

**RAEPUHALLUSPARAMETRIEN VAIKUTUS S700E:N  
SÄRMÄTTÄVYYTEEN**

Särkelä Ansu

Opinnäytetyö  
Tekniikka ja liikenne  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Insinööri (AMK)

2017

Tekniikka ja liikenne  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Ansu Särkelä	Vuosi	2017
<b>Ohjaaja(t)</b>	TkL Timo Kauppi		
<b>Toimeksiantaja</b>	Vili Kesti SSAB Europe Oy		
<b>Työn nimi</b>	Raepuhallusparametrien vaikutus särmättävyyteen		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>	42 + 4		

---

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia raepuhallusparametrien vaikutusta särmättävyyteen. Lähtökohtana työlle oli se, että raepuhalletun teräksen särmättävyys oli huonompaa verrattuna puhaltamattomaan. Työ oli jatkoa Niko Tulkin tekemään opinnäytetyöhön, jossa hän selvitti raepuhalluksen vaikutusta kuumavalssattujen levytuotteiden särmättävyyteen. Toimeksiantaja SSAB halusi työssä tutkittavan ja perehdyttävän tarkemmin särmättävyyteen vaikuttaviin puhallusparametreihin.

Koemateriaaliksi kohdennettiin ainoastaan S700E. Materiaali tuli puhaltamattomana Raahen tehtaalta. Työssä koemateriaali raepuhallettiin käyttäen eri puhallusparametrejä. Raepuhallusta varten tehtiin tilastollinen koesuunnittelu. Puhalletut näytteet särmättiin ja niille tehtiin pinnankarheusmittauksia. Särmätyille näytteille tehtiin myös kovuuskokeita.

Työssä saatujen tuloksien mukaan raepuhallusparametrit vaikuttavat S700E:n särmättävyyteen. Parametrejä säätelemällä voidaan vaikuttaa materiaalin särmättävyyteen sekä pinnankarheuteen ja kovuuteen. Pinnankarheus on yhteydessä särmättävyyteen, sillä karheuden kasvaessa särmättävyys huononee. Tuloksien perusteella toimeksiantaja SSAB pystyy optimoimaan tuotannon raepuhallusprosessin haluamukseen.

Avainsanat

S700, raepuhallus, pinnankarheus, koesuunnittelu, kovuuskoe

Technology and transport  
Mechanical and production  
Engineering

---

<b>Author</b>	Ansu Särkelä	Year	2017
<b>Supervisor</b>	Timo Kauppi Lic.Sc. (Tech)		
<b>Commissioned by</b>	Vili Kesti SSAB Europe Oy		
<b>Subject of thesis</b>	Effect of shot blasting parameters on bendability		
<b>Number of pages</b>	42 + 4		

---

The subject of this thesis was to research the effect of shot blasting parameters on bendability. The starting point of the thesis was that the bendability of shot blasted steel was worse compared to not shot-blasted. This thesis was a continuation of Niko Tulkki's thesis in which he determined the effect of shot blasting on hot rolled sheet product's bendability. The commissioner SSAB wanted the effects of shot blasting parameters on bendability to be more closely researched in this thesis.

Only S700E steel was allocated to test material. The material came from SSAB's mill in Raahe. In this thesis the test material was shot blasted by using different shot blasting parameters. Statistical DOE (Design of Experiments) was made on the shot blasting. The shot blasted samples were bent and after that surface roughness measurements were taken. Some hardness tests were also made on the shot blasted samples.

The result of this thesis was that the shot blasting parameters affect the bendability of S700E. It is possible to affect material's bendability, roughness and hardness by optimizing parameters. The roughness of the surface is connected to bendability, because when the level of roughness rises the bendability worsens. With these results the commissioner SSAB can optimize their production's process of the shot blasting.

Key words

S700, shot blasting, surface roughness, Design of Experiments, hardness test

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
1.1	Työn tavoitteet .....	7
1.2	Työn rajaus .....	7
2	SSAB EUROPE OY .....	8
2.1	Raahen tehdas .....	8
2.2	Levyvalssaamo ja EKT-linja .....	9
3	ULTRALUJAT RAKENNETERÄKSET .....	12
3.1	Strenx™-tuoteperhe .....	13
4	RAEPUHALLUS .....	14
4.1	Raepuhallus pinnan viimeistelymenetelmänä .....	14
4.2	Pinnankarheus .....	15
5	TILASTOLLINEN KOESUUNNITTELU (DESIGN OF EXPERIMENTS) .....	18
5.1	Historia .....	18
5.2	Kaksitasoinen faktorikoe .....	18
6	SÄRMÄTTÄVYYDEN TUTKIMINEN .....	20
6.1	Särmäys .....	20
6.2	Särmättävyyden testaus .....	22
7	KOEMATERIAALIT JA MENETELMÄT .....	23
7.1	Koemateriaalit .....	23
7.2	Raepuhalluskokeet .....	23
7.3	Puhalluslaitteisto .....	24
7.4	Pinnankarheusmittaukset .....	26
7.5	Särmäystestit .....	26
7.6	Mikrokovuusmittaukset .....	29
7.7	Tulosten tilastollinen käsittely .....	30
8	TULOKSET .....	31
8.1	Pinnankarheus .....	31
8.2	Särmäystestit .....	33
8.3	Mikrokovuuskoeket .....	34

---

9 TULOSTEN TARKASTELU .....	35
9.1 Raepuhalluksen vaikutukset Strenx 700E teräksen särmättävyyteen..	35
9.2 Raepuhalluksen vaikutus pinnankarheuteen .....	36
9.3 Mikrokovuusmittauksen soveltuvuus muokkauslujittuneen kerroksen tutkimiseen .....	38
10 POHDINTA .....	40
LÄHTEET .....	41
LIITTEET .....	42

## ALKUSANAT

Haluan kiittää kaikkia, jotka ovat osallistuneet työn läpiviemiseen. Kiitän Lapin Ammattikorkeakoulun henkilökuntaa avustamisesta ja erityisesti ohjaavaa opettajaani TkL Timo Kauppia. Kiitokset kuuluvat myös perheelle, joka tuki koko työn ajan.

Kemissä 02.05.2017

Ansu Särkelä

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tutkitaan raepuhalluksessa käytettävien parametrien vaikutusta Strenx 700E:n särmättävyyteen, kovuuteen ja pinnankarheuteen. Työn toimeksiantaja on SSAB Europe Oy.

Työn toimeksiantaja oli kiinnostunut raepuhalluksen vaikutuksesta teräkseen ja siitä, kuinka tietoa voidaan jatkossa hyödyntää terästehtaan kuulapuhallusprosessissa.

SSAB:n teräksien särmättävyyteen liittyviä asioita on tutkittu kolmessa muussa opinnäytetyössä ennen tätä opinnäytetyötä, mutta puhallusparametrien vaikutusta ei ole tutkittu aiemmin. Kokemusperäisesti tiedetään, että puhallus vaikuttaa särmättävyyteen ja kovuuteen, mutta asiaa ei ole dokumentoitu eikä siitä ole tehty systemaattista tutkimusta.

Särmättävyyden tutkimisen lisäksi työssä tullaan tutkimaan raepuhalletun ja puhaltamattoman teräksen pinnankarheutta sekä kovuuksien eroavaisuutta.

### 1.1 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on:

1. Tutkia onko raepuhalluksella vaikutusta S700 lujuusluokan teräksen särmättävyyteen.
2. Selvittää miten raepuhallusparametrit vaikuttavat pinnankarheuteen.
3. Tutkia voidaanko mikrokovuusmittauksella määrittää raepuhalluksen mahdollisesti aiheuttama muokkauslujittuminen.

### 1.2 Työn rajaus

Työ rajataan koskemaan ainoastaan teräslaatu Strenx 700E. Näytelevyt ovat mitoiltaan  $300 \times 300 \text{ mm}^2$  ja ainevahvuus  $s = 10 \text{ mm}$ . Näytemääräksi rajataan 100 näytelevyä, joista 20 kpl jätetään raepuhaltamatta ja niitä käytetään referenssilevyinä puhalletuille levyille.

## 2 SSAB EUROPE OY

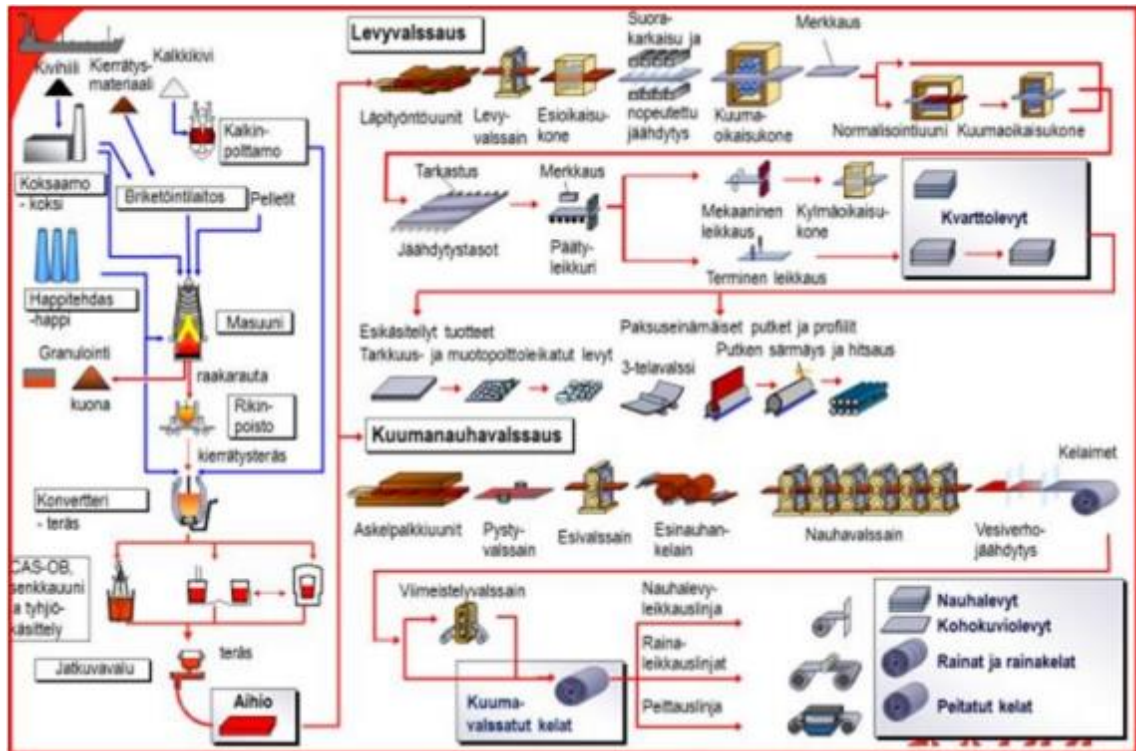
SSAB on maailmanlaajuisesti toimiva teräsyhtiö, joka toimii Ruotsissa, Suomessa ja Yhdysvalloissa. Ruotsin ja Suomen terästehtaiden tuotanto perustuu masuuniprosessiin, mutta Yhdysvalloissa käytetään valokaariuuneja. Maailmanmarkkinoilla SSAB:lla on johtavan tuottajan asema. Sen tuotteita ovat pitkälle kehitetyt lujat teräkset, karkaistut ja päästetyt teräkset, nauha-, levy- ja putkituotteet. Terästehtaiden yhteenlaskettu vuosittainen tuotantokapasiteetti on 8,8 miljoonaa tonnia. Tehtaiden lisäksi SSAB toimii globaalisti ja se työllistää noin 16 000 työntekijää. Konsernin toimitusjohtaja on Martin Lindqvist ja pääkonttori on Tukholmassa. Osakkeet noteerataan Nasdaq OMX Tukholman pörssissä ja toissijaisesti Helsingin pörssissä. (SSAB 2017c.)

SSAB muodostaa konsernin jakaantuen viiteen divisioonaan: SSAB Special Steels, SSAB Europe, SSAB Americas, Tibnor ja Ruukki Construction. Tibnor ja Ruukki Construction ovat SSAB:n tytäryhtiöitä. SSAB Europe on divisioonista suurin ja samalla johtava pohjoismainen terästuottaja. SSAB Europen päätuotantolaitokset sijaitsevat Ruotsin Luulajassa ja Borlängessä sekä Suomen Raahessa ja Hämeenlinnassa. Tuotantolaitoksien vuosittainen tuotantokapasiteetti on noin 4,9 miljoonaa tonnia. (SSAB 2017b.)

### 2.1 Raahen tehdas

SSAB Europe Oy:hyn kuuluu Raahen tehdas, joka on yksi Suomen suurimmista tuotantolaitoksista. Raahen tehtaalla työskentelee noin 2800 työntekijää. Tehtaan toimialoihin kuuluu nauhatuotteiden, kvarttolevyjen ja teräksen valmistaminen. Terästuotteiden tuotanto perustuu masuuniprosessiin. Kuviossa 1 on esitelty Raahen tehtaan prosessikaavio. (Tulkki 2015, 9.)

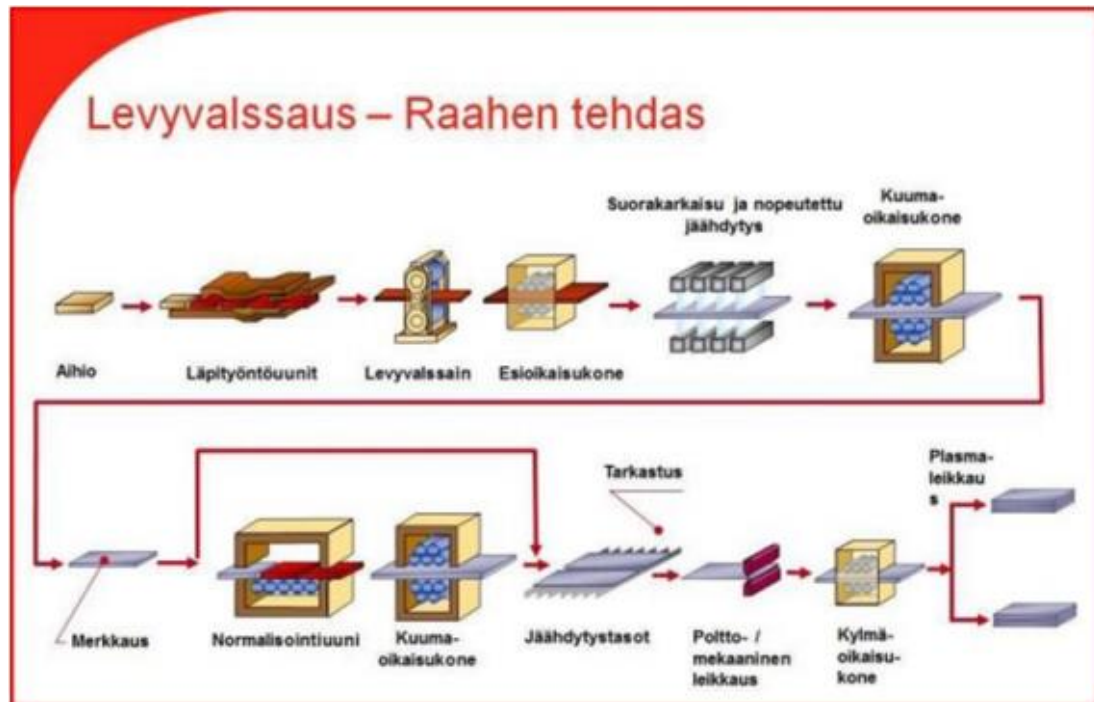




Kuvio 1. SSAB Europe Oy:n Raahen tehtaan prosessikaavio (Tulkki 2015, 10)

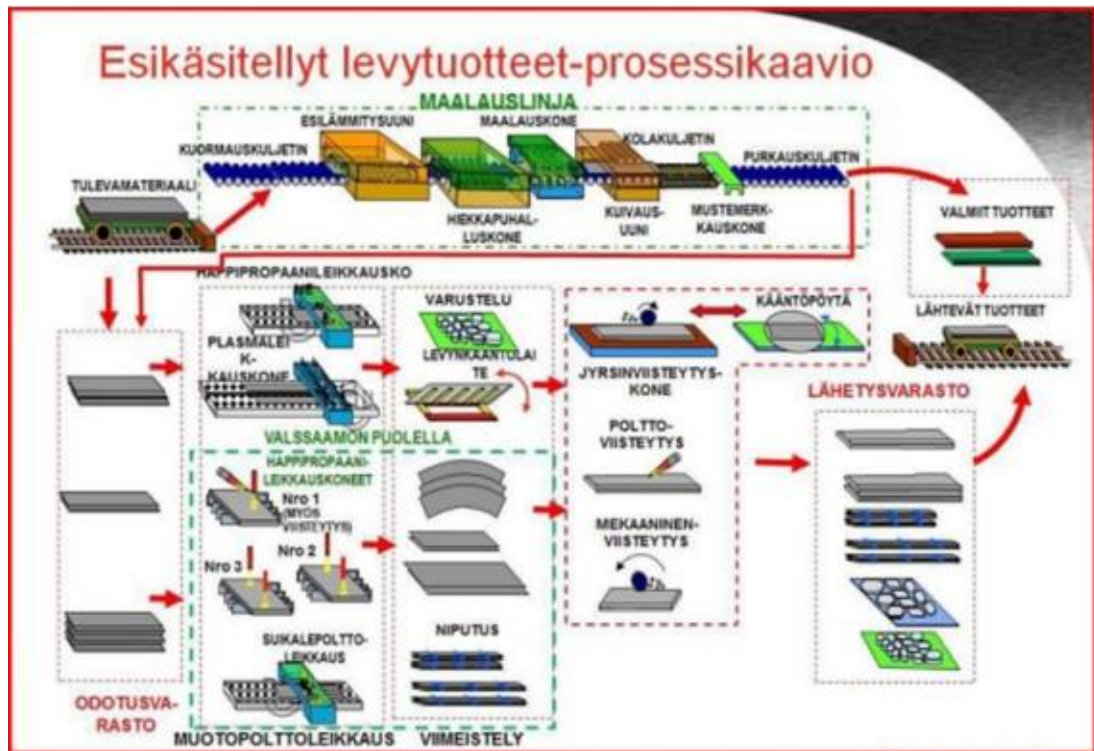
## 2.2 Levyvalssaamo ja EKT-linja

Levyvalssaamalla valssataan tehtaalla tuotetut teräsaihiot haluttuun paksuuteen. Valssauksessa aihio lämmitetään haluttuun valssauslämpötilaan, jonka jälkeen se valssataan nelitelavalssaimella. Valssauksesta levy kulkeutuu jäähdytykseen, lämpökäsittelyyn, oikaisuun ja lopulta joko mekaaniseen tai termiseen leikkaukseen. Valssauksessa levyn mekaaniset ominaisuudet muuttuvat, mutta pääosin kemiallinen koostumus määrää ne. Kuviossa 2 on esitelty Raahen tehtaan levyvalssaamon prosessikaavio. (Tulkki 2015, 10.)



Kuvio 2. Raahen tehtaän levyvalssaamon prosessikaavio (Tulkki 2015, 11)

Esikäsiteltyjen tuotteiden linjan eli EKT:n tehtävä on jalostaa jo valssattuja kvarttolevyjä asiakkaan tarpeen mukaan. Sen jalostusprosessiin kuuluvat levyjen puhdistaminen raepuhalluksella ja niiden suojamaalaaminen. Tarpeen mukaan EKT:lla voidaan myös tehdä muoto- ja tarkkuusleikkausta, taivutusta, viisteytystä ja suikalointia. Levyjen myyntiarvoa pystytään kasvattamaan koneistamalla, hitsaamalla, karkaisemalla ja särmäämällä. Kuviossa 3 on esitelty EKT-linjan prosessikaavio. (Tulkki 2015, 10.)



Kuvio 3. Raahen tehtaan EKT-linjan prosessikaavio (Tulkki 2015, 11)

### 3 ULTRALUJAT RAKENNETERÄKSET

Ultralujat rakenneteräkset ovat normaalia rakenneterästä lujempia, sillä niiden lujuudet voivat olla jopa 1300 MPa. Ultralujia rakenneteräksiä käytetään yleensä kohteissa, joissa vaaditaan materiaailta sekä kestävyyttä että keveyttä. Käyttökohteita ovat muun muassa nostolaitteet, puutavarapankot, kuljetuskaluston rungot, työkalut ja koneenosat. Materiaali myös on hieman kulumiskestävä, mutta ei yhtä paljon kuin kulutusteräs. Toimeksiantaja SSAB:n valmistetut ultralujat rakenneteräkset tunnetaan tuoteperheestä nimeltä Strenx™. Strenx™- tuoteperheen rakenneteräksien lujuusluokat ovat valittavissa 600 – 1300 MPa:n väliltä. Standardissa SFS-EN 10025-6 on määritelty kuumavalssattujen nuorrutettujen Strenx™ 700-luokan rakenneteräksien tekniset toimitusehdot, kemiallinen koostumus ja mekaaniset ominaisuudet. (SSAB 2017a.) Kuvassa 1 on esitetty yksi esimerkki ultralujien rakenneteräksien käyttökohteista.



Kuva 1. Puutavarapankot (SSAB 2017).

### 3.1 Strenx™-tuoteperhe

Strenx™-tuoteperhe on vakiinnuttanut vahvan asemansa globaalisti ultralujien rakenneteräksien kategoriassa. Levytuotteena Strenxiä on saatavilla seitsemässä eri lujuusluokassa. Lujuusluokat alkavat 600 MPa:sta ja jatkuvat asteittain 1300 MPa:iin. Lujuusluokkia ovat 600 MPa, 650 MPa, 700 MPa, 900 MPa, 960 MPa, 1100 MPa ja 1300 MPa. Useimmista edellä mainituista lujuusluokista on valittavissa toimitustila. Toimitustiloja ovat muun muassa kylmävalssattu levy, kuumavalssattu levy sekä plus-teräs, joka erottuu erityisesti hyvän hitsattavuuden, sitkeyden ja hitsin korkean lujuuden vuoksi muista toimitustiloista. Yleisesti ottaen Strenx™-tuoteperheen levytuotteet ovat helposti muovattavissa ja työstettävissä, minkä vuoksi ne sopivat hyvin myös konepajateollisuuteen. Strenx™-tuoteperheeseen kuuluvat myös putket ja profiilit. (SSAB 2017a.)

Työssä tutkittava Strenx™ 700E teräs on myötölujuudeltaan vähintään 700 MPa ja vastaa standardin SFS EN 10025-6 mukaisia vaatimuksia S690QL- teräkselle. Teräksestä käytetään nimitystä S700E. Standardinimikkeessä oleva Q (nuorruutettu) tarkoittaa toimitustilaa ja L vastaa laatuluokkaa, eli tuotteen iskuenergia on määriteltä alimmillaan lämpötilan ollessa -40°C Charpy V-iskukokeella. 700E on saatavilla levytuotteena ja paksuus valittavissa 4-160 mm:n väliltä. Levyn leveys on enintään 3350 mm ja enimmäispituus on 14 630 mm. (SSAB 2017a.)

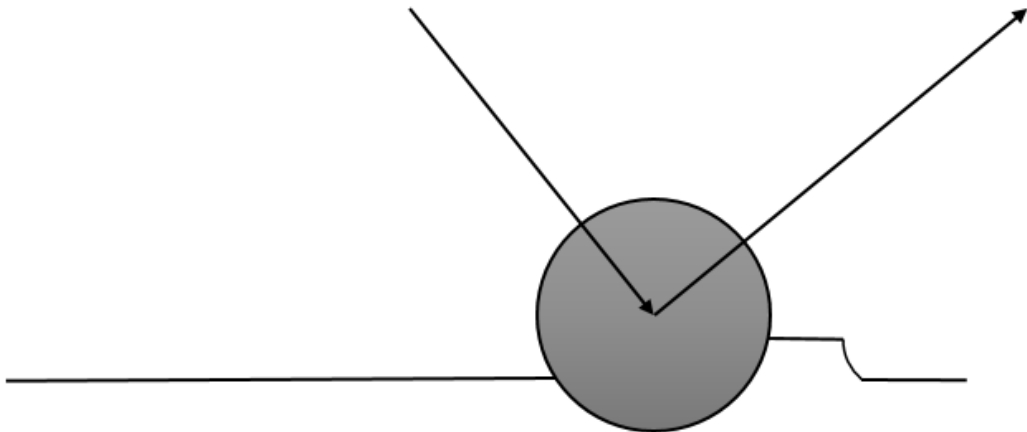
Strenx™ 700E:n vahvuuksia ovat:

- pinnanlaatu ja hitsattavuus
- tasalaatuisuus
- iskusitkeys. (SSAB 2017a)

## 4 RAEPUHALLUS

### 4.1 Raepuhallus pinnan viimeistelymenetelmänä

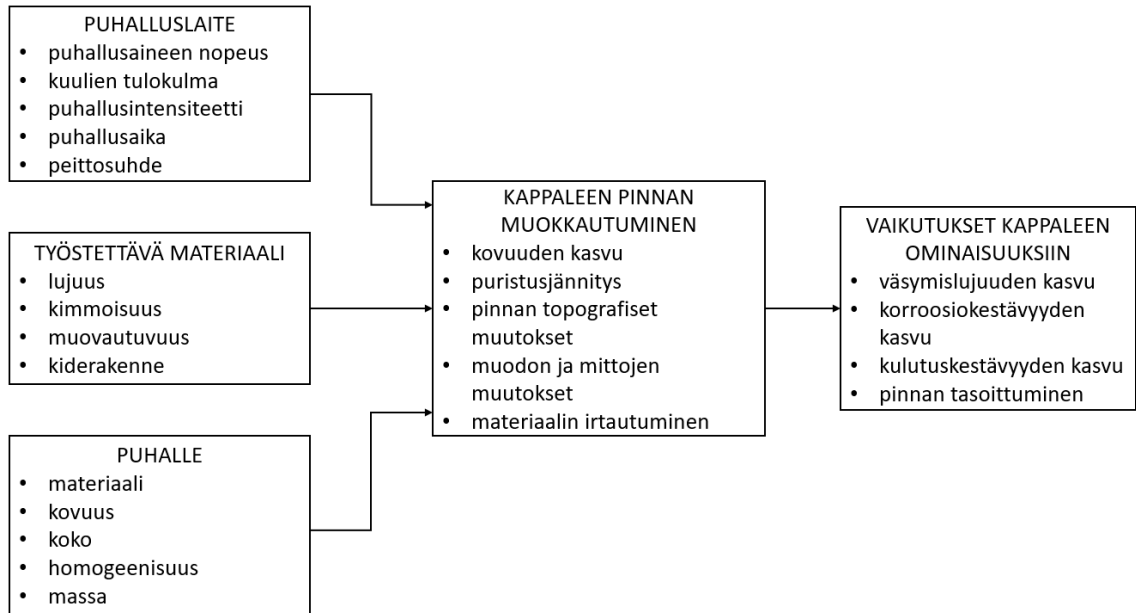
Raepuhallusta on paljon käytetty pintojen viimeistelymenetelmänä ja siinä kuula-  
maisia partikkeleita puhalletaan työkappaleen ulkopintoihin. Partikkelit ovat  
yleensä ovat valuteräskuulia, joiden kovuus on 300-540 HV ja halkaisijat 0,2-3,0  
mm. Puhalluksella pyritään muodostamaan pintaan työstöjälkiä, jotka ovat kalotin  
muotoisia. Työstöjäljen muodostuminen esitetään kuviossa 4. Puhalluksessa työ-  
kappaleen mekaaniset ominaisuudet muuttuvat ja sen pinta lujittuu. Ominaisuuksii-  
siin ja pinnan lujittumiseen vaikuttavat työkappaleen ominaisuudet, puhalluspara-  
metrit ja puhalluksessa käytetty materiaali. (Aaltonen ym. 1997, 145.)



Kuvio 4. Työstöjäljen muodostuminen (Aaltonen ym. 1997, 145)

Puhallettaessa kappaleen pinta muovautuu kineettisen energian seurauksena. Energia on peräisin puhallettavan kuulan nopeudesta ja massasta. Puhalluskulma vaikuttaa myös kappaleen muovautumiseen. Kulmaa muuttamalla säädel-  
lään lujittumista, peittosuhdetta, tasoittumista ja muovattavuutta. Tutkimustulok-  
set ovat osoittaneet, että voimakkain lujittuminen tapahtuu kulman ollessa  $0^\circ$ ,  
peittosuhte on tehokkain kulman ollessa  $75^\circ$  ja tasoittuminen sekä muovautumi-

nen ovat tehokkaimpia kulman ollessa 70°. Edellä mainittujen parametrien vaikutusten lisäksi kappaleen ominaisuuksiin vaikuttaa muitakin tekijöitä. Vaikuttavat tekijät esitetään kuviossa 5. (Aaltonen ym. 1997, 146.)



Kuvio 5. Vaikuttavat tekijät raepuhalletun kappaleen ominaisuuksiin (Aaltonen ym. 1997, 146)

## 4.2 Pinnankarheus

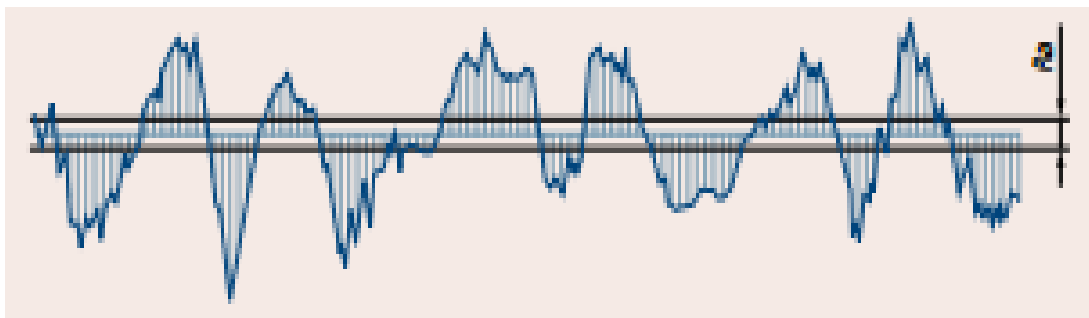
Joka kerta, kun materiaalin pintaan kohdistuu muokkausta, sen pinnankarheus muuttuu. Karheuteen voidaan vaikuttaa monin tavoin, joista yksi on raepuhallus. Raepuhalluksen tarkoitus on poistaa materiaalia kappaleen pinnasta, minkä seurauksena pinta joko silenee tai karhenee. Raepuhalluksessa käytettävät parametrit vaikuttavat suoraan pinnankarheuteen. Käytettäessä voimakasta puhallusta jyrkässä kulmassa pinta puhdistuu paremmin, mutta pinnanlaatu heikkenee ja pinnankarheus kasvaa. Pinnankarheusparametrit on määritelty standardissa EN ISO 4287.

Pinnankarheutta voidaan tutkia kolmella eri menetelmällä:

- mekaaninen mittaus
- optinen mittaus
- interferenssimittaus.

Mekaaninen mittaus on edellä mainituista yleisin mittausmenetelmä. Mekaanisessa mittauksessa käytetään mittalaitetta, jonka päässä on tuntokärki. Tuntokärki on pieni neulan muotoinen anturi, ja yleisimmin se on tehty timantista. Kärjen tehtävänä on havaita kappaleen pinnassa olevat epätasaisuudet mitattavalta matkalta. Asetettaessa kärki tutkittavaa materiaalia vasten se automaattisesti merkitsee pinnankarheuden keskilinjan. Mittauksen aikana kärki liikkuu halutun matkan edestakaisin ja mikäli tällä matkalla se havaitsee poikkeamia keskilinjaan verrattuna, se liikkuu pystysuorassa. Kaikki kärjen pystysuorat liikkeet tallentuvat mittausjärjestelmään, jonka pohjalta mittalaite tekee profiilikäyrän sekä antaa yleisimmät pinnankarheus suureet  $R_a$  ja  $R_z$ . Suureet ilmoitetaan yksikössä  $\mu\text{m}$ . Mekaanisessa mittauksessa voi syntyä naarmuja ja kuoppia tutkittavaan materiaaliin tuntokärjen takia eikä sitä suositella pehmeille materiaaleille. (Honkala 2011, 30.)

$R_a$ -arvo tarkoittaa aritmeettista keskimääräistä pinnankarheusarvoa. Toisin sanoen siis  $R_a$ -arvo kertoo materiaalin pinnassa olevien epätasaisuuskohtien keskiarvon.  $R_a$ -arvon ollessa pieni on tutkittavan materiaalin pinta on sileä eli epätasaisuuskohtien määrä keskilinjaan verrattuna on vähäinen. Kuviossa 6 esitellään  $R_a$ -arvon määrittely. (Mitutoyo 2017, 3.)



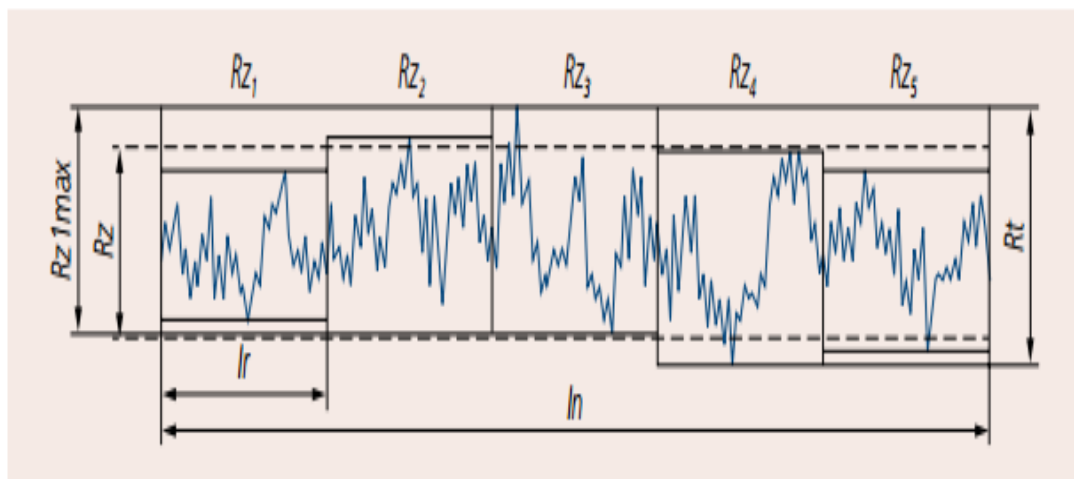
Kuvio 6.  $R_a$ -arvon määrittely (Mitutoyo 2017, 3)



Kuvion 6 mukaisesti mittalaite piirtää profiilikäyrän mitattavasta suureesta. Profiilikäyrästä nähdään pinnassa olevat epätasaisuudet eli kuopat ja huiput. Epätasaisuuksista laite pystyy laskemaan keskimääräisen pinnankarheusarvon  $R_a$ .

Mittalaitteella voidaan mitata myös muitakin suureita kuin  $R_a$ . Toinen yleisimmistä mitattavista pinnankarheus suureista on  $R_z$ , joka kertoo pinnankarheuden keskiarvosyvyyden. Keskiarvosyvyys on mittalaitteen mittaamalta matkalta. Myös tästä suureesta mittalaite piirtää profiilikäyrän. (Mitutoyo 2017, 3.) Kuviossa 7 on  $R_z$ -arvon määrittely. Kuvan symbolit:

$R_t$	Karheusprofiilin kokonaiskorkeus
$R_{z1max}$	Karheuden maksimisyvyys
$R_z$	Karheuden keskiarvosyvyys
$R_{z1-Rz5}$	Keskiarvosyvyyden mittausjaksot
$l_n$	Mitattu matka
$l_r$	Yksittäinen mittausjakso



Kuvio 7.  $R_z$ -arvon määrittely (Mitutoyo 2017, 3)

## 5 TILASTOLLINEN KOESUUNNITTELU (DESIGN OF EXPERIMENTS)

### 5.1 Historia

Työssä käytettiin tilastollista koesuunnittelua, jotta saatiin työ tehtyä systemaattisesti. Tilastollinen koesuunnittelu on menetelmä, jolla saadaan varioitua tarvittavat kombinaatiot ja näin pystytään pienentämään koeotantaa huomattavasti. Tilastollisen koesuunnittelun juuret sijoittuvat 1930-luvulle, jolloin Ronald A. Fischer julkaisi kirjan nimeltä Design Of Experiments. Fischer tutki maataloutta ja pyrki koesuunnittelun avulla lyhentämään kokeisiin menevää aikaa. Fischerin oppien jälkeen alkoi uusi aikakausi, jonka myötä keksittiin jaksollinen koesuunnittelu. Jaksollisen koesuunnittelun avulla tutkimustulokset saatiin nopeammin verrattuna Fischerin oppiin. Saatuja tutkimustuloksia pystyttiin hyödyntämään uusia koekteita varten. Jaksollisen koesuunnittelun jälkeen 1970-luvulla Genichi Taguchi kehitti koesuunnittelua eteenpäin. Taguchin filosofiaa koesuunnittelua kohtaan paranneltiin 1980-luvulla. Parannuksien myötä koesuunnittelu kasvatti suosioitaan entisestään ja yhä useammat alkoivat käyttää kyseistä oppia. (Hoppania 2011, 18.)

Koesuunnittelu on erinomainen menetelmä, jota yleensä käytetään ongelmien ratkaisemiseen. Menetelmää käytetään usein tutkimuksissa, joissa objektina on esimerkiksi teollisuuden liittyvä prosessi. Prosessista saadut mittaustulokset ja tieto voidaan hyödyntää menetelmän avulla. Koesuunnittelun yhdeksi tavoitteeksi voidaan asettaa tärkeimpien parametrien löytäminen prosessista. (Hoppania 2011, 22.) Jokaista tutkimusta varten laaditaan oma koesuunnittelu, joka riippuu suoritettavan tutkimuksen laajuudesta. Koesuunnittelua tehdessä valitaan koekteita varten haluttu määrä muuttujia ja muuttujien tasot.

### 5.2 Kaksitasoinen faktorikoe

Työn tilastollinen koesuunnittelu perustuu kaksitasoisen faktorikokeen soveltamiseen. Kaksitasoissa faktorikokeessa valitaan haluttu määrä muuttujia, joiden arvoja vaihdellaan kahdella tasolla. Näin saadaan muodostettua suunnittelumatriisi, jonka pohjalta tutkimuksessa tehtävät kokeet suoritetaan. Tämän menetel-

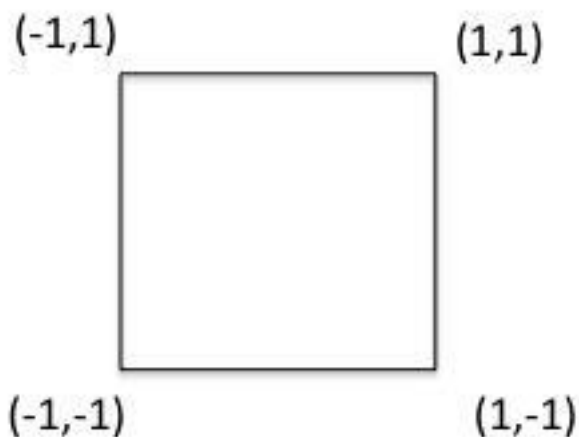
män avulla kokeiden määrä ja samalla ajot vähentyvät. Kaksitasoisella faktoriko-  
keella tehdyt kokeet ovat myös tilastollisesti analysoitavissa. (Kankaanranta  
2015.) Kuvassa 9 on esitelty esimerkki menetelmällä tehdystä koematriisista ja  
kuvassa 10 graafinen esitys sen pisteistä.

Kuvion 8 mukaisesti ylimmän rivin kirjaimet A ja B edustavat muuttujia. Alempien  
rivien numerot 1 ja -1 tarkoittavat muuttujien ala- ja ylätasoa. Muuttujien tasot  
voivat olla esimerkiksi kulmia  $45^\circ$  ja  $30^\circ$ , nopeuksia 3 m/min ja 5 m/min, jne.

A	B
1	-1
-1	1
-1	-1
1	1

Kuvio 8. Kaksitasoisen full factorials menetelmän suunnittelumatriisi. (Kankaan-  
ranta 2015)

Kuviosta 9 nähdään, että kaikki olennaisimmat muuttujien kombinaatiot huomioi-  
daan koesuunnittelussa. Jokainen koe poikkeaa toisistaan yhden muuttujan ta-  
son verran.

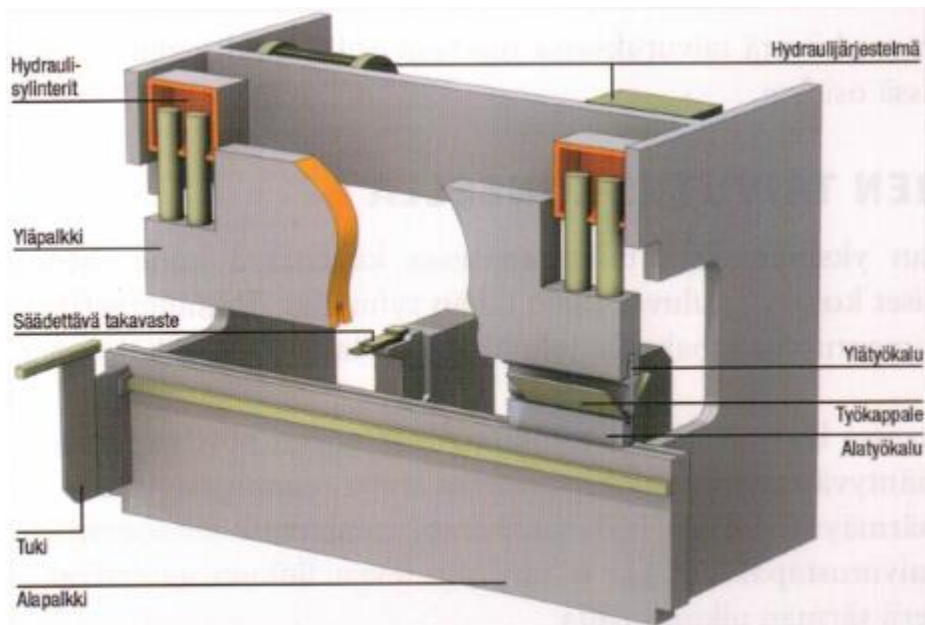


Kuvio 9. Suunnittelumatriisin pisteiden graafinen esitys. (Kankaanranta 2015)

## 6 SÄRMÄTTÄVYYDEN TUTKIMINEN

### 6.1 Särmäys

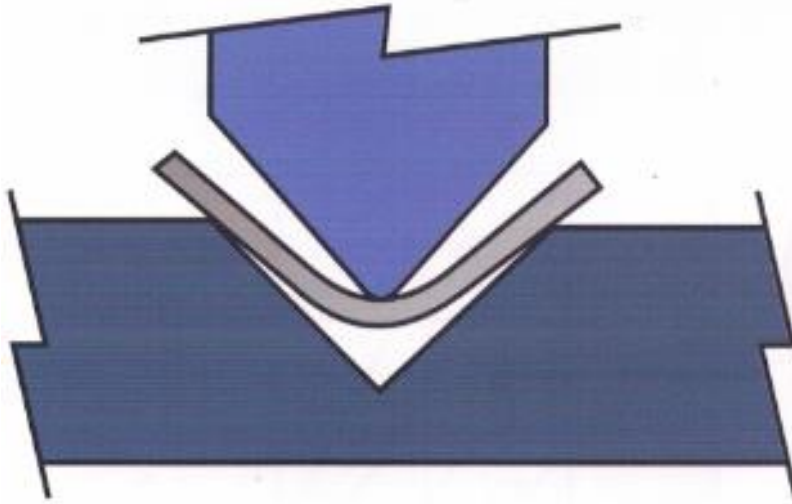
Särmäyspuristimiksi kutsutaan laitteita, joilla tehdään särmääminen. Särmäyspuristimet kuuluvat yleisesti konepajojen peruskokoonpanoon. Ne voivat olla joko mekaanisesti, hydraulisesti tai pneumaattisesti käytettäviä. Hydraulikäytöllä olevia puristimia käytetään ratkaisuisissa, joissa tarvitaan paljon voimaa. Voimantarve riippuu särmättävän kappaleen materiaalista ja paksuudesta. Puristimen työleveys voi olla 10 metriä, mutta yleisimmin leveys vaihtelee 2-4 metrin välillä. Nimellisleveys on työleveyttä hieman leveämpi, esimerkiksi 2040 mm. Nimellisleveys kertoo, kuinka pitkän taivutuksen puristimella voi tehdä. (Matilainen ym. 2011, 240.) Kuvassa 2 esitetään särmäyspuristimen rakenne.



Kuva 2. Särmäyspuristimen rakenne. (Matilainen ym. 2011, 240)

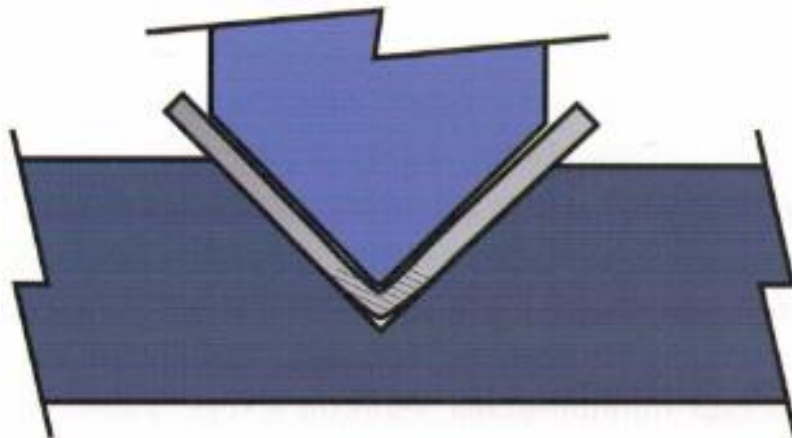
Yleisimmät särmäysmenetelmät ovat vapaataivutus ja pohjaaniskutaivutus. Vapaataivutus tulee nimensä mukaisesti siitä, että särmättävää kappaletta ei paineta ylätyökalulla täysin alatyökalua vasten kuten pohjaaniskutaivutuksessa tehdään. Vapaataivutuksessa täytyy ottaa huomioon särmättävän kappaleen takaisinjousto, mikä tapahtuu, kun särmääminen on lopetettu. Vapaataivutuksen hyöty on se, että ylä- ja alatyökalun geometria ei vaikuta syntyvään muotoon. Muodon

määrää työkalujen etäisyys, materiaalin lujuusominaisuudet ja levyn paksuus. (Matilainen ym. 2011, 241.) Kuvassa 3 esitetään vapaataivutuksen periaate.



Kuva 3. Vapaataivutuksen periaate. (Matilainen ym. 2011, 241)

Pohjaaniskutaivutuksessa ylätyökalu painautuu täysin alatyökalua vasten. Taivutuksessa syntyvä muoto riippuu käytettävien työkalujen muodoista. Vapaataivutukseen verrattuna pohjaaniskutaivutuksen suorittaminen vaatii paljon enemmän voimaa särmäyspuristimelta, jopa viisinkertaisen voiman. Muodonmuutos, joka taivutuksessa tapahtuu, voi olla pysyvä, mikäli saadaan takaisinjousto poistettua. Pohjaaniskutaivutuksen tarkoitus on luoda tarkka ja jäykkä muoto särmättävälle kappaleelle. (Matilainen ym. 2011, 241.) Kuvassa 4 esitetään pohjaaniskutaivutuksen periaate.



Kuva 4. Pohjaaniskutaivutuksen periaate. (Matilainen ym. 2011, 241)

## 6.2 Särmättävyyden testaus

Särmäystavasta riippuen aluksi säädetään takavaste, jotta särmäys saadaan tehtyä halutulle kohdalle eli raepuhalletulle kohdalle. Takavastetta siirtämällä pystytään vaihtamaan särmäystapa, joka voi olla esimerkiksi z-muotoinen tai v-muotoinen särmäys. Puristimen alatyökalu pidetään särmäyستestin aikana samana, mutta ylätyökalua vaihdetaan suunnitellun taivutussäteen mukaan. Ylätyökaluja ei ole kaikissa kokoluokissa, joten joudutaan käyttämään fyllilevyjä. Fyllilevy tulee ylätyökalun ja särmättävän kappaleen väliin. Levyn tarkoitus on kasvattaa painimen sädettä R haluttuun kokoon. Esimerkiksi mikäli särmäyksessä tarvitaan sädeksi R15 ja ylätyökaluksi löytyy ainoastaan R12,5, saadaan 2,5 mm paksulla fyllilevyllä aikaan oikea R. Kuvassa 5 on esitelty fyllilevy.



Kuva 5. Fyllilevy (Tulkki 2015, 33)

Joka kerta, kun ylätyökalua vaihdetaan ja painimen säde muuttuu, särmätään yksi näyte, josta toteutunut kulma mitataan. Jos haluttu kulma on  $90^\circ$  ja mitattu kulma on tästä huomattavasti poikkeava, säädetään painimen iskunpituutta. Kulman ollessa alle  $90^\circ$  iskunpituutta pienennetään, koska tällöin isku menee liian pitkälle ja samalla kulma muuttuu liian pieneksi. Kun oikea kulma löydetään, varsinaiset kokeet pystytään aloittamaan. Jokaisen kokeen jälkeen kirjataan saadut tulokset mittauspöytäkirjaan.

## 7 KOEMATERIAALIT JA MENETELMÄT

### 7.1 Koemateriaalit

Työssä tutkittava koemateriaali oli SSAB Europe Oy:n ultraluja teräslaji Strenx 700E. Koemateriaali täyttää standardissa SFS-EN 10025-6 S690QL-teräkselle asetetut vaatimukset. Taulukossa 1 on annettu standardin mukaiset kemiallisen koostumuksen rajat ja taulukossa 2 mekaaniset ominaisuudet.

Taulukko 1. S690QL-teräksen kemiallinen koostumus (SFS 2009, 26)

Teräslaji	Laatuluokka	C % max.	Si % max.	Mn % max.	P % max.	S % max.	N % max.	B % max.	Cr % max.	Cu % max.	Mo % max.	Nb % max. <sup>b</sup>	Ni % max.	Ti % max. <sup>b</sup>	V % max. <sup>b</sup>	Zr % max. <sup>b</sup>
Kaikki	(ei tunnusta)				0,025	0,015										
	L	0,20	0,80	1,70	0,020	0,010	0,015	0,0050	1,50	0,50	0,70	0,06	2,0	0,05	0,12	0,15
	L1				0,020	0,010										

<sup>a</sup> Tuotteen paksuudesta ja valmistusmenetelmästä riippuen valmistaja voi lisätä teräkseen yhtä tai useampia seosaineita aina enimmäispitoisuuteen asti vaadittujen ominaisuuksien saavuttamiseksi (ks. 7.2.2).

<sup>b</sup> Hienorakeisuuden varmentavia alkuaineita on oltava vähintään 0,015 %. Alumiini on myös yksi näistä alkuaineista. Vähimmäispitoisuusvaatimus 0,015 % koskee liukoista alumiinia, jolloin kokonaisalumiinipitoisuuden on oltava vähintään 0,018 %. Kiistatapauksissa on määritettävä liukoisen alumiinin pitoisuus.

Taulukko 2. S690QL-teräksen mekaaniset ominaisuudet (SFS 2009, 28)

Nimike	Ylempi myötöraja $R_{eH}$ vähintään MPa <sup>a</sup> Nimellispaksuus mm	Murtolujuus $R_m$ MPa <sup>a</sup> Nimellispaksuus mm			Murtovenymä vähintään % $L_0 = 5,65$ $\sqrt{s_0}$	
		$\geq 3$ $\leq 50$	$> 50$ $\leq 100$	$> 100$ $\leq 150$		
EN 10027-1  A1> tekstiä poistettu <A1	EN 10027-2	$\geq 3$ $\leq 50$	$> 50$ $\leq 100$	$> 100$ $\leq 150$		
S690Q S690QL S690QL1	1.8931 1.8928 1.8988	690	650	630	770...940 760...930 710...900	14

### 7.2 Raepuhalluskokeet

Raepuhalluskokeissa sovellettiin tilastollista koesuunnittelua. Kokeissa tutkittiin kolmen kahden tason muuttujan vaikutusta puhalletun levyn pinnankarheuteen ja särmättävyyteen. Koejärjestely oli tyypiltään  $2^3$  – faktorikoe. Tutkittavat parametrit olivat: 1. puhalluskulma ( $^\circ$ ), 2. puhalluspaine (bar) ja 3. näytteen liikenopeus (m/min). Tilastolliseen koesuunnitteluun käytettiin Minitab®17-ohjelmistoa. Raepuhalluskokeet tehtiin taulukossa 3 annetun koematriisin mukaisesti. Jokaisella parametriyhdistelmällä (koesarjat A, B, C ja D) puhallettiin 20 kpl 300 x 300

x 10mm<sup>3</sup> kokoisia koelevyjä (Kuva 6) molemmin puolin. Verrokkina särmäystesteissä käytettiin koesarjaa E, jota ei ollut raepuhallettu.

Taulukko 3. Työssä käytetty koematriisi koesarjoille A, B, C ja D

Koesarja	Kulma	Nopeus	Paine
A	45	3,82 m/min	5,3 bar
B	45	2,31 m/min	2,5 bar
C	30	2,31 m/min	5,3 bar
D	30	3,82 m/min	2,5 bar



Kuva 6. Strenx 700E koelevy

### 7.3 Puhalluslaitteisto

Raepuhallukset tehtiin Outokummun Tornion tehtaiden tutkimuskeskuksen metalliteknologian laboratorion FinnBlast-puhalluslaitteistolla. Kuvassa 7 on esitetty FinnBlastin-raepuhalluslaitteisto. Puhallusmateriaali toimitettiin SSAB:n Raahen tehtaiden EKT-linjalta.





Kuva 7. FinnBlast-raepuhalluslaitteisto

Työssä käytettiin SSAB:n toimittamaa puhallusmateriaalia. Materiaali oli PRO-MIX 540P7-teräskuulaseosta. Se oli halkaisijaltaan 0,5 – 1,0 mm olevia marteniittisia teräskuulia, joiden kovuus vaihteli ainestodistuksen mukaan välillä 450 – 550HV. Seoksen kemiallinen koostumus oli taulukon 4 mukainen (Kesti 2017).

Taulukko 4. Puhallusmateriaalin kemiallinen koostumus. (Kesti 2017)

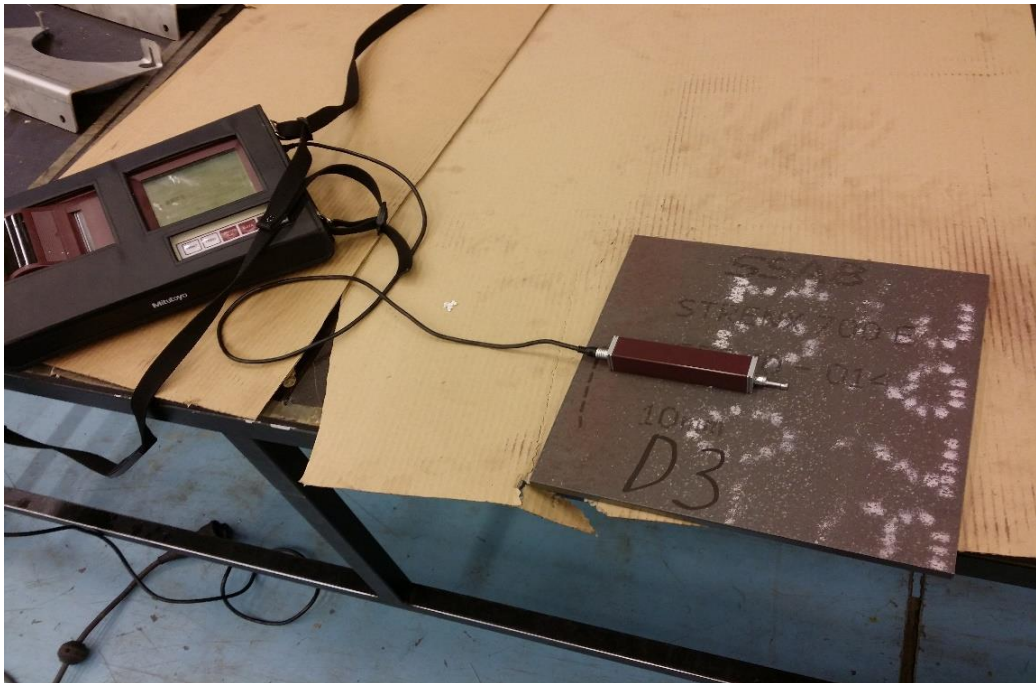
<b>C</b>	<b>Mn</b>	<b>Si</b>	<b>S</b>	<b>P</b>
<b>0.8 - 1.2%</b>	<b>0.6 - 1.2%</b>	<b>0.4 - 1.2%</b>	<b>&lt; 0.05%</b>	<b>&lt; 0.04%</b>

Raepuhalluskokeet aloitettiin säätämällä laitteistoon halutut parametrit. Tämän jälkeen noin kymmenen levyä nostettiin kuljettimelle, joka kuljetti levyt halutulla nopeudella automaattisesti puhallukseen ja toi takaisin lähtöpisteeseen. Kaikki levyt puhallettiin molemmilta puolilta.

#### 7.4 Pinnankarheusmittaukset

Jokaisesta raepuhalletusta näytelevystä mitattiin pinnankarheuden  $R_a$  ja  $R_z$  arvot kuudesta (6) satunnaisesta kohdasta, joista kolme (3) mittausta tehtiin levyn yläpuolelle ja kolme (3) alapuolelle. Mittaukset tehtiin valssaussuuntaan nähden poikittain. Mittaustuloksia saatiin jokaisesta levystä 12 kpl ja kokonaismääräksi kaikki koesarjat mukaan lukien 960 kpl.

Kahdesta puhaltamattomasta levystä tehtiin referenssimittaukset. Pinnankarheet mitattiin Mitutoyo Surftest SJ-301 mittaustilteistolla. Kuvassa 8 on esitetty työssä käytetty mittaustilteisto.



Kuva 8. Mitutoyo Surftest SJ-301 mittaustilteisto.

#### 7.5 Särmäystestit

Särmäystestit tehtiin Torniossa Ammattiopisto Lappian metallihallin Amada HFP 130-3 särmäyspuristimella (Kuva 9). Särmäystesteissä tavoitteena oli määrittää minimitaivutussäde jokaiselle raepuhalluksen koesarjalle. Minimitaivutussäde on pienin taivutussäteen arvo, jonka särmättävä kappale kestää murtumatta käyttökelvottomaksi. Tässä työssä minimitaivutussäde määritettiin jokaiselle koesarjalle soveltamalla Lapin ammattikorkeakoulun Arctic Steel and Mining (ASM) TKI-

ryhmän särmäystesteissä käyttämää metodia, jossa särmäämiseen käytettävän painimen sädettä pienennettiin säännöllisin välein. Painimen säde oli aluksi R20 ja tästä vähitellen pienennettiin sädettä siihen pisteeseen saakka, että saatiin särmättävä levy murtumaan särmäyksen seurauksena. Säde saatiin pienemmäksi käyttämällä pienempisäteistä paininta ja tarvittaessa siihen yhdistettyä fyllilevyä.

Minimitaivutussäde riippuu painimen säteestä ja särmättävän kappaleen ainevahvuudesta, minkä takia se ilmoitetaan yksikössä R/t, jossa t tarkoittaa ainevahvuutta ja R painimen sädettä millimetreissä. Tässä tapauksessa ensimmäisten särmäyksien jälkeen  $R/t = 2$ , sillä ainevahvuus kaikilla särmätyillä levyillä oli sama 10mm. Minimitaivutussäde määritettiin sekä poikittain (po) että pitkittäin (pi) valssaussuuntaan nähden.



Kuva 9. Amada HFP 130-3 särmäyspuristin

Kaikki särmätyt levyt arvioitiin SSAB:n vertailupalasarjan mukaan asteikolla 1-7. Vertailupalasarjassa näyte 1 edustaa virheetöntä särmää ja virheluokka kasvaa asteittain virheluokkaan 7 saakka, joka on avomurtuma. Särmäyksessä syntyvät kuroumajuovat ovat sitä pahemmat, mitä pienempään taivutussäteeseen mennään. Arviointi suoritettiin silmämääräisesti. Kuvassa 10 nähdään vertailupalasarja, jossa äärimmäisenä vasemmalla oleva näyte edustaa virheluokkaa 7 ja

äärimmäisenä oikealla oleva virheluokkaa 1. Tässä työssä hyväksytyt särmä edusti luokkaa 2 ( $R_{\min 2}$ ) ja hylätty särmä luokkaa 4 – 7. Luokkaa 3 ( $R_{\min 3}$ ) edustava särmä katsottiin sellaiseksi, että se on hyväksyttävissä, mutta sisältää kuitenkin riskin siihen, että särmän ulkoreunan pinnanlaatu ei ole täysin virheetön.



Kuva 10. Vertailupalasarja (Tulkki 2015, 36)

Suurin osa testeistä tehtiin z-särmäyksenä, mutta osalle levyistä oli pakko tehdä v-särmäys pinnassa olleiden viirujen takia. Nimitykset z- ja v-särmäys tulevat kirjaimen muodosta, jollaiseksi levy muuttuu särmäyksestä. V-särmäyksessä tyypillisesti levy taivutetaan keskeltä ja z-särmäyksessä taivutettava levy käännetään toisinpäin ensimmäisen särmäyksen jälkeen. Käännetylle levyille suoritetaan toinen särmäys, joka on ikään kuin peilikuva ensimmäiselle särmäykselle, jolloin kappaleesta tulee z-kirjaimen muotoinen.

Minimitaivutussädettä määritettäessä tulokset kirjattiin ylös särmäyspöytäkirjaan. Jokaiselle koesarjalle haettiin ensiksi hylättyyn särmäykseen johtanut minimitaivutussäde  $R/t$ . Hylätylle särmälle ei tehty toistoja, koska käytetyn metodin mukaan yksi hylätty arvo riitti. Hylätyn arvon löydyttyä pienennettiin taivutussädettä ja haettiin hyväksytyt minimitaivutussäde. Tätä tulosta edustivat minimitaivutussäteen arvot  $R_{\min 2}$  ja  $R_{\min 3}$ . Ne olivat kummatkin hyväksytyt minimitaivutussädeitä, mutta  $R_{\min 2}$  arvo katsottiin ns. riskittömäksi eli särmän alueella ei ollut mitään pintavikoja. Arvolla  $R_{\min 3}$  merkityissä tapauksissa särmän alueella oli lieviä

pintavikoja, jotka eivät olleet tarpeeksi suuria särmän hylkäämiseksi. Hyväksytyjen minimitaivutusäteiden löydyttyä tehtiin toistokertoja löydyillä arvoilla tuloksen varmistamiseksi. Tämä kirjattiin särmäyksistä tehtyyn yhteenvetoon otsikolla "Meters". Kirjattu arvo tarkoittaa yhteenlaskettua toistokerroista muodostunutta särmäyspituutta. Tässä työssä särmätyt levyt olivat pituudeltaan 300 mm eli 0,3 m eli, kun "meters" arvo on 0,6 on toistokokeita tehty 1, arvo 1.8 tarkoittaa puolestaan viittä toistokoetta.

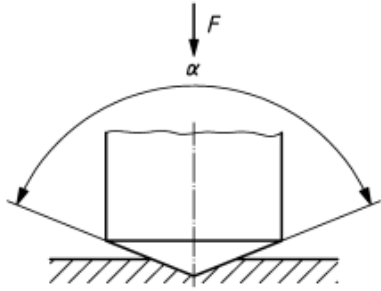
Särmäystesteistä laadittiin särmäyspöytäkirja ASM TKI – ryhmän erityisasiantuntija DI Raimo Ruopan avustuksella. Pöytäkirjaan merkittiin tarvittavat tiedot jokaisesta särmäyksestä:

- näytetunnus- ja numero
- näytekoko
- särmäyssuunta- ja muoto
- painimen koko
- painimen iskunpituus
- alatyökalun mitat
- painimen koon ja ainevahvuuden välinen suhde  $R_p/t$

Pöytäkirjaan merkittiin myös jokaisen levyn kohdalle hyväksyty/hylätty.

## 7.6 Mikrokovuusmittaukset

Mikrokovuuskoetta suoritetaan standardin SFS-EN ISO 6507-1 mukaan. Kuormituskoeteossa oli 5 gf. Standardi määrittää tarkasti, miten koetta täytyy tehdä kappaleelle. Koetta on Vickersin kovuuskoetta metalleille. Siinä kappaleen pintaa painetaan kohtisuorasti säännöllisen pyramidin muotoisella paininkärjellä tietyn ajan. Kovuuskoeteossa saatu kovuus (HV) kertoo koevoiman ja painuman pinta-alan suhteen. Kuviossa 10 esitetään peruseräite Vickersin kovuuskoeteolle.



Kuvio 10. Vickersin kovuuskoe (SFS. 2006, 12)

Kovuuskoetta varten tutkittavasta materiaalista tehdään hie. Hie saadaan valamalla tutkittava materiaali pienen napin sisälle. Tämän jälkeen sen pinta hiotaan kiiltäväksi hiomapaperia ja timanttitahnaa käyttäen. Ennen kovuuskoetta hie täytyy syövyttää hapolla, jotta materiaalin raerajat tulevat näkyviin. Kuvassa 11 on esitelty valmis hie.



Kuva 11. Valmis hie

### 7.7 Tulosten tilastollinen käsittely

Koska tilastollinen koesuunnittelu tehtiin Minitab®17-ohjelmistolla, pystyttiin tulosten analysointi tekemään sen analyysitoiminnoilla.

## 8 TULOKSET

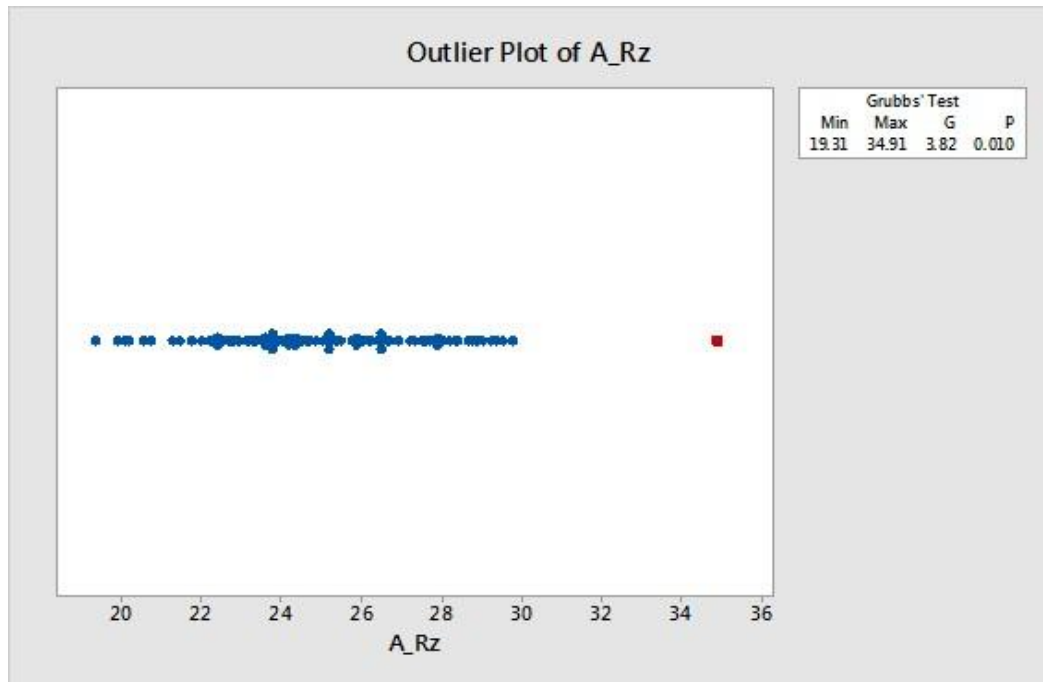
### 8.1 Pinnankarheus

Esimerkki välittömistä pinnankarheuden mittaustuloksista on annettu taulukossa 5, jossa nähdään parametriyhdistelmällä A puhalletuista levyistä mitatut pinnankarheudet. Täydelliset mittaustulokset kaikille parametriyhdistelmille on annettu erillisessä liitteessä (Liite 1).

Taulukko 5. Koesarja A puhallettujen koelevyjen pinnankarheudet

Pinnankarheustulokset STREX 700E 300x300x10												
	Yläpuoli Ra			Yläpuoli Rz			Alapuoli Ra			Alapuoli Rz		
A1	5,22	4,1	5,1	26,6	22,67	29,79	4,39	4,88	5,33	23,15	27,72	26,23
A2	4,39	4,41	4,73	24,51	23,75	25,35	3,54	4,67	4,17	22,72	23,31	25,1
A3	4,48	4,88	5,22	23,48	29,52	29,23	3,7	5,17	5,2	21,98	27,89	27,55
A4	4,16	5,31	4,28	23,91	27,87	23,57	4,87	4,33	4,66	22,76	22,8	25,4
A5	4,61	4,43	5,66	22,92	25,32	27,59	4,88	5,37	4,76	28,32	25,94	26,48
A6	3,74	5,62	4,27	20,05	28,05	25,3	4,81	5	5,02	25,16	26,13	28,17
A7	4,77	3,68	6,16	24,24	19,31	28,87	4,62	4,3	4,21	25,87	20,17	22,38
A8	4,5	3,96	5	23,49	22,37	29,38	4,5	4,95	5,08	25,15	24,32	27,5
A9	3,94	5	4,48	23,87	29,01	23,57	4,5	4,17	4,81	25,98	24,01	25,87
A10	4,62	4,2	5,24	24,84	21,71	29,35	5,85	5,23	4,59	28,39	26,7	24,83
A11	4,53	4,38	4,6	23,75	24,32	23,32	4,69	4,11	5,87	24,16	24,68	28,03
A12	4,32	5,78	4,79	22,24	28,89	23,75	4,61	4,37	4,69	28,84	21,42	25,84
A13	5,42	5,12	4,73	28,65	25,9	25,31	4,99	3,66	4,14	26,04	22,45	22,18
A14	4,98	4,2	5,13	29,24	23,34	24,59	4,65	5,17	4,89	24,23	25,01	25,37
A15	4,81	4,47	5,26	26,45	24,43	28,76	5,32	5,28	4,74	27,89	22,86	26,48
A16	4,91	4,24	4,55	25,77	25,73	23,86	4,96	4,11	4,38	26,92	22,68	23,25
A17	3,97	4,59	4,02	20,69	26,48	22,38	4,9	4,98	4,74	27,66	26,39	25,45
A18	4,25	3,91	4,41	22,5	21,25	22,62	4,35	4,56	4,35	19,85	24,06	23,26
A19	4,35	4,68	4,86	25,18	25,18	27,31	4,48	5,24	4,62	23,44	27,19	25,18
A20	4,25	4	7,28	24,61	20,5	34,91	4,2	3,61	4,55	24,16	22,51	23,09

Saaduille tuloksille tehtiin Grubbsin testi, jolla poikkeavat havainnot (engl. outlier) saatiin poistettua tuloksista. Kuviossa 11 nähdään esimerkkinä parametriyhdistelmällä A puhallettujen koelevyjen pinnankarheuden arvoille tehdyn Grubbsin testin tulos. Kuvan mukaisesti poikkeava havainto näkyy testissä punaisena merkinä ja erottuu selvästi muista saaduista tuloksista. Kyseinen havainto poistetaan tulosjoukosta ennen tilastollisen analysoinnin tekemistä. Kuvan perusteella on helppo ymmärtää, että tällaiset poikkeavat havainnot vääristävät tuloksia ja esim. aritmeettinen keskiarvo voi muuttua selvästikin niiden takia. Aineistosta löytyi yhteensä 4 kpl poikkeavia havaintoja, jotka poistettiin.



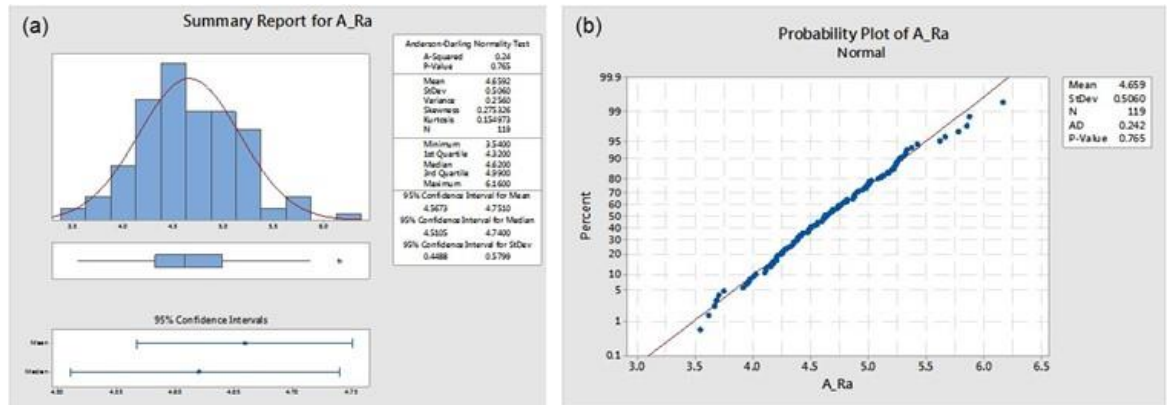
Kuvio 11. Grubbsin testi

Taulukossa 6 on annettu mittauksista lasketut tilastolliset tunnusluvut (keskiarvo, mediaani, standardihajonta  $\sigma$  sekä minimi- ja maksimiarvot). Kuviossa 12 a on esitetty esimerkkinä Minitab®17 tehty tilastollisten tunnuslukujen graafinen yhteenveto, josta nähdään, että aineisto on kohtuullisen hyvin normaalijakautunut. Tämän oletuksen varmistaa kuvassa 12 b esitetty Andersson-Darling testin tulokset, jossa p – arvo  $0.765 \gg 0.05$  ja nollahypoteesi  $H_0$ , jonka mukaan data on normaalijakautunutta, on voimassa.

Taulukko 6. Pinnankarheusmittausten tilastolliset tunnusluvut

	Näyte- sarja	n [kpl]	k.a. [ $\mu\text{m}$ ]	mediaani [ $\mu\text{m}$ ]	$\sigma$ [ $\mu\text{m}$ ]	minimi [ $\mu\text{m}$ ]	maksimi [ $\mu\text{m}$ ]
Ra	A	119	4.66	4.62	0.51	3.54	6.16
	B	120	3.37	3.33	0.49	2.39	4.97
	C	120	5.21	5.25	0.52	4.24	6.59
	D	119	3.47	3.31	0.65	2.41	5.51
	REF	30	6.13	5.86	1.23	4.31	9.39
Rz	A	119	25.00	25.01	2.42	19.31	29.79
	B	120	18.48	18.44	2.22	14.22	25.20
	C	120	27.57	27.23	2.61	22.73	34.64
	D	119	19.10	18.46	3.05	13.91	29.18
	REF	30	31.27	30.93	5.02	23.05	42.35





Kuvio 12. Koesarja A Ra – mittaukset: a) graafinen yhteenveto, b) Andersson – Darling (AD) testin tulokset

## 8.2 Särmäystestit

Särmäystestien tulokset kirjattiin Excel-taulukkoon. Taulukossa 7 on annettu esimerkki yhden särmäystestin jälkeen tehdyistä kirjauksista. Täydelliset särmäyspöytäkirjat on esitetty erillisessä liitteessä (LIITE 2).

Taulukko 7. Särmäyspöytäkirjan merkintä

Date	Material ID(nr.)	Sample ID(nr.)	Sample size (mm)			Rolling Direction	Test nr.		Särmäys muoto	Rolling Direction	Tension Side	W (Die)	
			t	l	b		1	A				in.	mm
25.1.2017	A	1	10	300	300	Pl	1	A	Z	L	B	4,252	108

R <sub>p</sub>		W/t	R <sub>p</sub> /t	R <sub>i</sub>	R <sub>d</sub> /R <sub>p</sub>	R <sub>d</sub>	Y	Force	Bend °	Bend °	Bend °	Spring	Result	Grade from
in.	mm													
0,787	20,0	10,8	2,00	19,0	0,95	8,0	-40,10		90,1				pass	2

Jokaiselle koesarjalle määritettiin minimitaivutussäde. Yhteenveto särmäyskokeiden tuloksista on annettu taulukossa 8. Taulukossa punainen merkintä FAIL tarkoittaa sitä, että särmäyksessä on käytetty minimitaivutussädettä pienempää sädettä, jolloin levy on luokiteltu. Keltainen merkintä vastaa vertailupalasarjan asteikon arvoa 3 ( $R_{\min 3}$ ) ja vihreä merkintä arvoa 2 ( $R_{\min 2}$ ). Minimitaivutussäteen löydyttyä tehtiin sillä toistokokeita, joiden yhteenlaskettu särmäyspituus [m] näkyy taulukon Meters - riveillä.

Taulukko 8. Särnäyskokeiden tulosten yhteenveto

Result	Grade	A		B		C		D		E	
		PO	PI	PO	PI	PO	PI	PO	PI	PO	PI
FAIL (R/t)	4	0,50	0,50		0,50	0,75	1,25	0,50	0,50		0,50
PASS (R/t)	3	0,75	0,75	0,30	0,75	1,00		0,75	0,75	0,30	0,75
Meters		1,2	1,2	0,6	1,2	1,8		1,2	1,2	1,8	1,8
PASS (R/t)	2	1,00	1,25	0,75	1,00	1,25	1,50	1,00	1,25	1,00	1,00
Meters		0,6	0,6	0,6	0,6	1,8	2,1	0,6	0,6	1,2	1,2

### 8.3 Mikrokovuuskokeet

Mikrokovuuskokeita tehtiin puhaltamattomalle koesarjasta E ja voimakkaasti puhalletulle koesarjasta C leikatuille näytteille. Mikrokovuusmittauksia tehtiin näytteen poikkileikkauksesta 10 kpl mahdollisimman läheltä pintaa ja 10 kpl keskeltä näytettä. Taulukossa 9 on annettu mikrokovuusmittausten välittömät tulokset ja niistä lasketut tilastolliset tunnusluvut.

Taulukko 9. Mikrokovuusmittausten tulokset

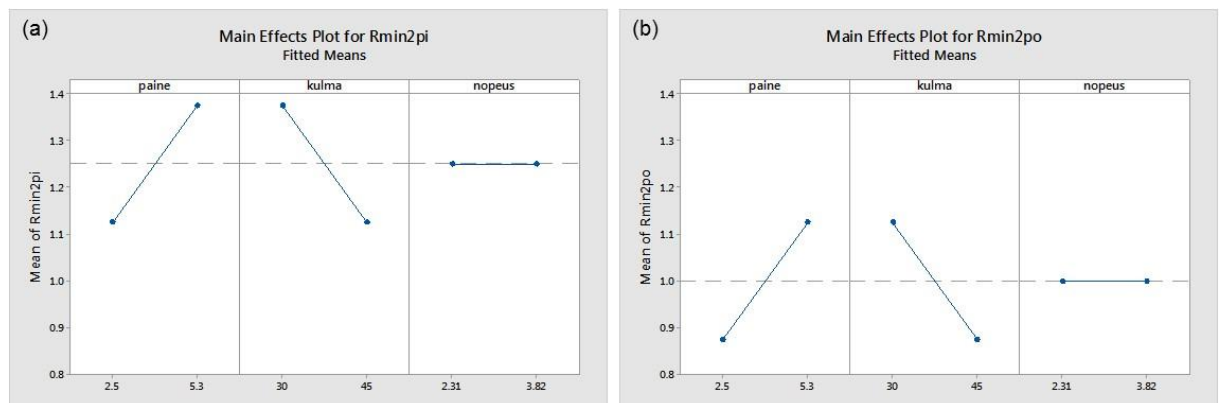
Koesarja	C		E	
	pinta	keski	pinta	keski
	HV0.05	HV0.05	HV0.05	HV0.05
	255	238	204	239
	212	251	227	241
	228	253	204	251
	225	243	225	247
	222	245	227	241
	209	268	212	260
	225	234	217	240
	213	238	220	245
	217	241	206	249
	220	243	210	245
k.a.:	223	245	215	246

## 9 TULOSTEN TARKASTELU

### 9.1 Raepuhalluksen vaikutukset Strenx 700E teräksen särmättävyyteen

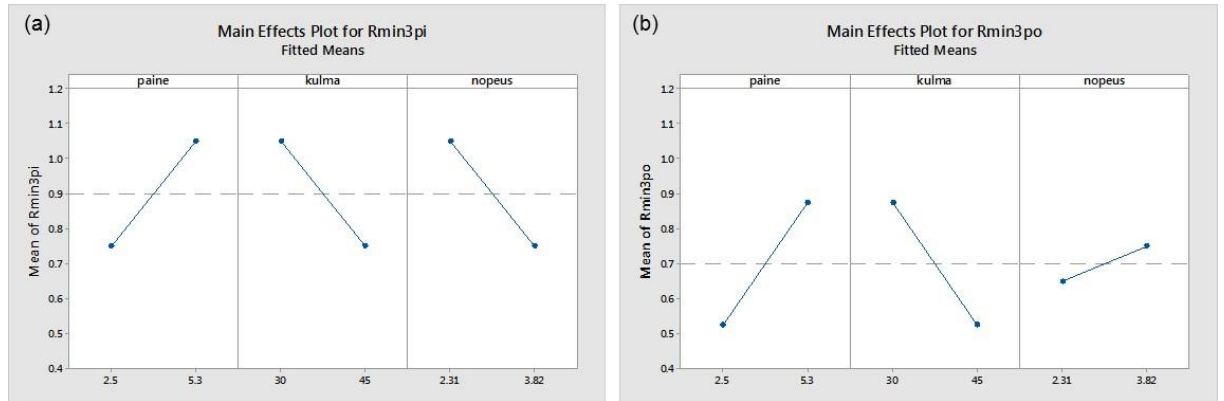
Särmäystestien tulokset osoittivat, että koesarja C:n särmättävyys oli huonoin. A:ssa ja D:ssä särmättävyys säilyi samanlaisena. Koesarja B:n särmättävyys oli yhtä hyvä kuin valssihilsepintaisessa koesarja E:ssä. Näissä koesarjoissa särmäys hyväksyttiin minimitaivutussäteen ollessa poikittain särmätessä R3 ja pitkittäin R7,5.

Raepuhallusparametrit vaikuttavat suoraan Strenx 700E:n särmättävyyteen. Kuviossa 13 on esitetty Minitab®17-ohjelmistolla vasteelle  $R_{\min 2}$  tehdyt päävaikutuskuvaajat. Niiden perusteella raepuhallusparametrien vaikutus on yhtenevä molempiin suuntiin särmättäessä. Puhalluspaine ja –kulma vaikuttavat  $R_{\min 2}$  – arvoon yhtä paljon, mutta vastakkaiseen suuntaan. Näytteen liikenopeudella ei ole mitään vaikutusta  $R_{\min 2}$  – arvoon.



Kuvio 13. Minitab®17 ohjelmistolla tehdyt päävaikutus – kuvaajat ("Main Effects Plot"): a)  $R_{\min 2po}$ , b)  $R_{\min 2pi}$

Kuviossa 14 on esitetty vasteen  $R_{\min 3}$  päävaikutuskuvaajat. Puhalluspaineen ja –kulman vaikutukset ovat yhteneväiset vasteen  $R_{\min 2}$  kanssa. Näytteen liikenopeus sen sijaan vaikuttaa epämääräisesti. Sen kasvattaminen pienentää  $R_{\min 3}$  – arvoa särmättäessä levy pitkittäin valssaussuuntaan nähden, mutta suurentaa  $R_{\min 3}$  – arvoa valssaussuuntaan poikittain särmättäessä, vaikutuksen ollessa tosin hyvin pieni.



Kuvio 14. Minitab®17 ohjelmistolla tehdyt päävaikutus – kuvaajat ("Main Effects Plot"): a)  $R_{\min 3po}$ , b)  $R_{\min 3pi}$

Minimitaivutussäteelle saatiin seuraavat regressiomallit:

$$R_{\min 2pi} = 1.527 + 0.08929 \text{ paine} - 0.01667 \text{ kulma} \quad (1)$$

$$R_{\min 2po} = 1.277 + 0.08929 \text{ paine} - 0.01667 \text{ kulma} \quad (2)$$

$$R_{\min 3pi} = 1.841 + 0.1071 \text{ paine} - 0.02 \text{ kulma} - 0.1987 \text{ nopeus} \quad (3)$$

$$R_{\min 3po} = 0.8845 + 0.1250 \text{ paine} - 0.02333 \text{ kulma} + 0.06623 \text{ nopeus} \quad (4)$$

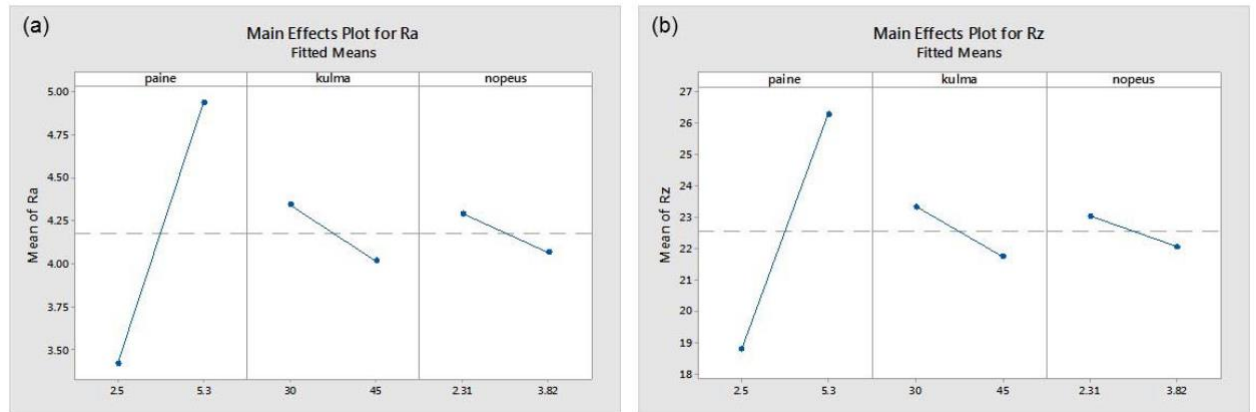
Painetta kasvattamalla materiaalin pinta puhdistuu paremmin, mutta samalla se muokkauslujittuu. Särmäyksessä lujittunut pinta halkeilee helpommin ja samalla syntyy kuroumajuovia pinnan venyttyä.

## 9.2 Raepuhalluksen vaikutus pinnankarheuteen

Pinnankarheusmittauksissa syntyi selviä eroja eri koesarjojen välille. Suurimmat pinnankarheuden  $R_a$  - ja  $R_z$  - arvot olivat koesarjoilla A ja C. Näissä käytettiin suurta puhalluspainetta verrattuna koesarjoihin B ja D.

Tulokset analysoitiin Minitab®17-ohjelmistolla. Kuviossa 15 on esitetty puhalluspaineen, -kulman ja näytteen liikenopeuden vaikutukset pinnankarheuden  $R_a$  - ja  $R_z$  - arvoihin. Kuvasta nähdään, että puhalluspaineella on selvästi suurin vaikutus  $R_a$  - arvoon. Sen kasvattaminen nostaa pinnankarheutta selvästi ( $R_a$  arvo kasvaa  $3,5 \rightarrow n. 5 \mu\text{m}$  ja  $R_z$   $19 \rightarrow$  yli  $26 \mu\text{m}$ :iin). Puhalluskulman ja koelevyn liikenopeuden vaikutukset ovat huomattavasti lievempiä ja niiden kasvattaminen

pienentää pinnankarheutta. Tulokset ovat loogisia, koska puhalluspaineen kasvattaminen nostaa kuulan liike-energiaa, jolloin rakeet uppoavat syvemmälle teräksen pintaan. Se, että puhalluskulman kasvattaminen pienentää pinnankarheutta johtuu todennäköisesti siitä, että pienemmälle kulmalla muodostuu vähemmän ”raeryppäitä” ja yksittäiset rakeet pääsevät näin vaikuttamaan tehokkaammin pintaan.



Kuvio 15. Minitab®17 ohjelmistolla tehdyt ”Main Effects Plot” - kuvaajat: a)  $R_a$  ja b)  $R_z$

Kuten särmättävyydessä puhalluspaine on kriittisin parametri. Pinnankarheusarvot  $R_a$  ja  $R_z$  olivat paljon suurempia koesarjoissa, joissa puhalluspaine oli asetettu 5,3 bariin. Tämä tarkoittaa sitä, että pintaan on syntynyt isompia ”kuoppia” paineen ja puhallusmateriaalin yhteisvaikutuksesta. Puhalluskulma vaikuttaa myös pinnankarheusarvoihin, sillä kulman ollessa  $45^\circ$  puhallusmateriaali sinkoutuu materiaalia vasten kovemmin kuin kulman ollessa  $30^\circ$ . Mitä jyrkemmässä kulmassa puhallusmateriaali sinkoutuu, sitä enemmän materiaalin pinta karhentuu. Loivalla kulmalla pinnan peittosuhte kasvaa, mutta pinta ei karhene niin paljoa mitä jyrkällä kulmalla.

Pinnankarheuden keskiarvojen pohjalta tehtiin Minitab17-ohjelmistolla regressiomallit  $R_a$  - ja  $R_z$  - arvoille:

$$R_a = 3.337 + 0.5411 \text{ paine} - 0.02167 \text{ kulma} - 0.1490 \text{ nopeus} \quad (5)$$

$$R_z = 18.06 + 2.677 \text{ paine} - 0.1063 \text{ kulma} - 0.6457 \text{ nopeus} \quad (6)$$

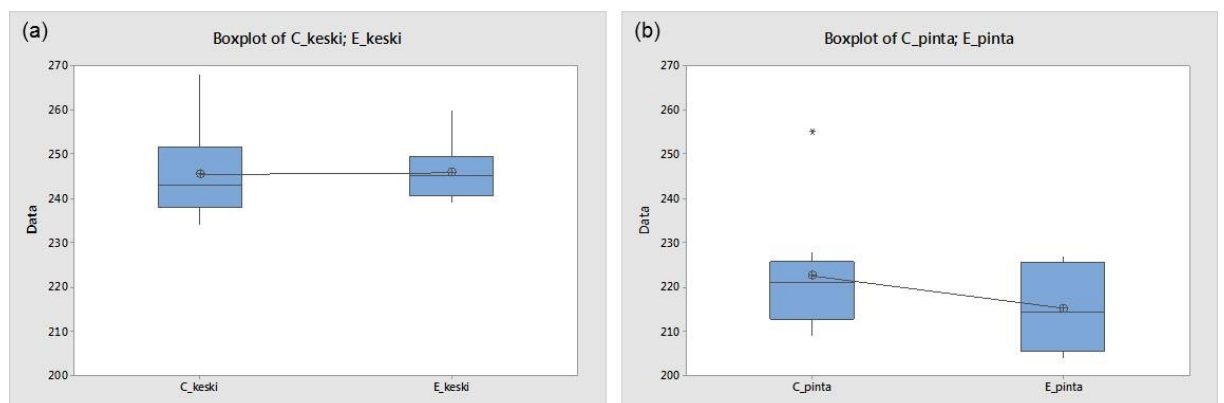
Tulosten perusteella pinnankarheuden  $R_a$  - ja  $R_z$  - arvot ovat kytköksissä särmättävyyteen. Kun levyn pinnankarheus oli suuri, sen särmättävyys oli heikompaa

verrattuna levyihin, joiden pinnankarheusarvot olivat pieniä. Tämä johtuu todennäköisesti siitä, että suuri pinnankarheus korreloi pintakerroksen muokkauslujittumisen kanssa ja merkitsee sitä, että pinnankarheusmittauksia voitaisiin käyttää särmättävyyden ennustamiseen. Riittävällä otannalla voitaisiin määrittää regressiomalli pinnankarheuden ja särmättävyyden välille.

### 9.3 Mikrokovuusmittauksen soveltuvuus muokkauslujittuneen kerroksen tutkimiseen

Teräs muokkauslujittuu raepuhalluksen vaikutuksesta ja särmäyksen jälkeen särmässä tapahtuu lisää lujittumista venymis-puristumisilmiön takia. Puhallus vaikuttaa ainoastaan teräksen pintakovuuteen. Puhaltamaton valssihilsepintainen teräs on pehmeämpää pinnasta kuin keskeltä valssauksessa syntyvän paksuussuunnassa epähomogeenisen muokkauksen vaikutuksesta. (Kesti 2017)

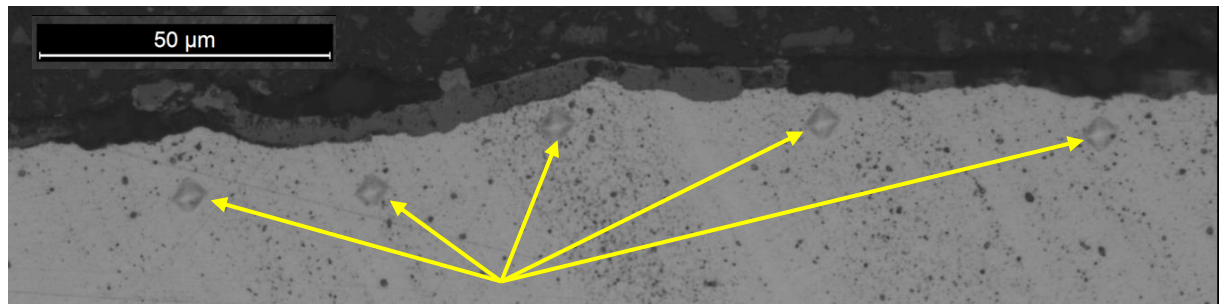
Kuviossa 16 on esitetty Minitab®17 ohjelmistolla C ja E koesarjan näytteiden mikrokovuusmittauksille tehdyn t-testin tuloskuvaaja. Näytteiden keskeltä mitatuissa kovuuksissa ei näytä olevan mitään eroa (ks. kuva 27 a), jota myös t-testin p – arvo ( $p = 0.000$ ) tukee. Kun  $p < 0.05$ , niin mittaussarjojen keskiarvoissa ei ole tilastollisesti merkittävää eroa. Sen sijaan näytteiden pinnasta mitattujen mikrokovuusien t-testin  $p = 0.162$  eli kovuudet poikkeavat keskimäärin toisistaan, mikä näkyy myös kuvasta 27 b.



Kuvio 16. Mikrokovuusmittaustuloksille tehtyjen t-testien tuloskuvat: a) koesarjan C ja E näytteiden keskeltä mitatut kovuudet ja b) koesarjan C ja E näytteiden pinnasta mitatut kovuudet

Tulokset osoittavat, että tehdyllä mikrokovuusmittauksella kyettiin havaitsemaan teräksen pinnan alla tapahtunut kovuuden nousu eli menetelmää voidaan soveltaa muokkauslujittuneen kerroksen määrittämiseen.

Kuvasta 12 nähdään, kuinka läheltä materiaalin pintaa kovuusmittaukset pystyttiin suorittamaan. Yksittäisen painuman lävistäjän pituus on n. 6 – 7  $\mu\text{m}$  ja kuvan perusteella painumat ovat pinnasta n. 1 – 1,5 lävistäjän mitan päässä.



Kuva 12. Mikroskooppikuva mittausjäljistä

## 10 POHDINTA

Työ onnistui mielestäni erittäin hyvin, sillä tutkimustuloksia saatiin todella kattavasti ja toimeksiantajan ongelmaan löydettiin vastaus. Työn päätarkoituksena oli tutkia raepuhallusparametrien vaikutusta särmättävyyteen ja tulokset kertovat, että parametreillä todellakin on vaikutus särmättävyyteen.

Työn ohessa mitattiin pinnankarheus, koska se oli näppärä mitattava eikä vienyt paljoa aikaa. Myös pieni otos kovuusmittauksiin suoritettiin. Työ oli kaikin puolin mielenkiintoinen ja antoi varmasti uutta tietoa kaikille osapuolille, jotka osallistui-  
vat työn läpiviemiseen.

Ennen tätä työtä en tiennyt, kuinka olisi järkevää suunnitella koejärjestely. Minitab®17-ohjelmistolla tehdyt koesuunnittelut mahdollistivat pienemmän koesarjan, mutta siitä huolimatta kokeissa tuli kaikki tarpeellinen tehtyä. Ilman ohjaavan opettajani TkL Timo Kaupin opastusta Minitab®17-ohjelmiston käyttöä varten työssä olisi tehty vaadittua enemmän toistokertoja ja koemäärä olisi kasvanut huomattavasti.

Seuraavassa aihepiiriin liittyvästä tutkimuksessa olisi hyvä raepuhaltaa joka toinen näyte poikittain valssaussuuntaan nähden. Tämä toimenpide vaikuttaisi pitkittäissuuntaisessa särmäämisessä, koska peittoalue riittäisi z-särmäykseen eikä ainoastaan v-särmäykseen. Myös seuraavassa tutkimuksessa voisi tutkia tarkemmin kovuutta, sillä tämä tutkimus toi ilmi, että sitä on mahdollista mitata hyvinkin pieneltä alueelta ja saada tarkat mittaustulokset.

Työ oli erittäin mielekäs tehdä, sillä kaikki esille tulleet asiat olivat uutta minulle.



## LÄHTEET

Aaltonen K., Andersson P., & Kauppinen V. 1997. Levytyö- ja työvälinetekniikat. Helsinki: WSOY

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

Hoppania, E. 2011. Koesuunnittelu polttimen tuotekehitysprojektissa Case: 11,1 MW monoblock-poltin. Lahden Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö

Honkala, M. 2011. Pinnankarheuden vaikutus Brinell-kovuusmittauksessa. Oulun seudun Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Kankaanranta, J. 2015. Koesuunnittelu – Tilastollisesta menetelmästä käytännön työkaluksi. Viitattu 13.02.2017. <http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/koesuunnittelu/>

Kesti, V. 2017. Puhallusmateriaali. Email Ansu.Sarkela@edu.lapinamk.fi 30.01.2017. Tulostettu 04.02.2017.

Kesti, V. 2017. SSAB Oy. Asiantuntijan haastattelu 15.02.2017.

Kuusela A., Jokinen I., & Nikkari T. 2001. Metallituotteiden maalaus. Jyväskylä: Gummerus.

Matilainen, J., Parviainen, M., Havas, T., Hiitelä, E. & Hultin, S. 2011. Ohutlevy- tuotteiden suunnittelijan käsikirja. Helsinki: Teknologainfo Teknova Oy.

Mitutoyo 2017. Pikaopas pinnankarheuden mittaukseen. Viitattu 13.02.2017. [http://mitutoyo.fi/files/5814/2599/2605/Quick\\_Guide\\_to\\_Surface\\_Roughness\\_FI\\_WEB.pdf](http://mitutoyo.fi/files/5814/2599/2605/Quick_Guide_to_Surface_Roughness_FI_WEB.pdf)

SFS-EN 10025-6 + A1, 2009. Hot rolled products of structural steels. Part 6: Technical delivery conditions for flat products of high yield strength structural steels in the quenched and tempered condition. Helsinki: SFS.

SFS-EN ISO 6507-1, 2006. Metallien Vickersin kovuuskoe. Osa 1: Menetelmä. Helsinki: SFS.

SSAB 2017a. Brändit. Viitattu 20.03.2017 <http://www.ssab.fi/tuotteet/brandit/strenx>

SSAB 2017b. Liiketoiminta. Viitattu 02.02.2017 <http://www.ssab.fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/liiketoiminta>

SSAB 2017c. SSAB lyhyesti. Viitattu 02.02.2017 <http://www.ssab.fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti>

Tulkki, N. 2015. Raepuhalluksen vaikutus kuumavalssattujen levytuotteiden sär-mättävyyteen. Lapin Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

## LIITTEET

Liite 1. Pinnankarheusmittauksien täydellinen tulostaulukko

Liite 2. Särmäspöytäkirja

## Pinnankarheuksien täydellinen tulostaulukko

Liite 1 1/2

Pinnankarheustulokset STREX 700E													
	Yläpuoli Ra			Yläpuoli Rz			Alapuoli Ra			Alapuoli Rz			
A1	5,22	4,1	5,1	26,6	22,67	29,79	4,39	4,88	5,33	23,15	27,72	26,23	
A2	4,39	4,41	4,73	24,51	23,75	25,35	3,54	4,67	4,17	22,72	23,31	25,1	
A3	4,48	4,88	5,22	23,48	29,52	29,23	3,7	5,17	5,2	21,98	27,89	27,55	
A4	4,16	5,31	4,28	23,91	27,87	23,57	4,87	4,33	4,66	22,76	22,8	25,4	
A5	4,61	4,43	5,66	22,92	25,32	27,59	4,88	5,37	4,76	28,32	25,94	26,48	
A6	3,74	5,62	4,27	20,05	28,05	25,3	4,81	5	5,02	25,16	26,13	28,17	
A7	4,77	3,68	6,16	24,24	19,31	28,87	4,62	4,3	4,21	25,87	20,17	22,38	
A8	4,5	3,96	5	23,49	22,37	29,38	4,5	4,95	5,08	25,15	24,32	27,5	
A9	3,94	5	4,48	23,87	29,01	23,57	4,5	4,17	4,81	25,98	24,01	25,87	
A10	4,62	4,2	5,24	24,84	21,71	29,35	5,85	5,23	4,59	28,39	26,7	24,83	
A11	4,53	4,38	4,6	23,75	24,32	23,32	4,69	4,11	5,87	24,16	24,68	28,03	
A12	4,32	5,78	4,79	22,24	28,89	23,75	4,61	4,37	4,69	28,84	21,42	25,84	
A13	5,42	5,12	4,73	28,65	25,9	25,31	4,99	3,66	4,14	26,04	22,45	22,18	
A14	4,98	4,2	5,13	29,24	23,34	24,59	4,65	5,17	4,89	24,23	25,01	25,37	
A15	4,81	4,47	5,26	26,45	24,43	28,76	5,32	5,28	4,74	27,89	22,86	26,48	
A16	4,91	4,24	4,55	25,77	25,73	23,86	4,96	4,11	4,38	26,92	22,68	23,25	
A17	3,97	4,59	4,02	20,69	26,48	22,38	4,9	4,98	4,74	27,66	26,39	25,45	
A18	4,25	3,91	4,41	22,5	21,25	22,62	4,35	4,56	4,35	19,85	24,06	23,26	
A19	4,35	4,68	4,86	25,18	25,18	27,31	4,48	5,24	4,62	23,44	27,19	25,18	
A20	4,25	4	7,28	24,61	20,5	34,91	4,2	3,61	4,55	24,16	22,51	23,09	

	Yläpuoli Ra			Yläpuoli Rz			Alapuoli Ra			Alapuoli Rz		
B1	3,25	2,88	3,48	18	15,1	20,47	3,16	2,99	2,59	16,52	15,3	14,8
B2	4,7	4,03	3,59	21,69	21,9	17,66	2,91	3,08	2,93	15,89	16,24	16,93
B3	4,16	3,5	3,48	21,96	20,38	18,13	3,29	3,66	2,74	18,48	19,6	15,31
B4	3,95	2,56	2,78	18,44	14,98	15,53	2,91	2,64	2,39	16,62	16,91	14,75
B5	3,72	3	2,62	21,9	17,77	14,62	3,12	2,74	3,53	16,29	16,06	18,89
B6	3,2	3,3	3,68	15,95	18,33	22,35	2,84	3,72	2,64	16,1	18,57	15,6
B7	3,91	3,09	3,43	19,37	17,96	18,43	3,6	3,51	2,98	17,68	18,94	15,35
B8	3,67	3,4	3,2	19,65	17,26	19,3	2,63	3,12	3,6	15,74	17,47	17,96
B9	3,3	3,91	2,97	17,58	23,1	17,02	3,52	2,53	3,13	21,36	14,94	16,53
B10	3,27	3,58	3,4	17,68	18,99	18,61	3,59	2,85	2,96	18,15	15,95	16
B11	4,97	4,12	4,32	25,2	21,77	20,88	3,02	3,47	4,37	18,76	18,3	19,83
B12	4,07	3,39	3,62	19,17	17,64	20,86	3,76	3,07	3,46	19,59	17,66	20,83
B13	3,04	3,19	3,54	15,76	18,94	19,14	3,03	2,74	3,19	18,85	15,15	17,19
B14	4,21	3,56	3,82	23,52	21,52	21,35	3,52	2,88	3,18	18,44	17,1	17,77
B15	3,02	3,87	3,84	17,37	21,3	20,48	2,97	3,32	2,81	16,99	18,6	17,33
B16	3,08	3,75	3,96	18,67	19,77	21,25	4,03	3,31	3,68	21,53	19,79	18,71
B17	3,81	3,32	3,82	20,76	19,25	19,48	2,83	2,75	2,86	18,25	17,18	16,04
B18	4,03	3,48	3,59	22,12	20,35	19,07	2,77	2,64	2,88	16,04	14,22	16,86
B19	3,34	3,73	4,03	19,26	20,63	20,31	3,46	3,32	3,12	20,14	17,38	18,82
B20	3,01	3,84	3,88	17	20,7	21,39	3,83	4,19	3,59	21,4	19,63	19,03

## Pinnankarheuksien täydellinen tulostaulukko

## Liite 1 2/2

	Yläpuoli Ra			Yläpuoli Rz			Alapuoli Ra			Alapuoli Rz		
C1	4,69	5,38	6,19	26,34	29,22	33,16	5,63	4,7	5,57	28,83	24,33	26,74
C2	5,4	4,52	4,81	26,37	26,29	26,04	5,26	5,29	5,45	28,32	29,68	29,04
C3	5,6	5,04	4,9	26	27,07	30,96	4,99	4,8	5,12	29,07	26,07	27,37
C4	6,07	5,42	5,42	34,05	26,44	30,13	4,88	5,23	5,53	25,38	29,27	26,75
C5	5,55	5,35	4,65	28,62	27,42	26,25	5,05	4,24	4,56	27,31	25,84	25,42
C6	5,47	5,68	5,41	25,91	26,58	27,61	6,13	4,86	4,75	30,48	26,44	25,93
C7	4,24	4,87	5,22	23,1	24,23	26,75	5,53	5,65	5,38	28,04	29,08	27,33
C8	4,3	6,35	4,52	23,96	29,33	27,28	4,93	5,33	4,8	23,41	29,37	25,36
C9	5,13	4,67	5,18	24,56	23,89	27,07	4,92	5,84	5,09	29,45	30,82	23,38
C10	4,64	4,59	4,31	26,17	23,6	22,73	6,59	5,81	5,4	34,64	28,32	28,41
C11	4,54	4,55	6,18	26,21	23,75	29,84	5,87	4,61	5,26	31,8	25,61	28,4
C12	4,8	5,42	5,13	24,84	29,5	28,48	5,26	4,41	6,56	27,32	23,07	30,79
C13	6,19	5,43	4,98	30,85	26,9	26,83	5,41	5,59	5,91	33,98	32,15	32,91
C14	5,57	5,41	5,32	26,89	31,01	29	4,48	5,58	6,44	25,91	26,35	28,05
C15	5,78	4,66	4,74	30,43	26,11	24,21	5,33	5,56	6,01	30,25	30,08	30,8
C16	4,87	5	4,61	25,93	29,37	24,73	5,02	5,79	5,37	27,23	31,6	26,62
C17	4,9	4,97	5,46	24,85	25,91	28,96	5,89	4,29	5,15	28,08	24,3	28,27
C18	4,65	4,82	5,32	24,18	26,98	28,53	5,99	5,34	4,84	34,56	27,87	27,03
C19	5,09	4,68	4,67	27,22	23,76	24,84	4,62	5,34	5,33	27,15	28,31	25,29
C20	5,38	5	5,96	24,65	26,58	31,36	5,44	5,09	4,97	28,41	28,26	27,69

	Yläpuoli Ra			Yläpuoli Rz			Alapuoli Ra			Alapuoli Rz		
D1	4,42	3,05	3,96	22,06	17,36	21,75	2,76	3,11	3,13	16,53	16,43	16,84
D2	3,4	3,23	3,44	20,01	17,84	20,28	2,84	2,8	2,88	15,4	15,21	16,1
D3	3,14	3,18	3,49	18,45	17,46	17,35	3,22	3,65	2,77	16,67	19,79	15,74
D4	3,08	5,85	3,23	17,97	27,98	20,26	3,02	2,61	3,07	17,17	14,45	15,66
D5	3,67	3,96	3,89	19,25	21,69	21,07	2,54	3,1	3,44	14,94	17,28	18,03
D6	3,34	4,04	3,99	18,85	21,25	21,89	3,26	3,75	3,53	16,71	18,67	18,81
D7	5,39	3,26	3,59	27,25	17,11	18,48	2,54	3,12	2,92	14,79	17,99	16,89
D8	3,9	4,23	3,82	23,75	25,47	21,71	3,44	2,41	3,07	19,22	13,91	17,29
D9	3,24	4,39	3,52	20,35	21,19	19,1	3,13	3,34	3,2	17,14	18,06	17,8
D10	4,69	4,56	3,18	25,62	21,97	17,65	3,24	3,21	2,73	18,3	17,44	16,24
D11	3,52	3,68	4,66	18,71	21,11	24,87	3,62	2,84	3,19	18,7	14,84	16,51
D12	4,2	2,77	3,34	20,93	19,11	18,43	3,27	2,95	3,41	17,39	18,44	19,72
D13	3,18	4,05	4,66	17,97	21,14	25,04	3,01	4,32	3,31	15,94	22,27	18,89
D14	4,9	3,17	4,24	21,92	18,46	21,24	2,57	2,64	2,63	15,64	15,92	15,37
D15	3,3	2,84	3,58	17,73	18,89	18,53	3,59	3,08	2,64	19,97	16,58	15,44
D16	3,76	3,33	3,3	20,86	18,82	18,76	3,4	2,79	4,17	16,71	15,93	22,76
D17	3,28	3,87	3,82	18,99	24,79	20,61	3,57	2,58	2,69	20,82	16,25	15,46
D18	5,06	4,28	4,31	31,74	23,96	22,7	3	3,33	2,6	18,23	17,15	15,7
D19	5,23	3,12	5,51	29,18	18,34	25,84	2,82	3,1	3,43	18,3	16,48	19,85
D20	4,01	4,37	3,53	21,62	23,95	18	3,05	3,72	4,12	16,17	21,03	21,39

(puhaltamaton)	Yläpuoli Ra			Yläpuoli Rz			Alapuoli Ra			Alapuoli Rz		
E5	4,61	4,53	6,1	22,9	24,11	29,7	2,93	5,14	2,66	18,57	32,25	15,54
E6	3,47	5,09	4,38	18,35	24,11	21,74	4,05	2,81	4,17	20,71	15,11	20,63

Särmäyspöytäkirja

Liite 2 1/2

Date	Material ID (nr.)	Sample	Sample size (mm)			Forming Direction	Test nr.	Särmämuoto	Forming Direction	Tensio	V (Die) in.	R <sub>1</sub> in.	R <sub>2</sub> mm	Wt	R <sub>1</sub> /h	R <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	Y mm	Fore LN	Bend 90.1	Bend 90.2	Bend 90.3	Spring back	Result (Pass/Fail)	Grade from ref.		
25.12.2017	A	1	10	300	300	PI	1	A	Z	L	T	4,252	108	0,787	20,0	10,8	2,00	19,0	0,95	8,0	-40,10					pass	2
25.12.2017	A	1	10	300	300	PI	1	B	Z	L	T	4,252	108	0,787	20,0	10,8	2,00	19,0	0,95	8,0	-40,10					pass	2
25.12.2017	A	2	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,787	20,0	10,8	2,00	19,0	0,95	8,0	-40,10					pass	2
25.12.2017	A	2	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,787	20,0	10,8	2,00	19,0	0,95	8,0	-40,10					pass	2
25.12.2017	B	1	10	300	300	PI	1	A	Z	L	B	4,252	108	0,787	20,0	10,8	2,00	19,0	0,95	8,0	-40,10					pass	2
25.12.2017	B	1	10	300	300	PI	1	B	Z	L	T	4,252	108	0,787	20,0	10,8	2,00	19,0	0,95	8,0	-40,10					pass	2
25.12.2017	B	2	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,787	20,0	10,8	2,00				8,0	-40,10				pass	2
25.12.2017	B	2	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,787	20,0	10,8	2,00				8,0	-40,10				pass	2
25.12.2017	C	1	10	300	300	PI	1	A	Z	L	B	4,252	108	0,787	20,0	10,8	2,00				8,0	-40,10				pass	2
25.12.2017	C	1	10	300	300	PI	1	B	Z	L	T	4,252	108	0,787	20,0	10,8	2,00				8,0	-40,10				pass	2
25.12.2017	C	2	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,787	20,0	10,8	2,00				8,0	-40,10				pass	1
25.12.2017	C	2	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,787	20,0	10,8	2,00				8,0	-40,10				pass	2
25.12.2017	D	1	10	300	300	PI	1	A	Z	L	B	4,252	108	0,787	20,0	10,8	2,00				8,0	-40,10				pass	2
25.12.2017	D	1	10	300	300	PI	1	B	Z	L	T	4,252	108	0,787	20,0	10,8	2,00				8,0	-40,10				pass	2
25.12.2017	D	2	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,787	20,0	10,8	2,00				8,0	-40,10				pass	2
25.12.2017	D	2	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,787	20,0	10,8	2,00				8,0	-40,10				pass	2
25.12.2017	E	1	10	300	300	PI	1	A	Z	L	B	4,252	108	0,787	20,0	10,8	2,00				8,0	-40,10				pass	2
25.12.2017	E	1	10	300	300	PI	1	B	Z	L	T	4,252	108	0,787	20,0	10,8	2,00				8,0	-40,10				pass	2
25.12.2017	E	2	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,787	20,0	10,8	2,00				8,0	-40,10				pass	2
25.12.2017	E	2	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,787	20,0	10,8	2,00				8,0	-40,10				pass	2
25.12.2017	E	2	10	300	300	PO	1	A	Z	L	B	4,252	108	0,591	15,0	10,8	1,50	11,0	0,73	8,0	-42,50	89,8				pass	2
25.12.2017	A	3	10	300	300	PI	1	B	Z	L	T	4,252	108	0,591	15,0	10,8	1,50	11,0	0,73	8,0	-42,50					pass	2
25.12.2017	A	4	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,591	15,0	10,8	1,50	12,0	0,80	8,0	-42,50	89,8				pass	2
25.12.2017	A	4	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,591	15,0	10,8	1,50	12,0	0,80	8,0	-42,50					pass	2
25.12.2017	B	3	10	300	300	PI	1	A	Z	L	B	4,252	108	0,591	15,0	10,8	1,50	12,0	0,80	8,0	-42,50					pass	2
25.12.2017	B	3	10	300	300	PI	1	B	Z	L	T	4,252	108	0,591	15,0	10,8	1,50	12,0	0,80	8,0	-42,50					pass	2
25.12.2017	B	4	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,591	15,0	10,8	1,50	12,0	0,80	8,0	-42,50					pass	1
25.12.2017	B	4	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,591	15,0	10,8	1,50	12,0	0,80	8,0	-42,50					pass	2
25.12.2017	C	3	10	300	300	PI	1	A	Z	L	B	4,252	108	0,591	15,0	10,8	1,50				8,0	-42,50				pass	2
25.12.2017	C	3	10	300	300	PI	1	B	Z	L	T	4,252	108	0,591	15,0	10,8	1,50				8,0	-42,50				pass	2
25.12.2017	C	4	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,591	15,0	10,8	1,50				8,0	-42,50				pass	1
25.12.2017	C	4	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,591	15,0	10,8	1,50				8,0	-42,50				pass	2
25.12.2017	D	3	10	300	300	PI	1	A	Z	L	B	4,252	108	0,591	15,0	10,8	1,50				8,0	-42,50				pass	2
25.12.2017	D	3	10	300	300	PI	1	B	Z	L	T	4,252	108	0,591	15,0	10,8	1,50				8,0	-42,50				pass	2
25.12.2017	D	4	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,591	15,0	10,8	1,50				8,0	-42,50				pass	2
25.12.2017	D	4	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,591	15,0	10,8	1,50				8,0	-42,50				pass	2
25.12.2017	E	3	10	300	300	PI	1	A	Z	L	B	4,252	108	0,591	15,0	10,8	1,50				8,0	-42,50				pass	2
25.12.2017	E	3	10	300	300	PI	1	B	Z	L	T	4,252	108	0,591	15,0	10,8	1,50				8,0	-42,50				pass	2
25.12.2017	E	4	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,591	15,0	10,8	1,50				8,0	-42,50				pass	2
25.12.2017	E	4	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,591	15,0	10,8	1,50				8,0	-42,50				pass	1
26.12.2017	A	5	10	300	300	PI	1	A	Z	L	B	4,252	108	0,492	12,5	10,8	1,25	10,0	0,80	8,0	-41,50	90,2				pass	2
26.12.2017	A	5	10	300	300	PI	1	B	Z	L	T	4,252	108	0,492	12,5	10,8	1,25	10,0	0,80	8,0	-41,50					pass	2
26.12.2017	A	6	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,492	12,5	10,8	1,25	10,0	0,80	8,0	-41,50	90,0				pass	2
26.12.2017	A	6	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,492	12,5	10,8	1,25	10,0	0,80	8,0	-41,50					pass	2
26.12.2017	B	5	10	300	300	PI	1	A	Z	L	B	4,252	108	0,492	12,5	10,8	1,25				8,0	-41,50				pass	2
26.12.2017	B	5	10	300	300	PI	1	B	Z	L	T	4,252	108	0,492	12,5	10,8	1,25				8,0	-41,50				pass	2
26.12.2017	B	6	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,492	12,5	10,8	1,25				8,0	-41,50				pass	2
26.12.2017	B	6	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,492	12,5	10,8	1,25				8,0	-41,50				pass	2
26.12.2017	C	6	10	300	300	PI	1	A	Z	L	B	4,252	108	0,492	12,5	10,8	1,25				8,0	-41,50				fail	4
26.12.2017	C	6	10	300	300	PI	1	B	Z	L	T	4,252	108	0,492	12,5	10,8	1,25				8,0	-41,50				pass	2
26.12.2017	C	7	10	300	300	PI	2	A	Z	L	B	4,252	108	0,492	12,5	10,8	1,25				8,0	-41,50				pass3	3
26.12.2017	C	7	10	300	300	PI	2	B	Z	L	T	4,252	108	0,492	12,5	10,8	1,25				8,0	-41,50				pass	2
26.12.2017	C	8	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,492	12,5	10,8	1,25				8,0	-41,50				pass	2
26.12.2017	C	8	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,492	12,5	10,8	1,25				8,0	-41,50				pass	2
26.12.2017	D	5	10	300	300	PI	1	A	Z	L	B	4,252	108	0,492	12,5	10,8	1,25				8,0	-41,50				pass	2
26.12.2017	D	5	10	300	300	PI	1	B	Z	L	T	4,252	108	0,492	12,5	10,8	1,25				8,0	-41,50				pass	2
26.12.2017	D	6	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,492	12,5	10,8	1,25				8,0	-41,50				pass	2
26.12.2017	D	6	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,492	12,5	10,8	1,25				8,0	-41,50				pass	2
26.12.2017	E	5	10	300	300	PI	1	A	Z	L	B	4,252	108	0,492	12,5	10,8	1,25				8,0	-41,50				pass	2
26.12.2017	E	5	10	300	300	PI	1	B	Z	L	T	4,252	108	0,492	12,5	10,8	1,25				8,0	-41,50				pass	2
26.12.2017	E	6	10																								

Särmäyspöytäkirja

Liite 2 2/2

26.1.2017	E	8	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,294	10,0	10,8	100			8,0	-44,47							pass	2
26.1.2017	A	13	10	300	300	PI	1	A	V	L	B	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,00	90,2						pass3	3
26.1.2017	A	14	10	300	300	PI	1	B	V	L	T	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,70							pass3	3
26.1.2017	A	15	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,70							pass3	3
26.1.2017	A	15	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,70							pass3	3
26.1.2017	B	13	10	300	300	PI	1	A	V	L	B	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,70							pass3	3
26.1.2017	B	14	10	300	300	PI	1	B	V	L	T	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,70							pass3	3
26.1.2017	B	12	10	300	300	PO	1	A	V	T	B	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,70							pass	2
26.1.2017	B	16	10	300	300	PO	1	B	V	T	T	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,70							pass	2
26.1.2017	C	9	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,70							pass3	3
26.1.2017	C	9	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,70							fail	4
26.1.2017	D	12	10	300	300	PI	1	A	V	L	B	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,70							pass3	3
26.1.2017	D	13	10	300	300	PI	1	B	V	L	T	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,70							pass3	3
26.1.2017	D	14	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,70							pass	2
26.1.2017	D	14	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,70							pass3	3
26.1.2017	E	9	10	300	300	PI	1	A	Z	L	B	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,70							pass	2
26.1.2017	E	9	10	300	300	PI	1	B	Z	L	T	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,70							pass	2
26.1.2017	E	10	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,70							pass	2
26.1.2017	E	10	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,70							pass3	3
27.1.2017	A	16	10	300	300	PI	1	A	V	L	B	4,252	108	0,197	5,0	10,8	0,50			8,0	-46,0	90,5						fail	4
27.1.2017	A	17	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,197	5,0	10,8	0,50			8,0	-46,18							pass3	3
27.1.2017	A	17	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,197	5,0	10,8	0,50			8,0	-46,18							fail	4
27.1.2017	B	15	10	300	300	PI	1	A	V	L	B	4,252	108	0,197	5,0	10,8	0,50			8,0	-46,18	90,2						fail	4
27.1.2017	B	17	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,197	5,0	10,8	0,50			8,0	-46,18							pass	2
27.1.2017	B	17	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,197	5,0	10,8	0,50		V	8,0	-46,18							pass3	3
27.1.2017	D	15	10	300	300	PI	1	A	V	L	B	4,252	108	0,197	5,0	10,8	0,50			8,0	-46,18							pass3	3
27.1.2017	D	16	10	300	300	PI	1	B	V	L	T	4,252	108	0,197	5,0	10,8	0,50			8,0	-46,18							fail	4
27.1.2017	D	17	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,197	5,0	10,8	0,50			8,0	-46,18							pass3	3
27.1.2017	D	17	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,197	5,0	10,8	0,50			8,0	-46,18							fail	4
27.1.2017	E	11	10	300	300	PI	1	A	Z	L	B	4,252	108	0,197	5,0	10,8	0,50			8,0	-46,18							pass3	3
27.1.2017	E	11	10	300	300	PI	1	B	Z	L	T	4,252	108	0,197	5,0	10,8	0,50			8,0	-46,18							fail	4-7
27.1.2017	E	12	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,197	5,0	10,8	0,50			8,0	-46,18							pass	2
27.1.2017	E	12	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,197	5,0	10,8	0,50			8,0	-46,18							pass3	3
27.1.2017	B	18	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,118	3,0	10,8	0,30			8,0	-47,00	89,3						pass3	3
27.1.2017	B	18	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,118	3,0	10,8	0,30			8,0	-46,51	89,9						pass3	3
27.1.2017	E	13	10	300	300	PO	1	A	Z	T	B	4,252	108	0,118	3,0	10,8	0,30			8,0	-46,51							pass3	3
27.1.2017	E	13	10	300	300	PO	1	B	Z	T	T	4,252	108	0,118	3,0	10,8	0,30			8,0	-46,51							pass3	3
27.1.2017	E	14	10	300	300	PO	2	A	Z	T	B	4,252	108	0,118	3,0	10,8	0,30			8,0	-46,51							pass3	3
27.1.2017	E	14	10	300	300	PO	2	B	Z	T	T	4,252	108	0,118	3,0	10,8	0,30			8,0	-46,51							pass3	3
27.1.2017	E	15	10	300	300	PO	3	A	Z	T	B	4,252	108	0,118	3,0	10,8	0,30			8,0	-46,51							pass	2
27.1.2017	E	15	10	300	300	PO	3	B	Z	T	T	4,252	108	0,118	3,0	10,8	0,30			8,0	-46,51							pass3	3
27.1.2017	A	18	10	300	300	PI	2	A	V	L	B	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,7							pass3	3
27.1.2017	A	19	10	300	300	PI	2	B	V	L	T	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,7							pass3	3
27.1.2017	A	20	10	300	300	PO	2	A	Z	T	B	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,7							pass3	3
27.1.2017	A	20	10	300	300	PO	2	B	Z	T	T	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,7							pass3	3
27.1.2017	B	19	10	300	300	PI	2	A	V	L	B	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,7							pass3	3
27.1.2017	B	20	10	300	300	PI	2	B	V	L	T	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,7							pass3	3
27.1.2017	D	18	10	300	300	PI	2	A	V	L	B	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,7							pass3	3
27.1.2017	D	19	10	300	300	PI	2	B	V	L	T	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,7							pass3	3
27.1.2017	D	20	10	300	300	PO	2	A	Z	T	B	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,7							pass3	3
27.1.2017	D	20	10	300	300	PO	2	B	Z	T	T	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,7							pass3	3
27.1.2017	E	16	10	300	300	PI	2	A	Z	L	B	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,7							pass3	3
27.1.2017	E	16	10	300	300	PI	2	B	Z	L	T	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,7							pass3	3
27.1.2017	E	17	10	300	300	PI	3	A	Z	L	B	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,7							pass3	3
27.1.2017	E	17	10	300	300	PI	3	B	Z	L	T	4,252	108	0,295	7,5	10,8	0,75			8,0	-45,7							pass3	3
27.1.2017	C	12	10	300	300	PO	2	A	Z	T	B	4,252	108	0,394	10,0	10,8	1,00			8,0	-44,47	90,5						pass3	3
27.1.2017	C	12	10	300	300	PO	2	B	Z	T	T	4,252	108	0,394	10,0	10,8	1,00			8,0	-44,47							pass3	3
27.1.2017	C	13	10	300	300	PO	3	A	Z	T	B	4,252	108	0,394	10,0	10,8	1,00			8,0	-44,47							pass	2
27.1.2017	C	13	10	300	300	PO	3	B	Z	T	T	4,252	108	0,394	10,0	10,8	1,00			8,0	-44,47							pass3	3
27.1.2017	E	19	10	300	300	PI	2	A	Z	L	B	4,252	108	0,394	10,0	10,8	1,00			8,0	-44,47							pass	2
27.1.2017	E	19	10																										