



Open your mind. LUT.

Lappeenranta **University of Technology**

# Teräsrakentamisen T&K-päivät – 28.-29.5.2013



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

## Lujista rakenneputkista valmistettavien liitosten kestävyys

Niko Tuominen  
Lappeenranta University of Technology  
Laboratory of Steel Structures

# Sisältö



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

- Tausta ja tavoitteet
- Tutkimuksessa käytetyt materiaalit
- Kokeellinen tutkimus ja numeeriset analyysit
- Tulosten vertailu nykyisiin mitoitusohjeisiin

# Tausta ja tavoitteet



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

- Tutkimus kuuluu Fimecc Oy:n LIGHT- tutkimusohjelmaan
- Tutkimuksessa käytetty Ruukki Oy:n rakenneputkia sekä ESAB Oy:n hitsauslisäaineita
- Nykyiset suunnitteluohjeet (EC3) eivät edesauta lujien terästen käyttöä hitsatuissa rakenneputkiliitoksissa
  - Vähennyskerroin (0,9)
  - a-mittavaatimus (S460:  $a=1,53t$  & S355:  $a=1,11t$ )
- Tavoitteena tutkimuksessa on tarkastaa suunnitteluohjeiden vaatimukset lujille rakenneputkiliitoksille (S420 & S460)

# Tutkimuksessa käytetyt materiaalit



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

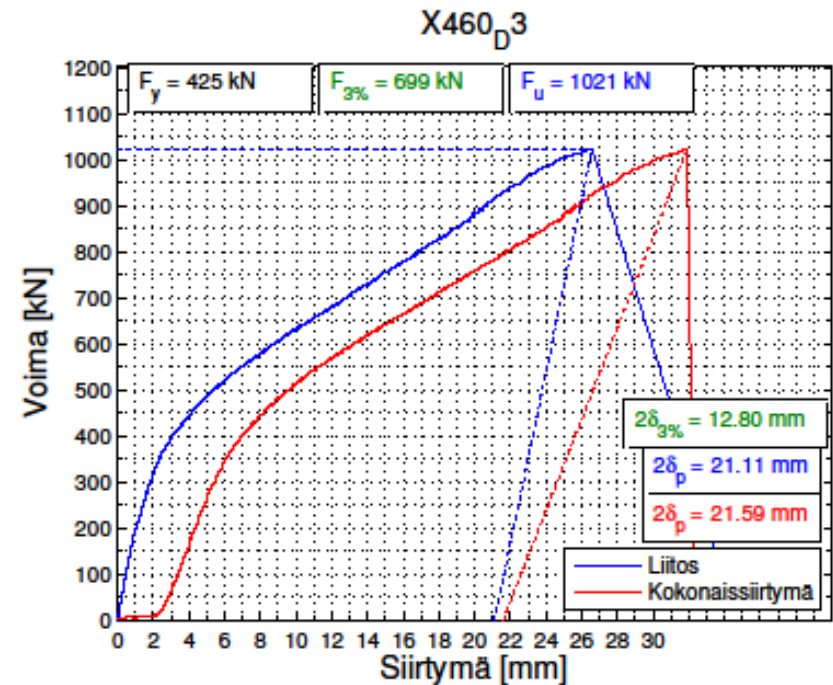
- Tutkimuksessa on käytetty Ruukin S420 & S460 lujuuden rakenneputkia
- Lisäaine S420 rakenneputkien testauksessa vaihteli ylilujasta tasalujaan lisäaineeseen
- S460 liitokset tehtiin käyttäen tasalujaa lisäainetta (ESAB OK Aristorod 12.63)
- S460 lujuusluokasta X- ja K-liitoksia

# Kokeellinen tutkimus ja numeeriset analyyisit



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

- Liituskokeet tehty siirtymäohjattuna
- Liituskokeet suurimmalta osin kylmäkokeita (-40°C)
- Voiman ohella liitoksen ja sylinterin siirtymät mitattiin

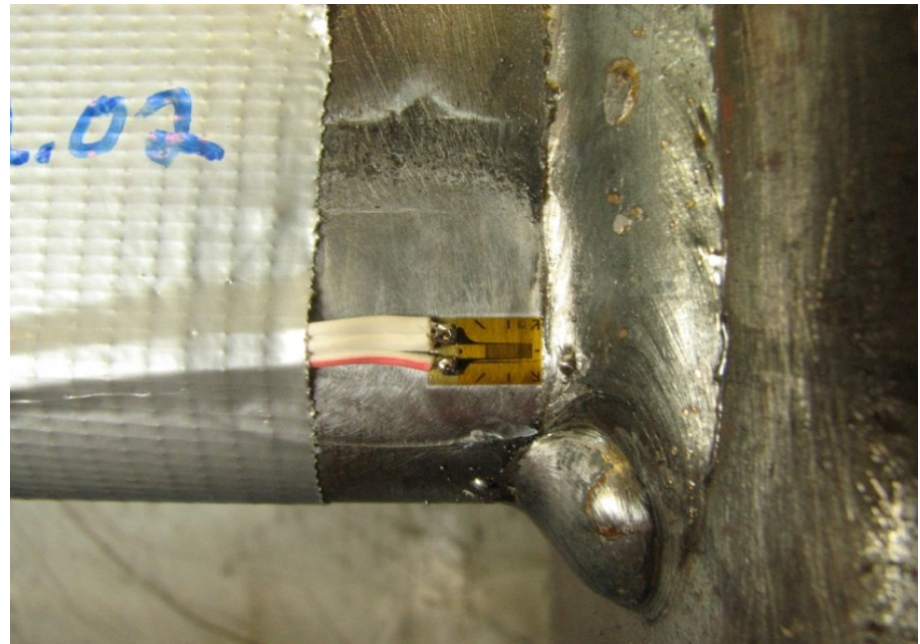
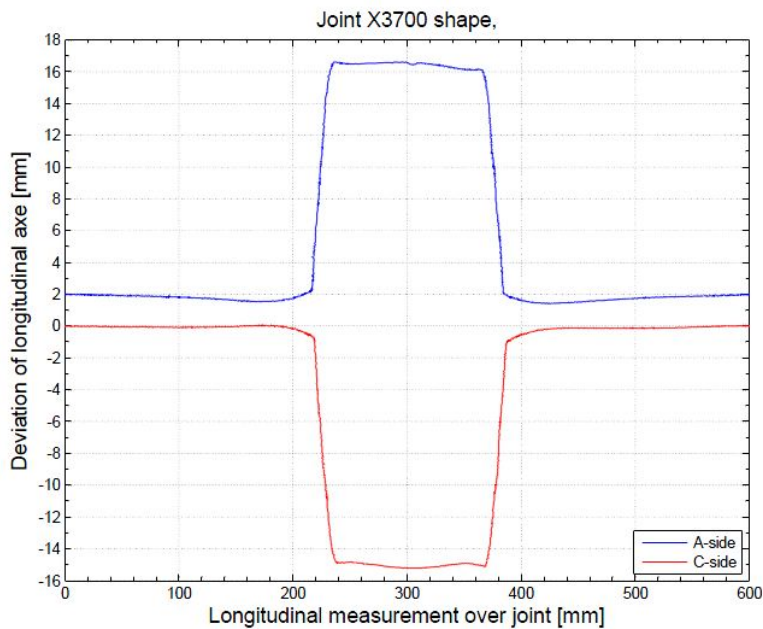


# Kokeellinen tutkimus ja numeeriset analyysit



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

- Venymäliuska sijoitettiin kohtaan, jossa murtuma ennakoitiin tapahtuvan
- 2 eri a-mitan kokoa samoilla putkidimensiolla sekä a-mittakokeita

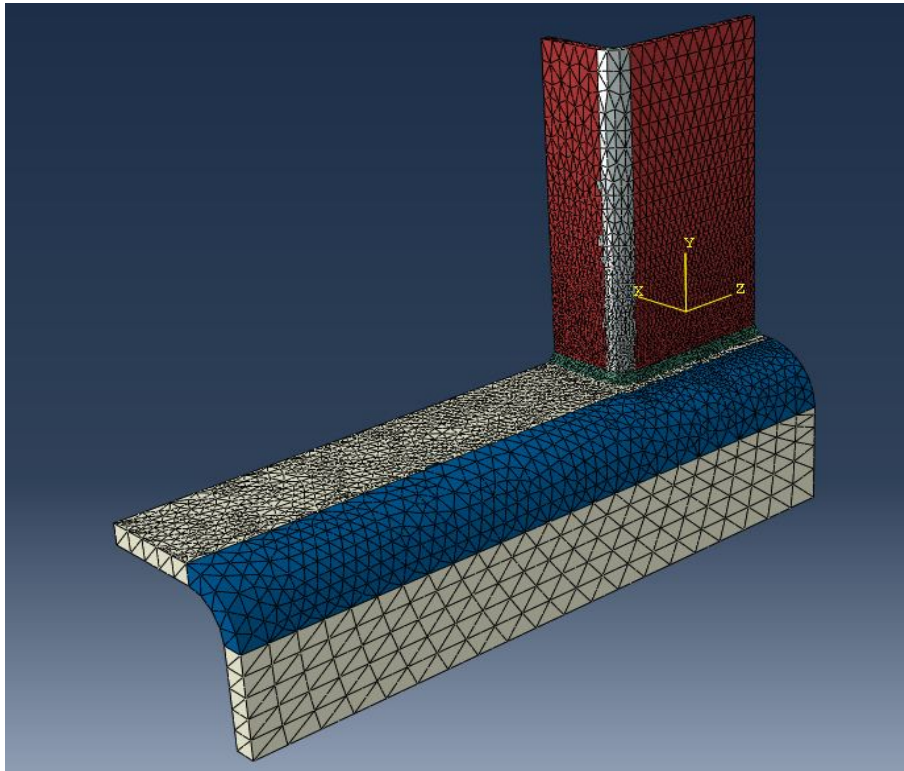


# Kokeellinen tutkimus ja numeeriset analyytit

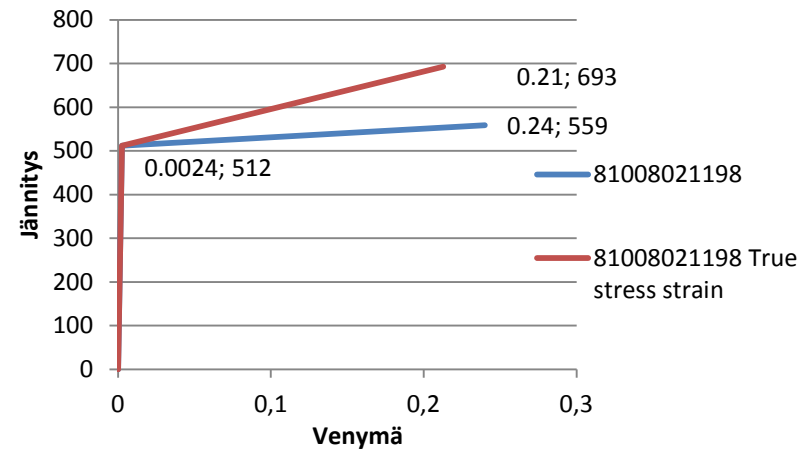


Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

- FEM-mallinnuksella tutkittiin liitoksen jännityksien ja venymien kehittymistä
- FEM-mallien materiaalmallit muodostettu aineistodistusten arvoista "true stress-true strain" arvoiksi



**81008021198**



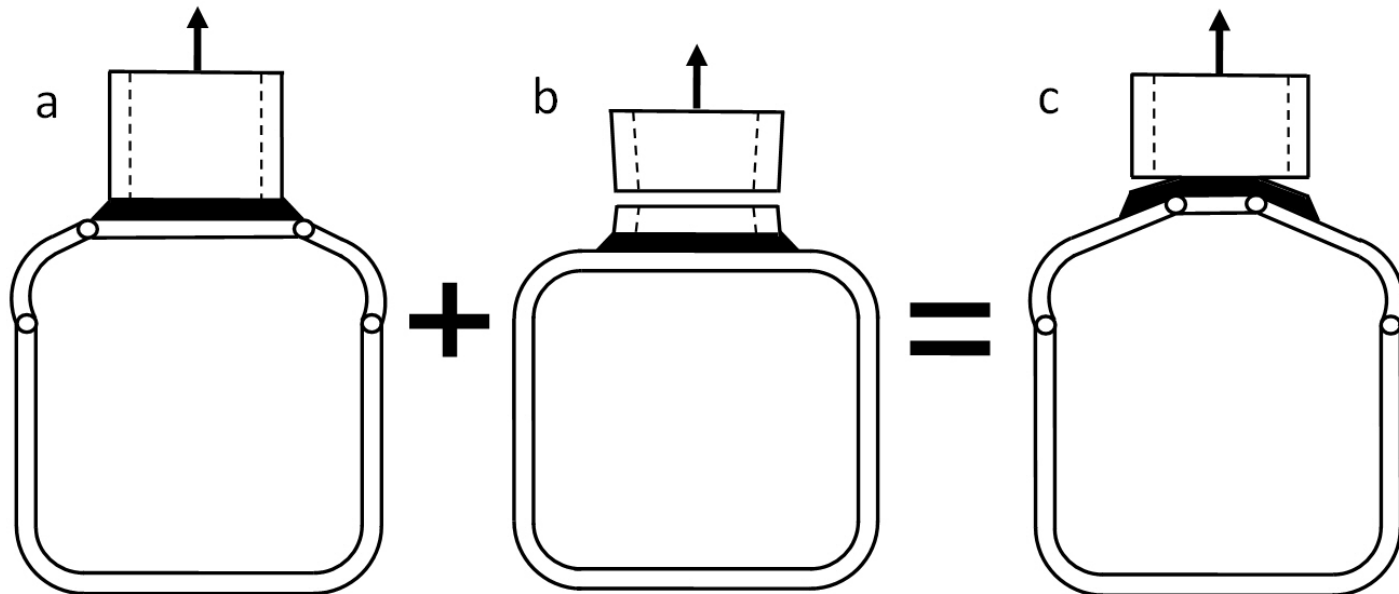


# Tulosten vertailu nykyisiin mitoitussohjeisiin



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

- Liitoskokeiden tuloksia verrattiin nykyiseen EC3 mitoitussohjeeseen sekä sovelletulla myötöviivateorialla laskettuihin arvoihin
- Nykyinen EC3 laskentamalli perustuu myötöviivateoriaan mutta myötönivelten oletetaan muodostuvan aina vain toiseen liitoksen komponenttiin (a tai b)
- Sovellettu myötöviivateoria laskentamalli ottaa molempien liitoksen komponenttien myötäämisen huomioon samanaikaisesti sekä huomioi hitsin koon (c) -> ”yleinen” vauriomuoto yleistyy teräslujuuden kasvaessa



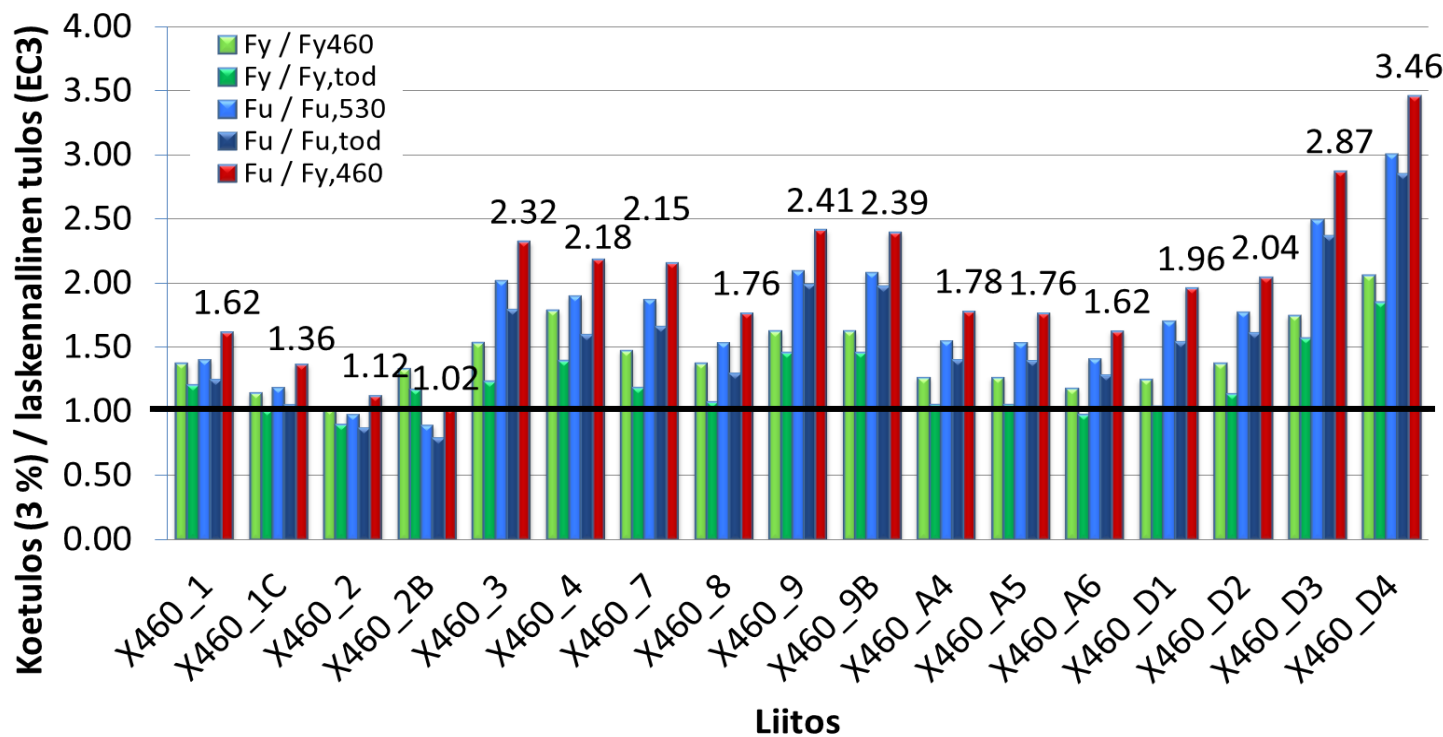
# Koetuloksien vertaaminen EC3 laskettuihin kapasiteetteihin



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

Maksimikapasiteetti on voima liitoksen murtuessa tai kun liitoksen siirtymä saavuttaa 3% \* paarten korkeudesta

- **Punainen pylväs** kuvaa kokeen murtolujuuden ja materiaalin nimellisellä myötölujuudella laskettua liitoksen kapasiteetin suhdetta
- **Tummansininen pylväs** kuvaa kokeen murtolujuuden ja materiaalin todellisella murtolujuudella laskettua liitoksen kapasiteetin suhdetta

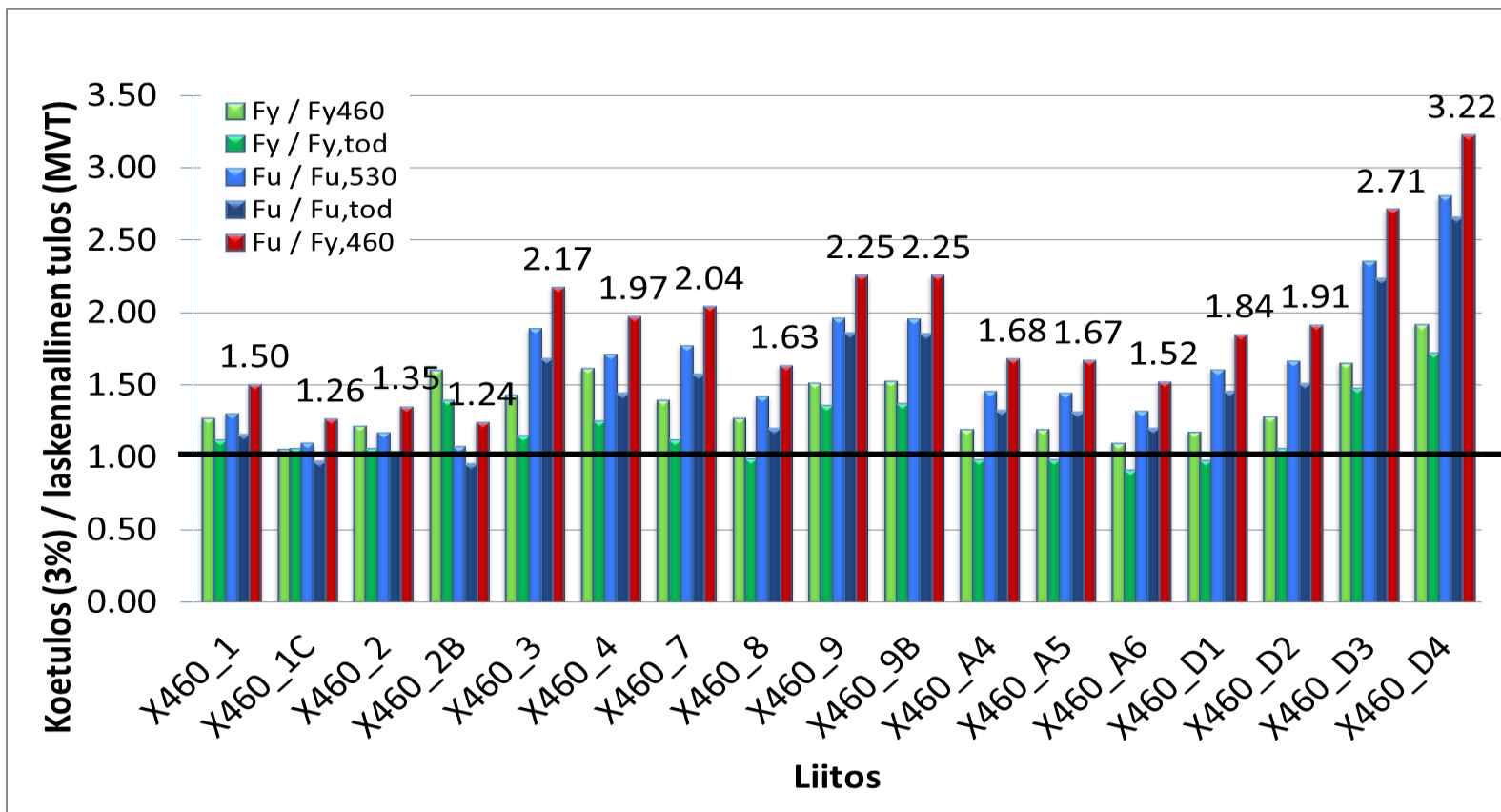


(\* Xiao-Ling Zhao, Deformation limit and ultimate strength of welded T-joints in cold-formed RHS sections, 2000)

# Koetuloksien vertaaminen sovelletulla myötöviivateorialla laskettuihin kapasiteetteihin



- **Punainen pylväs** kuvaa kokeen murtolujuuden ja materiaalin nimellisellä myötölujuudella laskettua liitoksen kapasiteetin suhdetta
- **Tummansininen pylväs** kuvaa kokeen murtolujuuden ja materiaalin todellisella murtolujuudella laskettua liitoksen kapasiteetin suhdetta

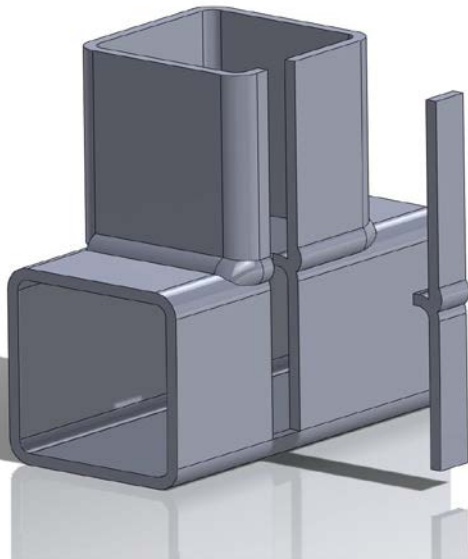


# Hitsin yli vetokoekappaleet

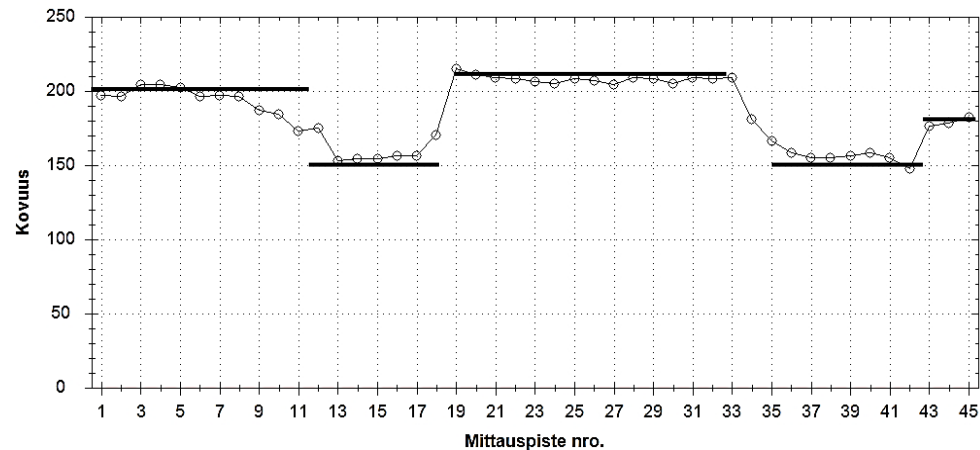
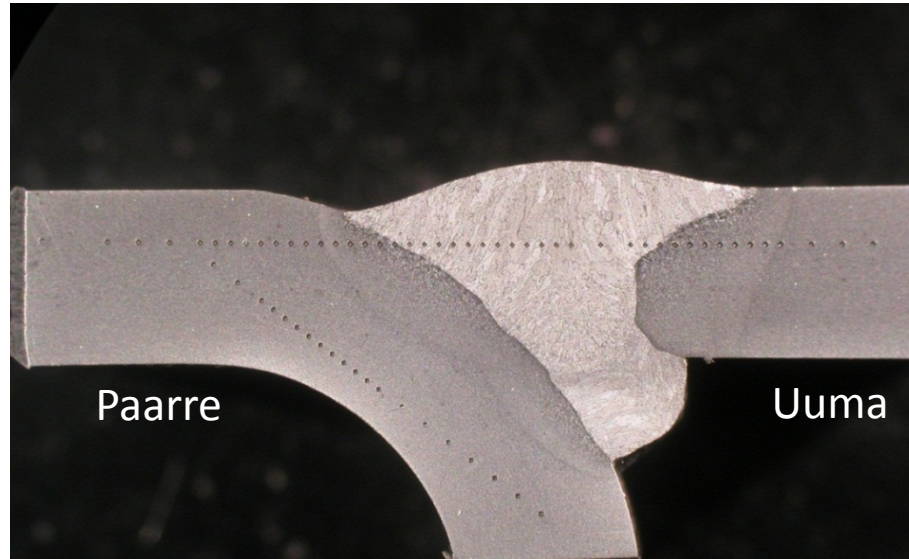
Kovuusjakauma liitoksen yli



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology



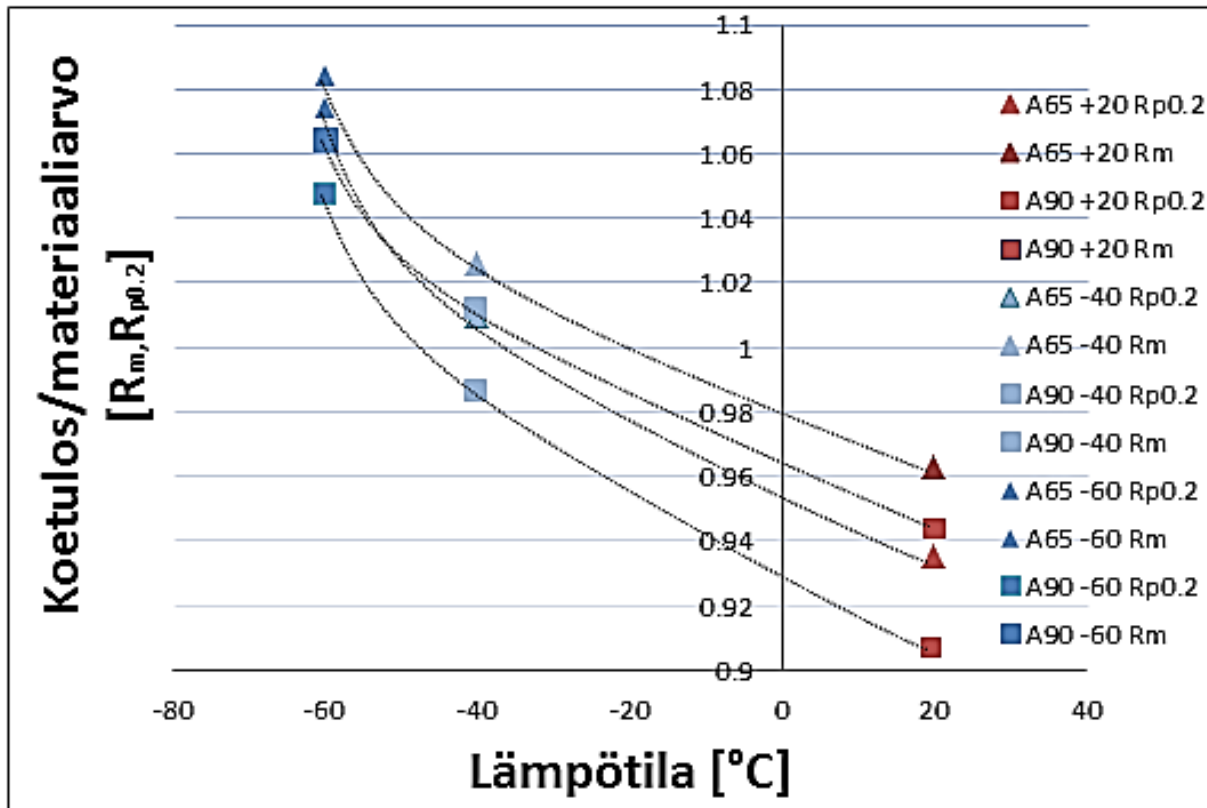
Vetokoekappale irrotettu hitsausparametrien testaukseen tarkoitetusta koekappaleesta. Käytetty 2 eri lämmöntuontia



# Vetokoekappaleiden vertailu



- Kahdella eri lämmöntuonnilla tehdyt vetokoekappaleet rikottiin 3 eri lämpötilassa
- Vertailu tehty vetokoetuloksen myötö- ja murtolujuuden sekä perusmateriaalin myötö- ja murtolujuuden välillä



# Vetokoekappaleet

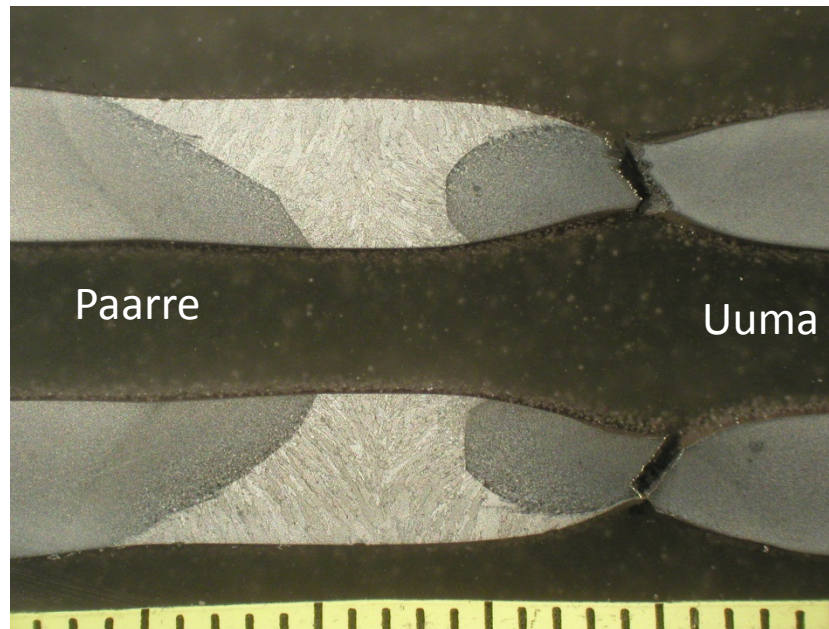


Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology



Leikkauspinta

Hie murtumasta



Paarre

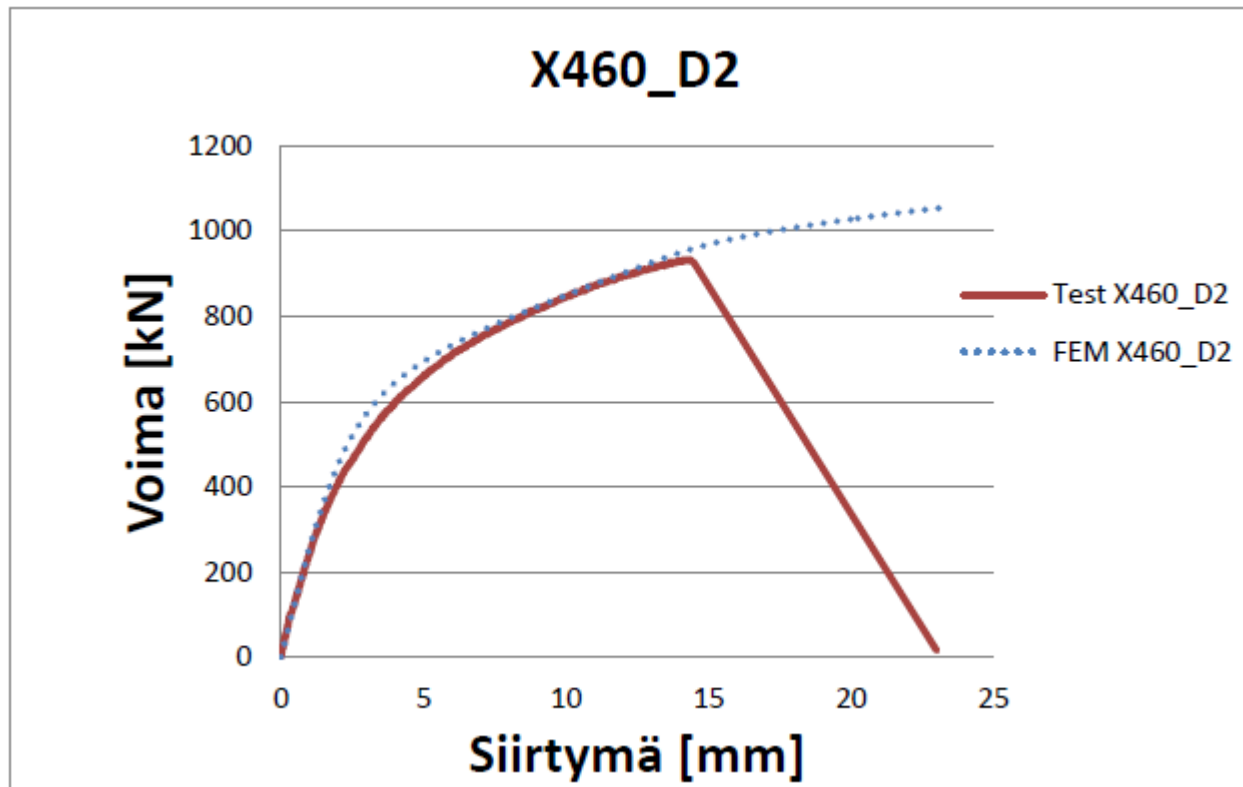
Uma

Murtuma hitsin rajaviivalla, uumasauvan puolella

# FEM-mallit



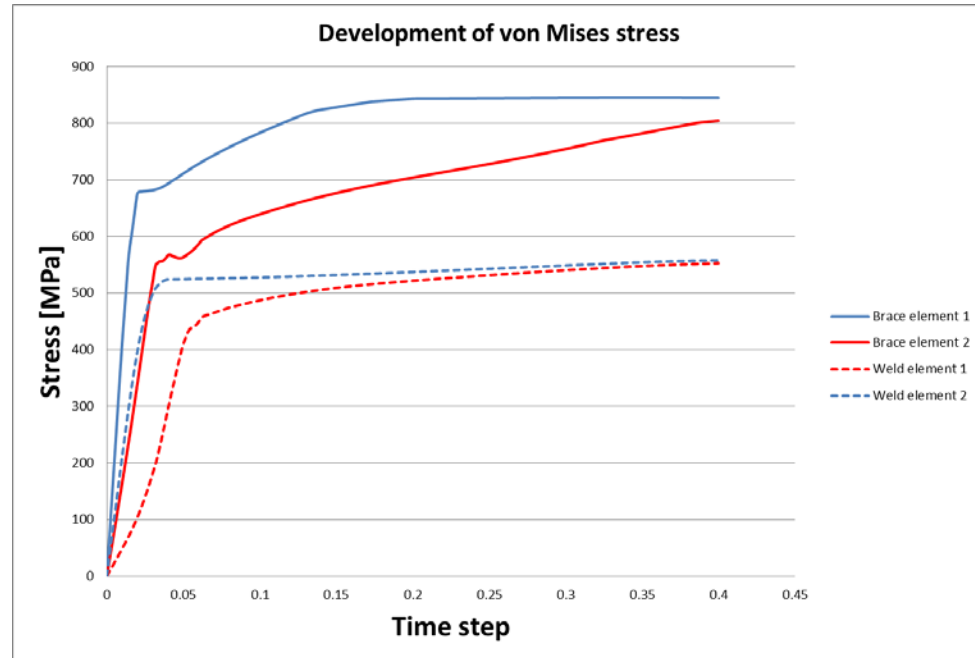
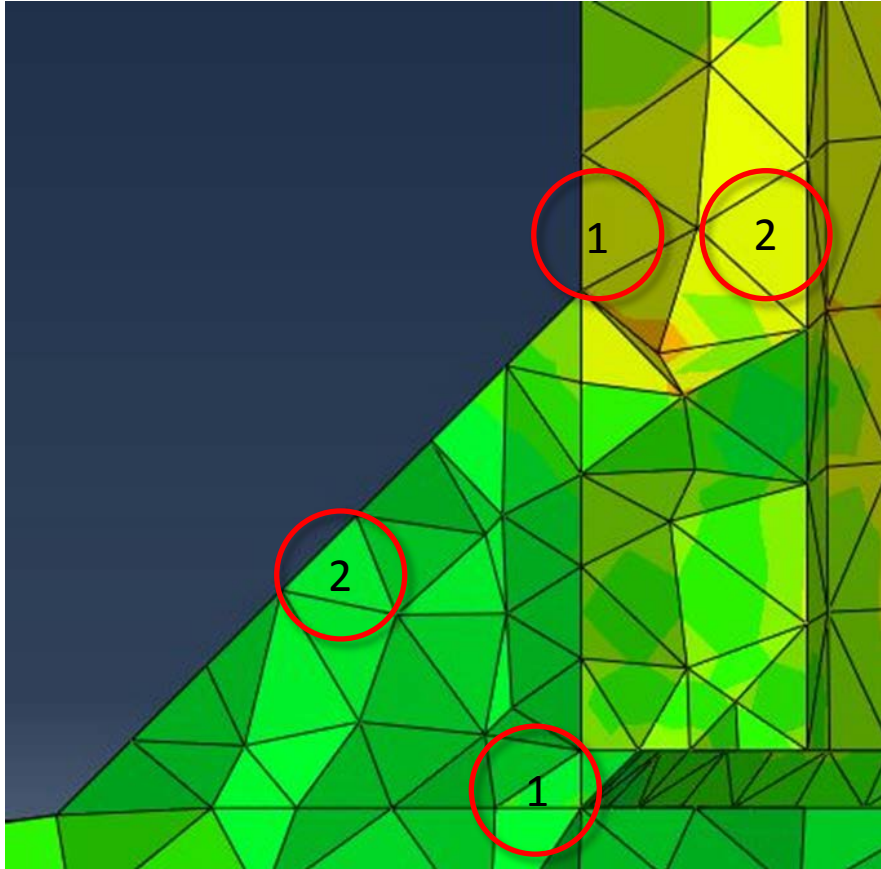
- Osasta liitoksia tehtiin FEM-mallit, joista ensin selvitettiin materiaalmallien toimiminen vertaamalla koetuloksia FEM-mallin tuloksiin



# FEM-mallit



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology



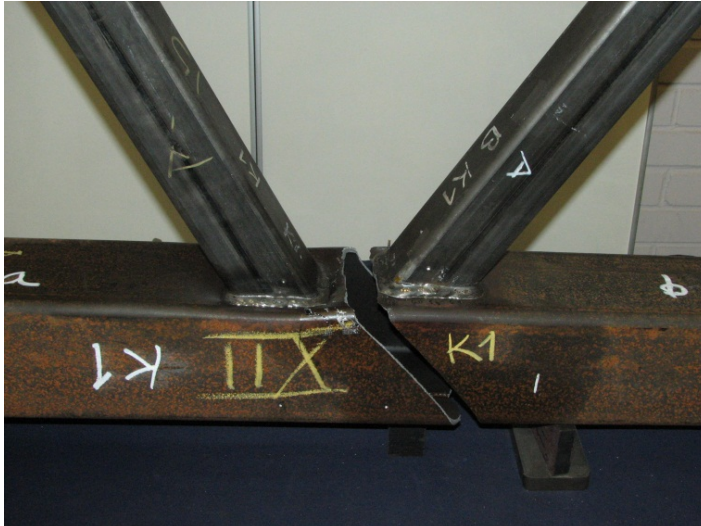


# K-liitokset



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

- K-liitoksia tehtiin 3 kpl, joilla tutkittiin vapaavälisen K-liitoksen vapaavälin vaikutusta kapasiteettiin sekä eri kokoisen pienahitsin käyttöä eri kohdissa liitosta



# Johtopäätöksiä



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

- Testituloksista saatiin usein paljon suurempia kapasiteetin arvoja kuin mitä mitoitusohjeet ennustavat
- Siirtymäkapasiteettiakin liitoksilta löytyi
- Liitokset, joiden muodonmuutoskyky oli hyvä, saivat huomattavasti parempia tuloksia kuin jäykät liitokset (paksu paarre tai tasaleveä liitos) suhteessa EC3
- Vauriomuodot usein eri kuin mitoitusohjeen ennustama vauriomuoto ja ”yleinen” – vauriomuoto yleistyi
- A-mittavaatimus ylimitoitettava koska hitsin hajoamista ei esiintynyt
- A-mitan koko vaikutti vauriomuotoon kahdella samoista komponenteista tehdyillä liitoksilla
- Koska pienahitsi ei ollut kriittinen ja yleinen vauriomuoto yleistyi voidaan olettaa, että hitsauksen aiheuttama pehmeneminen lisääntyy teräslujuuden kasvaessa eikä suuremmalla a-mitalla ole siinäkään suhteessa tarvetta

# Jatkotutkimusta

- K-liitokset
- Täydentäviä X-liitoksia (S460)
- Cidect- ja Ruoste-projektit (S420->S960)
- Sinkityt



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology