



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

PALOLABORATORIO  
TUTKIMUSSELOSTUS NRO PALO 2404/2015

## **PALOTURVALLINEN YLÄPOHJAN LISÄLÄMMÖNERISTYS METALLISAVUPIIPUN YMPÄRILLÄ**



**26.11.2015**



**Tutkimusselostus nro PALO 2404/2015**

31 sivua

**Rahoittajat**

Palosuojelurahasto  
Finanssialan Keskusliitto  
Hormex Oy  
Paroc Oy Ab  
Finnfoam Oy  
Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy  
Härmä Air Oy

**Tutkijat**

Perttu Leppänen, dipl.ins.  
Mika Alanen, tekn. yo.  
Sami Lamminen, tekn. yo.  
Timo Inha, tekn. lis.

Tampereen teknillinen yliopisto  
Rakennustekniikan laitos  
Palolaboratorio  
PL 600  
33101 Tampere

Puhelin (03) 311 511

**Tutkimuksen jakelu**

Palosuojelurahasto  
TTY / Rakennustekniikan laitos / Palolaboratorion arkisto

Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



## Alkusanat

Useiden metallisten kevythormien läpivienneistä syttyneiden tulipalojen vuoksi TTY:llä suoritettiin 2010-2011 tutkimus metallisten kevythormien paloturvallisuus. Tutkimuksesta on julkaistu tutkimusraportti *nro PALO 1950/2011 Metallisten kevythormien paloturvallisuus*. Tutkimuksen yhtenä johtopäätöksenä olivat erityisesti saunan kiukaiden tuottamat kuumat savukaasut.

TTY:llä suoritettiin 2011-2012 tutkimus tulisijojen ja kevythormien paloturvallisuus. Tutkimus oli jatkoa tutkimukselle metallisten kevythormien paloturvallisuus. Tutkimuksesta on julkaistu tutkimusraportit *nro PALO 2114/2012 Tulisijojen savukaasujen lämpötilat, NO. PALO 2133/2012 Flue gas temperatures of fireplaces* ja *nro PALO 2115/2012 Tulisijojen ja kevythormien paloturvallisuus*. Tutkimuksen johtopäätöksenä oli, ettei tulisijan CE-merkinnässä olevaa savukaasujen lämpötilaa voida käyttää turvallisesti savupiipun mitoittamiseen.

Vuonna 2013 TTY:llä aloitettiin tutkimus Tulisijojen ja kevythormien yhteistoiminta ja paloturvallisuus todellisissa käyttöolosuhteissa. Tutkimus on jaettu kahteen vaiheeseen. Tutkimuksen ensimmäisestä vaiheesta on julkaistu tutkimusraportti *nro PALO 2339/2014 Tulisijojen savukaasujen lämpötilat todellisissa olosuhteissa*. Toisessa vaiheessa tavoitteena oli kehittää metallisille kevythormeille turvallinen läpivientirakenne ja ohjeet miten suoritetaan yläpohjan lisälämmöneristys niin, ettei metallinen kevythormi aiheuta paloriskiä.

Tässä raportissa esitetään kokeet paloturvallisesta yläpohjan lisäeristämisestä metallisavupiipun ympärillä. Tutkimuksesta julkaistaan myös rinnakkainen tutkimusraportti *nro PALO 2405/2015 Metallisavupiippujen paloturvallinen käyttö EPS-/PIR-yläpohjissa*.

Projektin johtoryhmään ovat kuuluneet Seppo Pekurinen / Raimo Lehto (Finanssialan Keskusliitto), Hannu Olamo (Sisäasiainministeriö), Matti J. Virtanen (Ympäristöministeriö), Juhani Jyrkiäinen (TSY/NKL), Jarmo Majamaa (SPEK), Jouni Sorvari (Finanssialan Keskusliitto), Timo Pulkki (RTT), Carl-Gustav Petterson (Ventia Oy), Arto Heinonen / Henri Turunen (Hormex Oy), Juha Mielikäinen (Paroc Oy Ab), Matti Reijonen (Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy), Jouni Eronen (Finnfoam Oy) ja Jari Hautala (Härmä Air Oy).

Kiitokset johtoryhmälle aktiivisesta osallistumisesta tutkimukseen.



# **Paloturvallinen yläpohjan lisälämmöneristys metallisavupiipun ympärillä**

## **SISÄLLYSLUETTELO**

|          |                                                                     |           |
|----------|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Johdanto .....</b>                                               | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>Lisälämmöneristyskokeet .....</b>                                | <b>4</b>  |
| 2.1      | Koemenetelmät .....                                                 | 4         |
| 2.2      | Yläpohjan läpiviennille suoritettut kokeet .....                    | 5         |
| 2.3      | Kokeiden tulokset .....                                             | 7         |
| <b>3</b> | <b>Johtopäätökset .....</b>                                         | <b>7</b>  |
|          | <b>Liite 1: Lisälämmöneristämiskokeiden koejärjestelyt .....</b>    | <b>9</b>  |
|          | <b>Liite 2: Mittapisteiden sijainnit kokeissa .....</b>             | <b>15</b> |
|          | <b>Liite 3: Lisälämmöneristämiskokeiden lämpötilakuvaajat .....</b> | <b>22</b> |



# Paloturvallinen yläpohjan lisälämmöneristys metallisavupiipun ympärillä

## 1 JOHDANTO

Yläpohjien lisälämmöneristäminen on kasvattanut suosiotaan vuosi vuodelta. Yläpohjan lisäeristämällä rakennusten energiatalous paranee, sillä vanhoissa rakennuksissa lämpöhäviöistä jopa 20 % tapahtuu yläpohjan kautta. Kasvaneet eristepaksuudet voivat kuitenkin vaarantaa rakennuksen paloturvallisuuden, jos lisäeristystä suoritettaessa ei oteta savupiippujen erityisvaatimuksia huomioon. Etenkin metalliset kevythormit eli teräs-savupiiput tulee ottaa huomioon lisäeristystä tehdessä. Yläpohjissa kytevät palot ovat usein erityisen vaarallisia, sillä palo voi kyteä pitkiäkin aikoja eristeissä ennen kuin se huomataan.

Tampereen teknillisellä yliopistolla (TTY) on tutkittu metallisten savupiippujen paloturvallisuutta. Tutkimuksessa havaittiin, että lämpö kertyy läpivientiin. Mitä korkeampi eristekerros on, sitä korkeampi lämpötila läpivientin keskellä on.

Kun savupiipun ympärillä olevaa eristekorkeutta kasvatetaan, nostaa se samalla lämpötilaa läpivientirakenteessa. Tästä voi olla seurauksena tulipalo. Lisäksi lisäeristyksessä on riskinä, että syttymisherkkää eristettä joutuu savupiipun kylkeen, josta aiheutuu suuri paloriski.

## 2 LISÄLÄMMÖNERISTYSKOKEET

Viisiosaisessa koesarjassa etsittiin paloturvallista ratkaisua yläpohjan lisälämmöneristämisen suorittamiseen metallisen savupiipun ympärillä. Saatuihin tutkimustuloksiin pohjautuen tehdään myös kuvallinen ohje lisälämmöneristämisestä.

### 2.1 Koemenetelmät

Metallisille savupiipuille suoritetuissa kokeissa on sovellettu testausstandardia EN 1859, jonka koejärjestely on esitetty liitteessä 1. Samassa liitteessä on esitetty myös lisälämmöneristyskokeiden koejärjestelyt. Savupiippuna kokeissa käytettiin metallista savupiippua jonka sisähalkaisija oli 200 mm. Eristeenä metallipiipussa oli 65 mm kerros kivivillaa.

Kyseisessä standardissa savupiippu on asennettu testinurkkaukseen, jolloin savupiipun paloeristeen kahdella sivulla on yläpohjan eriste ja kahdella sivulla puuseinä. Lämpötilat eivät nouse savupiipun ympärillä läpivientissä puun pinnalla niin korkeiksi kuin eristeen puolella. Tässä tutkimuksessa savupiippu on asennettu keskelle yläpohjaa, jolloin joka sivulla on yläpohjan eriste paloeristeen pinnalla. Tutkimuksessa mitattiin lämpötiloja suojaetäisyyden päästä useasta eri kohtaa. Liitteessä 2 on esitetty sekä standardin mukaiset että kokeissa käytetyt lämpötilan mittapisteet.

Käytetty yläpohjan eriste eroaa testausstandardin eristeestä. Standardin EN 1859 mukainen eriste on 200 mm korkea kerros kivivillaa, jonka tiheys on 70 kg/m<sup>3</sup>. Lisäeristyskokeissa käytettiin eristepaksuutena 200 mm ja

600 mm, ja eristeenä kivivillaa sekä selluvillaa, joiden tiheydet ovat noin  $30 \text{ kg/m}^3$ .

Lisäksi yläpohjan ja savupiipun vaakaputken etäisyys on lisäeristysko-keissa pienempi kuin standardin mukaisessa testauksessa. Standardissa EN 1859 vaakaputken keskikohdan etäisyys yläpohjan alareunasta on 1400 mm, ja suoritetuissa lisäeristyskokeissa 835 mm.

Savukaasujen lämpötilan mittauspisteiden sijainnit eroavat standardinmu-kaisestä mittaustavasta. Lisäeristyskokeissa savukaasujen lämpötilaa mi-tattiin neljästä eri kohdasta. Standardin mukaan lämpötilaa mitataan vain vaakaputkesta. Vaakaputken savukaasujen lämpötilan mittaamisen lisäk-si savukaasujen lämpötilaa mitattiin pystyputkesta ennen ja jälkeen ylä-pohjan läpiviennin. Suoritetuissa kokeissa vaakaputken savukaasujen lämpötila-anturit sijaitsivat 100 mm lähempänä nestekaasupoltinta kuin standardinmukainen minimietäisyys on.

## 2.2 Yläpohjan läpiviennille suoritettut kokeet

Jokaisen kokeen koejärjestely on esitetty liitteessä 1 ja lämpötilan mitta-pisteiden sijainnit liitteessä 2.

Ensimmäinen koe (kuva 1) suoritettiin rakenteelle, joka vastasi yläpohja-rakennetta jossa on 200 mm eristepaksuus. Paloeristeenä ja yläpohjan eristeenä käytettiin kivivillaa. Suojaetäisyys ensimmäisessä kokeessa oli 100 mm. Kuvassa 1 on esitetty kokeessa 1 käytetty savupiipun yläpohjan läpivienti.

Toinen koe suoritettiin alkuperäisen rakenteen lisäeristämisen jälkeen. Paloeristeen paksuus savupiipun ympärillä kasvatettiin kivivillalla 120 mm:iin, ja sen ympärille lisättiin ohuesta metallilevystä tehty lieriö. Rakenne lisäeristettiin puhallusselluvillalla, jonka jälkeen rakenteen eris-tepaksuus oli 600 mm. Metallilieriö jätti savupiipun ympärille 120 mm le-veän tuulettuvan ilmavälin ja esti puhallusvillan kontaktin savupiipun kyl-keen. Suojaetäisyys rakenteella oli 120 mm. Kuvassa 2 on esitetty savu-piipun yläpohjan läpivienti lisäeristuksen jälkeen.



**Kuvat 1 ja 2:** Vasemmalla Koe 1 (eristepaksuus 200 mm). Oikealla lisä-eristetty läpivienti avoimella metallilieriöllä.

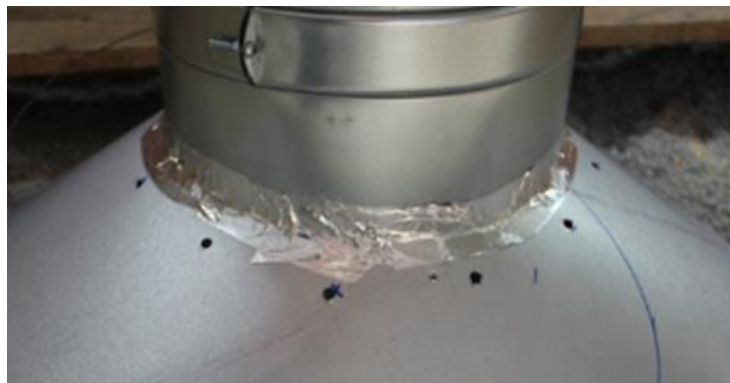
Kolmanteen kokeeseen edellisen kokeen avoin tuulettuva ilmaväli savupiipun ympärillä suljettiin tiiviisti. Lieriön päälle kiinnitettiin metallinen kansi joka tiivistettiin alumiiniteipillä. Alumiiniteippiä käytettiin, että saataisiin esitettyä jäähdyttävä ilmankierto täysin. Todellisissa rakenteissa savupiipun ulkopintaan ei saa kiinnittää palavia teippejä. Koejärjestely on esitetty kuvassa 3. Rakenteen eristepaksuus oli sama kuin edellisessä kokeessa eli 600 mm ja suojaetäisyys 120 mm.

Neljäs koe suoritettiin osittain tuulettuvalle läpivientirakenteelle. Edellisen kokeen metallikansi poistettiin ja korvattiin osittain tuulettuvalla kauluksella. Metallinen kaulus asennettiin metallilieriön reunaan kiinnitettyjen kulmarautojen päälle ja tiivistettiin yläreunastaan savupiipun kylkeen. Kauluksen ja lieriön väliin jäi tuulettuva väli. Rakenteen eristepaksuus oli 600 mm ja suojaetäisyys 120 mm. Kuvassa 4 on esitetty neljännen kokeen koejärjestely.



**Kuvat 3 ja 4:** Vasemmalla kokeen 3 tiiviisti suljettu kansirakenne. Oikealla kokeen 4 osittain tuulettuvalla kauluksella suljettu rakenne.

Viides koe suoritettiin muuten neljättä koetta vastaavalle rakenteelle, mutta nyt kauluksen yläreunaan oli porattu reikiä parantamaan tuulettuvuutta. Reikiä oli 100 mm välein 30 mm päässä savupiipun kyljestä, ja niiden halkaisija oli 8 mm. Rakenteen eristepaksuus oli 600 mm ja suojaetäisyys 120 mm. Kokeen 5 koejärjestely on esitetty kuvassa 5.



**Kuva 5.** Kokeen 5 rei'itetty kaulus.



## 2.3 Kokeiden tulokset

Jokaisessa kokeessa savukaasujen lämpötila pidettiin mahdollisimman tasaisesti 700 °C. Kokeissa 2 ja 4 savukaasujen lämpötila putosi hetkellisesti kaasupullon vaihtamisen vuoksi. Vaakaputkesta savukaasujen lämpötilat on mitattu kahdella lämpötila-anturilla ja pystyputkesta kahdella lämpötila-anturilla. Saaduista arvoista on laskettu savukaasujen lämpötilojen keskiarvot lämmitysajalta. Koe katsottiin alkaneeksi, kun savukaasujen lämpötila saavutti lämpötilan 700 °C. Koe lopetettiin kun lämpötilat suojaetäisyyden päässä alkoivat tasaantua. Taulukossa 1 on esitetty savukaasujen keskilämpötilat kokeissa. Lämpörasitus läpivientiin oli suoriteuissa kokeissa hieman suurempi kuin standardin mukaisessa lämpötilaluokkakokeessa, koska vaakaputken ja läpiviennin etäisyys oli pienempi (savukaasujen lämpötila läpiviennissä oli korkeampi).

**Taulukko 1** Savukaasujen lämpötilojen keskiarvot kokeissa.

|       | Vaakaputki [°C] | Läpivienti [°C] |
|-------|-----------------|-----------------|
| Koe 1 | 698             | 640             |
| Koe 2 | 698             | 631             |
| Koe 3 | 697             | 660             |
| Koe 4 | 699             | 654             |
| Koe 5 | 700             | 656             |

Taulukossa 2 on esitetty kokeiden kestot, korkeimmat lämpötilat suojaetäisyyden päässä ja korkeimman lämpötilan ajanhetki. Kokeiden lämpötilakuvaajat on esitetty liitteessä 3. Kokeessa 1 suojaetäisyys oli 100 mm ja muissa kokeissa 120 mm. Kokeissa 2 ja 4 kaasupullo vaihdettiin. Tällöin savukaasujen lämpötilat olivat noin 4 minuutin ajan alle 700 °C.

**Taulukko 2** Kokeiden kestot ja korkeimmat lämpötilat.

|       | Kokeen kesto [min] | Korkeimman lämpötilan ajanhetki [min] | Korkein lämpötila [°C] (mittapiste) |
|-------|--------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Koe 1 | 320                | 279                                   | 95,4 (17)                           |
| Koe 2 | 340                | 371                                   | 42,4 (38)                           |
| Koe 3 | 340                | 356                                   | 102,8 (36)                          |
| Koe 4 | 350                | 368                                   | 86,6 (35)                           |
| Koe 5 | 350                | 370                                   | 85,0 (35)                           |

## 3 JOHTOPÄÄTÖKSET

Suoritettun koesarjan avulla tutkittiin yläpohjan lisäeristämisen vaikutusta metallisavupiipun läpiviennin paloturvallisuuteen. Koe 1 kuvasi rakennetta ennen lisäeristystä. Kokeessa yläpohjan eristekerroksen paksuus oli 200 mm. Tämän jälkeen rakennettiin uusi läpivientirakenne, jossa suojaetäisyyttä oli kasvatettu 20 mm kivivillakerroksella ja tämän ympärillä oli metallikaulus. Yläpohjan eristekerroksen paksuus oli 600 mm, mutta savupiipussa oli kiinni vain 200 mm korkea paloeriste. Koe 2 suoritettiin täysin avoimella rakenteella. Tällä rakenteella läpiviennin paloturvallisuus parani huomattavasti lisäeristämättömään rakenteeseen verrattuna.

Kokeissa 3-5 testattiin suljetumpia ratkaisuja, koska avoimen tilan täyttyminen palavalla materiaalilla muodostaa paloturvallisuusriskin läpivientirakenteessa. Kokeessa 3 testattiin täysin suljettu rakenne, jollaisella palo-

Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan





turvallisuus heikkeni verrattuna lisäeristämättömään rakenteeseen. Kokeessa 4 testattiin läpivientirakenne osittain tuulettuvalla kauluksella. Tällä rakenteella läpiviennin paloturvallisuus parani verrattuna lisäeristämättömään tapaukseen, mutta lämpötila ylitti silti rajalämpötilan 85 °C. Kokeessa 5 käytettiin samaa kaulusrakennetta kuin kokeessa 4, mutta rakenteen tuulettuvuutta oli lisätty poraamalla reikiä kaulukseen. Tällä rakenteella saavutettiin tavoitteeksi asetettu lämpötilaraja 85 °C.

Kokeet pätevät vain testatulle metallipiipulle ja läpivientirakenteille. Kokeiden tulosten perusteella laaditaan ohjeistus paloturvallisesta tavasta suorittaa lisälämmöneristys metallisavupiipun ympärillä. Ohjeessa otetaan huomioon erilaiset metallisavupiiput.

Tampere 26.11.2015

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO  
Rakennustekniikan laitos  
Palolaboratorio

Perttu Leppänen  
Tohtorikoulutettava

Mika Alanen  
Tutkimusapulainen

Timo Inha  
Projektipäällikkö

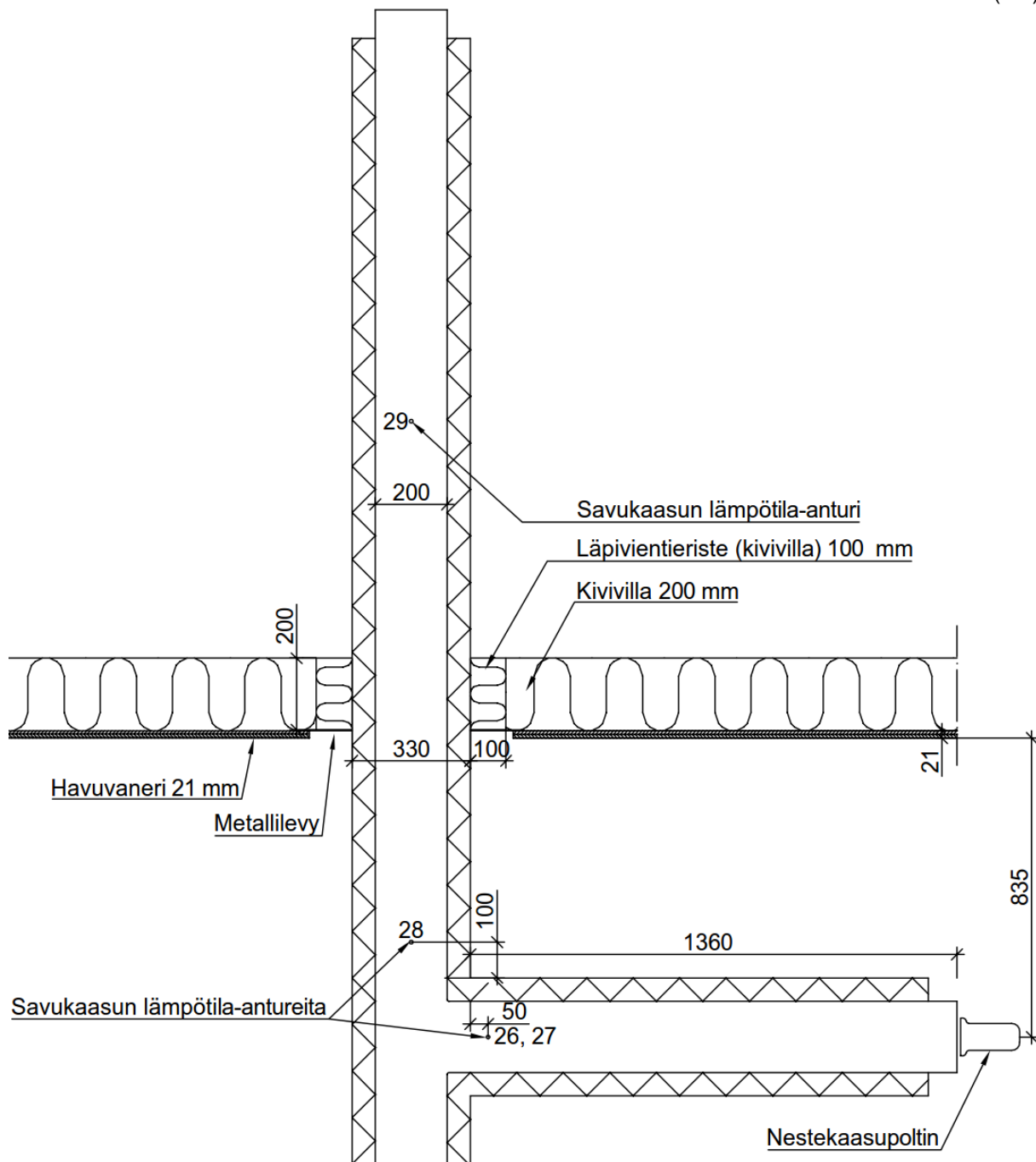
Matti Pentti  
Professori

Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



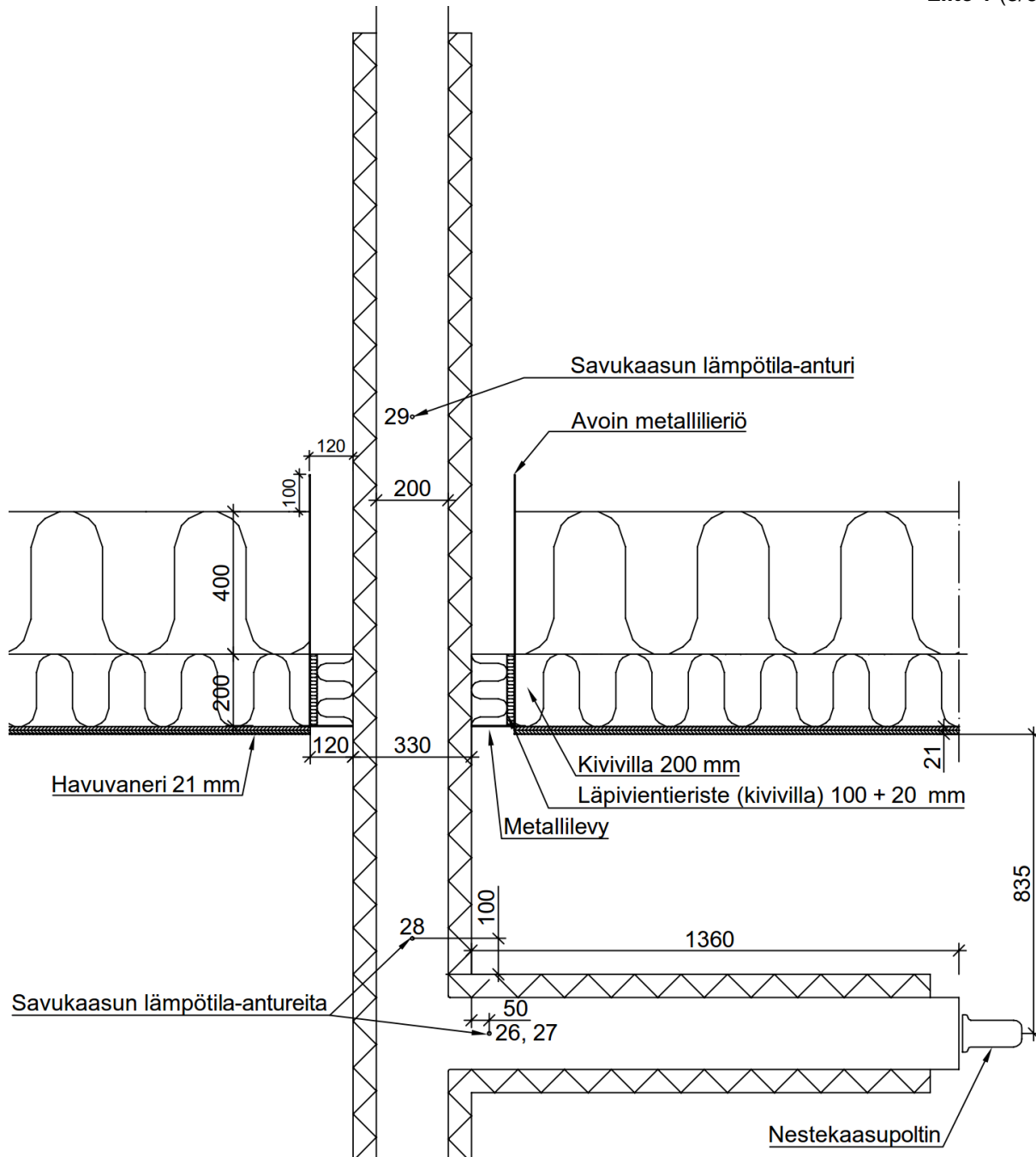


**Liite 1 (2/6)**



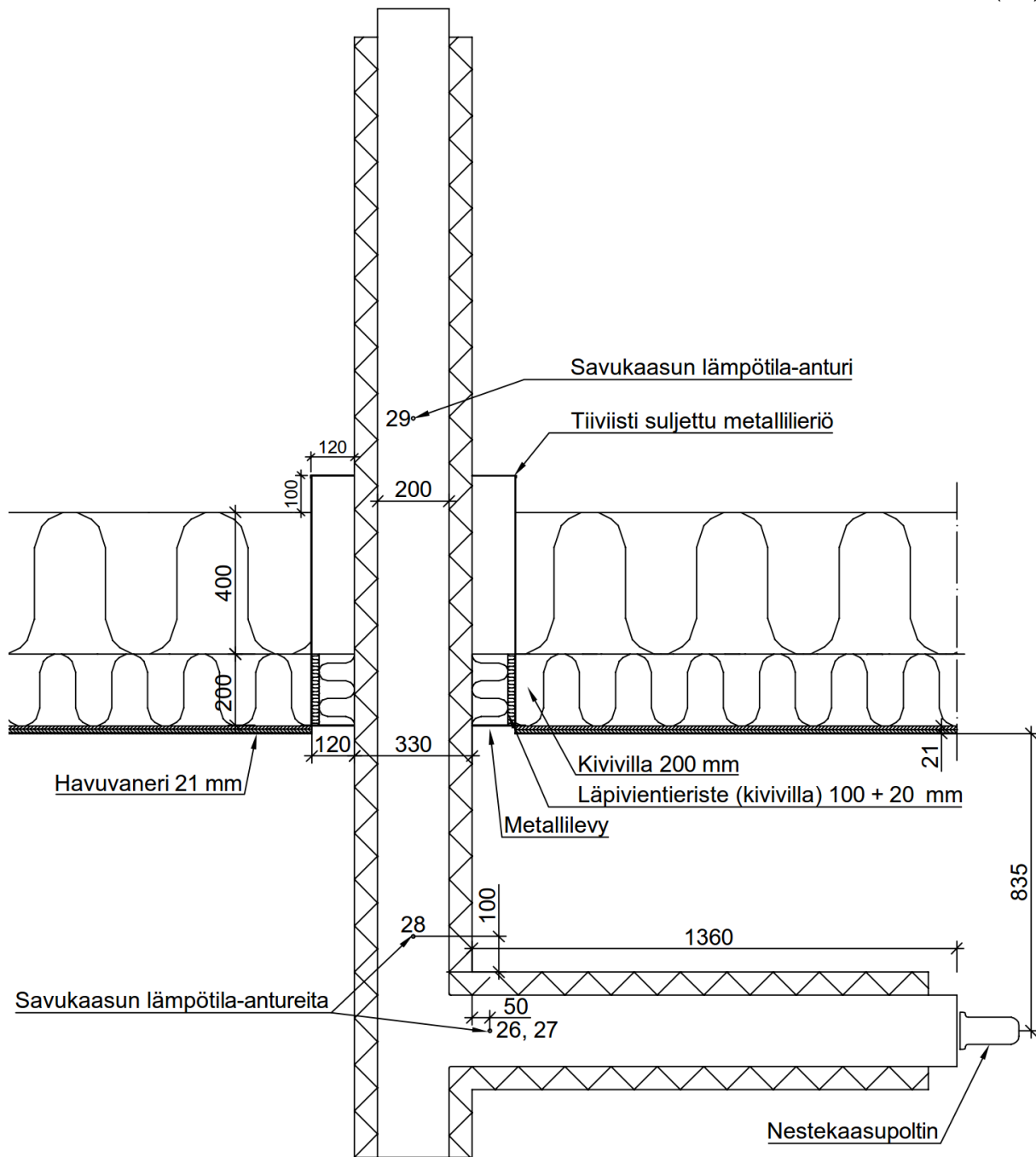
*Kokeen 1 koejärjestely.*

Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



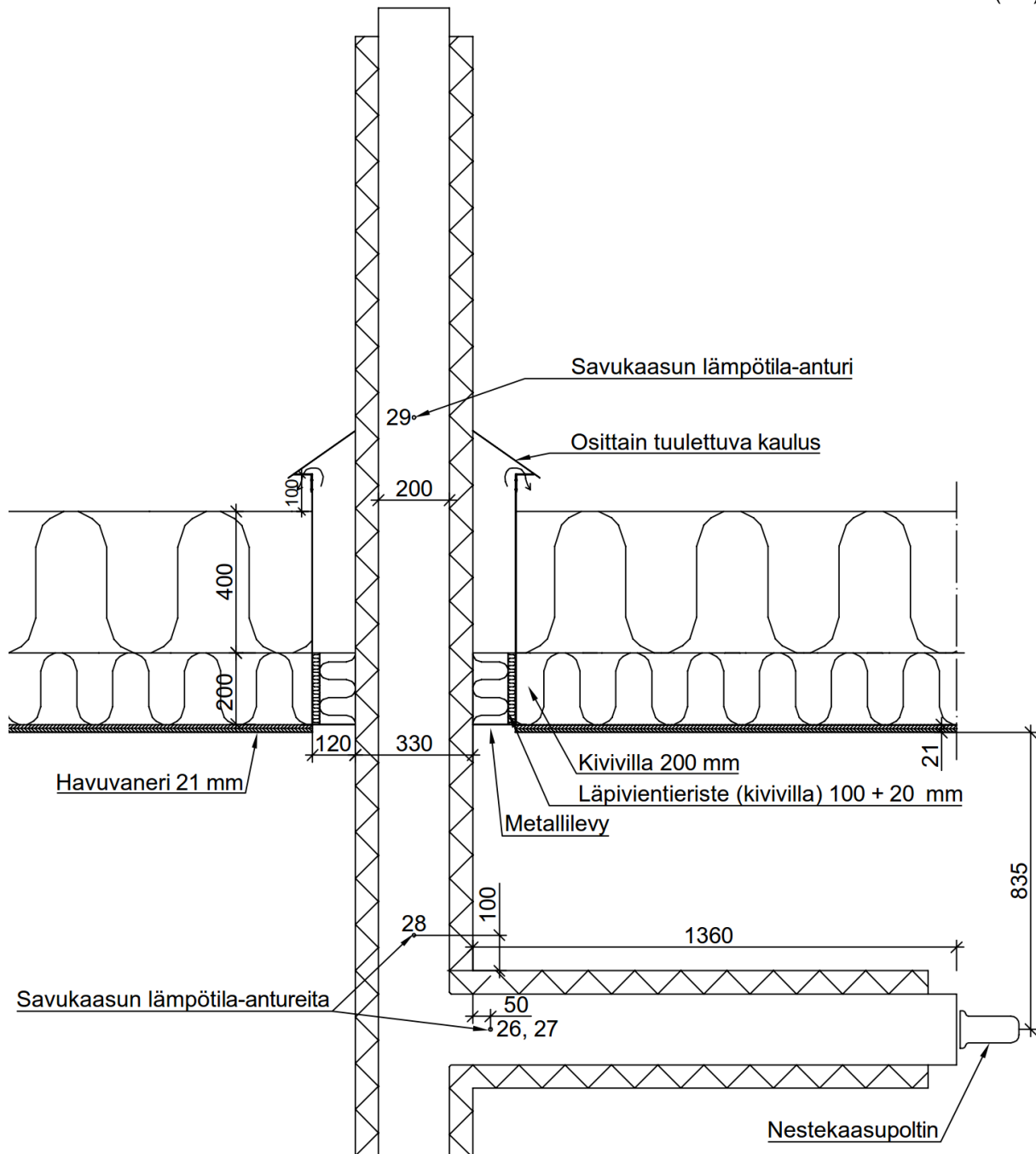
Kokeen 2 koejärjestely.

Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan

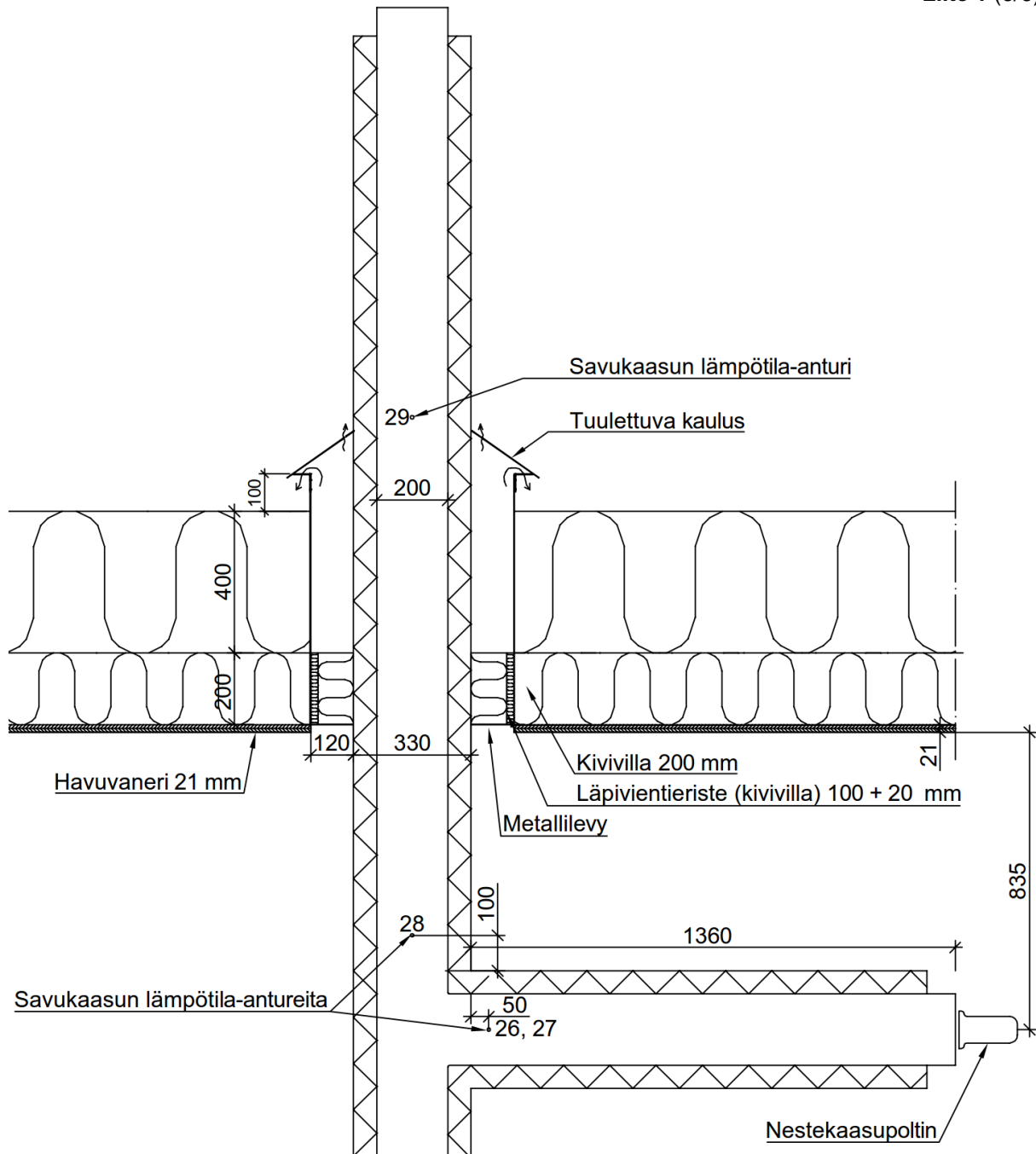


Kokeen 3 koejärjestely.

Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan

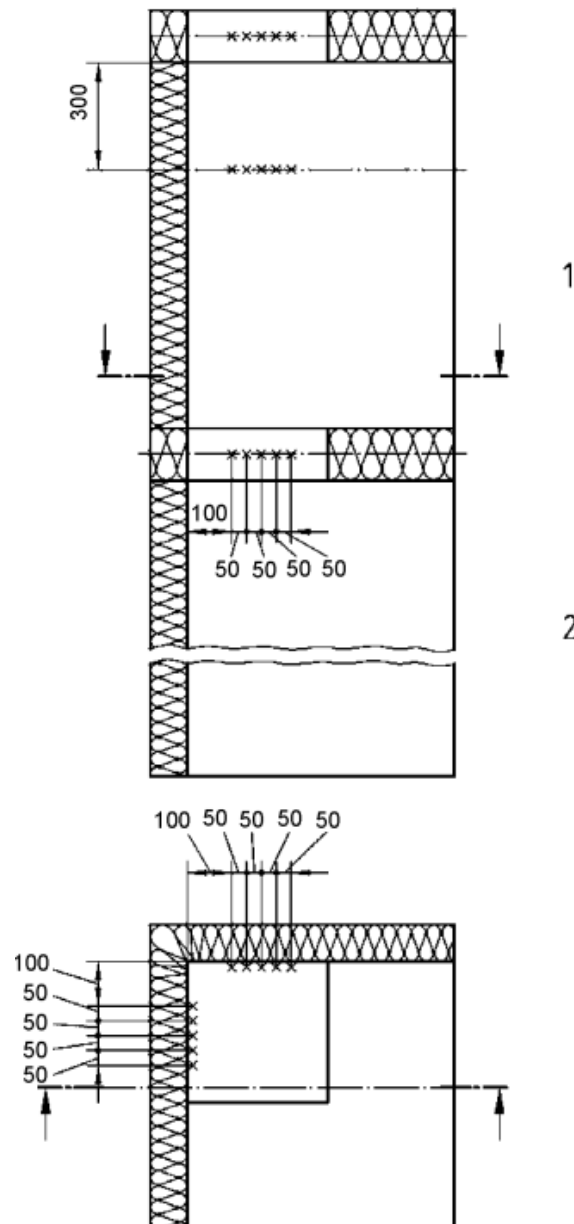


*Kokeen 4 koejärjestely.*



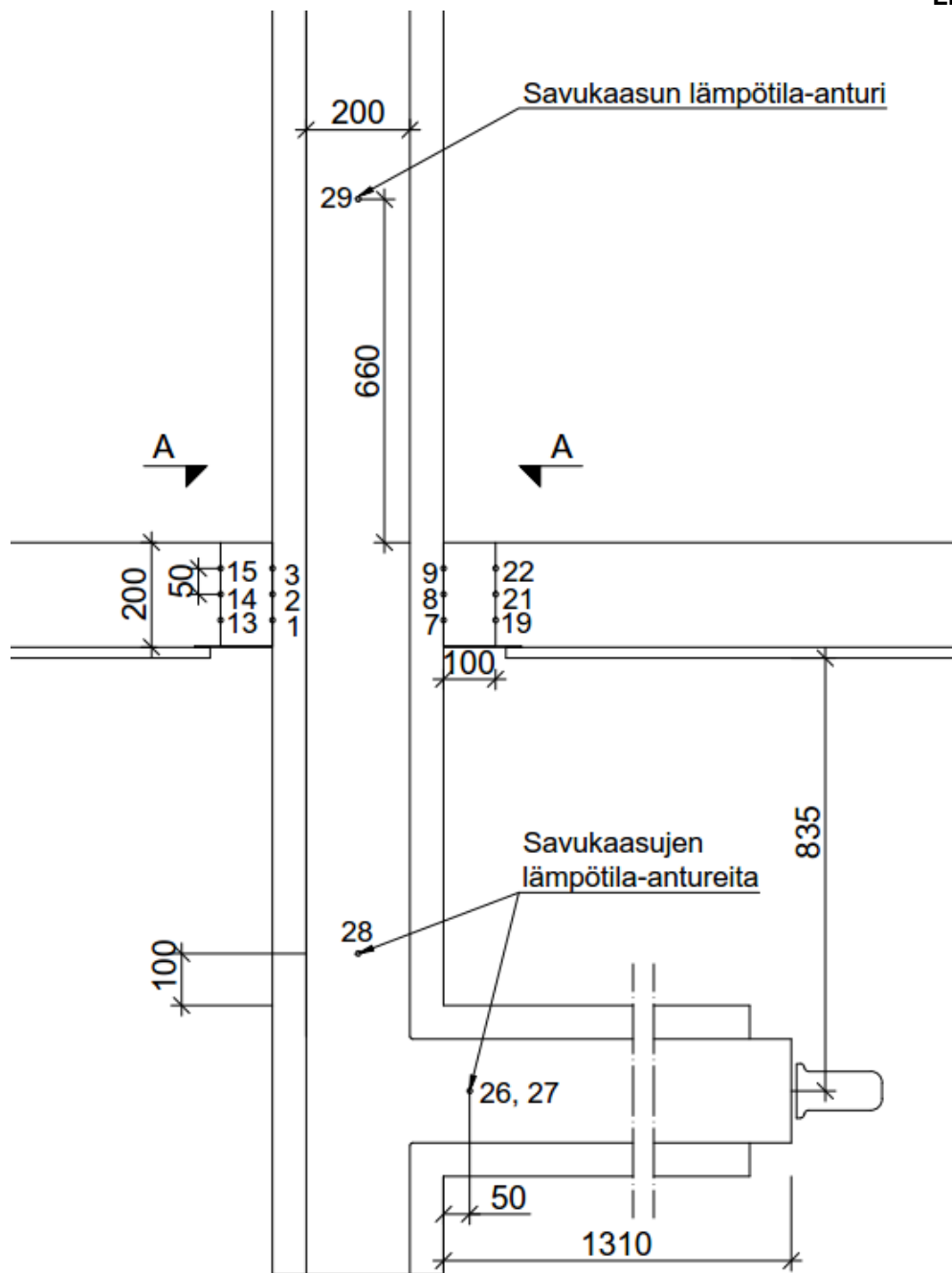
*Kokeen 5 koejärjestely.*

Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan

**Liite 2: Mittapisteiden sijainnit kokeissa**

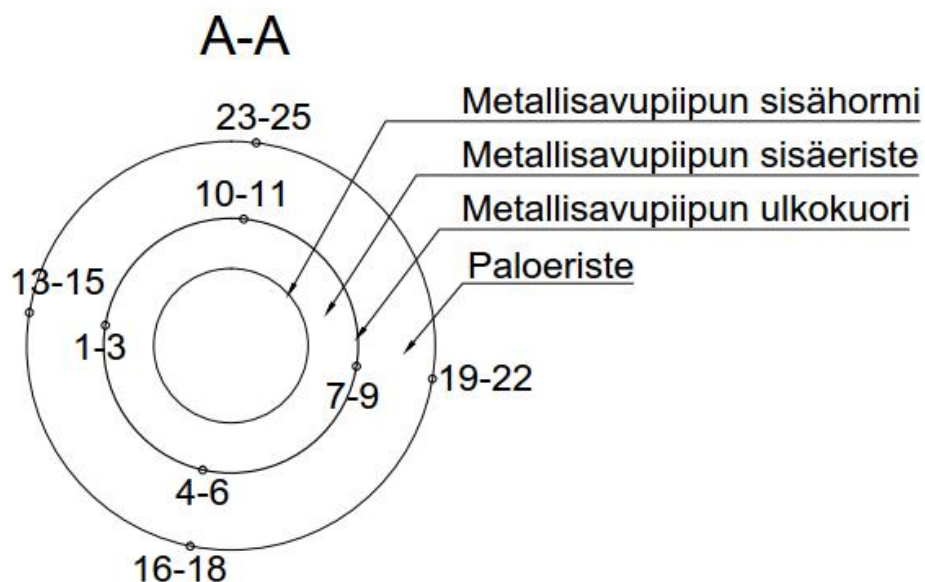
*Standardin EN-1859 mukaiset lämpötila-antureiden mittauspisteet.*



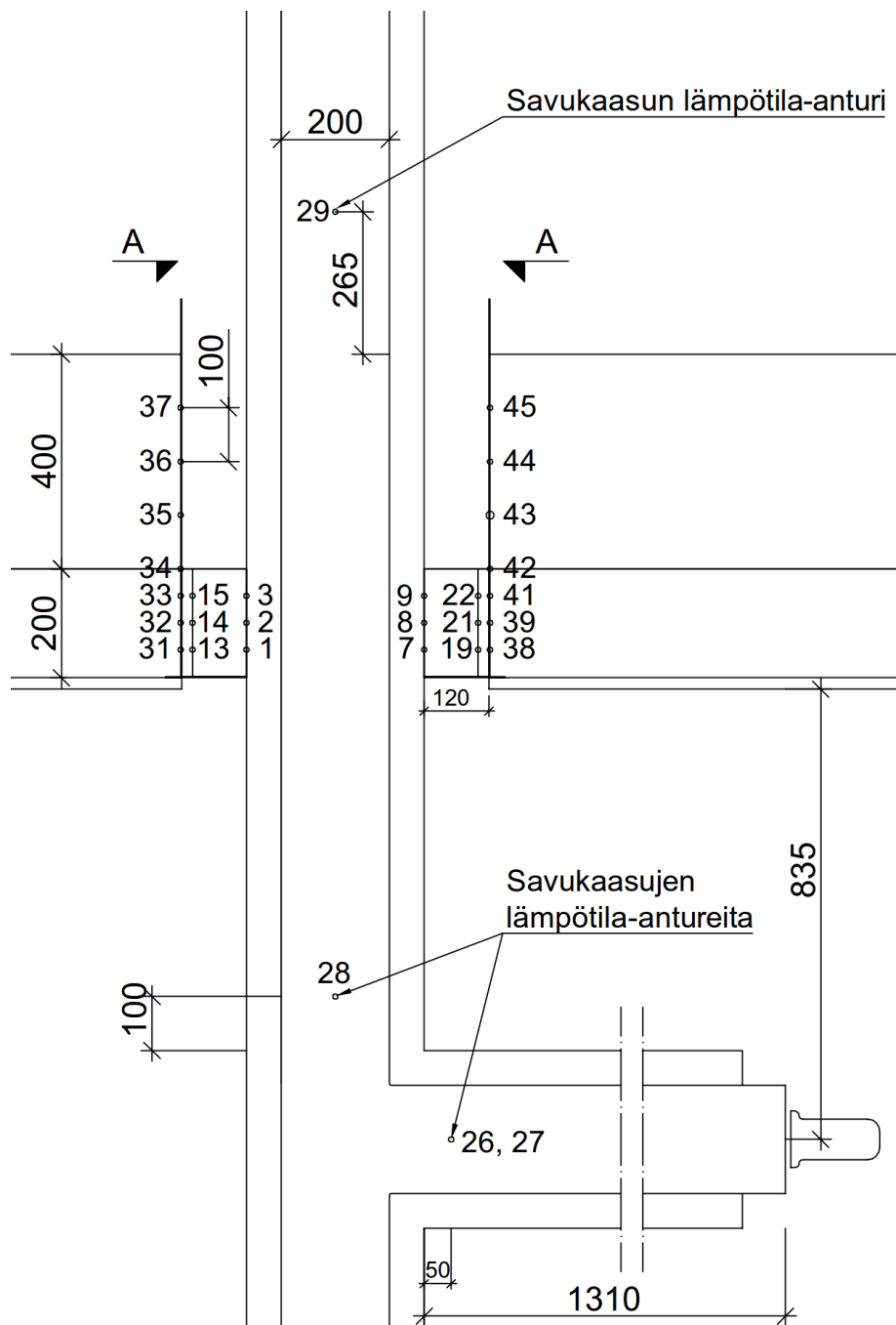
**Liite 2 (2/7)**

*Kokeen 1 mittapisteet 1/2.*

Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan

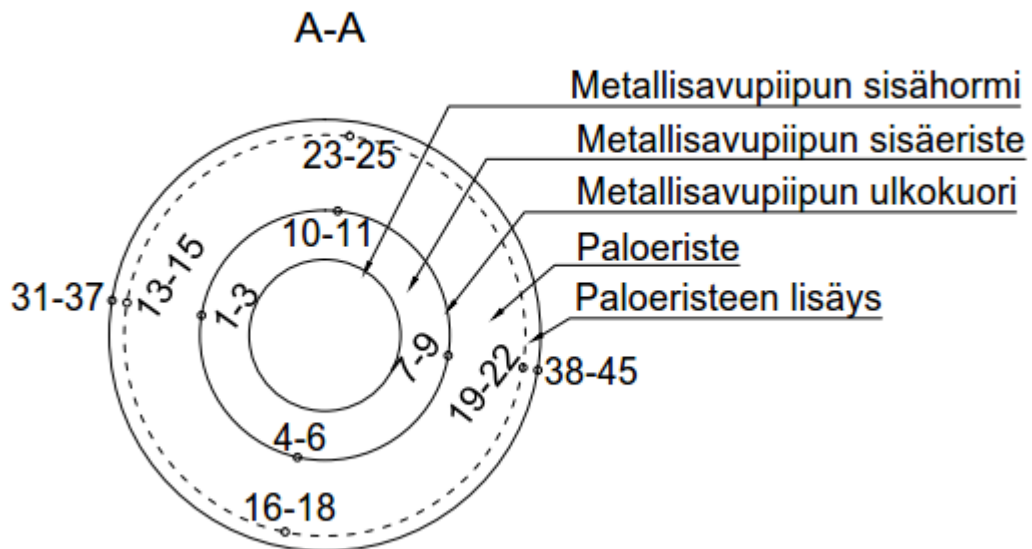


*Kokeen 1 mittapisteet 2/2, leikkaus A-A.*

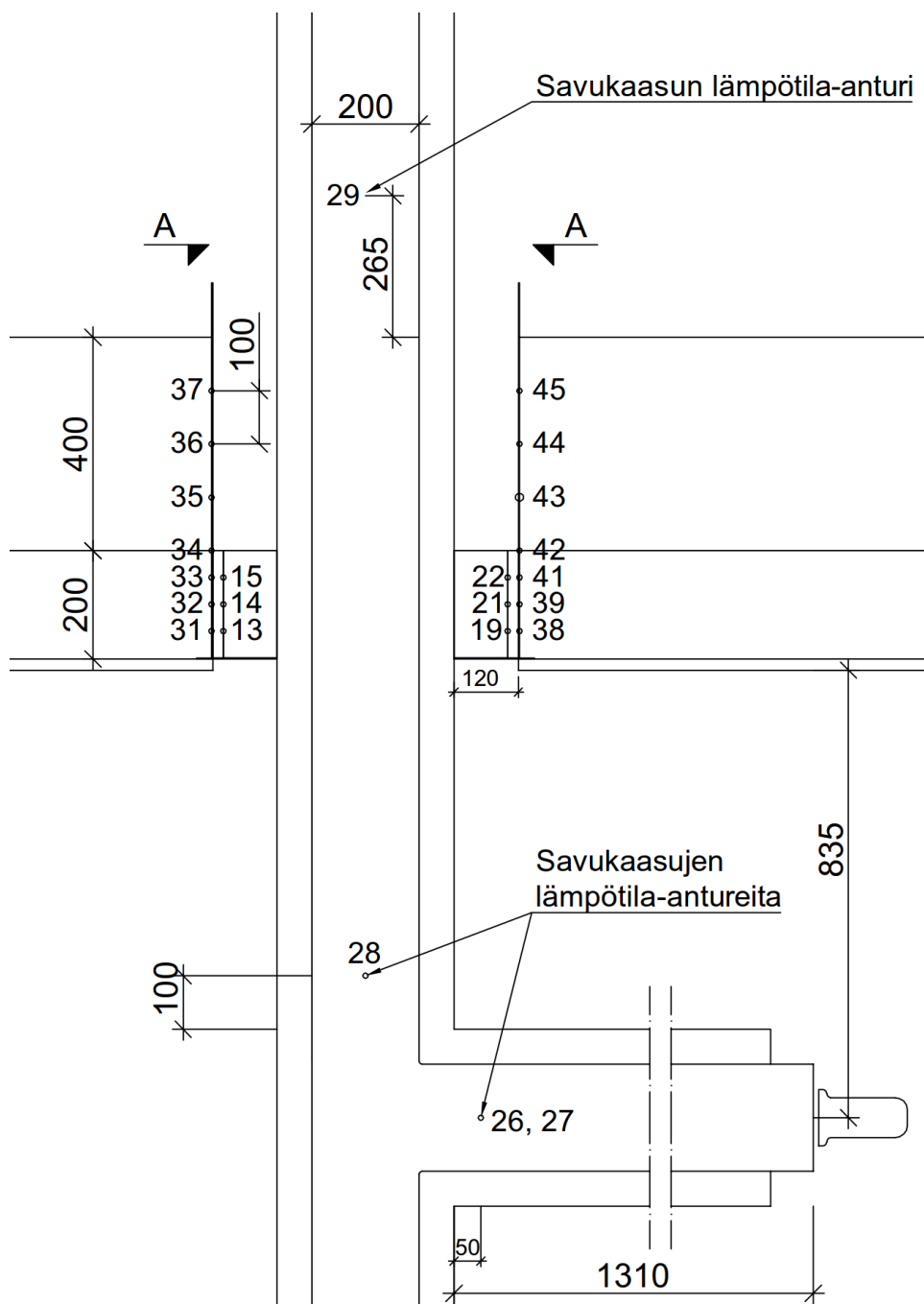


Kokeen 2 mittapisteet 1/2.

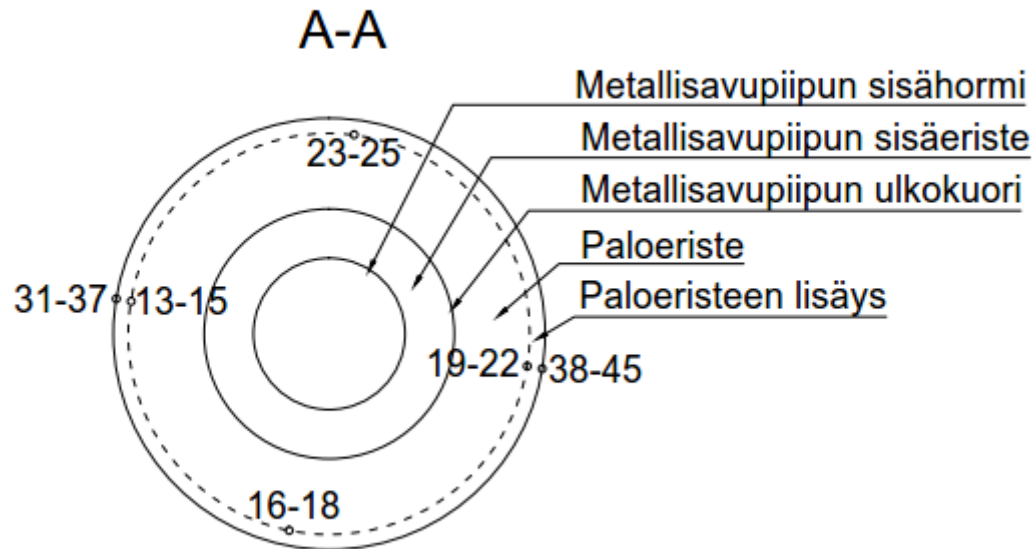
Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



*Kokeen 2 mittapisteet 2/2, leikkaus A-A.*



*Kokeiden 3-5 mittapisteet 1/2.*

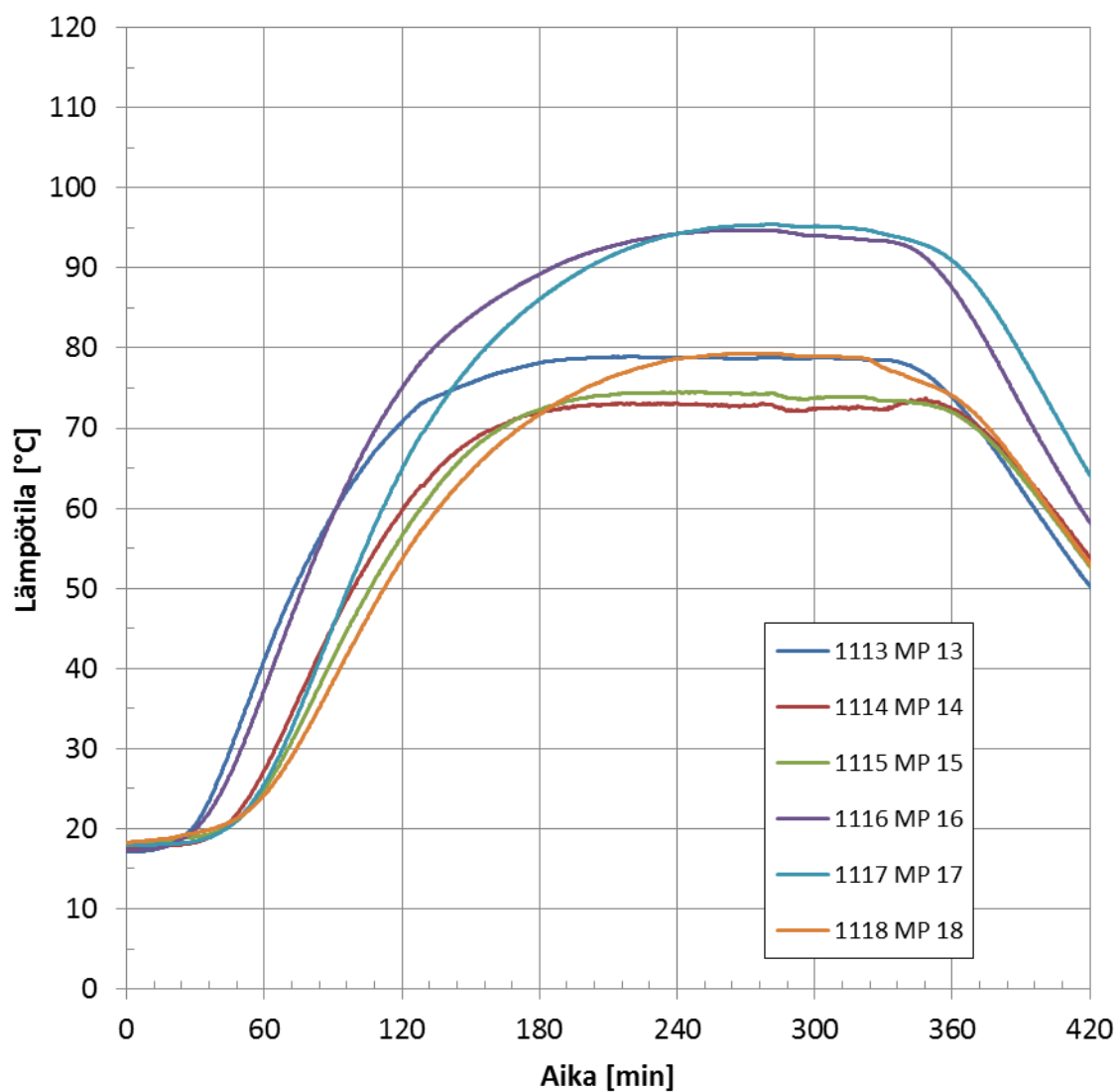


*Kokeiden 3-5 mittapisteet 2/2, leikkaus A-A.*



### Liite 3: Lisälämmöneristämiskokeiden lämpötilakuvaajat

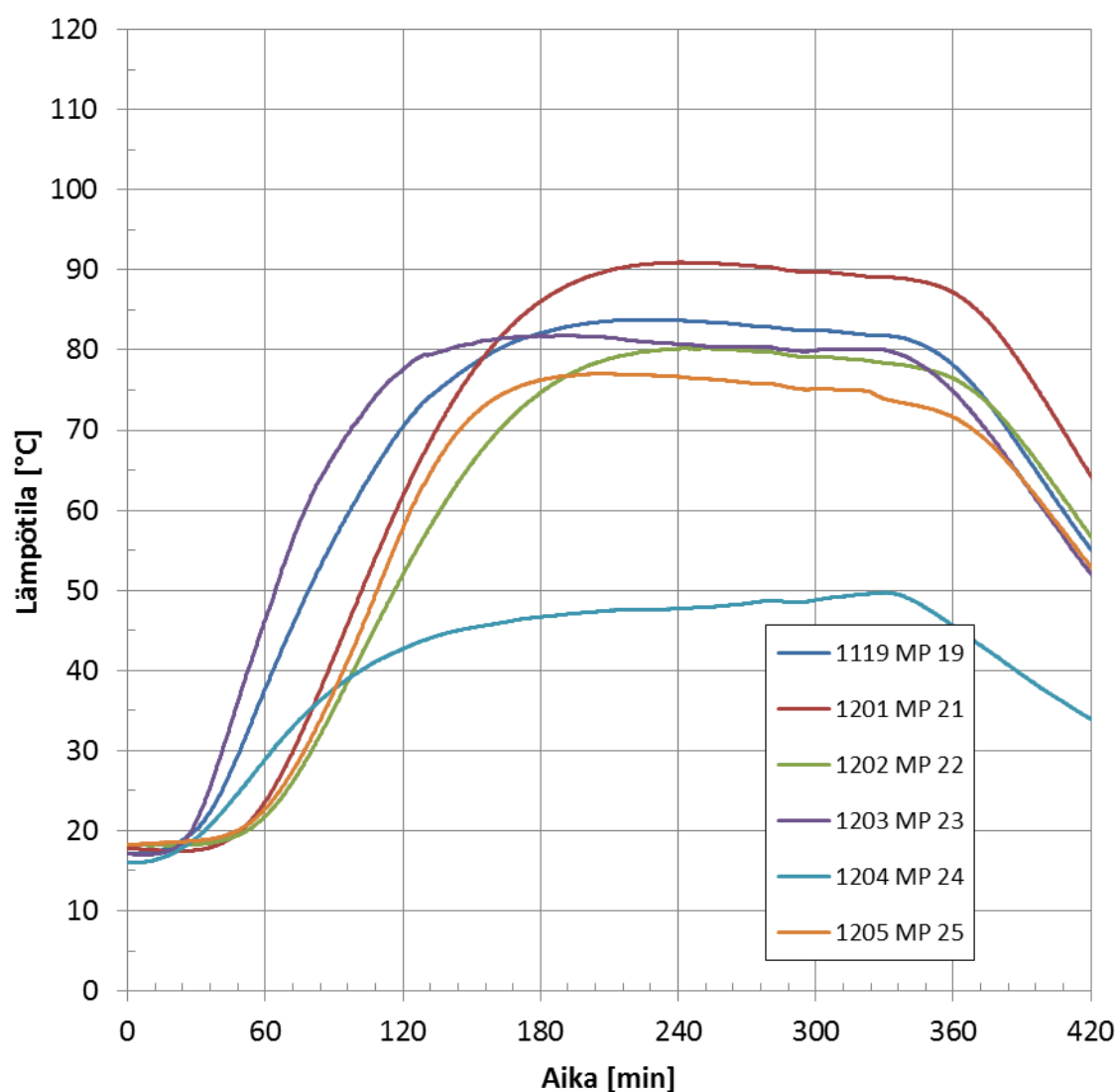
#### Kokeen 1 lämpötilat suojaetäisyyden 100 mm päässä, mittapisteet 13–18



Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



## Kokeen 1 lämpötilat suojaetäisyyden 100 mm päässä, mittapisteet 19–25

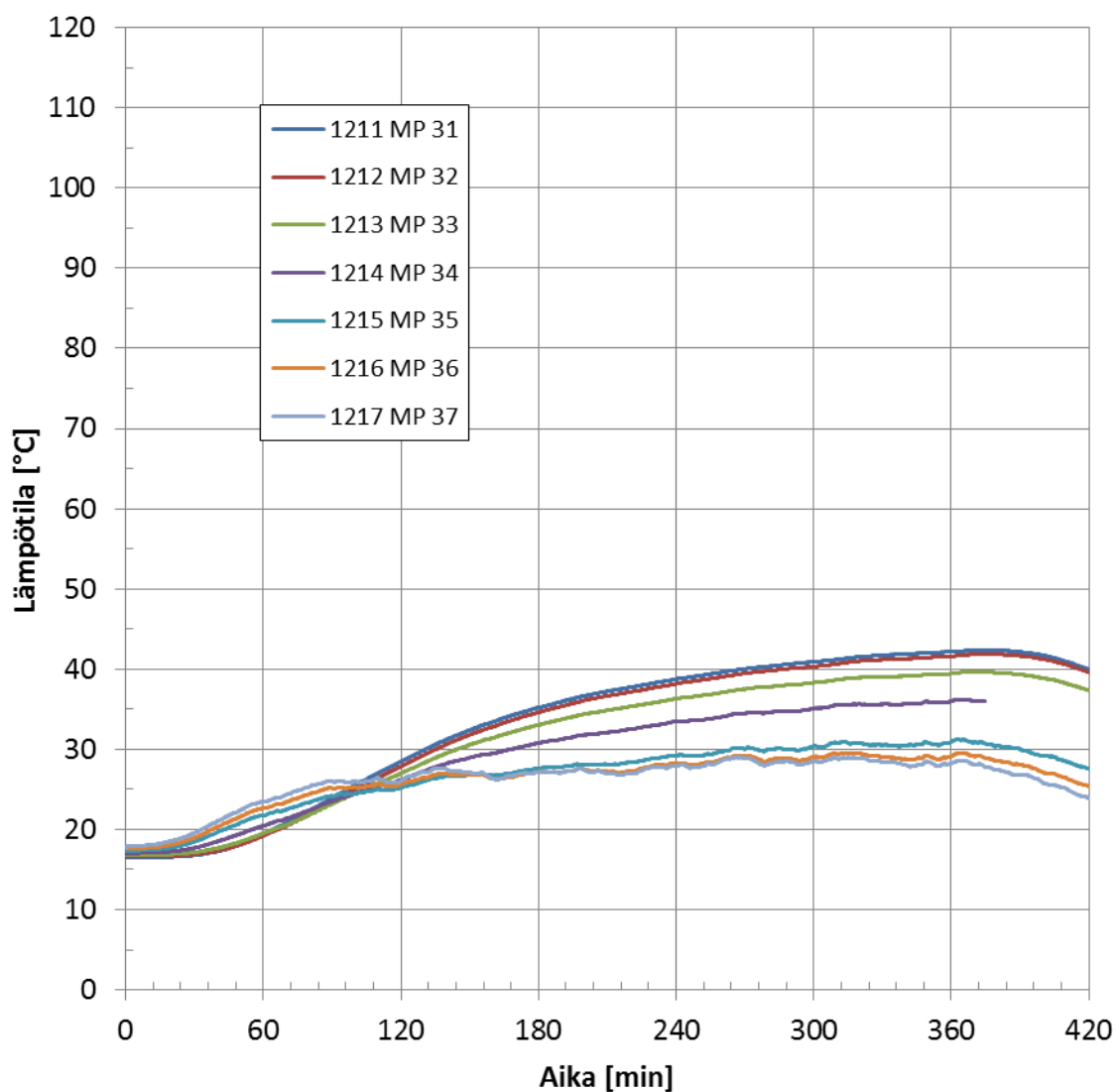


Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan





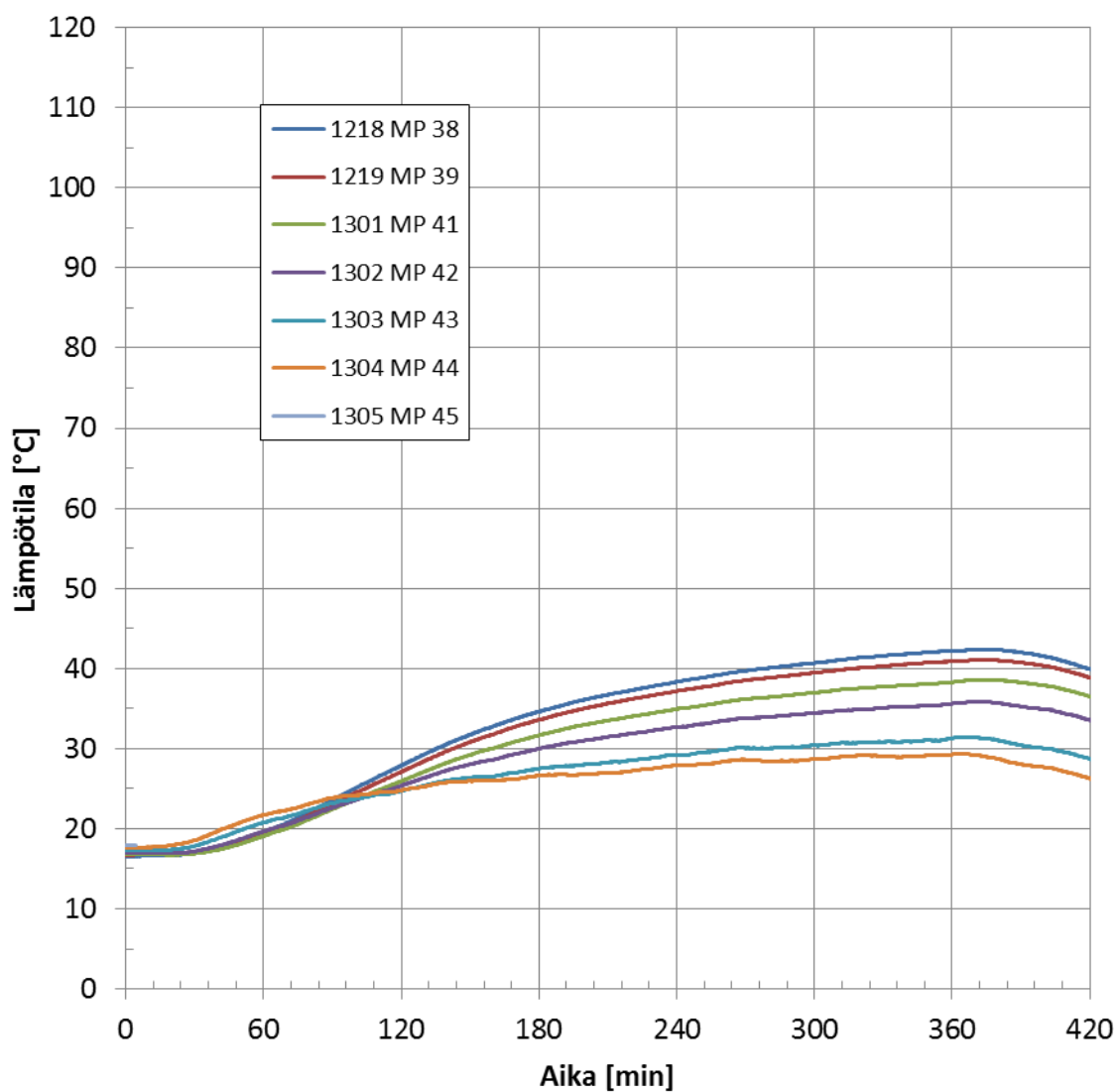
## Kokeen 2 lämpötilat suojaetäisyyden 120 mm päässä, mittapisteet 31–37



Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



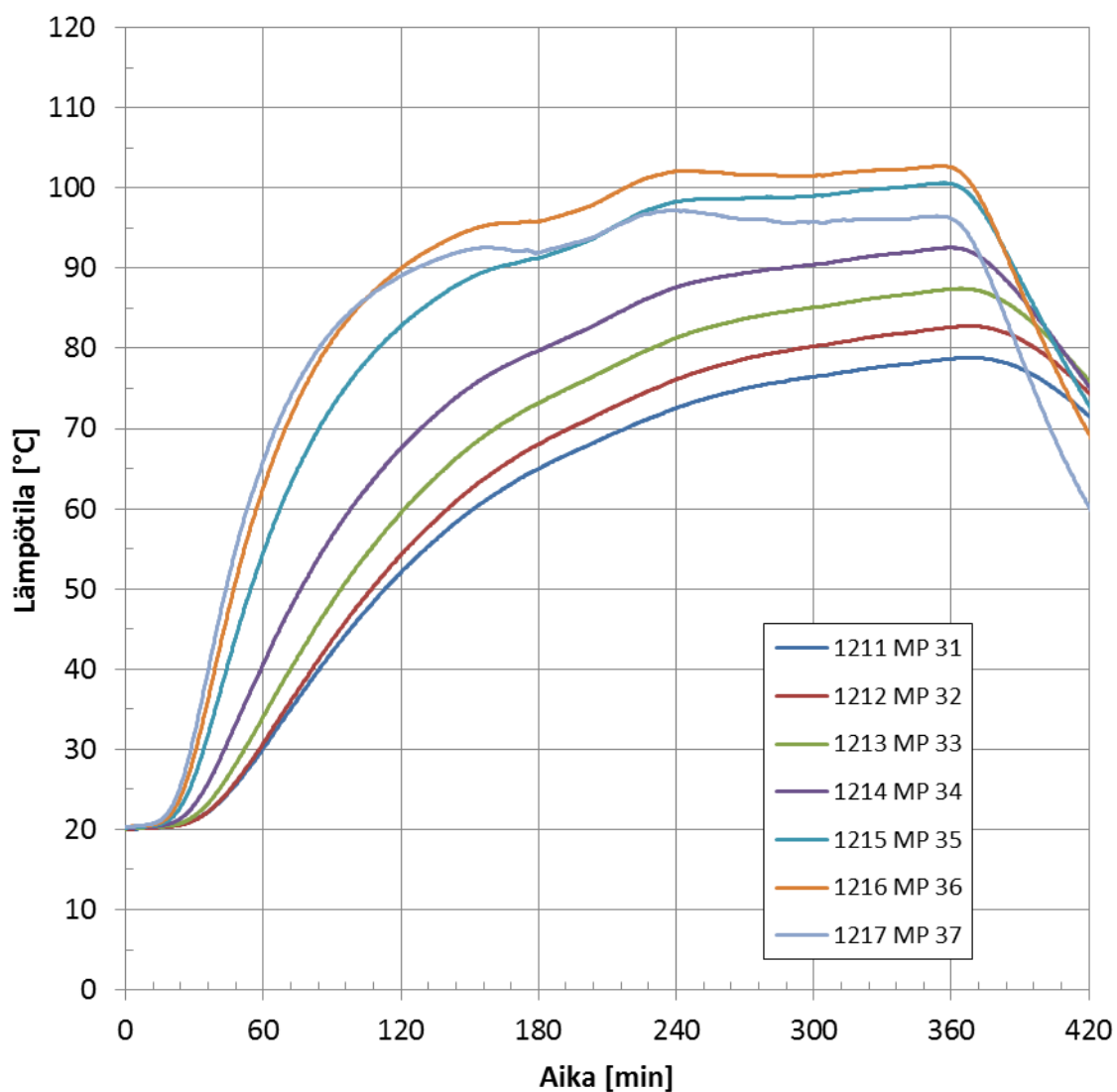
## Kokeen 2 lämpötilat suojaetäisyyden 120 mm päässä, mittapisteet 38–45



Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



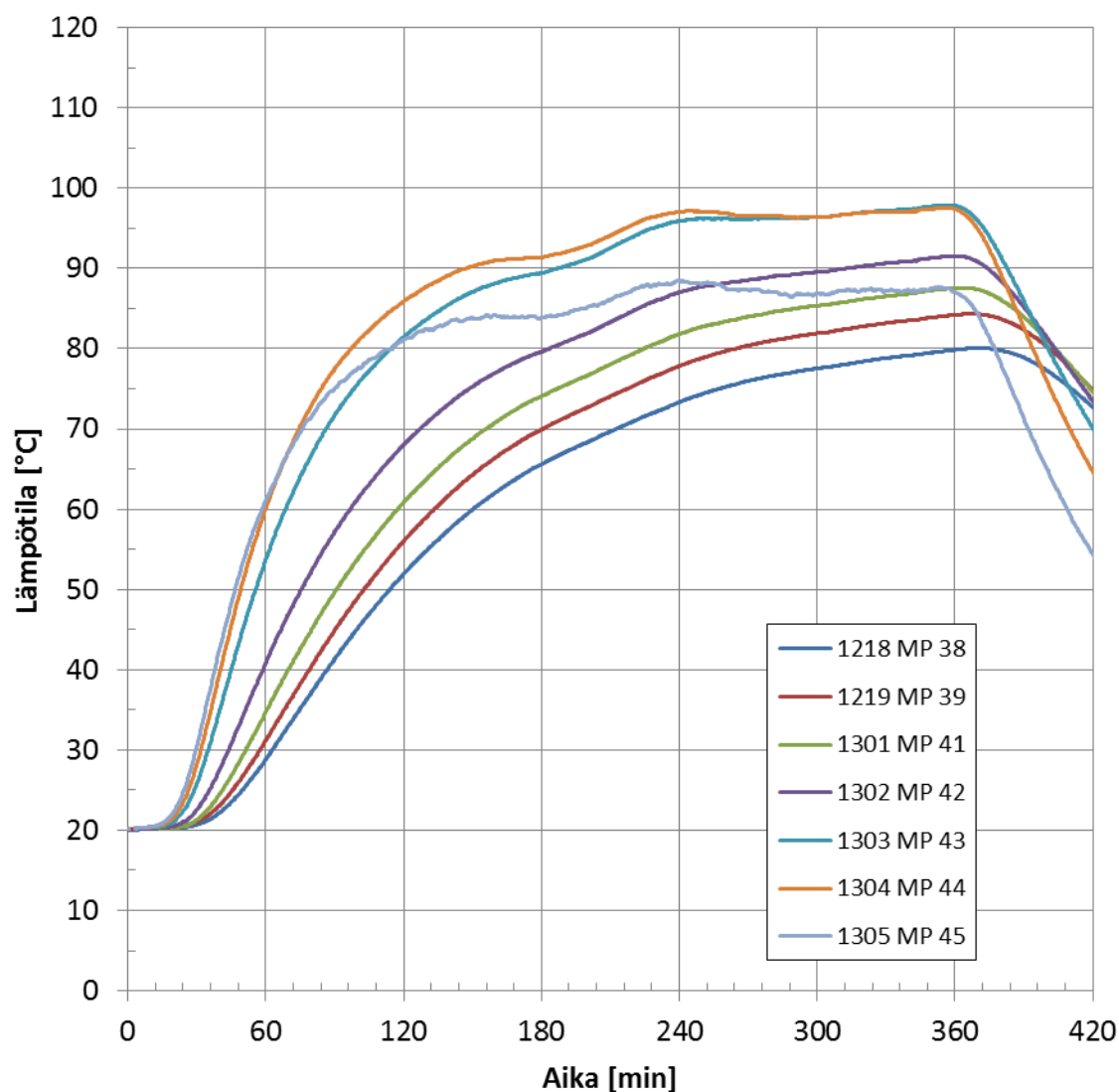
### Kokeen 3 lämpötilat suojaetäisyyden 120 mm päässä, mittapisteet 31–37



Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



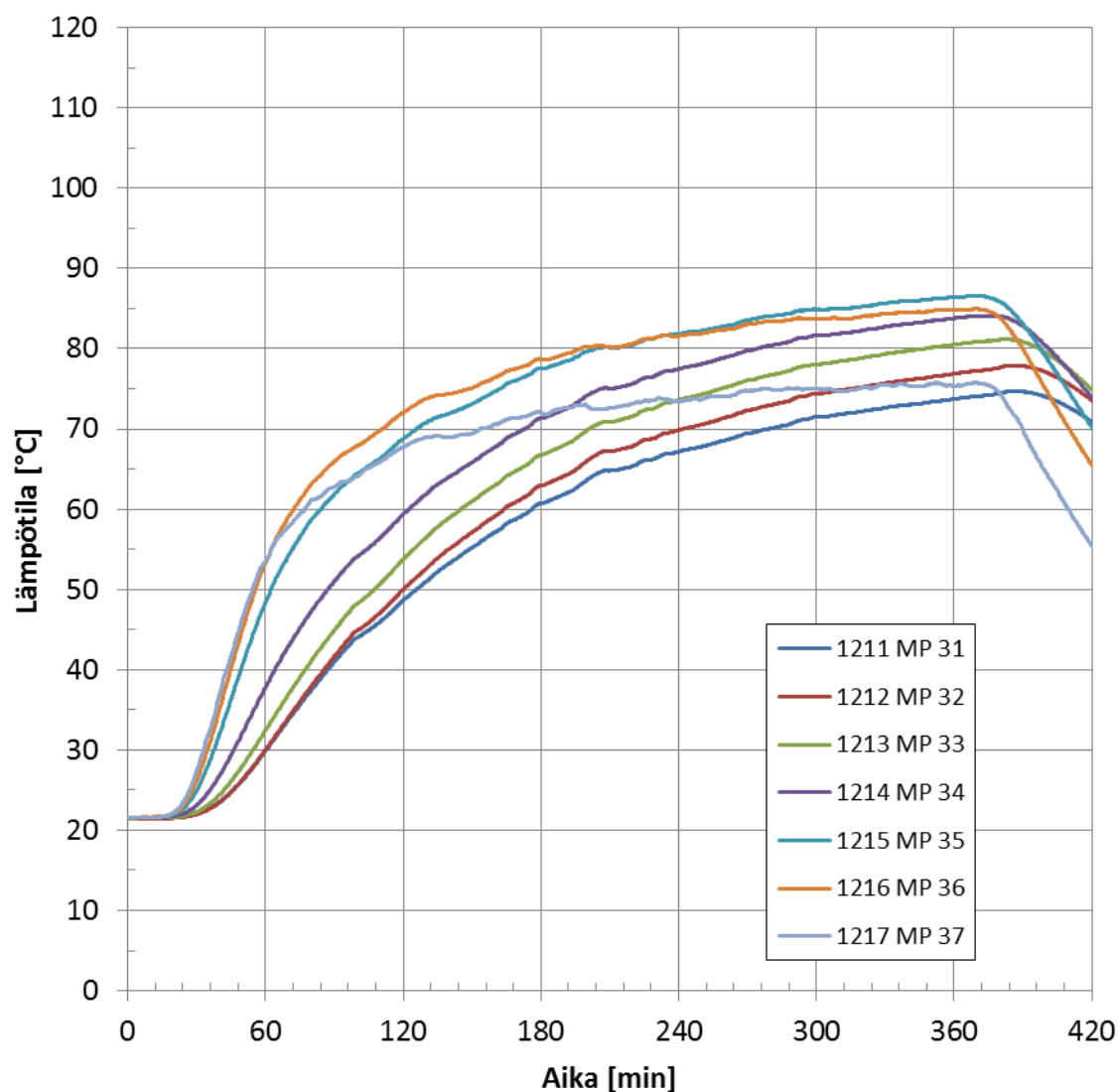
### Kokeen 3 lämpötilat suojaetäisyyden 120 mm päässä, mittapisteet 38–45



Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



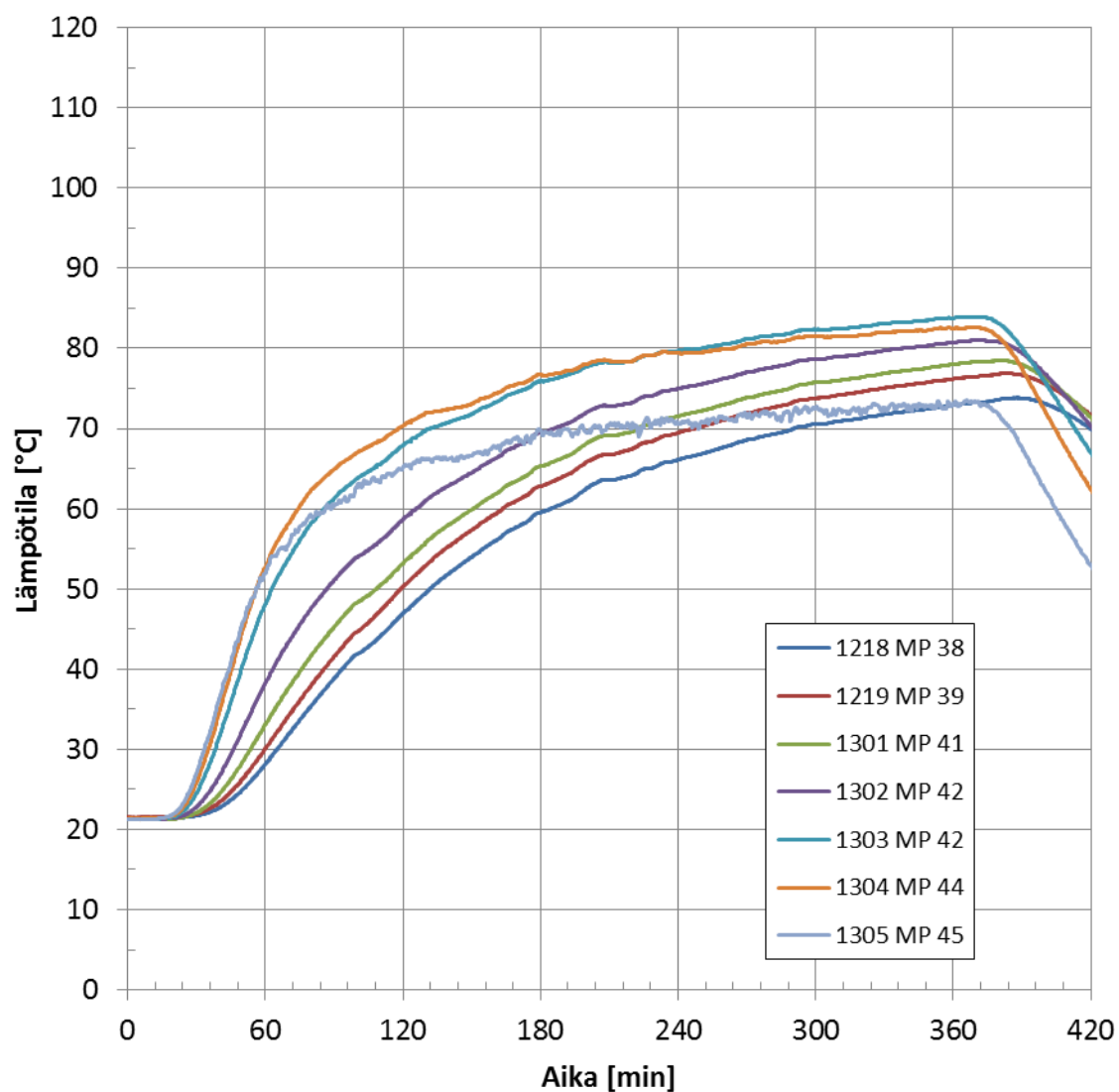
## Kokeen 4 lämpötilat suojaetäisyyden 120 mm päässä, mittapisteet 31–37



Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



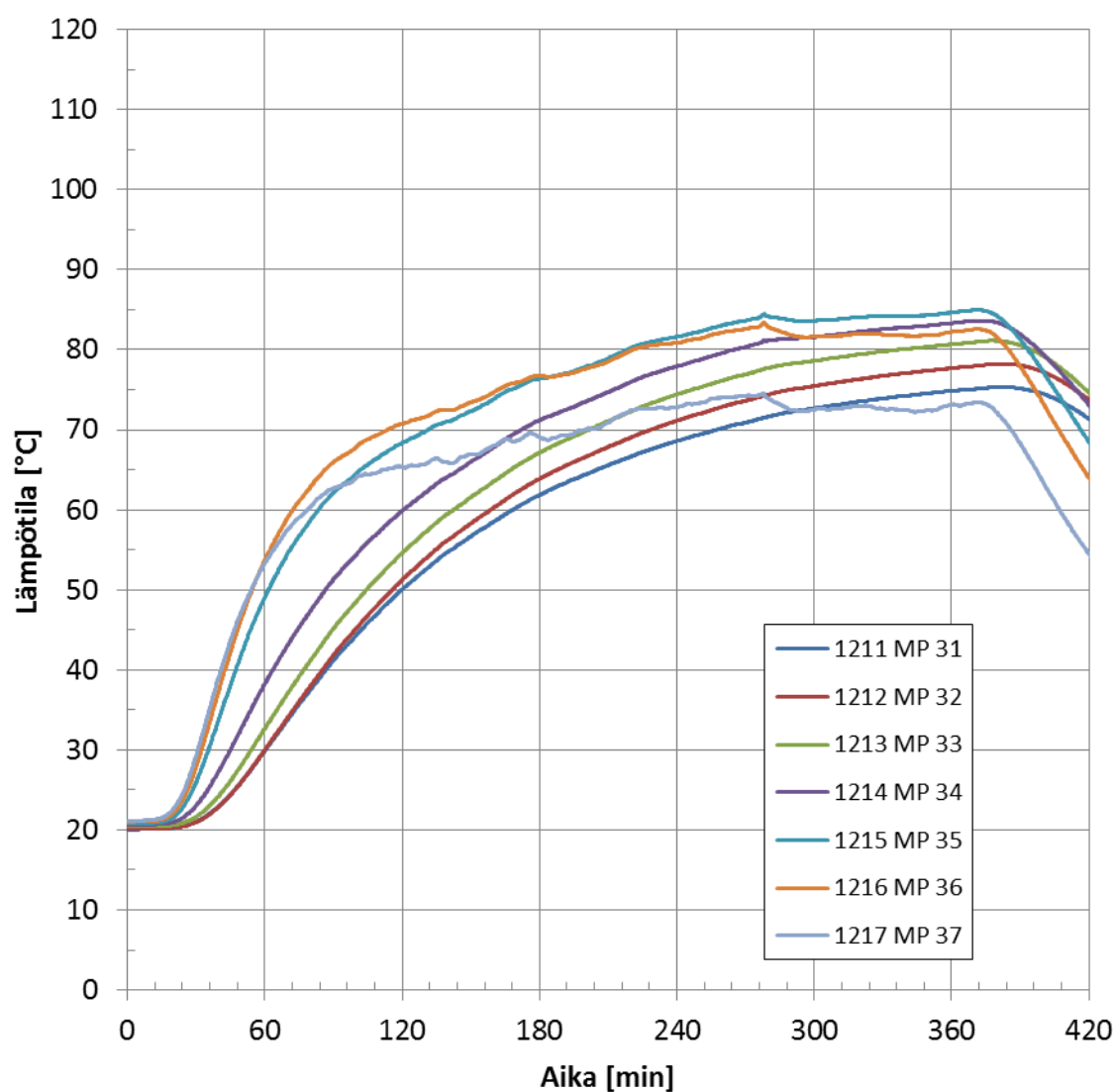
## Kokeen 4 lämpötilat suojaetäisyyden 120 mm päässä, mittapisteet 38–45



Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



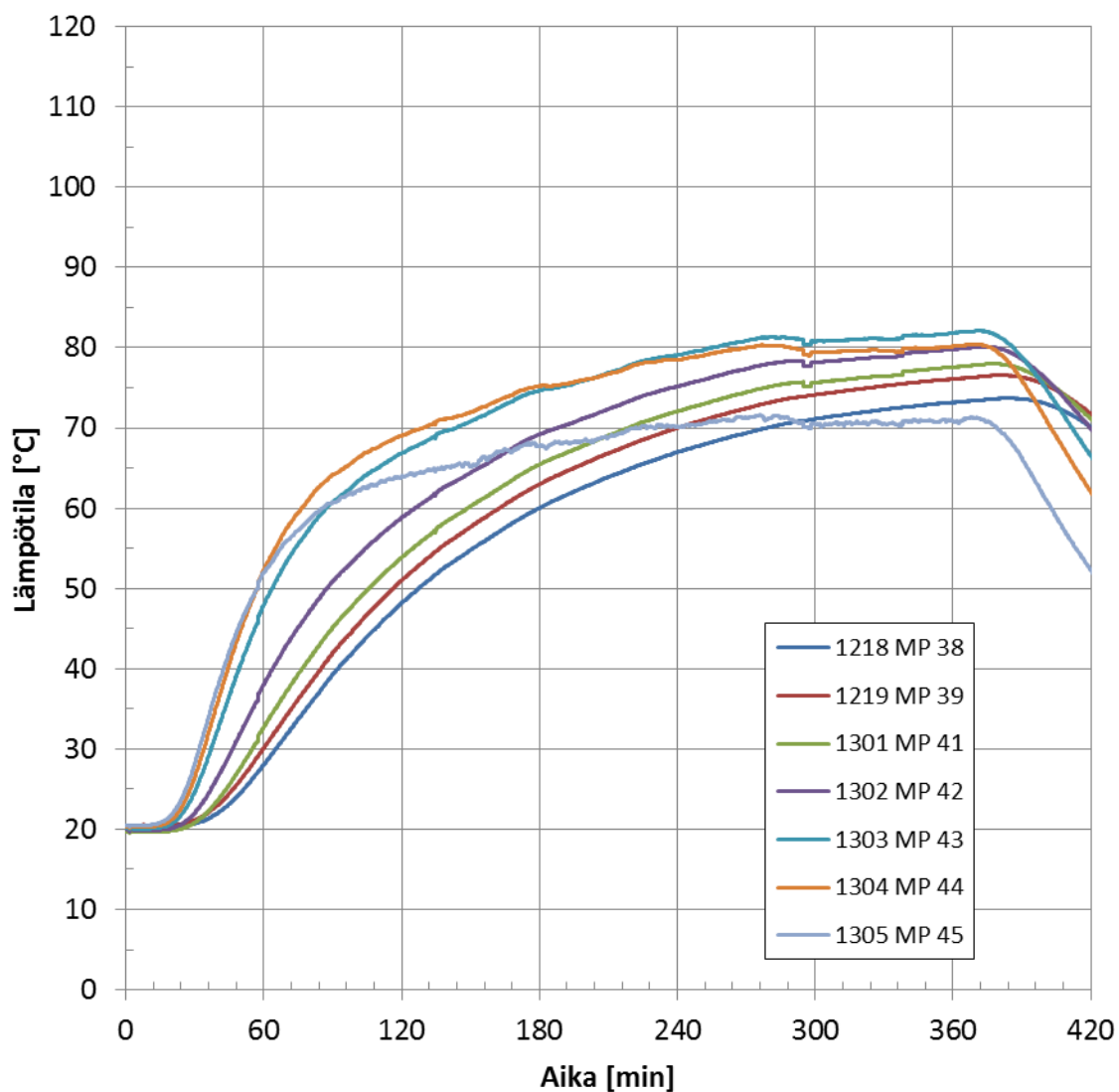
## Kokeen 5 lämpötilat suojaetäisyyden 120 mm päässä, mittapisteet 31–37



Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan



## Kokeen 5 lämpötilat suojaetäisyyden 120 mm päässä, mittapisteet 38–45



Tutkimusselostuksen saa kopioida vain kokonaisuudessaan