

MUURATUN TULISIJAN ILMANJAON OPTIMOINTI

Heikki Hyytiäinen, Tulisydän Oy

Reijo Karvinen, TTY

Kai Savolainen, TTY

Pertti Taskinen, TTY



PROJEKTIN TAVOITE

LÖYTÄÄ SELLAINEN "OPTIMI" PRIMÄÄRI/SEKUNDÄÄRI-ILMAN-JAKOJÄRJESTELY PIENTULISIJAAN, JOLLA SAADAAN PUUN POLTON CO-PÄÄSTÖT ALLE 0.1%.

VUONNA 2008 VOIMAAN ASTUVAN ASETUKSEN MUKAAN UUSIEN PIENTULISIJOJEN SALLITTU CO-PÄÄSTÖRAJA ON ALLE 0.17 % !



- **Projektissa jo aiemmin tehty työ**
- **Alustavat laskelmat**
- **Kylmämallikokeet (TTY)**
- **Kuumamallikokeet (Tulisydän Oy)**

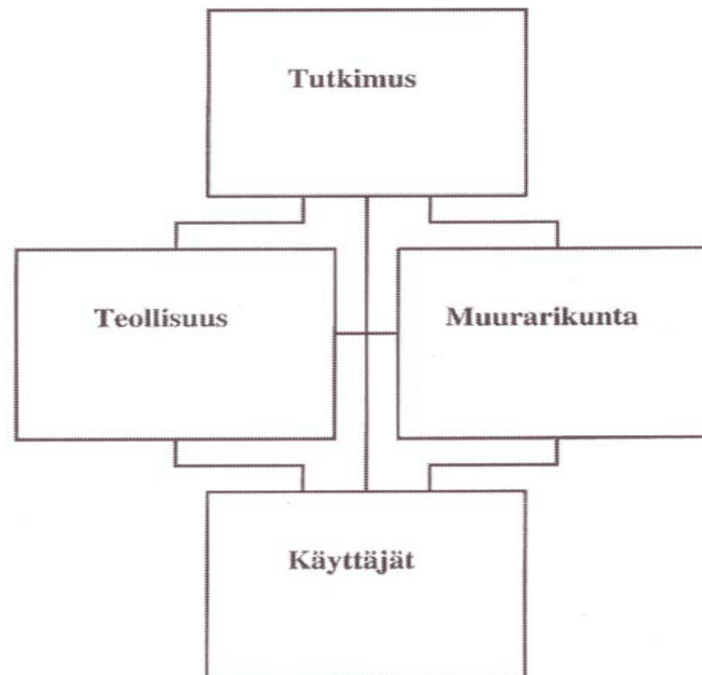


PROJEKTISSA AIEMMIN TEHTY TYÖ

Osa 1

Tämän nimenomaisen projektin taustaksi on jo aiemmin vuosina 2001-2004 Muuratut tulisijat projektissa ja tämän saman projektin aiemassa osassa tehty perustutkimustyötä liittyen lämmönsiirtoon kerroksellisessa seinämässä.

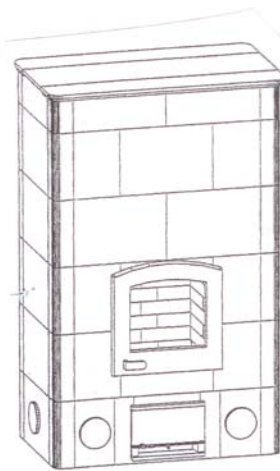
Tutkimustyö toteutettiin kuvan mukaisesti.



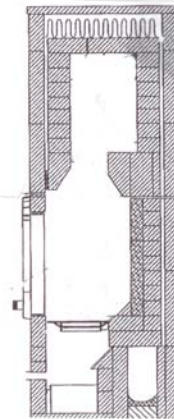
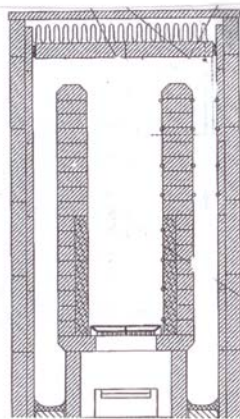
PROJEKTISSA AIEMMIN TEHTY TYÖ

Osa 1

Tulisijan sisäinen rakenne



Fireplace



Cross-section of fireplace



PROJEKTISSA AIEMMIN TEHTY TYÖ

Osa 2a

Mallinnettu tulisija



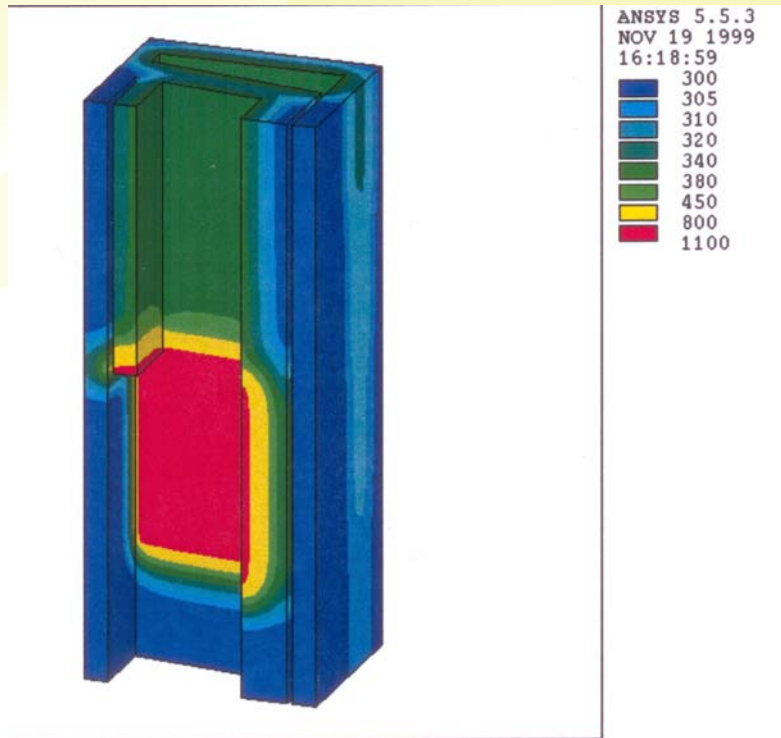
Kuva 9. Valokuva mallinnetusta uunista (VTT)



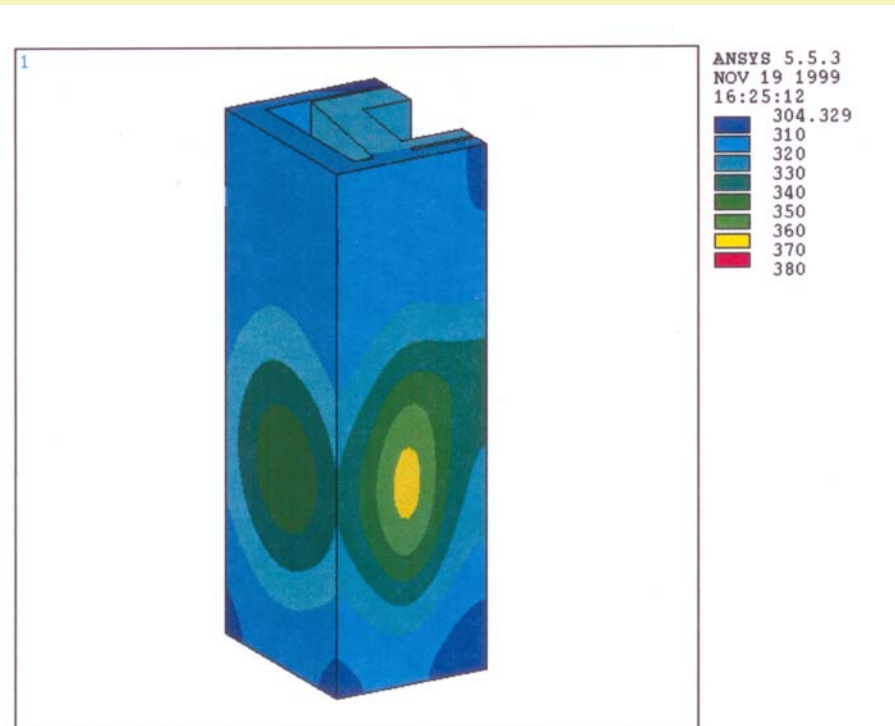
PROJEKTISSA AIEMMIN TEHTY TYÖ

Osa 2b

Uunin lämpötilajakaumat eri ajan hetkillä



Kuva 21. Lämpötilajakauma ajan hetkellä $t = 1000s$



Kuva 22. Lämpötilajakauma ajan hetkellä $t = 10000s$

PROJEKTISSA AIEMMIN TEHTY TYÖ

Osa 2c

Suihku ristivirtauksessa

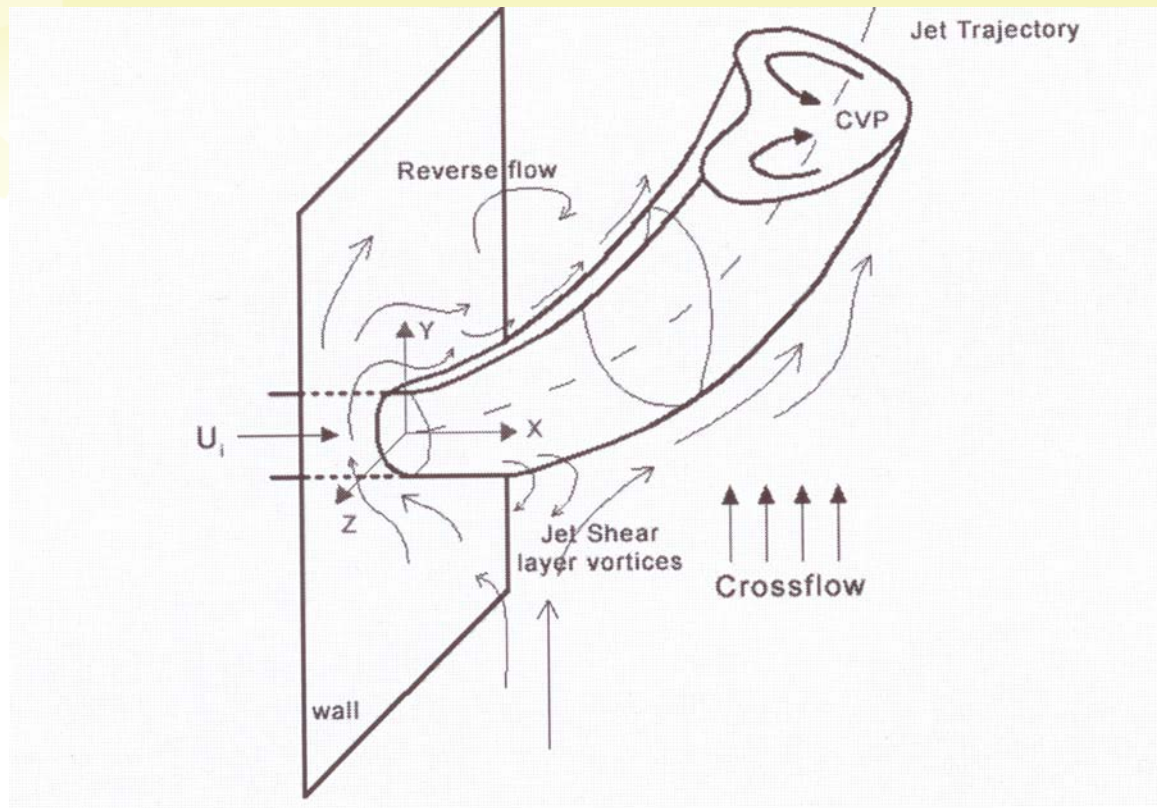


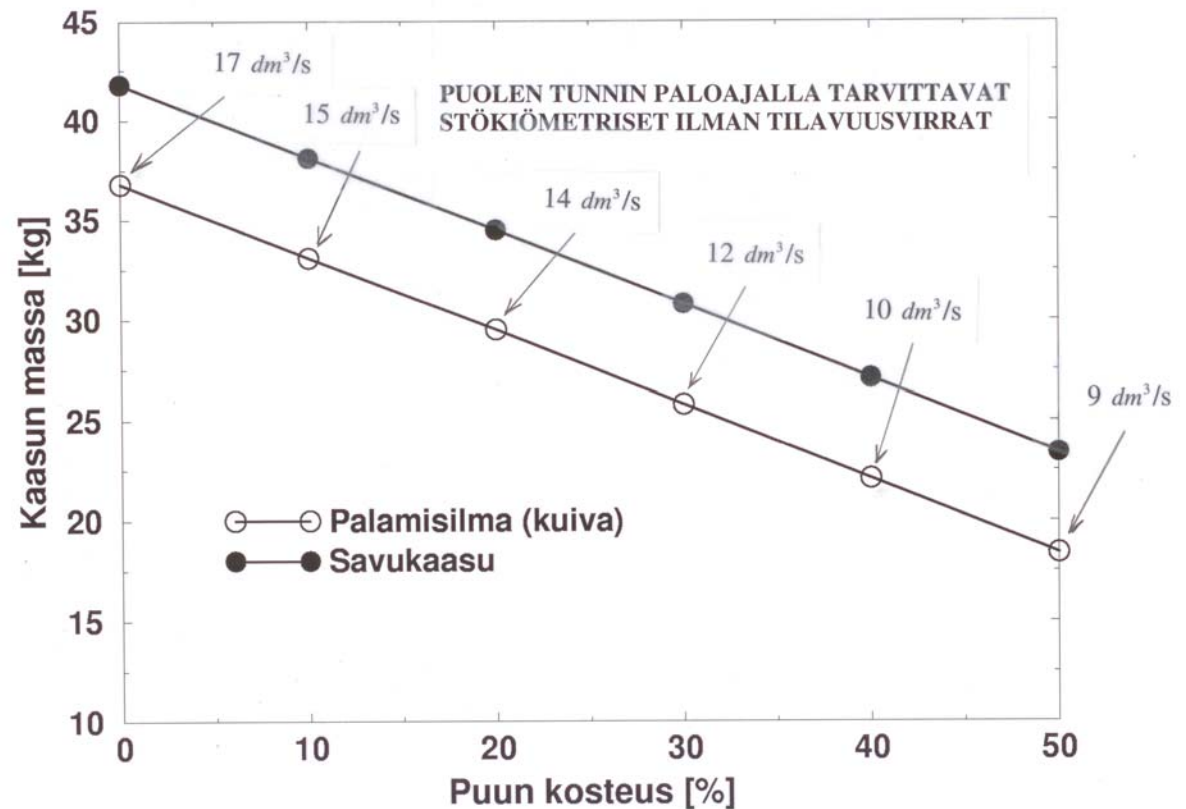
Fig.2.1.- Jet in a cross flow



ALUSTAVAT LASKELMAT 1

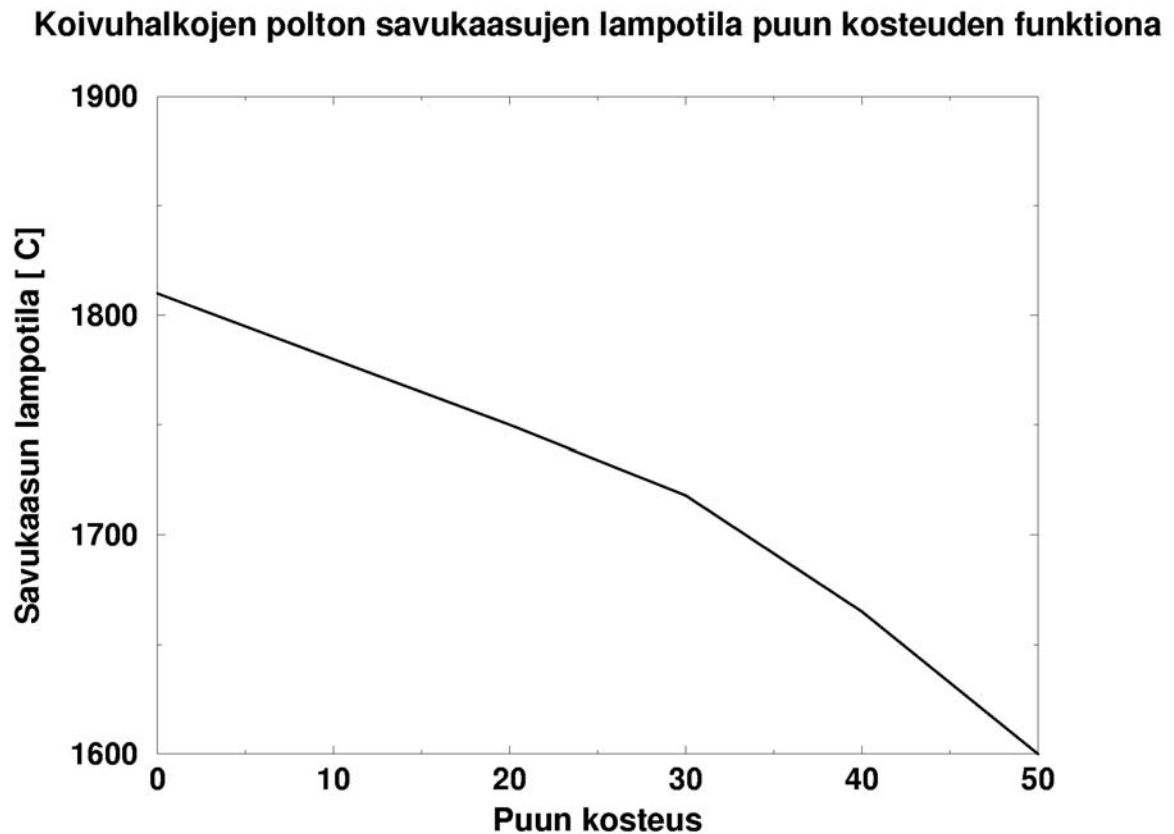
KOIVUHALKOPANOKSEN (5KG) POLTOSSA TARVITTAVAN ILMAN JA

Koivuhalkojen(5kg) poltossa tarvittavan ilman ja syntyvien savukaasujen maara puun kosteuden funktiona



ALUSTAVAT LASKELMAT 2

KOIVUHALKOJEN POLTON SAVUKAASUJEN LÄMPÖTILA PUUN KOSTEUDEN FUNKTIONA



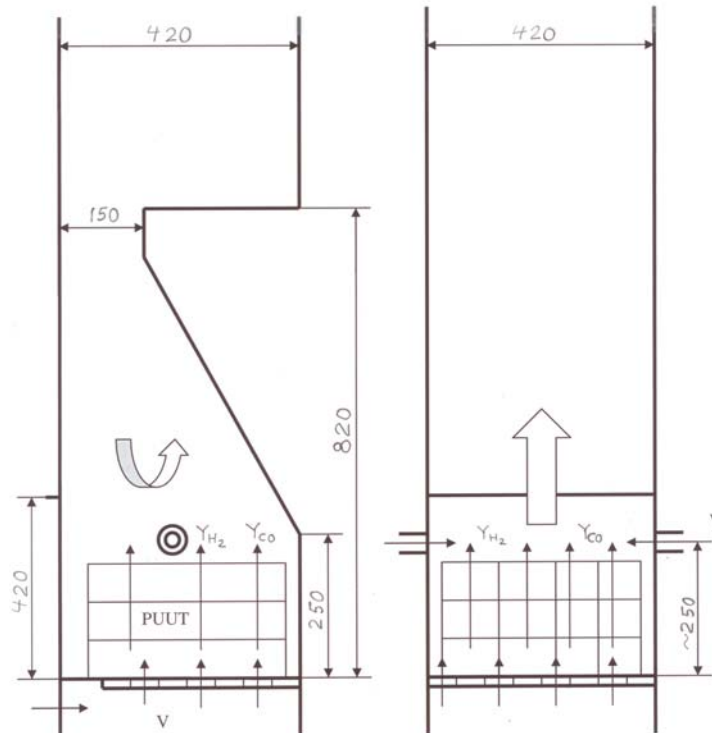
ALUSTAVAT LASKELMAT 3

Mitoitusperusta: 1 kg puupanos/14 dm^3
tulipesä

TULISIJAN GEOMETRIAMALLI

Poltetaan 5 kg 30 % kosteuden omaavia koivuhalkoja 30 min paloajalla.

Keskimmääräinen ilmantarve 24 dm^3/s . Kuiva-aineen $X_C = 0.50$, $X_H = 0.06$, loput ei palamattomia. Ilman virtausnopeus sisään $V = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 20}{1.2}} = 5.8 \text{ m/s}$



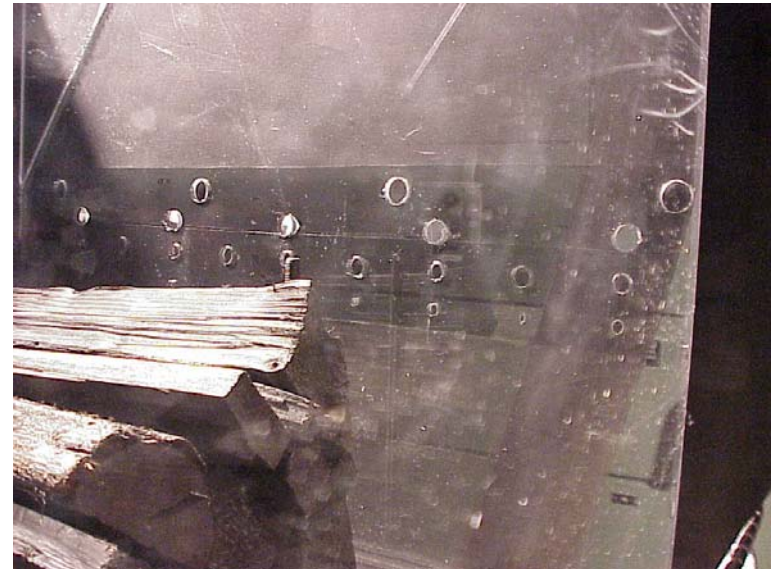
KYLMÄMALLIKOKEET (TTY)

YLEISKUVIA KYLMÄMALLISTA, osa 1



KYLMÄMALLIKOKEET

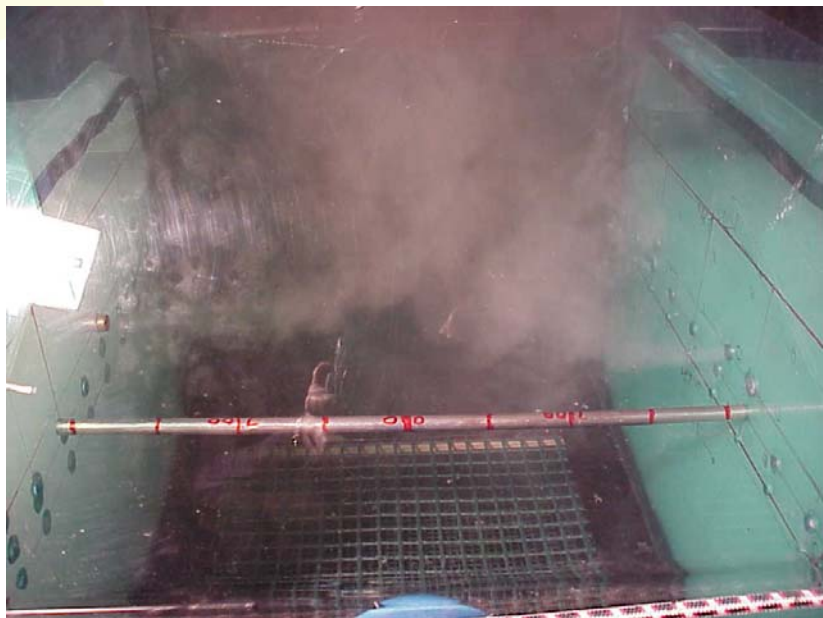
YLEISKUVIA KYLMÄMALLISTA, osa 2



KYLMÄMALLIKOKEET

SEKUNDÄÄRI-ILMASUIHKUN TUNKEUMAN ARVIOINTI VISUALISOINTISAVUN AVULLA

Seinässä suutin



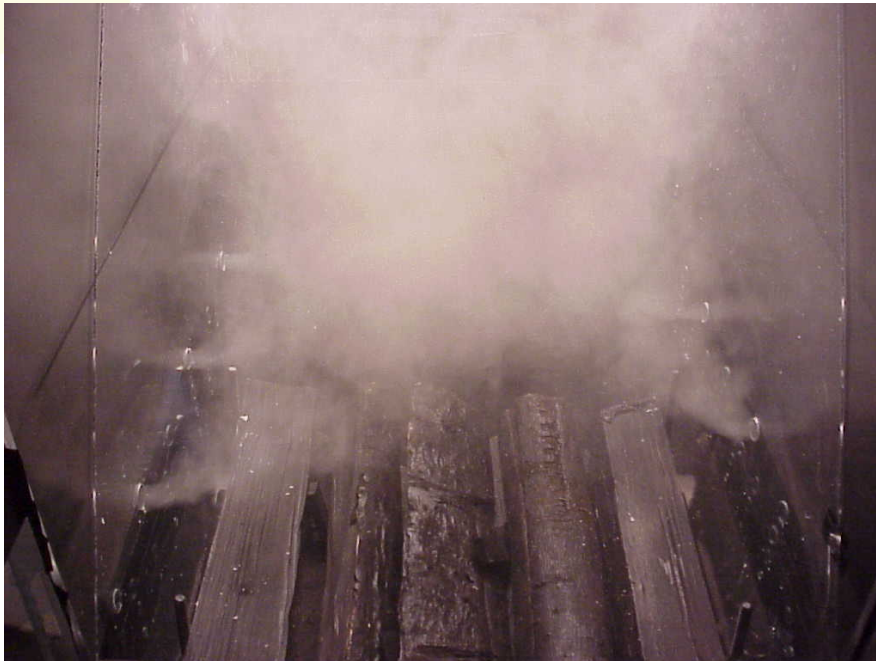
Seinässä teräväreunainen reikä



KYLMÄMALLIKOKEET

SEKUNDÄÄRI-ILMASUIHKUN KÄYTTÄYTYMINEN 16 mm REIÄLLÄ PAINE-
ERON (KURISTUKSEN) FUNKTIONA, PÄÄVIRTAUS 27 l/s JA TULIPESÄN
ALIPAIN 16 Pa

Voimakas kuristus



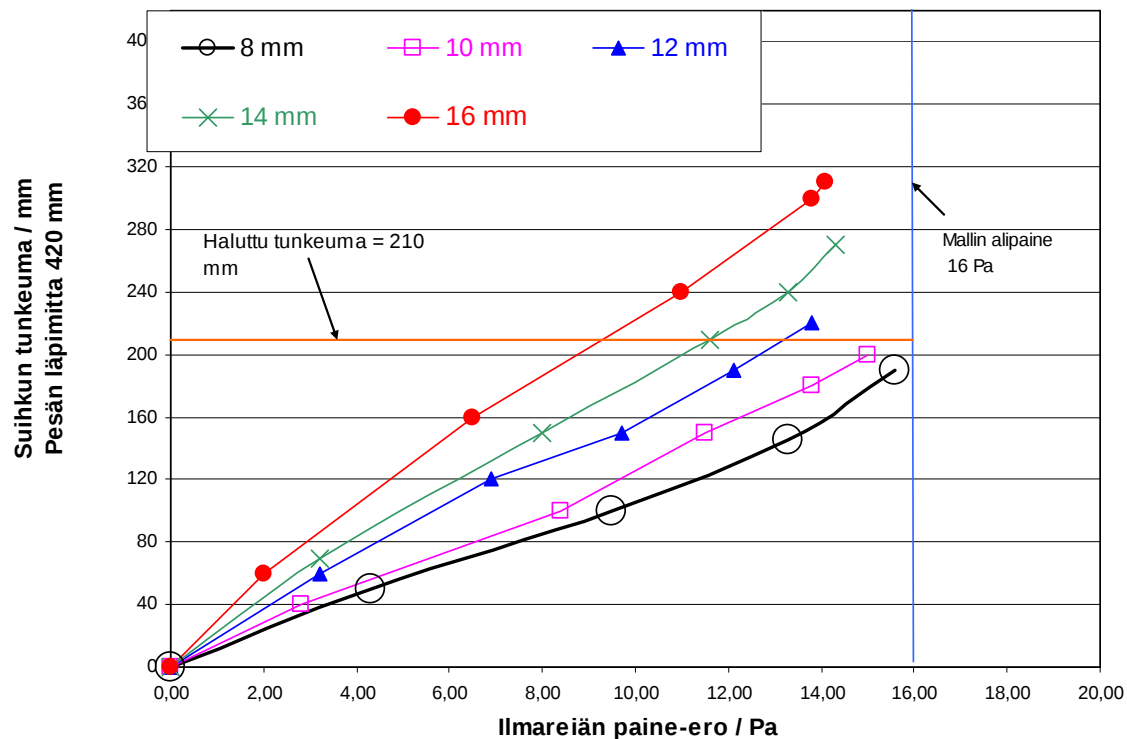
Pieni kuristus



KYLMÄMALLIKOKEET

SEKUNDÄÄRI-ILMASUIHKUN TUNKEUMA REIÄN PAINE-ERON FUNKTIONA, PÄÄVIRTAUS 27 l/s JA TULIPESÄN ALIPAIN 16 Pa

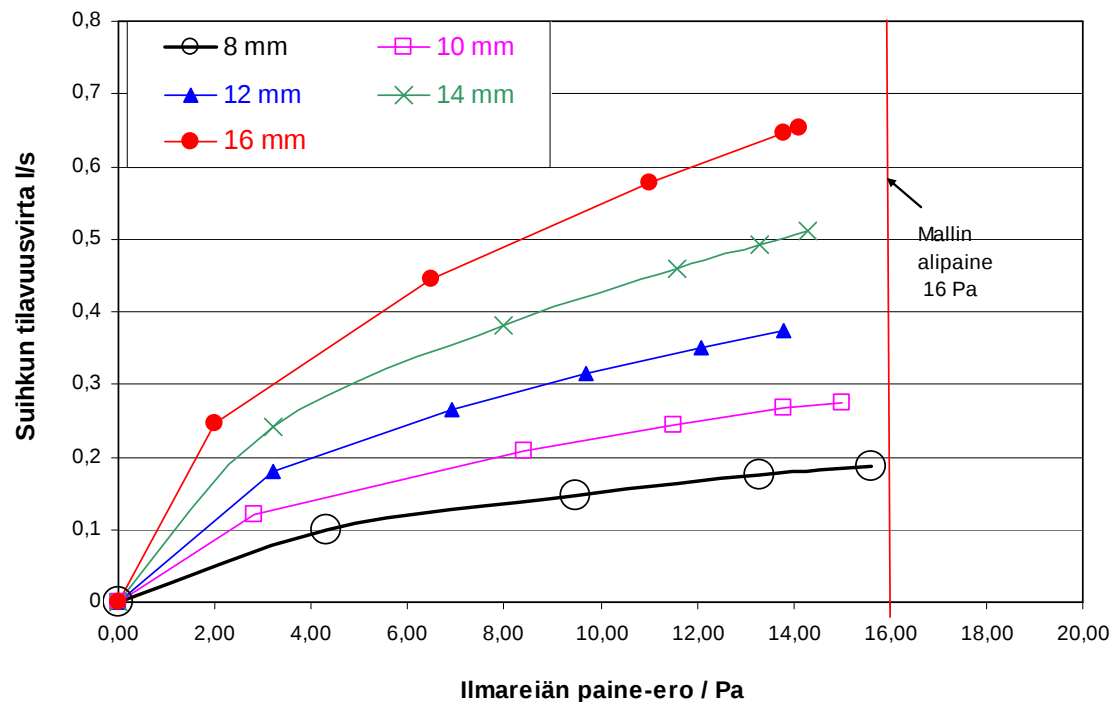
Sekundääri-ilmasuihkun tunkeutuminen takan kylmämalliin erikokoisten reikien kautta (8-16 mm). Kokonaisilmavirtaus 27 l/s, mallin alipaine 16 Pa



KYLMÄMALLIKOKEET

SEKUNDÄÄRI-ILMASUIHKUN TILAVUUSVIRTA PAIN-ERON FUNKTIONA, PÄÄVIRTAUS 27 l/s JA TULIPESÄN ALIPAIN 16 Pa

*Sekundääri-ilmasuihkun (1 kpl) tilavuusvirta takan kylmämalliin erikokoisten reikien
kautta (8-16 mm). Kokonaisilmavirtaus 27 l/s, mallin alipaine 16 Pa.*



KUUMAMALLIKOKEET (Heikki Hyytiäinen, Tulisydän Oy, Vantaa)

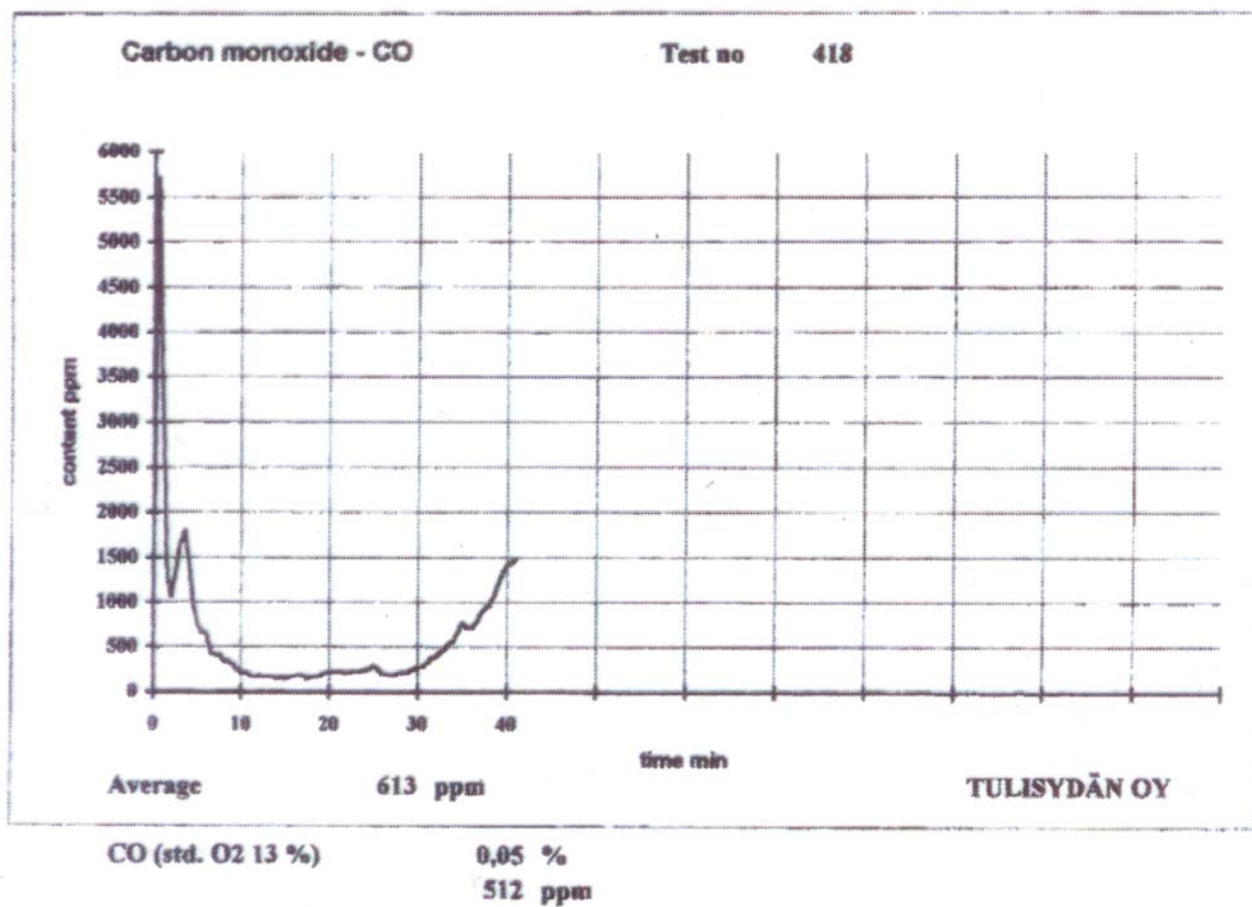
Tulisijassa syntyviin CO-päästöihin olennaisesti vaikuttaa

- *PUIDEN SYTYTYSTAPA (alta vai päältä)
- *PUIDEN KOSTEUS (märät puut palavat ”kitumalla”)
- *PUIDEN KOKO (pienet pyrolysoituu liian nopeasti)
- *PUIDEN LADONTATAPA (isot alla pienemmät päällä)
- *TULISIJAN RAKENNE (pystyuuni ”helppo”, leivinuuni vaikea)
- *ILMANJAKO (oikea suhteessa pyrolysoituviin kaasuihin)



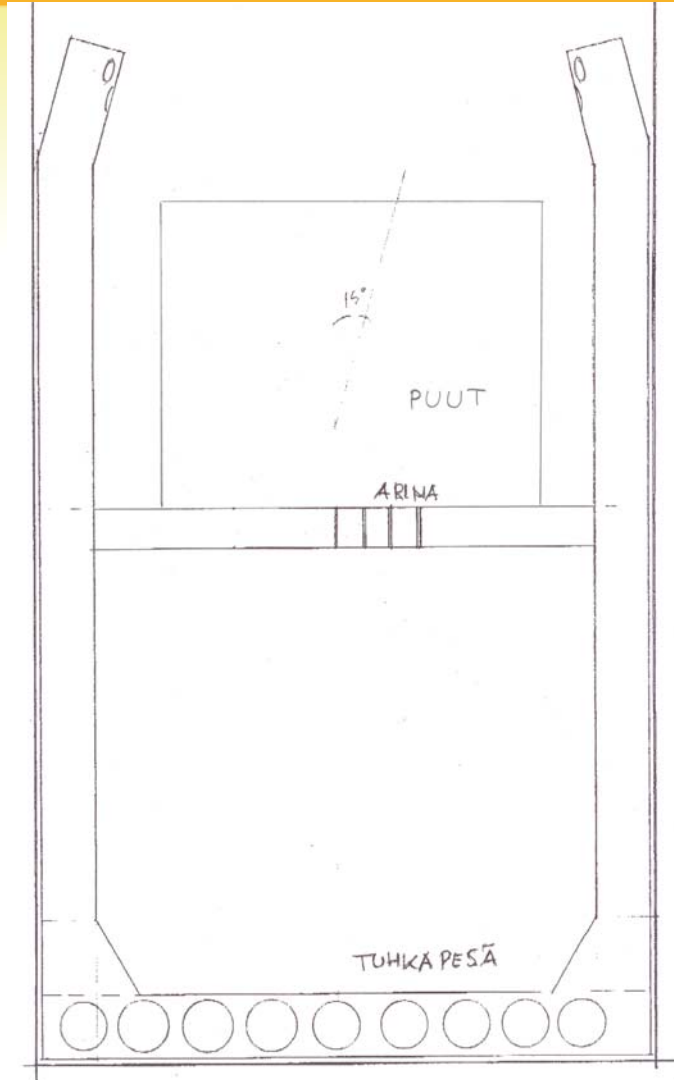
KUUMAMALLIKOKEET

Tyypillinen pientulisijan CO-päästökäyrä ajan funktiona



KUUMAMALLIKOKEET

Testeissä käytetty tulipesän rakenne

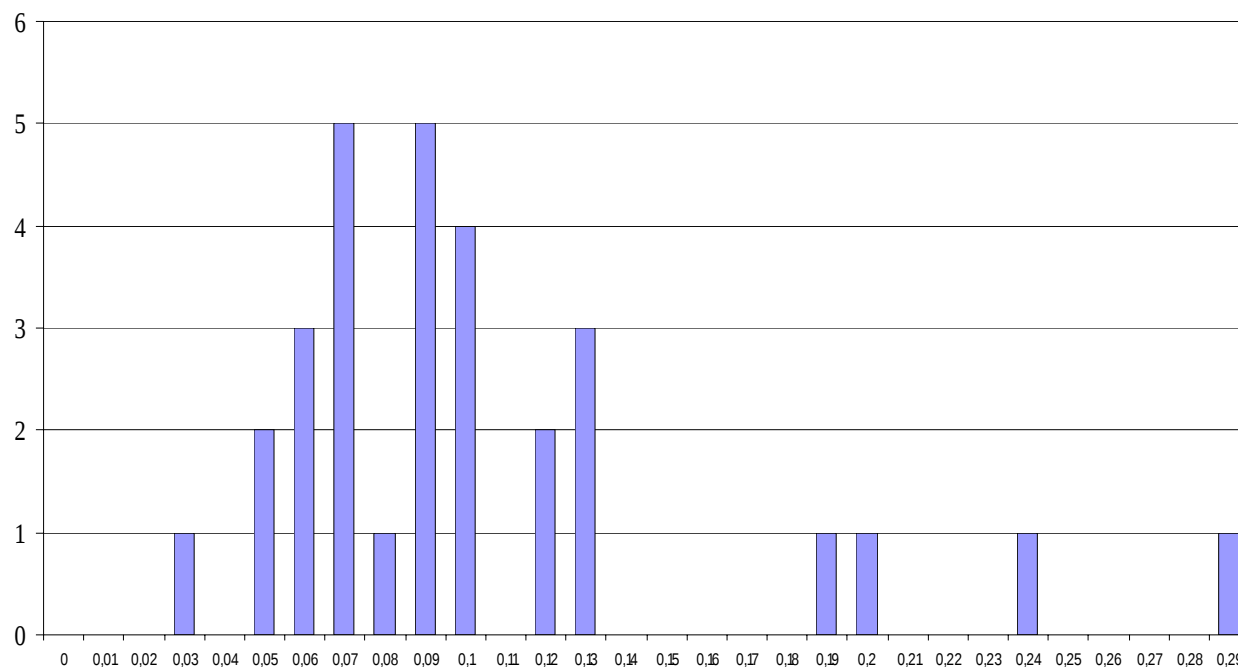


KUUMAMALLIKOKEET

Polttokokeita tehtiin eri ilmanjakosuhteita (primääri/sekundääri) käyttäen, sekä puiden sytytys- ja ladontatapaa vaihdellen. Kokeista saatiin allaoleva jakauma.

Tietyn CO-pitoisuuden
antaneiden kokeiden määrä

Polttokokeet



6 putkea, 2 kpl 16 mm reikää/putki, Kavennettu tulipesä,
CO:n keskiarvo **0.0810** %, 10 koetta eri ladonta tavoilla
sekä puiden väleissä olevilla tikuilla

6 putkea, 3 kpl 16 mm reikää/putki, Normaali
tulipesä, CO:n keskiarvo **0.0867** %, 9 koetta
hiukan eri puiden ladontatavoilla



KUUMAMALLIKOKEET

Kuvia liekin rakenteesta pientulisijassa eri tapauksissa/tilanteissa

1. Sytykkeiden avulla palamisen eteneminen päältä sytyttäessä



KUUMAMALLIKOKEET

Kuvia liekin rakenteesta pientulisijassa eri tapauksissa/tilanteissa

2. Puutikut puiden väleissä palamisen edistäjänä (ladontatavan vaikutus)



KUUMAMALLIKOKEET

Kuvia liekin rakenteesta pientulisijassa eri tapauksissa/tilanteissa

3. Sekundääri-ilman hallitsema palovyöhyke panoksen yläpuolella



JOHTOPÄÄTÖKSET

1. Sekundääri-ilman käyttö pienentää CO-päästöt n. 1/3-osaan alkuperäisestä
2. Sekundääri-ilman esilämmitys edistää huomattavasti CO:n palamista etenkin hiillosvaiheessa
3. "Optimaalisin" primääri/sekundääri-ilmasuhde on n. 1:2 tässä tulisijassa
4. Puiden ladontatavalla on merkitystä CO-päästöihin. Isot alla, pienet päällä sytykkeiden kanssa
5. Puiden oltava riittävän kuivia, jotta päältä sytyttäminen onnistuu helpommin
6. Palamisen aikana puiden romahtaminen seinämille estettävä

