
**HITSAUSENERGIAN HALLINTA
KORKEALUJUUSTERÄKSILLÄ ERI
HITSAUSASENNOISSA**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Rakennustekniikka

Visamäki, kevät 2015

Harri Myllymäki



VISAMÄKI
Rakennustekniikka
Rakennetekniikka

Tekijä	Harri Myllymäki	Vuosi 2015
Työn nimi	Hitsausenergian hallinta korkealujuusteräksillä eri hitsausasenoissa	

TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö on osa Hämeen Ammattikorkeakoulun Ohutlevykeskuksessa, Ruukki Construction Oy:ssä ja Tampereen teknillisessä yliopistossa tehtävää teräsrakenteisiin liittyvää tutkimusta. Sen tarkoituksena oli tutkia korkealujuusteräksestä tehtyjen ristikkoliitoksien hitsausaikoja ja ristikkorakenteiden liitosten hitsauksiin liittyvien hitsausparametrien vaikutusta hitsausliitoksiin.

Opinnäytetyössä tehtiin empiiristä tutkimusta hitsausaamojen koehitsauksista, ja näin saatiin tutkimustuloksia myöhempää tutkimuskäyttöä varten. Pohjatietoina tutkimuksessa käytettiin Ruukki Construction Oy:n toimittamia WPS (Welding Procedure Specification) -hitsausohjeita.

Hitsausasenoista tutkittiin PB-vaakahitsausasentoa ja PF-pystyhitsausasentoa ylöspäin. Rakenteellista kestävyyttä tutkittiin kuormittamalla testikappaleita hydraulisylinlerin avulla. Aineistoa tutkimustyöhön ovat toimittaneet Ruukki Construction Oy, Kemppi Oy ja Tampereen teknillinen yliopisto.

Päätuloksena opinnäytetyön tutkimuksista saatiin kattava hitsausparametrien matriisitaulukko, joka sisältää kaiken olennaisen hitsausdatan hitsausajoista, lämmöntuonnista ja $t_{8/5}$ -jäähdytysajoista

Hitsausten kestävyyksien tutkimuksen ja hitsauslaitteiden kehittyessä pystytään hitsausprosessia hallitsemaan entistä paremmin ja helpommin, ja näin voidaan saada aikaisempaa paremmin tasalaatuisempaa hitsaustyötä. Mielestäni tulevaisuudessa tulisi kehittää kattavammin hitsaustiedon hallintaa konepajateollisuudessa, jolloin saataisiin kaikista hitsauskohteista yksilöllisempää hitsausdataa ja siten pystyttäisiin parantamaan entisestään hyvää suomalaista hitsaustyötä ja -ammattitaitoa.

Avainsanat Hitsausaika, hitsaus, korkealujuusteräs, putkiprofiili, T-liitos

Sivut 48 s. + liitteet 42 s.

KIITOKSET

Työn ohjaajina ovat toimineet Jarmo Havula HAMK Ohutlevykeskuksesta, Ilkka Sorsa Ruukki Construction Oy:stä ja Jaakko Haapio Rakelilta. Työn tarkastajana toimi Jarmo Havula.

Tarkastajan ja ohjaajien lisäksi haluaisin kiittää opiskelijakollegaani Mika Yli-Marttilaa siitä, että hän toimi suunnannäyttäjänä alkuvaiheessa. Erityiset kiitokset ansaitsevat Koulutuskeskus Tavastian hitsauspuolen viimeisen vuosikurssin oppilaat hitsaustesteihin liittyvien opintokatkosten vuoksi ja hitsausopettaja, lehtori Harri Nieminen koehitsauskappaleiden hitsaamisesta. Muita opinnäytetyön tekemiseen liittyviä henkilöitä, joita haluan heidän panoksestaan kiittää, ovat Antti Kahri ja Jussi Martiskin Kemppi Oy:stä ja Kari Neiro Ruukki Construction Oy:stä.

Haluan kiittää myös vanhempiani ja siskoani kannustuksesta ja tuesta vaikeina aikoina.

Haluan lisäksi antaa äärettömän suuret kiitokset ihanalle vaimolleni Iirik-selle ja rakkaalle tyttärelleni Hennalle siitä, että he auttoivat minua jaksamaan opiskelun ja työn yhteensovittamista ja ymmärsivät lukuisia poissaolojani, iltaopiskelua ja yhteisen ajan puuttumista.

Visamäki
Degree Programme in Construction Engineering
Structural Engineering

Author	Harri Myllymäki	Year 2015
Subject of Bachelor's thesis	Control of welding energy of High Strength Steels in various welding positions	

ABSTRACT

This Bachelor's thesis is part of the research conducted on structural steelwork in Sheet Metal Centre of HAMK University of Applied Sciences, RUUKKI Construction Ltd and Tampere University of Technology. The purpose of the thesis was to study the impact of the welding parameters and welding times on the welding joints of high-strength steel trusses.

An empirical research was conducted through the test welding of welding joints and in this way findings were obtained for the later scientific use. The basic information used in the study was WPS (Welding Procedure Specification) delivered by RUUKKI Construction Ltd.

Work methods used in the research were manual welding positions PB (horizontal vertical position) and PF (vertical up position). The structural strength was examined through an experimental strain test with a hydraulic press mechanism. The material for the research was delivered by RUUKKI Construction Ltd, KEMPPI Ltd and Tampere University of Technology.

As a main result of the thesis a comprehensive matrix of welding parameters was obtained including all essential welding data concerning welding time, applying of heat and $t_{8/5}$ cooling time.

With the progress of welding equipment and the study of welding durability, the welding process can be better and easier controlled. This enables to accomplish more homogeneous welding work. In the future the mastery of welding knowledge in the engineering industry should be developed more comprehensively. In this way more individualized data would be obtained on all welding targets and the already excellent Finnish welding work and expertise could be raised to an even higher level.

Keywords Welding time, Welding, High Strength Steel, tube profile, T-connection

Pages 48 p. + appendices 42 p.

SISÄLLYS

KÄYTETTÄVÄT LYHENTEET

1	JOHDANTO.....	3
1.1	Työn taustaa	3
1.2	Työn tavoite.....	4
1.3	Työn tutkimusmenetelmät.....	5
1.4	Perusteoria.....	5
2	KORKEALUJUUSTERÄSLAADUT JA HITSAUSLIITOKSET.....	6
2.1	Teräslaadut	6
2.2	Hitsauksen lisäainelangat	7
2.3	Tutkittavat hitsityypit	7
2.4	Tutkittavat hitsausasennot.....	11
2.5	Hitsausliitokset.....	13
2.6	Hitsausprosessit.....	14
2.7	Hitsausliitoksien määrätyt lähtöarvot.....	15
2.8	Koehitsauskappaleet ja niiden merkitseminen	16
3	HITSAUS	16
3.1	Koekappaleiden kokoonpano	17
3.2	Koekappaleiden hitsaus.....	18
3.3	Hitsausajat	19
3.4	Lämmötuonti	21
3.5	$t_{8/5}$ -jäähymisaika.....	22
4	HITSAUSLIITOSTEN TULOKSET	24
4.1	Hitsausajat	24
4.2	Lämmötuonti	26
4.3	$t_{8/5}$ -ajat	28
4.4	Yhteenveto	30
5	YHTEENVETO	36
	LÄHTEET	40

Liite 1	S420MH, vastaanottotodistus
Liite 2	Optim 500 MH, vastaanottotodistus
Liite 3	Optim 700 PLUS MH, vastaanottotodistus
Liite 4	Kokoonpanokuva pienahitsi A-mitta 6 mm, diagonaali 100x100x8
Liite 5	Kokoonpanokuva pienahitsi A-mitta 6 mm, diagonaali 120x120x8
Liite 6	Kokoonpanokuva pienahitsi A-mitta 10 mm, diagonaali 100x100x8
Liite 7	Kokoonpanokuva pienahitsi A-mitta 10 mm, diagonaali 120x120x8
Liite 8	Kokoonpanokuva Puoli-V-hitsi täysi, diagonaali 100x100x8
Liite 9	Kokoonpanokuva Puoli-V-hitsi täysi, diagonaali 120x120x8
Liite 10	Hitsausajat, 6 mm:n pienahitsi PB ja PF
Liite 11	Hitsausajat, 10 mm:n pienahitsi PB ja PF
Liite 12	Hitsausajat, puoli-V-hitsit PB ja PF
Liite 13	Lämmötuonti ja $t_{8/5}$ -aika, 6 mm:n pienahitsit

-
- Liite 14 Lämmöntuonti ja $t_{8/5}$ -aika, 10 mm:n pienahitsit
Liite 15 Lämmöntuonti ja $t_{8/5}$ -aika, puoli-V-hitsit

KÄYTTEVÄT LYHENTEET

HSS	Korkealujuusteräs (High Strength Steel)
CEV	Hiiliekvivalenttiarvo
WPS	Welding Procedure Specification (Hitsattavien materiaalien hitsausohje)
PB	Alapiena-asento
PF	Pystyhitsausasento, ylöspäin
PA	Jalkohitsausasento
PC	Vaakahitsausasento
$S_{j,ini}$	Liitoksen kiertymisjäykkyyden alkuarvo (EN-1993-1-8 2005, 15)
C	Hiili
Mn	Mangaani
Cr	Kromi
Mo	Molybdeeni
V	Vanadiini
Ni	Nikkeli
Cu	Kupari
f_y	Myötölujuus
f_u	Murtolujuus
DI	Diplomi-insinööri
T, t, d	Perusmateriaalin seinämävahvuus (seinämäpaksuus)
SFS-EN	Standardi, voimassa Suomessa ja Euroopassa
AC	Standardin lisäosa
SHY	Suomen hitsausyhdistys ry
°C	Lämpötila celsiusasteina
s	aika sekunteina

U	Jännite (V, voltia)
I	Virta (A, ampeeria)
$t_{8/5}$ -aika	Jäähtymisaika
E	Hitsausenergia
V	Hitsausnopeus (mm/min)
Q	Lämmöntuonti
kJ	Kilojoule
kN	Kilonewton
T_0	Työlämpötila
k	Terminen hyötysuhde
F_2	Liitoksen muotokerroin kaksidimensionaalisessa lämmönjohtumisessa
F_3	Liitoksen muotokerroin kolmedimensionaalisessa lämmönjohtumisessa

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustaa

Opinnäytetyön tilaajana toimi Hämeen ammattikorkeakoulun (HAMK) Ohutlevykeskus. Tampereen teknillinen yliopisto, HAMK, Koulutuskeskus Tavastia ja Ruukki Construction Oy tekevät yhdessä tutkimusta korkealujuusteräksistä, ja opinnäytetyöni on osa tätä tutkimusyhteistyötä. Tässä tutkimuksessa keskitytään korkealujuusteräksen hitsausaikaan liittyvän tiedon keräämiseen ja hitsin lujuuteen. Tutkimuskohteeksi valittiin putkiprofiiliristikoissa käytettävä T-liitos. Tutkimuksessa tutkitaan myös eri hitsikokojen vaikutusta em. ristikon T-liitoksen jäykkyyteen. Ruukki Construction Oy on mukana Fimecc-ohjelmassa, jonka tavoitteena on edistää korkealujuusterästen HSS > 460 ja ultra HSS > 550 (HSS= High Strength Steel) käyttöä. Tampereen teknillisen yliopiston kiinnostuksena tutkimuksessa on hitsatun T-liitoksen jäykkyys ja liitoksen hitsien kestävyys. Ruukki Construction oy ja Tampereen teknillinen yliopisto pyrkivät yhdessä selvittämään lujempien teräslaatujen laajempia käyttömahdollisuuksia ristikkorakenteissa. Korkealujuusterästen käyttö ristikkorakenteissa toisi säästöjä materiaali-, työstö- ja työkustannuksissa; sen avulla saataisiin kevyempiä rakenteita ja myös ilmastokuormitus olisi pienempi.

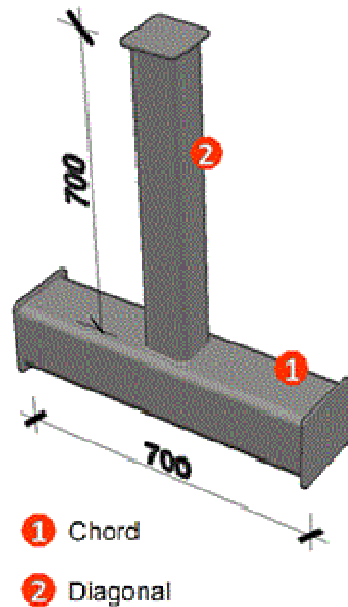
HSS-terästen korkean hiiliekvivalentin CEV (Carbon Equivalent Value) vuoksi niiden hitsaukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Ne voivat vaatia esilämmitystä, ja jälkijäähdytysajan eli ns. $t_{8/5}$ -ajan on oltava määriteltujen raja-arvojen sisällä. HSS-terästen hitsauksessa käytettävien hitsausohjeiden, WPS:ien (Welding Procedure Specification), parametrit saattavat poiketa matalamman lujuusluokan terästen WPS:ien vastaavista. WPS on hitsaukseen liittyvä hitsauksia määrittelevä työohje. Näitä parametreja ovat mm. lisäainelangan halkaisija, hitsausvirta ja -jännite, langansyöttönopeus ja hitsausnopeus. Edellä mainitut asiat ja hitsausasento vaikuttavat olennaisesti hitsattavuuteen ja hitsaustuottoon. Tässä opinnäytetyössä tutkittiin hitsausasentoja PB (horizontal vertical position, alapinna-asento) ja PF (vertical up position, pystyhitsaus ylöspäin).

Samoja hitsausparametreja käyttämällä hitsauksen tuotto on suoraan verrattavissa hitsattavan lisäaineen määrään. Tunnettu tosiasia (Haapio 2014) on, että lisäainevolyymien suhde piena- ja 45°:n puoli-V-railohitsauksen välillä on vähintään 2, eli pienahitsaus samoilla tuottoarvoilla vaatii kaksinkertaisen hitsausajan. Railohitsauksen yhteydessä ratkaistava kysymys on juurituen käyttö. Sen asentaminen putkiprofiilin sisälle on aikaa vievää ja siten kustannuksia aiheuttavaa. Juurituen poisjättöön on olemassa ratkaisuita, joiden käytettävyydestä ei kuitenkaan ole täyttä selvyyttä. Tällaisia ovat mm. läpiviistetyin putken pohjapalon käyttö juuritukena ja sen korvaaminen lisäpinnalla, osaviistetyin putken juuripinnan käyttö juuritukena ja hitsausmuuntajatoimittajien kehittämien menetelmien hyväksikäyttö.

Työssä on koottu Ruukki Construction:lle testihitsausten pohjalta tietoa korkealujuusterästen hitsattavuuteen liittyvistä parametreista.

1.2 Työn tavoite

Tämän opinnäytetyön päätavoitteena oli kerätä tietoa hitsausasentojen ja lämmöntuonnin vaikutuksesta hitsausaikaan ja $t_{8/5}$ -jäähdytymisaikaan. Tutkittavana rakenteena käytettiin putkiprofiili T-liitosta.



Kuva 1. T-liitos, perusmalli (Greiçevci 2015)

Kuvassa 1 esitetään T-liitoksen perusmalli. Kuvassa numerot 1 ja 2 esittävät parretta ja diagonaalia.

1	Chord (Paarre)
2	Diagonal (Diagonaali)

Opinnäytetyöllä on sekä kvalitatiivisia ja kvantitatiivisia tavoitteita.

Kvalitatiiviset tavoitteet ovat:

- tutkia hitsausasennon merkitystä
- tutkia eri teräslaatuojen hitsaus-WPS:ä, jotta tuottavuus saadaan mahdollisimman korkealle
- tutkia robottihitsauksen asentohitsattavuutta.

Lisäksi tämän opinnäytetyön avulla pyritään laatimaan Ruukki Construction Oy:lle HSS-teräksille WPS:t, joilla tuottavuus saadaan mahdollisimman korkeaksi.

Kvantitatiiviset tavoitteet ovat:

- mitata hitsaukseen kuluva aikaa eri hitsausprosesseilla (MAG, MAGWise)
- mitata hitsaukseen kuluva aikaa eri hitsausasunnoilla (PB, PF).

1.3 Työn tutkimusmenetelmät

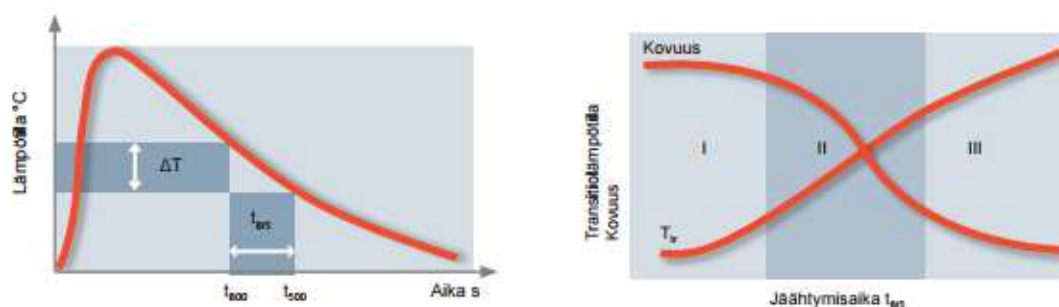
Hitsausaikojen tutkimus perustuu empiirisiin mittauksiin, yhteensä 58 hitsausliitoksen hitsauksen aikaiseen hitsaus-parametrien keräämiseen datalogerilla. Hitsausmittaukset suoritettiin Koulutuskeskus Tavastialla lehtori Harri Niemisen kanssa.

1.4 Perusteoria

Lämpösyklit, jotka esiintyvät sulahitsauksessa, ovat hyvin erilaisia teräksen valmistuksen yhteydessä tehtyihin lämpökäsittelyihin verrattuina. Tällöin hitsausliitoksen muutosvyöhykkeen mekaaniset ominaisuudet eroavat toimitustilassa olevan perusaineen vastaavista ominaisuuksista. Lämpösyklit ovat riippuvaisia hitsausmuuttujista, joten ne voidaan yhdistää yhdeksi suureeksi, jota kutsutaan jäähtymisajaksi $t_{8/5}$. Se kertoo hitsausliitoksen lämpötila-alueen 800...500 °C ohittamiseen kuluneen ajan. Olennaisimmat hitsausaineen ja muutosvyöhykkeen kiderakennemuutokset tapahtuvat lämpötilavälillä 800...500 °C. Varsinkin hitsausliitoksen muutosvyöhykkeen mikrorakenteen onnistumisen kannalta on tiedettävä oikea jäähtymisaika. (Lukkari 1985, s. 20-21; Näppi 2010, s. 28)

Terästen valmistajat antavat usein jäähtymisaikasuosituksia, joita noudattamalla saadaan muutosvyöhykkeen lujuus- ja sitkeysominaisuudet säilymään hyvinä. Varsinkin suurilujuuksisia teräksiä hitsattaessa tulee noudattaa jäähtymisaikasuosituksia hyvin tarkasti, jotta liitos täyttää sille asetetut vaatimukset.

Kuvassa on esitetty kaaviollisesti jäähtymisajan vaikutus liitoksen muutosvyöhykkeen kovuuteen ja iskusitkeyden transiitolämpötilaan seostamattomien ja niukkaseosteisten terästen hitsauksissa. Kun jäähtymisaika on hyvin lyhyt eli liitos jäähtyy nopeasti (esim. pieni hitsausenergia, suuri levyn paksuus, alhainen työlämpötila), maksimikovuus liitoksen muutosvyöhykkeellä nousee voimakkaasta karkenemisesta johtuen suureksi. Sen sijaan liitoksen iskusitkeysominaisuudet ovat hyvät (matala transiitolämpötila). Vastaavasti, jos jäähtymisaika on hyvin pitkä, kovuus jää matalaksi. Transiitolämpötila kuitenkin nousee eli iskusitkeysominaisuudet heikenevät. Liitoksen optimaalisten ominaisuuksien kannalta jäähtymisajan tulisi osua alueelle II kuvassa 2.



Kuva 2. Jäähtymisaika $t_{8/5}$ ja sen vaikutus hitsausliitokseen kovuuteen ja iskusitkeyden transiitolämpötilaan (Hitsaus. Yleistietoa. n.d., s. 7)

2 KORKEALUJUUSTERÄSLAADUT JA HITSAUSLIITOKSET

Korkealujuusteräslaatuja (suurlujuusteräksiä) valmistetaan kolmella eri tavalla: karkaisemalla ja päästämällä, termomekaanisesti valsaamalla ja suorakarkaisulla. Eri valmistusmenetelmillä voidaan saavuttaa sama lujuus. Terästen mikrorakenne on kuitenkin erilainen, ja hitsauksessa tapahtuva kuumeneminen vaikuttaa eri perusaineiden mikrorakenteeseen eri tavalla. Tämän takia on välttämätöntä, että suunnittelijat määrittelevät korkealujuusteräksen materiaalin yksiselitteisesti, jotta niiden hitsaus voidaan suorittaa hallitusti. (Väitös: Hitsauksen lämmöntuonti vaikuttaa dramaattisesti suurlujuusteräksien kestävyteen. n.d.)

Suurlujuusteräksiä käytetään hyvin erilaisissa rakenteissa. Hitsauksen lämmöntuonnin eli hitsisulasta perusaineeseen siirtyvän lämpömäärän on todettu vaikuttavan merkittävästi rakenteen kestävyteen. (Väitös: Hitsauksen lämmöntuonti vaikuttaa dramaattisesti suurlujuusteräksien kestävyteen. n.d.)

2.1 Teräslaadut

Tässä tutkimuksessa käytettiin kolmea lujuusluokkaa, jotka ovat S420-vertailuteräslaatu, Optim 500 MH ja Optim 700 Plus MH. Teräslaadut ovat termomekaanisesti EN 10149-2-standardin mukaisesti valmistettuja ja ultraäänitarkistettuja, Ruukki Construction Oy:n toimittamia korkealujuusteräslaatuja. Kaikilla teräsladuilla on liitteenä esitettävät vastaanottodistukset (Liitteet 1–3).

Hiiliekvivalentilla arvolla arvioidaan teräsladun karkenevuutta ja kylmähalkeilualttiutta hitsauksessa. Sulatusanalyysillä selvitetään teräsladujen hiiliekvivalentiarvo CEV; sen ollessa $\leq 0,41$ on materiaali hyvin hitsattavissa normaaleilla hitsausmenetelmillä.

$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}$ on yleisimmin käytetty CEV-kaava. (Rakenneputket EN 1993, käsikirja 2012, 26.)

Taulukko 1. Teräslaadut, myötölujuus, murtolujuus ja CEV-arvo (Neliönmuotoiset rakenneputket n.d.)

TERÄSLAADUT			
TERÄS	Myötölujuus fy (Mpa)	Murtolujuus fu (Mpa)	CEV
S420	420	500-660	0,32
Optim 500 MH	500	500-550	0,28
Optim 700 Plus MH	700	750	0,37

2.2 Hitsauksen lisäainelangat

Hitsauslankoina käytetään WPS:issä ennalta määrättyjä hitsauslankoja. Tähän tutkimukseen WPS:t ja hitsauslangat koehitsauksiin on toimittanut Ruukki Construction Oy.

Hitsauslankoina PB- eli alapiena- ja railoasennossa käytetään umpilankoja ja PF- eli pystipiena-asennossa käytetään rutiilitäytelankoja. Hitsauslangan määrittelee kiinnitettävän kappaleen materiaali. Hitsauslangan vahvuudeksi on määriteltä 1,2 mm.

Alla esitetään luettelo teräsmateriaaleilla käytettävistä hitsauslangoista. Hitsauslangan hitsausauman määrää liitoksen niin kutsuttu heikompi materiaali, esim. liitoksessa diagonaali S420 ja paarre Optim 700 Plus MH määräävä materiaali on S420.

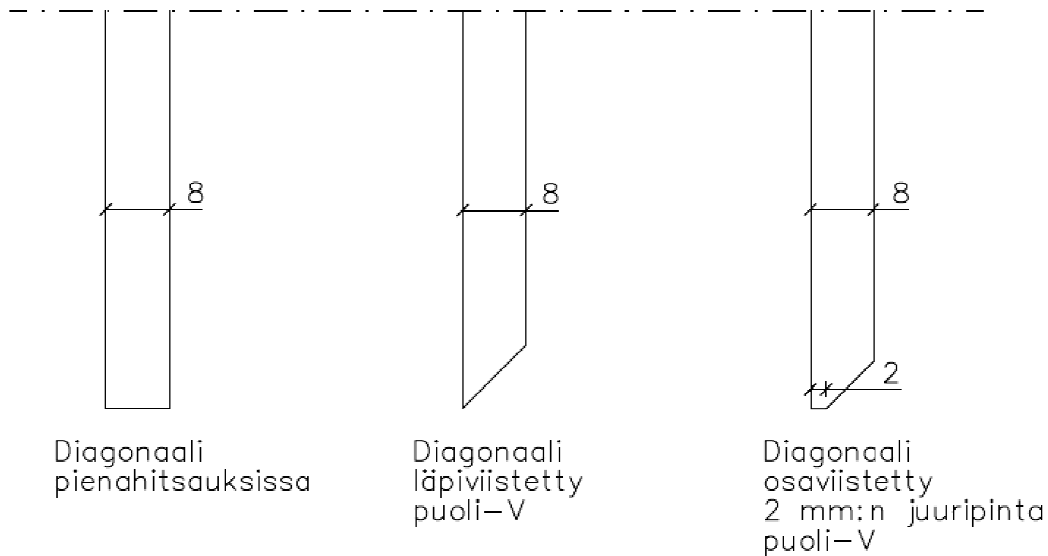
Teräsmateriaalien hitsauslangat:

- materiaali S420 ja PB-asento, Esab Aristorod 12.50
- materiaali 550MH ja PB-asento, Esab Aristorod 55
- materiaali 700MH ja PB-asento, Lincoln MONIVA
- materiaali S420 ja PB+PF-asento, Lincoln OS81K2-H
- materiaali 550MH ja PB+PF-asento, Lincoln OS91K2-HSR
- materiaali 700MH ja PB+PF-asento, Lincoln OS690-H

2.3 Tutkittavat hitsityypit

Hitsityypeinä vertaillaan pienahitsejä ja puoli-V-railohitsejä. Perinteisesti putkien hitsauksessa on käytetty pienahitsiä, joka on yksinkertainen toteuttaa. Se ei myöskään vaadi viisteen tekoa, mikä vähentää putken työstöjä. Puoli-V-railohitsejä voidaan käyttää joko kokonaan läpiviistettyä tai osittain viistettyä. Puoli-V-railohitsauksessa railo voi asettaa hitsaamiselle esteitä, jos diagonaalien viisteet ovat pienempiä kuin 30°. Osaviistetyssä diagonaalissa viistäminen ei lävistä koko materiaalin seinämäpaksuutta, vaan siihen jätetään niin sanottu juuripinta eli tasainen, noin 2 mm:n levyinen osa. Hitsin a-mitat ovat 6 mm 10 mm:n pienahitsauksissa ja puoli-V-railohitsauksessa hitsataan railo täyteen tasaiseksi perusmateriaalin kanssa. Kuvassa 3 havainnollistetaan diagonaalien liitospäät pienhitsauksessa sekä läpi- ja osaviistetyssä diagonaaleissa.

Liitettävän materiaalin seinämävahvuus 8 mm



Kuva 3. Diagonaalien liitospinnat piena- ja puoli-V-hitsauksissa

Hitsausmenetelmänä käytetään:

- MAG / PB
- MAG / PB+PF
- MAC-Wise / PB+PF
- Wise-robotti / PB+PF.

Hitsin viistekulma on 45° puoli-V -itsauksessa.

Hitsausmenetelmänä käytetään:

- MAG / PB läpiviistetty
- MAG / PB+PF osaviistetty
- Wise / PB+PF läpiviistetty
- Wise-robotti / PB+PF läpiviistetty.

Pienahitsin tilavuus on kuitenkin puoli-V-railon tilavuuteen verrattuna 300–330 % suurempi (S420-700MH), josta geometrian osuus on 200 %. Suurempi tilavuus puolestaan vaatii samalla hitsaustuotolla enemmän aikaa ja lisäainetta ollen näin kustannuksiltaan kalliimpi.

Korkealujuusteräksistä valmistettavissa rakenteissa, joissa materiaalista valmistettu kappale on lopputuotteena, on EU määrännyt Euro-normeissa (SFS-EN 1993-1-8, 7.1.1(4) ja SFS-EN 1993-1-12+AC, 7.1.1(4) lisäsihtö, kansallinen liite) materiaalin lujuudelle haittakertoimen, joka pienentää materiaalin lujuusarvoa. Kuumavalssatun ja kylmämuovatus rakenneputken nimellinen myötöraja (f_y) saa olla enintään 460 N/mm², kun rakenneputkea käsitellään lopputuotteena. Kun lopputuotteen nimellinen myötöraja on suurempi kuin 355 N/mm², tässä luvussa esitetyt staattisten kestävyksien mitoitusarvot kerrotaan luvulla 0,9. (SFS-EN 1993-1-8, 7.1.1(4).) Teräksille, joiden lujuus on suurempi kuin S460 f_y 460 N/mm², mutta enintään S700 f_y 700 N/mm², käytetään pienennystekijää 0,8 kerto-

maan kestävyyksien mitoitusarvot. (SFS-EN 1993-1-12+AC, 7.1.1(4) lisäsääntö, kansallinen liite.)

Koekappaleet valmistetaan hitsausparametrien tarkastelua ja lujuuskoetta varten, joissa on tarkoitus saada mahdollisimman monipuolista dataa hitsauksesta Ruukki Constructionin myöhempää käyttöä varten ja vertailla täys- ja alilujia liitoksia. Valitaan pienahitsin a-mitoiksi 6 mm, 10 mm ja puoli-V- railohitsauksessa hitsataan railo täyteen tasaiseksi perusmateriaalin kanssa. Puoli-V-railon railokulmaksi valitaan 45° , valitaan kaksi viistettä diagonaalin liitospäähän läpiviistetty ja osaviistetty, osaviistetyssä juuripinta on 2 mm ja läpiviistetyssä ei ole juuripintaa.



Kuva 4. 6 mm:n pienahitsaus.



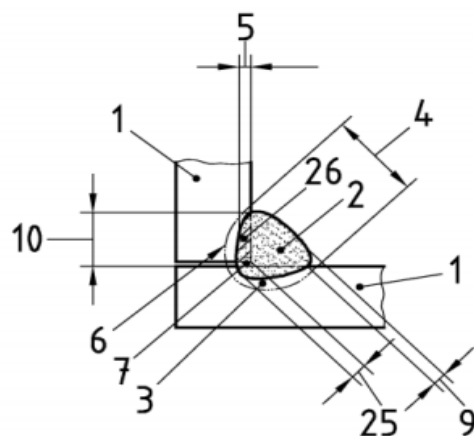
Kuva 5. 10 mm:n pienahitsaus.



Kuva 6. Puoli-V-railohitsaus.

Standardissa SFS-EN ISO 17659 esitetään seikkaperäinen terminologia pienahitsausliitoksen eri osille ja mitoille. Nämä esitetään seuraavassa luettelossa; numerointi viittaa kuvaan 7.

1. Perusaine
2. Hitsiaine
3. Muutosvyöhyke
4. Hitsausvyöhyke
5. Sulatunkeuma
6. Sularaja
7. Hitsin juuri
9. Kupu
10. Pienahitsin kyljen leveys, kateettina
25. Juuritunkeuma (hitsautumissyvyys)
26. Sulamisvyöhyke



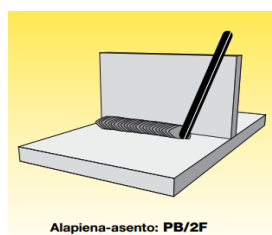
Kuva 7. Pienahitsin yhteydessä esiintyvät termit ja mitat (SFS-EN ISO 17659 2004, s. 18).

2.4 Tutkittavat hitsausasennot

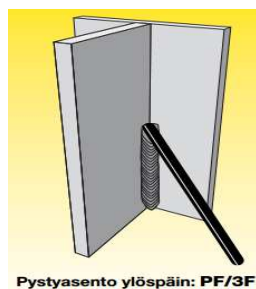
Tutkittavat hitsausasennot on esitetty kuvissa 8 ja 9. Tuottavuuden kannalta paras hitsausasento olisi PA (Flat position, vaaka-asento) eli niin kutsuttu jalkoasento. Jalkoasentohitsauksella tämä vaatisi putkiprofiilisen T-liitosristikon kallistamista 45° kulmaan, joka on käytännössä mahdotonta toteuttaa konepajaolosuhteissa. Seuraavaksi tehokkain hitsausasento on PB (Horizontal vertical position, alapiena-asento), kuva 8. Konepajaolosuhteissa ristikkorakenteen hitsaaminen aloitetaan kyljellään ristikon kasaamiseen liittyvien osien kokoonpanon ja koon takia. Ristikko voi olla monta metriä korkea. Tämä vaatii neliöputken hitsauksen tapauksessa kappaleen kääntämistä kaksi kertaa. Se tarkoittaa kolmea erillistä alkuasentoa: ensin kyljellään sivupiena, sitten kääntö ja poikittaispienat, ja lopuksi kääntö ja toinen sivupiena.

Isojen, konepajalla valmistettävien kappaleiden kääntäminen on aikaa vievää ja näin ollen kustannustehokkuutta vähentävää. Pyrittäessä vähentämään kääntöjen määrää tulee poikittaispienat ja -railot hitsata asennoissa PG (Vertical dawn position, pystyhitsaus alaspäin) tai PF (Vertical up position, pystyhitsaus ylöspäin), kuva 9. Tässä opinnäytetyössä tutkittiin hitsausasentoja PB (kuva 13) ja PB+PF (kuva 14). PB-hitsauksella tarkoitetaan alapienahitsausta, jossa hitsaus tapahtuu kappaleen yläpuolella ja pääsääntöisesti vaakatasossa siirtymisenä, poikkeuksena pyöreät profiilit. PF-hitsauksella tarkoitetaan pystyhitsausta ylöspäin. PB-hitsauksissa tarvitaan kappaleiden kääntämistä aina hitsauksen jatkuessa eteenpäin, ja vastaavasti PF-hitsauksessa kappaletta ei tarvitse kääntää kuin kerran. Pystyasentohitsauksen tuotto on ennakoarvioiden mukaan pienempi kuin alapiena-asennon tuotto.

Opinnäytetyössä mitataan alapienahitsauksen ja pystypienahitsauksen hitsausaikoja ja -tuottoa. Aikoja verrataan myös SHY:n esittämiin suhteellisiin aikoihin (ks. Kuva 12).

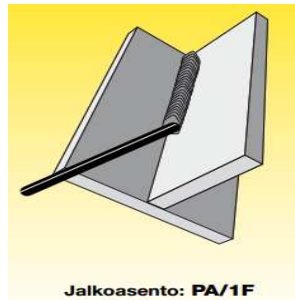


Kuva 8. Alapienahitsaus (Hitsausasennot ja niiden tunnuksset, n.d)

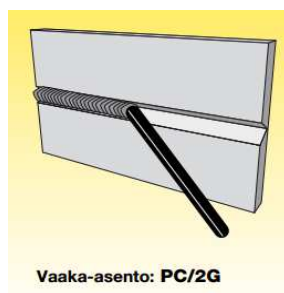


Kuva 9. Pystyhitsaus ylöspäin (Hitsausasennot ja niiden tunnuksset, n.d).

Sama koskee myös railohitsausta. Koekappaleiden ollessa kyljellään sivuhitsit hitsataan ala-asennossa PA, mutta ensimmäisen käännön jälkeiset poikittaishitsit hitsataan asennossa PC.



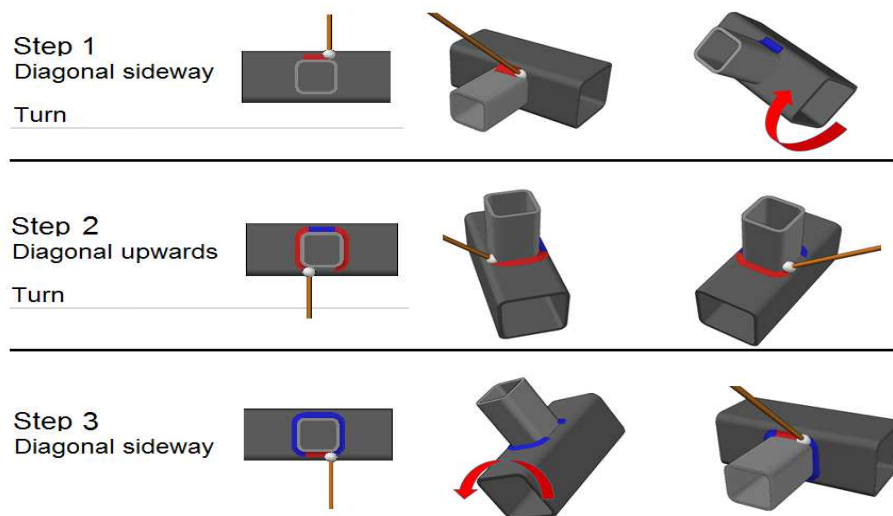
Kuva 10. Jalkoasentohitsaus kyljellään (Hitsausasennot ja niiden tunnukset, n.d).



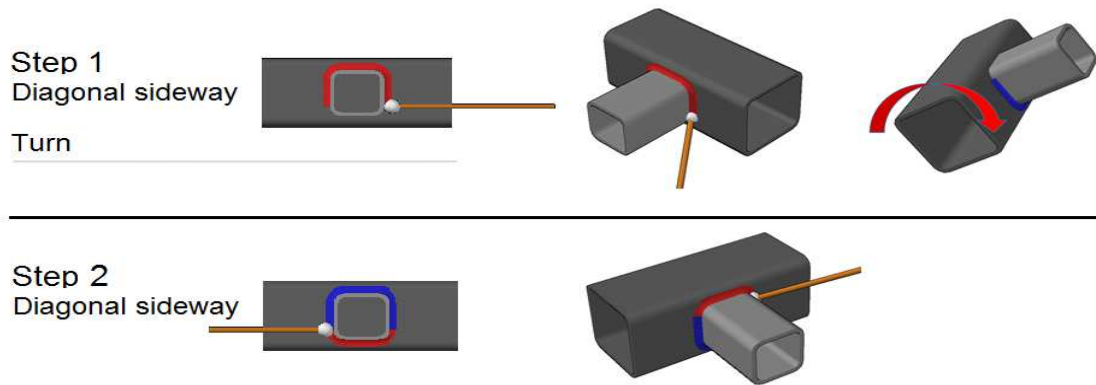
Kuva 11. Ensimmäisen käännön jälkeinen vaakahitsaus PC (Hitsausasennot ja niiden tunnukset, n.d).

PA	PB	PC	PF	PD ja PE
100%	130%	180%	220%	220-250%

Kuva 12. Hitsausasennon vaikutus hitsausaikaan (Hitsaustalous ja tuottavuus 2011, 5)



Kuva 13. Hitsaus PB-asennossa (Greičevci 2015).



Kuva 14. Hitsaus PB+PF-asennossa (Greiçevci 2015).

2.5 Hitsausliitokset

Hitsausliitokset dokumentoidaan Kemppi Oy:n kehittämällä ARC-I Data-Catch -laitteella koko hitsaustapahtuman ajalta. Näin voidaan jälkeenpäin tarkistaa hitsauksen kestoajat ja niiden eteneminen kappaleittain, jos myöhemmissä testeissä havaitaan poikkeamia normaaleihin arvoihin verrattuna.

ARC-I DataCatch -laitteesta saatava data tallennetaan Excel-taulukkoon seuraavasti:

Jokaisesta koekappaleesta tallennetaan tämä yleisdata:

- koekappaleen numero (xxxx)
- paarteen ja diagonaalin materiaalit (S420, MH550, MH700)
- hitsin tyyppi (P/V)
- hitsausprosessi (MAG, MAGWISE, WISE-ROB)
- hitsauksessa käytettävä lanka
- hitsin dimensio (6 mm, 10 mm, puoli-V täysi)
- käytettävät hitsausasennot (PB, PF)
- hitsin pituus (mm)
- vallitseva työlämpötila(°C)
- hitsauspalkojen lukumäärä (kpl)
- hitsin todellinen dimensio (mm)

Jokaisesta sauman hitsauspalosta tallennetaan erikseen nämä tiedot:

- sauman alkulämpötila (°C)
- kaariaika (s)
- langan syöttönopeus (m/min)
- lämmöntuonti (kJ/mm)
- jännite (V)
- virta (A)
- jälkijähdytysaika, $t_{8/5}$ -aika (s)

2.6 Hitsausprosessit

Tässä tutkimuksessa tutkitaan neljää erilaista hitsausmenetelmää, joita ovat manuaalinen MAG PB, manuaalinen MAG PB ja PF, MAGWise PB ja PF sekä WiseRobotti PB ja PF. Näistä manuaalinen MAG toimii vertailumenetelmänä, sillä sitä käytetään nykyisin yleisesti konepajoilla. Tässä tutkimuksessa tutkitaan kolmea erilaista hitsaussauman kokoa (6 mm:n pieni, 10 mm:n pieni ja puoli-V-railo).

Kemppi Oy on kehittänyt pulssi-MAG-hitsaukseen lisäominaisuuksia WISERoot-prosessilla sekä WISEFusion- ja WISEPenetration-toiminnoilla. Näistä WISERoot mahdollistaa läpihitsaamisen yhdeltä puolelta ilman juuritukea, ja WISEFuusion parantaa asentohitsattavuutta, pienentää lämmöntuontia ja mahdollistaa kapeamman railon käytön. WISEPenetration taas varmistaa oikean tunkeuman (pienahitsi) hankalissa hitsausolosuhteissa (esim. asentohitsauksissa). Opinnäytetyössä käytetään WISEFusion-toimintoa PB- ja PB+PF-hitsauksissa sekä WISEPenetration Puoli-V -railohitsauksessa.

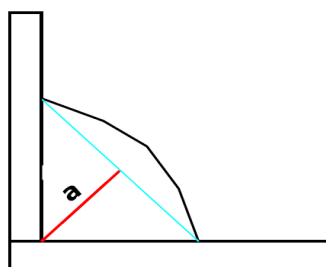
Neljäntenä hitsausmenetelmänä kokeillaan robottihitsausta Kemppi Oy:n hitsauslaboratoriossa Lahdessa. Robottihitsauksen yhteydessä käytetään WISE-perheen ominaisuuksia.

Hitsausasentoina ovat MAG-vaakahitsauksella nk. alapienahitsaus (PB), MAG-alapiena- ja pystypienahitsaus (PB+PF), MAC-Wise-alapiena- ja -pystypienahitsaus (PB+PF) ja Wise-robotti-alapiena- ja pystypienahitsaus (PB+PF). Hitsauskokoina ovat 6 ja 10 mm:n a-mitalla pienahitsaukset sekä puoli-V 45°:n railohitsaus.

Pienahitsaamisessa kappaleen päät on viistetty 90°:n kulmassa putken pituusakseliin nähden. Puoli-V-hitsauksessa kappaleet on viistetty 45°:n kulmassa putken pituusakseliin nähden, diagonaalin liitospäässä voidaan käyttää joko kokonaan läpiviistettyä tai osittain viistettyä puoli-V:tä. Osa-viistetyssä viistäminen ei lävistä koko materiaalin seinämäpaksuutta, vaan siihen jätetään niin sanottu tasainen, noin 2 mm:n levyinen osa eli juuripinta. Juuripinta esitetään kuvassa 3.

Hitsin a-mitat ovat 6 mm ja 10 mm pienahitsauksissa; a-mitta esitetään kuvassa 15.

Hitsin a-mitta



Kuva 15. Hitsin a-mitta (Hitsausmerkinnät 2015, s. 46).

Hitsausmenetelmänä käytetään:

- MAG / PB
- MAG / PB+PF
- MAC-Wise / PB+PF
- Wise-robotti / PB+PF

Hitsin viistekulma on 45° puoli-V hitsauksessa. Hitsausmenetelmänä käytetään:

- MAG / PB läpiviistetty
- MAG / PB+PF osaviistetty
- Wise / PB+PF läpiviistetty
- Wise-robotti / PB+PF läpiviistetty.

2.7 Hitsausliitoksien määrätyt lähtöarvot

Korkealujuusterästen hitsauksessa on huomioitava erityisesti diagonaalien materiaalista riippuva jäähtymisaika $t_{8/5}$ -aika.

Hitsausliitoksen ominaisuudet määräytyvät liitoksen jäähtymisnopeudesta. Hitsiaineen ja muutosvyöhykkeen ominaisuuksien kannalta merkittävimmät mikrorakennemuutokset liitoksen jäähtyessä tapahtuvat lämpötilavälillä 800–500 °C, ja jäähtymisnopeutta kuvaavana suureena käytetäänkin yleensä jäähtymisaikaa $t_{8/5}$, joka kuvaa jäähtymisaikaa 800 °C → 500 °C. Sen suuruuteen vaikuttavat mahdollinen esilämmitys, lämmöntuonti (hitsausenergia), hitsattavan materiaalin paksuus (levyn paksuus), liitosmuoto ja työlämpötila. Työlämpötila on hitsausauman lämpötila ennen seuraavan hitsauspalon alkamista. (Hitsaus. Yleistietoa n.d., s. 6)

Materiaaleille määrätyt maksimi $t_{8/5}$ -ajat perustuvat Ruukki Construction Oy:n käyttämiin WPS:iin:

- | | | |
|---------|-----------------|------|
| – S420 | $t_{8/5}$ -aika | 25 s |
| – MH550 | $t_{8/5}$ -aika | 20 s |
| – MH700 | $t_{8/5}$ -aika | 10 s |

Optim 700 plus MH:lle oli määrätty $t_{8/5}$ minimiaika 5 s. Tässä tutkimuksessa ei tarvinnut käyttää perusmateriaalin esilämmitystä.

Materiaaleille määrätyt maksimityölämpötilat perustuvat Ruukki Construction Oy:n käyttämiin WPS:iin:

- | | |
|---------------------|---------------|
| – S420 | enint. 250 °C |
| – Optim 500 MH | enint. 200 °C |
| – Optim 700 Plus MH | enint. 195 °C |

2.8 Koehitsauskappaleet ja niiden merkitseminen

Yhteenveto koekappaleista ja tutkittavista hitsityypeistä, hitsausmenetelmistä ja hitsausasunnoista esitetään kuvassa 16.

KOEHITSAUKSET

Koodi: Paarre/Diagonaali/Hitsi/Prosessi = xyzw
 Paarre x: S420 = 1 Optim 500 MH = 2 Optim 700 Plus MH = 3
 Diagonaali y: S420 = 1 Optim 500 MH = 2 Optim 700 Plus MH = 3
 Hitsi z: a6 = 1 a10 = 2 V = 3
 Prosessi w: MAG ja PB = 1 MAG ja (PB+PF) = 2 Wise = 3 Wise rob = 4

		HITSAUKSET											
		PIENA				PIENA				puoli-V			
		a = 6 mm				a = 10 mm				α = 45°			
		Paarre 150x150x8 S420											
		MAG	MAG	Wise	Wise robotti	MAG	MAG	Wise	Wise robotti	MAG	MAG	Wise	Wise robotti
Diagonaali	Teräslaatu	PB	PB+PF	PB+PF	PB+PF	PB	PB+PF	PB+PF	PB+PF	PB läpiviistetty	PB+PF osaviistetty	PB+PF läpiviistetty	PB+PF läpiviistetty
#100 x 8	S420	1111	1112	1113		1121	1122	1123		1131	1132	1133	
		Paarre 150x150x8 S550											
		MAG	MAG	Wise	Wise robotti	MAG	MAG	Wise	Wise robotti	MAG	MAG	Wise	Wise robotti
Diagonaali	Teräslaatu	PB	PB+PF	PB+PF	PB+PF	PB	PB+PF	PB+PF	PB+PF	PB läpiviistetty	PB+PF osaviistetty	PB+PF läpiviistetty	PB+PF läpiviistetty
#100 x 8	S420	2111	2112	2113		2121	2122	2123		2131	2132	2133	
#100 x 8	Optim 500 MH	2211	2212	2213		2221	2222	2223		2231	2232	2233	
		Paarre 150x150x8 S700											
		MAG	MAG	Wise	Wise robotti	MAG	MAG	Wise	Wise robotti	MAG	MAG	Wise	Wise robotti
Diagonaali	Teräslaatu	PB	PB+PF	PB+PF	PB+PF	PB	PB+PF	PB+PF	PB+PF	PB läpiviistetty	PB+PF osaviistetty	PB+PF läpiviistetty	PB+PF läpiviistetty
#100 x 8	S420	3111	3112	3113		3121	3122	3123		3131	3132	3133	
#100 x 8	Optim 500 MH	3211	3212	3213	3214	3221	3222	3223	3224	3231	3232	3233	3234
#120 x 8	Optim 700 Plus NH	3311	3312	3313	3314	3321	3322	3323		3331	3332	3333	

Kuva 16. Koekappaleiden koodaus.

Taulukossa määritellään testattavien kappaleiden materiaalien lujuusluokat diagonaaleille ja paarteille, hitsausten saumamuodot ja -leveydet sekä hitsausmenetelmät ja -asennot.

Taulukossa on kappaleiden seurannan varmistamiseksi luotu oma koodausmenetelmä, jonka avulla pystytään kappaleet kohdistamaan oikeisiin laatuihin, menetelmiin ja hitsauksiin.

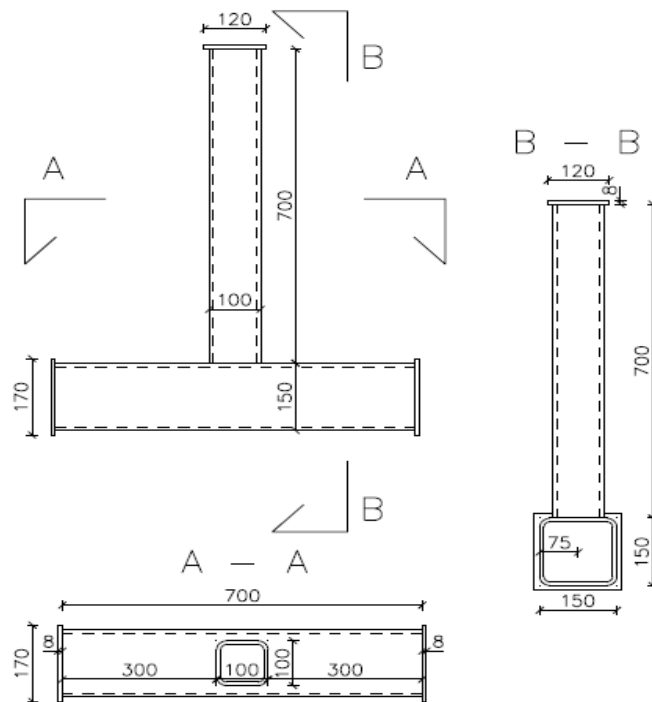
3 HITSAUS

Koekappaleita valmistettiin 72 kpl. Hitsaus suoritettiin kahdessa eri hitsauspaikassa: 54 kpl hitsattiin käsihitsauksella Koulutuskeskus Tavastian hitsauspajassa Hämeenlinnassa ja 18 kpl hitsattiin Kemppi Oy:n hitsauslaboratoriossa robottihitsauksena Lahdessa.

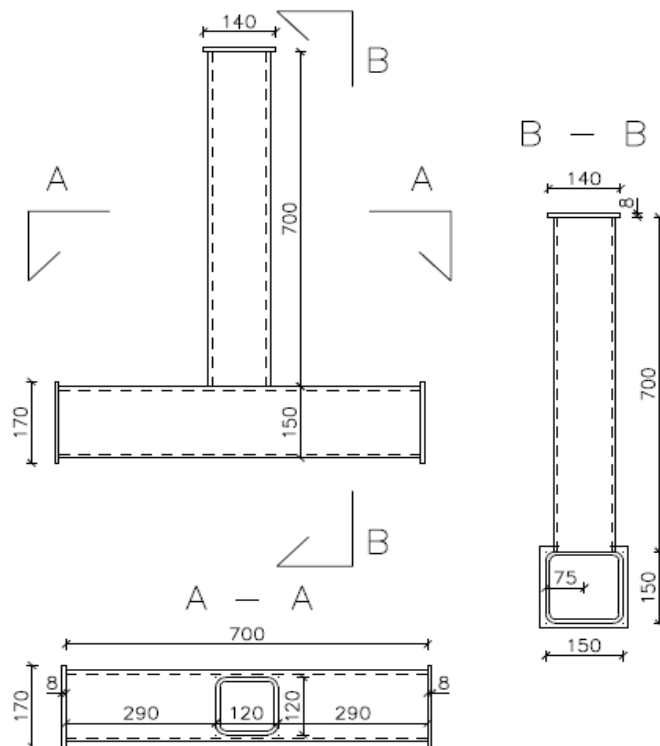
Koekappaleista on tehty kokoonpanokuvat eri teräsladuille, hitsausmenetelmille ja hitsausasunnoille. Kokoonpanokuvat esitetään liitteissä 4–9.

3.1 Koekappaleiden kokoonpano

Koekappaleeseen tulee 700 mm pitkä teräsparre ja 700 mm pitkä diagonaali T-liitoksena.



Kuva 17. Kokoonpanokuva: diagonaalin materiaalit S 420 ja 500 MH.



Kuva 18. Kokoonpanokuva: diagonaalin materiaali 700 MH.

3.2 Koekappaleiden hitsaus

Koulutuskeskus Tavastialla koulutusvastaava Harri Nieminen suoritti koekappaleiden hitsauksen Ruukki Construction Oy:n toimittamien hitsausohjeiden mukaisesti. Minä suoritin opinnäytetyön tekijänä hitsausten dokumentoinnin Kemppi Oy:n toimittamalla ARC-I DataCatch -laitteella. Minä dokumentoin kaiken kerätyn tiedon laitteesta, ja näistä saaduista tiedoista muodostettiin Ruukki Construction Oy:lle hitsausdatamatriisi.

Hitsausta tehtäessä jouduimme kiinnittämään erityistä huomiota lämmön tuottoon, joka yhdessä hitsauspalon työlämpötilan kanssa vaikuttaa olennaisesti $t_{8/5}$ -aikaan.

6 mm:n pienahitsaukseen tuli yksi hitsauspalko, ja 10 mm:n pienahitsaukseen tuli 6 hitsauspalkoa. Puoli-v-railohitsaukseen kokeilimme aluksi yhden hitsauspalon tekemistä, mutta se osoittautui liian haastavaksi lämmön tuoton kannalta. Päädyimme hitsaamaan puoli-V-railohitsit 2-palkoisina PF- asennoissa ja yksipalkoisina PB-asennoissa, jolloin pystyimme hallitsemaan paremmin lämmöntuontia.

Hitsauspalon työlämpötila mitattiin infrapuna-lämpömittarilla (Limit 92, IR-lämpömittari) puhdistetun hitsaussauman päältä. Jos hitsasimme ainoastaan yhden palon (6 mm:n pienahitsi), mittasimme kappaleen omaa lämpötilaa sauman oletetulta kohdalta. Hitsauksia toteutettaessa huomattiin, että koekappaleen koon ollessa meille sopiva päädyimme hitsaamaan kappaletta ympäri. Käänsimme aina tarvittaessa kappaletta, jolloin saimme automaattisesti jokaiselle hitsausauman palolle enemmän jäähtymisaikaa määrätyn T_0 -työlämpötilan saavuttamiseksi. Edellä mainittu tapa on mahdotonta konepajaolosuhteissa, koska kääntäminen ei ole isoilla ristikkorakenteilla niin yksinkertaista kuin testausolosuhteissa. Vastaavasti konepajaolosuhteissa ristikossa on useampia vastaavanlaisia saumoja, joten hitsaajan siirtyminen saumalta toiselle antaa vastaavasti jäähtymisaikaa aiemmin hitsatuille saumoille.

Hitsauksen aikana hitsausjännite pysyy aina lähes annettujen arvojen mukaisena, kun taas hitsauksen edetessä hitsausvirta vaihtelee. Hitsin pituus vaikutti olennaisesti hitsaustapahtuman virran keskiarvoon: mitä lyhyempi oli hitsin pituus, sitä suurempi vaikutus sillä oli hitsausvirran keskiarvoon. Käytössämme olleessa Kemppi Oy:n valmistamasta (FastMig X Power Source 450A) hitsauslaitteesta jännite mitattiin kaarijännitteestä, joka vastaa todellista hitsauskaaren jännitettä. Siihen ei vaikuta hitsauskaapeleiden tai -koneen mahdollinen jännitehäviö.

Seuraavassa kuvassa esitetään hitsigraafi-esimerkki, josta voidaan tulkita hitsausvirta. Muita ARCInfon tulkittavia parametrejä ovat hitsausjännite, langansyöttölaitteen moottorivirta ja langansyöttönopeus.



Kuva 19. Hitsigraafi (Arcinfonyhteisö n.d., 4.6.2).

3.3 Hitsausajat

Hitsauksia suorittaessamme kokeellisissa olosuhteissa käytimme Koulutuskeskus Tavastian hitsauslaboratoriossa olevaa aluetta.

Hitsausten yhteydessä tallensimme jokaisesta hitsausaumasta ja sen jokaisesta hitsauspalosta hitsausajan ARC-I DataCatch -laitteeseen. Mittasimme myös aina hitsausauman pituuden ja tallensimme tiedot kirjallisesti ylös. Koekappaleiden hitsausten välissä otimme talteen ARC-I DataCatch -laitteen tallentamat hitsaustiedot, jotka tallennettiin omaan matriisiin. Siihen lisäsimme jokaisen hitsin kohdalle sen pituuden, jolloin saimme tallennettua tarvittavan tiedoston omaan tiedostokansioon aina jokaiselle hitsille ja hitsin jokaiselle palolle. Seuraavalla sivulla olevissa taulukoissa on esimerkkinä kaksi erillistä hitsausaumaa ja niiden hitsauspalkoa; taulukoista käy ilmi DataCatch-laitteen tallentama data hitsausaumasta tai hitsausauman tietystä palosta. Yksipalkoisissa hitsausaumoissa esitetään ainoastaan hitsausaumaa, monipalkoisissa hitsausaumoissa ilmoitetaan sauman numero ja hitsauspalon numero.

Taulukko 2. Esimerkki ARC-I:n tallentamasta koekappaleesta nro: 1112 ensimmäisen sauman hitsaustiedostosta.

1112-1

Kemppi ArcInfo - Weld raw data

Hitsin päiväys:	15.12.2014
	12:04:01 -
Hitsausaika:	12:04:17
Hitsauslaite:	FastMig X Power Source 450A
Hitsauslaitteen sarjanumero:	PSNK0033820
Hitsauslaitteen nimi:	
Hitsausprosessi:	MIG/MAG (Synergic MIG)
Hitsin kesto:	16,240 s
Hitsin pituus:	95 mm
Calculated travel speed:	35,1 cm/min
Laskettu lämmöntuonti:	0,86 kj/mm

Taulukko 3. Esimerkki ARC-I:n tallentamasta koekappaleesta nro: 2123-ensimmäisen sauman 4. palon hitsaustiedostosta.

2123-1,4

Kemppi ArcInfo - Weld raw data

Hitsin päiväys:	16.1.2015
Hitsausaika:	10:30:57 - 10:31:11
Hitsauslaite:	FastMig X Power Source 450A
Hitsauslaitteen sarjanumero:	PSNK0033820
Hitsauslaitteen nimi:	
Hitsausprosessi:	MIG/MAG (Synergic MIG)
WiseFusion:	Aktiivinen
Hitsin kesto:	13,630 s
Hitsin pituus:	90 mm
Calculated travel speed:	39,62 cm/min
Laskettu lämmöntuonti:	0,67 kj/mm

Edellä olevissa taulukoissa 2 ja 3 on esimerkit kahdesta eri testihitsauskappaleen yhdestä hitsausaumasta ja monipalkoisen hitsausaumaman yhdestä hitsauspalosta. Testikappaleet ovat 1112-1 ja 2123-1,4.

Testikappale 1112-1 oli teräsmateriaalia S420 sekä paarteen että diagonaalin osalta, hitsaussaumana oli 6 mm:n pienahitsaus ja hitsausasentona MAG PB+PF. Testikappale 2123-1,4 oli teräsmateriaaliltaan S420 diagonaali ja 550 MH paarre, hitsaussaumana oli 10 mm:n pienahitsaus ja hitsausasentona Wise PB+PF.

3.4 Lämmöntuonti

Hitsausenergia (E) eli kaarihitsauksessa käytetty energia pituusyksikköä kohti (=kaarienergia) lasketaan kaavasta (Hitsaus. Yleistietoa n.d., s. 7) seuraavasti:

$$E = \frac{60 \cdot U \cdot I}{1000 \cdot V} \quad (01)$$

Kaava 01, Hitsausenergia

Jossa E = hitsausenergia (kJ/mm)
 U = kaarijännite (V)
 I = hitsausvirta (A)
 V = hitsausnopeus (mm/min).

Lämmöntuonti on hitsausenergiaa pienempi hitsausprosessin termisestä hyötysuhteesta (k) riippuen (kuva 18). Lämmöntuonti Q lasketaan kaavasta (Hitsaus. Yleistietoa n.d., 7):

$$Q = k \cdot E \quad (02)$$

Kaava 02, lämmöntuonti

Prosessi	k
Jauhekaari	1
Puikko	0,8
MIG / MAG	0,8
Täytelankahitsaus	0,8
TIG	0,6

Kuva 20. Terminen hyötysuhde k.

Hitsausajan, hitsausvirran ja kaarijännitteen (hitsausjännite) antoi hitsauskoneessa kiinni ollut parametrien tallennuslaite ARC I DataCatch, ja hitsaussauman pituus mitattiin käsin hitsatun sauman pinnalta. Hitsausnopeus on hitsaussauman pituuden suhde hitsausaikaan.

Hitsauskoneessa (Kemppi FastMig X Power Source 450A), jota tässä opinnäytetyössä käytettiin, oli olemassa tietyille teräsmateriaaleille koneeseen säädettyjä perusparametreja. Tehtäessä hitsauksiin liittyviä parametrisäätöjä teimme muutoksia pääasiallisesti hitsattavan materiaalin paksumäärään ja hitsauslisäainelangan syöttönopeuteen, jotka muuttivat virransyöttöä, jännitteen syöttöä ja hitsauslisäaineen langansyöttömoottorin

nopeutta. Wise-hitsauksessa otettiin mukaan hitsausparametreihin Wise-Fusion- ja WisePenetration-toiminnot. Hitsaustapahtumassa hitsausjännite pysyi hyvinkin muuttumattomana hitsauksen aikana, ja hitsausvirta muuttui koneen ”haistelemien” parametrien mukaisesti. MAGPulse-ominaisuutta ei käytetty tämän opinnäytetyön koehitsauksissa.

Hitsausjännite oli kyseisissä hitsauksissa säädetty vastaamaan todellista kaarijännitettä.

Käytimme erilaisia hitsaussäätöjä eri hitsausmenetelmille ja materiaaleille sen mukaan, oliko kyseessä perus MAG PB, MAGWise PB, perusMAG PB+PF vai MAGWise PB+PF.

3.5 $t_{8/5}$ -jäähtymisaika

Jälkijäähtymisajalle oli asetettu tässä opinnäytetyössä hitsausprosessiin tietyt aikarajoitukset. Jäähtymisaikoihin kiinnitettiin erityisen suurta huomiota, jotta pystyttäisiin pysymään annettujen aikojen alapuolella. Nämä jäähtymisajat materiaaleilla S420 ja 550MH oli helposti hallittavissa. Materiaalilla 700MH oli haasteena saada jäähtymisaika alle 10 sekunnin, ja osalla koekappaleista emme päässeet kyseiseen jäähtymisaikaan vaan se ylittyi.

6 mm:n pienahitsauksissa jälkijäähtymisajat saavutettiin lähes täydellisesti, koska hitsauksissa ei tarvinnut huomioida edellisten palkojen mahdollisia jälkilämpötiloja eikä meidän pääsääntöisesti tarvinnut jäähdyttää saumoja paineilmalla lainkaan.

10 mm:n pienahitsauksissa, joissa hitsausaumaan tuli aina 6 päällekkäistä hitsauspalkoa, jouduimme jäähdyttämään hitsausaumaan paineilmalla. Hitsausten edetessä huomioimme sopivan hitsausauman alkulämpötilan olevan käsihitsausta suoritettaessa noin 100 °C.

Puoli-V-railohitsauksissa hitsausaumaan tuli PB-asennossa 1–2 hitsauspalkoa ja PF-asennossa 1–2 hitsauspalkoa. Puoli-V-railohitsausten jäähtymisajat saavutettiin hyvin, sillä aloitimme hitsaukset 6 mm:n pienahitsauksilla. Olimme myös saaneet edellisistä hitsauksista hyvin perustietoa jälkijäähtymisaikoja varten, ja näin ollen meillä oli jo hyvät tiedot hitsausaumoihin liittyvistä parametreista.

$t_{8/5}$ -ajan laskentakaavoissa lasketaan kahta erillistä $t_{8/5}$ -aikaa, 2D- (kaksi-dimensionaalinen) ja 3D- (kolmidimensionaalinen) jäähtymisaika. Näistä kahdesta laskentakaavan tuloksesta valitaan aina suurempi jäähtymisajan arvo. Kummallekin jäähtymisajalle 2D ja 3D on omat laskentakaavat, jotka eritellään alla olevissa kaavoissa. (Vähäkainu 1998, s. 24; Lukkari 1997, s. 30; Hitsaus. Yleistietoa n.d.,s. 7)

$$t_{8/5} = (4300 - 4,3 * T_0) * 10^5 * \left(k^2 * \frac{E^2}{d^2} \right) * \left[\left(\frac{1}{500-T_0} \right)^2 - \left(\frac{1}{800-T_0} \right)^2 \right] * F_2 \quad (03)$$

Kaava 03, 2D- eli kaksidimensionaalinen $t_{8/5}$ -aika

Missä

T_0 on työlämpötila (°C)

k hitsausprosessin terminen hyötysuhde

E hitsausenergia (kJ/mm)

d hitsattava ainepaksuus (mm)





F_2 liitoksen muotokerroin kaksidimensionaalisessa lämmönjohtumisessa.

F_2 -liitoksen muotokerroin löytyy kuvasta 21. (Vähäkainu 1998, s. 24; Lukkari, 1997, s. 30; Hitsaus. Yleistietoa n.d., s. 7)

$$t_{8/5} = (6700 - 5 * T_0) * k * E * \left[\left(\frac{1}{500-T_0} \right) - \left(\frac{1}{800-T_0} \right) \right] * F_3 \quad (04)$$

Kaava 04, kolmidimensionaalinen lämmönjohtuminen

Missä F_3 liitoksen muotokerroin kolmedimensionaalisessa lämmönjohtumisessa, löytyy kuvasta 21. (Vähäkainu 1998, s. 24; Lukkari, 1997, s. 30; Hitsaus. Yleistietoa n.d., s. 7)

Prosessi		k	
Jauhekaari		1	
Puikko		0,8	
MIG / MAG		0,8	
Täytelankahitsaus		0,8	
TIG		0,6	
3. Liitosmuodon vaikutus		Liitosmuotokerroin F	
Liitosmuoto		F_2 kaksilotteinen lämmönjohtuminen	F_3 kolmiulotteinen lämmönjohtuminen
Päällehitsattu palko		1	1
Välipalot päittäisliitoksessa		0,9	0,9
Yksipalkkopienahitsi nurkkaliitoksessa		0,9 - 0,67	0,67
Yksipalkkopienahitsi T-liitoksessa		0,45 - 0,67	0,67
4. Ekvivalentti lämmöntuonti, $Q_{eg} = F \cdot Q = F \cdot k \cdot E$			

Kuva 21. Liitosmuotokerroin 2D–3D ja terminen hyötysuhde (Hitsaus Yleistietoa n.d.,s. 8).

Taulukoissa 4 ja 5 esitetään laskentaesimerkit $t_{8/5}$ -jäähdytymisen ja kaarienergian laskemiselle. Taulukkoon syötetään varatuille paikoille pyydetty tiedot, työlämpötila, terminen hyötysuhde, levyn paksuus, liitosmuotokertoimet 2D- ja 3D-muodossa ja kaarienergia E tai jäähdytymisaika $t_{8/5}$ riippuen siitä, lasketaanko jäähdytymisaikaa vai kaarienergiaa. Terminen hyötysuhde ja liitosmuotokertoimet saadaan valitsemalla kuvasta 21.

Taulukko 4. Jälkijäähdytymisaikan $t_{8/5}$ laskeminen (Hitsaajan opas, 1998, s. 24–28).

Työlämpötila To (C)	Terminen hyötysuhde k	Levynpaksuus d (mm)	Liitosmuotokerroin F2 (2-D)	Liitosmuotokerroin F3 (3-D)	Kaarienergia E (kJ/mm)	Jäähdyt.aika $t_{8/5}$ (2-D) (s)	Jäähdyt.aika $t_{8/5}$ (3-D) (s)	Jäähdytysaika $t_{8/5}$ (s)
20	0,8	8	0,67	0,67	1,01	7,8	2,9	7,8

Taulukko 5. Kaarienergian E laskeminen (Hitsaajan opas, 1998, s. 24–28).

Työlämpötila To (C)	Terminen hyötysuhde k	Levynpaksuus d (mm)	Liitosmuotokerroin F2 (2-D)	Liitosmuotokerroin F3 (3-D)	Jäähdyt.aika $t_{8/5}$ (s)	Kaarienergia E (2-D)(kJ/mm)	Kaarienergia E (3-D)(kJ/mm)	Kaarienergia E (kJ/mm)
100	0,8	8	0,67	0,67	10,0	1,0	2,8	1,0

4 HITS AUSLIITOSTEN TULOKSET

Hitsausliitosten tarkastelun tehtävänä oli saada aikaiseksi vertailukelpoista dataa kahden hitsausasennon, PB ja PF, vertailusta Ruukki Constructionin myöhempää käyttöä varten. Robottihitsauksissa testattiin robotin geometrian käyttöä T-liitoksen hitsaamisessa onnistuneesti. Robottihitsaukset, jotka tehtiin Kemppi Oy:n hitsauslaboratoriossa, eivät aiheuttaneet rajoitteita geometriasta johtuvalle robottihitsaukselle.

4.1 Hitsausajat

Hitsausaikojen pohjalta Ruukki Construction Oy tutkii mahdollisuuksia kehittää hitsausprosessia entistä tehokkaammaksi ja taloudellisemmaksi.

Hitsausaikoihin vaikutti olennaisesti hitsisauman pituus, hitsin parametrit ja hitsauspolttimen kuljetusnopeus. Hitsausaumojen pituudet vaihtelivat 25 mm:n ja 135 mm:n välillä. Hitsin parametreja säädettiin hitsausten välillä saavuttaaksemme ohjeiden mukaiset $t_{8/5}$ -ajat. $t_{8/5}$ -ajat lasketaan (Hitsaajan opas, 1998, s. 24–28.) esitetyn mallin mukaisesti jokaisen hitsatun kappaleen välillä, ja näin saatiin vertailuaineistoa mahdollista hitsausparametrien säätöä varten. Hitsauspolttimen kuljetusnopeus on riippuvainen hitsausta suorittavan hitsaajan ammattitaidosta ja hitsauslaitteeseen syötettyjen parametrien antaman langansyöttönopeuden vaikutuksesta. Langan-syöttönopeus ja käden yhtenäinen liike antavat hitsaukselle hyvän lopputuloksen, juuri halutun kokoisen sauman. Käden liike ei saa olla liian hidask

eikä vastaavasti liian nopea, jotta hitsausaumasta tulisi juuri oikeankokoinen ja hitsi pysyisi kiinni perusaineessaan eikä sisältäisi hitseille yleisimpiä hitsausvirheitä.

Käsihitsauksessa huomioitiin erityisesti hitsauspolttimen kuljetusnopeutta ja pyrittiin saamaan se mahdollisimman samanlaiseksi kaikissa hitsauksissa. Silti hitsausaika vaihteli samanmittaisilla hitsisaumoilla. Tähän vaikuttivat hitsausparametrien muutokset, joten lyhyimmät saumat eivät ole kaikkein nopeimpia hitsata.

Hitsattaessa koekappaleiden saumojen havaitimme hitsausten yhteydessä hitsausasentojen välillä selvää hitsausajan vaihtelua niin, että PB- ja PF-hitsausasentojen välinen erotus on lähes kaksinkertainen.

Seuraavissa taulukoissa 6, 7 ja 8 esitellään hitsausaikojen maksimi- ja minimiaikoja, keskiarvoja, sauman pituuksien minimi- ja maksimipituuksia sekä keskimääräistä hitsausnopeutta eri hitsityypeille, -asunnoille ja -menetelmille. Kyseiset koosteet ovat ainoastaan läpileikkaus hitsausaikojen ja -saumojen arvoista, eivätkä ne erottele materiaalien välisiä vaatimuksia, eroja tai hitsaussaumojen sisäisten palkojen eroja. Tarkemmat tiedot löytyvät hitsisaumoittain liitteinä olevista taulukoista. Taulukoissa 6, 7 ja 8 on esillä keskimääräiset hitsausnopeudet. Keskimääräisissä hitsausnopeuksissa [mm/s] on huomioitu kaikki hitsausprosessin sisällä olevat hitsausauman pituudet ja hitsausajat. Laajemmat taulukot esitellään liitteissä 10, 11 ja 12.

Taulukko 6. Hitsausajat, -pituudet ja -nopeus 6 mm:n pienahitseillä.

Hitsausajat, pituudet ja nopeus: 6 mm:n pienahitsit							
Hitsaustyyppi	Min. sauman pituus ja vastaava hitsausaika			Maks. sauman pituus ja vastaava hitsausaika			Hitsausnopeus keskim. [mm/s] <u>HUOM! Keskiarvo kaikki hitsaukset huomioiden!</u>
	Pituus [mm]	Hitsausaika [s]	Nopeus [mm/s]	Pituus [mm]	Hitsausaika [s]	Nopeus [mm/s]	
MAG PB	70	14,64	4,8	125	21,72	5,8	5,77
WISE PB	25	8,87	2,8	120	18,71	6,4	6,97
MAG PF	90	21,23	4,2	120	43,34	2,8	2,53
WISE PF	100	26,62	3,8	120	42,77	2,8	2,79
Wise-robotti	100	13,6	7,4	120	19,3	6,2	7,15

Taulukko 7. Hitsausajat, -pituudet ja -nopeus 10 mm:n pienahitseillä.

Hitsausajat, pituudet ja nopeus: 10 mm:n pienahitsit							
Hitsaustyyppi	Min. sauman pituus ja vastaava hitsausaika			Maks. sauman pituus ja vastaava hitsausaika			Hitsausnopeus keskim. [mm/s] <u>HUOM! Keskiarvo kaikki hitsaukset huomioiden!</u>
	Pituus [mm]	Hitsausaika [s]	Nopeus [mm/s]	Pituus [mm]	Hitsausaika [s]	Nopeus [mm/s]	
MAG PB	75	9,67	7,76	135	21,28	6,34	6,65
WISE PB	75	12,47	6,01	135	21,36	6,32	6,38
MAG PF	110	25,49	4,32	120	36,9	3,25	4,10
WISE PF	105	28,68	3,66	120	30,23	3,97	3,68
Wise-robotti	100	13,6	7,35	100	16,1	6,21	6,39

Taulukko 8. Hitsausajat, -pituudet ja -nopeus puoli-V-hitseillä.

Hitsausajat, pituudet ja nopeus: puoli-V-pienahitsit							
Hitsaustyyppi	Min. sauman pituus ja vastaava hitsausaika			Maks. sauman pituus ja vastaava hitsausaika			Hitsausnopeus keskim. [mm/s] <u>HUOM! Keskiarvo kaikki hitsaukset huomioiden!</u>
	Pituus [mm]	Hitsausaika [s]	Nopeus [mm/s]	Pituus [mm]	Hitsausaika [s]	Nopeus [mm/s]	
MAG PB	80	16,53	4,84	135	21,25	6,35	6,1
WISE PB	85	23,08	3,68	120	21,05	5,70	4,51
MAG PF	100	21,52	4,65	135	33,46	4,03	4,00
WISE PF	100	25,73	3,89	135	37,85	3,57	3,79
Wise-robotti	100	13,6	7,35	100	16,1	6,21	6,47

4.2 Lämmöntuonti

Lämmöntuontiarvoja verrattiin WPS:n antamiin ohjeellisiin arvoihin, jolloin saatiin vertailullista tietoa jo olemassa olevista hitsauksiin liittyvistä lämmöntuontiarvoista. Lämmöntuontiarvoja tarvittiin myös olennaisesti opinnäytetyön seuraavassa vaiheessa, jossa tutkittiin $t_{8/5}$ -aikoja. Alla olevat taulukot 9, 10 ja 11 esittelevät testihitsausten lämmöntuontiarvoja ja $t_{8/5}$ -aikoja. Kooste ei erottele eri materiaalien välisiä vaatimuksia tai eroja, vaan ne käyvät ilmi kattavammasta lämmöntuonnin ja $t_{8/5}$ -aikojen yhteismatriisista, jotka esitetään liitteinä (ks. liitteet 13–15).

Taulukko 9. Lämmöntuonti, $t_{8/5}$ -ajat ja hitsausnopeus 6 mm:n pienahitsauksissa.

Lämmöntuonti, $t_{8/5}$ -ajat ja hitsausnopeus: 6 mm:n pienahitsit						
Hitsaustyyppi	Lämmöntuonti [kJ/mm]			$t_{8/5}$ -aika [s]		Hitsausnopeus keskim. [mm/s] <u>HUOM! Keskiarvo kaikki hitsaukset huomioiden!</u>
	min.	maks.	k-arvo	min.	maks.	
MAG PB	0,67	1,5	1,03	4,7	19,1	5,87
WISE PB	0,69	1,38	0,88	3,6	14,5	6,58
MAG PF	1,18	1,68	1,41	10,6	22,4	3,47
WISE PF	1,05	1,54	1,25	8,8	18,1	2,79
WISE-robotti	0,85	0,94	0,88	5,5	10,7	7,15

Taulukko 10. Lämmöntuonti ja $t_{8/5}$ -ajat 10 mm:n pienahitsauksissa.

Lämmöntuonti, $t_{8/5}$ -ajat ja hitsausnopeus: 10 mm:n pienahitsit						
Hitsaustyyppi	Lämmöntuonti [kJ/mm]			$t_{8/5}$ -aika [s]		Hitsausnopeus keskim. [mm/s] <u>HUOM! Keskiarvo kaikki hitsaukset huomioiden!</u>
	min.	maks.	k-arvo	min.	maks.	
MAG PB	0,5	1,19	0,82	2,3	24,0	6,87
WISE PB	0,43	0,83	0,66	1,8	9,6	6,03
MAG PF	0,52	1,21	0,86	3,0	14,0	4,17
WISE PF	0,68	1,16	0,84	3,8	12,6	3,72
WISE-robotti	0,85	0,91	0,89	5,9	9,1	6,39

Taulukko 11. Lämmöntuonti ja $t_{8/5}$ -ajat puoli-V-hitsauksissa.

Lämmöntuonti, $t_{8/5}$ -ajat ja hitsausnopeus: puoli-V-hitsit						
Hitsaustyyppi	Lämmöntuonti [kJ/mm]			$t_{8/5}$ -aika [s]		Hitsausnopeus keskim. [mm/s] <u>HUOM! Keskiarvo kaikki hitsaukset huomioiden!</u>
	min.	maks.	k-arvo	min.	maks.	
MAG PB	0,41	1,49	0,77	1,3	16,9	6,31
WISE PB	0,57	1	0,87	2,5	10,5	4,29
MAG PF	0,52	1,44	0,8	2,6	17,2	4,11
WISE PF	0,46	0,97	0,73	2,1	7,8	3,81
WISERobotti	0,74	0,88	0,81	5,2	8,6	6,47

4.3 $t_{8/5}$ -ajat

Testeissä havaittiin, että $t_{8/5}$ -aikaan vaikuttavia tekijöitä olivat lämmöntuonti, hitsausauman perusmateriaalin työlämpötila tai monipalkohitseissä edellisen hitsauspalon jälkilämpötila (vastaa alkavan hitsin työlämpötilaa). Kaikille hitsausauman perusmateriaaleille on annettu edellä työlämpötilojen maksimiarvot, ja ne saatiin Ruukki Construction Oy:n toimittamista WPS:istä.

Hitsausten edetessä huomasimme hyvinkin nopeasti, että lämmöntuonti alkoi nousta saumoissa. Pyrimme panostamaan hitsauksen kulkuun ja säätämään hitsaukseen liittyviä parametreja, jotta voisimme mahdollisuuksien mukaisesti alittaa annetut $t_{8/5}$ -ajat. Toisena huolenaiheena oli hitsausaumojen monipalkoisissa hitsauksissa tai perusaineen yksipalkoisissa hitsauksissa työlämpötila. Jouduimme alussa odottamaan edellisen hitsauspalon jäähtymistä ja aloimme suorittaa hitsausta toisenlaisessa hitsausjärjestyksessä, jossa saimme hitsauspalkojen hitsien välistä jäähtymisaikaa pidennettyä. Otimme myös käyttöön paineilmajäähdytyksen.

Hitsauksia suorittaessamme huomioimme lähtölämpötilan asettuvan laskennalliselta kannalta noin 100 °C kohdille. Valituilla hitsausparametreilla saavutimme sellaisen lämmöntuontiarvon joka yhdessä sauman lähtölämpötilan kanssa antoi meille hyväksyttävän $t_{8/5}$ -jäähtymisaajan. Taulukoissa 12, 13 ja 14 on esitetty esimerkkilaskelmat teräsmateriaaleittain ja työlämpötiloittain, joilla voidaan saavuttaa optimaalisia $t_{8/5}$ -jäähtymisaikoja lämmöntuontiarvojen näkökulmasta.

Taulukko 12. Kaarienergia E (kJ/mm) eri lähtölämpötiloilla materiaalilla S420.

Materiaali S420								
Kaarienergia E								
Työlämpötila To (C)	Terminen hyötysuhde k	Levyn- paksuus d (mm)	Liitosmuoto- kerroin F2 (2-D)	Liitosmuoto- kerroin F3 (3-D)	Jääht.aika $t_{8/5}$ (s)	Kaari- energia E (2-D) (kJ/mm)	Kaari- energia E (3-D) (kJ/mm)	Kaari- energia E (kJ/mm)
20	0,8	8	0,67	0,67	25,0	1,8	8,8	1,81
50	0,8	8	0,67	0,67	25,0	1,7	8,1	1,70
100	0,8	8	0,67	0,67	25,0	1,5	7,0	1,51
150	0,8	8	0,67	0,67	25,0	1,3	5,9	1,33
200	0,8	8	0,67	0,67	25,0	1,1	4,9	1,14
250	0,8	8	0,67	0,67	25,0	1,0	3,9	0,95

Taulukko 13. Kaarienergia E (kJ/mm) eri lähtölämpötiloilla materiaalilla Optim 500 MH

Materiaali Optim 500 MH								
Kaarienergia E								
Työlämpötila To (C)	Terminen hyötysuhde k	Levyn- paksuus d (mm)	Liitosmuoto- kerroin F2 (2-D)	Liitosmuoto- kerroin F3 (3-D)	Jääht.aika t _{8/5} (s)	Kaari- energia E (2-D) (kJ/mm)	Kaari- energia E (3-D) (kJ/mm)	Kaari- energia E (kJ/mm)
20	0,8	8	0,67	0,67	20,0	1,6	7,1	1,62
50	0,8	8	0,67	0,67	20,0	1,5	6,5	1,52
100	0,8	8	0,67	0,67	20,0	1,4	5,6	1,35
150	0,8	8	0,67	0,67	20,0	1,2	4,8	1,19
200	0,8	8	0,67	0,67	20,0	1,0	3,9	1,02

Taulukko 14. Kaarienergia E (kJ/mm) eri lähtölämpötiloilla materiaalilla Optim 700 Plus MH.

Materiaali Optim 700 Plus MH								
Kaarienergia E								
Työlämpötila To (C)	Terminen hyötysuhde k	Levyn- paksuus d (mm)	Liitosmuoto- kerroin F2 (2-D)	Liitosmuoto- kerroin F3 (3-D)	Jääht.aika t _{8/5} (s)	Kaari- energia E (2-D) (kJ/mm)	Kaari- energia E (3-D) (kJ/mm)	Kaari- energia E (kJ/mm)
20	0,8	8	0,67	0,67	10,0	1,1	3,5	1,15
50	0,8	8	0,67	0,67	10,0	1,1	3,3	1,08
100	0,8	8	0,67	0,67	10,0	1,0	2,8	1,0
150	0,8	8	0,67	0,67	10,0	0,8	2,4	0,84
195	0,8	8	0,67	0,67	10,0	0,7	2,0	0,73

Kuten edellä olevista taulukoista 12, 13 ja 14 huomataan, vaikuttaa kaarienergiaan hyvinkin voimakkaasti t_{8/5}-jäähtymisaika ja työlämpötila. Materiaaleista riippumatta työlämpötilan muutos 20 °C:n peruslämpötilasta 100 °C:een ei vaikuta kovinkaan paljon kaarienergian muutokseen, se on 16.5 % kaikilla materiaaleilla. Muutos 100 °C → 200 °C pysyy vaihteluväliprosenteissa hyvinkin vakiona, noin 24.6 %:ssa, materiaaleilla S420 ja Optim 500 MH. Materiaalilla Optim 700 Plus MH se on 23.4 %, koska Optim 700 MH:n maksimilähtölämpötila saa olla 195 °C. WPS-ohjeet määräävät erilaisille hitsattaville materiaaleille maksimilämpötilan. Materiaalien mukanaan tuomat t_{8/5}-aikälähtöarvo-oletukset aiheuttavat sen, että vaihteluväli lähtölämpötilan alkulämmön ja maksimilämmön välillä on prosentuaalisesti vakio kaikilla materiaaleilla. Meidän tuli laskea ennakolta taulukoissa 12,13 ja 14 olevien esimerkkien tapaan sallitut kaarienergiarvot, jotta pääsimme haluamaamme lopputulokseen t_{8/5}-aikojen suhteen. Kyseisiin kaarienergiarvoihin pääsimme kokeellisesti hitsausten

edetessä ja opimme hitsausten aikana noudattamaan laskennassa saatuja lähtöarvoja hitsaukselle. Laskennassa havaittujen lähtöarvojen mukaisesti säädimme hitsauslaitteen lähtöarvoja.

$t_{8/5}$ -ajoista saatiin kerättyä hyvin materiaalia testikappaleiden hitsausten yhteydessä. $t_{8/5}$ -aikojen kattavat tulokset esitetään yhteismatriisissa lämmöntuontitulosten kanssa liitteissä 13–15.

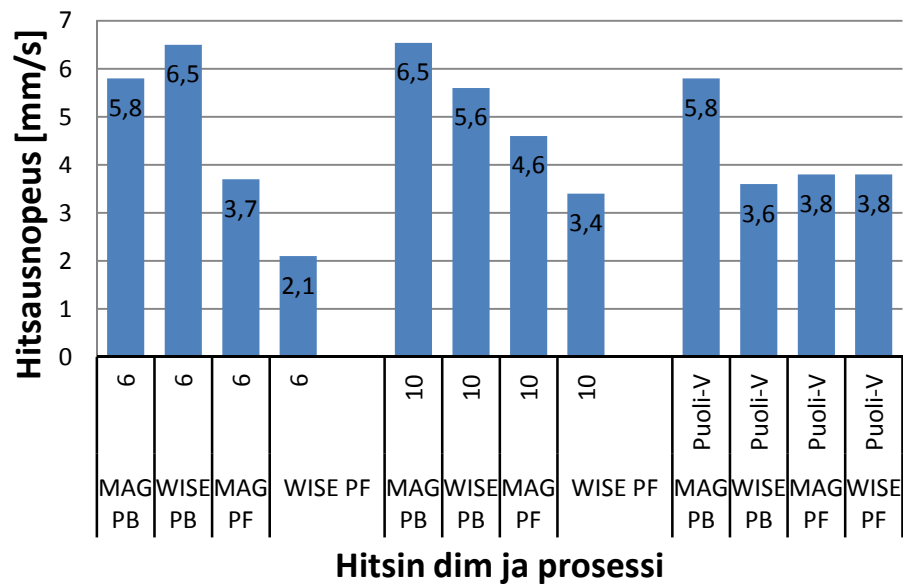
4.4 Yhteenveto

Taulukoissa 15, 16 ja 17 ja kuvioissa 1–6 esitetään koottuina hitsin dimensiot, hitsauspalkojen määrät, työlämpötilat, lämmöntonnit, $t_{8/5}$ -ajat ja hitsausnopeudet. Laskenta esitetään keskiarvolaskentana sauma- ja prosessikohtaisesti.

Taulukko 15. Yhteenvetotaulukko, jossa ilmoitetaan työlämpötila, lämmöntuonti, $t_{8/5}$ -aika ja hitsausnopeus saumalle materiaalilla s420.

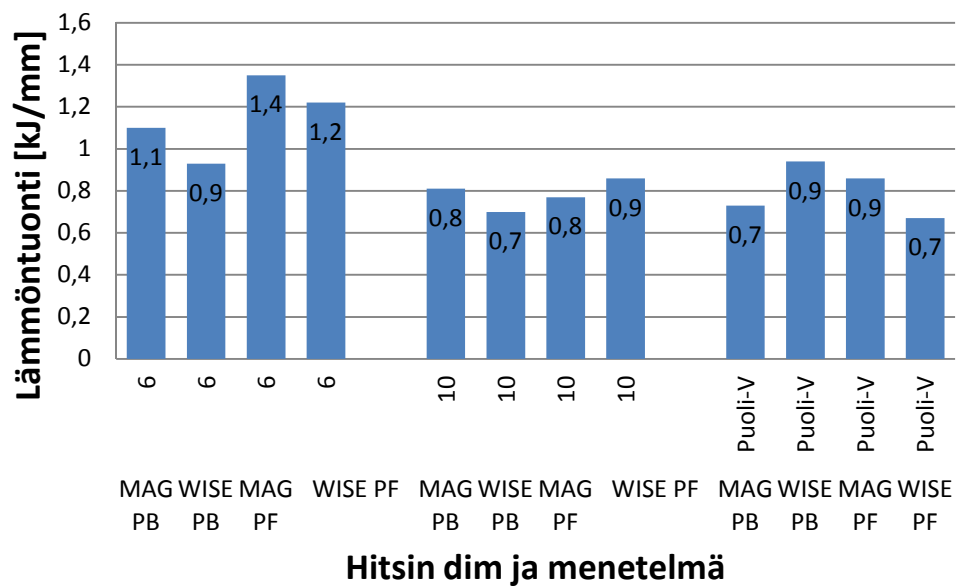
YHTEENVETO, MATERIAALI S 420						
Hitsausprosessi / Asento	Hitsi dim	Hitsauspalkojen määrä	Työlämpötila	Lämmöntuonti	$t_{8/5}$ -aika	Hitsausnopeus
		Keskiarvo, HUOM! Sauma- ja prosessikohtainen				
	[mm]		[°C]	[kJ/mm]	[s]	[mm/s]
MAG PB	6	1	34	1,1	10	5,8
WISE PB	6	1	38	0,93	7,4	6,5
MAG PF	6	1	30	1,35	14	3,7
WISE PF	6	1	30	1,22	12	2,1
MAG PB	10	6	124	0,81	9,1	6,54
WISE PB	10	6	106	0,7	5,6	5,6
MAG PF	10	6	95	0,77	6,8	4,6
WISE PF	10	6	84	0,86	6,9	3,4
MAG PB	Puoliv	2	56	0,73	5,1	5,8
WISE PB	Puoliv	1	53	0,94	7,9	3,6
MAG PF	Puoliv	2	58	0,86	7,0	3,8
WISE PF	Puoliv	2	60	0,67	4,2	3,8

MATERIAALI S420



Kuvio 1. Materiaali S420, hitsausnopeus.

MATERIAALI S420



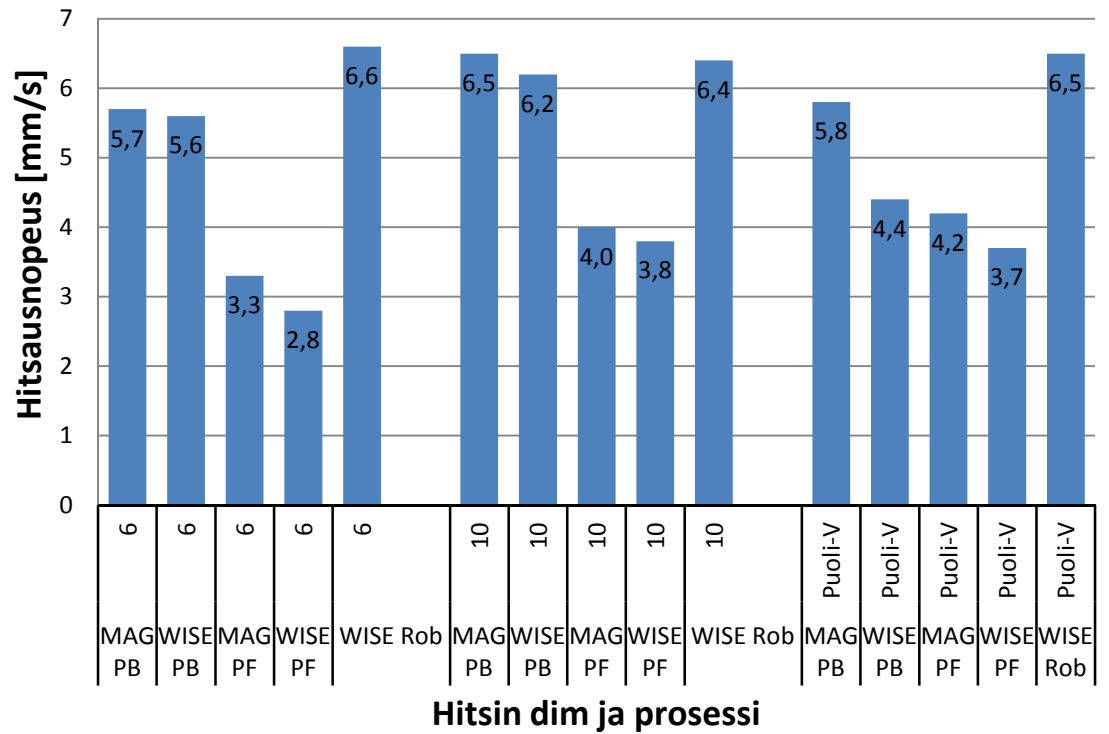
Kuvio 2. Materiaali S420, lämmöntuonti.

Hitsausenergian hallinta korkealujuusteräksillä eri hitsausasunnoissa

Taulukko 16. Yhteenvetotaulukko, jossa ilmoitetaan työlämpötila, lämmöntuonti, $t_{8/5}$ -aika ja hitsausnopeus saumalle materiaalilla Optim 500 MH.

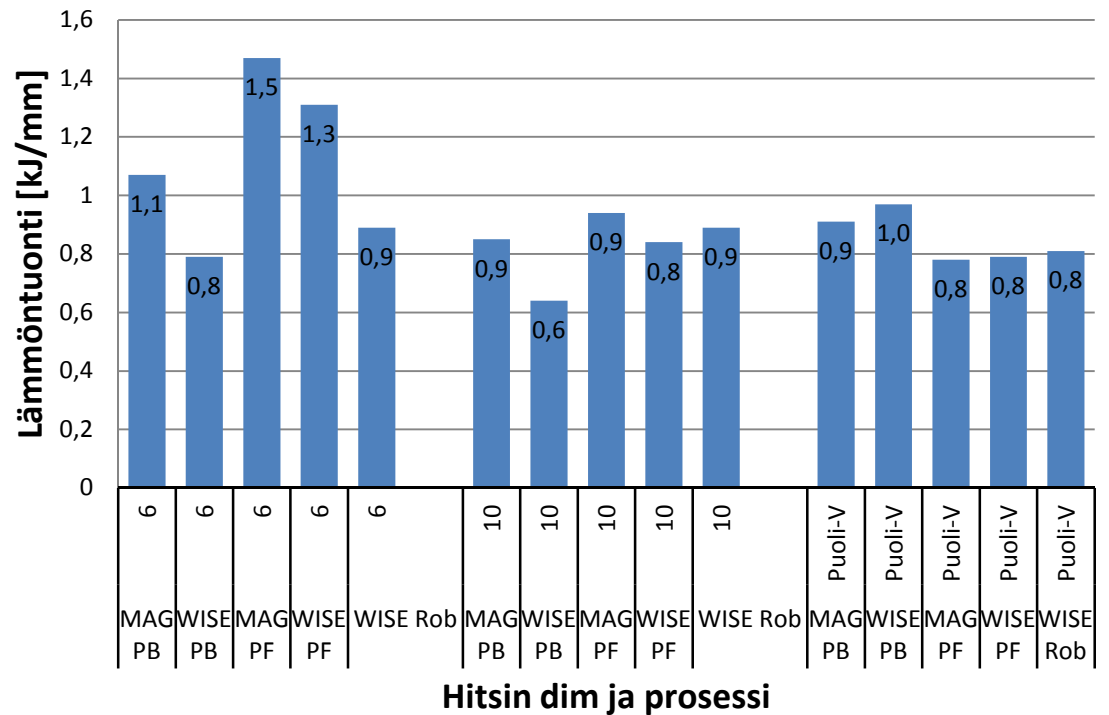
YHTEENVETO, MATERIAALI S 500						
Hitsausprosessi / Asento	Hitsidim	Hitsauspalkojen määrä	Työlämpötila	Lämmöntuonti	$t_{8/5}$ -aika	Hitsausnopeus
		Keskiarvo, HUOM! Sauma ja prosessikohtainen				
	[mm]		[°C]	[kJ/mm]	[s]	[mm/s]
MAG PB	6	1	37	1,07	9,6	5,7
WISE PB	6	1	43	0,79	5,3	5,6
MAG PF	6	1	30	1,47	17	3,3
WISE PF	6	1	30	1,31	14,0	2,8
WISE Rob	6	3	100	0,89	8,5	6,6
MAG PB	10	6	110	0,85	8,6	6,5
WISE PB	10	6	97	0,64	4,5	6,2
MAG PF	10	6	88	0,94	9,2	4,0
WISE PF	10	6	92	0,84	7,4	3,8
WISE Rob	10	6	100	0,89	8,2	6,4
MAG PB	Puoliv	2	62	0,91	8,0	5,8
WISE PB	Puoliv	1	65	0,97	8,7	4,4
MAG PF	Puoliv	2	56	0,78	5,5	4,2
WISE PF	Puoliv	2	67	0,79	5,9	3,7
WISE Rob	Puoliv	4	100	0,81	7,1	6,5

MATERIAALI Optim 500 MH



Kuvio 3. Materiaali Optim 500 MH, hitsausnopeus.

MATERIAALI Optim 500 MH



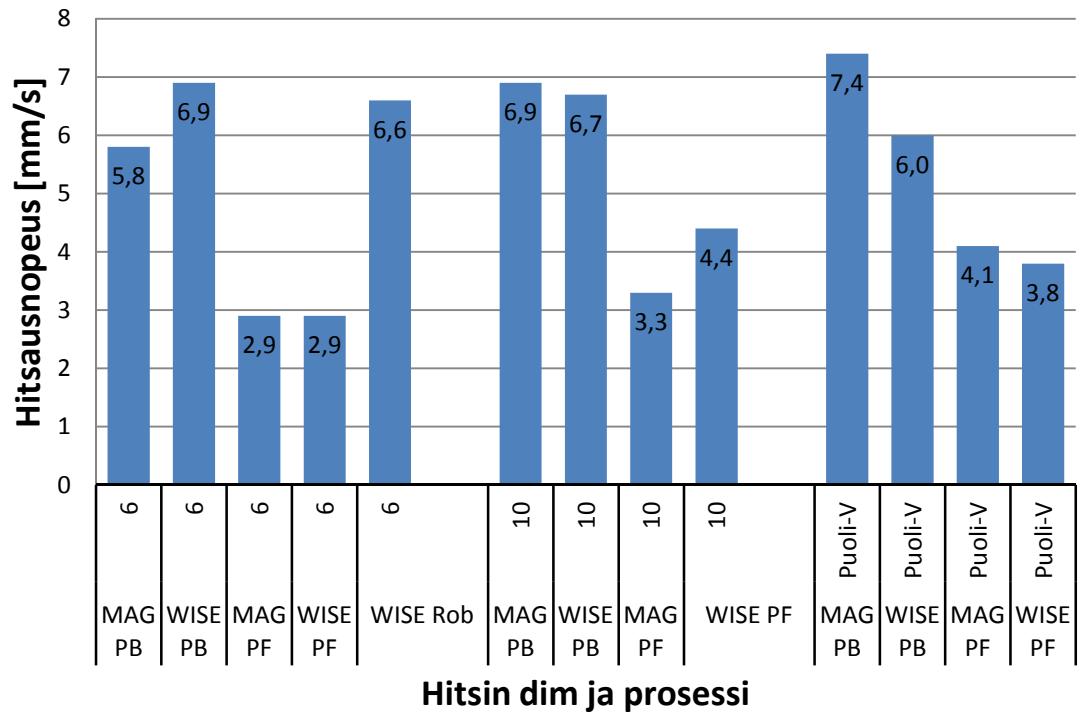
Kuvio 4. Materiaali Optim 500 MH, lämmöntuonti.

Hitsausenergian hallinta korkealujuusteräksillä eri hitsausasunnoissa

Taulukko 17. Yhteenvedotaulukko, jossa ilmoitetaan työlämpötila, lämmöntuonti, $t_{8/5}$ -aika ja hitsausnopeus saumalle materiaalilla Optim 700 PLUS MH.

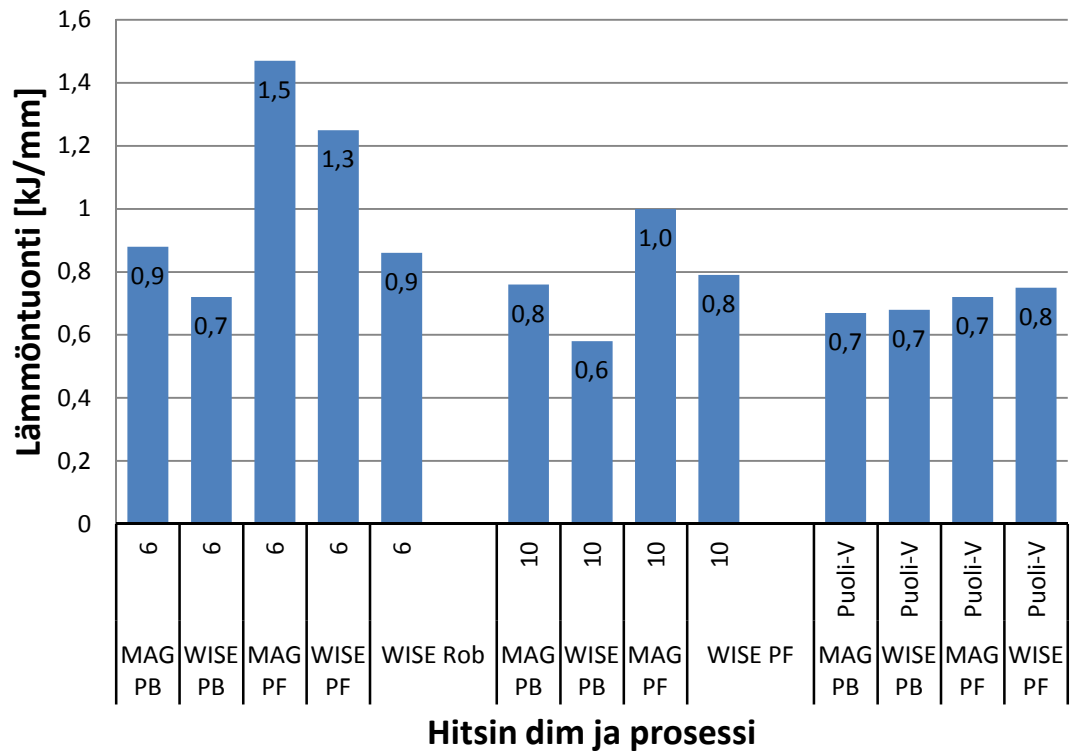
YHTEENVETO, MATERIAALI S 700						
Hitsausprosessi / Asento	Hitsidim	Hitsauspalkojen määrä	Työlämpötila	Lämmöntuonti	$t_{8/5}$ -aika	Hitsausnopeus
		Keskiarvo, HUOM! Sauma ja prosessikohtainen				
	[mm]		[°C]	[kJ/mm]	[s]	[mm/s]
MAG PB	6	3	96	0,88	9,2	5,8
WISE PB	6	1	48	0,72	4,5	6,9
MAG PF	6	1	30	1,47	17	2,9
WISE PF	6	1	30	1,25	12	2,9
WISE Rob	6	3	100	0,86	7,9	6,6
MAG PB	10	6	112	0,76	7,8	6,9
WISE PB	10	6	63	0,58	3,2	6,7
MAG PF	10	6	49	1,00	8,6	3,3
WISE PF	10	6	55	0,79	5,6	4,4
MAG PB	Puoliv	2	55	0,67	4,1	7,4
WISE PB	Puoliv	1	64	0,68	4,3	6,0
MAG PF	Puoliv	2	53	0,72	4,6	4,1
WISE PF	Puoliv	2	58	0,75	5,1	3,8

MATERIAALI Optim 700 Plus MH



Kuvio 5. Materiaali Optim 700 Plus MH, hitsausnopeus.

MATERIAALI Optim 700 MH



Kuvio 6. Materiaali Optim 700 Plus MH, lämmöntuonti.

5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön suurimpana haasteena oli koota kattavasti hitsaus-työhön ja sen ennalta määrättyihin parametreihin liittyvä hitsausmatriisi Ruukki Construction Oy:n käyttöön myöhempiä tutkimuksia varten. Hitsausmatriisin kokoamiseen vaadittujen koehitsausten suorittaminen onnistui Koulutuskeskus Tavastian hitsaustyöopettaja lehtori Harri Niemisen kanssa erittäin hyvin. Saimme suoritettua koehitsaukset lehtori Niemisen kanssa hienosti ja koottua hitsauksista paljon hitsausparametreihin liittyvää dataa, jota on jalostettu esiteltävään muotoon tässä opinnäytetyössä.

Tässä opinnäytetyössä tukittiin korkealujuusterästen hitsattavuuteen vaikuttavia ominaisuuksia, kuten hitsausaamojen hitsausaikoja eri hitsausprosesseilla, hitsausasentoja ja hitsausasennon vaikutusta hitsausaikoihin. Myös lämmöntuonnin hallintaa, $t_{8/5}$ -jäähtymisaikaa ja niiden vaikutusta hitsauksen suorittamiseen tutkittiin.

Hitsausaamojen aikojen mittaustuloksia sain hitsausaumoista hyvin. Vertailtaessa opinnäytetyössä tutkittujen hitsausasentojen eroavaisuuksia hitsausajoissa löysimme selkeän eroavaisuuden PB-hitsausasentojen ja PF-hitsausasentojen hitsausaikojen välillä. Taulukoissa 19 esitetään materiaaleittain hitsausnopeuden suhdetta PB- ja PF-asentojen välillä.

Taulukko 18. Kaikki hitsausnopeudet materiaaleittain ja hitsausmenetelmittäin.

Kaikki hitsausdimensiot		
MATERIAALI S 420		
PB MAG	6,0	mm/s
PB WISE	5,0	mm/s
PF MAG	4,0	mm/s
PF WISE	2,9	mm/s
MATERIAALI 500 MH		
PB MAG	6,0	mm/s
PB WISE	5,2	mm/s
PF MAG	3,8	mm/s
PF WISE	3,4	mm/s
MATERIAALI 700 PLUS MH		
PB MAG	6,7	mm/s
PB WISE	6,5	mm/s
PF MAG	3,4	mm/s
PF WISE	3,6	mm/s

Taulukko 19. Hitsausnopeuden suhde materiaaleittain välillä MAG PB ja MAG PF sekä Wise PB ja Wise PF.

MATERIAALI S420		
MAG PF / MAG PB	k-arvo [%]	33,2
WISE PF / WISE PB	k-arvo [%]	41,4
MATERIAALI Optim 500 MH		
MAG PF / MAG PB	k-arvo [%]	36,5
WISE PF / WISE PB	k-arvo [%]	34,3
MATERIAALI Optim 700 Plus NH		
MAG PF / MAG PB	k-arvo [%]	49,5
WISE PF / WISE PB	k-arvo [%]	44,3

Taulukossa 20 esitetään hitsausasennon vaikutuksesta hitsausaikaan materiaaleittain. Siinä vertaillaan asennon MAG PF suhdetta MAG PB -asentoon sekä asennon Wise PF suhdetta Wise PF -asentoon. Laskennassa on huomioitu kaikki hitsausaumat (piena 6 mm, piena 10 mm ja puoli-V) kyseisen asennon ja materiaalin sisällä. Laskelmat on esitetty prosentteina viitaten kuvan 12 tietoihin (Hitsaustalous ja tuottavuus 2011, 5) PF:n ja PB:n suhteesta.

Kuvassa 12 esitetään hitsausasentojen PB 130 % ja PF 220 % vaikutusta hitsausaikaan käyttäen verrokki hitsausasentona PA 100 %. Taulukossa 20 vertaillaan tämän tutkimuksen tuloksia vastaavasti.

Taulukko 20. Hitsausasennon vaikutus hitsausaikaan, PF-asennon suhde PB-asentoon.

Hitsausasennon vaikutus hitsausaikaan, PF-asennon suhde PB-asentoon, HUOM. kaikki saumakoot		
MATERIAALI S420		
MAG PF / MAG PB	195	%
WISE PF / WISE PB	222	%
MATERIAALI Optim 500 MH		
MAG PF / MAG PB	205	%
WISE PF / WISE PB	198	%
MATERIAALI Optim 700 Plus NH		
MAG PF / MAG PB	257	%
WISE PF / WISE PB	233	%

MAG PB -perusasennossa hitsaamiseen liittyy sen suurin ongelma konepajateollisuudessa: PB-hitsauksia tehtäessä hitsattavaa kappaletta pitää kääntää hitsaamisen aikana, mikä aiheuttaa aina työaikakatkoksia ja näin ollen vie arvokasta hitsausaika ja laskee tehokkuutta. PF-hitsauksissa työnaikaista kappaletta kääntämistä ei tarvita kuin yksi kerta, jolloin voidaan hitsata samassa ensimmäisessä asennossa kolme kertaa enemmän hitsausaumoja kuin PB-asennossa. Hitsausasentojen yhteydessä tutkittiin myös erilaisia hitsausmenetelmiä kuten perus-MAG- ja WiseMAG-hitsauksia. Näiden hitsausaikoja tutkittaessa päädyin samansuuntaiseen lopputulokseen hitsausaikojen osalta, jotka esitellään taulukoissa 18 ja 19.

Olenaisesti $t_{8/5}$ -jäähdytysaikaan vaikuttaa lämmöntuonti hitsausten yhteydessä. Opinnäytetyössä selvitettiin koehitsausten kautta lämmöntuonnin vaikutusta $t_{8/5}$ -jäähdytysaikaan. Huomasimme hyvinkin alkuvaiheessa hitsauksia suorittaessamme, että lämmöntuonti ei saisi nousta kovinkaan paljoa yli 1,0 kJ/mm. Kun hitsauspalon työlämpötila olisi noin 100 °C, pystyisimme pysymään annetuissa $t_{8/5}$ -lähtöarvoissa monipalkoisissa hitsauksissa. Yksipalkohitsauksissa lämmöntuonti saisi olla hivenen suurempi perusaineen alhaisemman työlämpötilan vuoksi. $t_{8/5}$ -ajoissa saimme opinnäytetyössä aikaan kaikista muista paitsi koekappale 3311:sta lähtöarvot alitavat tulokset. Näihin tuloksiin pääsimme hitsausparametreja säätämällä. Huomasimme myös hitsausparametreja säätäessämme, että parametrit saattoivat poiketa Ruukki Construction Oy:n toimittamien WPS:ien parametreista hivenen alittaen mahdollisesti WPS:ssä olevat parametrisuositukset.

Huomioni päättötyössäni kiinnittyi hitsaajan suureen ammattitaitovaatimukseen ja siihen liittyviin, hitsaukseen vaikuttaviin ulkoisiin muutostekijöihin.

Voidakseen saada aikaan luotettavaa, kestäväää, visuaalisen laadun ja vaaditut hitsausparametrit täyttävää hitsaustyötä, tulee hitsaajalla olla erittäin vankka hitsauskokemus ja ammattitaito. Saavuttaakseen hyvän ja vaatimukset täyttävän hitsaussauman tulee hitsaajan noudattaa erittäin tarkasti hänelle annettuja työohjeita ja seurata annettujen hitsausparametrien toteutumista hitsaustyön edetessä. Vaikka hitsaustöissä noudatettaisiin edellä mainittuja ohjeita, tulee silti kiinnittää suurta huomiota myös ennalta määrättyihin, materiaalien antamiin hitsaukseen vaikuttaviin lähtöarvoihin. Hitsaukseen liittyvät WPS:t ovat yleisohje materiaaleittain hitsauksille, ja myös näiden parametrien noudattamiseen tulee kiinnittää mahdollisimman suurta huomiota hitsauksia tehtäessä ja suunniteltaessa.

Hitsauslaitteiden kehitys on tuonut myös mahdollisuuden hallita hitsausprosessia hyvin. Kehittyneiden hitsauslaitteiden avulla saatiin tässäkin opinnäytetyössä suuri määrä hitsausdataa tallennettua hitsausmatriisien muotoon.

LÄHTEET

ArcInfon ohje. n.d. viitattu 4/2015.

<https://arci.kemppi.com/ArcInfoHelp/fi/index.htm#4.6.2>

Ekvivalentin lämmöntuonnin Q_{eq} määrittäminen hitsausenergian E , hitsausprosessin termisen hyötysuhteen k sekä liitosmuotokertoimien F_2 ja F_3 avulla. n.d. Hitsaus. Yleistietoa. Viitattu 4/2015.

<http://www.ruukki.fi/~media/Finland/Files/Terastuotteet/Kuumavalssatut%20-%20kasittelyohjeet/Ruukki-Kuumavalssatut-terakset-Hitsaus-Yleistietoa.pdf>

Eskelinen, H. 2015. Tekninen piirustus II, Hitsausmerkinnät. Viitattu 3/2015.

<https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bk50a0200/luennot/hitsausmerkinnat.pdf>

Haapio, J. 2014. Putkiprofiilin T-liitoshitsaus. Projektisuunnitelma 3.11.2014

Hitsausasennot ja niiden tunnuksat (EN ISO/ASME). n.d. ESAB. Viitattu 4/2015.

<http://www.esab.fi/fi/fi/support/documentation/educational/upload/xa00152112b.pdf>

Hitsausenergia (E) eli kaarihitsauksessa käytetty energia pituusyksikköä kohti(=kaarienergia) lasketaan kaavasta. n.d. Hitsaus. Yleistietoa. Viitattu 4/2015.

<http://www.ruukki.fi/~media/Finland/Files/Terastuotteet/Kuumavalssatut%20-%20kasittelyohjeet/Ruukki-Kuumavalssatut-terakset-Hitsaus-Yleistietoa.pdf>

Hitsausenergia ja jäähtymisaika $t_{8/5}$. n.d. Hitsaus. Yleistietoa. Viitattu 3/2015.

<http://www.ruukki.fi/~media/Finland/Files/Terastuotteet/Kuumavalssatut%20-%20kasittelyohjeet/Ruukki-Kuumavalssatut-terakset-Hitsaus-Yleistietoa.pdf>

Hitsaustekniikka. n.d. Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys ry SHY. Viitattu 3/2015.

http://hitsaus.net/Portals/shy/dokumentit/HT-3-11%20hitsaustalous_201108101.pdf

Jäähtymisaika $t_{8/5}$ ja sen vaikutus hitsausliitoksen muutosvyöhykkeen koivuuteen ja iskutkeyden transitiolämpötilaan. n.d. Hitsaus. Yleistietoa. Viitattu 4/2015.

<http://www.ruukki.fi/~media/Finland/Files/Terastuotteet/Kuumavalssatut%20-%20kasittelyohjeet/Ruukki-Kuumavalssatut-terakset-Hitsaus-Yleistietoa.pdf>

Lukkari, J. Hitsausenergia ja lämmöntuonti hitsauksissa. Hitsaustekniikka 4/1997. Helsinki, Publisher and Publishing Company.

Lukkari, J. Jäähdytisaika, hitsausenergia ja hitsausarvojen valinta. Hitsaustekniikka 2/1985, Helsinki, Publisher and Publishing Company

Neliönmuotoiset Ruukki Double Grade -rakenneputket. n.d. Ruukki. Viitattu 2/2015.

<http://www.ruukki.fi/Teras/Rakenneputket/Nelionmuotoiset-rakenneputket/Nelionmuotoiset-Ruukki-double-grade--rakenneputket>

Neliönmuotoiset Optim 500 MH -rakenneputket. n.d. Ruukki. Viitattu 2/2015.

<http://www.ruukki.fi/Teras/Rakenneputket/Nelionmuotoiset-rakenneputket/Nelionmuotoiset-Optim-500-MH--rakenneputket>

Neliönmuotoiset Optim 700 Plus MH -rakenneputket. Ruukki. Viitattu 2/2015.

<http://www.ruukki.fi/Teras/Rakenneputket/Nelionmuotoiset-rakenneputket/Nelionmuotoiset-Optim-700-Plus-MH--rakenneputket>

Näppi, M. 2010. Hitsatut teräsrakenteet arktisissa olosuhteissa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Teknillinen tiedekunta. Konetekniikan koulutusohjelma. Kandidaatintyö. Viitattu 3/2015.

<http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/74469/Hitsatut%20ter%C3%A4srakenteet%20arktisissa%20olosuhteissa.pdf?sequence=1>

Rakenneputket EN 1993 -käsikirja. 2012. Ruukki Metals Oy. Viitattu 3/2015.

https://software.ruukki.com/Ruukki-Rakenneputket-Kasikirja-2012_PDF-versio.pdf

SFS-EN 1993-1-8, 7.1.1(4). 2005. Eurokoodi 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-8: Liitosten mitoitus. Helsinki: Suomen standardoimisliitto. Viitattu 3/2015

SFS-EN 1993-1-12+AC, 7.1.1(4) lisäsääntö. 2007. Eurokoodi 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-12: EN 1993 Laajennus Teräslajeihin S700 asti. Helsinki: Suomen standardoimisliitto. Viitattu 3/2015

SFS-EN ISO 17659. 2004. Hitsaus. Hitsausliitosten monikielinen kuvallinen sanasto. Helsinki: Suomen standardoimisliitto. Viitattu 03/2015.

Vähäkainu, O. 1998. Hitsaajan opas. Keuruu: Otava

Väitös: Hitsauksen lämmöntuonti vaikuttaa dramaattisesti suurlujuusteräksien kestävyysasteeseen. n.d. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Viitattu 2/2015.

http://www.lut.fi/uutiset/-/asset_publisher/h33vOeufOQWn/content/vaitos-hitsauksen-lammontuonti-vaikuttaa-dramaattisesti-suurlujuusteraksien-kestavyysasteeseen

KUVAT

1, 13 ja 14. Greiçevci B. 2015.

S420 MH, VASTAANOTTOTODISTUS

LIITE 2

SSAB

VASTAANOTTOTODISTUS

Nro ADI-4248.DAT
995780-001-004

EN 10204-3.1

Päivämäärä
07.11.2014

Sivu
1

Ostaja SSAB EUROPE OY PL 93 RAUTARUUKINTIE 155 92101 RAAHE FINLAND	0003094	Toimitusosoite SSAB EUROPE OY ILKKA SORSA NIINISTÖNKATU 7 05800 HYVINKÄÄ	0006001
Tilausvahvistus 995780		Tilauksenne 06.11.2014	
Viliteenne KOE-ERÄ		Lähetyseri 995780-001 07.11.2014	

MERKINTÄ	Tarkastajan leima	Teräslaji	Sulatus - koeno	Putkinumero	Muut leimat
----------	-------------------	-----------	-----------------	-------------	-------------

RUUKKI

S420MH

XXXXX-XX

Tuote
KYLÄMUOVATTUA HITSATTUA RAKENNEPUTKEA
Teräslaji
S420MH, -40 C
HIENORAETERÄS EN 10219-1

Tekniset vaatimukset
EN 10219-1,2:2006 CFRHS

Tarkastus
HITSILIITOS ULTRAÄÄNITARKASTETTU

CE 0416 RUUKKI SSAB Europe Oy PL 138 FI-00811 Helsinki 0418-CPD-6667
EN 10219 - 1: 2006 Cold formed steel hollow sections for building and civil engineering S420MH Dangerous substance X: less than 0,2 ppm Durability: NPD
Vaatimustenmukaisuus vakuutus EN 10219-1 liitteiden ZA mukaan katso: www.ssab.com

TUOTE-ERITTELY

Sulatusno	Näytteenno	Nippu no	Kpl	m	kg	Nippua
Pos. 1	150 X 150	8.00 X 12000				
87895	87895031144	19523207				
Positiio yhteensä			1	12	408	1
Pos. 4	100 X 100	8.00 X 12000				
18007	18007061507	49019549				
Positiio yhteensä			3	36	770	1
Positiioit yhteensä			4	48	1178	2

Tuotteet on tarkastettu ja testattu ylläesitettyjen toimitusehtojen mukaisesti ja ne ovat asetettujen vaatimusten mukaisia.

SSAB Europe Oy
Pulkkilan tehdas
Laadunohjaus

Arto Törmälä

Arto Törmälä

www.ssab.com SSAB Europe Oy	Postiosoite Lehtolantie 76 FI-92600 PULKKILA	Puhelin + 358 20 59 11	Telefax + 358 20 59 27090
Yhdyksen nimi SSAB Europe Oy	Suolakivenkatu 1 FI-00811 HELSINKI	Koopaikka HELSINKI	Y-tunnus 2389445-7

SSAB

VASTAANOTTOTODISTUS

Nro
995780-001-004

EN 10204-3.1

Päivämäärä
07.11.2014

Sivu
2

Pos.	Sulatusno	CEV	Sulatusanalyysi %														
			C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	V	Cu	Cr	N	Ti	Mo	Ni	B
1	87895	,32	,08	,19	1,38	,011	,006	,029	,022	,007	,032	,051	,005	,016	,007	,040	,0003
4	18007	,34	,08	,19	1,43	,010	,003	,037	,014	,010	,031	,044	,005	,015	,006	,046	,0001

Pos.	Näyttenumero	Vetokoe				Iskukoe					
		D2	Rp0.2 N/mm2	Rm N/mm2	A5 %	D3	oC	1(J)	2(J)	3(J)	AVG(J)
1	87895031144	11	478	537	27	117	-40	223	190	222	212
4	18007061507	11	507	549	22	117	-40	204	211	214	210

Visuaalinen tarkastus sekä mittatarkastus on suoritettu toimitusehtojen mukaisesti. Ei huomiotia

SSAB Europe Oy
Pulkkilan tehdas
Laadunohjaus

Arto Törmäheho

Arto Törmäheho

CEV: $C + Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15$
D2: 11-Perusaineesta pitkittäin
D3: 117-Iskukoossaava CV t x 10 mm, perusaineesta pitkittäin

OPTIM 500 MH, VASTAANOTTOTODISTUS

Liite 3



VASTAANOTTOTODISTUS

Nro ADI4GHS.DAT
995780-001-001

EN 10204-3.1

Päivämäärä
07.11.2014

Sivu
1

Ostaja SSAB EUROPE OY	0003094	Toimitusosoite SSAB EUROPE OY ILKKA SORSA NIINISTÖNKATU 7 05800 HYVINKÄÄ	0006001
PL 93 RAUTARUUKINTIE 155 92101 RAAHE FINLAND			
Tilausvahvistus 995780		Tilauksenne 08.11.2014	
Viitteenne KOE-ERÄ		Lähetyseriä 995780-001 07.11.2014	

MERKINTÄ
Valmistajan merkki Tarkastajan leima Teräsaji Sulatus - koeno Putkinumero Muut leimat

RUKKI

XXXX-XX

Tuote
KYLÄMUOVATTUA HITSATTUA ERIKOISLUJAA RAKENNEPUTKEA
Teräsaji
OPTIM 500 MH
LUJA MUOVATTAVA TERÄS

Tekniset vaatimukset
OPTIM HS CFRHS

Tarkastus
HITSILIITOS ULTRAÄÄNITARKASTETTU

TUOTE-ERITTELY

Sulatusno	Näytteno	Nippu nro	Kpl	m	kg	Nippua
Pos. 2	150 X 150	8.00 X 12000				
58761	58761050807	49019547				
Positio yhteensä			2	24	816	1
Pos. 5	100 X 100	8.00 X 12000				
48644	48644021143	49019546				
Positio yhteensä			2	24	514	1
Positiot yhteensä			4	48	1330	2

Tuotteet on tarkastettu ja testattu ylläesitettyjen toimitusehtojen mukaisesti ja ne ovat asetettujen vaatimusten mukaisia.

SSAB Europe Oy

Pulkkilan tehdas
Laadunohjaus

Arto Törmälehto

Arto Törmälehto

www.ssab.com SSAB Europe Oy	Postiosoite Lehtolantie 76 FI-92600 PULKKILA	Puhelin + 358 20 59 11	Telefax + 358 20 59 27090
Yhtiön nimi SSAB Europe Oy	Suolakienvkatu 1 FI-00811 HELSINKI	Kotipaikka HELSINKI	Y-runnus 2389445-7



VASTAANOTTOTODISTUS

Nro
995780-001-001

EN 10204-3.1

Päivämäärä
07.11.2014

Sivu
2

Pos	Sulatusnro	CEV	Sulatusanalyysi %														
			C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	V	Cu	Cr	N	Ti	Mo	Ni	B
2	58761	,28	,05	,18	1,21	,009	,003	,034	,041	,076	,022	,042	,004	,002	,005	,043	,0002
5	48644	,28	,06	,17	1,21	,007	,003	,029	,038	,039	,023	,046	,006	,018	,005	,044	,0003

Pos	Näyttenumero	Vetokoe	Istkukoe															
			D2	Rp0.2	Rm	AS	D3	oC	1(J)	2(J)	3(J)	AVG(J)						
			N/mm2	N/mm2	%													
2	58761050807	11	595	646	20	117	-20	189	215	192	199							
5	48644021143	11	557	599	17	117	-20	176	163	186	175							

Visuaalinen tarkastus sekä mittatarkastus on suoritettu toimitusehtojen mukaisesti- Ei huomioita

SSAB Europe Oy
Pulkkilan tehdas
Laadunohjaus

Arto Törmälehto

CEV: $C + Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15$
D2: 11-Perusainesta pitkittäin
D3: 117-Istkukoesuura CV t x 10 mm, perusainesta pitkittäin

700 PLUS MH, VASTAANOTTOTODISTUS OPTIM

Liite 4



VASTAANOTTOTODISTUS

Nro ADH42HS.DAT
995780-001-002

EN 10204-3.1

Päivämäärä
07.11.2014

Sivu
1

Ostaja SSAB EUROPE OY	0003094	Toimitusosoite SSAB EUROPE OY ILKKA SORSA NIINISTÖNKATU 7 05800 HYVINKÄÄ	0006001
PL 93 RAUTARUUKINTIE 155 92101 RAAHE FINLAND			
Tilausvahvistus 995780		Tilauksenne 08.11.2014	
Viitteenne KOE-ERÄ		Lähetyspäivä 995780-001 07.11.2014	

MERKINTÄ	Tarkastajan leima	Teräsiaji	Sulatus - koeno	Putkinumero	Muut leimat
Valmistajan merkki					
RUUKKI		700 PLUS MH	XXXX-XX		

Tuote
KYLÄMUOVATTUA HITSATTUA ERIKOISLUJAA RAKENNEPUTKEA
Teräsiaji
OPTIM 700 PLUS MH
LUJA MUOVATTAVA TERÄS
Tekniset vaatimukset
OPTIM 700 PLUS CFRHS

Tarkastus
HITSILIITOS ULTRAÄÄNITARKASTETTU

TUOTE-ERITTELY				Kpl	m	kg	Nippua
Sulatusno	Näytteno	Nippunro					
Pos. 3	150 X 150	8.00 X 6000					
60526	60526020581	49019548					
Positiio yhteensä				5	30	1020	1
Pos. 6	120 X 120	8.00 X 12000					
15427	15427021970	49019550					
Positiio yhteensä				1	12	317	1
Positiioit yhteensä				6	42	1337	2

Tuotteet on tarkastettu ja testattu ylläesitettyjen toimitusehtojen mukaisesti ja ne ovat asetettujen vaatimusten mukaisia.

SSAB Europe Oy
Pulkkilan tehdas
Läsdunonjaus
Arto Törmälehto

Arto Törmälehto

www.ssab.com	Postiosoite	Puhelin	Telefax
SSAB Europe Oy	Lehtolantie 76 FI-92500 PULKKILA	+ 358 20 59 11	+ 358 20 59 27090
Yhtiön nimi	Suotakivenkatu 1	Kotipaikka	Y-tunnus
SSAB Europe Oy	FI-00811 HELSINKI	HELSINKI	2389445-7



VASTAANOTTOTODISTUS

Nro
995780-001-002

EN 10204-3.1

Päivämäärä
07.11.2014

Sivu
2

Pos.	Sulatusno	CEV	Sulatusanalyysi %														
			C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	V	Cu	Cr	N	Ti	Mo	Ni	B
3	60526	,37	,06	,21	1,79	,008	,003	,036	,079	,014	,020	,048	,003	,110	,007	,036	,0003
6	15427	,37	,06	,20	1,81	,009	,002	,036	,080	,014	,017	,047	,006	,108	,006	,037	,0001

Pos.	Näyttenumero	Vetokoe				Istukokoe					
		P2	Rp0.2 N/mm2	Rm N/mm2	A5 %	P3	oC	1(J)	2(J)	3(J)	AVG(J)
3	60526020581	11	751	834	14	117	-40	089	088	089	089
6	15427021970	11	771	845	11	117	-40	123	108	104	112

Visuaalinen tarkastus sekä mittatarkastus on suoritettu toimitusehtojen mukaisesti- Ei huomioita

SSAB Europe Oy

Pulikkilan tehdas
Laadunohjaus

Arto Törmälehto

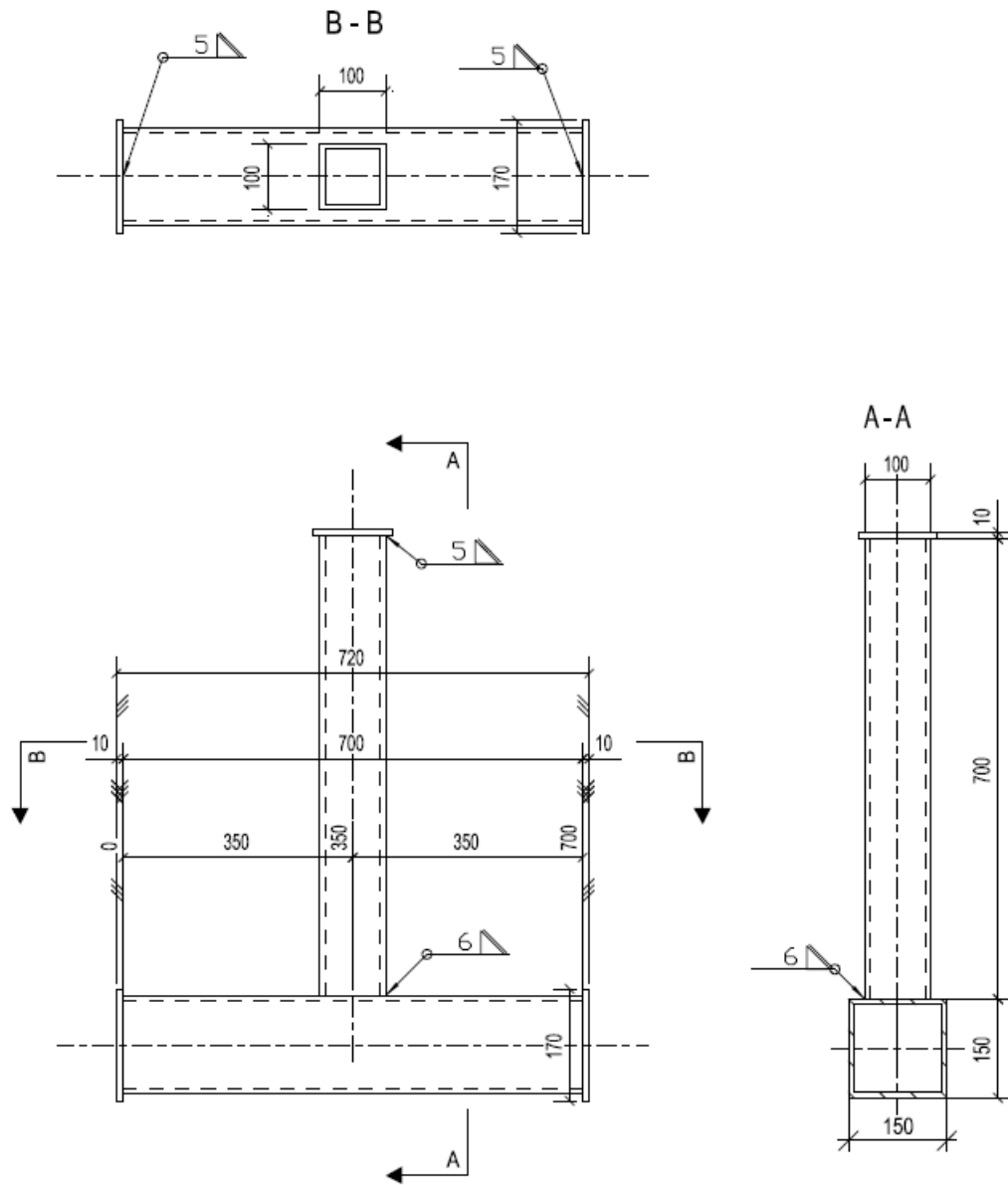
CEV: $C + Mn/6 + (Cr+Mo+V)/5 + (Ni+Cu)/15$
 P2: 11=Perusainesta pitkittäin
 P3: 117=Istukkoaszuva CV t x 10 mm, perusainesta pitkittäin

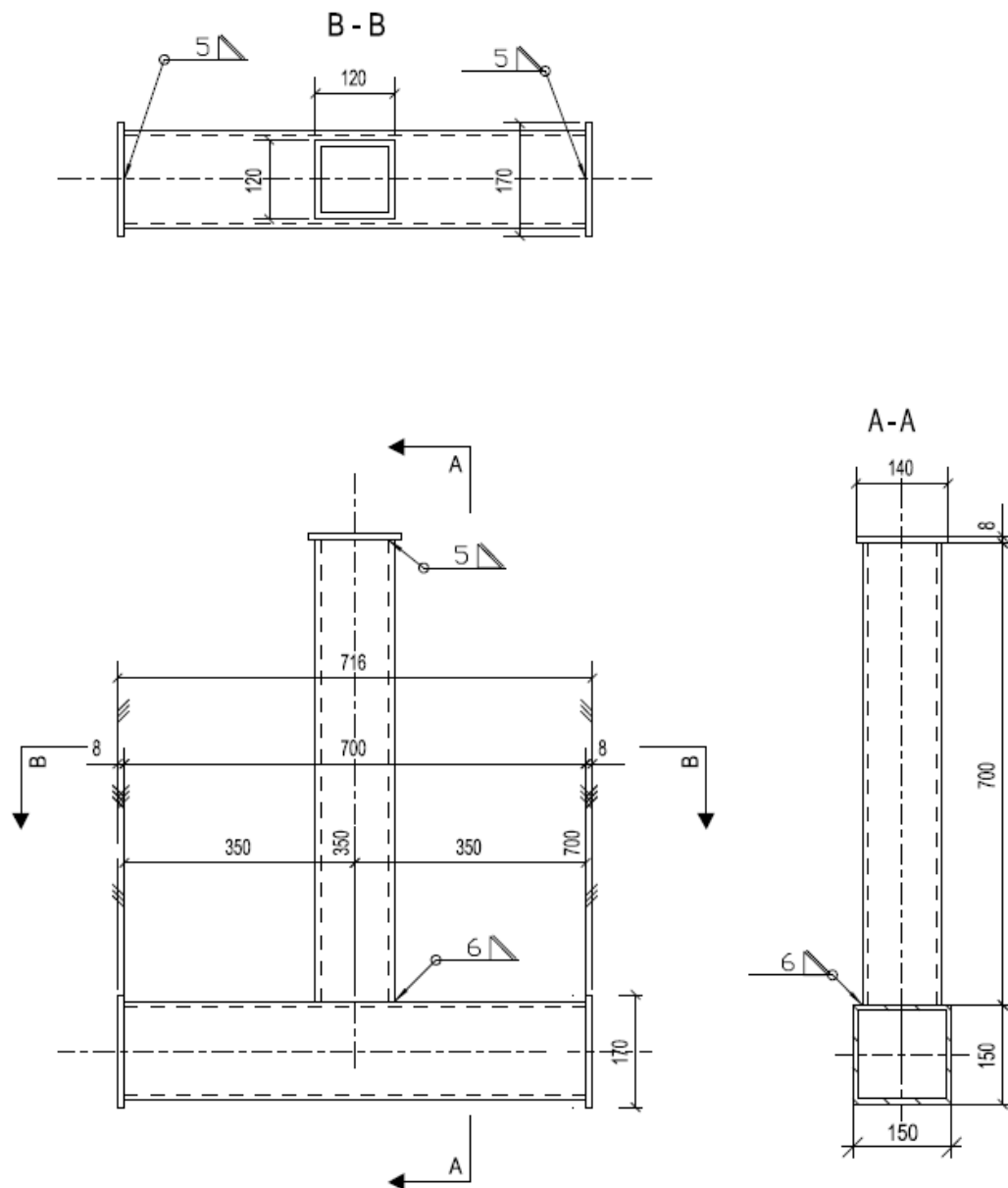
KOKOONPANOKUVA PIENAHITSI A-MITTA 6 mm, DIAGONAALI
100X100X8 mm

OSALUETTELO KOKOONPANOILLE								
OSA	PROFIILI	MATERIAALI	PITUUS [mm]	PAINO [kg]/kpl	PAINO [kg] YHT	LKM		
PL17	PL8*170	S355	170X170	1.8	54.0	30		
PL12	PL8*120	S355	120X120	0.9	13.5	15		
PAARRE S420	CFRHS150X150X8	S420	700	23.75	71.25	3		
PAARRE 550 MH	CFRHS150X150X8	OPTIM 550 MH	700	23.75	142.5	6		
PAARRE 700 MH	CFRHS150X150X8	OPTIM 700 PLUS MH	700	23.75	142.5	6		
DIAG. S420	CFRHS100X100X8	S420	700	15.0	135.0	9		
DIAG. 550 MH	CFRHS100X100X8	OPTIM 550 MH	700	15.0	90.0	6		
DIAG. 700 MH	CFRHS100X100X8	OPTIM 700 PLUS MH	700	15.0	45.0	3		
				YHTEENSÄ:	693.75			
KOKOONPANON KIINNIKELUETTELO								
NIMIKE	HALK	KOKO	STANDARDI	LUJUUS	MATER./PINTA	VÄRI	kg/YHT.	LKM
						YHTEENSÄ:	0.0	

KOKOONPANO LUETTELO, MATERIAALIT			
KAPPALE, MATERIAALI, HITSAUSTAPA			
KAPPALEKODI	PAARRE	DIAGONAALI	HITSAUSTAPA
1111,1112,1113	S420	S420	PB, PB+PF, WISE PB+PF
2111,2112,2113	550 MH	S420	PB, PB+PF, WISE PB+PF
2211, 2212,2213	550 MH	550 MH	PB, PB+PF, WISE PB+PF
3111, 3112, 3113	PLUS 700 MH	S420	PB, PB+PF, WISE PB+PF
3211, 3212, 3213	PLUS 700 MH	550 MH	PB, PB+PF, WISE PB+PF

		PIIRUSTUSLAI		KOKOONPANOPIIRUSTUS		JUKSEVA NRO		1	
KOHDIE		OPINNÄYTETYÖ HAMK Ohutlevykeskus Harri Myllymäki		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ		KOKOONPANOPIIRUSTUS RISTIKKORAKENNE PAARRE-DIAGONAALI PIENA-HITSI A6		MITTAKAAVAT 1:10	
PIIR.		H. Myllymäki		SUUN.					
TARK.		Jarmo Havula		HYV.		Jarmo Havula			
		TYÖNUMERO		ALANUMERO		PIIR. NRO.		Piena a-mitta 6 mm	
		SALA		SIVU		PVM		MUUTOS	
		RAK							



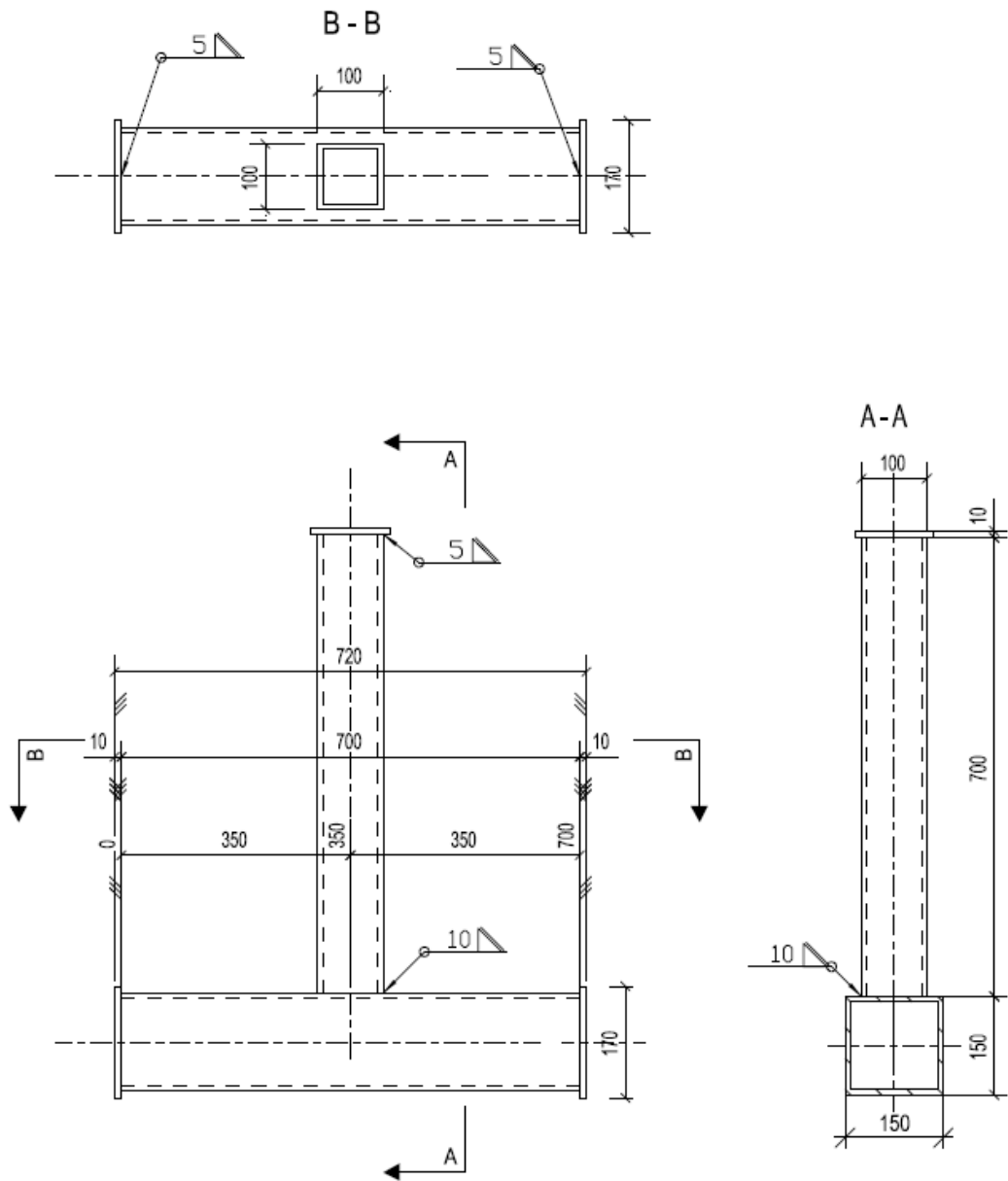


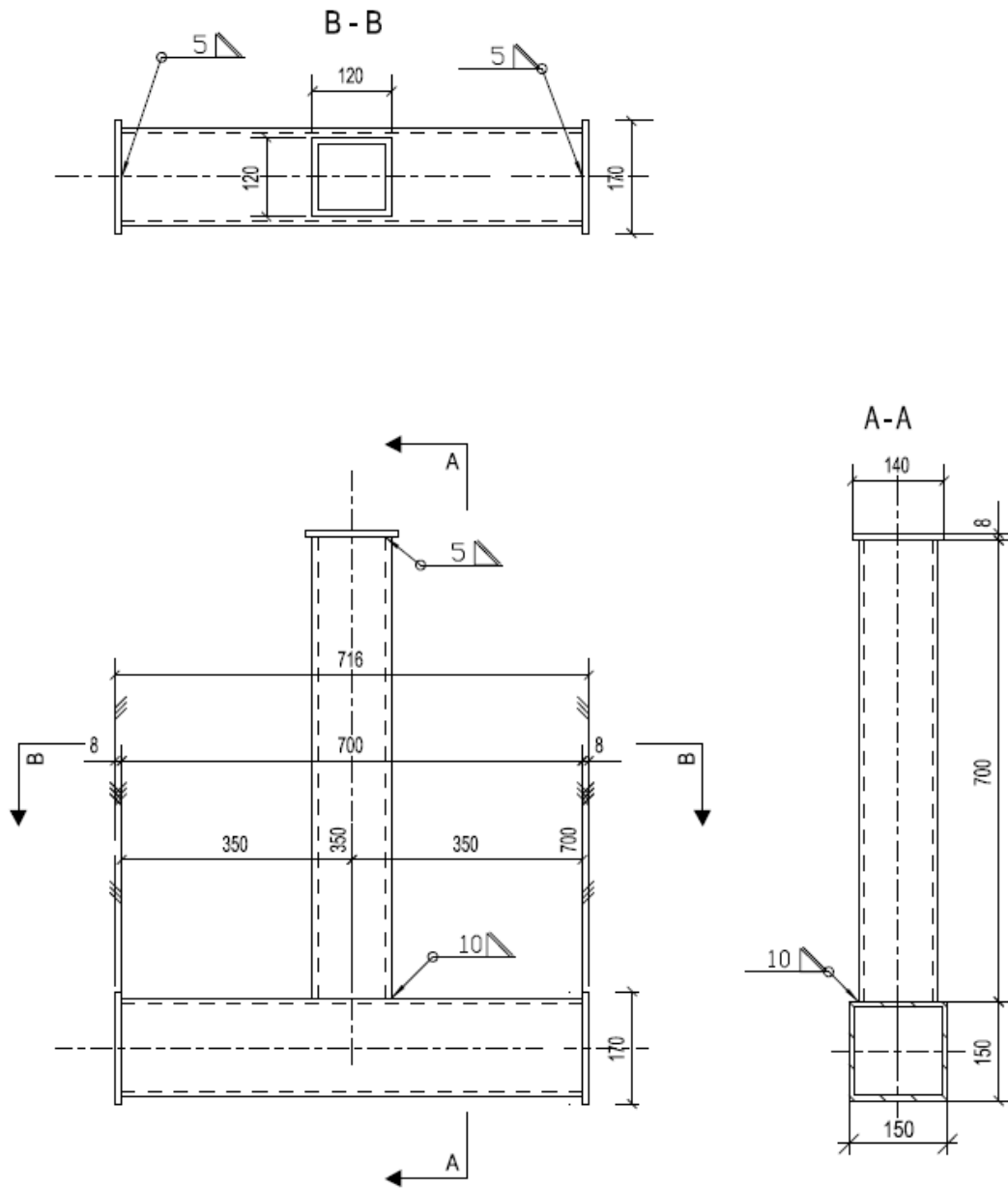
KOKOONPANOKUVA PIENAHITSI A-MITTA 10 mm, DIAGONAALI
100X100X8 mm

OSALUETTELO KOKOONPANOILLE								
OSA	PROFILI	MATERIAALI	PITUUS [mm]	PAINO [kg]/kpl	PAINO [kg] YHT	LKM		
PL17	PL8*170	S355	170X170	1.8	54.0	30		
PL12	PL8*120	S355	120X120	0.9	13.5	15		
PAARRE S420	CFRHS150X150X8	S420	700	23,75	71,25	3		
PAARRE 550 MH	CFRHS150X150X8	OPTIM 550 MH	700	23,75	142,5	6		
PAARRE 700 MH	CFRHS150X150X8	OPTIM 700 PLUS MH	700	23,75	142,5	6		
DIAG. S420	CFRHS100X100X8	S420	700	15,0	135,0	9		
DIAG. 550 MH	CFRHS100X100X8	OPTIM 550 MH	700	15,0	90,0	6		
DIAG. 700 MH	CFRHS100X100X8	OPTIM 700 PLUS MH	700	15,0	45,0	3		
				YHTEENSÄ:	693.75			
KOKOONPANON KIINNIKELUETTELO								
NIMIKE	HALK	KOKO	STANDARDI	LUJUUS	MATER./PINTA	VÄRI	kg/YHT.	LKM
						YHTEENSÄ:	0.0	

KOKOONPANO LUETTELO, MATERIAALIT			
KAPPALE, MATERIAALI, HITSAUSTAPA			
KAPPALEKODI	PAARRE	DIAGONAALI	HITSAUSTAPA
1121, 1122, 1123	S420	S420	PB, PB+PF, WISE PB+PF
2121, 2122, 2123	550 MH	S420	PB, PB+PF, WISE PB+PF
2221, 2222, 2223	550 MH	550 MH	PB, PB+PF, WISE PB+PF
3121, 3122, 3123	PLUS 700 MH	S420	PB, PB+PF, WISE PB+PF
3221, 3222, 3223	PLUS 700 MH	550 MH	PB, PB+PF, WISE PB+PF

		PIIRUSTUSLAI		KOKOONPANOPIIRUSTUS		JUKSEVA NRO 3	
KOHDIE		PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ		KOKOONPANOPIIRUSTUS		MITTAKAAVIAT 1:10	
OPINNÄYTETYÖ HAMK Ohutlevykeskus Harri Myllymäki		RISTIKKORAKENNE PAARRE-DIAGONAALI PIENA-HITSI A10					
PIIRIT. H. Myllymäki		SUUN.					
TARKK. Jarmo Havula		HYV. Jarmo Havula					
		TYÖNUMERO		ALANUMERO		PIIR. NRO. Piena a-mitta 10 mm	
		SALA RAK		SIVU		PVM MUUTOS	



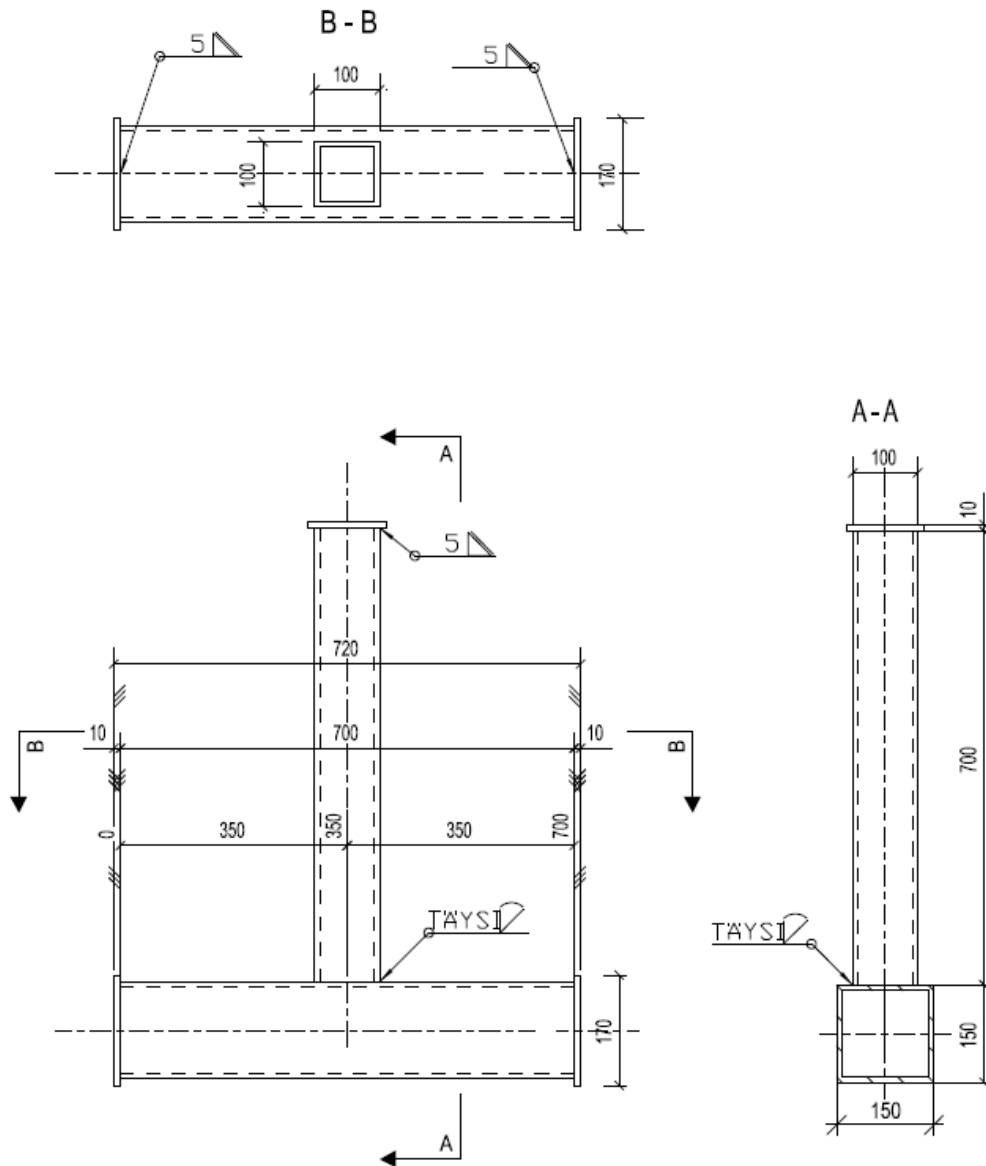


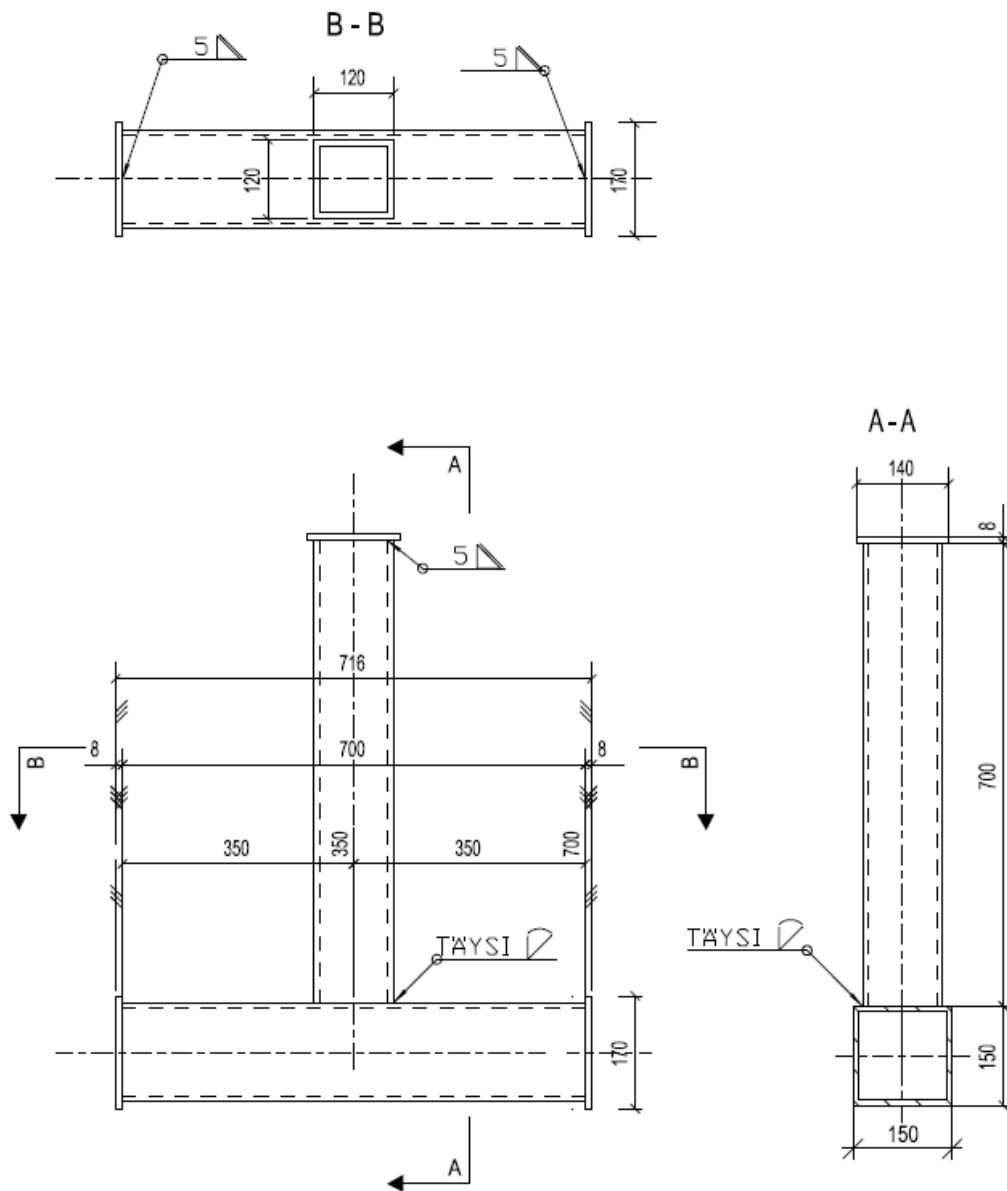
KOKOONPANOKUVA PUOLI-V-HITSI TÄYSI, DIAGONAALI 100X100X8 mm

OSALUETTELO KOKOONPANOILLE									
OSA	PROFIILI	MATERIAALI	PITUUS [mm]	PAINO [kg]/kpl	PAINO [kg] YHT	LKM			
PL17	PL8*170	S355	170X170	1.8	54.0	30			
PL12	PL8*120	S355	120X120	0.9	13.5	15			
PAARRE S420	CFRHS150X150X8	S420	700	23,75	71,25	3			
PAARRE 550 MH	CFRHS150X150X8	OPTIM 550 MH	700	23,75	142,5	6			
PAARRE 700 MH	CFRHS150X150X8	OPTIM 700 PLUS MH	700	23,75	142,5	6			
DIAG. S420	CFRHS100X100X8	S420	700	15,0	135,0	9			
DIAG. 550 MH	CFRHS100X100X8	OPTIM 550 MH	700	15,0	90,0	6			
DIAG. 700 MH	CFRHS100X100X8	OPTIM 700 PLUS MH	700	15,0	45,0	3			
			YHTEENSÄ:		693.75				
KOKOONPANON KIINNIKELUETTELO									
NIMIKE	HALK	KOKO	STANDARDI	LUJUUS	MATER./PINTA	VÄRI	kg/YHT.	LKM	
					YHTEENSÄ:		0.0		

KOKOONPANO LUETTELO, MATERIAALIT			
KAPPALE, MATERIAALI, HITSAUSTAPA			
KAPPALEKODI	PAARRE	DIAGONAALI	HITSAUSTAPA
1131, 1132, 1133	S420	S420	PB LÄPIVIIS., PB+PF OSAVIIS., WISE PB+PF LÄPIVIIS.
2131, 2132, 2133	550 MH	S420	PB LÄPIVIIS., PB+PF OSAVIIS., WISE PB+PF LÄPIVIIS.
2231, 2232, 2233	550 MH	550 MH	PB LÄPIVIIS., PB+PF OSAVIIS., WISE PB+PF LÄPIVIIS.
3131, 3132, 3133	PLUS 700 MH	S420	PB LÄPIVIIS., PB+PF OSAVIIS., WISE PB+PF LÄPIVIIS.
3231, 3232, 3233	PLUS 700 MH	550 MH	PB LÄPIVIIS., PB+PF OSAVIIS., WISE PB+PF LÄPIVIIS.

		PIRUSTUSLAI		KOKOONPANOPIIRUSTUS		JOKSEVA NRO 5	
KOHDTE		PIRUSTUKSEN SISÄLTÖ		KOKOONPANOPIIRUSTUS		MITTAKAAVAT 1:10	
OPINNÄYTETYÖ HAMK Ohutlevykeskus Harri Myllymäki		RISTIKKORAKENNE PAARRE-DIAGONAALI PUOLI-V-HITSI					
PIRT. H. Myllymäki		SUUN.					
TARK. Jarmo Havula		HYV. Jarmo Havula					
		TYÖNUMERO		ALANUMERO		PIR. NRO. Puoli-V	
		SALA RAK		SIVU		PVM MUUTOS	





HITSAUSAJAT, 10 mm:n PIENAHITSI PB JA PF

HITSAUSAJAT 10 mm:n pienahitsi PB ja PF									
KOEKAPPALE nro:	Hitsin pituus (mm)	Asento	Hitsaus aika (s)	keskim. Hitsausnopeus (mm/s)	KOEKAPPALE nro:	Hitsin pituus (mm)	Asento	Hitsaus aika (s)	keskim. Hitsausnopeus (mm/s)
1121-1 sauma	90	PB-M	11,85	7,59	3121-1 sauma	95	PB-M	15,01	6,33
1121-2 sauma	110	PB-M	15,79	6,97	3121-2 sauma	105	PB-M	19,04	5,51
1121-3 sauma	110	PB-M	16,31	6,74	3121-3 sauma	105	PB-M	19,14	5,49
1121-4 sauma	90	PB-M	12,16	7,40	3121-4 sauma	90	PB-M	12,44	7,23
1122-1 sauma	75	PB-M	10,26	7,31	3122-1 SAUMA	75	PB-M	9,67	7,76
1122-2 sauma	120	PF-M	23,42	5,12	3122-2 SAUMA	110	PF-M	25,49	4,32
1122-3 sauma	120	PF-M	27,10	4,43	3122-3 SAUMA	120	PF-M	27,93	4,30
1122-3 sauma	95	PB-M	13,70	6,93	3122-4 SAUMA	110	PB-M	15,22	7,23
1123-1 sauma	75	PB-W	12,47	6,01	3123-1 SAUMA	80	PB-W	14,76	5,42
1123-2 sauma	105	PF-W	28,68	3,66	3123-2 SAUMA	105	PF-W	29,06	3,61
1123-3 sauma	105	PF-W	31,85	3,30	3123-3 SAUMA	105	PF-W	30,13	3,48
1123-4 sauma	115	PB-W	17,55	6,55	3123-4 SAUMA	110	PB-W	20,61	5,34
2121-1 sauma	95	PB-M	15,54	6,11	3221-1 SAUMA	90	PB-M	17,98	5,01
2121-2 sauma	105	PB-M	18,77	5,59	3221-2 SAUMA	120	PB-M	22,85	5,25
2121-3 sauma	105	PB-M	17,33	6,06	3221-3 SAUMA	120	PB-M	19,74	6,08
2121-4 sauma	95	PB-M	14,40	6,60	3221-4 SAUMA	85	PB-M	13,79	6,16
2122-1 SAUMA	80	PB-M	10,02	7,98	3222-1 SAUMA	75	PB-M	12,23	6,13
2122-2 SAUMA	120	PF-M	24,31	4,94	3222-2 SAUMA	110	PF-M	29,27	3,76
2122-3 SAUMA	120	PF-M	26,95	4,45	3222-3 SAUMA	110	PF-M	27,58	3,99
2122-4 SAUMA	90	PB-M	16,04	5,61	3222-4 SAUMA	105	PB-M	18,60	5,65
2123-1 SAUMA	90	PB-W	16,34	5,51	3223-1 SAUMA	80	PB-W	12,79	6,25
2123-2 SAUMA	105	PF-W	34,44	3,05	3223-2 SAUMA	110	PF-W	28,46	3,87
2123-3 SAUMA	105	PF-W	30,58	3,43	3223-3 SAUMA	110	PF-W	28,91	3,80
2123-4 SAUMA	100	PB-W	19,84	5,04	3223-4 SAUMA	110	PB-W	18,66	5,89
2221-1 SAUMA	85	PB-M	8,41	10,11	3321-1 sauma	90	PB-M	9,63	9,35
2221-2 SAUMA	125	PB-M	16,37	7,64	3321-2 sauma	135	PB-M	20,06	6,73
2221-3 SAUMA	120	PB-M	19,11	6,28	3321-3 sauma	135	PB-M	19,92	6,78
2221-4 SAUMA	80	PB-M	8,38	9,55	3321-4 sauma	95	PB-M	14,78	6,43
2222-1 SAUMA	80	PB-M	10,74	7,45	3322-1 SAUMA	100	PB-M	14,05	7,12
2222-2 SAUMA	110	PF-M	26,02	4,23	3322-2 SAUMA	120	PF-M	36,90	3,25
2222-3 SAUMA	110	PF-M	27,28	4,03	3322-3 SAUMA	120	PF-M	36,59	3,28
2222-4 SAUMA	100	PB-M	14,46	6,92	3322-4 SAUMA	135	PB-M	21,28	6,34
2223-1 SAUMA	80	PB-W	11,74	6,81	3323-1 SAUMA	95	PB-W	13,13	7,24
2223-2 SAUMA	110	PF-W	28,85	3,81	3323-2 SAUMA	120	PF-W	24,03	4,99
2223-3 SAUMA	110	PF-W	28,97	3,80	3323-3 SAUMA	120	PF-W	30,23	3,97
2223-4 SAUMA	110	PB-W	18,49	5,95	3323-4 SAUMA	135	PB-W	21,36	6,32

		sauma		hitsausaika	
		min	max	min	max
Hitsausaika keskiarvo PB MAG	14,91 s	75	135	8,38	22,85
Hitsausaika keskiarvo PB WISE	16,81 s	75	135	11,74	21,36
Hitsausaika keskiarvo PF MAG	28,24 s	110	120	23,42	36,90
Hitsausaika keskiarvo PF WISE	29,61 s	105	120	24,03	34,44
Hitsausnopeus keskim. PB MAG	6,65 mm/s				
Hitsausnopeus keskim. PB WISE	6,38 mm/s				
Hitsausnopeus keskim. PF MAG	4,10 mm/s				
Hitsausnopeus keskim. PF WISE	3,68 mm/s				

HITSAUSAJAT, PUOLI-V-HITSI PB JA PF

HITSAUSAJAT Puoli-V-hitsi PB ja PF									
KOEKAPPALE nro:	Hitsin pituus (mm)	Asento	Hitsaus aika (s)	keskim. Hitsausnopeus (mm/s)	KOEKAPPALE nro:	Hitsin pituus (mm)	Asento	Hitsaus aika (s)	keskim. Hitsausnopeus (mm/s)
1131-1 sauma	80	PB-M	16,53	4,84	3131-1 sauma	80	PB-M	19,72	4,06
1131-2 sauma	115	PB-M	12,55	9,16	3131-2 sauma	115	PB-M	13,93	8,26
1131-3 sauma	115	PB-M	13,71	8,39	3131-3 sauma	115	PB-M	15,20	7,57
1131-4 sauma	85	PB-M	14,41	5,90	3131-4 sauma	85	PB-M	14,20	5,99
1132-1 sauma	80	PB-M	22,19	3,61	3132-1 SAUMA	85	PB-M	19,22	4,42
1132-2 sauma	105	PF-M	33,35	3,15	3132-2 SAUMA	105	PF-M	24,63	4,26
1132-3 sauma	105	PF-M	38,48	2,73	3132-3 SAUMA	105	PF-M	24,33	4,32
1123-4 sauma	105	PB-M	19,41	5,41	3132-4 SAUMA	100	PB-M	17,61	5,68
1133-1 sauma	85	PB-W	23,44	3,63	3133-1 SAUMA	85	PB-W	23,08	3,68
1133-2 sauma	105	PF-W	27,02	3,89	3133-2 SAUMA	105	PF-W	25,87	4,06
1133-3 sauma	105	PF-W	25,20	4,17	3133-3 SAUMA	105	PF-W	25,10	4,18
1133-4 sauma	100	PB-W	30,63	3,26	3133-4 SAUMA	100	PB-W	24,77	4,04
2131-1 sauma	80	PB-M	18,11	4,42	3231-1 SAUMA	85	PB-M	20,35	4,18
2131-2 sauma	115	PB-M	13,30	8,65	3231-2 SAUMA	105	PB-M	14,38	7,30
2131-3 sauma	115	PB-M	15,82	7,27	3231-3 SAUMA	105	PB-M	14,96	7,02
2131-4 sauma	85	PB-M	15,16	5,61	3231-4 SAUMA	100	PB-M	17,02	5,88
2132-1 SAUMA	85	PB-M	19,41	4,38	3232-1 SAUMA	90	PB-M	17,04	5,28
2132-2 SAUMA	105	PF-M	20,76	5,06	3232-2 SAUMA	100	PF-M	25,07	3,99
2132-3 SAUMA	105	PF-M	23,88	4,40	3232-3 SAUMA	100	PF-M	24,62	4,06
2132-4 SAUMA	100	PB-M	19,21	5,21	3232-4 SAUMA	110	PB-M	18,06	6,09
2133-1 SAUMA	85	PB-W	23,25	3,66	3233-1 SAUMA	90	PB-W	20,18	4,46
2133-2 SAUMA	105	PF-W	29,25	3,59	3233-2 SAUMA	100	PF-W	26,64	3,75
2133-3 SAUMA	105	PF-W	31,96	3,29	3233-3 SAUMA	100	PF-W	28,71	3,48
2133-4 SAUMA	100	PB-W	27,60	3,62	3233-4 SAUMA	110	PB-W	25,52	4,31
2231-1 SAUMA	85	PB-M	17,73	4,79	3331-1 sauma	100	PB-M	11,05	9,05
2231-2 SAUMA	105	PB-M	14,03	7,48	3331-2 sauma	135	PB-M	18,28	7,39
2231-3 SAUMA	105	PB-M	17,43	6,02	3331-3 sauma	135	PB-M	21,25	6,35
2231-4 SAUMA	100	PB-M	14,72	6,79	3331-4 sauma	105	PB-M	13,71	7,66
2232-1 SAUMA	90	PB-M	18,29	4,92	3332-1 SAUMA	100	PB-M	11,69	8,55
2232-2 SAUMA	100	PF-M	21,52	4,65	3332-2 SAUMA	135	PF-M	33,46	4,03
2232-3 SAUMA	100	PF-M	22,95	4,36	3332-3 SAUMA	135	PF-M	31,69	4,26
2232-4 SAUMA	110	PB-M	19,43	5,66	3332-4 SAUMA	120	PB-M	17,42	6,89
2233-1 SAUMA	90	PB-W	22,20	4,05	3333-1 SAUMA	100	PB-W	15,90	6,29
2233-2 SAUMA	100	PF-W	26,05	3,84	3333-2 SAUMA	135	PF-W	37,85	3,57
2233-3 SAUMA	100	PF-W	25,73	3,89	3333-3 SAUMA	135	PF-W	33,77	4,00
2233-4 SAUMA	110	PB-W	23,29	4,72	3333-4 SAUMA	120	PB-W	21,05	5,70

	sauma		hitsausaika	
	min	max	min	max
Hitsausaika keskiarvo PB MAG	16,41	s	80	135
Hitsausaika keskiarvo PB WISE	23,70	s	85	120
Hitsausaika keskiarvo PF MAG	27,06	s	100	135
Hitsausaika keskiarvo PF WISE	28,77	s	100	135
Hitsausnopeus keskim. PB MAG	6,10	mm/s		
Hitsausnopeus keskim. PB WISE	4,51	mm/s		
Hitsausnopeus keskim. PF MAG	4,00	mm/s		
Hitsausnopeus keskim. PF WISE	3,79	mm/s		

Lämmöntuonti ja $t_{8/5}$ -aika, 6 mm:n pienahitsit

Lämmöntuonti ja $t_{8/5}$ -aika 6 mm:n pienahitsit									
KOEKAPPALE nro:	1. palko								jäähdytys aika [s]
	Alku		palko aika [s]	Lämm				T8/5 aika [s]	
	Asent o	Lämpöti la		Langan syöttö	öntuo nti	Jännite [V]	Virta [A]		
	°C		[m/min]	[kJ/mm]					
1111-1 sauma	PB-M	20	13,47		1,07			8,7	
1111-2 sauma	PB-M	30	18,64		1,16			10,2	
1111-3 sauma	PB-M	30	15,80		1,09			9,0	
1111-4 sauma	PB-M	35	16,35		1,07			8,7	
1112-1 sauma	PB-M	20	16,24	9,3	0,86	25,7	243,7	5,6	
1112-2 sauma	PF-M	30	21,23	9,4	1,18	25,7	242,5	10,6	
1112-3 sauma	PF-M	30	27,34	9,4	1,31	25,6	233,2	13,1	
1112-3 sauma	PB-M	55	19,84	9,4	0,91	25,8	245,3	6,3	
1113-1 sauma	PB-W	20	15,56	10,0	1,22	31,6	308,9	11,3	
1113-2 sauma	PF-W	30	80,04	3,6	1,33	11,8	176,8	13,5	
1113-3 sauma	PF-W	30	95,08	3,6	1,54	13,1	154,9	18,1	
1113-4 sauma	PB-W	55	2,82	9,8	1,11	32,5	303,1	9,4	
1113-5 sauma	PB-W	55	13,55	10,0	1,38	31,5	324,4	14,5	
2111-1 sauma	PB-M	20	12,37	9,9	1,07	28,4	305,5	8,7	
2111-2 sauma	PB-M	30	20,36	10,0	1,20	28,2	300,4	11,4	
2111-3 sauma	PB-M	30	21,72	10,0	1,21	27,7	313,2	11,6	
2111-4 sauma	PB-M	55	13,28	9,9	1,10	27,0	326,7	10,7	
2112-1 SAUMA	PB-M	20	18,02	9,3	0,92	25,4	250,7	6,4	
2112-2 SAUMA	PF-M	30	27,86	9,4	1,41	25,8	245,1	15,8	
2112-3 SAUMA	PF-M	30	27,45	9,4	1,40	26,1	245,0	15,6	
2112-4 SAUMA	PB-M	55	16,09	9,4	0,84	25,9	252,5	6,2	
2113-1 SAUMA	PB-W	20	13,45	11,0	0,7	23,6	274,6	3,7	
2113-2 SAUMA	PF-W	30	27,39	9,0	1,05	21,2	226,3	8,8	
2113-3 SAUMA	PF-W	30	28,06	9,0	1,09	21,4	226,1	9,4	
2113-4 SAUMA	PB-W	55	17,63	9,0	0,73	22,0	237,2	4,7	
2211-1 SAUMA	PB-M	20	15,49	9,9	1,08	28,6	288,2	8,9	
2211-2 SAUMA	PB-M	30	15,77	9,9	0,97	28,3	285,9	7,5	
2211-3 SAUMA	PB-M	30	22,78	10	1,34	28,1	300,2	14,3	
2211-4 SAUMA	PB-M	65	14,44	9,9	1,15	28,1	282,1	12,2	
2212-1 SAUMA	PB-M	20	12,98	11,0	0,82	27,0	263,7	5,1	
2212-2 SAUMA	PF-M	30	26,38	10,2	1,48	26,4	251,8	17,4	
2212-3 SAUMA	PF-M	30	29,67	10,2	1,68	26,0	258,1	22,4	
2212-4 SAUMA	PB-M	65	13,05	10,2	0,71	26,9	252,6	4,7	
2213-1 SAUMA	PB-W	20	15,47	10,3	0,81	23,2	238,3	5,0	
2213-2 SAUMA	PF-W	30	40,69	8,5	1,30	21,5	212,5	13,4	
2213-3 SAUMA	PF-W	30	40,57	8,5	1,33	21,6	208,6	14	
2213-4 SAUMA	PB-W	55	16,11	10,3	0,79	23,1	238	5,5	

KOEKAPPALE nro:		1. palko							jäähdytys aika [s]	
		Alku	palko aika [s]	Langan syöttö [m/min]	Lämm öntuo [kJ/mm]	Jännite [V]	Virta [A]	T8/5 aika [s]		
		Lämpöti la °C								
3111-1 sauma	PB-M	20	15,45	10,0	1,26	26,5	327,1	12,1		
3111-2 sauma	PB-M	30	20,32	9,9	1,50	27,0	324,2	17,9		
3111-3 sauma	PB-M	30	18,11	9,9	1,31	27,2	331,7	13,6		
3111-4 sauma	PB-M	55	14,64	9,9	1,47	26,9	326,7	19,1		
3112-1 SAUMA	PB-M	20	16,40	9,4	0,87	25,9	255,9	5,8		
3112-2 SAUMA	PF-M	30	25,38	9,4	1,27	25,5	245,8	12,8		
3112-3 SAUMA	PF-M	30	27,31	9,4	1,52	25,7	244,0	18,3		
3112-4 SAUMA	PB-M	55	20,19	9,4	0,96	25,9	251,2	8,1		
3113-1 SAUMA	PB-W	20	13,55	11,1	0,73	23,7	284,2	4,1		
3113-2 SAUMA	PF-W	30	26,62	9,0	1,07	21,7	231,5	9,1		
3113-3 SAUMA	PF-W	30	31,54	9,0	1,25	21,7	228,4	12,4		
3113-4 SAUMA	PB-W	55	16,84	11,1	0,82	23,4	261,2	5,9		
3211-1 SAUMA	PB-M	20	15,25	10,0	1,06	27,9	280,4	8,6		
3211-2 SAUMA	PB-M	30	18,99	10,0	1,23	27,7	291,4	12,0		
3211-3 SAUMA	PB-M	30	22,81	9,9	1,19	27,7	281,8	11,2		
3211-4 SAUMA	PB-M	55	14,18	10,0	1,10	28,0	276,9	10,7		
3212-1 SAUMA	PB-M	20	17,76	10,3	1,08	26,5	257,0	8,9		
3212-2 SAUMA	PF-M	30	32,04	8,5	1,22	25,0	209,4	11,8		
3212-3 SAUMA	PF-M	30	35,25	9,0	1,50	21,9	211,9	17,9		
3212-4 SAUMA	PB-M	55	18,36	10,3	1,10	26,6	254,3	10,7		
3213-1 SAUMA	PB-W	Hitsausdata puuttuu								
3213-2 SAUMA	PF-W	Hitsausdata puuttuu								
3213-3 SAUMA	PF-W	30	35,25	9	1,31	21,9	211,9	14,7		
3213-4 SAUMA	PB-W	55	17,11	11,1	0,78	23,4	250,0	5,4		
3312-1 SAUMA	PB-M	20	22,01	10,3	0,97	26,2	252,7	7,2		
3312-2 SAUMA	PF-M	30	38,45	9,0	1,41	25,3	217,3	15,8		
3312-3 SAUMA	PF-M	30	43,34	9,0	1,52	25,1	209,7	18,3		
3312-4 SAUMA	PB-M	85	18,88	11,1	0,94	27,3	273,6	9,0		
3313-1 SAUMA	PB-W	20	16,28	11,0	0,69	23,1	264,5	3,6		
3313-2 SAUMA	PF-W	30	39,08	8,6	1,13	21,5	210,1	10,1		
3313-3 SAUMA	PF-W	30	42,77	8,6	1,36	21,6	221,3	14,7		
3313-4 SAUMA	PB-W	75	18,71	11,0	0,74	23,1	258,1	5,3		

KOEKAPPALE nro:	1. palko								jäähdytys aika [s]
	Alku Asent o	Lämpöti la	palko aika	Langan syöttö	Lämm öntuo nti	Jännite	Virta	T8/5 aika	
	°C	[s]	[m/min]	[kJ/mm]	[V]	[A]	[s]		
3311-1 sauma	PB-M	20	12,35	9,4	0,86	27,1	320,1	5,6	65
3311-2 sauma	PB-M	30	Hitsausdata puuttuu						75
3311-3 sauma	PB-M	95	20,78	9,3	0,99	26,8	289,2	10,4	140
3311-4 sauma	PB-M	157	20,87	9,3	1,01	26,6	306,8	15,1	185
KOEKAPPALE nro:	2. palko								jäähdytys aika [s]
	Alku Lämpöti la	palko aika	Langan syöttö	Lämm öntuo nti	Jännite	Virta	T8/5 aika		
	°C	[s]	[m/min]	[kJ/mm]	[V]	[A]	[s]		
3311-1 sauma	PB-M	65	11,19	9,3	0,8	26,3	339,7	5,9	20
3311-2 sauma	PB-M		Data puuttuu						
3311-3 sauma	PB-M	80	17,48	9,4	0,9	26,6	313,4	10,9	123
3311-4 sauma	PB-M	131	17,31	9,3	0,86	26,7	313,2	12,9	95
KOEKAPPALE nro:	3. palko								jäähdytys aika [s]
	Alku Lämpöti la	palko aika	Langan syöttö	Lämm öntuo nti	Jännite	Virta	T8/5 aika		
	°C	[s]	[m/min]	[kJ/mm]	[V]	[A]	[s]		
3311-1 sauma	PB-M	140	10,99	9,4	0,77	27,3	320,6	8,0	
3311-2 sauma	PB-M	140	Data puuttuu						
3311-3 sauma	PB-M	100	16,66	9,4	0,9	27,4	320,6	8,8	
3311-4 sauma	PB-M	180	14,98	9,3	0,67	25,8	292,6	7,6	
Lämmöntuonti ja t8/5-ajat							työlämp ötila k-arv.	jäähdytys aika k-arv.	
Hitsaustyyppi	Lämmöntuonti (kJ/mm)			t8/5-aika (s)					
	min	max	k-arvo	min	max	k-arv.			
MAG PB	0,67	1,50	1,03	4,7	19,1	9,7	51,8	100,4285714	
WISE PB	0,69	1,38	0,88	3,6	14,5	6,5	42,1		
MAG PF	1,18	1,68	1,41	10,6	22,4	15,8	30,0		
WISE PF	1,05	1,54	1,25	8,8	18,1	12,6	30,0		

Lämmöntuonti ja $t_{8/5}$ -aika, 10 mm:n pienahitsit

Lämmöntuonti ja $t_{8/5}$ -aika 10 mm:n pienahitsit									
KOEKAPPALE nro:	1. palko								jäähdytys aika [s]
	Alku			Lämm					
	Asent o	Lämpöti la	palko aika	Langan syöttö	öntuo nti	Jännite	Virta	T8/5 aika	
	°C	[s]	[m/min]	[kJ/mm]	[V]	[A]	[s]		
1121-1 sauma	PB-M	20	11,85	8,5	0,81	29,7	290,8	5	83
1121-2 sauma	PB-M	50	15,79	8,6	0,93	29,2	302,7	7,5	72
1121-3 sauma	PB-M	74	16,31	8,6	0,9	30,9	265,1	7,8	101
1121-4 sauma	PB-M	90	12,16	8,5	0,8	28,8	287,9	6,7	105
1122-1 sauma	PB-M	20	10,26	10,0	0,67	26,5	230,3	3,4	529
1122-2 sauma	PF-M	25	23,42	8,2	0,8	24,7	207,1	5,5	475
1122-3 sauma	PF-M	30	27,10	8,2	0,95	24,8	210,9	8,7	445
1122-3 sauma	PB-M	90	13,70	10,1	0,74	26,5	241,2	5,7	521
1123-1 sauma	PB-W	20	12,47	10,0	0,73	23	240,2	4,1	421
1123-2 sauma	PF-W	25	28,68	8,4	1,00	22,1	207,5	7,8	392
1123-3 sauma	PF-W	30	31,85	8,4	1,09	22,0	204,1	9,2	381
1123-4 sauma	PB-W	85	17,55	10,1	0,66	22,9	235,9	4,4	400
2121-1 sauma	PB-M	20	15,54	8,0	0,91	28,6	263,7	6,3	49
2121-2 sauma	PB-M	75	18,77	8,2	1,00	28,9	259,2	9,7	67
2121-3 sauma	PB-M	50	17,33	8,1	0,92	28,4	263,2	7,3	58
2121-4 sauma	PB-M	95	14,40	8,0	0,78	28,7	245,0	6,5	55
2122-1 SAUMA	PB-M	20	10,02	10,0	0,65	26,6	243	3,2	317
2122-2 SAUMA	PF-M	25	24,31	10,1	1,02	26,3	239,7	8,1	308
2122-3 SAUMA	PF-M	30	26,95	8,2	0,93	25,0	207,3	6,9	306
2122-4 SAUMA	PB-M	95	16,04	10,1	0,89	26,6	233,4	8,4	293
2123-1 SAUMA	PB-W	20	16,34	10,0	0,79	22,8	238	4,8	421
2123-2 SAUMA	PF-W	25	34,44	8,2	1,16	21,5	206	10,5	360
2123-3 SAUMA	PF-W	30	30,58	8,2	1,01	21,7	200,4	8,1	334
2123-4 SAUMA	PB-W	70	19,84	10,1	0,83	22,7	230,9	6,5	361
2221-1 SAUMA	PB-M	20	8,41	9,4	0,78	31,7	312,5	4,6	261
2221-2 SAUMA	PB-M	25	16,37	9,5	1,06	30,9	314,1	7,8	272
2221-3 SAUMA	PB-M	35	19,11	9,5	1,13	30,9	298,4	10,4	270
2221-4 SAUMA	PB-M	100	8,38	9,4	0,8	31,4	302,6	7,0	366
2222-1 SAUMA	PB-M	20	10,74	10,0	0,71	27,0	245,4	3,8	338
2222-2 SAUMA	PF-M	30	26,02	8,2	0,97	24,6	208,1	7,5	338
2222-3 SAUMA	PF-M	35	27,28	8,2	1,03	25,2	205,3	8,6	333
2222-4 SAUMA	PB-M	105	14,46	10	0,75	26,9	240,4	6,3	340
2223-1 SAUMA	PB-W	20	11,74	10	0,63	23,3	231,4	3,0	344
2223-2 SAUMA	PF-W	30	28,85	8,3	0,90	21,6	198,8	6,4	345
2223-3 SAUMA	PF-W	35	28,97	8,3	0,95	21,8	207,3	7,2	328
2223-4 SAUMA	PB-W	100	18,49	10	0,72	23,3	230,8	5,7	321

KOEKAPPALE nro:	2. palko								jäähdytys aika [s]
	Alku			Lämm					
	Asent o	Lämpöti la	palko aika	Langan syöttö	öntuo nti	Jännite	Virta	T8/5 aika	
	°C	[s]	[m/min]	[kJ/mm]	[V]	[A]	[s]		
1121-1 sauma	PB-M	100	15,12	8,6	1,03	29,7	280,5	11,6	109
1121-2 sauma	PB-M	150	15,29	8,7	0,79	29,8	260,5	8,9	76
1121-3 sauma	PB-M	100	15,92	8,6	0,81	29,3	258,5	7,2	120
1121-4 sauma	PB-M	180	13,99	8,6	0,91	29,9	268,0	14,0	162
1122-1 sauma	PB-M	80	9,85	10,1	0,66	25,9	241,0	4,8	381
1122-2 sauma	PF-M	75	16,54	8,1	0,58	24,3	214,8	4,8	374
1122-3 sauma	PF-M	90	14,64	8,2	0,52	24,6	218,2	3,0	360
1122-3 sauma	PB-M	110	13,38	10,0	0,76	26,3	257,3	9,8	265
1123-1 sauma	PB-W	80	11,44	10,0	0,72	23,2	255,4	5,1	393
1123-2 sauma	PF-W	60	20,99	8,4	0,74	22,0	210,7	5,0	333
1123-3 sauma	PF-W	75	21,6	8,4	0,75	22,0	207,5	5,4	330
1123-4 sauma	PB-W	120	15,11	10,1	0,58	23,0	238,6	4,1	425
2121-1 sauma	PB-M	85	11,74	7,9	0,66	27,9	266,9	4,4	57
2121-2 sauma	PB-M	145	16,86	8,1	0,9	28,4	265,8	11,2	119
2121-3 sauma	PB-M	125	17,02	8,0	0,9	28,4	263,7	10,0	65
2121-4 sauma	PB-M	145	12,54	8,0	0,74	28,4	274,2	7,6	68
2122-1 SAUMA	PB-M	85	9,62	10	0,67	26,8	258,4	4,6	297
2122-2 SAUMA	PF-M	75	19,83	8,2	0,68	24,9	208,1	4,5	308
2122-3 SAUMA	PF-M	95	20,02	8,2	0,71	25,1	210,9	5,4	296
2122-4 SAUMA	PB-M	140	12,94	10,0	0,74	25,4	253,5	7,4	312
2123-1 SAUMA	PB-W	90	15,3	10,1	0,77	22,7	250,7	6,2	351
2123-2 SAUMA	PF-W	70	21,91	8,2	0,77	21,4	214,1	5,6	369
2123-3 SAUMA	PF-W	80	20,97	8,2	0,71	21,5	207,8	5,0	369
2123-4 SAUMA	PB-W	140	16,47	10,0	0,7	22,2	245,0	7,0	339
2221-1 SAUMA	PB-M	100	10,74	9,5	0,94	31,4	296,8	9,6	354
2221-2 SAUMA	PB-M	110	15,19	9,4	0,85	30,0	279,0	9,3	368
2221-3 SAUMA	PB-M	120	18,32	9,5	1,04	30	294,8	13,1	367
2221-4 SAUMA	PB-M	140	10,19	9,5	0,94	31,3	294,8	11,9	266
2222-1 SAUMA	PB-M	100	10,44	10	0,72	27,1	254,4	5,7	360
2222-2 SAUMA	PF-M	105	23,07	10,1	1,09	26,7	243,8	13,3	340
2222-3 SAUMA	PF-M	95	21,7	8,2	0,83	25,1	210,4	7,3	343
2222-4 SAUMA	PB-M	125	13,28	10	0,71	26,5	253,1	6,2	349
2223-1 SAUMA	PB-W	80	11,22	10,1	0,62	23,9	232,4	3,8	322
2223-2 SAUMA	PF-W	95	21,85	8,3	0,72	22,1	204,7	5,5	291
2223-3 SAUMA	PF-W	90	22,36	8,3	0,74	21,8	208	5,8	308
2223-4 SAUMA	PB-W	115	15,92	10,1	0,63	23	236,9	4,7	311

KOEKAPPALE nro:	3. palko								jäähdytys aika [s]
	Asent o	Alku			Lämm				
		Lämpöti la	palko aika	Langan syöttö	öntuo nti	Jännite	Virta	T8/5 aika	
		°C	[s]	[m/min]	[kJ/mm]	[V]	[A]	[s]	
1121-1 sauma	PB-M	180	16,53	8,6	1,19	29,2	300,1	24	1057
1121-2 sauma	PB-M	220	16,09	8,7	0,9	29,9	277,8	17,8	1062
1121-3 sauma	PB-M	240	14,66	8,6	0,75	29,9	256,6	14,3	969
1121-4 sauma	PB-M	190	13,62	8,6	0,89	29,6	273,4	14,3	868
1122-1 sauma	PB-M	95	8,76	10	0,62	26,7	248,2	6,5	282
1122-2 sauma	PF-M	140	19,01	8,2	0,66	24,9	208,8	9,6	286
1122-3 sauma	PF-M	120	21,04	8,2	0,73	24,9	208,4	13,5	288
1122-3 sauma	PB-M	140	14,73	10	0,77	25,9	239,2	10,7	311
1123-1 sauma	PB-W	105	11,31	10,1	0,71	23	256,4	5,6	417
1123-2 sauma	PF-W	85	23,82	8,4	0,83	22,0	208,6	7,0	420
1123-3 sauma	PF-W	115	25,63	8,4	0,88	22,1	205,1	9,1	404
1123-4 sauma	PB-W	135	17,71	10,1	0,65	23,6	224,8	5,5	335
2121-1 sauma	PB-M	125	14,77	8,0	0,86	29,3	257,8	9,2	1065
2121-2 sauma	PB-M	185	17,15	8,1	0,92	28,9	261,7	14,8	1001
2121-3 sauma	PB-M	225	16,45	8,1	0,85	28,8	253,1	16,5	1053
2121-4 sauma	PB-M	215	15,24	8,0	0,89	29,0	259,0	16,8	1083
2122-1 SAUMA	PB-M	115	9,53	10	0,62	27,2	238,9	4,5	325
2122-2 SAUMA	PF-M	110	20,68	8,2	0,71	24,5	208,8	5,8	321
2122-3 SAUMA	PF-M	120	19,92	8,2	0,68	24,6	207,5	5,6	326
2122-4 SAUMA	PB-M	145	16,74	8,2	0,76	24,7	207,0	8,0	429
2123-1 SAUMA	PB-W	115	16,25	10,0	0,8	22,6	235,6	7,0	362
2123-2 SAUMA	PF-W	90	24,02	8,2	0,8	21,8	201,2	6,7	322
2123-3 SAUMA	PF-W	115	23,51	8,2	0,8	21,4	209	7,5	331
2123-4 SAUMA	PB-W	160	19,07	10,1	0,8	22,7	231,3	9,6	347
2221-1 SAUMA	PB-M	115	10,73	9,4	0,96	31,3	305,1	10,8	311
2221-2 SAUMA	PB-M	150	16,49	9,5	1,00	30,2	302,6	12,0	296
2221-3 SAUMA	PB-M	155	15,99	9,5	0,92	31	289	12,4	294
2221-4 SAUMA	PB-M	165	8,67	9,5	0,81	31,1	301,7	10,1	355
2222-1 SAUMA	PB-M	120	10,34	10	0,67	26,1	246,8	5,4	352
2222-2 SAUMA	PF-M	110	25,23	8,2	0,97	25,3	208,6	10,8	348
2222-3 SAUMA	PF-M	120	25,47	8,2	0,93	24,7	202,3	10,4	330
2222-4 SAUMA	PB-M	140	17,29	10,1	0,94	26,8	253,8	11,9	385
2223-1 SAUMA	PB-W	95	11,06	10,1	0,57	22,6	230	3,5	322
2223-2 SAUMA	PF-W	115	25,42	8,3	0,82	22	202,1	7,9	312
2223-3 SAUMA	PF-W	115	25,17	8,3	0,81	21,7	202,9	7,7	293
2223-4 SAUMA	PB-W	130	16,49	10,1	0,65	23,3	233,9	5,4	329

KOEKAPPALE nro:	4. palko								jäähdytys aika [s]
	Asent o	Alku		Lämm				T8/5 aika [s]	
		Lämpöti la	palko aika [s]	Langan syöttö [m/min]	öntuo nti [kJ/mm]	Jännite [V]	Virta [A]		
°C									
1121-1 sauma	PB-M	120	13,03	8,5	0,89	31,2	271,4	9,6	52
1121-2 sauma	PB-M	125	14,04	8,6	0,79	29,7	260,4	7,7	120
1121-3 sauma	PB-M	65	16,20	8,6	0,99	29,1	283,3	9,1	62
1121-4 sauma	PB-M	90	14,65	8,6	0,96	29,2	277,0	9,6	82
1122-1 sauma	PB-M	110	11,48	10,1	0,82	26,5	253,0	8,1	323
1122-2 sauma	PF-M	135	19,17	8,2	0,67	24,7	212,9	5,6	302
1122-3 sauma	PF-M	135	19,90	8,2	0,7	24,8	213,9	4,5	288
1122-3 sauma	PB-M	145	14,42	10,0	0,75	26,4	232,3	9,6	294
1123-1 sauma	PB-W	110	12,16	10,1	0,65	22,1	228,6	4,8	347
1123-2 sauma	PF-W	135	21,04	8,2	0,76	22,1	215,2	7,5	334
1123-3 sauma	PF-W	140	21,42	8,2	0,72	21,7	204,7	7,0	358
1123-4 sauma	PB-W	140	15,63	10,1	0,55	23,2	217,9	3,7	466
2121-1 sauma	PB-M	100	12,66	8,0	0,73	28,6	264,2	5,8	43
2121-2 sauma	PB-M	90	16,64	8,1	0,92	29,7	264,0	8,8	75
2121-3 sauma	PB-M	90	16,02	8,1	0,85	28,5	264,1	7,5	53
2121-4 sauma	PB-M	150	12,39	8,0	0,75	28,2	281,8	8,0	75
2122-1 SAUMA	PB-M	150	11,06	8,1	0,62	25,3	223,5	5,5	426
2122-2 SAUMA	PF-M	130	22,03	8,2	0,78	25,0	211,7	7,7	374
2122-3 SAUMA	PF-M	130	22,54	8,2	0,76	24,6	205,6	7,4	362
2122-4 SAUMA	PB-M	110	12,65	10,0	0,68	25,8	233,7	5,3	273
2123-1 SAUMA	PB-W	120	13,63	10,1	0,67	22,2	248,1	5,4	341
2123-2 SAUMA	PF-W	105	22,34	8,2	0,78	21,7	211,5	6,8	329
2123-3 SAUMA	PF-W	120	22,15	8,2	0,73	21,7	200,6	6,4	310
2123-4 SAUMA	PB-W	140	15,89	10,0	0,66	22,4	231,7	5,9	320
2221-1 SAUMA	PB-M	160	10,74	9,5	0,96	31,3	304,1	13,8	323
2221-2 SAUMA	PB-M	135	15,96	9,5	0,99	30,9	301,2	12,8	348
2221-3 SAUMA	PB-M	145	15,89	9,5	0,93	30,3	301,4	11,9	345
2221-4 SAUMA	PB-M	170	8,90	9,5	0,82	31,1	314,5	10,7	346
2222-1 SAUMA	PB-M	130	10,63	10,0	0,74	26,5	262,6	7,0	401
2222-2 SAUMA	PF-M	120	21,25	8,4	0,85	25,2	217,2	8,7	350
2222-3 SAUMA	PF-M	140	18,21	8,4	0,71	25,6	208,1	6,8	386
2222-4 SAUMA	PB-M	125	13,37	10,0	0,73	27	254,1	6,6	337
2223-1 SAUMA	PB-W	110	10,55	10,0	0,44	23,8	241,3	2,2	346
2223-2 SAUMA	PF-W	120	23,73	8,3	0,78	22,1	204,5	7,3	380
2223-3 SAUMA	PF-W	125	20,78	8,3	0,7	21,8	213,1	6,1	397
2223-4 SAUMA	PB-W	110	15,90	10,1	0,65	23,1	241,8	4,8	388

KOEKAPPALE nro:	5.palko								jäähdytys aika [s]
	Alku			Lämm					
	Asent	Lämpöti	palko	Langan	öntuo	Jännite	Virta	T8/5 aika	
	o	la	aika	syöttö	nti	[V]	[A]	[s]	
	°C	[s]	[m/min]	[kJ/mm]					
1121-1 sauma	PB-M	165	15,25	8,6	1,02	30,0	272,4	16,1	115
1121-2 sauma	PB-M	190	15,19	8,7	0,84	29,5	255,2	12,7	
1121-3 sauma	PB-M	176	16,62	8,7	1	29,5	276,4	16,5	87
1121-4 sauma	PB-M	180	13,62	8,6	0,86	29,6	266,4	12,5	91
1122-1 sauma	PB-M	140	10,06	10,0	0,68	25,1	254,5	7,2	276
1122-2 sauma	PF-M	145	17,76	8,2	0,62	25,2	206,9	6,9	268
1122-3 sauma	PF-M	145	18,93	8,2	0,65	25,2	204,4	7,0	284
1122-3 sauma	PB-M	160	12,11	10,0	0,67	26,6	248,1	7,6	281
1123-1 sauma	PB-W	140	12,99	10,0	0,71	22,3	231,7	6,8	335
1123-2 sauma	PF-W	145	21,22	8,2	0,73	22,3	203,1	7,4	308
1123-3 sauma	PF-W	145	21,49	8,2	0,73	22,0	203,3	7,4	298
1123-4 sauma	PB-W	160	16,6	10,1	0,63	23,0	238,4	6	282
2121-1 sauma	PB-M	195	14,45	8,1	0,85	28,7	267,2	13,4	40
2121-2 sauma	PB-M	190	15,86	8,1	0,81	28,4	255,3	11,8	91
2121-3 sauma	PB-M	185	15,81	8,0	0,82	29,3	251,9	11,7	73
2121-4 sauma	PB-M	175	12,55	8,0	0,74	28,5	270,4	9,0	67
2122-1 SAUMA	PB-M	130	10,21	10,1	0,68	26,2	255,9	5,9	285
2122-2 SAUMA	PF-M	130	18,58	8,2	0,65	25,1	207,9	5,4	313
2122-3 SAUMA	PF-M	130	19,32	8,1	0,7	25,0	217,1	6,2	305
2122-4 SAUMA	PB-M	155	13,92	10,1	0,82	26,7	249,6	9,8	291
2123-1 SAUMA	PB-W	135	14,14	10	0,64	23,1	221,3	5,4	318
2123-2 SAUMA	PF-W	115	23,37	8,2	0,8	22,1	202,8	7,5	325
2123-3 SAUMA	PF-W	130	20,34	8,2	0,73	21,7	218,5	6,8	350
2123-4 SAUMA	PB-W	150	15,89	10,1	0,68	22,9	236,4	6,6	348
2221-1 SAUMA	PB-M	155	12,48	9,4	1	31,6	268,5	14,6	368
2221-2 SAUMA	PB-M	145	16,42	9,4	0,92	30,2	278,2	11,7	333
2221-3 SAUMA	PB-M	165	16,94	9,4	0,96	30,7	289,2	14,3	332
2221-4 SAUMA	PB-M	165	10,1	9,4	0,81	31,4	272,5	10,1	386
2222-1 SAUMA	PB-M	120	9,7	10	0,64	27	243,4	4,9	350
2222-2 SAUMA	PF-M	130	24,78	8,4	0,97	25,2	213,8	12	351
2222-3 SAUMA	PF-M	130	19,32	8,3	0,74	24,9	211,6	7,0	337
2222-4 SAUMA	PB-M	140	13,41	10,0	0,7	25,7	254	6,6	351
2223-1 SAUMA	PB-W	110	11,81	10,0	0,66	23,2	242,0	5,0	400
2223-2 SAUMA	PF-W	115	20,68	8,3	0,70	22,0	211,4	5,8	362
2223-3 SAUMA	PF-W	115	20,29	8,3	0,68	22,0	209,1	5,4	354
2223-4 SAUMA	PB-W	115	16,22	10,1	0,66	23,2	241,0	5,1	360

KOEKAPPALE nro:	6. palko								jäähdytys aika [s]
	Asent o	Lämpöti la	palko aika	Langan syöttö	Lämm öntuo	Jännite	Virta	T8/5 aika	
1121-1 sauma	PB-M	20	11,85	8,5	0,81	29,7	290,8	5	
1121-2 sauma	PB-M	50	15,79	8,6	0,93	29,2	302,7	7,5	
1121-3 sauma	PB-M	74	16,31	8,6	0,9	30,9	265,1	7,8	
1121-4 sauma	PB-M	90	12,16	8,5	0,8	28,8	287,9	6,7	
1122-1 sauma	PB-M	20	10,26	10,0	0,67	26,5	230,3	3,4	
1122-2 sauma	PF-M	25	23,42	8,2	0,8	24,7	207,1	5,5	
1122-3 sauma	PF-M	30	27,10	8,2	0,95	24,8	210,9	8,7	
1122-3 sauma	PB-M	90	13,70	10,1	0,74	26,5	241,2	5,7	
1123-1 sauma	PB-W	20	12,47	10,0	0,73	23	240,2	4,1	
1123-2 sauma	PF-W	25	28,68	8,4	1,00	22,1	207,5	7,8	
1123-3 sauma	PF-W	30	31,85	8,4	1,09	22,0	204,1	9,2	
1123-4 sauma	PB-W	85	17,55	10,1	0,66	22,9	235,9	4,4	
2121-1 sauma	PB-M	20	15,54	8,0	0,91	28,6	263,7	6,3	
2121-2 sauma	PB-M	75	18,77	8,2	1,00	28,9	259,2	9,7	
2121-3 sauma	PB-M	50	17,33	8,1	0,92	28,4	263,2	7,3	
2121-4 sauma	PB-M	95	14,40	8,0	0,78	28,7	245,0	6,5	
2122-1 SAUMA	PB-M	20	10,02	10,0	0,65	26,6	243	3,2	
2122-2 SAUMA	PF-M	25	24,31	10,1	1,02	26,3	239,7	8,1	
2122-3 SAUMA	PF-M	30	26,95	8,2	0,93	25,0	207,3	6,9	
2122-4 SAUMA	PB-M	95	16,04	10,1	0,89	26,6	233,4	8,4	
2123-1 SAUMA	PB-W	20	16,34	10,0	0,79	22,8	238	4,8	
2123-2 SAUMA	PF-W	25	34,44	8,2	1,16	21,5	206	10,5	
2123-3 SAUMA	PF-W	30	30,58	8,2	1,01	21,7	200,4	8,1	
2123-4 SAUMA	PB-W	70	19,84	10,1	0,83	22,7	230,9	6,5	
2221-1 SAUMA	PB-M	20	8,41	9,4	0,78	31,7	312,5	4,6	
2221-2 SAUMA	PB-M	25	16,37	9,5	1,06	30,9	314,1	7,8	
2221-3 SAUMA	PB-M	35	19,11	9,5	1,13	30,9	298,4	10,4	
2221-4 SAUMA	PB-M	100	8,38	9,4	0,8	31,4	302,6	7,0	
2222-1 SAUMA	PB-M	20	10,74	10,0	0,71	27,0	245,4	3,8	
2222-2 SAUMA	PF-M	30	26,02	8,2	0,97	24,6	208,1	7,5	
2222-3 SAUMA	PF-M	35	27,28	8,2	1,03	25,2	205,3	8,6	
2222-4 SAUMA	PB-M	105	14,46	10	0,75	26,9	240,4	6,3	
2223-1 SAUMA	PB-W	20	11,74	10	0,63	23,3	231,4	3,0	
2223-2 SAUMA	PF-W	30	28,85	8,3	0,90	21,6	198,8	6,4	
2223-3 SAUMA	PF-W	35	28,97	8,3	0,95	21,8	207,3	7,2	
2223-4 SAUMA	PB-W	100	18,49	10	0,72	23,3	230,8	5,7	

KOEKAPPALE nro:	1. palko								jäähdytys aika [s]
	Asent o	Alku			Lämm				
		Lämpöti la	palko aika	Langan syöttö	öntuo nti	Jännite	Virta	T8/5 aika	
		°C	[s]	[m/min]	[kJ/mm]	[V]	[A]	[s]	
3121-1 sauma	PB-M	20	15,01	8,0	0,87	28,3	264,7	5,8	59
3121-2 sauma	PB-M	65	19,04	8,1	1,02	28,8	260,4	9,6	76
3121-3 sauma	PB-M	50	19,14	8,1	1,05	29,2	262,3	9,5	82
3121-4 sauma	PB-M	105	12,44	8,0	0,75	28,5	264,4	6,3	59
3122-1 SAUMA	PB-M	20	9,67	10,0	0,8	26	257,6	4,9	356
3122-2 SAUMA	PF-M	35	25,49	8,2	0,85	25,2	198	5,9	337
3122-3 SAUMA	PF-M	30	27,93	8,2	0,95	25,2	201,3	7,2	327
3122-4 SAUMA	PB-M	95	15,22	10,1	0,85	26,3	251,3	7,7	332
3123-1 SAUMA	PB-W	20	14,76	10,0	0,79	22,7	234,7	4,8	882
3123-2 SAUMA	PF-W	25	29,06	8,2	0,96	21,2	204,1	7,2	870
3123-3 SAUMA	PF-W	35	30,13	8,2	1,03	21,2	211,9	8,4	711
3123-4 SAUMA	PB-W	85	20,61	10,1	0,81	22,9	236,8	6,7	460
3221-1 SAUMA	PB-M	20	17,98	8,5	1,07	29,1	268,1	8,7	451
3221-2 SAUMA	PB-M	30	22,85	8,5	0,96	29	243,8	7,3	381
3221-3 SAUMA	PB-M	40	19,74	8,5	0,9	28,9	270,8	6,9	293
3221-4 SAUMA	PB-M	120	13,79	8,3	0,79	28,4	262,4	7,5	308
3222-1 SAUMA	PB-M	20	12,23	10,1	0,93	27,2	244,8	6,6	467
3222-2 SAUMA	PF-M	30	29,27	8,3	1,05	24,9	198,5	8,8	380
3222-3 SAUMA	PF-M	35	27,58	8,3	1,01	25,2	200,4	8,3	328
3222-4 SAUMA	PB-M	100	18,60	10,1	0,82	26,7	227,1	7,3	318
3223-1 SAUMA	PB-W	20	12,79	10,0	0,72	23,2	242,1	3,9	396
3223-2 SAUMA	PF-W	25	28,46	10,1	1,08	22,9	226,7	9,1	394
3223-3 SAUMA	PF-W	30	28,91	8,3	0,92	21,7	202,1	6,7	357
3223-4 SAUMA	PB-W	100	18,66	10,1	0,72	23,1	230,4	5,7	361
3321-1 sauma	PB-M	20	9,63	8,8	0,67	27,9	321,8	3,4	74
3321-2 sauma	PB-M	80	20,06	9,2	0,95	29	292,8	12	52
3321-3 sauma	PB-M	40	19,92	9,1	0,9	28,5	285,3	7	137
3321-4 sauma	PB-M	105	14,78	9,0	0,88	28,3	271,6	8,7	36
3322-1 SAUMA	PB-M	20	14,05	10,1	0,67	26	230,8	3,4	1408
3322-2 SAUMA	PF-M	25	36,90	8,3	1,2	25	195,2	11,2	1388
3322-3 SAUMA	PF-M	30	36,59	8,3	1,21	25	197,3	11,6	1278
3322-4 SAUMA	PB-M	90	21,28	10,1	0,77	26	234,7	6,2	1339
3323-1 SAUMA	PB-W	20	13,13	10,1	0,59	23,4	216,7	2,7	381
3323-2 SAUMA	PF-W	25	24,03	8,3	0,7	22,4	194,4	3,8	353
3323-3 SAUMA	PF-W	30	30,23	8,3	0,86	21,9	195,7	5,9	423
3323-4 SAUMA	PB-W	50	21,36	10,1	0,64	22,9	222,1	3,5	343

KOEKAPPALE nro:	2. palko								jäähdytys aika [s]
	Asent o	Lämpöti la	palko aika [s]	Langan syöttö [m/min]	Lämm öntuo nti [kJ/mm]	Jännite [V]	Virta [A]	T8/5 aika [s]	
3121-1 sauma	PB-M	75	13,28	8,1	0,8	29,7	263,8	6,2	81
3121-2 sauma	PB-M	125	17,12	8,1	0,91	28,8	259,8	10,3	41
3121-3 sauma	PB-M	105	15,59	8,1	0,87	29,3	272,6	8,5	37
3121-4 sauma	PB-M	165	10,98	7,9	0,62	28,1	268,4	5,9	69
3122-1 SAUMA	PB-M	90	9,21	10	0,66	26,5	252,4	4,5	332
3122-2 SAUMA	PF-M	85	17,63	8,2	0,69	25	214	4,8	315
3122-3 SAUMA	PF-M	95	20,52	8,2	0,73	25	214,4	5,7	325
3122-4 SAUMA	PB-M	140	13,12	10	0,64	26,6	254,3	5,5	344
3123-1 SAUMA	PB-W	90	9,21	10	0,66	26,5	252,4	4,8	371
3123-2 SAUMA	PF-W	70	22,18	8,2	0,8	21,6	218,3	6,1	337
3123-3 SAUMA	PF-W	75	22,01	8,2	0,77	21,4	213,8	5,7	321
3123-4 SAUMA	PB-W	125	14,83	10	0,61	23	246,8	4,5	341
3221-1 SAUMA	PB-M	80	15,35	8,4	0,89	30	258,8	7,9	294
3221-2 SAUMA	PB-M	100	20,55	8,5	0,89	28,9	257	8,6	322
3221-3 SAUMA	PB-M	115	21,88	8,6	0,97	29,1	256,8	11,1	340
3221-4 SAUMA	PB-M	150	14,56	8,3	0,82	28,4	255,6	9,5	648
3222-1 SAUMA	PB-M	85	10,43	10	0,76	27,2	252,2	6,2	2226
3222-2 SAUMA	PF-M	110	23,35	8,3	0,92	25,2	215,3	9,7	2212
3222-3 SAUMA	PF-M	105	21,4	8,3	0,79	25,2	201,9	7	2238
3222-4 SAUMA	PB-M	120	14,65	10,1	0,71	26,9	246,3	6,1	2231
3223-1 SAUMA	PB-W	80	10,09	10	0,57	23,9	234,8	3,02	324
3223-2 SAUMA	PF-W	90	25,07	8,3	0,84	21,9	211,3	7,3	290
3223-3 SAUMA	PF-W	85	24,88	8,3	0,8	21,9	201	6,5	313
3223-4 SAUMA	PB-W	110	16,18	10,1	0,65	23	238,8	4,8	347
3321-1 sauma	PB-M	45	8,87	8,7	0,64	27,7	340	4	46
3321-2 sauma	PB-M	120	15,32	9	0,8	28,7	333,9	7,7	71
3321-3 sauma	PB-M	120	15,68	9	0,72	28,3	297,4	6,3	59
3321-4 sauma	PB-M	157	11,4	8,8	0,64	27,9	269,2	6	73
3322-1 SAUMA	PB-M	40	13,62	10,1	0,64	26,8	221,1	3,4	443
3322-2 SAUMA	PF-M	45	28,82	8,3	0,99	25	206,7	8,3	614
3322-3 SAUMA	PF-M	45	27,26	8,3	0,91	24,9	201,8	7	598
3322-4 SAUMA	PB-M	85	21,92	10,1	0,86	26,6	249	7,5	589
3323-1 SAUMA	PB-W	35	12,45	10	0,56	23,5	225,8	2,5	327
3323-2 SAUMA	PF-W	40	25,97	8,3	0,77	22	202	4,9	347
3323-3 SAUMA	PF-W	50	24,85	8,3	0,71	21,9	196,4	4,4	440
3323-4 SAUMA	PB-W	55	20,3	10,1	0,63	22,9	228,9	3,5	462

KOEKAPPALE nro:	3. palko								jäähdytys aika [s]
	Asent o	Alku			Lämm			T8/5 aika [s]	
		Lämpöti	palko	Langan	öntuo	Jännite	Virta		
		°C	[s]	[m/min]	[kJ/mm]	[V]	[A]		
3121-1 sauma	PB-M	150	14,73	8	0,85	28,4	264,1	10,3	846
3121-2 sauma	PB-M	215	17,52	8,1	0,95	29,4	259,2	19,2	924
3121-3 sauma	PB-M	215	16,28	8,1	0,85	28,8	258,3	16,5	911
3121-4 sauma	PB-M	220	15,36	8,1	0,93	28,6	258,8	19	910
3122-1 SAUMA	PB-M	120	10,71	10	0,81	26,3	269,7	7,9	332
3122-2 SAUMA	PF-M	135	21,22	8,2	0,83	25,3	211,9	9	354
3122-3 SAUMA	PF-M	120	24	8,2	0,81	25,3	200,5	7,9	306
3122-4 SAUMA	PB-M	150	16,00	10,1	0,74	26,7	238,3	7,8	309
3123-1 SAUMA	PB-W	100	12,51	10,1	0,67	22,2	242,7	4,9	352
3123-2 SAUMA	PF-W	100	23,79	8,2	0,82	21,7	209,2	7,3	355
3123-3 SAUMA	PF-W	85	24,2	8,2	0,84	21,4	212	7,2	358
3123-4 SAUMA	PB-W	130	17,15	10	0,68	22,6	242,9	5,4	348
3221-1 SAUMA	PB-M	125	15,1	8,4	0,85	29,2	260,5	9	662
3221-2 SAUMA	PB-M	135	18,52	8,5	0,82	29,1	261,6	8,8	666
3221-3 SAUMA	PB-M	130	17,8	8,5	0,75	29,1	253	7,2	475
3221-4 SAUMA	PB-M	150	14,94	8,4	0,89	29,3	258,7	11,2	346
3222-1 SAUMA	PB-M	40	10,29	10,1	0,75	26,7	253,9	4,7	364
3222-2 SAUMA	PF-M	45	27,53	8,3	1,03	25,2	205,1	9	466
3222-3 SAUMA	PF-M	45	26,07	8,3	0,97	25,2	204,1	8	683
3222-4 SAUMA	PB-M	110	16,47	10,1	0,82	26,6	256,2	7,7	556
3223-1 SAUMA	PB-W	95	12,38	10,1	0,62	22,1	227,7	4,1	355
3223-2 SAUMA	PF-W	110	28,47	8,3	0,9	22,2	194,7	9,3	352
3223-3 SAUMA	PF-W	115	27,2	8,3	0,89	22,1	204,7	9,3	321
3223-4 SAUMA	PB-W	110	15,87	10,1	0,63	23,1	235,7	4,6	307
3321-1 sauma	PB-M	165	9,89	8,8	0,72	27,9	333,1	8,0	963,0
3321-2 sauma	PB-M	190	16,5	9	0,72	28,5	277,4	9,3	817
3321-3 sauma	PB-M	130	17,64	9	0,8	28,4	290,1	9,1	1004
3321-4 sauma	PB-M	190	13,34	9	0,83	28,4	285,3	12,4	1013
3322-1 SAUMA	PB-M	55	14,81	10,1	0,69	26,9	216,2	4,2	3703
3322-2 SAUMA	PF-M	50	26,47	8,3	0,88	25	199,7	6,7	3482
3322-3 SAUMA	PF-M	50	31,24	8,3	1,03	25	198,9	9,2	3503
3322-4 SAUMA	PB-M	80	17,88	10,1	0,65	26,8	218,8	4,2	3501
3323-1 SAUMA	PB-W	65	12,81	10	0,54	23,3	215,9	2,7	467
3323-2 SAUMA	PF-W	60	28,29	8,3	0,83	22	199,2	6,2	462
3323-3 SAUMA	PF-W	60	29,64	8,3	0,86	21,8	199,9	6,7	426
3323-4 SAUMA	PB-W	65	19,65	10,1	0,6	22,3	230,2	3,3	432

KOEKAPPALE nro:	4. palko								jäähdytys aika [s]
	Alku			Lämm					
	Asent o	Lämpöti la	palko aika	Langan syöttö	öntuo nti	Jännite	Virta	T8/5 aika	
	°C	[s]	[m/min]	[kJ/mm]	[V]	[A]	[s]		
3121-1 sauma	PB-M	100	12,06	6,9	0,55	24,6	233,3	4,6	101
3121-2 sauma	PB-M	105	18,57	7,6	0,86	26,8	243,1	8,3	57
3121-3 sauma	PB-M	75	18,90	7,6	0,97	26,8	267,8	9,1	48
3121-4 sauma	PB-M	160	13,15	7,5	0,73	26,9	257,4	8,0	38
3122-1 SAUMA	PB-M	130	9,50	10,1	0,69	25,5	250,4	6,1	361
3122-2 SAUMA	PF-M	115	19,22	8,2	0,76	25	216	6,8	354
3122-3 SAUMA	PF-M	130	20,76	8,2	0,72	25	208,3	6,6	342
3122-4 SAUMA	PB-M	150	13,93	10,1	0,7	26,6	261,0	7,0	360
3123-1 SAUMA	PB-W	105	12,15	10	0,64	22	240,6	4,6	344
3123-2 SAUMA	PF-W	95	23,65	8,2	0,85	21,4	218,8	7,7	330
3123-3 SAUMA	PF-W	115	23,51	8,2	0,79	21,3	207,3	7,3	316
3123-4 SAUMA	PB-W	120	13,41	10,1	0,56	23,1	249,6	3,8	337
3221-1 SAUMA	PB-M	100	15,43	8,4	0,93	29	279,3	9,4	370
3221-2 SAUMA	PB-M	100	19,65	8,5	0,9	28,7	273,3	8,8	331
3221-3 SAUMA	PB-M	90	20,20	8,5	0,89	29	258,7	8,2	345
3221-4 SAUMA	PB-M	140	14,68	8,4	0,92	29,1	274,4	11,4	356
3222-1 SAUMA	PB-M	105	9,56	10	0,65	27,2	236,2	4,7	672
3222-2 SAUMA	PF-M	95	26,52	8,3	0,94	24,9	195,8	9,2	366
3222-3 SAUMA	PF-M	90	23,70	8,3	0,93	25,1	215,3	9	294
3222-4 SAUMA	PB-M	110	15,09	10,1	0,73	26,8	246,5	6,1	321
3223-1 SAUMA	PB-W	110	12,32	10,1	0,68	23,2	238,6	5,3	318
3223-2 SAUMA	PF-W	125	22,46	8,3	0,75	22	208,5	7	332
3223-3 SAUMA	PF-W	115	24,22	8,3	0,79	22	204,2	7,3	329
3223-4 SAUMA	PB-W	120	14,93	10	0,59	22,9	236,5	3,8	334
3321-1 sauma	PB-M	85	13,01	8,7	0,85	28	288,8	7,3	50
3321-2 sauma	PB-M	120	17,84	8,8	0,82	28,3	292,8	8,1	71
3321-3 sauma	PB-M	85	16,59	8,7	0,76	27,7	299,1	5,9	67
3321-4 sauma	PB-M	120	13,75	8,7	0,83	29,1	270	8,3	81
3322-1 SAUMA	PB-M	40	11,99	10,1	0,59	26,8	229,1	2,9	386
3322-2 SAUMA	PF-M	40	27,22	8,3	0,91	25,3	197,8	6,9	417
3322-3 SAUMA	PF-M	40	30,71	8,3	1,08	25,1	211,2	8,9	411
3322-4 SAUMA	PB-M	55	19,11	10,1	0,68	26,8	223,5	4,1	494
3323-1 SAUMA	PB-W	55	13,14	10	0,55	22,4	221,3	2,7	393
3323-2 SAUMA	PF-W	60	23,09	8,3	0,68	22,3	198,5	4,2	387
3323-3 SAUMA	PF-W	55	25,93	8,3	0,77	21,7	204	5,2	414
3323-4 SAUMA	PB-W	65	20,27	10,1	0,64	22,9	232,3	3,8	430

KOEKAPPALE nro:	5.palko								jäähdytys aika
	Asent o	Alku			Lämm				
		Lämpöti la	palko aika	Langan syöttö	öntuo nti	Jännite	Virta	T8/5 aika	
°C	[s]	[m/min]	[kJ/mm]	[V]	[A]	[s]	[s]		
3121-1 sauma	PB-M	195	12,67	7,5	0,63	26,5	246,8	7,4	31
3121-2 sauma	PB-M	195	15,75	7,6	0,74	26,9	247,9	10,2	43
3121-3 sauma	PB-M	190	17,78	7,7	0,89	27,5	255,6	14,3	57
3121-4 sauma	PB-M	220	11,89	7,5	0,64	26,4	256,3	9,0	92
3122-1 SAUMA	PB-M	140	9,81	10	0,78	27,2	257	8,2	309
3122-2 SAUMA	PF-M	125	19,58	8,2	0,75	25,2	209,2	7	317
3122-3 SAUMA	PF-M	135	20,98	8,2	0,75	25,4	211,4	7,4	321
3122-4 SAUMA	PB-M	150	13,54	10,1	0,67	26,6	256	6,4	324
3123-1 SAUMA	PB-W	135	11,85	10	0,68	22,9	249,6	6	339
3123-2 SAUMA	PF-W	130	21,08	8,2	0,72	21,6	207,4	5,9	325
3123-3 SAUMA	PF-W	110	22,51	8,2	0,76	21,7	203,5	6,6	321
3123-4 SAUMA	PB-W	160	14,88	10,1	0,58	23	234,5	5,1	321
3221-1 SAUMA	PB-M	145	15,23	8,4	0,88	28,9	270	10,7	315
3221-2 SAUMA	PB-M	150	16,95	8,4	0,71	29	254,9	7,2	310
3221-3 SAUMA	PB-M	130	18,11	8,5	0,79	28,6	265,5	7,9	307
3221-4 SAUMA	PB-M	150	13,6	8,3	0,8	28,6	267,9	9,1	299
3222-1 SAUMA	PB-M	100	10,73	10,1	0,72	27	234,4	5,7	332
3222-2 SAUMA	PF-M	115	22,89	8,3	0,9	25,2	214,8	9,5	344
3222-3 SAUMA	PF-M	110	22,29	8,3	0,84	25,1	206,3	8,1	416
3222-4 SAUMA	PB-M	120	14	10,1	0,68	26,9	249,9	5,6	399
3223-1 SAUMA	PB-W	110	10,92	10	0,61	23	243,9	4,3	340
3223-2 SAUMA	PF-W	120	23,56	8,3	0,76	22,1	201,3	7	318
3223-3 SAUMA	PF-W	120	23,12	8,3	0,77	21,9	209,1	7,2	326
3223-4 SAUMA	PB-W	120	14,47	10,1	0,56	23,2	229,4	3,8	346
3321-1 sauma	PB-M	190	12,98	8,6	0,86	28	294,7	13,3	58
3321-2 sauma	PB-M	175	18,97	8,8	0,83	28,3	279	11,3	99
3321-3 sauma	PB-M	175	18,29	8,8	0,85	28,1	297,6	11,9	68
3321-4 sauma	PB-M	190	13,48	8,7	0,83	28	286,1	12,4	77
3322-1 SAUMA	PB-M	60	10,36	10	0,5	27,4	221,1	2,3	505
3322-2 SAUMA	PF-M	65	21,63	8,3	0,84	25,4	201,2	6,5	451
3322-3 SAUMA	PF-M	65	25,23	8,3	0,87	24,8	209,6	7	438
3322-4 SAUMA	PB-M	65	19,08	10,1	0,69	26,6	230,3	4,4	420
3323-1 SAUMA	PB-W	75	13,93	10	0,43	23,4	221,9	1,8	419
3323-2 SAUMA	PF-W	70	27,23	8,3	0,78	22,3	193,2	5,8	458
3323-3 SAUMA	PF-W	70	29,1	8,3	0,82	21,8	194,4	6,4	414
3323-4 SAUMA	PB-W	90	17,5	10,1	0,54	23	228	3	421

KOEKAPPALE nro:	6. palko								jäähdytys aika [s]
	Alku			Lämm					
	Asent o	Lämpöti la	palko aika	Langan syöttö	öntuo nti	Jännite	Virta	T8/5 aika	
	°C	[s]	[m/min]	[kJ/mm]	[V]	[A]	[s]	[s]	
3121-1 sauma	PB-M	215	15,38	7,6	0,77	27	238,1	12,6	
3121-2 sauma	PB-M	230	16,04	7,6	0,74	27,7	236	12,9	
3121-3 sauma	PB-M	220	16,69	7,6	0,79	27,3	245,5	13,7	
3121-4 sauma	PB-M	235	14,5	7,6	0,8	26,9	252,5	15,7	
3122-1 SAUMA	PB-M	145	11,65	10	0,87	27	258,4	10,4	
3122-2 SAUMA	PF-M	135	20,16	8,2	0,78	25,3	209,6	8	
3122-3 SAUMA	PF-M	140	22,46	8,2	0,79	25,1	210,3	8,4	
3122-4 SAUMA	PB-M	145	16,53	10,1	0,79	27	243,3	8,6	
3123-1 SAUMA	PB-W	150	14,04	10	0,78	22,6	245,3	8,6	
3123-2 SAUMA	PF-W	135	26,19	8,2	0,86	21,8	197,9	9,7	
3123-3 SAUMA	PF-W	120	26,41	8,2	0,93	21,8	210,6	10,4	
3123-4 SAUMA	PB-W	170	17,28	10,1	0,69	22,7	242,5	7,6	
3221-1 SAUMA	PB-M	140	15,53	8,4	0,88	28,9	263,2	10,4	
3221-2 SAUMA	PB-M	170	19,15	8,4	0,81	28,7	254,8	10,5	
3221-3 SAUMA	PB-M	150	17,78	8,5	0,75	29	252,3	8	
3221-4 SAUMA	PB-M	160	14,72	8,3	0,85	28,8	256	10,9	
3222-1 SAUMA	PB-M	120	11,41	10	0,81	26,9	246,8	7,9	
3222-2 SAUMA	PF-M	120	26,6	8,3	0,99	25,1	205,1	11,8	
3222-3 SAUMA	PF-M	130	28,13	8,3	1,05	25,1	204	14	
3222-4 SAUMA	PB-M	140	16,25	10	0,79	26,6	250,8	8,4	
3223-1 SAUMA	PB-W	115	11,99	10	0,67	23,7	235,2	5,3	
3223-2 SAUMA	PF-W	125	27,58	8,3	0,9	22	204,2	10	
3223-3 SAUMA	PF-W	125	31,79	8,3	1,01	22,1	198,2	12,6	
3223-4 SAUMA	PB-W	140	17,89	10,1	0,69	23,2	229,2	6,4	
3321-1 sauma	PB-M	200	12,58	8,6	0,79	27,9	278,5	12	
3321-2 sauma	PB-M	200	19,32	8,8	0,82	28,4	268,8	12,9	
3321-3 sauma	PB-M	200	17,4	9,1	0,81	29	273,2	12,6	
3321-4 sauma	PB-M	200	15,68	8,7	1,01	28,1	295,7	19,6	
3322-1 SAUMA	PB-M	70	12,5	10,1	0,62	27	228,5	3,6	
3322-2 SAUMA	PF-M	65	31,28	8,3	1,02	24,6	199,1	9,6	
3322-3 SAUMA	PF-M	65	30,3	8,3	1,04	25	205,3	10	
3322-4 SAUMA	PB-M	75	20,43	10,1	0,76	27	232,8	5,6	
3323-1 SAUMA	PB-W	80	14,17	10,1	0,63	23,1	227,4	3,9	
3323-2 SAUMA	PF-W	65	30,29	8,3	0,88	22,1	197	7,2	
3323-3 SAUMA	PF-W	70	30,89	8,3	0,86	21,5	194,1	7	
3323-4 SAUMA	PB-W	100	19,98	10,1	0,64	23	233,8	4,5	

Hitsaustyyppi	Lämmöntuonti ja t8/5-ajat						työlämpö tila	jäähtymis aika
	Lämmöntuonti (kJ/mm)			t8/5-aika (s)				
	min	max	k-arvo	min	max	k-arvo	k-arvo	k-arvo
MAG PB	0,50	1,19	0,82	2,30	24,0	8,7	117,4	384,4
WISE PB	0,43	0,83	0,66	1,80	9,6	4,8	96,7	137,6
MAG PF	0,52	1,21	0,86	3,0	14,0	7,9	84,7	560,8
WISE PF	0,68	1,16	0,84	3,80	12,6	7,1	81,9	367,1

Lämmöntuonti ja $t_{8/5}$ -aika, Puoli-V-hitsit

Lämmöntuonti ja $t_{8/5}$ -aika puoli-V hitsit									
KOEKAPPALE nro:	1. palko								jäähdytys aika [s]
	Alku		palko aika [s]	Lämm				T8/5 aika [s]	
	Asent o	Lämpöti la		Langan syöttö	öntuo nti	Jännite [V]	Virta [A]		
	°C		[m/min]	[kJ/mm ²]					
1131-1 sauma	PB-M	20	16,53	7,0	0,92	24,5	226	6,4	
1131-2 sauma	PB-M	30	12,55	6,2	0,42	21,8	211,4	1,4	115
1131-3 sauma	PB-M	35	13,71	6,3	0,46	21,8	210,4	1,7	149
1131-4 sauma	PB-M	90	14,41	7,1	0,77	25,3	226,2	6,2	
1132-1 sauma	PB-M	20	22,19	7,8	1,11	24,8	202,6	9,4	
1132-2 sauma	PF-M	35	33,35	7,8	1,23	24,7	195,6	12,3	
1132-3 sauma	PF-M	40	38,48	7,8	1,44	24,7	198,7	17,2	
1123-4 sauma	PB-M	90	19,41	7,8	0,78	25,1	211,7	6,3	
1133-1 sauma	PB-W	20	23,44	7,8	0,97	21,5	204,3	7,2	
1133-2 sauma	PF-W	35	27,02	7,4	0,81	21,3	184	5,3	188
1133-3 sauma	PF-W	40	25,20	7,4	0,78	21,4	188,6	5	150
1133-4 sauma	PB-W	90	30,63	7,4	0,99	21,4	189,6	10,2	
2131-1 sauma	PB-M	20	18,11	7,4	1,04	25,5	224,8	8,2	
2131-2 sauma	PB-M	30	13,30	6,2	0,41	21,3	210,6	1,3	74
2131-3 sauma	PB-M	35	15,82	6,4	0,52	22,3	210,6	2,2	102
2131-4 sauma	PB-M	90	15,16	7,5	0,89	28,0	222,2	7,9	
2132-1 SAUMA	PB-M	20	19,41	7,8	0,92	24,4	205,3	6,4	
2132-2 SAUMA	PF-M	30	20,76	7,4	0,76	24,2	198,6	4,7	138
2132-3 SAUMA	PF-M	40	23,88	7,4	0,89	24,3	200,9	6,6	148
2132-4 SAUMA	PB-M	95	19,21	7,8	0,77	25	200,9	6,3	
2133-1 SAUMA	PB-W	20	23,25	7,8	0,91	22,5	185,4	6,3	
2133-2 SAUMA	PF-W	35	29,25	7,4	0,89	21,3	187,2	6,4	144
2133-3 SAUMA	PF-W	40	31,96	7,4	0,96	21,3	185,9	7,6	158
2133-4 SAUMA	PB-W	85	27,60	7,8	0,93	21,5	195,5	9,2	
2231-1 SAUMA	PB-M	20	17,73	8,8	1,27	30,4	250,5	12,3	
2231-2 SAUMA	PB-M	30	14,03	7,2	0,63	26,1	227,1	3,2	170
2231-3 SAUMA	PB-M	35	17,43	7,2	0,76	25,3	226,9	4,7	189
2231-4 SAUMA	PB-M	95	14,72	8,7	0,9	29,7	257,2	8,6	
2232-1 SAUMA	PB-M	30	18,29	10,1	1,01	27,1	228,8	8,1	
2232-2 SAUMA	PF-M	35	21,52	7,9	0,86	25	198,7	6	394
2232-3 SAUMA	PF-M	40	22,95	7,9	0,88	24,8	193,3	6,6	253
2232-4 SAUMA	PB-M	75	19,43	10,1	0,87	26,8	230,7	7,3	
2233-1 SAUMA	PB-W	30	22,20	10,1	1	23,7	213	7,9	
2233-2 SAUMA	PF-W	35	26,05	8,1	0,87	21,6	194,1	6,1	127
2233-3 SAUMA	PF-W	40	25,73	8,1	0,87	22	192,2	6,3	139
2233-4 SAUMA	PB-W	100	23,29	10,1	0,88	23,1	225,3	8,5	

KOEKAPPALE nro:	1. palko								jäähtymis aika [s]
	Alku			Lämm					
	Asent o	Lämpöti la	palko aika	Langan syöttö	öntuo nti	Jännite	Virta	T8/5 aika	
	°C	[s]	[m/min]	[kJ/mm]	[V]	[A]	[s]		
3131-1 sauma	PB-M	20	19,72	7,4	1,16	26,3	224,3	10,2	
3131-2 sauma	PB-M	35	13,93	6,3	0,46	23,5	203,4	1,7	121
3131-3 sauma	PB-M	35	15,20	6,0	0,46	20,9	210,6	1,7	140
3131-4 sauma	PB-M	95	14,20	6,9	0,74	24,3	229,2	5,8	
3132-1 SAUMA	PB-M	20	19,22	7,8	0,86	24,9	190,6	5,6	
3132-2 SAUMA	PF-M	35	24,63	7,4	0,85	24,7	183,3	5,9	161
3132-3 SAUMA	PF-M	40	24,33	7,4	0,87	24,5	190,9	6,3	171
3132-4 SAUMA	PB-M	90	17,61	7,8	0,71	25	202	5,2	
3133-1 SAUMA	PB-W	20	23,08	7,8	0,95	21,8	201,8	6,9	
3133-2 SAUMA	PF-W	30	25,87	7,4	0,76	21,6	179,6	4,6	128
3133-3 SAUMA	PF-W	35	25,10	7,4	0,77	21,2	189,4	4,8	153
3133-4 SAUMA	PB-W	85	24,77	7,8	0,87	21,1	207,2	7,7	
3231-1 SAUMA	PB-M	20	20,35	8,7	1,49	30,2	258,5	16,9	
3231-2 SAUMA	PB-M	40	14,38	7,3	0,66	25,9	231,8	3,6	127
3231-3 SAUMA	PB-M	45	14,96	7,3	0,68	25,6	232,9	3,9	168
3231-4 SAUMA	PB-M	100	17,02	8,6	1,01	29,8	250,2	11,1	
3232-1 SAUMA	PB-M	35	17,04	10,1	0,89	26,2	225,1	6,4	
3232-2 SAUMA	PF-M	35	25,07	7,9	0,98	25,0	195,2	7,8	320
3232-3 SAUMA	PF-M	45	24,62	7,9	0,97	24,8	198,7	8	411
3232-4 SAUMA	PB-M	95	18,06	10,1	0,80	27	226,4	6,8	
3233-1 SAUMA	PB-W	30	20,18	10,1	1	23	242,7	7,9	
3233-2 SAUMA	PF-W	35	26,64	8,2	0,9	21,6	196,1	6,6	144
3233-3 SAUMA	PF-W	40	28,71	8,2	0,97	22,2	190,4	7,8	136
3233-4 SAUMA	PB-W	100	25,52	10,1	0,98	22,7	233,5	10,5	
3331-1 sauma	PB-M	20	11,05	7,2	0,53	25,8	232	2,1	437
3331-2 sauma	PB-M	40	18,28	7,2	0,65	25,5	234,5	3,5	348
3331-3 sauma	PB-M	25	21,25	7,2	0,73	24,8	235,4	4,1	380
3331-4 sauma	PB-M	60	13,71	7,2	0,57	25,1	218,2	2,9	442
3332-1 SAUMA	PB-M	20	11,69	7,9	0,47	25,3	197,7	1,7	395
3332-2 SAUMA	PF-M	30	33,46	7,9	0,92	24,8	186,8	6,7	362
3332-3 SAUMA	PF-M	30	31,69	7,9	0,89	24,6	193	6,3	345
3332-4 SAUMA	PB-M	70	17,42	7,9	0,58	25,2	197,4	3,2	375
3333-1 SAUMA	PB-W	20	15,90	8,0	0,57	21,8	203,6	2,5	422
3333-2 SAUMA	PF-W	30	37,85	8,0	0,92	21,7	188,4	7	401
3333-3 SAUMA	PF-W	30	33,77	8	0,83	21,7	190,8	5,8	382
3333-4 SAUMA	PB-W	70	21,05	8,0	0,6	21,7	198,5	3,4	388

KOEKAPPALE nro:	2. palko								jäähdytys aika [s]
	Alku			Lämm					
	Asent o	Lämpöti la	palko aika	Langan syöttö	öntuo nti	Jännite [V]	Virta [A]	T8/5 aika [s]	
	°C	[s]	[m/min]	[kJ/mm ²]					
3131-1 sauma	PB-M								
3131-2 sauma	PB-M	85	19,21	6,1	0,6	21,8	205	3,7	
3131-3 sauma	PB-M	80	23,84	6,1	0,73	21	208,8	5,4	
3131-4 sauma	PB-M								
3132-1 SAUMA	PB-M								
3132-2 SAUMA	PF-M	90	17,8	7,4	0,61	24,6	182,6	3,9	
3132-3 SAUMA	PF-M	85	17,91	7,4	0,63	24,7	186,1	4	
3132-4 SAUMA	PB-M								
3133-1 SAUMA	PB-W								
3133-2 SAUMA	PF-W	80	14,6	7,4	0,46	22,1	187,5	2,1	
3133-3 SAUMA	PF-W	85	15,24	7,4	0,49	21,7	195,1	2,4	
3133-4 SAUMA	PB-W								
3231-1 SAUMA	PB-M								
3231-2 SAUMA	PB-M	95	18,98	7,3	0,81	25	222,5	7	
3231-3 SAUMA	PB-M	95	22,81	7,3	1,02	25,7	228,5	11,1	
3231-4 SAUMA	PB-M								
3232-1 SAUMA	PB-M								
3232-2 SAUMA	PF-M	65	18,88	7,9	0,69	24,3	187,7	4,4	
3232-3 SAUMA	PF-M	95	15,5	7,9	0,63	24,9	204,7	4,2	
3232-4 SAUMA	PB-M								
3233-1 SAUMA	PB-W								
3233-2 SAUMA	PF-W	90	19,27	8,2	0,67	22	197,3	4,7	
3233-3 SAUMA	PF-W	95	20,36	8,2	0,72	22	201	5,5	
3233-4 SAUMA	PB-W								
3331-1 sauma	PB-M	60	19,88	7,2	0,88	25,7	213,8	7	
3331-2 sauma	PB-M	70	23,46	7,2	0,81	25,1	232,3	6,2	
3331-3 sauma	PB-M	70	24,25	7,2	0,87	25,4	237,5	7,2	
3331-4 sauma	PB-M	75	17,58	7,2	0,73	24,8	219,7	5,2	
3332-1 SAUMA	PB-M	70	14,7	7,9	0,6	25	203,6	3,4	
3332-2 SAUMA	PF-M	75	17,47	7,9	0,52	25	202,4	2,6	
3332-3 SAUMA	PF-M	75	18,31	7,9	0,53	24,7	199,3	2,7	
3332-4 SAUMA	PB-M	85	16,37	7,9	0,56	25,1	205,5	3,2	
3333-1 SAUMA	PB-W	65	22,51	8,0	0,77	21,6	197,7	5,5	
3333-2 SAUMA	PF-W	75	20,47	8,0	0,65	21,8	189,9	4,1	
3333-3 SAUMA	PF-W	95	23,65	8,0	0,6	21,7	195,7	3,5	
3333-4 SAUMA	PB-W	100	25,61	8,0	0,76	21,4	207,8	5,9	

Hitsaustyyppi	Lämmöntuonti ja t8/5-ajat						työlämpö tila	jäähtymis aika
	Lämmöntuonti (kJ/mm)			t8/5-aika (s)				
	min	max	k-arvo	min	max	k-arvo	k-arvo	k-arvo
MAG PB	0,41	1,49	0,77	1,30	16,9	6,1	59,0	254,9
WISE PB	0,57	1,00	0,87	2,50	10,5	6,3	61,1	253,8
MAG PF	0,52	1,44	0,80	2,6	17,2	5,4	57,1	295,0
WISE PF	0,46	0,97	0,73	2,10	7,8	4,9	63,1	224,0