

# **Mustalipeän polttotekniset ominaisuudet**

- **Projektin kesto aika: 1.1. 1993 - 31.12. 1994**
- **Polttokokeiden merkitys**
  - pisarapoltolla pystytään kuvaamaan lipeiden poltettavuutta
  - kokeiden avulla saadaan arviot likaantumiselle
- **Uusien analyysien merkitys**
  - tuoreen pisaran pintajännitykselle tarkempi arvio
  - polysakkaridien jakauma parantaa lipeän viskositeetin kuvausta

# **Projektin rahoittajat**

- **Suomen Soodakattilayhdistys ry**
- **A. Ahlström Osakeyhtiö**
- **Tampella Power Oy**
- **KTM (Liekki 2)**
- **Oy Keskuslaboratorio - Centrallaboratorium Ab**
- **Åbo Akademi**

# **Projektin osat**

## **Åbo Akademi :**

- **Yksittäispiisaran poltto ja pyrolyysi**
- **Paineistettu kaasutus**
- **Pölyn likaantumistaipumus**
- **Lipeäpankki**

## **Oy Keskuslaboratorio-Centrallaboratorium Ab :**

- **Kemialliset analyysit**
- **Fysikaaliset mittaukset**
- **Pintajännitys**
- **Polysakkaridien moolimassajakauma**

**Tausta:** Konventionaaliset ominaisuudet kuten:

- lämpöarvo
- kuiva-ainepitoisuus
- alkuainekoostumus
- "tuhkapitoisuus"

eivät riitä selittämään lipeiden käyttäytymiseroja

**Tavoite:**

- Uusien polttoteknisten ominaisuuksien määrittäminen tutkimalla yksittäisiä lipeäpisaroita laboratoriuuneissa
- Selvittää mitkä mustalipeän koostumustekijät säätelevät lipeän palamiskäyttäytymistä

# Mustalipeänäyteet

- |    |                                          |    |                             |
|----|------------------------------------------|----|-----------------------------|
| 1  | Havupuu, eräkeitto                       | 12 | Mänty, USA                  |
| 2  | Havupuu/koivu, sekalipeä                 | 13 | Mänty, kappa 100, USA       |
| 4  | Havupuu, korkea kappa                    | 14 | Bagassi, soodakeitto        |
| 5  | Havupuu, vuokeitto, jatkettu keitto      | 15 | Olki, soodakeitto           |
| 6  | Lipeä 5 + lämpökäsittely                 | 17 | Lipeä 10 + 5 % lentotuhkaa  |
| 7  | Havupuu, happivaihe + korkeasaantomassaa | 18 | Lipeä 10 + 10 % lentotuhkaa |
| 8  | Lipeä 7 + bioliete                       | 19 | Lehtitipuu, kappa 14, USA   |
| 9  | Havupuu, eräkeitto, jatkettu keitto      | 20 | Mänty, kappa 22, USA        |
| 10 | Koivu, happivaihe                        | 23 | Koivu, NSSC                 |
| 11 | Eukalyptus, kappa 13                     |    |                             |

# Epäorgaaniset analyysit

- Hiili
- Vety
- Typpi
- Natrium
- Kalium
- Rikki
- Kloori
- Magnesium
- Kalsium
- Fosfori
- Sulfaatti
- Karbonaatti
- Tiosulfaatti
- Tehollinen alkali
- Hydroksidi
- Sulfidi
- Tuhka

# Orgaaniset analyysit

- **Suopa**
- **Ligniini**
- **Polysakkaridit**
- **Suurimolekyylinen ligniini (HMML)**
- **Suurimolekyylinen polysakkaridi (HMMPS)**

# **Lasketut koostumustiedot**

- **Orgaaninen natrium**
- **Orgaaninen rikki**
- **Kalium:Natrium**
- **Pienimolekyylinen ligniini**
- **Pienet hiilihydraatit (sokerihapot)**
- **Hiilihydraatit:Ligniini (C:L)**
- **Suurimolekyylliset:Pienimolekyylliset (H:L)**

# Fysikaaliset mittaukset

- **Viskositeettikäyrä, 110 °C (120 °C)**
- **Dynaaminen pintajännityskäyrä**
- **Lämpöarvo**
- **Saostumispiste**

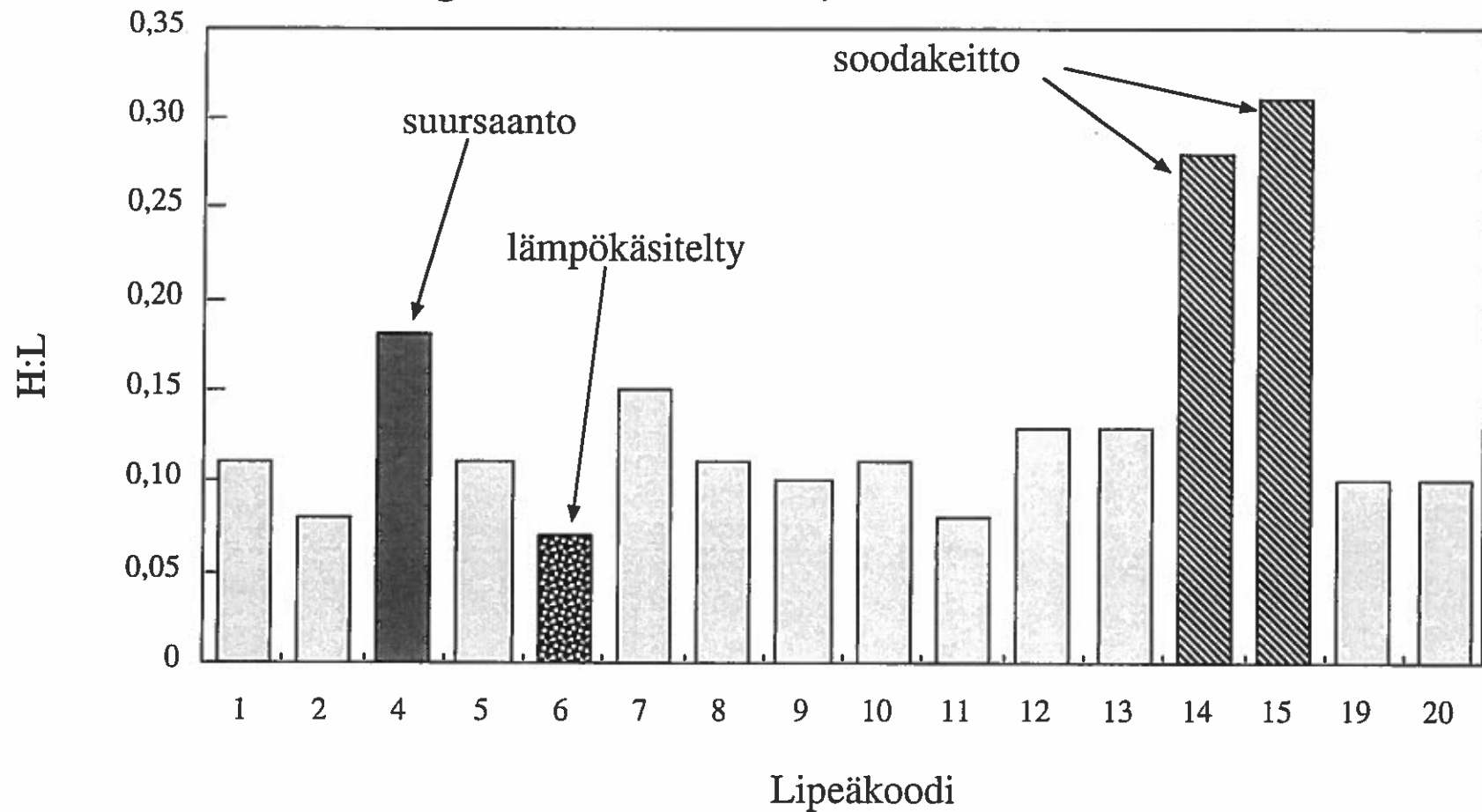
# Mustalipeät (suomalaiset) 1.

|             |       |             |
|-------------|-------|-------------|
| • Hiili     | %     | 33,2 - 35,8 |
| • Vety      | %     | 3,3 - 3,6   |
| • Typpi     | %     | 0,06 - 0,08 |
| • Natrium   | %     | 19,5 - 25,9 |
| • Kalium    | %     | 1,2 - 3,2   |
| • Rikki     | %     | 4,6 - 5,7   |
| • Kloori    | %     | 0,2 - 0,6   |
| • Magnesium | mg/kg | 50 - 115    |
| • Kalsium   | mg/kg | 114 - 262   |
| • Fosfori   | mg/kg | 51 - 79     |

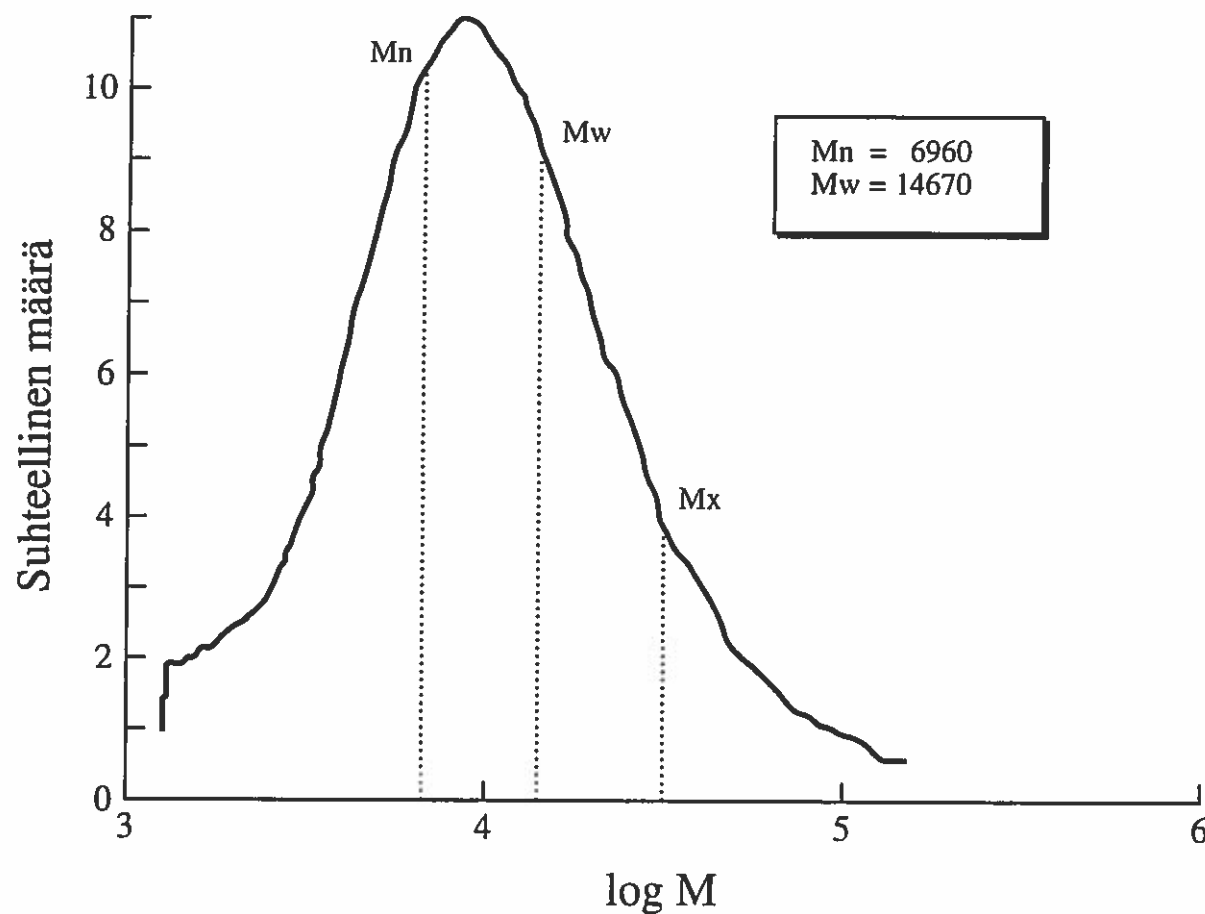
## Mustalipeät (suomalaiset) 2.

|                       |   |             |
|-----------------------|---|-------------|
| • Natriumsulfaatti    | % | 2,4 - 4,4   |
| • Natriumkarbonaatti  | % | 7,2 - 13,2  |
| • Natriumtiosulfaatti | % | 0,5 - 1,1   |
| • Tehollinen alkali   | % | 3,9 - 5,6   |
| • Natriumhydroksidi   | % | 0 - 2,2     |
| • Natriumsulfidi      | % | 6,3 - 10,3  |
| • Tuhka               | % | 45,5 - 52,3 |
| • Mäntyöljy           | % | 0,2 - 1,0   |
| • Ligniini            | % | 32 - 37     |
| • Polysakkaridit      | % | 1,3 - 2,2   |

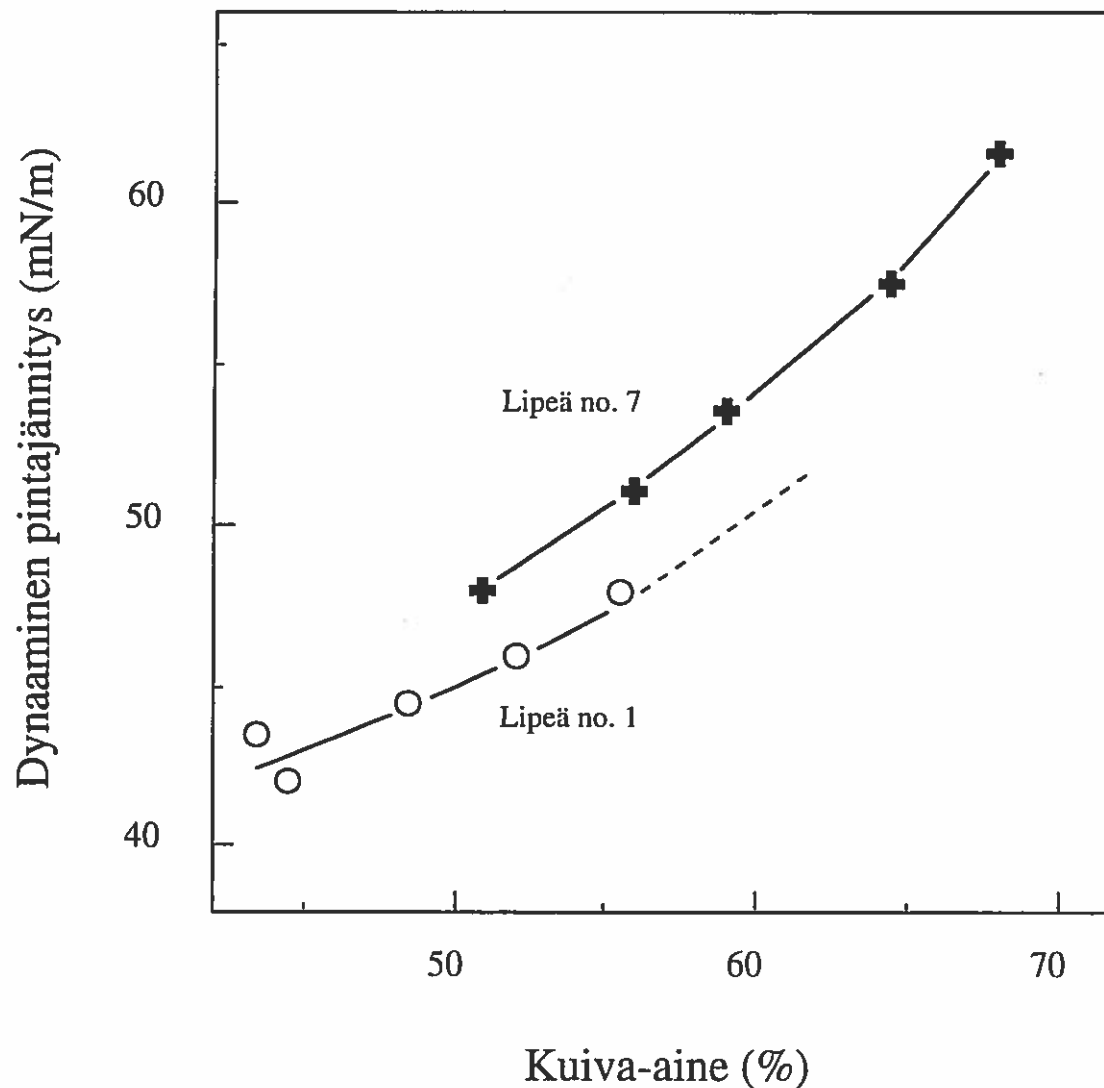
# Suurimolekyylisen ja pienimolekyylisen orgaanisen aineen suhde, H:L



## Erään lipeänäytteen polysakkaridisaostuman moolimassajakauma.



## Kahden lipeän dynaaminen pintajännitys kuiva-aineen funktiona.



# **Poltto-, kaasutus- ja pölytestit**

## **Testi 1**

### **Yksittäispisaran poltto**

**(1 bar)**

- 1. Pyrolyysiaika**
- 2. Koksen palamisaika**
- 3. Pyrolyysipaisuminen**

## **Testi 2**

### **Yksittäispisaran pyrolyysi**

**(1 bar)**

- 4. Pyrolyysisaanto**
- 4a. Pyrolyysihiili**
- 5. Pyrolyysirikki**
- 6. Pyrolyysinatrium**
- 6a. Pyrolyysikalium**

## **Testi 3**

### **Paineistettu kaasutus**

**(20 bar)**

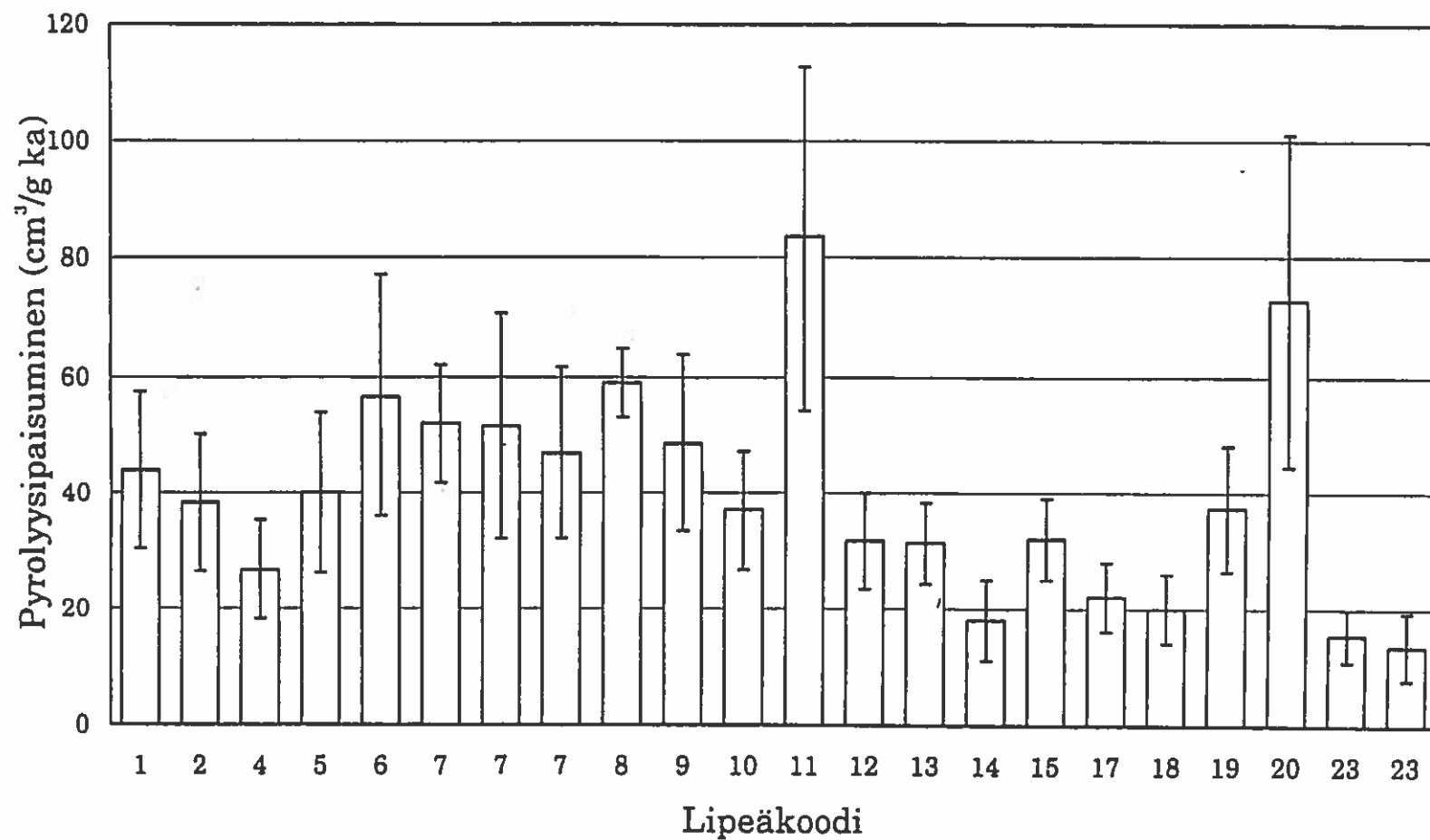
- 8. Pyrolyysisaanto  
paineessa**
- 9. Koksen  
kaasutusreaktiivisuus**

## **Testi 4**

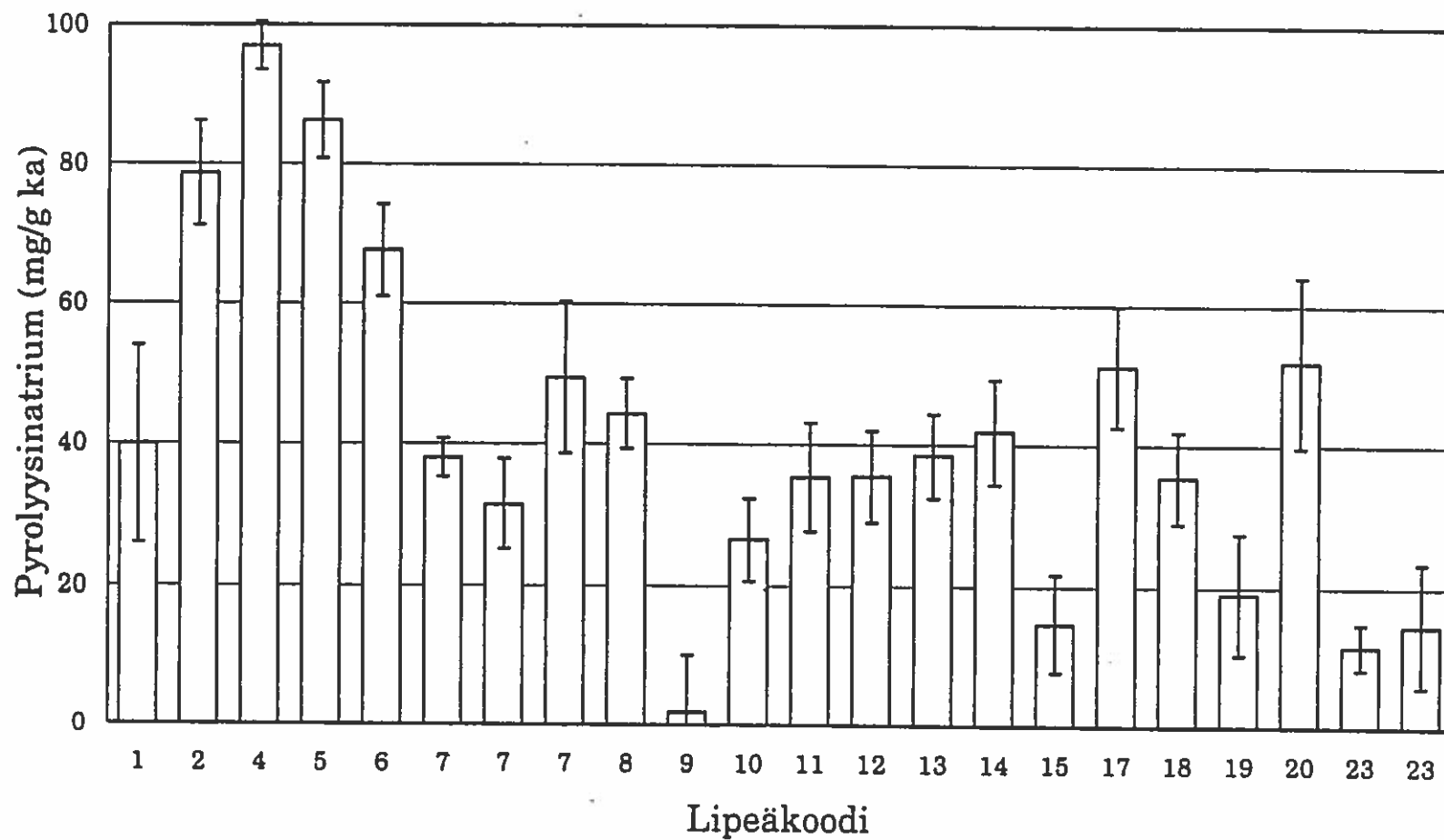
### **Pölyn likaantumistaipumus (teoreettinen laskelma)**

- 10. Valumislämpötila**
- 11. Tarttumislämpötila**

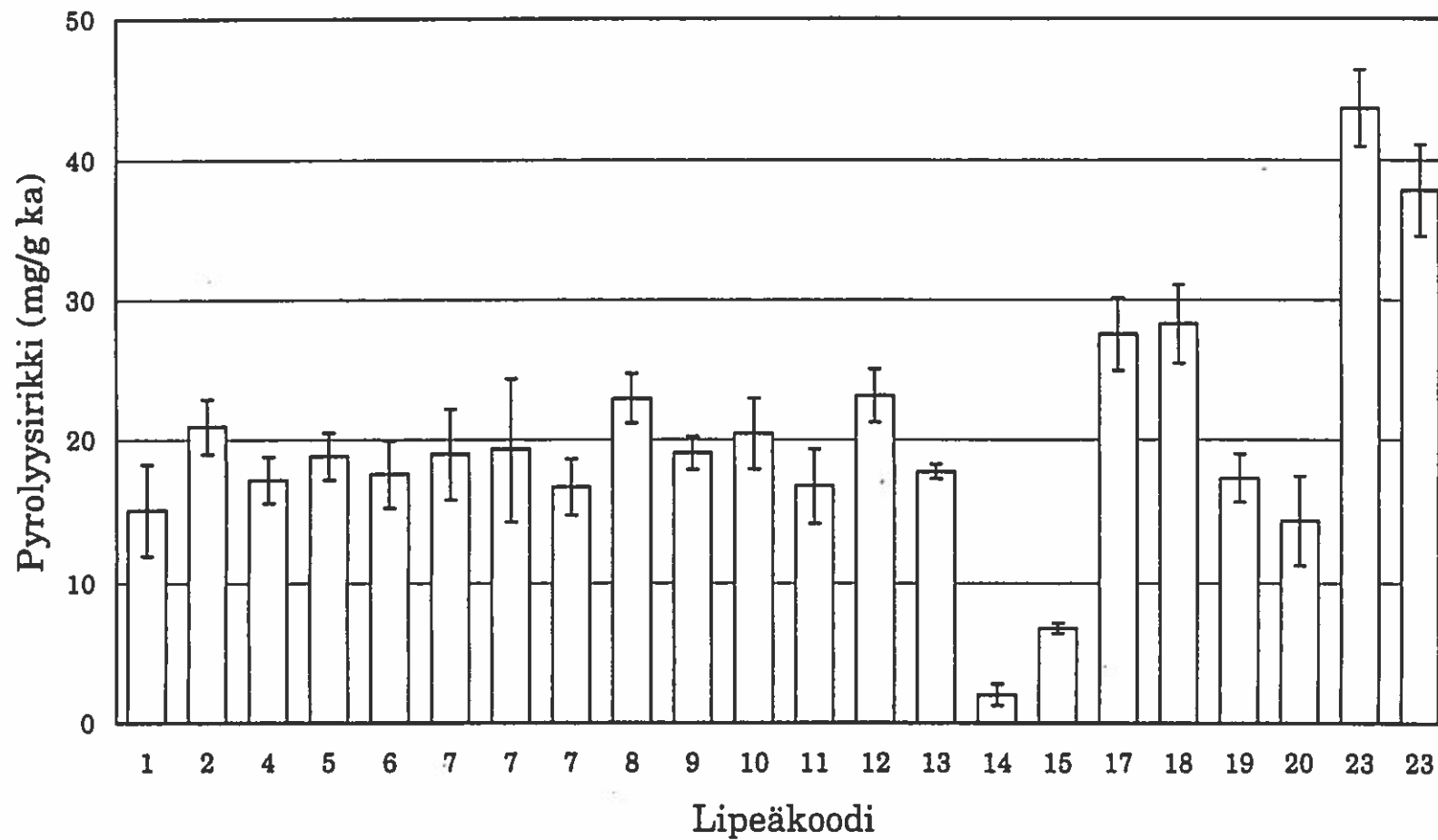
Pisaran yksittäispoltto: Pyrolyysipaisuminen, 700 °C  
(Testi 1: 3)



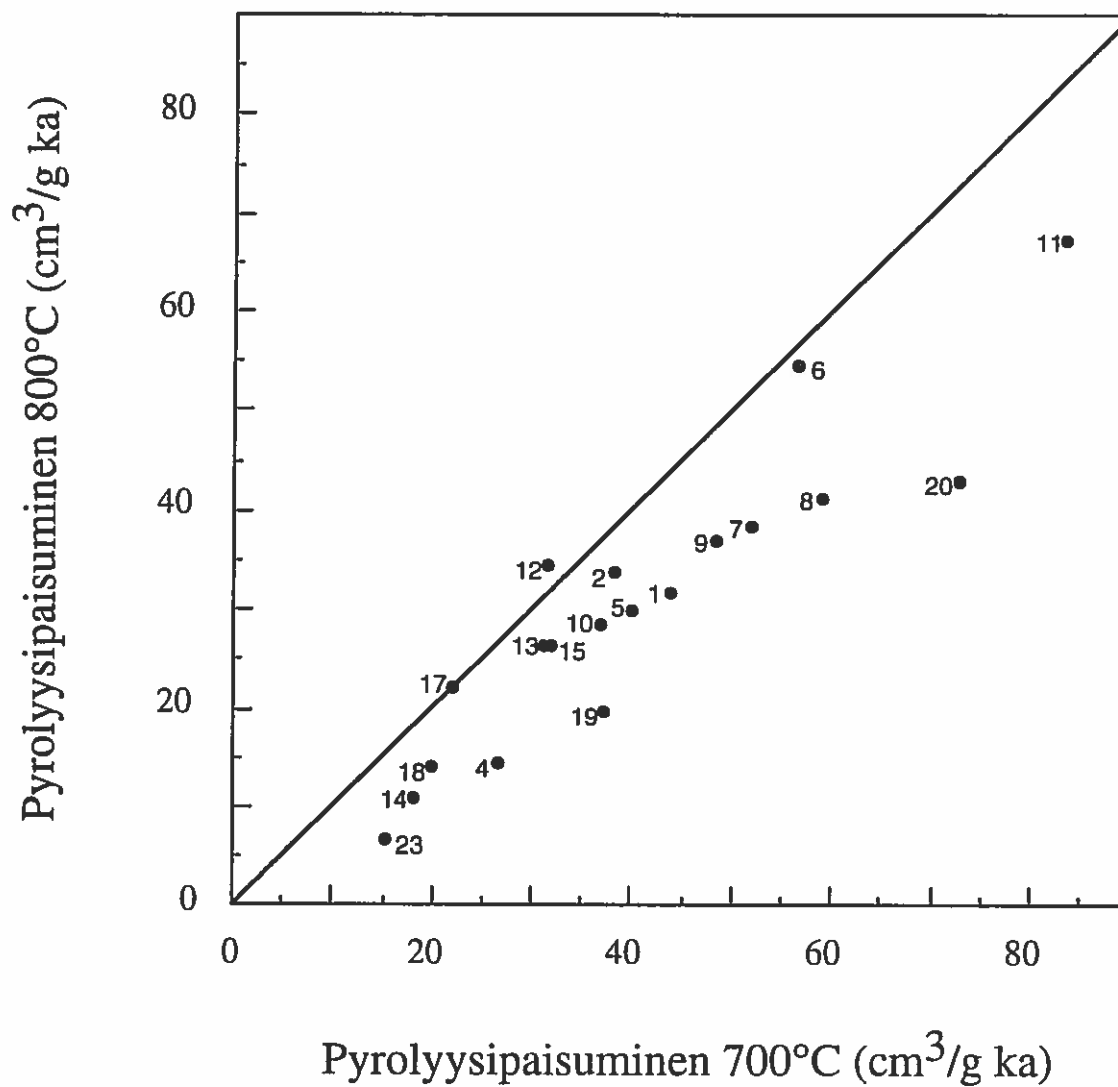
**Pisaran pyrolyysitesti: Pyrolyysinatrium, 900 °C**  
(Testi 2: 6)



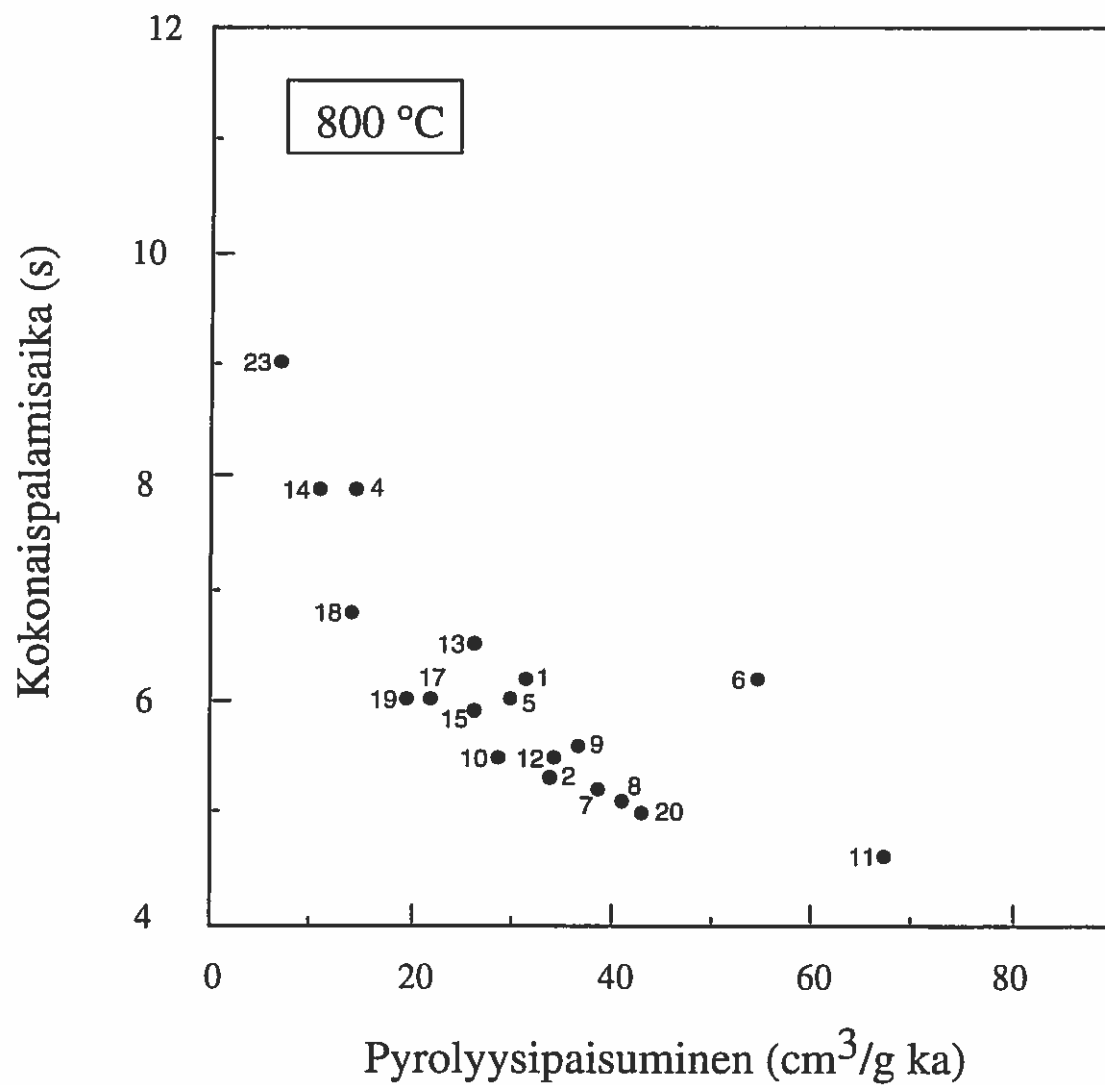
**Pisaran pyrolyysitesti: Pyrolyysirikki, 900 °C**  
(Testi 2: 5)



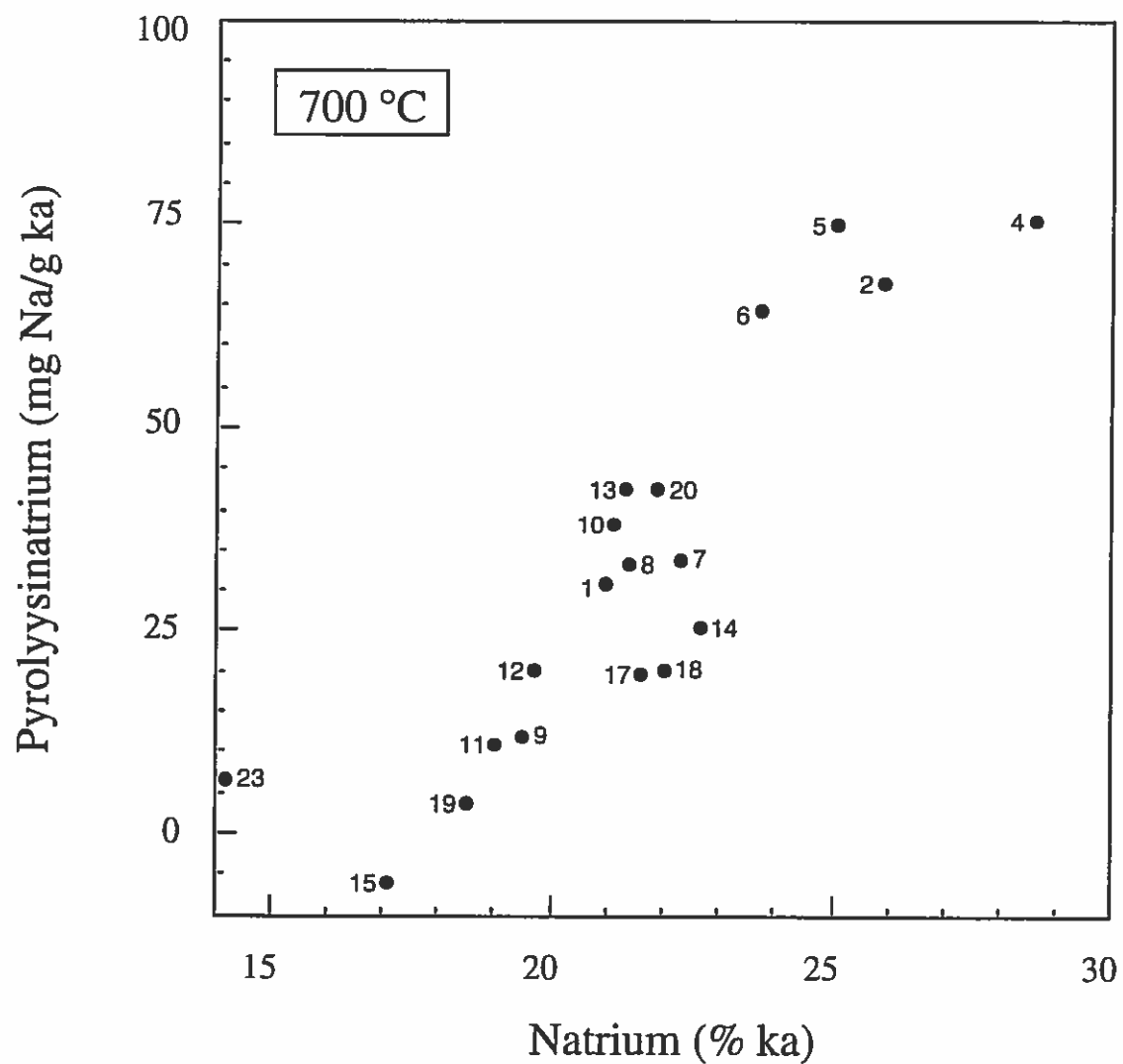
## Pyrolyysipaisuminen, 700 °C ja 800 °C.



## Kokonaispalamisaika paisumisen funktiona.

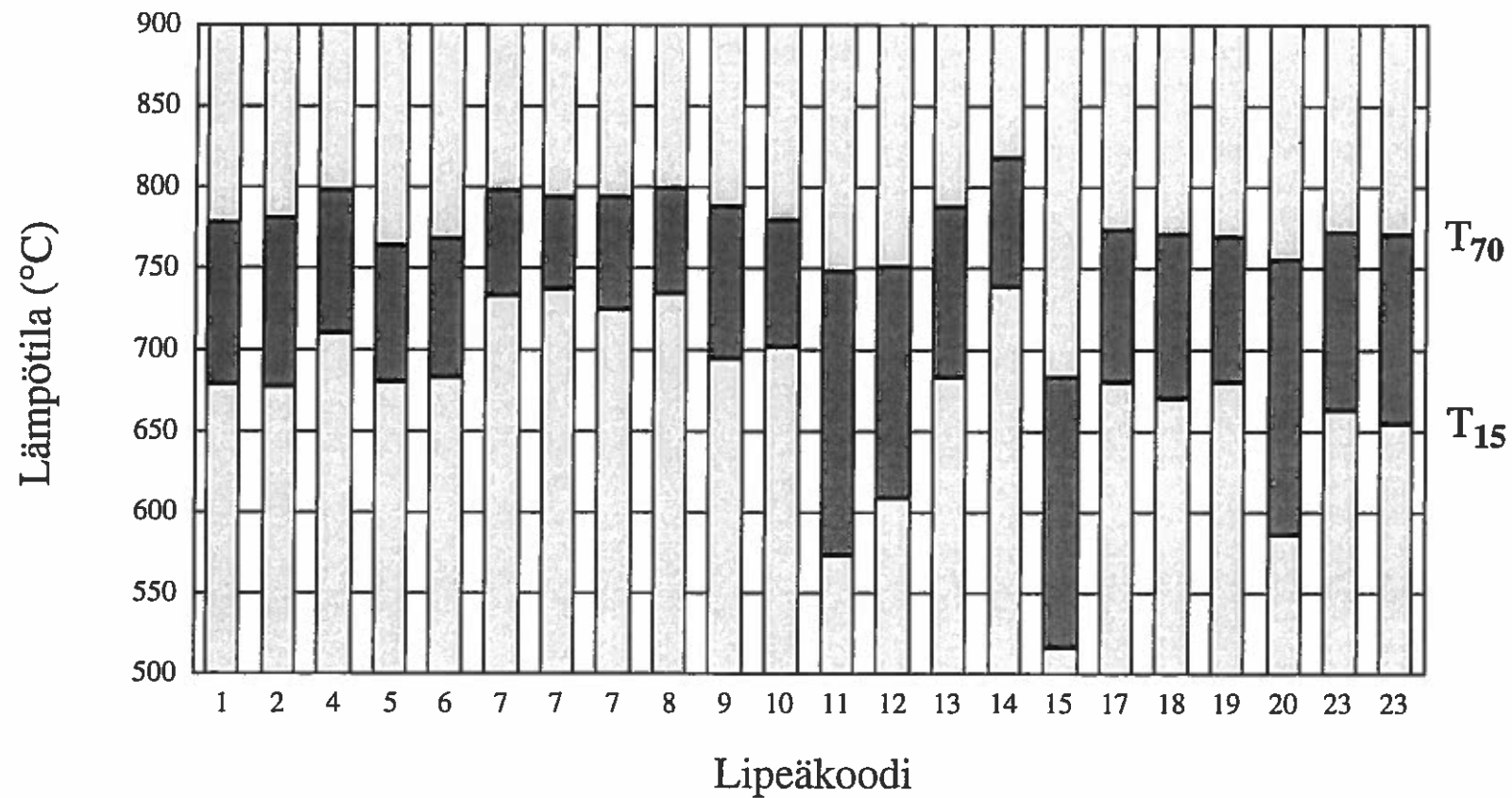


## Pyrolyysinatrium lipeän kuiva-aineen natrium-osuuden funktiona.



## Lasketut tarttumis- ja valumislämpötilat.

(Testit 4:10 ja 4:11)



# **Johtopäätöksiä 1.**

- **Testit onnistuivat hyvin**
- **Eniten paisuvat lipeät palavat myös nopeimmin**
  - eniten paisui Eukalyptus-lipeä (n:o 11)
  - vähiten paisui NSSC-keiton lipeä (n:o 23)
- **Lipeiden pyrolyysinatrium vaihteli huomattavasti**
  - eniten vapautui suomalaisista sulfaattilipeistä (n:o 2, 4 ja 5)
  - vähiten vapautui lipeistä n:o 9, 15, 19 ja 23

## **Johtopäätöksiä 2.**

- **Lipeiden pyrolyysirikki vaihteli vain vähän**
  - eniten vapautui NSSC-keiton lipeästä (n:o 23)
  - vähiten vapautui soodakeittojen lipeistä (n:o 14 ja 15)
- **Tarttumislämpötilat ( $T_{15}$ ) vaihtelivat huomattavasti**
  - suomalaisilla lipeillä korkeimmat tasot (680 -720 °C)
  - USA:n lipeiden tasot n. 100 °C alempia
  - olkisoodalipeälle alin arvo