

**RVS-TECNOLOGYN KOKEILU HAMMASVAIHTTEESSA**

## 1. Yleistä

Kokeilukohteena oli koulutuskäytössä oleva yksiportainen vinohampainen hammasvaihte, jonka välityssuhde on 2.7. Vaihdetta kuormitettiin hydraulipumpulla, jonka paine oli 21 bar. Hammasvaihteen hampaat olivat huonossa kunnossa siten, että ryntöpinnoilla oli kuluneisuutta ja yksittäisissä hampaissa oli koloja.

Käyttävän sähkömoottorin tyyppi oli HXUR 182A2B3 ja teho 1.1 kW. Moottoria kuormitettiin lähes maksimivirralla, joka oli kokeen alussa vain 0.1 A ylikuormasuojan max. asetusarvoa pienempi. Moottorin pyörimisnopeus oli kokeen alussa 1451 1/min (24.10 Hz)

Kokeen aikana vaihteisto sijaitti tasalämpöisessä hallissa.

## 2. Mittausmenetelmät ja mittalaitteet

Mittausmenetelmät

Kokeen aikana suoritettiin seuraavat mittaukset:

- vaihteiston öljyn lämpötilamittaus
- sähkömoottorin ottaman virran mittaus
- värähtelymittaukset seuraavasti:
  - nopeuden tehollisarvon mittaus  $v_{rms}$  (tärinärasitus)
  - kiihtyvyydsmittaus (g) taajuuskaistalla 0-5000Hz
  - verhoikäymittaus suodatuskaistalla 500-10000 Hz.

Värähtelymittauksissa tarkasteltiin tuloksia myös aika- ja taajuustasossa

Lämpötilamittaus suoritettiin suoraan vaihteistoöljystä ja mittaus oli päällä koko ajan tallentaen lämpötiloja 12 s:n välein.

Muita mittauksia suoritettiin määrävälein.

Mittalaitteet

Lämpötilamittaukset suoritettiin mittalaitteella HYDAC HMG-2010

Värähtelymittaukset suoritettiin värähtelyanalyysointilaitteella SKF CMVA 60 ja mittaustiedot tallennettiin Prism<sup>4</sup>-ohjelmaan

Sähkömoottorin ottaman virran mittaus suoritettiin Microlog-analyysointilaitteella ja virtapihdillä siten, että moottorin yhdestä syöttövirran vaiheesta mitattiin staattorivirtaspektri. Virta määriteltiin spektristä verkontaajuuden (50 Hz) amplitudista.

### 3. Koetapahtuma

1. Aluksi vaihdetta ajettiin ilman lisäainetta n. 8 tuntia, jonka jälkeen suoritettiin lähtöarvomittaukset kaikilla menetelmillä.
2. Seuraavaksi suoritettiin ensimmäinen lisäainekäsittely jonka jälkeen ajettiin vaihteistoa n. 5 tuntia.
3. Tämän jälkeen suoritettiin toinen käsittely ja vaihteistolla ajettiin n. vuorokausi
4. Toisen käsittelyn jakson lopussa vaihdettiin öljyt ja suoritettiin kolmas käsittely.  
Kolmannen käsittelyn jälkeen vaihteella ajettiin yhtäjaksoisesti noin kolme vuorokautta.
5. Tämän jälkeen vaihdettiin jälleen öljyt ja suoritettiin neljäs käsittely.  
Neljännen käsittelyn jälkeen vaihteella ajettiin yhtäjaksoisesti seitsemän vuorokautta, jonka jälkeen suoritettiin loppumittaukset ja koe lopetettiin

*Ensimmäisessä - ja toisessa käsittelyssä RVS-ainetta lisättiin ohjearvoihin nähden kaksinkertainen määrä virheellisten ohjeiden takia*

### 4. Mittaustulokset

#### Yleisiä huomioita.

Toisen ja kolmannen käsittelyn jälkeen öljy likaantui voimakkaasti, jonka vuoksi suoritettiin öljynvaihdot.

Noin tunti ensimmäisen ja toisen käsittelyn jälkeen moottorin ylikuormasuoja laukesi, josta voidaan päätellä, että vaihteiston kuormitus kasvoi aineen lisäyksen jälkeen.

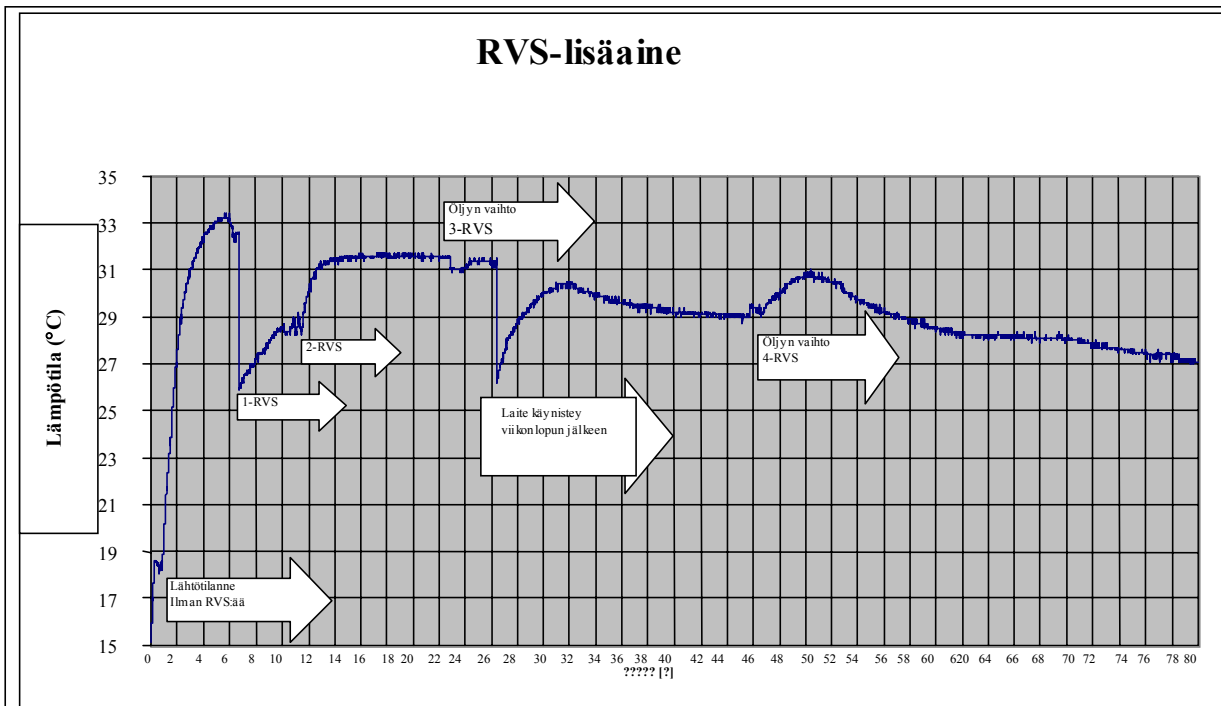
Vaihteistoöljyn lämpötila nousi huomattavasti toisen käsittelyn jälkeen ja pysyi saavutetulla tasolla koko koejakson ajan ennen kolmatta käsittelyä. Kolmannen ja neljännen käsittelyn jälkeen lämpötila nousi välittömästi, kunnes alkoi laskea alle edellisen käsittelyn jälkeen olleen lähtötason  
Kuva 1

Kuten mittaustuloksista voidaan havaita sähkömoottorin ottama virta sekä värähtelymittausarvot pienenevät ensimmäisen käsittelyn jälkeen, mutta nousivat voimakkaasti toisen käsittelyn jälkeen, kunnes alkoivat pienentyä tasaisesti kolmannen käsittelyn jälkeen kokeen loppua kohti. Kuvat 2, 3, 4 ja 6

Aikatasokuvissa nähdään selvä muutos, joka johtuu hammaskosketuksista aiheutuvien iskujen ja hammaskuormien pienentymisestä. Kuva 5.

Sähkömoottorin pyörimisnopeus nousi kokeen aikana arvosta 1451 1/min arvoon 1458 1/min

#### 4.1 Lämpötilamittaukset



Kuvassa 1 on vaihteistoöljyn lämpötilan muutokset kokeen aikana

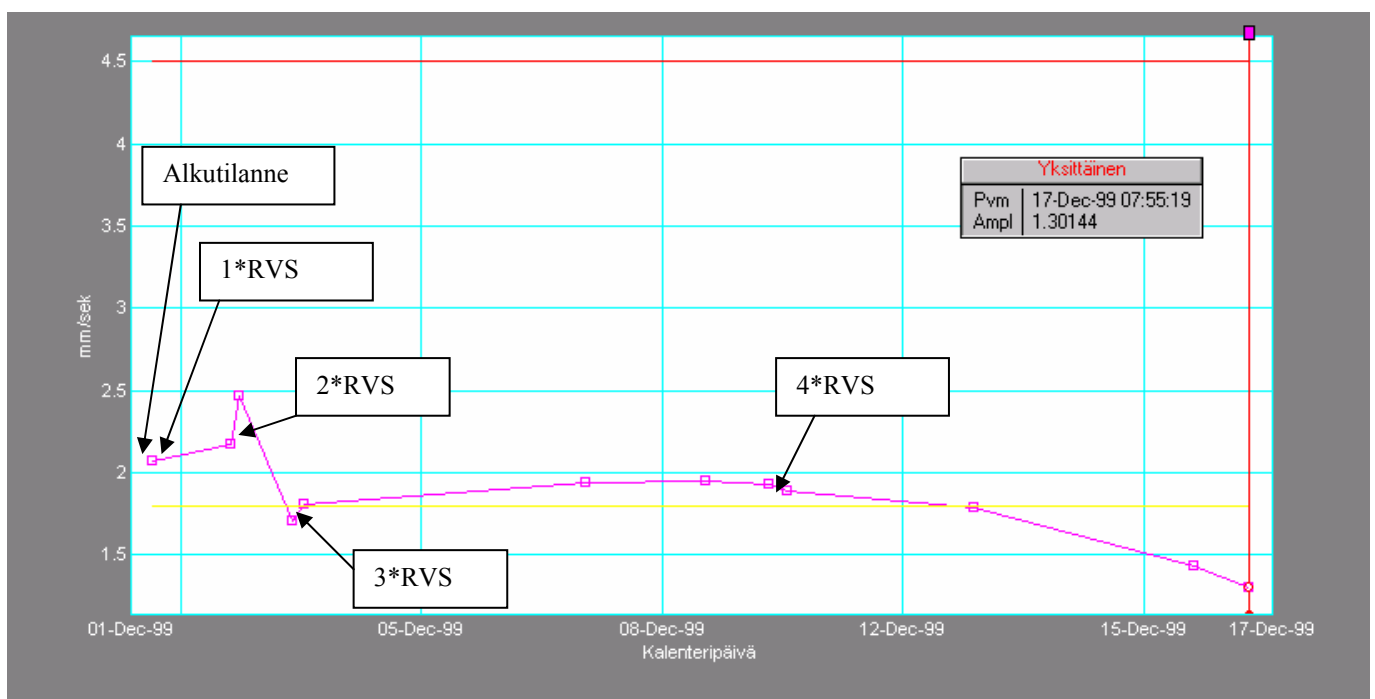
Lähtölämpötila ennen RVS-käsittelyä oli 33.1 °C ja loppulämpötila kokeen lopussa neljännen käsittelyn jälkeen oli 27.3 °C. Lämpötila laski kokeen aikana 5.8 °C eli 17.5 %

Kokeen aikana huomattiin ,että RVS aineen täytyy antaa vaikuttaa 1-2 vrk. Ennen kuin vaikutus alkaa näkyä lämpötiloissa.

*RVS-Tec Oy:n kommentti: Tutkittaessa todellista kitkasta johtuvaa lämmön kehitystä, pitäisi tässä mittauskokeessa huomioida ympäristön lämpötila, eli lämpötila joka vaihteesta on mitattavissa kun se ei toimi. Kaaviosta voidaan todeta että hallin lämpötila oli n. 18 °C. Tällöin, ennen käsittelyä vaihde lämpeni 33.1 asteeseen eli kasvua 15.1 °C. Käsittelyn jälkeen lämpenemistä muodostui 9.3 astetta. Erotus oli siis 5.8 astetta, joka tarkoittaa 38.4 prosenttia pudotusta lähtötilanteeseen verrattuna!*

## 4.2 Värähtelymittaukset

### 4.2.1 Tärinärasitus

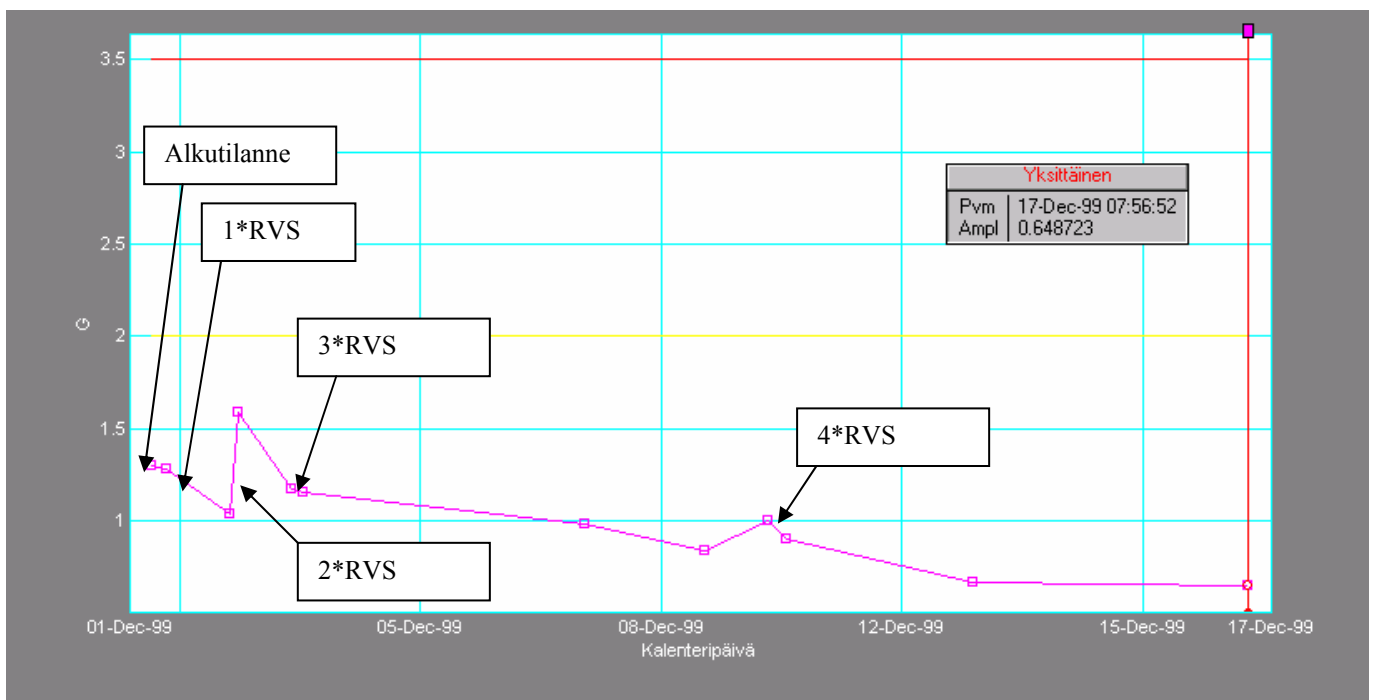


Kuvassa 2 on tärinärasituksen muutos kokeen aikana

Tärinärasitus on mitattu nopeuden tehollisarvona ( $v_{rms}$ ) taajuusalueella 10- 1000 Hz

Tärinän kokonaistaso on muuttunut kokeen aikana arvosta 2.07 mm/s arvoon 1.3 mm/s eli muutos on ollut 37.1 %

#### 4.2.2 Kiihtyvyyden kokonaistaso

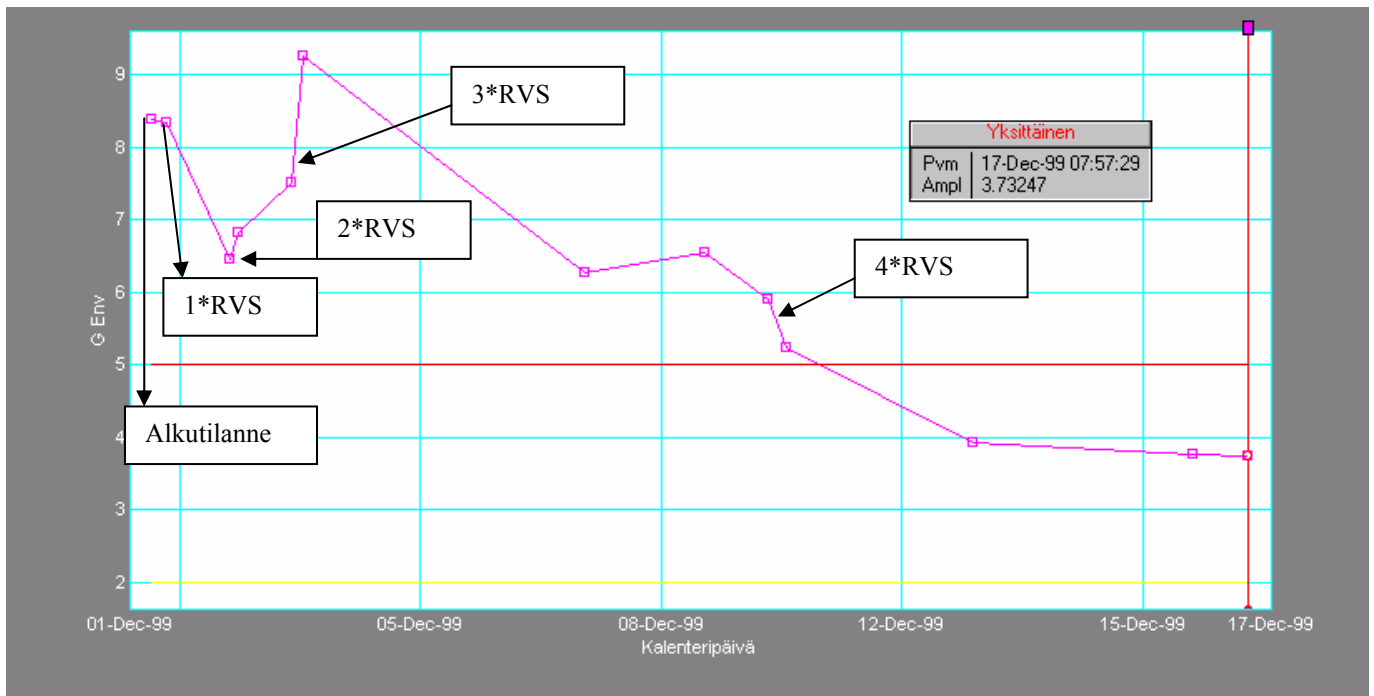


Kuvassa 3 on kiihtyvyydsmittausten muutos kokeen aikana

Tärinän kiihtyvyys on mitattu kiihtyvyyden tehollisarvona ( $g_{rms}$ ) taajuusalueella 0 – 5000 Hz.

Kiihtyvyyden kokonaistaso on muuttunut kokeen aikana arvosta 1.3 g arvoon 0.65 g eli muutos on ollut 50 %

### 4.2.3 Verhokäyrämittaukset



Kuvassa 4 on esitetty verhokäyrän kokonaistason muutos kokeen aikana

Mittaus on suoritettu verhokäyrän huippuarvona ( $g_{PK}$ ) suodatusalueella 500 – 10 000 Hz. Spektri, josta kokonaistaso on laskettu, on mitattu taajuusalueella 2 – 1000HZ.

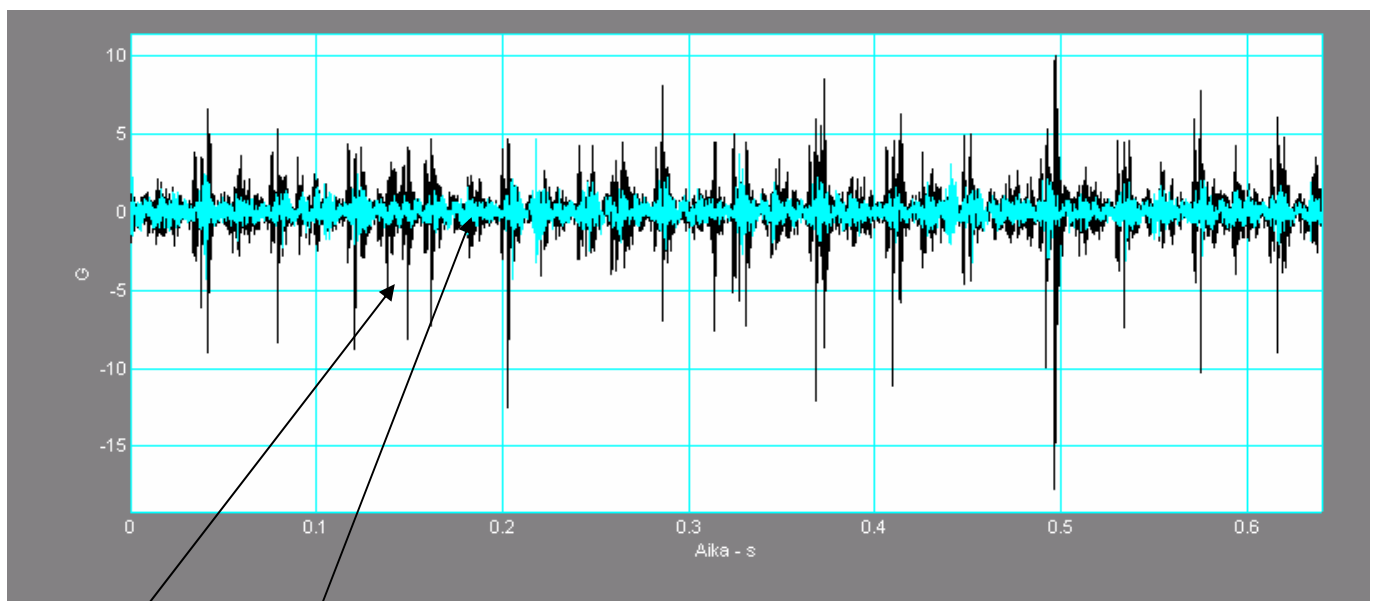
Verhokäyrän kokonaistasoarvot ovat muuttuneet arvosta 8.4 g arvoon 3.7 g eli muutos on ollut 55%

#### 4.2.4 Aikatasomittaukset

Aikatasomittauksilla voidaan tarkastella yksittäisten hampaiden hammaskosketuksia niiden aiheuttamia iskuja sekä hammaskuormia. Aikatasokuvassa on suoraan kiihtyvyyssanturilta tulevaa signaalia ja siinä jokainen ”piikki” tulee yksittäisten hammaskosketusten aiheuttamista iskuista

Tässä mittauksessa aikanäytettä on otettu 0.64 s , joka tarkoittaa tässä tapauksessa sitä, että aikatasonäytölle saadaan 15.5 vaihteen ensiöakselin kierrosta.

Aikatasomittauksia ei ole tehty tahdistettuna, joten eri mittauskerroilla hampaiden aiheuttamat iskut eivät ole tarkalleen samassa kohdassa aikatasonäytöllä.



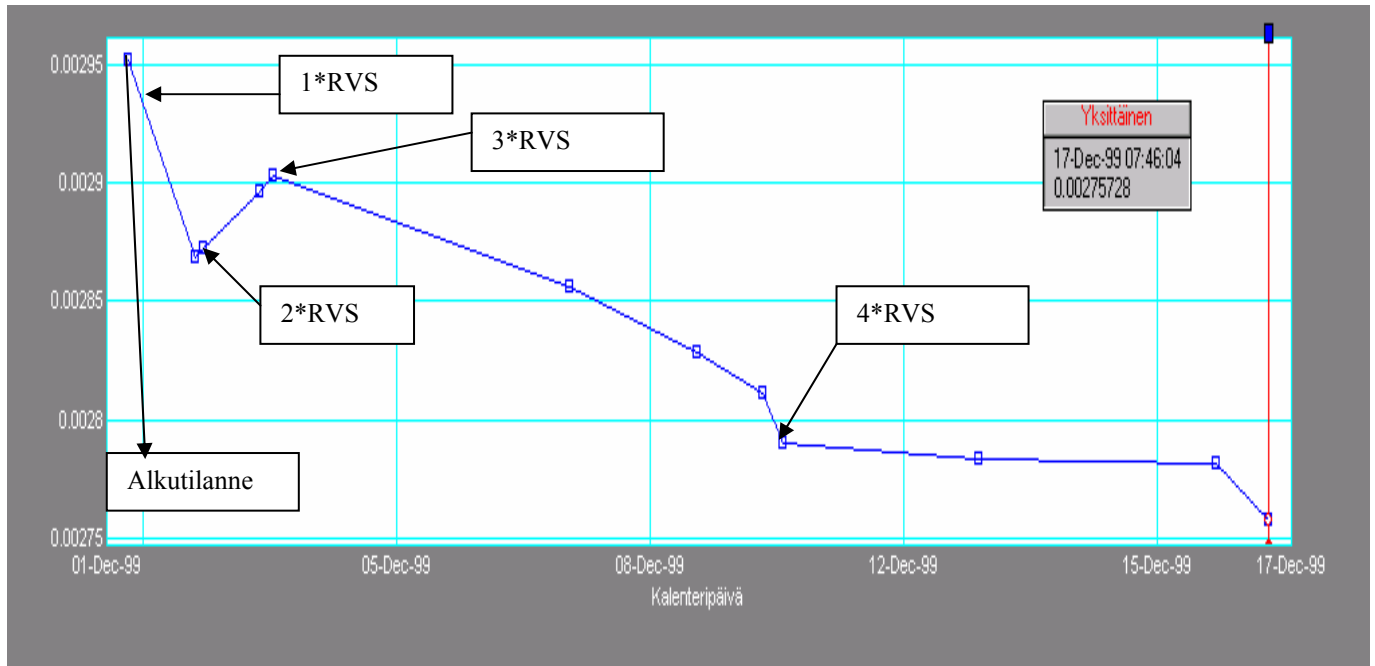
Aikataso  
kokeen alussa

Aikataso kokeen  
lopussa

Kuvassa 5 on päällekkäin ennen RVS-käsittelyä mitattu aikataso (tummempi) ja kokeen lopussa mitattu aikataso (vaaleampi)

Aikatasokuvista havaitaan, että huonokuntoisten hampaiden aiheuttamat iskut ovat pienentyneet huomattavasti käsittelyn aikana.

5. Moottorin virran mittaus



Kuvassa 6 nähdään moottorin ottaman virran muutos kokeen aikana

Moottorin ottama virta on pienentynyt kokeen aikana arvosta 2.94 A arvoon 2.75 A eli muutos on ollut 6.25 %

Kuvan Y-asteikolla olevat amplitudiarvot täytyy 1000:lla eli virtapihdin muuntosuhteella, jotta saadaan todellinen moottorin ottama virta

6. Yhteenveto

Kaikilla mittasuureilla mittausravot ovat pienentyneet verrattuna lähtöarvoihin RVS-käsittelyn jälkeen kuten kuvista 1-6 havaitaan.

Selkeitä muutoksia mittaustuloksissa alkoi näkyä vasta kolmannen käsittelyn jälkeen, jolloin käyntijaksoja käsittelyjen välillä pidennettiin. Näyttää, että ainakin tämän koevaihteen kohdalla, vaihdetta täytyi käyttää käsittelyn jälkeen yli 2 vuorokautta ennenkuin muutoksia mittaustuloksissa havaittiin.

Ensimmäisen käsittelyn jälkeen käyntijakso oli ilmeisesti liian lyhyt, koska selvää muutosta ei havaittu.

Toisen käsittelyn jälkeen kaikki mittausravot nousivat ja pysyivät korkeina koko käyntijakson ajan, joka oli noin vuorokausi. Tässä tapauksessa vaikutusta saattaa olla myös ylisuurella annostuksella ja/tai liian lyhyellä käyntijaksolla. RVS-asintuntijat osaavat ehkä antaa tähän tarkemman selityksen.

*Pertti Leinonen*