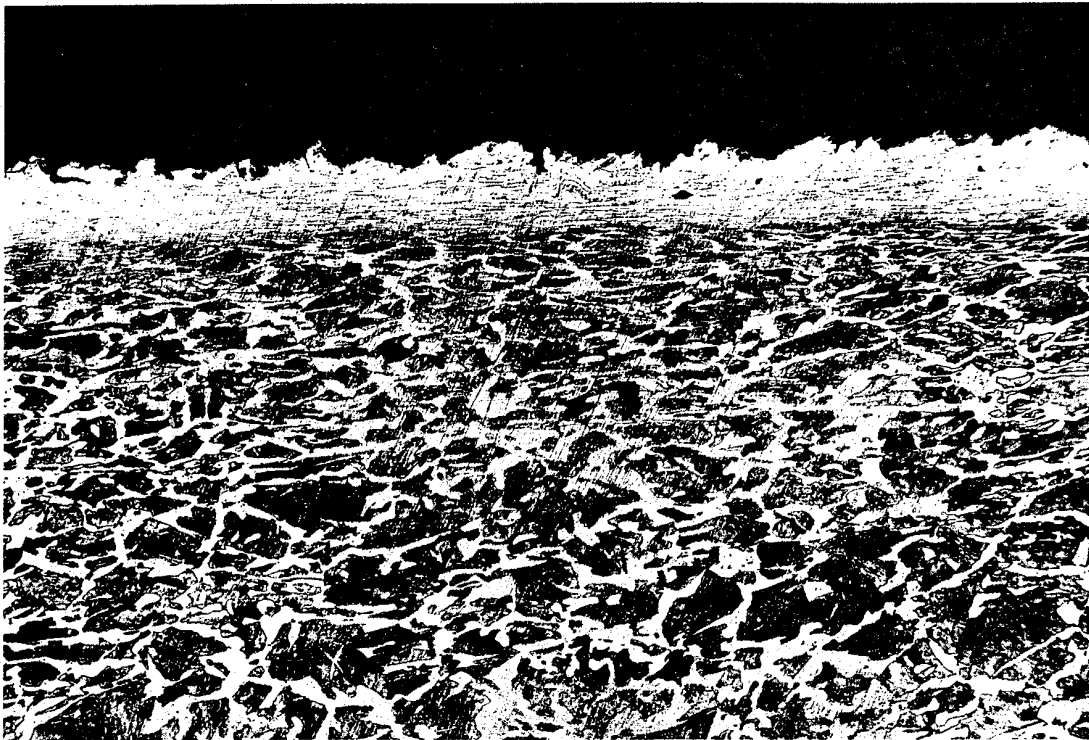


a)



b)

Kuva 5. Mikrosärö irtileikkautuneen kielekkeen alueella (50x). a) syövyttämätön, b) syövytetty.



Kuva 6. Paikoin karennutta pintamateriaalia (vaalea) irtileikkautuneen kielekkeen alueella (200x).