

Antti Lähteenmäki

VESIJOHTOPUTKIEN LIGHT-WEIGHT (LW) -ARVON  
SUURENTAMINEN

Tekniikan koulutusohjelma  
Kone- ja tuotantotekniikan suuntautumisvaihtoehto

2014

Lähteenmäki Antti  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Huhtikuu 2014  
Ohjaajat: Nurmi Lassi (SAMK) ja Poutanen Mikko (Mendea Oy)  
Sivumäärä: 29  
Liitteitä: 19  
Asiasanat: Cupori Oy, Light-weight, kupari

---

## VESIJOHTOPUTKIEN LIGHT-WEIGHT (LW) -ARVON SUURENTAMINEN CUPORI OY:SSÄ

Opinnäytetyö on osa Cupori Oy:n projektia, jossa tavoitteena oli parantaa metri- tai kappaletavarana myytävien putkien light-weight -arvoa. Opinnäytetyö rajattiin koskemaan raaka-ainetiimin ja etelätiimin tuotantolinjoja opinnäytetyön pitämiseksi sopivissa rajoissa. Kyseiset tuotantolinjat valittiin opinnäytetyöhön, koska raaka-ainetuotanto tuottaa raaka-aineet koko tehtaalalle, ja sen kehittäminen vaikuttaa positiivisesti jokaiseen tuotantolinjaan, ja etelätiimi tuottaa suurimmat määrät light-weight -tuotteita. Projektiin kuului projektipäällikön lisäksi työntekijöitä tuotantolinjojen eri työkoneilta, oma roolini oli toimia ulkopuolisena tarkkailijana, sekä suorittaa tarvittavat mittaukset.

Projektin alussa kartoitimme kehityskohteita ja ongelmia, joita korjaamalla saisimme tuotantolinjojen toimivuutta parannettua. Projektin aikana yhtenäistimme kaksi kertaa hehkutettujen kupariaihioden värikoodin siniseksi, ja kyseiset aihio ohjattiin puristuksen jälkeen ainoastaan vetopenkille. Lisäksi asetimme puristimelle seinämäpaksuuden vaihtelun seuraamiseksi selvät kontrolli- ja romutusrajat. Lisäksi mittasimme seinämäpaksuuksia eri tuotteille, joiden perusteella nähdään, miten se muuttuu tuotantoprosessin eri vaiheissa.

Projektin aikana suoritettujen mittausten avulla huomasimme, että yhdessä tuotteessa puristimella syntyvä seinämäpaksuuden vaihtelu poistuu prosessin aikana. Kyseisen tuotteen seinämän toleranssin alarajaa voidaan standardin rajoissa pienentää, ja samalla saavuttaa parempi light-weight -arvo. Puristimelle kartoitettiin sopivaa mittalaitetta seinämäpaksuutta mittaamaan, mutta opinnäytetyön aikana sellaista ei vielä ole löytynyt.

Lähteenmäki Antti  
Satakunta University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering  
April 2014  
Supervisors: Nurmi Lassi (SAMK) and Poutanen Mikko (Mendea Oy)  
Number of pages: 29  
Appendices: 19  
Keywords: Cupori Oy, Light-weight, copper

---

## WATER PIPES LIGHT-WEIGHT (LW) VALUE RAISING ON CUPORI LTD

The thesis was part of the Cupori Ltd's project, which purpose was to improve the copper tubes light-weight value. The thesis is limited to the two production lines: production line etelätiimi and production line ratutiimi. The production lines were selected, because the production line ratutiimi produce raw materials throughout the factory and the production line etelätiimi produce the largest amounts of light-weight products. The project included a project manager and operators of different machines. My own role was to act as an outside observer, as well as take care of the necessary measurements.

At the beginning of the project we figured out areas which need for development and we also searched some problems in production lines that need to be fixed. During the project we standardized the color codes of special products and we set some limits on the copper tubes wall thickness. In addition, we performed some wall thickness measurement for several products. The results show that the wall thickness will change during the production process.

We ensured that the wall thickness variation which arise from the tube clamp disappeared in some of the products. We started to look for a suitable wall thickness measuring device for the tube clamp but in the end of this thesis we haven't found such device yet. In addition, we found that the wall thickness tolerance of the one finished product can be decreased according to the limits of the standard and to achieve a better light-weight value.

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	5
1.1 Yritysesittely .....	6
1.2 Tuotteet.....	6
1.3 Kupari .....	8
2 KUPARIPUTKEN VALMISTUSPROSESSI.....	9
2.1 Valmistusprosessit.....	10
2.2 Raaka-ainetuotantotiimi .....	13
2.3 Etelätiimi .....	14
2.4 Puolatiimi .....	15
2.5 Teollisuusputkitiimi.....	15
2.6 Viimeistelytiimi.....	15
3 LIGHT-WEIGHT.....	16
4 TUOTANNON TEHOSTAMISEN TYÖKALUT .....	18
4.1 Lean ja Kaizen.....	18
4.2 SPC (Statistical process control) .....	19
5 PROJEKTIN SUUNNITTELU.....	20
5.1 Projektin lähtökohdat ja tavoitteet.....	20
5.2 Projektin suunnittelu.....	20
5.3 Seinämäpaksuuden vaihtelu .....	21
5.4 Muita kehityskohteita .....	21
6 MITTAUKSET .....	22
6.1 Mittaus- ja taulukointiprosessi .....	23
6.2 Putken a -mittaukset .....	23
6.3 Putkien b ja c -mittaukset .....	24
6.4 Ohutseinämäinen puristeputki.....	24
7 TULOSTEN ANALYSOINTI JA TEHDYT TOIMENPITEET.....	25
7.1 Putken a -mittaustulokset .....	25
7.2 Putken b -mittaustulokset .....	26
7.3 Putken c -mittaustulokset .....	27
7.4 Ohutseinämäisen puristeputken mittaustulokset .....	28
7.5 Puristimelle tehdyt toimenpiteet.....	29
7.6 Vetokone 6:lle tehdyt toimenpiteet .....	30
8 PROJEKTIN ARVIOINTI JA PÄÄTTÄMINEN .....	30
LÄHTEET.....	33
LIITTEET .....	5

## LIITTEET

## 1 JOHDANTO

Maailman taloustilanne, tekniikan jatkuva kehittyminen ja alan yritysten kilpailutilanne ovat saaneet teollisuuden yritykset tilanteeseen, jossa kilpailu markkinoista on kovaa. Tuotteet pitäisi pystyä valmistamaan yhä nopeammin, paremmin ja kustannustehokkaammin vastatakseen markkinoiden kilpailuun.

Suomessa tämä ongelma on vielä suurempi, johtuen Suomen suhteellisen korkeasta palkkatasosta, korkeasta yritysverotuksesta, kalliista energiasta, pohjoisesta sijainnista ja kuljetuskustannuksista, jotka heikentävät Suomessa toimivien yritysten kilpailukykyä halvempiin maihin nähden.

Opinnäytetyöni tilaaja Cupori Oy valmistaa suhteellisen kalliista raaka-aineesta, kuparista, putkia. Kilpailu alan markkinoilla on kovaa, ja tuotannosta pitäisi saada mahdollisimman kustannustehokasta. Työ koskee raaka-ainetuotantolinjan ja eteläisen valmistuslinjan light-weight -projektiin osallistumista, jonka tavoitteena on saada light-weight -arvoa nostettua.

Projektin määrittely:

Opinnäytetyö kuuluu osaksi projektia: Light-weight -arvon suurentaminen. Projektin toimeksianto tuli Cupori Oy:ltä, ja se rajattiin koskemaan ratulinjaa (raaka-ainetuotanto) ja eteläistä valmistuslinjaa, jotta opinnäytetyö pysyisi kohtuullisessa mittakaavassa. Raaka-ainetuotannon valmistuslinjaan kuuluvat puristin, putkivalssain, vetokela 1 ja vetokela 9, ja eteläiseen valmistuslinjaan kuuluvat vetokelat 10 ja 11 ja lisäksi vetokone 6. Projektissa pyrimme löytämään keinoja light-weight -arvon nostamiseen, sekä etsimään kehityskohteita kyseisillä tuotantolinjoilla.

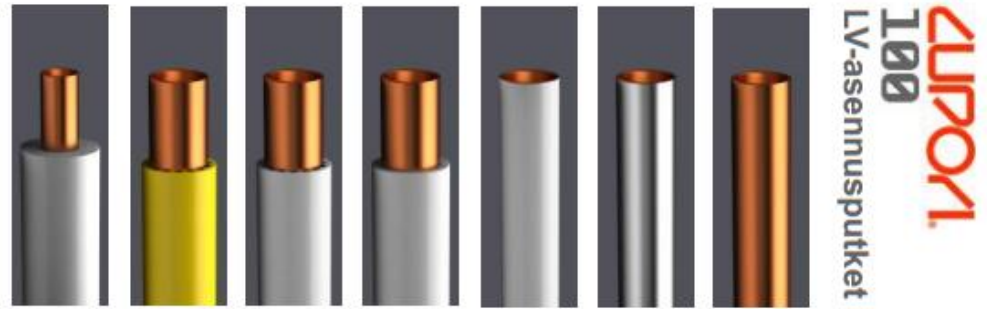
## 1.1 Yritysesittely

Opinnäytetyön tilaajana toimi Cupori Oy. Cupori Oy on vuonna 2008 perustettu yritys, joka valmistaa kuparisia LV-asennusputkia ja teollisuusputkia, ja on yksi merkittävistä alan toimijoista Pohjoismaissa sekä Euroopassa. Cupori Oy:n tuotantolaitos (tuotanto n. 20 000 tonnia vuodessa) sijaitsee Porissa, pääkonttori ja johto ovat Espoossa. Myyntikonttoreita sillä on kahdeksassa maassa (Suomi, Saksa, Italia, Norja, Puola, Venäjä, Ruotsi ja Iso-Britannia), lisäksi Västeråsissa, Ruotsissa sijaitsee Cuporin logistiikkakeskus. Cupori Oy kuuluu osaksi Cupori Group Oy:tä, johon kuuluvat Cupori Oy:n lisäksi Ruotsissa toimiva Cupori AB, sekä Italiassa sijaitseva Cupori Srl. Ennen kesää 2008 Cupori kuului osaksi Outokumpu-konsernia, joten Cuporilla on vahvat perinteet kupariputkien tuotannossa. Liikevaihto vuonna 2012 oli n. 150 miljoonaa euroa. Cupori työllistää n. 200 henkilöä. (Cupori www-sivut 2013.)

## 1.2 Tuotteet

Cupori valmistaa tuotteita asiakkaiden tarpeiden mukaan sekä eurooppalaisiin että muihin kansainvälisiin standardeihin. Kupariputkien valmistuksessa Cupori käyttää pääosin deoksidoitua kuparia Cu-DHP ja hapetonta kuparia Cu-OF. Tuotteet jakautuvat neljään pääryhmään: LV-putket, JL-putket, sairaalakaasuputket sekä teollisuusputket.

Cupori 100 LV -asennusputkia voidaan käyttää kaikkiin taloteknisiin järjestelmiin, mm. juomavesi-, lämmitys-, jäähdytys-, kaasu-, öljy-, sadevesi ja maalämpöjärjestelmiin. LV -asennusputkia ovat: 110 Premium, 120 Chrome, 130 White, 141 Fincu ja 150 PlusPrisol.



Kuva 1. Cupori 100 LV-asennusputket (Cupori www-sivut 2013).

Cupori 200 JL -putkia käytetään jäähdytys- ja ilmastointiputkistoissa, sekä kaupan ja teollisuuden alan kylmäputkissa. JL-putkien päät tulpataan valmistusprosessin lopussa putkien sisäpinnan puhtauden varmistamiseksi. JL -kylmäasennusputkia ovat: 210 Ref (Frigo), 221 Ref ja 240 (Ishol).



Kuva 2. Cupori 200 JL-putket (Cupori www-sivut 2013).

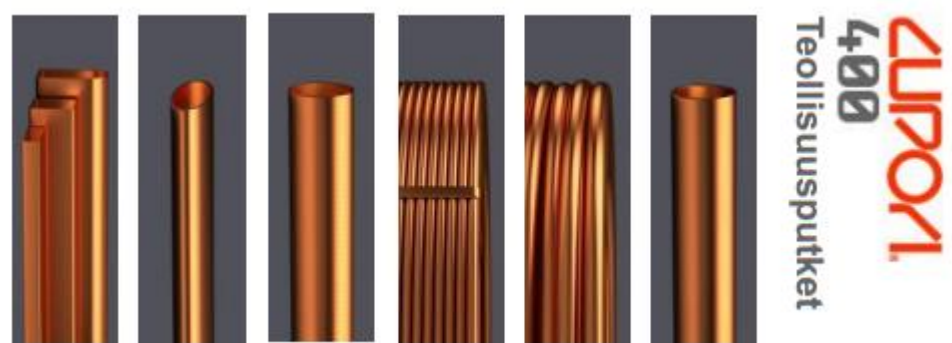
Cupori 300 -sairaalakaasuasennusputkia käytetään lääkkeellisten kaasujen ja hapen siirtoon sairaalateknologiassa. Putkien tulee täyttää korkeat puhtaus-, laatu- ja turvallisuusvaatimukset.

**CUPORI**  
**300**  
 Sairaalakaasu-  
 asennusputket



Kuva 3. Cupori 300-sairaalakaasuputket (Cupori www-sivut 2013).

Teollisuusputket ovat teolliseen laitevalmistukseen tarkoitettuja putkia. Teollisuusputkia ovat: Suorat, kiepit, LWC, IG, Solar, ovaalit ja profiilit. (Cupori www-sivut 2013.)



Kuva 4. Cupori teollisuusputket (Cupori www-sivut 2013).

### 1.3 Kupari

Kupari (Cu) on punertava, jalometalleihin kuuluva alkuaine (Autio 1982, 88). Elimistömme tarvitsee kuparia päivittäin kasvuun ja kehittymiseen, ja sitä saamme esimerkiksi ruoka-aineiden ja juomaveden mukana. Kupari on myös antibakteerinen materiaali, joka estää mm. infektioiden leviämisen. Kupari on täysin kierrätettävä materiaali, joka säilyttää kaikki ominaisuutensa kierrätyksen jälkeenkin. (Cupori sisäinen asiakirja.) Kuparin raaka-ainehinta oli vuoden 2013 joulukuussa n. 5,2€/kg (Stena www-sivut 2013).

Kupariin seostetaan seosaineita sen mukaan, minkälaisia ominaisuuksia kuparilta halutaan. Esimerkiksi sähköjohtoihin valitaan käytettäväksi puhdasta kuparia sen hyvän sähkönjohtavuuden vuoksi ja lastuamalla valmistettaviin tuotteisiin valitaan hyvin lastuttava seos. Yleisimpiä kuparin seosaineita ovat sinkki, tina, lyijy, alumiini, pii, nikkeli ja arseeni. (Autio 1982, 88.)



Ominaisuudet ja käyttökohteet:

Kupari ja kuparin seokset ovat teräkseen verrattuna pehmeämpiä, niitä on helpompi muokata ja lastuttavuus on parempi. Syöpymiskestävyys, lämmönjohtavuus sekä sähkönjohtavuus ovat hyviä, ja joitakin seoksia on helppo valaa. Toisin kuin rauta, joka ruostuu helposti, kupari hapettuu ainoastaan pinnalta, johtuen sen pinnalle muodostuvasta oksidikerroksesta, joka ehkäisee korroosiota.

Kuparin tiheys on  $8,9 \text{ kg/dm}^3$ , ja sen kiderakenne on pintakeskeinen kuutiollinen. Kiderakenne säilyy kuparilla jatkuvasti samanlaisena sulamispisteeseen ( $1083 \text{ °C}$ ) saakka. Kuparin muovattavuus, verrattuna muihin metalleihin, on kylmänä hyvä, ja se lisää kuparin käyttömahdollisuuksia. Kylmämuokkauksella voidaan säädellä kuparin murtolujuutta ja kovuutta, muovattavuus kuitenkin huononee kovuuden kasvaessa.

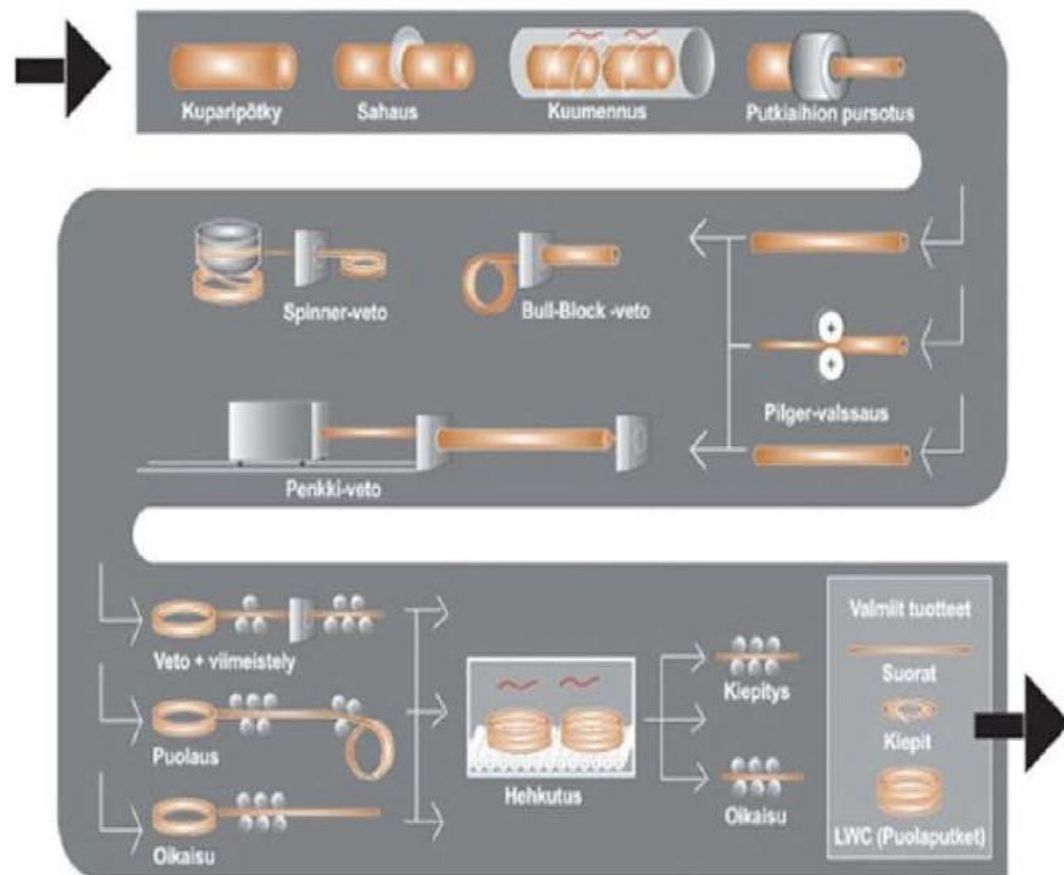
Hehkuttamalla kuparia korkeassa lämpötilassa, saadaan valssauksessa tai vedossa syntynyt rakenne kiteytymään uudelleen. Raekoko kasvaa lämpötilan noustessa. Raekoko taas vaikuttaa kuparin muovattavuuteen, esim. syväveto-ominaisuudet paranevat raekoon kasvun myötä.

Kuparin syöpymiskestävyys vuoksi kupariputkia käytetään mm. kylmä- ja kuumavesiputkina, kattolevyinä ja koneiden putkistoissa. (Autio 1982, 88 - 97.)

## 2 KUPARIPUTKEN VALMISTUSPROSESSI

Cupori Oy:ssä tuotanto on jakaantunut viiteen eri osaan, eli tiimiin: Ratutiimi (raaka-ainetuotanto), etelätiimi, puolatiimi, teollisuusputkitiimi ja viimeistelytiimi. Tuotanto alkaa raaka-ainetuotannosta, josta putki

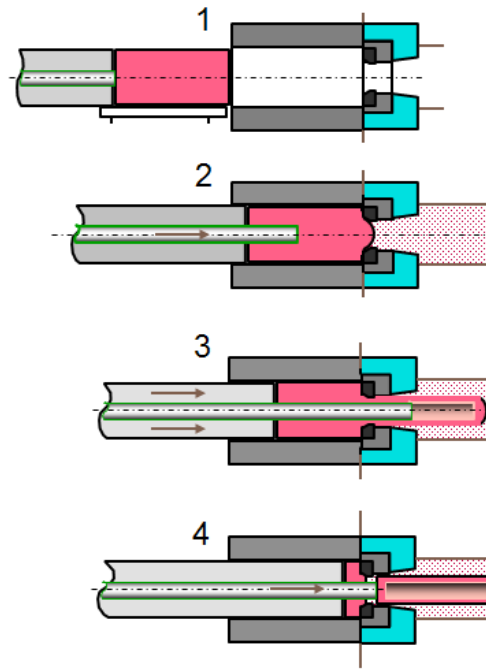
jaetaan eri tiimeille. Opinnäytetyöni rajattiin koskemaan ratu- ja etelätiimejä, joten tarkastelen niiden tuotantoa hieman muita tarkemmin.



Kuva 5. Cupori Oy:n kupariputken valmistusprosessi (Cuporin sisäinen asiakirja 2014).

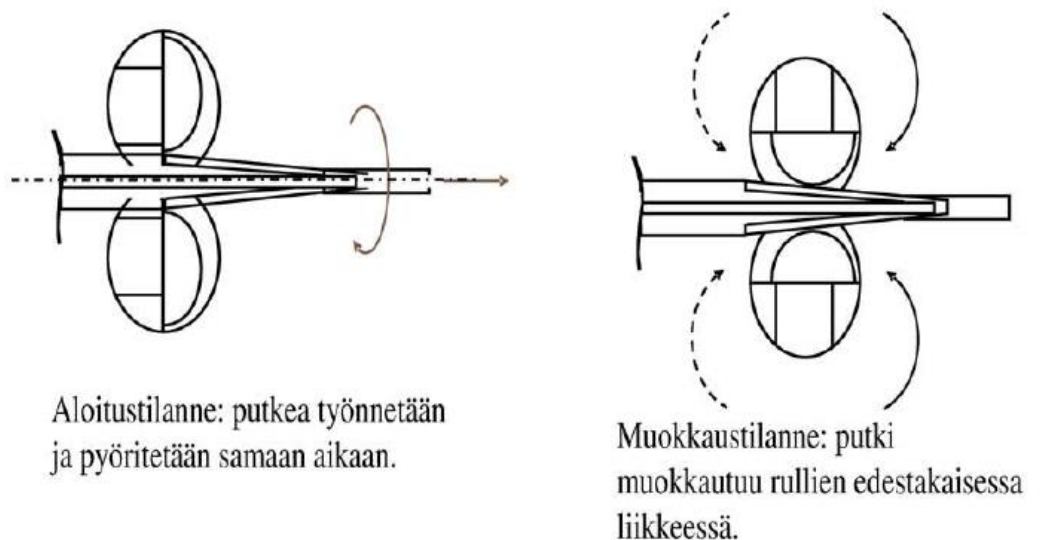
## 2.1 Valmistusprosessit

Pursotuksessa kuparipötty, eli aihio puristetaan tuurnan ja puristinmatriisin välisestä reiästä puristeputkeksi, jossa molemmat päät ovat umpinaisia. Pursotus tehdään vesialtaaseen putken päät suljettuna putken hapettumisen estämiseksi, ja samalla putki jäädytetään. Aihio pursotetaan läpi matriisin, joka määrittää putken ulkohalkaisijan, ja tuurna sisähalkaisijan.



Kuva 6. Pursotusprosessi (Cuporin sisäinen asiakirja).

Valssauksessa putkea valssataan syöttämällä puristeputkea putkivalssaimen syöttöpöydällä tuurnavarsien päälle, jossa putkea valssataan valssien välissä edestakaisessa liikkeessä ohutseinämäiseksi putkeksi. Valssauksessa käytetään valssiemulsiota voitelemaan prosessia, sekä jäähdyttämään putkea. Cupori Oy:n putkivalssaimessa on kolme rataa, joten sillä on mahdollista valssata kolme putkea rinnakkain.

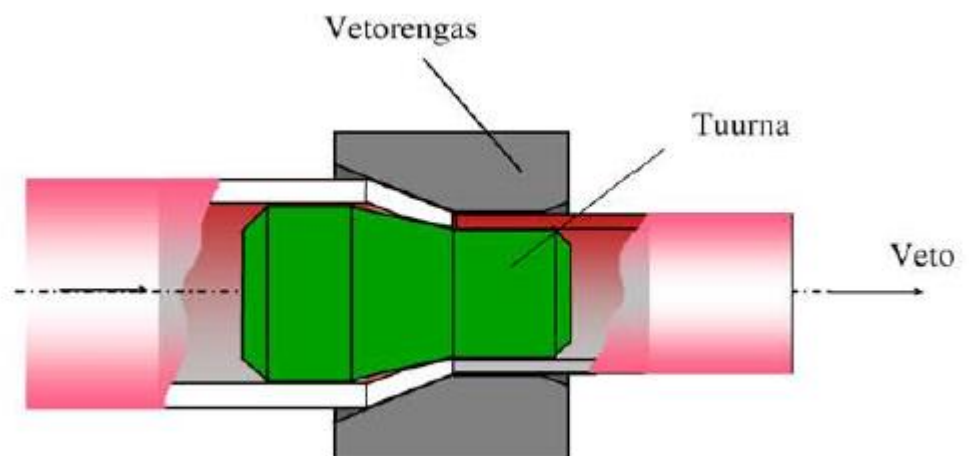


Aloitustilanne: putkea työnnetään ja pyöritetään samaan aikaan.

Muokkaustilanne: putki muokkautuu rullien edestakaisessa liikkeessä.

Kuva 7. Valssausprosessi (Cuporin sisäinen asiakirja 2014).

Vetoprosessissa aihio vedetään riittävän suurta voimaa käyttäen poikkileikkausta pienemmän reiän läpi, jolloin aihion poikkileikkaus muovautuu reiän poikkileikkauspinnan mukaiseksi. Prosessissa putken ulkohalkaisija määräytyy vetorenkkaan halkaisijan mukaan, putken sisähalkaisijaan voidaan vaikuttaa asettamalla putken sisään tuurna. Ilman tuurna vedettäessä kutsutaan vetoprosessia laakavedoksi. Laakavedossa ulkohalkaisija määräytyy edelleen vetorenkkaan mukaan, seinämänpaksuuden hieman kasvaessa. Vedossa käytetään putken ulko- ja sisäpuolella voiteluaineena vetoöljyä. Poikkeuksena on laakaveto, jolloin sisäpuolella ei tarvita voiteluöljyä. Ennen vetojen aloitusta pitää putken päähän tehdä ”vetopää” puristamalla putkenpää n. 150 mm:n matkalta kokoon, jotta se saadaan työnnettyä vetorenkkaan lävitse ja voidaan kiinnittää tukevasti vetoleukoihin (vetokelat) tai vetokelkkaan (vetopenkki). Vetokeloilla putki kiertyy vetorummun ympärille, ja kerääntyy vetokelan alla olevaan koriin kiepiksi. Vetokoneella putki pysyy suorana koko vetotapahtuman ajan. (Pihlajamaa 2007, 30-36, Ihalainen, Aaltonen, Aromäki, Sihvonen 2003, 344.)



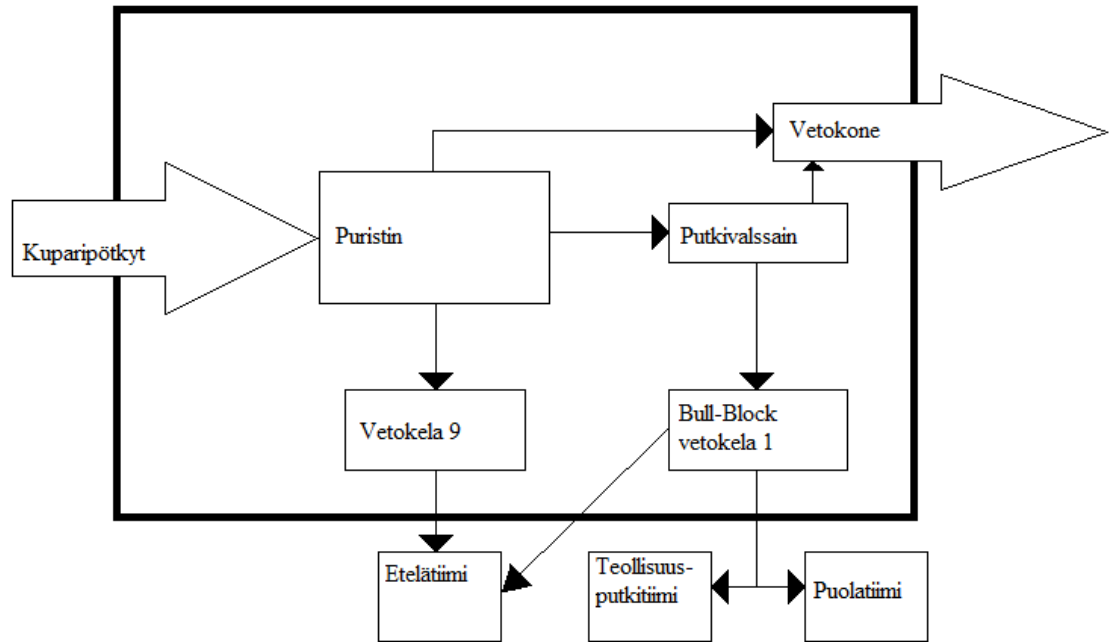
Kuva 8. Vetoprosessi (Cuporin sisäinen asiakirja 2014).

## 2.2 Raaka-ainetuotantotiimi

Kupariputken valmistusprosessi saa alkunsa puristimelta. Cupori Oy tilaa raaka-aineensa Aurubis Finland Oy:n valimosta, josta ne toimitetaan lieriön muotoisina kuparivalanteina eli ”kuparipötkyinä”. Pötkyt sahataan puristimen sahalla määrämittaan. Sahauksen jälkeen pötkyt hehkutetaan n. 900 °C lämpötilassa induktiouunissa, jonka jälkeen punahehkuiset pötkyt pursotetaan joko ohutseinämäiseksi tai paksuseinämäiseksi puristeputkeksi. Puristuksen jälkeen puristeputken umpinaiset päät sahataan pois puristimen sahalla, tai leikataan auki kelalla 9.

Paksuseinämäiset puristeputket siirtyvät pilger-putkivalssaimelle. Putkivalssaimella putki valssataan ohutseinämäiseksi ”valssiputkeksi” ennen putken siirtymistä vetokelalle 1. Valssiputki voidaan siirtää valssauksen jälkeen myös valssin sahalle, jossa se sahataan haluttuun pituuteen, ja kuljetetaan päänteon kautta vetopenkille.

Ohutseinämäisille puristeputkille, eli kelaputkille, voidaan heti puristuksen jälkeen aloittaa vetoprosessi kelalla 9 tai vetopenkillä. Tavallisesti kelaputki ohjataan kelalle 9, jossa putkelle suoritetaan välivedot ennen sen siirtymistä eteläpäähän valmistuslinjalle. Kelaputki voidaan myös sahata puristimen sahalla haluttuun pituuteen, sen jälkeen se siirretään päänteon kautta vetopenkille. (Poutanen 2014, Pihlajamaa 2007, 30-36.)



Kuva 9. Raaka-ainetuotannon materiaalivirrat (Poutanen 2014).

### 2.3 Etelätiimi

Etelätiimi valmistaa pääasiassa asennusputkia. Putket ovat joko valssiputkia, jotka siirretään tuotantolinjalle trukin avulla kelalta 1, tai kelaputkia jotka tulevat kelan 9 kautta. Etelätiimissä on kaksi vetokelaa, kelat 10 ja 11, jotka suorittavat välivetoja ennen putken siirtymistä vetokoneille. Vetokoneella putki oikaistaan ja hehkutetaan pehmeäksi induktiouunissa, jonka jälkeen sille suoritetaan laakaveto. Laakavedossa putken pehmeäksi hehkutettu kiderakenne kovettuu, ja putkesta tulee ns. puolikova putki. Tämän jälkeen putki pyörrevirtatarkastetaan pintavirheiden havaitsemiseksi, ja putken pintaan painetaan värikoodi- ja stanssileima. Seuraavaksi putki sahataan oikeaan pituuteen, ja raepuhalletaan puhtaaksi, lopuksi putket siirtyvät pakkaukseen. (Poutanen 2014, Pihlajamaa 2007, 30-36.)

## 2.4 Puolatiimi

Puolatiimi valmistaa nimensä mukaisesti puolattuja putkia. Putket voivat olla joko sileitä, tai rihlattuja. Putken sisällä oleva rihlaus kasvattaa putken sisäpinta-alaa, jolloin lämmönsiirtoa saadaan tehokkaammaksi. Puolaputket on asiakkaan vaatimusten mukaan, joko hehkutettuja tai kovia putkia. Hehkutus tapahtuu rulla-arina uunissa, joka toimii vastusten avulla. Puolatiimillä on käytössä neljä Spinner-vetokelaa, jotka vetävät raaka-ainetuotannosta tulevat putket asiakkaan vaatimien mittojen mukaisiksi. Vetokeloilta putkikielit matkavat puolauskoneille, jossa putket puhdistetaan vetorasvasta, pyörrevirtatarkastetaan pintavirheiden havaitsemiseksi sekä puolataan putket puolalle asiakkaan määräämään mittaan. (Pihlajamaa 2007, 30-36.)

## 2.5 Teollisuusputkitiimi

Teollisuusputkitiimin tuotevalikoima on tehtaan monipuolisin. Tiimi valmistaa suoria, eripituisia putkia, putkikielpejä, puolattuja putkia ja putkia muovipinnoitteella. Teollisuusputkitiimillä on käytössään kaksi vetokelaa: kelat 6 ja 7. Vetokelat vetävät putkia puolakone 5:lle, oikaisu/katkaisu-koneelle, vetokone 2:lle sekä muovilinjalle (Pihlajamaa 2007, 30-36.) Muovilinjalla kupariputken pintaan kiinnitetään asiakkaan vaatimusten mukaan erilaisia muovipinnoitteita. Muovipinnoitelinja siirtyi Porin putkitehtaalte vuosien 2012 ja 2013 aikana.

## 2.6 Viimeistelytiimi

Viimeistelytiimin kautta kulkevat ulkohalkaisijaltaan suurimmat putket. Vetopenkki saa raaka-aineensa joko puristimelta (ohutseinämäinen puristeputki), tai valssin sahalta. Vetopenkin vetoprosessi on

samankaltainen kuin vetokeloilla. Suurin tekninen ero vetoprosessissa on se, että vetopenkki on suoravetokone, kun taas vetokelalla putket vedetään kieppeinä. Vetopenkillä putkia voi vetää maksimissaan kolme kerrallaan, mutta vetokeloilla voi vetää vain yhden putken kerrallaan. Vetovoimat ovat yleisesti vetopenkillä suuremmat kuin vetokeloilla. Vetopenkin vetojen jälkeen putket menevät kovuuslaadun mukaan joko oikaistavaksi oikaisukone 2:lle, pestäväksi tai hehkutettavaksi uunille 2. Tämän jälkeen tuotteet menevät joko sahattavaksi, oikaistavaksi tai pesuun. Pesussa putkista pestään rasvat (vetoöljyt yms.) pois. Tämän jälkeen putket ovat valmiita pakattaviksi. (Poutanen 2014, Pihlajamaa 2007, 30-36.)

### 3 LIGHT-WEIGHT

Cupori Oy:llä Light-weight -tuotteita ovat tuotteet, jotka myydään metri- tai kappaletavarana pituuden mukaan, jolloin niiden valmistamiseen pyritään käyttämään mahdollisimman vähän kuparia (toleranssien rajoissa). Mitä vähemmän kuparia kuluu, sitä parempi light-weight -arvo tuotteella on. Esimerkki: Asiakas tilaa 100 kpl kupariputkia joiden ulkohalkaisija on 12 mm, seinämänpaksuus 1 mm (toleranssi  $\pm 0,03$  mm) ja putken pituus 1000 mm (toleranssi  $\pm 0,03$  mm). Putket valmistetaan asiakkaan vaatimusten mukaisesti niin, että seinämänpaksuus on jokaisessa putkessa tasan 1 mm ja putket ovat tasan metrin pituisia. Lisäksi asiakkaalle päätyy pakkausvirheen vuoksi ylimääräinen putki, eli yhteensä 101 kpl. Tällaisessa tapauksessa putken light-weight -arvo on huono. Hyvän light-weight -arvon saamiseksi putket tulisi valmistaa seuraavasti: Jokaisen putken seinämänpaksuudeksi toleranssin sallima 0,97 mm ja putkien pituudeksi 999,97 mm, sekä toimitetaan asiakkaalle vain tilattu määrä putkia. Asiakas maksaa metritavarana myytävästä kupariputkesta saman hinnan, riippumatta siitä, onko tuotteen seinämänpaksuus toleranssin ylä- vai alarajalla. Tällaisissa tapauksissa tuotteet on kannattavinta valmistaa siten, että niihin kuluu mahdollisimman vähän materiaalia.



Cupori Oy:ssä light-weight -arvon määrittäminen vaihtelee eri tuotteiden välillä. Seuraavassa on kuvattu yksi näistä määrittäytavoista.

Light-weight -tuotteille punnitaan light-weight -paino:

- Otetaan putkesta pätkä, jonka pituus ja paino mitataan. Pituuden ja painon perusteella putkelle määritetään metripaino.
- Järjestelmään merkitään mitattu metripaino ja tilaukselle valmistetut metrit, jonka perusteella järjestelmä laskee light-weight -painon.
- Jokaisesta light-weight -tuotteesta järjestelmä muodostaa light-weight -raportin. Järjestelmä poimii raportista tilauksen nimellispainon (metrejä vastaava nimellispaino) ja light-weight -painon, joiden perusteella järjestelmä laskee light-weight -prosentin.

Light-weight -prosentti lasketaan siis normaalilla prosenttilaskulla:

$$\frac{\text{nimellispaino} - \text{lw paino}}{\text{nimellispaino}} * 100\% = \text{Lw - prosentti}$$

Esimerkiksi: Operaattori mittaa putken metripainoksi 135g/m. Putken nimellismetripaino on 142g/m (nimellismittojen mukaan määritetty laskennallinen arvo). Ohjelmisto laskee prosentin koko työlle seuraavasti: Ajetut metrit (esimerkkinä nyt yksi nosturinippu): 3m (putken pituus) \* 10 (käsiniipun koko on 10 putkea) \* 10 (nosturinipun koko=10 käsiniippua, eli 100 putkea) = 300m. Esimerkissä light-weight lasketaan:

$$\frac{(300\text{m} * 142\text{g/m} - 300\text{m} * 135\text{g/m})}{(300\text{m} * 142\text{g/m})} * 100\% = \frac{(42,6\text{kg} - 40,5\text{kg})}{(42,6\text{kg})} * 100\% = 4,92\%$$

Hyvään light-weight -arvoon pääsemiseen vaikuttavat monet tekijät, joista merkittävin on putken seinämäpaksuuden vaihtelu. Putki, jossa seinämäpaksuus vaihtelee suuresti, aiheuttaa ongelmia tavoiteltaessa mahdollisimman ohutta seinämää valmiissa tuotteessa. Puristimella seinämäpaksuuden vaihteluun vaikuttavat monet tekijät, kuten padan ja

tuurnan asento, pötkyjen sahaus, pötkyjen päiden suoruus, pötkyjen lämpötila ja tasalämpöisyys, työkaluvälykset ja monet muutkin seikat. Myös jatkomuokkauksessa vetokoneilla keskeisyys voi muuttua esimerkiksi vetorenaan väärästä asennosta johtuen. Lisäksi tuurnien ja muiden työkalujen huono kunto voi vaikuttaa. Vetokone kuudella sen työkalut, sahan toiminta (jos aihion pituus vaihtelee) ja uunin toiminta (putken hehkutus) vaikuttavat tuotteen light-weight -arvoon. Pakkauksessa light-weight -arvo voi myös muuttua, esimerkiksi jos pakkaukseen joutuu ylimääräisiä putkia. (Cuporin sisäinen asiakirja 2014, Projektipalaveri 2014, Poutanen 2014.)

## 4 TUOTANNON TEHOSTAMISEN TYÖKALUT

### 4.1 Lean ja Kaizen

Lean on johtamisfilosofia, jonka avulla pyritään parantamaan tuotantoa ja tuottavuutta, lisäksi se pyrkii jatkuvaan kehitykseen. Lean on hyvä työkalu mm. asiakastytyväisyyden, laadun ja tuotannon tehostamisen parantamiseksi. Lean pyrkii poistamaan turhat työvaiheet, ja samalla saamaan tuotteiden laatua hyvälle tasolle. Lisäksi tuotteiden valmistusmäärä pyritään optimoimaan Leanin avulla, jolloin romua ei synny niin paljon. Lean on myös joustava ja avoin kaikelle muutokselle. Lean on kehitetty Toyotan kehittämän TPS- (Toyota Production System) periaatteen pohjalta. (Six sigma 2014.)

Kaizen on jatkuvaa kehitystä, joka luo pohjaa Leanille. Kaizenin avulla pyritään parantamaan tuotetta, kehittämään asiakaspalvelua, tekemään tuotannosta kustannustehokkaampaa, auttamaan työssä jaksamista sekä viihtymistä ja ajankäytön hallintaa. Kaizen-kulttuuri tarvitsee johdon sitoutumista, jotta muutoksien tekeminen on mahdollista. Lisäksi Kaizen vaatii tarpeeksi laajaa organisaation osallistumista, jotta kehitystä voi

tapahtua. Eri organisaatiotasojen osallistuminen voi tuottaa eri näkökulmia ja samalla ideoita. Kaizen on hyvä työkalu toiminnan jatkuvaan kehittämiseen ja henkilöstön sitouttamiseen, sekä pysyvien muutosten tekemiseen. Usealla peräkkäisellä ja samanaikaisella nopealla muutoksella koko toimintaa saadaan jatkuvasti kehitettyä. Samalla innostetaan tekijöitä oman työnsä kehittämiseen ja vastuunottamiseen. (Poutanen 2014 A.)

#### 4.2 SPC (Statistical process control)

Tilastollinen prosessinohjaus eli SPC (Statistical process control) on tilastotieteeseen ja mittaamiseen perustuva menetelmä. SPC on usein käytössä valmistusprosessin hallinnan työkaluna. Jotta SPC:stä olisi hyötyä prosessin hallinnassa, tulee tuotteen laatuun vaikuttavat parametrit ja muuttujat tunnistaa. Tällaisten kohteiden tunnistamiseen prosessista kerätään näytteitä ja mittoja, joiden perusteella laaditaan tilastoja ja kuvaajia. Tilastojen ja kuvaajien perusteella kehitetään toimenpidesuunnitelma, jonka tarkoituksena on korjata prosessin ongelmat. Tämän jälkeen tilastojen ja kuvaajien perusteella on helppoa huomata prosessin muutokset.

Keskeinen osa valmistusprosessin hallintaa on valvontakortit. Valvontakorttien tarkoituksena on mitata ja näyttää prosessivaihtelut. Prosessille ominaiset satunnaisvaihtelut sekä häiriötilat ovat korttien avulla eriteltävissä. Satunnaisvaihtelu on ominaista jokaiselle prosessille, eikä sen perusteella prosessia tule muuttaa. Kaikissa prosesseissa tapahtuu hajontaa ja vaihtelua, ja jos vaihtelu tapahtuu toleranssien sisäpuolella, se on hyväksyttävää. SPC:n käytöllä pyritään ennakoimaan prosessin muutoksia, ja muuttamaan prosessia ennen kuin prosessin suorituskyky heikkenee. (Wikipedia 2014.)

## 5 PROJEKTIN SUUNNITTELU

### 5.1 Projektin lähtökohdat ja tavoitteet

Projektin alussa koko tehtaan light-weight -arvo vaihteli suuresti, ja tavoitteena oli saada vaihtelu kuriin, sekä arvoa nostettua. Eteläinen valmistuslinja valittiin projektin kohteeksi suurimman light-weight -tuotemääränsä vuoksi. Jos valmistuslinjan light-weight -arvoa saadaan paremmaksi, nostaa se samalla koko tehtaan light-weight -arvoa. Tavoitteeseen pääsemiseen vaikuttavat mm. seinämäpaksuuden vaihtelu eri työvaiheissa, työkalujen hallinta ja kunto, koneiden asetukset ja niiden vaihtelu ja henkilöstö omalla toiminnallaan. (Projektipalaveri 2014.)

### 5.2 Projektin suunnittelu

Projekti päätettiin toteuttaa Kaizen-menetelmällä. Projektiin osallistuivat projektipäällikkö, puristimen huoltaja sekä käyttäjä, vetokela 11:n käyttäjä, vetokone 6:n käyttäjä, sekä työkaluhuolto. Oma roolini projektissa oli toimia ulkopuolisena tarkkailijana, ja suorittaa tarvittavat mittaukset eri kohteissa.

Projektin aloituspalaverissa määritettiin ongelma- ja kehityskohteita, jotka vaikuttavat paremman light-weight -arvon saamiseen. Suurin tekijä on putken seinämäpaksuuden vaihtelu. (Cupori sisäinen asiakirja 2014, Projektipalaveri 2014.)

### 5.3 Seinämäpaksuuden vaihtelu

Aloituspalaverissa listasimme seinämäpaksuuden vaihteluun vaikuttavat tekijät:

- Pötkysaha, valimon saha
- Sahauksen suoruus
- Pötkyuunit
  - o Lämpötila
  - o Tasalämpöisyys
- Välykset
  - o Padan ja matriisin vällys
  - o Tuurnan ja matriisin vällys
  - o Työkaluvälykset
- Tuurnavoitelu
  - o Tasalaatuisuus
  - o Rasvan tarttuvuus/tuurnan lämpötila
- Tuurnan asento ja muoto
- Padan asento ja välykset
- Vetorenkkaan asento vedon aikana
- Ohjainrullien käyttö
  - o Putken kulma vetorenkkaaseen nähden

Erityisesti eteläisen valmistuslinjan putkissa eräässä mitassa esiintyi seinämäpaksuuden vaihtelua. Suunnitelmana oli seurata vaihtelun muutoksia koko eteläisen valmistuslinjan tuotantoprosessin osuudelta, ja ottaa koepalat joka työvaiheessa putkien alku- ja loppupäästä. (Projektipalaveri 2014.)

### 5.4 Muita kehityskohteita

Aloituspalaverissa käsitelimme seinämäheiton lisäksi muita kehityskohteita, ja kävi ilmi, että vetokone kuuden pakkauslaskuri oli

viallinen. Laskurin toiminta oli epämääräistä, joskus se ilmoitti oikean lukumäärän, joskus liian vähän ja joskus liian paljon. Vakituisesti vetokone kuudella työskentelevät tiesivät tämän ongelman, ja osasivat sen huomioida. Tilapäisesti koneella työskentelevät henkilöt eivät osanneet ottaa ongelmaa huomioon, jolloin riski siitä, että pakkauksessa olisi liian paljon tai liian vähän putkia on olemassa.

Puristimen sahalla sahataan puristeputkista alku- ja loppupäät auki, ja samalla sahuri tarkkailee seinämäpaksuuden vaihtelua. Kun sitä on ollut monessa putkessa peräkkäin, ilmoittaa sahuri siitä puristimen käyttäjälle. Puristimen käyttäjä yrittää korjata ongelmaa pyörittämällä tuurnaa toiseen asentoon. Jos ongelma ei kuitenkaan sillä poistu, ja seinämäpaksuuden vaihtelua yhä esiintyy, puristimen käyttäjä suorittaa eri toimenpiteitä asian korjaamiseksi. Yksi näistä toimenpiteistä on padan säätö. Pataa säädetään kahdeksaa eri säätöruuvia kiertämällä. Tämä on erittäin työläs ja aikaa vievä toimenpide.

Yksi kehityskohteista oli eri materiaalien ja erikoisputkien merkintä värikoodeilla. Esimerkiksi työntekijöillä ei ollut täyttä varmuutta siitä mikä väri kuvastaa kahteen kertaan lämmitetyistä pötkyistä tehtyjä putkia. Kaksi kertaa lämmitetyillä pötkyillä esiintyi tavallisesti paljon seinämäpaksuuden vaihtelua, ja niistä puristettujen putkien käyttö esimerkiksi eteläisellä valmistuslinjalla koettiin ongelmalliseksi. (Projektipalaveri 2014.)

## 6 MITTAUKSET

Mittauksien avulla pyrimme tarkastelemaan seinämäpaksuuden muuttumista puristimelta vetokone kuudelle asti. Mittauksia teimme yhteensä neljästä eri tuotteesta. Kyseiset tuotteet valittiin, koska niiden tuotantomäärät ovat suuria. Näytteenotossa tärkeintä oli, että putkien

numerointi pysyi muuttumattomana puristimelta viimeiseen työvaiheeseen saakka (putkien järjestys muuttuu valssin pöydällä). Toinen tärkeä asia näytteiden oloissa oli erottaa putken alku- ja loppupää. Mittauksien joka vaiheessa pidettiin alkupäänä puristimella alkupäänä ollutta päätä (putkikiiepit kääntyvät vetokelalla joka vedon jälkeen jolloin alkupäästä tulee loppupää). (Projektipalaveri 2014.)

### 6.1 Mittaus- ja taulukointiprosessi

Näytteistä mitattiin mikrometreillä seinämäpaksuus (minimi- ja maksimiarvo), sekä ulkohalkaisija (mini- ja maksiarvo). Putkessa c ulkohalkaisija mitattiin vain vetokone 6:n näytteistä. Mitat taulukoitiin Microsoft Excelliin työvaiheittain (puristin, putkivalssain, kela 1 jne.) jossa joka näytteestä mitattiin seinämäpaksuuden minimi- ja maksimiarvo, joista näytteille laskettiin seinämäpaksuuden keskiarvo ja seinämäpaksuuden suhteellinen muutos (prosentteina).

### 6.2 Putken a -mittaukset

Valitsimme puristimelta 18 peräkkäistä putkea, jotka numeroitiin 1-18. Näytesarjan lukumääräksi valittiin kolmella ja kuudella jaollinen luku valssin ratojen (kolme rataa) ja kelakierroksen korien lukumäärän (kuusi koria) vuoksi. Näin päädyimme lukuun 18. Jokaisen työvaiheen jälkeen putkista otettiin näytepalat alku- ja loppupäästä putkea, jonka jälkeen putki numeroitiin putkien erottamiseksi seuraavissa työvaiheissa. Puristimella näytteet otettiin puristimen sahalta, jonka jälkeen putket siirtyivät valssille. Valssilla näytteet otettiin valssauksen jälkeen putkien pudottua valssimontuun. Valssimontussa putket jälleen numeroitiin, ja siirrettiin vetokelalle 1. Vedon jälkeen putkikiieppi numeroitiin ja siitä otettiin taas näytepalat alku- ja loppupäästä. Vetokelan 1 jälkeen putket siirtyivät vetokelalle 11, jossa suoritetaan kolme välivetoa. Näytteet otettiin jokaisen

vedon jälkeen alku- ja loppupäästä. Viimeisen vedon jälkeen putket numeroitiin ja lähetettiin vetokoneelle 6. Vetokoneella otettiin näytepalat alusta, lopusta ja keskeltä.

### 6.3 Putkien b ja c -mittaukset

Putkesta b otimme kuuden putken näyte-erän. Näytteitä alettiin ottamaan vasta vetokelalla 11, koska putken valmistusprosessi siihen asti oli sama kuin putkella a. Vetokelalla on kuusi koripaikkaa, jonka perusteella näyte-erän koko määräytyi. Vetokelalla suoritettiin neljä välivettoa, ja jokaisen vedon jälkeen otettiin näytepalat alusta ja lopusta. Viimeisen vedon jälkeen putket jälleen numeroitiin 1-5 (yksi putki jouduttiin romuttamaan kolmannen vedon jälkeen), ja lähetettiin vetokoneelle 6. Vetokoneella putkista otettiin näytepalat alusta, lopusta ja keskeltä.

Putken c mittaukset toteutettiin samalla tavalla, kuin putken b. Näyte-eräksi otimme kaksi kelakierrosta, johon mahtuu siis 12 koria, eli 12 putkikiieppiä. Putkella c on ollut aikaisemmin ongelmia seinämäpaksuuden vaihtelun kanssa, joten valitsimme sen näyte-eräksi suuremman joukon, kuin putkelle b.

### 6.4 Ohutseinämäinen puristeputki

Ohutseinämäinen puristeputki, eli ”penkin pätkä”, lähetetään puristuksen jälkeen suoraan vetopenkille. Penkiltä tulleen palautteen perusteella putkissa on esiintynyt seinämäheittoa. Mittauksissa näytteet otettiin vain puristimen sahalta (alku- ja loppupää), eikä putkia seurattu valmiiksi tuotteeksi asti, johtuen opinnäytetyön rajaamisesta (ratu- ja eteläinen valmistuslinja). Näyte-eräksi otimme kymmen putkea.



## 7 TULOSTEN ANALYSOINTI JA TEHDYT TOIMENPITEET

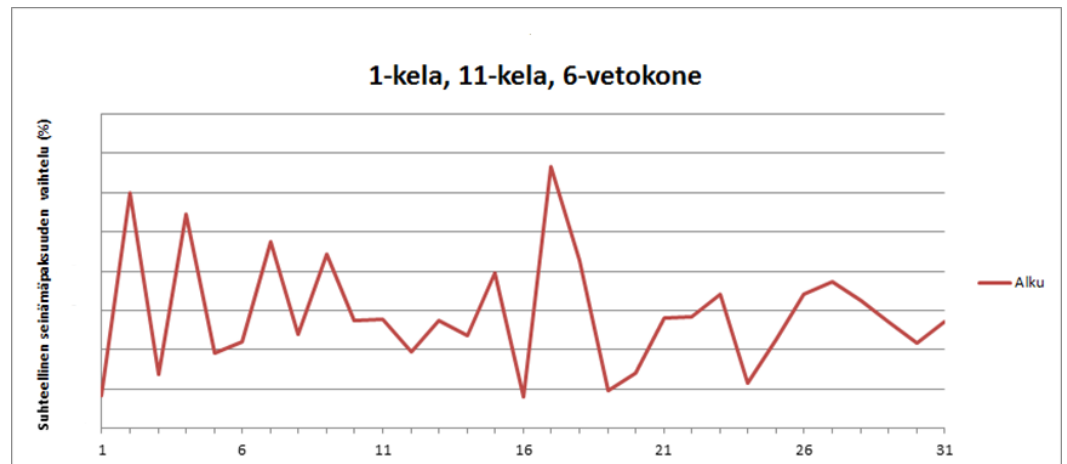
Tulosten analysoimisessa käytimme tilastollista prosessinohjausohjelmaa Minitab:ia, joka hyödyntää Lean six-sigma -menetelmää. Lisäksi käytimme Microsoft Excel -taulukoita apuna analyyseissä. Mittapöytäkirjat ja taulukot ovat opinnäytetyön liite-osiosta.

### 7.1 Putken a -mittaustulokset

Tuloksista voidaan päätellä, että puristimella syntyvä seinämäpaksuuden vaihtelu käytännössä poistui tuotannon eri vaiheissa koe-erässä. Seinämäpaksuuden vaihtelu pienenee tasaisesti valssilla ja vetokela 1:llä. Tuloksien perusteella vetokelalla 11 seinämäpaksuuden vaihtelu kasvaa, etenkin toisen ja kolmannen vedon aikana. Toisen vedon alkunäytteessä ja kolmannen vedon loppunäytteessä tapahtuvat seinämäpaksuuden vaihtelun kasvut voivat selittyä yksinkertaisella tavalla: Toisen vedon alkunäyte ja kolmannen vedon loppunäyte ovat molemmat putken loppupäästä. Kun putken loppupää menee vetorenkaan lävitse, se iskeytyy suurella voimalla vetokelan rakenteisiin, joka voi vaikuttaa putken loppupään seinämän mittoihin. Vetokone kuudella seinämäpaksuuden vaihtelu on jo lähes täysin kadonnut.



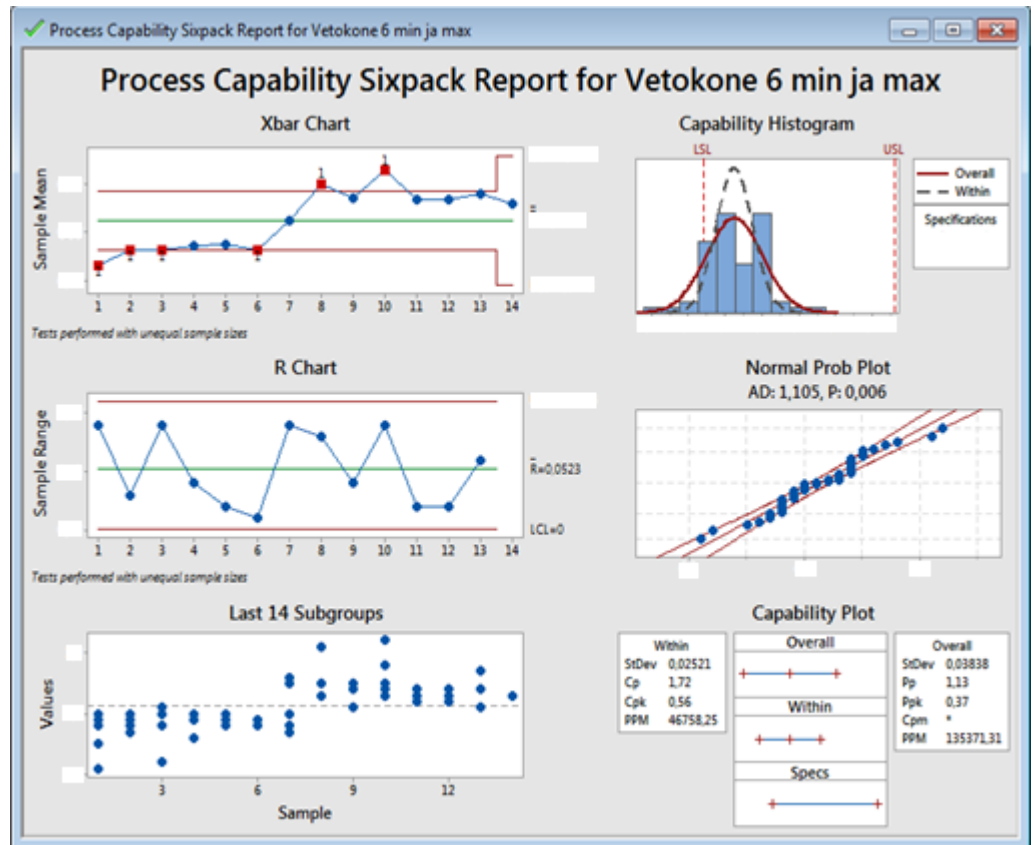
Sixpack-analyysi ei kerro paljoakaan, koska mittauksia oli vähän. Mittausten perusteella en lähtisi prosessia muuttamaan, koska näyte-erän koko on liian pieni, eikä se ole välttämättä luotettava.



Taulukko 2. b prosessin seuranta.

### 7.3 Putken c -mittaustulokset

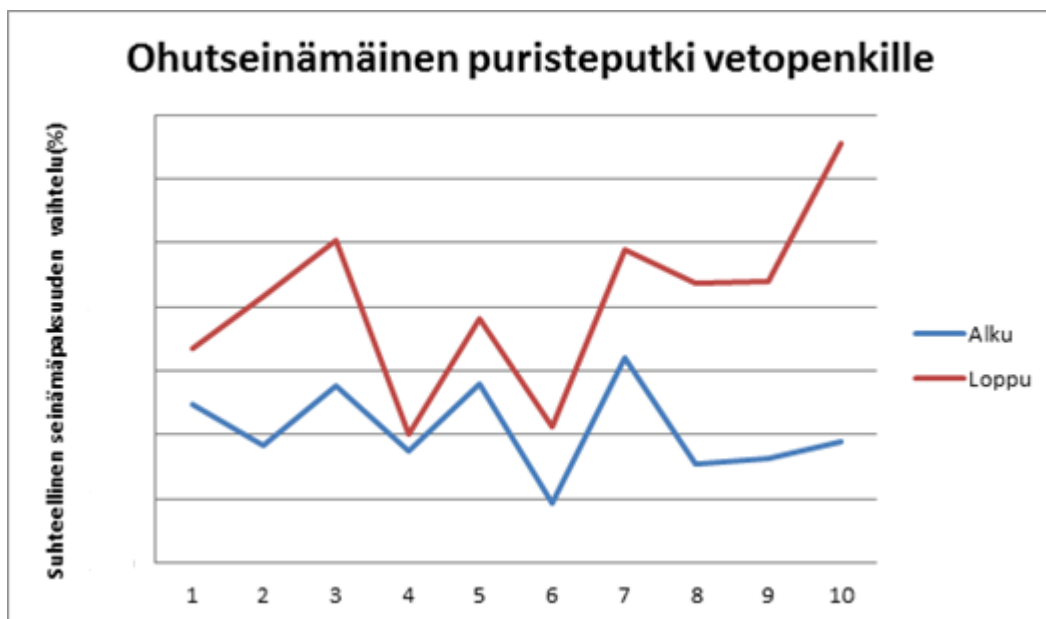
Putkessa c vaihteluväli valmiissa tuotteessa oli melko suuri (seinämäpaksuuden suhteellinen muutos vaihteli 1,11 prosentin ja 10,99 prosentin välillä). Muutamit yksittäiset mittaustulokset nostavat seinämäpaksuuden suhteellista muutosta melkoisesti. Vetokelalta 1 vetokelalle 11 seinämäpaksuuden vaihtelu hieman pienenee, kunnes vedoissa 3 ja 4 tapahtuu suurta kasvua. Kasvun syy voi olla sama kuin putkessa a eli kiepin peräpäähän mennessä vetorenkkaan lävitse, osuu putki suurella voimalla koneen runkoon ja muuttaa seinämää. Vetokone kuudella on kuitenkin havaittavissa myös keskinäytteissä keskimääräistä suurempaa seinämäpaksuuden vaihtelua, joka hieman kyseenalaistaa tuota teoriaa. Sixpack-analysistä huomataan, että mittaustulokset ovat normaalijakautuneita, ja jakauman kuvio on hienosti keskellä toleranssialuetta. Kuvio on kuitenkin levinnyt liian suurelle alueelle, eikä prosessi ole siksi hallinnassa. Seinämän vaihtelua olisi siis saatava pienemmäksi, jotta prosessi on hallittavissa.



Taulukko 3. c putken Sixpack- analyysi.

#### 7.4 Ohutseinämäisen puristeputken mittaustulokset

Ohutseinämäisen puristeputken mittausprosessi oli hyvin tärkeä, sillä varsinaista seuranta putkille ei ollut. Tuloksista nähdään, että vaihtelua oli hyvin runsaasti: Suhteellinen seinämäpaksuuden vaihtelu vaihteli 1,86 prosenttiin ja 13,11 prosenttiin välillä. Mielenkiintoista oli myös se, että seinämäpaksuuden vaihtelua esiintyi enemmän putken lopusta otetuissa näytteissä, kun taas paksuseinämisessä puristeputkessa vaihtelu on suurempaa putken alussa. Sixpack-analysistä huomataan, että tulokset ovat jakaantuneet hyvin suurelle alueelle, ja ennen kuin prosessi on hyvin hallinnassa, tulisi seinämäpaksuuden vaihtelua saada pienennettyä. Tuloksien perusteella seuranta olisi lisättävä ja seinämäpaksuuden vaihteluun puututtava tarvittaessa.



Taulukko 4. Ohutseinämäisen puristeputken seuranta taulukko.

### 7.5 Puristimelle tehdyt toimenpiteet

Seinämäpaksuuden vaihtelun kontrollirajaksi asetettiin 1,7 mm, ja romutusrajaksi 2,6 mm. Kontrollirajan tarkoituksena on aiheuttaa toimenpiteitä, jos useampi putki peräkkäin ylittää kontrollirajan. Yksittäisten ylitysten vuoksi ei prosessia aleta muuttamaan. Romutusrajan tarkoitus on nimensä mukainen, eli putki tulisi romuttaa, jos seinämäpaksuuden vaihtelu ylittää 2,6 mm:ä.

Puristimelle asetettiin ohje kahteen kertaan hehkutetuista pötkyistä, ja niiden ohjauksesta. Aikaisemmin kahteen kertaan lämmitetyt pötkyt voitiin lähettää mille tahansa valmistuslinjalle, ja niiden värikoodimerkintä ei ollut yhtenäinen. Ohjeen käyttöönoton jälkeen kahdesti lämmitetyt pötkyt lähetetään aina vetopenkille, ja ne merkitään sinisellä värillä. Lisäksi kaikki muutkin värikoodit päivitettiin ja yhtenäistettiin, josta toimitettiin ohjeet jokaiselle koneelle. Lisäksi puristimen tuurnan voitelua tehostettiin vaihtamalla suuttimet. Lisäksi otimme käyttöön loppuviikon tarkastuslistan, jonka tarkoituksena on tehdä tarvittavat säädöt ja korjaukset etukäteen valmiiksi, jotta seuraavalla viikolla tuotetaan heti keskeistä putkea. (Projektialaveri 2014.)

## 7.6 Vetokone 6:lle tehdyt toimenpiteet

Vetokone kuudella ohjelmoitiin pakkauslaskuri uudelleen, jolloin pakkausvirheen mahdollisuus pienenee. Lisäksi loimme palautejärjestelmän, jonka tarkoituksena on aloittaa sisäinen asiakkuus eri työvaiheiden välille. Päivitimme myös työn kannalta keskeiset light-weight -mittarit ohjaamaan toimintaa. (Projektipalaveri 2014).

## 8 PROJEKTIN ARVIOINTI JA PÄÄTTÄMINEN

Puristimen padan säädön helpottamiseksi tulisi mekaanisesti säädettävät säätöruuvit korvata hydraulisesti toimivilla säädöillä, jolloin säätö olisi tarkempaa, nopeampaa ja helpommin hallittavissa. Hydrauliikan etuna on myös suuret käytössä olevat voimat.

Lisäksi puristimelle olisi hyvä saada padan jälkeen reaaliaikainen mittalaite, joka mittaisi koko putken pituudella syntyvää mahdollista seinämäpaksuuden vaihtelua. Mittalaite olisi hyvä saada asennettua heti padan taakse, jolloin sillä pystyisi tarkkailemaan putken laatua suoraan puristuksen jälkeen. Jos mittalaite sijoitettaisiin esimerkiksi puristimen sahalle, niin ongelmaksi muodostuisivat jäähdytysaltaassa jonossa olevat puristeputket. Kun mittalaite havaitsee seinämäpaksuuden vaihtelua sahauksessa olevassa putkessa, niin jäähdytysaltaassa on lisää putkia jäähtymässä, ja niissä voi olla myös seinämäpaksuuden vaihtelua. Kartoitimme erilaisia mittalaitteita projektin kuluessa, ja muutamasta laitteesta otimme valmistajaan yhteyttä.

Australialainen Inductoheatin tytäryhtiö Inductotherm toimittaa juuri kupariputken pursotusprosessiin tarkoitettuja ultraäänellä toimivia mittalaitteita, jotka voidaan sijoittaa jäähdytysaltaaseen padan taakse. Mittalaite mittaa seinämäpaksuutta koko putken matkalta, ja piirtää reaaliaikaisesti tietokoneohjelmalla käyrää prosessin mahdollisista muutoksista. Tuote kuitenkin jouduttiin hylkäämään, kun Inductoheatilla ei ollut halukkuutta ottaa osaa projektiin. (Inductotherm www-sivut 2014.)

Toinen varteenotettava vaihtoehto oli Sikoralta. Sikoran toimittama mittalaite mittaa röntgensäteiden avulla seinämäpaksuutta ja halkaisijaa. Mittalaite ei kuitenkaan pystynyt mittaamaan Cupori Oy:n puristeputkia, niiden liian suuren seinämäpaksuuden vuoksi. (Sikora www-sivut 2014.)

Myös pyörrevirtatarkastukseen ja lasermittaukseen soveltuvia mittalaitteita voisi hyödyntää seinämän mittauksessa. Sopivaa mittalaitetta Cuporin käyttöön ei opinnäytetyön päättyessä ole löytynyt, mutta sellaista etsitään jatkuvasti.

Kun seinämäpaksuuden vaihtelua saadaan pienemmäksi ja prosessi hallintaan valmiissa tuotteessa (putket c ja b), voidaan toleranssirajoja alentaa (standardissa on siihen tilaa), ja näin ollen ohentaa seinämää, ja samalla parantaa light-weight -arvoa. Seinämän ohentamisen seurauksena vetokone kuuden uuniohjelmat tulee myös huomioida (lämpötilan- ja lämmitysajan määrittäminen).

Projektin tavoitteiden täyttymistä voi arvioida lopullisesti vasta, kun light-weight -projekti on suoritettu jokaisella tuotantolinjalla. Vasta tämän jälkeen voidaan tarkastella koko tehtaan light-weight -arvon muutoksia. Opinnäytetyön aikana tapahtuneet muutokset ratu- ja etelätiimeissä ovat kuitenkin osaltaan auttaneet koko tehtaan toimintaa, etenkin kun ratutiimi tuottaa raaka-aineet kaikille tuotantolinjoille. Vetokone kuudelle muutoksia voidaan suorittaa jo nyt putkelle a, sen seinämäpaksuuden toleranssin alarajaa voidaan laskea. Lisäksi kun puristimelle saadaan

mittalaitteisto, jonka avulla seinämäpaksuuden vaihtelua saadaan pienennettyä, voidaan muutoksia suorittaa myös muille mitoille.

Mittauksia tulisi suorittaa lisää etenkin vetokelalla ja vetokone kuudella, joiden perusteella saisi lisää tietoa seinämäpaksuuden vaihtelun muutoksista prosessin aikana. Mahdollinen mittalaite puristimella vähentäisi puristimella syntyvää seinämäpaksuuden vaihtelua seuraavissa työvaiheissa, joka taas voisi pienentää valmiin tuotteen seinämäpaksuuden vaihtelua. Myös koneiden ja työkalujen kuntoon ja huoltoon tulisi kiinnittää enemmän huomiota, sekä suorittaa niihin investointeja tarvittaessa. Projektin onnistuessa säästöt olisivat merkittävät, joten investoinnit maksaisivat itsensä takaisin säästöjen kautta.



## LÄHTEET

Autio, A. 1982. Kone- ja metallialan perusoppi 2. Keuruu: Otava

Cupori Oy. Yrityksen sisäinen asiakirja. Viitattu 31.1.2014

Cupori Oy. Yrityksen viralliset kotisivut. Viitattu 6.1.2014. Saatavilla:  
<http://www.cupori.com/fi>

Ihalainen, E., Aaltonen, K., Aromäki, M. & Sihvonen, P. 2003. Valmistustekniikka. Helsinki: Hakapaino Oy.

Inductotherm. Yrityksen kotisivut. Viitattu 28.4.2014. Saatavilla:  
[http://www.inductotherm.com.au/pdf/tems\\_%20csiro\\_technical\\_paper.pdf](http://www.inductotherm.com.au/pdf/tems_%20csiro_technical_paper.pdf)

Light-Weight projektipalaveri. Cupori Oy. 11.2.2014

Pihlajamaa, M. 2007. Oikaisukoneiden tuotannon tehostaminen. Insinööriyö. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-200811053835>

Poutanen, M. 2014 A. Mendea Oy. Lean ja Kaizen.

Poutanen, M. 2014 B. Mendea Oy. Suullinen tiedoksianto 11.2.2014

Sikora. Yrityksen kotisivut. Viitattu 28.4.2014. Saatavilla:  
<https://www.sikora.net/products/x-ray-6000/>

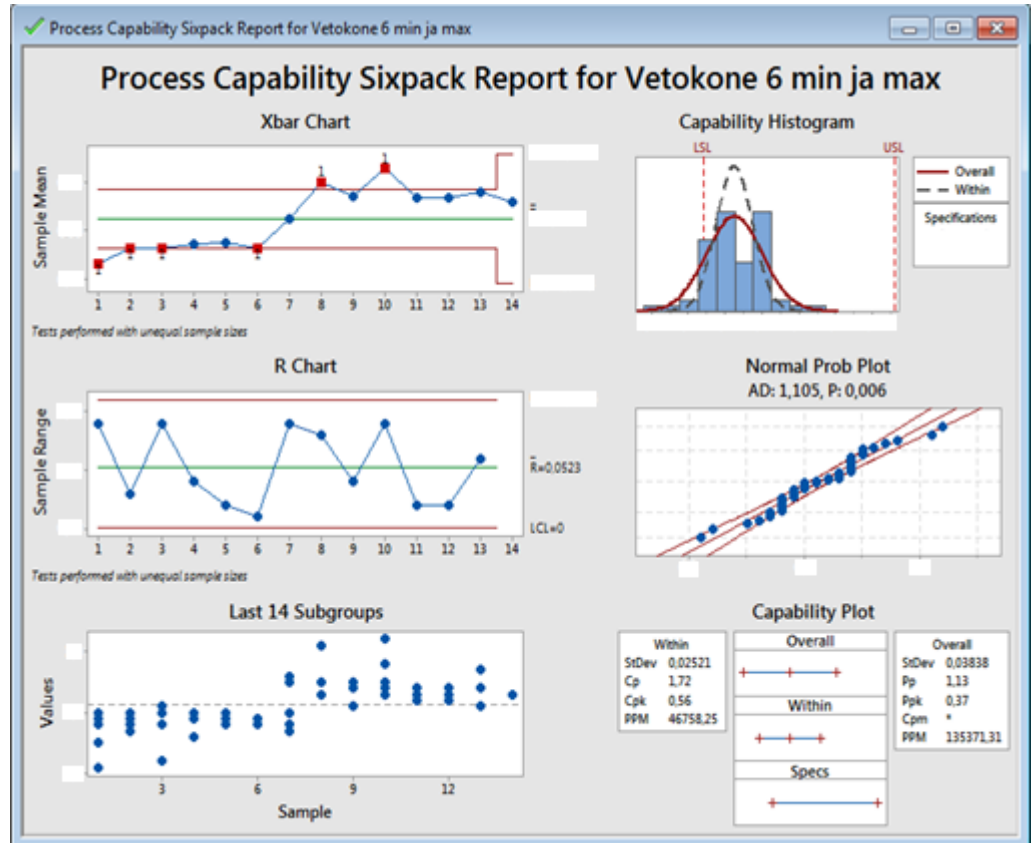
Six sigma internetsivut. Viitattu 12.5.2014. Saatavilla:  
<http://www.sixsigma.fi/fi/etusivu/>

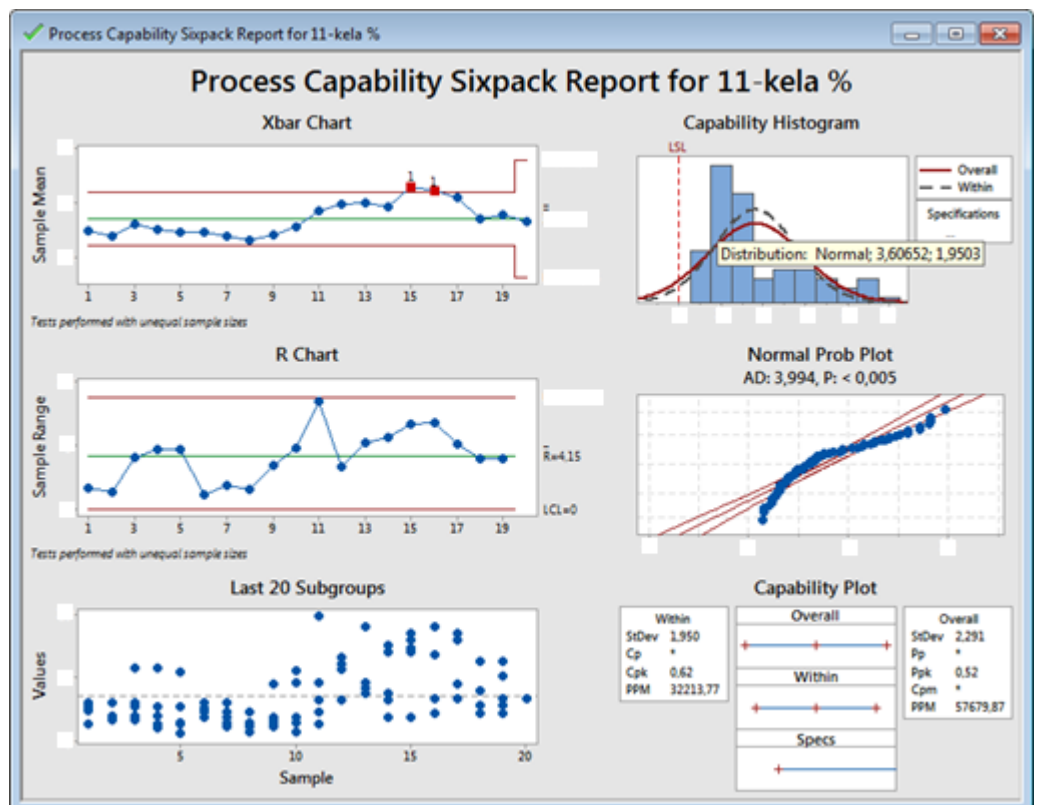
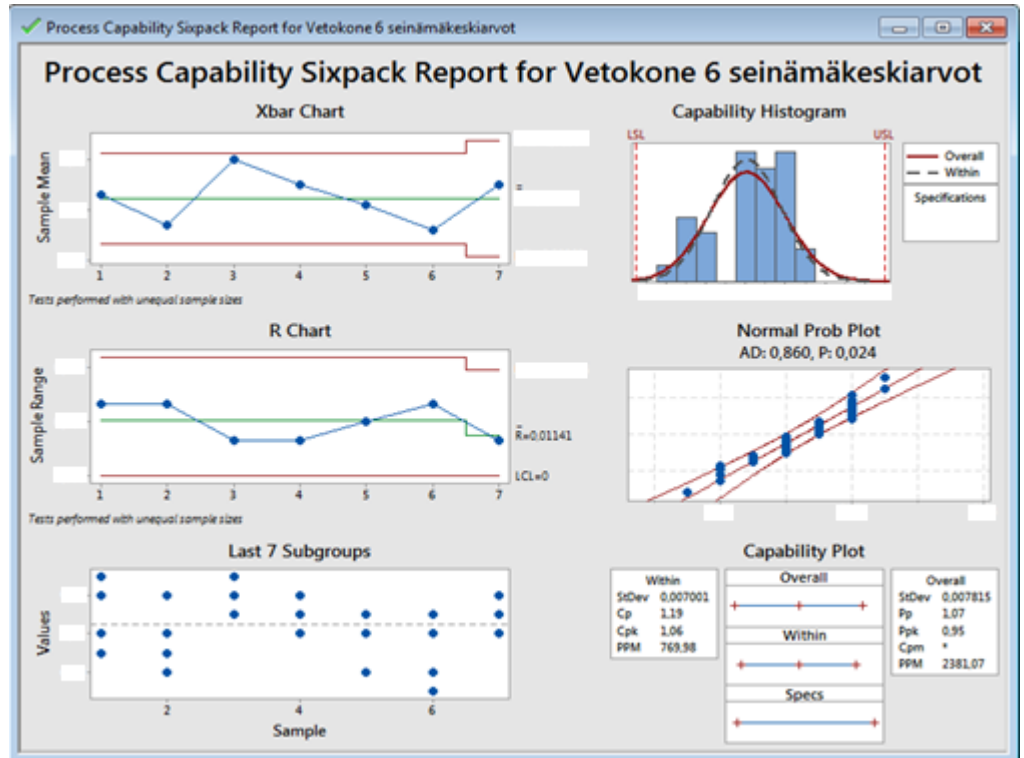
Stena. Yrityksen viralliset kotisivut. Viitattu 6.1.2014. Saatavilla:  
<http://stenarecycling.fi/Stena-Recycling-Oy/Keskinoteeraukset/>

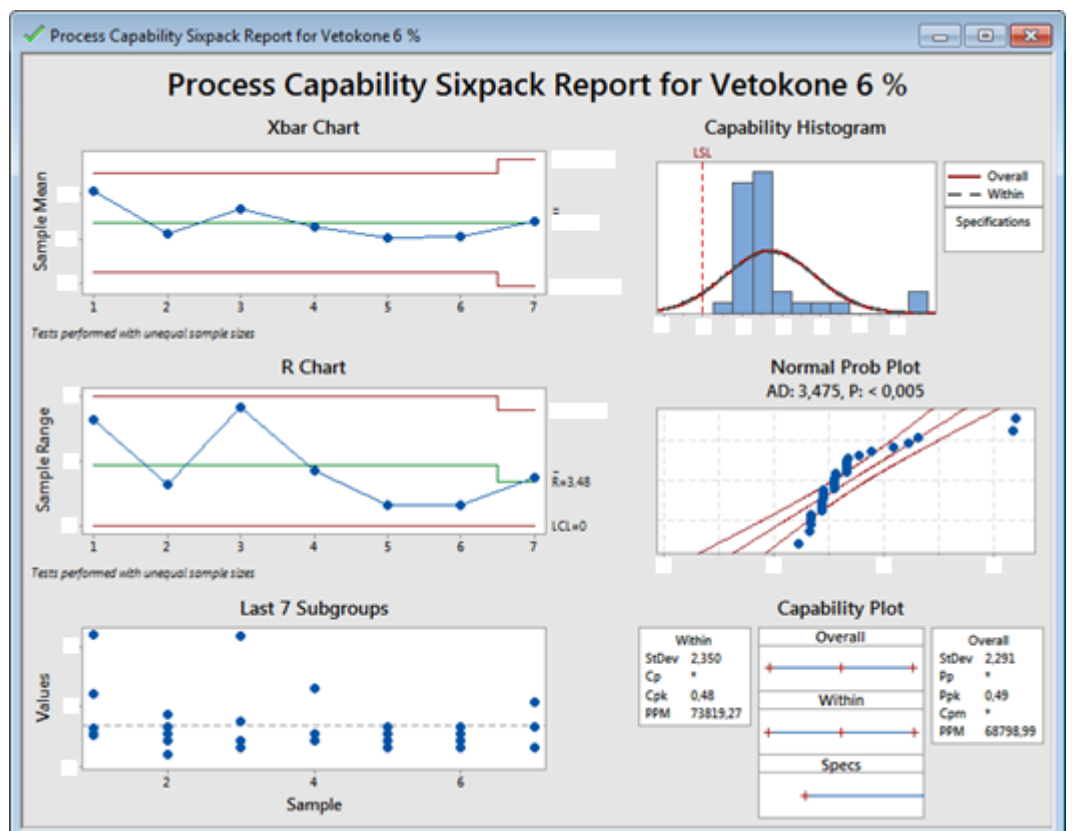
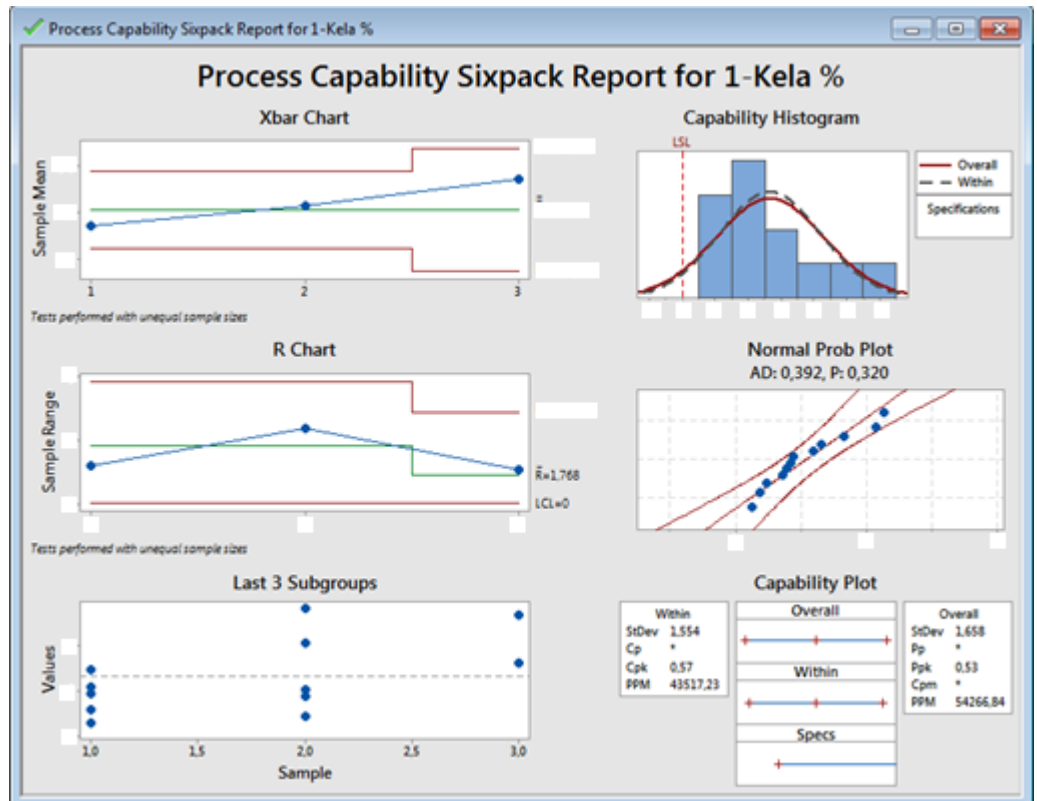
Tietosanakirja. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Etusivu>

# LIITTEET

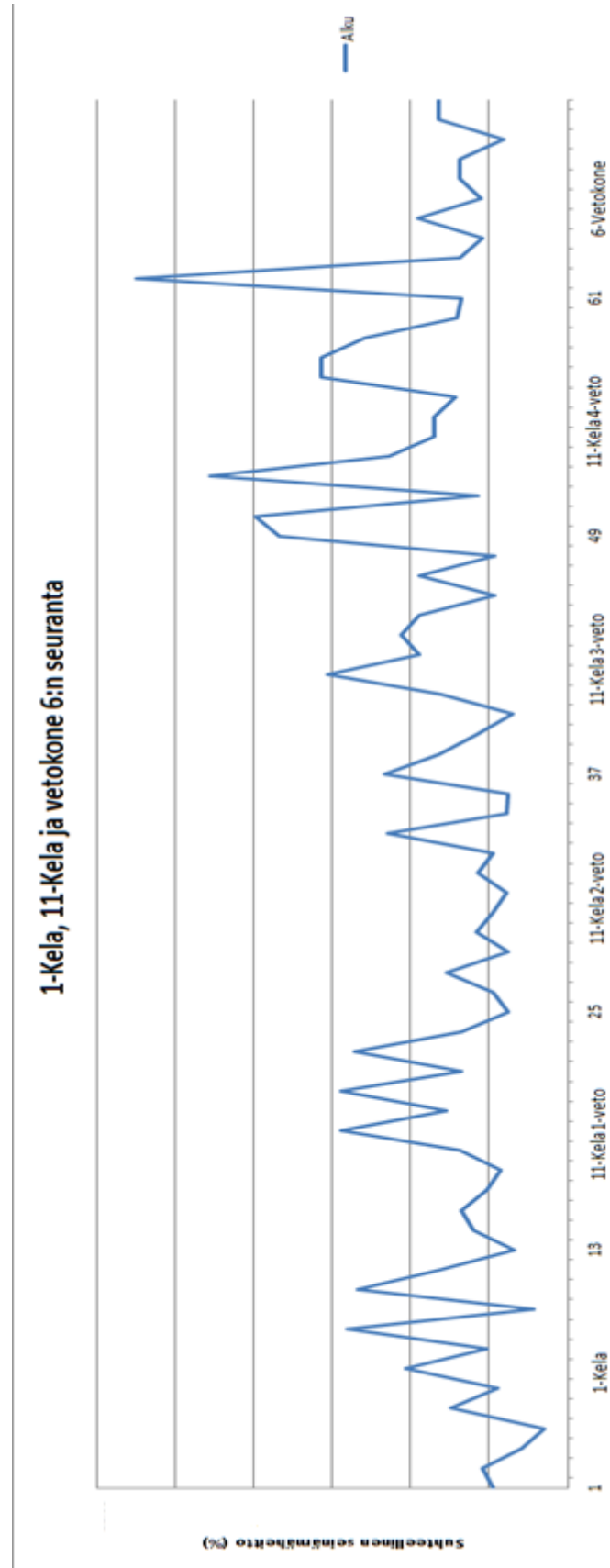
## Liite 1 (Putki c)



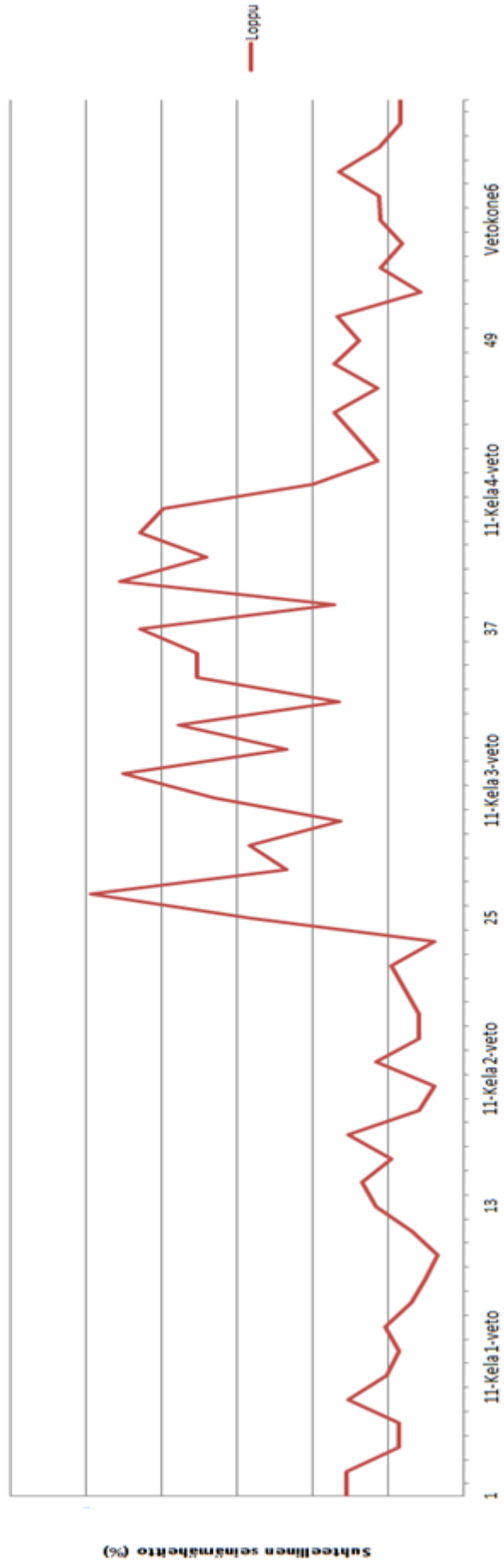




Liite 2  
(Putki c)

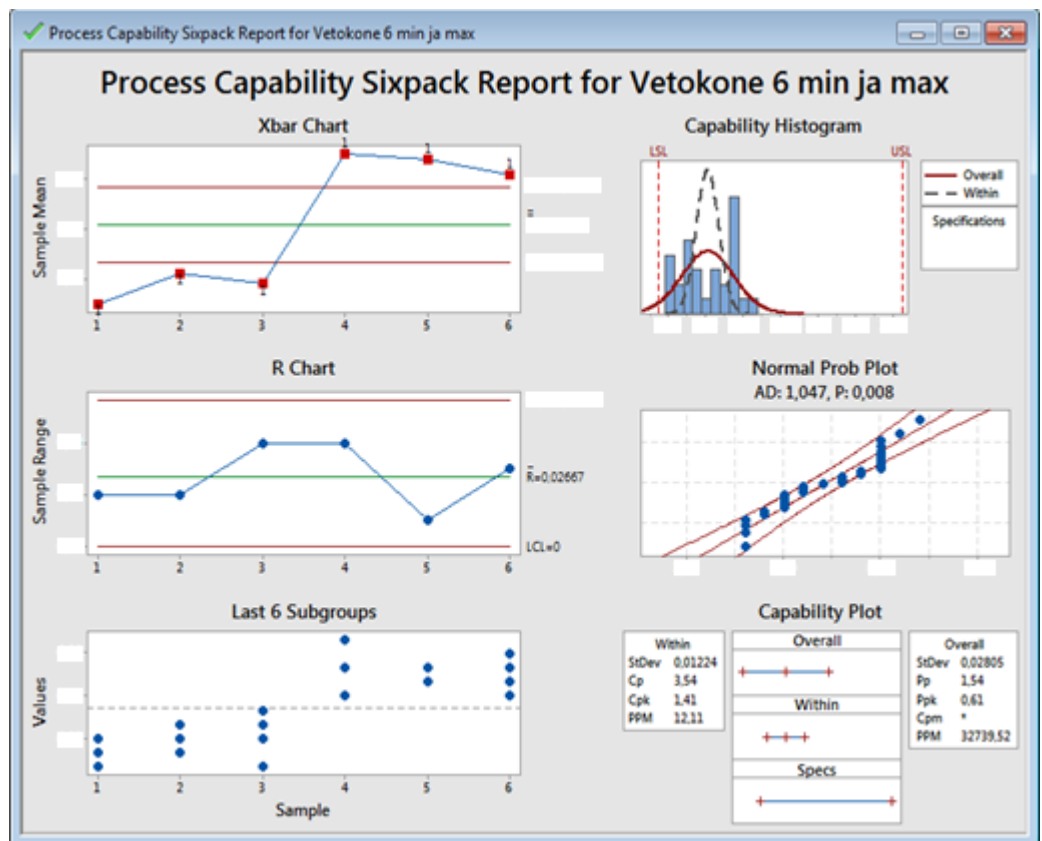
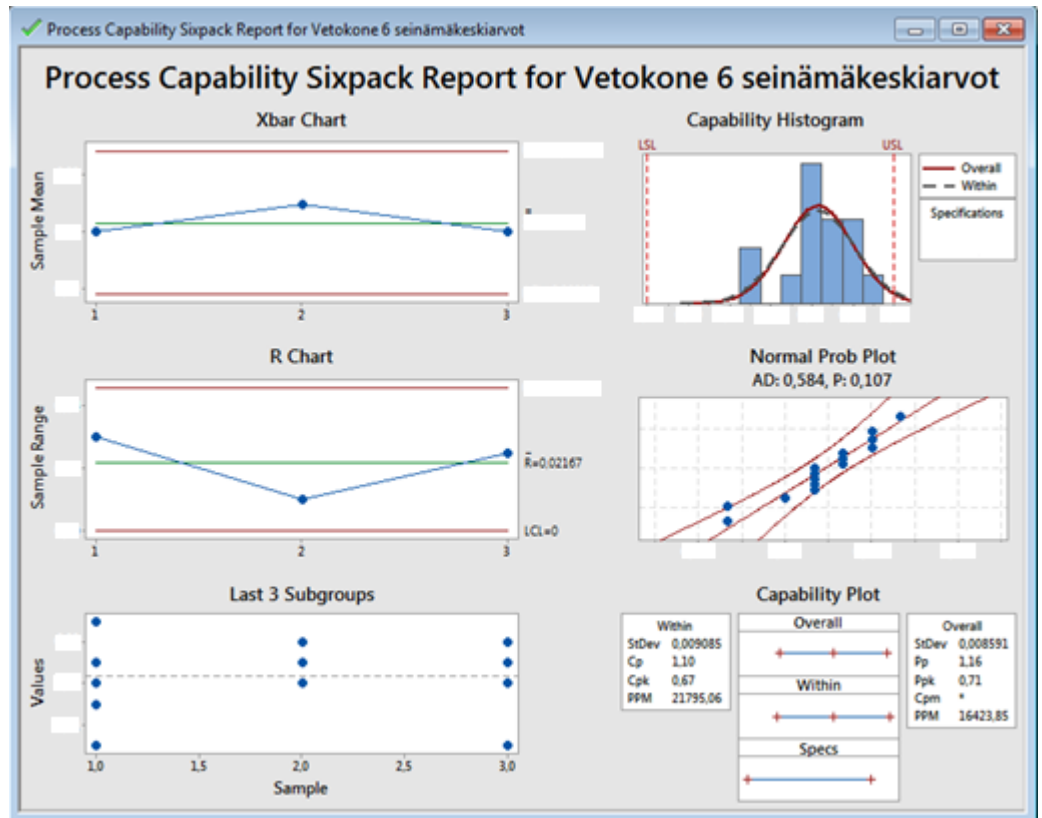


### 11-Kela ja Vetokone 6:n seuranta

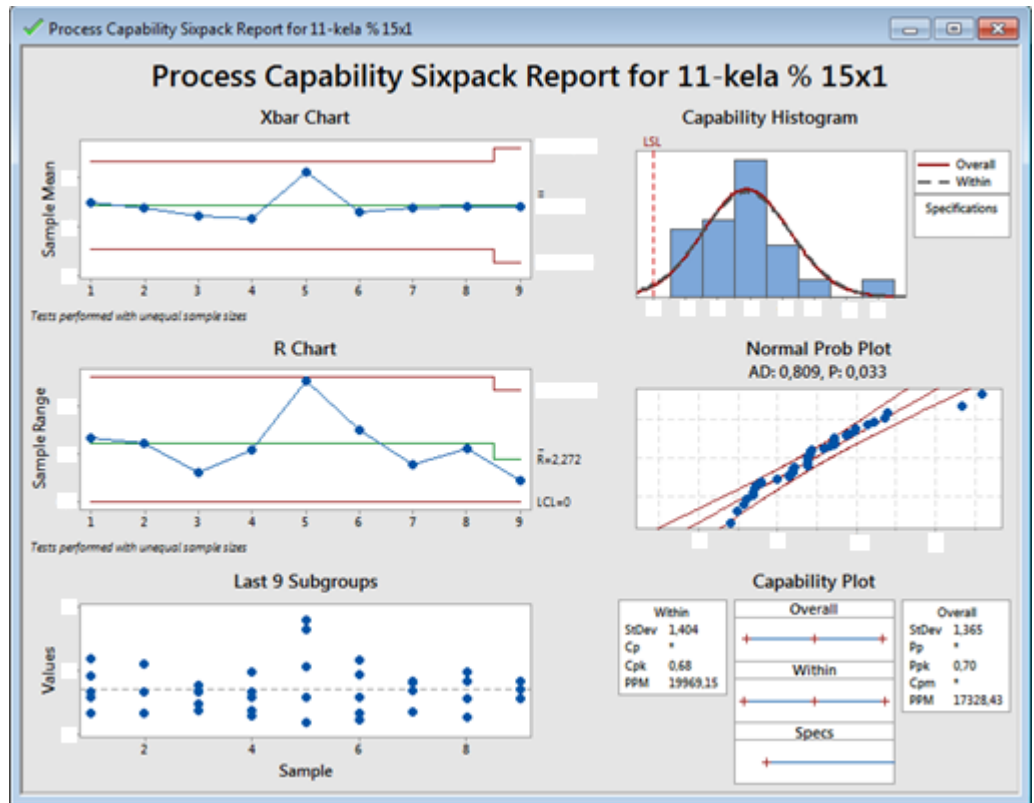


Liite 3

(Putki b)

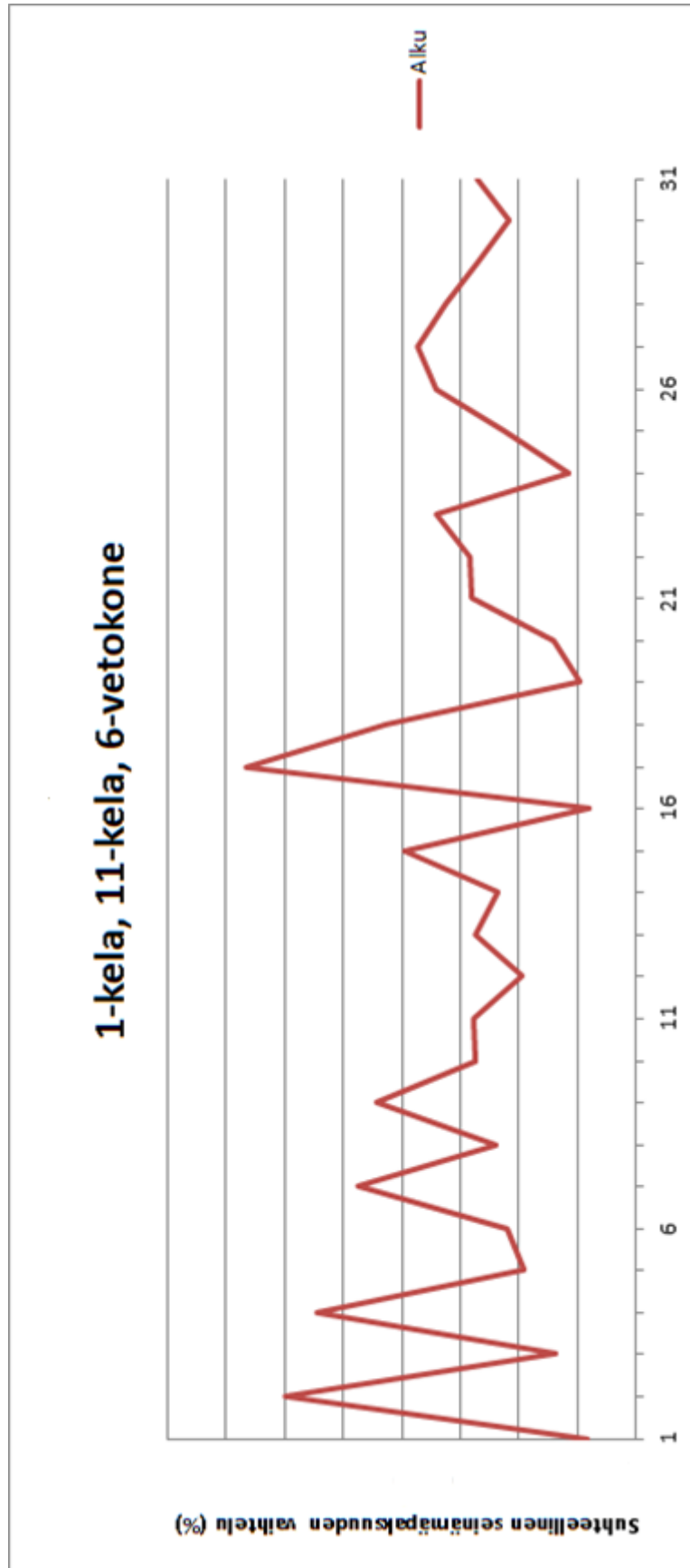


Liite 4  
(Putki b)



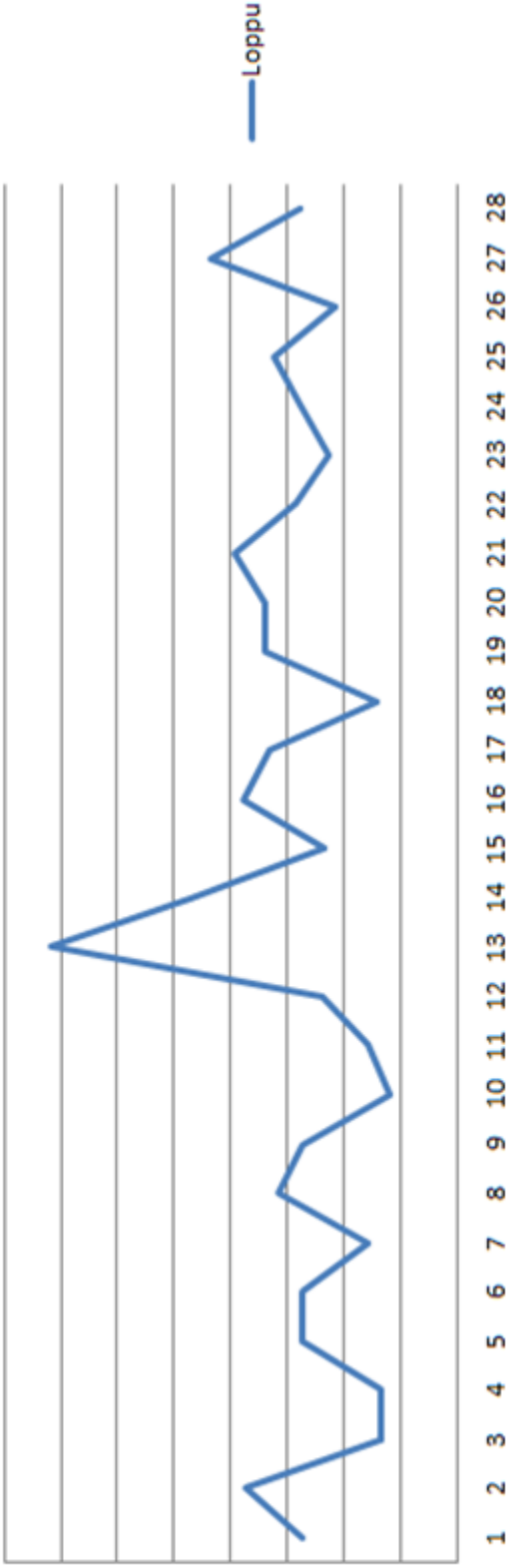


Liite 5  
(Putki b)



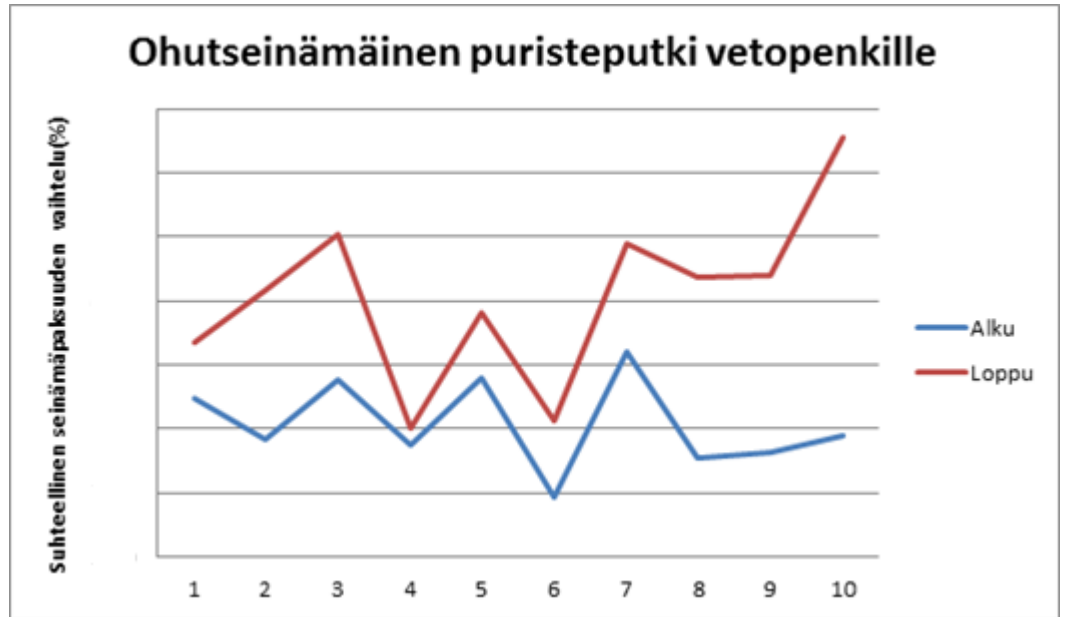
## 11-kela, 6-vetokone

Suhteellinen seinämäpaksuuden vaihtelu (%)



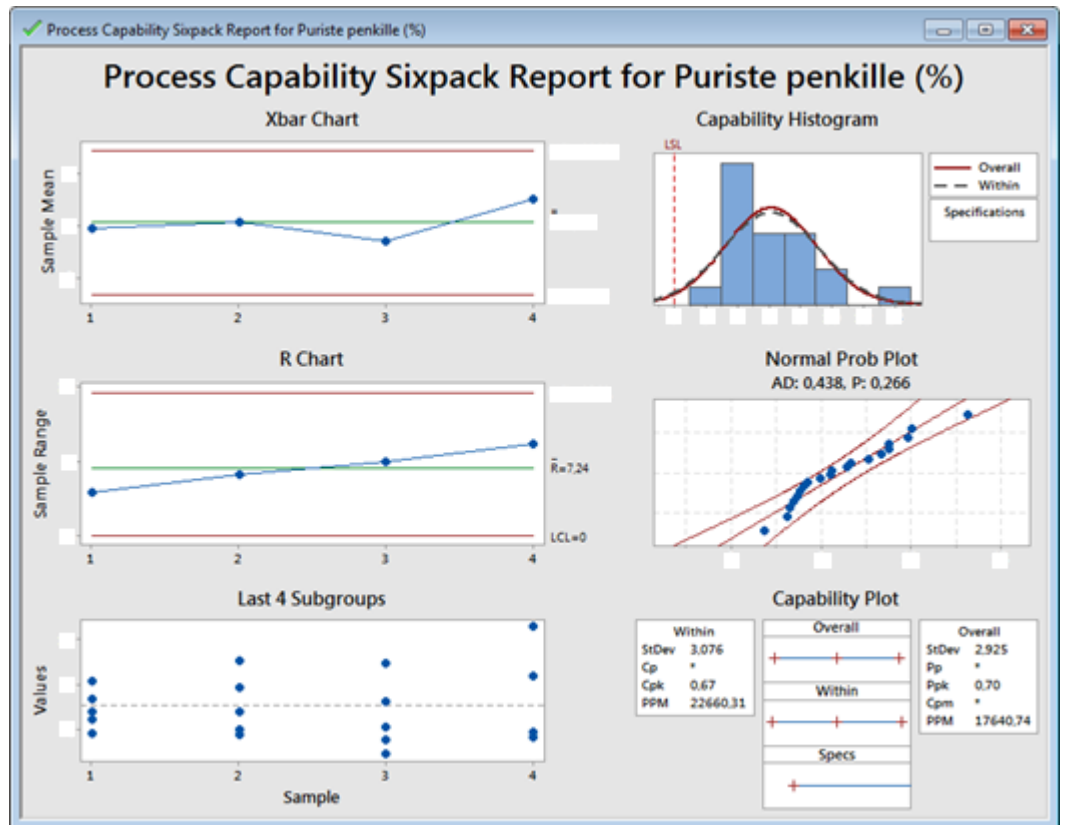
Liite 6

(Ohutseinämäinen puristeputki)



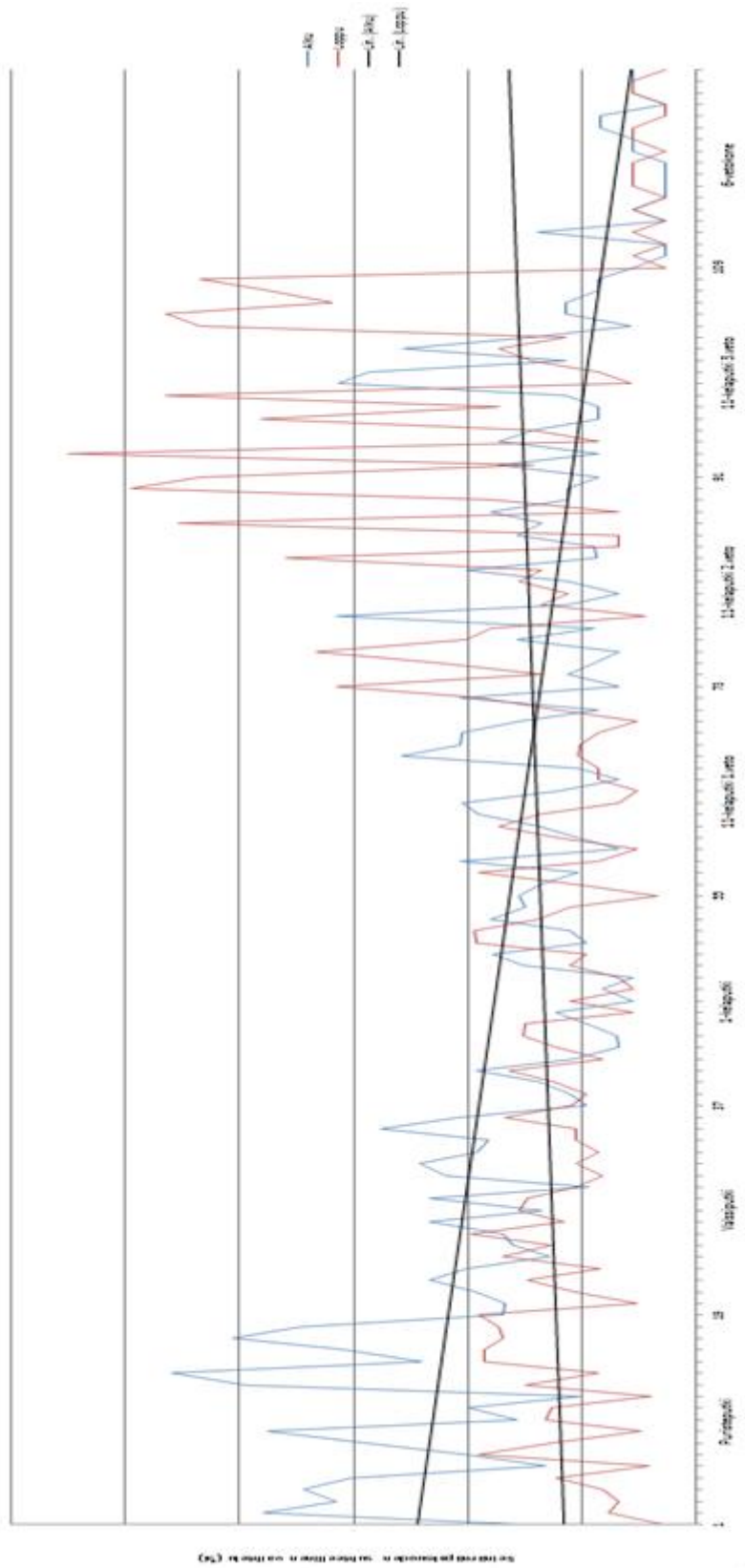
Liite 7

(Ohutseinämäinen puristeputki)



Liite 8  
(Putki a)

Prosessin seuranta



Liite 9  
(Putki a)

