

# METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 166

METSÄTEKNOLOGIAN TUTKIMUSOSASTO  
METSÄTYÖTIEEN TUTKIMUSSUUNTA



HANNU KALAJA

## VARASTOINTI- JA SIIRTOLAITTEIDEN TOIMINTAHÄIRIÖT METSÄHAKETTA KÄYTTÄVISSÄ LÄMPÖLAITOKSISSA

HELSINKI 1984







METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 166

Metsäteknologian tutkimusosasto

Metsätyötieteen tutkimussuunta

**METSÄNTUTKIMUSLAITOS**  
Jalostusosasto

HANNU KALAJA

VARASTOINTI- JA SIIRTELYLAITTEIDEN TOIMINTAHÄIRIÖT

METSÄHAKETTA KÄYTTÄVISSÄ LÄMPÖLAITOKSISSA

SISÄLLYSLUETTELO

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. JOHDANTO .....                                                                         | 3  |
| 2. TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT .....                                                   | 4  |
| 3. LAITOSTEN KOKOJAKAUMA .....                                                            | 5  |
| 4. LAITOSTEN KÄYTTÄMÄ HAKE .....                                                          | 5  |
| 5. HAKKEEN KULJETUS LAITOKSEEN .....                                                      | 6  |
| 6. HAKESIILOT .....                                                                       | 9  |
| 7. KULJETTIMIT SIILON JÄLKEEN .....                                                       | 15 |
| 8. SYÖTTÖ- JA VARASTOINTIJÄRJESTELMÄN OSA,<br>JOSSA VAIKEUKSIA ERITYISESTI ESIINTYY ..... | 16 |
| KIRJALLISUUS .....                                                                        | 22 |
| TIIVISTELMÄ .....                                                                         | 22 |



ISBN 951-40-0936-3

ISSN 0358-4283

Helsinki 1985. Valtion painatuskeskus



## 1. JOHDANTO

Energiakriisin jälkeen on kotimaista kiinteää polttoainetta käyttävien suurkiinteistöjen ja aluelämpölaitosten määrä lisääntynyt nopeasti. Heti energiakriisin jälkeen lähdettiin kovalla kiireellä suunnittelemaan ja rakentamaan yhteiskunnan avustuksin ja lainoin uusia laitoksia. Monet laitokset syntyivät jonkin suunnittelijan ja rakentajan halpojen tarjousten perusteella. Mistään kokemuksesta ja laitteiden kestävyydestä ei ollut tietoa, puhumattakaan laitoksen toiminnasta. Vielä tälläkin hetkellä rakennellaan monin paikoin uudelleen hakkeen syöttö- ja kuljetuslaitteita niihin laitoksiin, jotka on rakennettu jo vuosia sitten.

Monet laitokset pitävät kokopuuhakkeen käyttöä mahdotomana siksi, että hakkeen joukossa on oksanpätkiä ja tikkuja. Useimmilla on vaikeuksia kuljetin- ja syöttölaitteiden kanssa. Rankahake on tasalaatuisempaa kuin kokopuuhake ja sen käyttöön ei liity niin paljoa häiriöitä. Hakkeen hinta ei saisi olla kovin suuri, jotta se olisi kilpailukykyinen toisiin polttoaineisiin nähden. Kyseisiin laitoksiin korjattava puuraaka-aine koostuu pääasiassa pieniläpimittaisista lehtipuista. Tällaisten pienten runkojen yksinpuin karsiminen nykyisillä ihmistyövaltaisilla menetelmillä tulee liian kalliiksi, koska palkkakustannukset ovat suuret. Ainoa järkevä menetelmä on korjata nämä pienet puut kokopuina ja kehittää hakkeen käsittelylaitteita, jotta lämpölaitos voisi käyttää kokopuuhaketta. Tällaisia laitteita on kyllä olemassa, ja niitä tulisi sijoittaa yhä useampaan laitokseen. Tässäkin tutkimuksessa on mukana muutama



laitos, joka käyttää polttihakkeenaan pelkästään kokopuuha-  
ketta.

Tutkimus on tehty Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknolo-  
gian tutkimusosastossa yhteistyössä PERA-projektin kanssa.  
Tutkimus liittyy projektiin "Kotimaisten kiinteiden poltto-  
aineiden alueellisen hyväksikäytön kehittäminen". Aineiston  
keräämisessä ovat avustaneet työnjohtajat Tapio Nevalainen  
ja Erkki Salo. Konekirjoitustyön tekivät Tiina Kirjavainen  
ja Aune Rytkönen. Painatukseen liittyvät työt tekivät  
Pirkko Kinanen ja Raija Siekkinen. Käsikirjoituksen tar-  
kasti prof. Pentti Hakkila. Parhaat kiitokset kaikille  
työssä mukana olleille.

## 2. TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimus tehtiin haastattelemalla laitoksessa niitä  
henkilöitä, jotka vastaavat laitoksen teknisestä toimin-  
nasta. Aineisto sisältää 33 kunnallista laitosta, 13 varus-  
kuntaa tai varikkoa, 4 sairaalaa, 3 meijeriä ja 2 puutarhaa  
eli yhteensä 58 laitosta.

Haastattelussa pyrittiin saamaan seuraavia tietoja laitok-  
silta:

- yleistietoja laitoksesta ja kustannuksista
- hakkeen käsittely- ja polttolaitteet: kattilatiedot,  
arvioidut ja mitatut hyötysuhteet, hakkeen ominaisuuksien  
merkitys palamisen onnistumiselle, hakkeen syöttö-  
ja kuljetinjärjestelmä sekä mahdolliset vaikeudet syö-  
tössä ja siilossa käyttäjän kokemuksen mukaan

- hakkeen varastointi: hakkeen tarve huippukäytön aikana, laitoksen tilat hakevarastolle, varastossa oleva hakemäärä kulutukseen verrattuna ja puskurivaraston tarpeellisuus.

### 3. LAITOSTEN KOKOJAKAUMA

Tutkimukseen otettiin mukaan vain ne laitokset, joiden nimellisteho oli vähintään 0,5 MW. Näin ollen aivan pienet laitokset jäivät tutkimuksen ulkopuolelle samoin kuin suuret teollisuuslaitoksetkin. Suurimman laitoksen koko oli 20,0 MW. Keskimääräinen koko oli 3,6 MW. Seuraavasta asetelmasta käy ilmi laitoksien kokojakauma.

| Laitoksen koko<br>MW | Jakauma<br>% |
|----------------------|--------------|
| 0,5 - 1,5            | 29,3         |
| 1,6 - 2,5            | 25,9         |
| 2,6 - 3,5            | 13,8         |
| 3,6 - 4,5            | 6,9          |
| 4,6 - 5,5            | 6,9          |
| 5,6 - 10,0           | 12,1         |
| 10,0 +               | 5,1          |
|                      | -----        |
|                      | 100,0        |

Yli puolet laitoksista oli alle 2,5 MW:n laitoksia. Vain kolmen laitoksen koko ylitti 10,0 MW.

### 4. LAITOSTEN KÄYTTÄMÄ HAKE

Tutkimukseen oli valittu mukaan ne laitokset, jotka käyttävät pääpolttoaineenaan metsähaketta ja joilla oli jo haastatteluhetkellä kokemusta metsähakkeen käytöstä. Ky-



seisten 58 laitoksen käyttämä metsähakkeen määrä oli 588 380 i-m<sup>3</sup> hankintakautena 1982-83. Tämän lisäksi osa laitoksista käytti kuorta ja purua 55 300 i-m<sup>3</sup>. Pala- ja jyrsinturvetta käytettiin vain 24 400 i-m<sup>3</sup>.

Hakkeen raaka-aine koostui sekä rangoista että kokopuista ja jonkin verran myös sahausjätteistä. Pelkkää kokopuuhaketta käytti seitsemän laitosta, joista kahdella oli lisäksi vähän sahausjätettä. Pelkkää rankahaketta käytti 13 laitosta. Sekä ranka- että kokopuuhaketta käytti 34 laitosta, näistä kolmellatoista oli vielä lisäksi sahausjätettä. Kokopuuhaketta käytettiin 41 laitoksessa ja rankahaketta lähes kaikissa eli 52 laitoksessa.

#### 5. HAKKEEN KULJETUS LAITOKSEEN

Keskimääräinen kuljetusmatka laitokseen oli 23 km. Kuljetuskalustona käytettiin sekä traktoria että kuorma-autoa. Kuorma-autoista 46 % oli pelkkiä nuppiautoja ja loput 54 % perävaunuyhdistelmiä. Seuraavassa asetelmassa on esitetty hakkeen kuljetuksen jakauma laitoksen koon mukaan.

Yhden laitoksen traktorikuljetuksessa oli molemmat kuorman purkamistavat. Yhdessä laitoksessa oli traktorikuljetus ja kippaus taakse sekä lisäksi haketus suoraan varastoon.

| Laitoksen koko | Kuljetuskaluston jakauma % |          |         |
|----------------|----------------------------|----------|---------|
| MW             | Kuorma-auto                | Traktori |         |
| 0,5 - 1,5      | 5,5                        | 20,0     | 1)      |
| 1,6 - 2,5      | 14,4                       | 10,9     | 2)      |
| 2,6 - 3,5      | 3,6                        | 10,9     |         |
| 3,6 - 4,5      | 3,6                        | 5,5      |         |
| 4,6 - 5,5      | 5,5                        | 1,8      | 1)      |
| 5,6 - 10,0     | 5,5                        | 7,3      | 2)      |
| 10,0 +         | 5,5                        | -        |         |
| Yhteensä       | 43,6                       | 56,4     | 100,0 % |

1) Luvussa mukana keskitetty haketus lähellä laitosta

2) Kahdella laitoksella keskitetty haketus

Kuormien keskimääräiset koot olivat seuraavat:

|                              |                     |
|------------------------------|---------------------|
| Traktori                     | 22,7 m <sup>3</sup> |
| Kuorma-auto (nuppi)          | 35,0 m <sup>3</sup> |
| Kuorma-auto, jossa perävaunu | 79,9 m <sup>3</sup> |

Kuorman purkutapa laitoksessa ajoneuvoittain.

|                              |         |
|------------------------------|---------|
| Traktori, kippaus taakse     | 52,8 %  |
| Traktori, itsepurkava lava   | 1,8     |
| Kuorma-auto, kippaus taake   | 43,6    |
| Kuorma-auto, kippaus sivulle | 1,8     |
|                              | -----   |
|                              | 100,0 % |



Kuva 1. Yli puolet hakkeen toimituksista laitoksille tapahtui traktorilla.



Neljässä laitoksessa oli pelkkä haketus suoraan varastoon tai siiloon. Tällöin haketettavat puut tuotiin laitokseen kuorma-autolla. Näistä kolmessa laitoksessa haketettiin rankaa ja yhdessä oli sekä rankaa että kokopuuta.

Hakkeen kuljetus onnistuu yleensä parhaiten silloin, kun haketuksen ja kuljetuksen hoitaa sama urakoitsija. Traktorikuljetuksen osuus olisi varmaankin huomattavasti pienempi, jos haketusurakoitsijat saisivat helpommin liikenneluvan kuorma-autolla kuljetukseen.

Hakevaraston koko riippuu kulutuksesta ja kulutus taas laitoksen koosta. Yleensä varastossa olevan hakkeen tulisi riittää ainakin muutamaksi päiväksi huippukäytönkin aikana - ainakin viikonlopun yli pitäisi hakkeen riittää. Käytännössä on kuitenkin hyvin monella laitoksella sellainen tilanne, että laitos elää "kädestä suuhun" -periaatteella eli varastotilat ovat hyvin pienet. Tällöin haketusurakoitsija joutuu vaikeuksiin hakkeen toimituksissa. Laitosta suunniteltaessa tulisi ottaa huomioon, että haketuskalustokin voi joskus rikkoutua ja tällöin tulee hakkeen toimituksiin katkos. Seuraavassa asetelmassa on esitetty laitoksien vastaanottoratkaisut:

|                                          |         |
|------------------------------------------|---------|
| Kippaus suoraan siiloon                  | 50,0 %  |
| Kippaus vastaanottotaskuun tai varastoon | 38,9    |
| Kippaus päällystetylle kentälle          | 7,4     |
| Kippaus päällystämättömälle kentälle     | 3,7     |
| -----                                    |         |
|                                          | 100,0 % |

Kahdessa laitoksessa, toisessa siilon ja toisessa varaston lisäksi, tuotiin hake päällystetylle kentälle.

Näiden lisäksi parissa laitoksessa haketettiin suoraan siiloon ja kuorma-autolla tuotiin haketta joko siiloon tai varastoon.

Hakkeen seulonta- ja lajittelulaitteet eivät ole vielä yleistyneet. Ainoastaan kahdessa laitoksessa oli hakkeen vastaanoton yhteydessä kiekkoseulalaitteet.

## 6. HAKESIILOT

Yleisin siilon rakennusmateriaali on betoni. Lähes joka toisessa laitoksessa siilon seinämät olivat betonipintaisia ja noin kolmanneksessa vaneripintaisia. Vajaassa viidenneksessä siilon pinta oli metallia. Lisäksi oli edellä mainittujen pintamateriaalien sekalaisia ratkaisuja.

Seuraavassa asetelmassa on esitetty siilon koon jakauma:

| Siilon koko<br>m <sup>3</sup> | Jakauma<br>% |
|-------------------------------|--------------|
| alle 50                       | 23,7         |
| 50 - 150                      | 18,6         |
| 151 - 250                     | 11,9         |
| 251 - 350                     | 16,9         |
| 351 - 450                     | 6,8          |
| 451 - 550                     | 5,1          |
| 551 - 650                     | 3,4          |
| 651 - 750                     | 3,4          |
| 751 - 850                     | 5,1          |
| 851 - 950                     | 1,7          |
| 951 +                         | 3,4          |
|                               | -----        |
|                               | 100,0 %      |

Siilon keskimääräinen koko oli 277 m<sup>3</sup>. Käytännössä ei läheskään jokaisessa laitoksessa pystytty käyttämään siilon

koko hyötytilavuutta. Hake kipattiin useimmiten siilon etuosaan ja takaosa jäi tällöin vajaaksi. Lisäksi siilon koko hyötykorkeutta ei voitu käyttää täysin hyödyksi. (Esimerkiksi eräässä laitoksessa, jonka siilon tilavuus oli  $800 \text{ m}^3$ , hyötykäyttö oli  $240 \text{ m}^3$  ja hakkeen kulutus huippukäytön aikana  $160 \text{ m}^3$  vuorokaudessa.)

Pienin siilon koko oli vain  $10 \text{ m}^3$ . Pienikään laitos ei pitkään selviä kymmenen kuution siilolla huippukäytön aikana. Vastaavasti suurin siilo oli  $1\,100 \text{ m}^3$ . Myös siilon korkeus vaihteli suuresti, yhdestä metristä 22 metriin. Keskimäärin korkeus oli 5,3 metriä.

Siilon lisäksi laitoksilla oli muuta varastotilaa. Katettua varastotilaa oli lähes kolmanneksella laitoksista (29 %). Pienin varastotila oli  $30 \text{ m}^3$  ja suurin  $2\,000 \text{ m}^3$ , keskiarvo oli  $394 \text{ m}^3$ . Näiden lisäksi oli laitoksilla päällystettyä tai päällystämätöntä ulkovarastotilaa.

Haketoimitusten varmistamiseksi ja hakkurin työllisyyden tasaamiseksi käytettiin laitosvaraston lisäksi myös keskitettyä puskurivarastoa. Laitoksista 36 %:lla kulki hakettamatonta puuta ja 12 %:lla valmista haketta puskurivaraston kautta. Hakettamatonta puuta kulki puskurivaraston kautta  $6\,733 \text{ i-m}^3/\text{a}$  laitosta kohti ja valmista haketta aivan pieniä määriä.

Seuraavasta asetelmasta käy ilmi eri osapuolten mielihajakauma puskurivaraston tarpeesta laitoksessa nykyisin olevan hakevarastotilan lisäksi haketoimitusten helpottami-



seksi ja varmistamiseksi talven huippukäytön tai esimerkiksi kelirikon aikana.

#### Puskurivaraston tarpeellisuus

|                      | Kyllä | Ei |
|----------------------|-------|----|
|                      | %     |    |
| Laitos               | 43    | 57 |
| Hankintaorganisaatio | 58    | 42 |
| Hakeurakoitsija      | 64    | 36 |
| Kuljetusurakoitsija  | 64    | 36 |

Hakkeen toimituksesta vastaavat osapuolet pitävät puskurivarastoja yleisesti tarpeellisina. Sen sijaan käyttöpää eli laitos ei pidä niitä niinkään tarpeellisina. Kaikkiaan 57 % vastaajista oli varaston kannalla ja 43 % ei pitänyt sitä tarpeellisena.

Kun tarkastellaan siilon tilavuuden suhdetta laitoksen kokoon, on tässä selviä eroja. Suurimmilla laitoksilla ei ole kovin suurta siilotilavuutta. Tilavuus vaihtelee 13:sta 430:een  $\text{m}^3/\text{MW}$ . Seuraavassa asetelmassa on siilotilavuudet laitoksien koon mukaan.

| Laitoksen koko | Siilotilavuus          | Huipputarve               |
|----------------|------------------------|---------------------------|
| MW             | $\text{m}^3/\text{MW}$ | $\text{t-m}^3/\text{vrk}$ |
| 0,5 - 1,5      | 88                     | 27                        |
| 1,6 - 2,5      | 137                    | 61                        |
| 2,6 - 3,5      | 46                     | 57                        |
| 3,6 - 4,5      | 121                    | 94                        |
| 4,6 - 5,5      | 76                     | 160                       |
| 5,6 - 10,0     | 71                     | 195                       |
| 10,0 +         | 24                     | 397                       |

Varastossa olevan hakkeen määrä vastaa yleensä seuraavassa esitettyä ajan tarvetta.

|                                                      | Hakkeen kesto aika,<br>vuorokausia |          |
|------------------------------------------------------|------------------------------------|----------|
|                                                      | Kesällä                            | Talvella |
| Laitosten asettama tavoite, keskiarvo                | 8,7                                | 6,2      |
| vaihtelut                                            | 2-24                               | 2-25     |
| Käytännön tilanne, keskiarvo                         | 10,8                               | 4,9      |
| vaihtelut                                            | 2-30                               | 1-14     |
| Toiminnan varmuus vaatisi, keskiarvo                 | 7,3                                | 6,2      |
| vaihtelut                                            | 2-24                               | 1-30     |
| Ainoastaan 48,3 % laitoksista käytti kesällä haketta |                                    |          |

Laitoksista, jotka käyttivät sekä ranka- että kokopuu- haketta, 61 % ilmoitti, että siilossa oli esiintynyt häiriöitä. Pelkän rankahakkeen käyttäjistä 72 % ilmoitti häiriöistä. Holvautuminen oli sekä ranka- että kokopuu- haketta käytettäessä pahin häiriö, lähes puolet häiriöistä syntyi holvautumisesta. Holvautuminen johtuu varmaankin mären hakkeen jäätymisestä. Holvaantumiseen vaikuttavat myös hakkeen joukossa olevat risut ja tikut.

Seuraavassa on esitetty sekä ranka- että kokopuu- hakkeen rinnalla pelkän rankahakkeen käytön yhteydessä siilossa esiintyneet häiriöt.

| Häiriö                           | Kaikki hake | Rankahake |
|----------------------------------|-------------|-----------|
|                                  | Jakauma, %  |           |
| Hake holvautuu                   | 48,8        | 44,4      |
| Hake jäätyy                      | 39,1        | 33,2      |
| Siilon koko hyötykäyttö huono    | 4,9         | 5,6       |
| Vaikeuksia kierukassa (Ø 150 mm) | 2,4         | 5,6       |
| Hake maatuu siilon pohjalle      | 2,4         | 5,6       |
| Sax-roottorin toiminta huono     | 2,4         | 5,6       |
|                                  | -----       | -----     |
|                                  | 100,0 %     | 100,0 %   |

Holvautumista on esiintynyt myös rankahaketta käytettäessä. Samoin kierukassa esiintyneet häiriöt (Ø 150 mm) eivät ole poistuneet rankahaketta käytettäessä.

Siilon purkainlaitteissa esiintyneet häiriöt on esitetty seuraavassa:

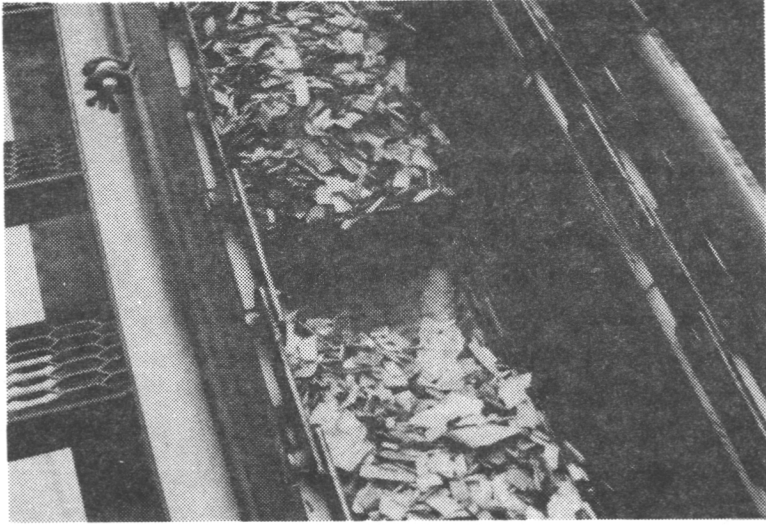
Laitoksista 58 % ilmoitti häiriöitä siilon purkainlaitteissa. Purkainlaitteista yleisimmät olivat kolakuljettimet, 32 %, ja ruuvit, 32 %. Tankopurkaimia oli 20 %, roottoreita 9 % ja kahmareita 7 %.

Häiriöt taas jakautuivat siten, että 35 %:ssa ruuveista ja tankopurkaimista, 11 %:ssa kahmareista ja roottoreista ja 8 %:ssa kolakuljettimista oli häiriöitä. Vaikka yleisin purkaintyyppi oli kolakuljetin, oli häiriöitä tässä tyyppissä hyvin vähän.

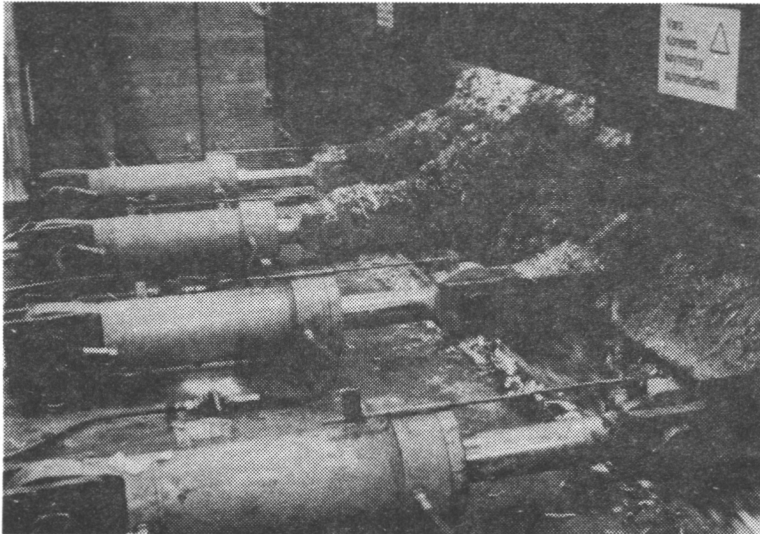
#### Siilon purkauslaitteissa esiintyneet häiriöt

|                                                                                   |      | %       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------|---------|
| Tankopurkain                                                                      |      |         |
| hakkeen jäätyessä tankopurkaimet                                                  |      |         |
| työntävät tyhjää                                                                  | 11,7 |         |
| purkaimen kestävyys heikko, (aisat, sylinterit, kiinnityslaatat ja hydrauliiikka) | 19,3 |         |
| purkain ei syötä haketta riittävästi                                              | 3,8  | 34,8    |
| Ruuvi                                                                             |      |         |
| siilon pohjalla oleva kokoojaruuvi                                                |      |         |
| tukkeutuu                                                                         | 3,8  |         |
| holvaantuminen                                                                    | 3,8  |         |
| risut tarttuvat ruuvin akselin ympärille                                          | 7,9  |         |
| tikut tukkivat ruuvin syöttöaukon                                                 | 19,3 | 34,8    |
| Roottori                                                                          |      |         |
| painaa hakkeen liian tiukaksi                                                     | 3,8  |         |
| jousien ja siipien katkeaminen                                                    | 7,6  | 11,4    |
| Kahmari                                                                           |      |         |
| jäätynyttä haketta ei saa otetuksi                                                | 3,8  |         |
| kauhaa ei saa täyteen                                                             | 3,8  |         |
| vaijerit katkeilevat                                                              | 3,8  | 11,4    |
| Kolakuljetin                                                                      |      |         |
| ketjukolapurkain, purkaa yli kynnyksen, ruuhkauttaa kolakuljettimen               | 3,8  |         |
| purkulaitteiden alle haketta,                                                     |      |         |
| kettingit jumiutuvat                                                              | 3,8  | 7,6     |
|                                                                                   |      | -----   |
|                                                                                   |      | 100,0 % |

Siilon purkulaitteista ovat samanlaisiin johtopäätöksiin päätyneet Kirjavainen ja Lahdenperä (1983). Kolapurkaimet ovat toimineet yleensä moitteettomasti. Tankopurkaimien toimintavarmuus on ollut parempi Kirjavaisen ja Lahdenperän tutkimuksessa kuin tässä tutkimuksessa.



Kuva 2. Siilon purkainlaitteista kolakuljetin oli yleisin ja häiriöitä tällä tyyppillä oli hyvin vähän.



Kuva 3. Joka viidennessä laitoksessa oli siilonpurkainlaitteena tankopurkain.



## 7. KULJETTIMET SIILON JÄLKEEN

Kuljetus siilosta eteenpäin tapahtuu yleensä kolakuljettimella. Erikokoisia ruuvikuljettimia oli vajaat puolet. Vain vajaa pari prosenttia laitoksista oli hoitanut hakkeen kuljetusta hihnakuljetuksilla.

|       |         |
|-------|---------|
| Kola  | 54,2 %  |
| Ruuvi | 44,1    |
| Hihna | 1,7     |
|       | -----   |
|       | 100,0 % |

Eniten vaikeuksia esiintyy ruuveissa, jotka tukkeutuvat helposti tikuista ja oksista. Myös murtosokat katkeavat usein. Vastaavasti kola- ja hihnakuljettimissa on ollut haittaa tikuista ja oksista, kun ne joutuvat vetorullien väliin. Peräti 76 % laitoksista ilmoitti, että hakkeen kullussa siilosta kattilaan oli vaikeuksia.

|                                                           | Siilosta kattilaan<br>esiintyneet häiriöt<br>% |         |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------|
| Tikuista ja oksista haittaa                               |                                                |         |
| hakkeen purkulaitteissa                                   | 3,4                                            |         |
| välisiilossa (holvaantuu)                                 | 1,7                                            |         |
| kuljettimissa (kola, hihna,<br>vetorullien väliin)        | 15,3                                           |         |
| ruuvikuljettimissa (tukkeutuvat,<br>murtosokat katkeavat) | 21,9                                           |         |
| syöttösuppilossa                                          | 3,4                                            |         |
| sulkusyöttimessä                                          | 13,5                                           |         |
| pinnanvartija                                             | 1,7                                            |         |
| rajakatkaisin                                             | 5,1                                            |         |
| arinalle meno                                             | 6,8                                            | 72,8    |
| Lumesta ja jäästä haittaa                                 |                                                |         |
| välisiilossa                                              | 3,4                                            |         |
| kuljettimissa                                             | 5,1                                            |         |
| syöttölaitteissa                                          | 1,7                                            | 10,2    |
| Holvaantuminen                                            |                                                |         |
| välisiilossa                                              | 3,4                                            |         |
| syöttösuppilossa                                          | 8,5                                            |         |
| kattilassa                                                | 1,7                                            | 13,6    |
| Sähkösilmissä häiriö                                      |                                                | 3,4     |
|                                                           |                                                | -----   |
|                                                           |                                                | 100,0 % |

Kuljettimista vajaat puolet oli ruuvikuljettimia. Ruuvien mittajakauma oli seuraava.

| Ruuvi, Ø mm | Jakauma, % |
|-------------|------------|
| 100 - 200   | 37,9       |
| 200 - 300   | 27,6       |
| 300 - 400   | 20,7       |
| 400 - 500   | 6,9        |
| 500 +       | 6,9        |
|             | -----      |
|             | 100,0 %    |

Keskimääräinen ruuvin halkaisija oli 295 mm, pituus 4,95 m sekä nousukulma 27°. Lähes 40 % ruuveista oli 100 - 200 mm:n suuruisia halkaisijaltaan. Pienin ruuvin halkaisija oli vain 100 mm ja suurin 630 mm. Pituudeltaan lyhyin ruuvi oli vain 1,5 m ja pisin peräti 11,0 m.

#### 8. SYÖTTÖ- JA VARASTOINTIJÄRJESTELMÄN OSA, JOSSA VAIKEUKSIA ERITYISESTI ESIINTYY

Ilmoitetuista häiriöistä esiintyi 40 % siilossa ja siilon purkaimissa, syöttölaitteissa hieman vähemmän, 34 %, ja kuljettimissa 24 %. Loput 2 % häiriöistä oli hakkeen siirrosta sorapohjaiselta kentältä.

Haastatelluista laitoksista 83 %:lla oli vaikeuksia syöttö- ja varstointijärjestelmässä. Seuraavasta asetelmasta käy ilmi, missä vaikeuksia erityisesti esiintyi.

|                                         |      |         |
|-----------------------------------------|------|---------|
| Siilo                                   |      | %       |
| hake jäätyy päällä olevalle ritilälle   | 1,2  |         |
| hake jäätyy siilossa                    | 9,7  |         |
| hake holvaantuu                         | 12,1 |         |
| hakkeeseen tulee homepölyä              | 1,2  | 24,2    |
| Siilon purku                            |      |         |
| siilon pieni koko ja mataluus:          |      |         |
| kahmarilla vaikeuksia                   | 1,2  |         |
| kahmarilla ei pystytä tyhjentämään      |      |         |
| siiloa kokonaan                         | 2,4  |         |
| pohjalla olevat purkuruuvit             |      |         |
| (Ø 150 - 300 mm)                        |      |         |
| tukkeutuvat risuista ja kapuloista      | 4,8  |         |
| sax-roottorin jouset eivät kestä        | 1,2  |         |
| tankopurkaimien sylinterit eivät kestä, |      |         |
| hydrauliikka ja purkaimien kiinni       |      |         |
| juuttuminen                             | 6,0  | 15,6    |
| Kuljettimet                             |      |         |
| kapulat tukkivat kolakuljettimen        | 6,0  |         |
| liian pienet kuljettimet, hihna 750 mm, |      |         |
| ruuvi Ø 400 mm                          | 1,2  |         |
| oksat pudottavat haketta hihna-         |      |         |
| kuljettimelta                           | 1,2  |         |
| elevaattori tukkeutuu tikkuista         |      |         |
| haketta käytettäessä                    | 1,2  |         |
| epäpuhtaudet tukkivat                   |      |         |
| ruuvikuljettimen (kivet, raudat)        | 3,6  |         |
| lumesta ja jäästä haittaa ruuveissa     | 1,2  |         |
| ruuveissa häiriöitä (kapulat, tikut)    | 9,7  | 24,1    |
| Syöttölaitteissa                        |      |         |
| kokopuuhakkeella häiriöitä              | 4,8  |         |
| syöttösuppilossa holvaantumista ja      |      |         |
| tukkeumia                               | 4,8  |         |
| sulkusyötin tukkeutuu (kapulat)         | 8,5  |         |
| pinnanvartijoissa tarttuu tikut         | 2,4  |         |
| pöly ja kosteus tukkivat valokennot     | 1,2  |         |
| rajakatkaisin ei toimi heikkolaatuista  |      |         |
| haketta käytettäessä                    | 7,2  |         |
| palovartijoissa tukkeumia               | 2,4  |         |
| arinalle valumisessa vaikeuksia         | 2,4  | 33,7    |
| Muu                                     |      |         |
| hakevarasto sorapohjainen ja kattamaton | 1,2  |         |
| viikonloppuisin traktorin puute         |      |         |
| hakkeen siirtoon                        | 1,2  | 2,4     |
|                                         |      | -----   |
|                                         |      | 100,0 % |

Syötössä ja siilossa syntyy häiriöitä erityisesti silloin, kun hakkeessa on paljon oksia ja tikkuja. Ranka- ja kokopuuhaketta käyttävistä laitoksista 87 % ilmoitti vaikeuksista. Häiriöistä 34 % oli kuljettimissa, 25 % syöttölaitteissa, 19 % siilossa sekä 9 % syöttösuppilon purkaimissa. Loput häiriöt jakaantuivat useammalle pienelle häiriölle.

Tikkuista haketta käyttävien laitosten käsittelyhäiriöiden jakauma, %

|                                       |      |         |
|---------------------------------------|------|---------|
| Hakekuorman purkamisessa vaikeuksia   |      | 1,5     |
| Vastaanottoasemalla valuminen heikkoa |      | 1,5     |
| Siilo                                 |      |         |
| siilon ritilä tukkeutuu               | 1,5  |         |
| siilon purkainlaitteet tukkeutuvat    | 10,3 |         |
| siilo holvaantuu                      | 7,3  | 19,1    |
| Pinnanvartijoihin tarttuu oksia       |      | 4,4     |
| Kuljettimissa                         |      |         |
| ruuvikuljettimet                      | 16,2 |         |
| kolakuljettimet                       | 14,7 |         |
| ruuvikuljettimien murtosokat          | 2,9  | 33,8    |
| Välisiilon yläpää tukkeutuu           |      | 1,5     |
| Syöttösuppilon purkaimissa            |      | 8,8     |
| Syöttölaitteet                        |      |         |
| sulkusyötin                           | 16,2 |         |
| palovartijat                          | 1,5  |         |
| rajakatkaisimet                       | 7,3  | 25,0    |
| Arinalle meno tukkeutuu               |      | 4,4     |
|                                       |      | -----   |
|                                       |      | 100,0 % |

Pelkällä rankahakkeella käyviä laitoksia oli vain 13. Ne kaikki ilmoittivat, että vaikeuksia on silloin, kun hakkeessa on paljon oksia ja tikkuja. Häiriöistä eniten eli 42 % oli syöttölaitteissa. Kuljettimissa häiriöitä oli 37 % ja loput 21 % siiloissa.

Rankahaketta käyttävien laitosten käsittelyhäiriöiden jakauma, %

|                       |      |         |
|-----------------------|------|---------|
| Siilo                 |      |         |
| siilon purussa        | 10,5 |         |
| holvaantuu siilossa   | 10,5 | 21,0    |
| Kuljettimet           |      |         |
| ruuvit Ø 250 - 400 mm | 29,0 |         |
| kolakuljettimet       | 7,9  | 36,9    |
| Syöttölaitteet        |      |         |
| syöttösuppilo         | 5,3  |         |
| sulkusyötin           | 21,0 |         |
| lokerosyötin          | 5,3  |         |
| pinnanvartijat        | 10,5 | 42,1    |
|                       |      | -----   |
|                       |      | 100,0 % |

Usein hakkeen joukossa on paljon purua. Puruvaikkeuksista ilmoitti 17 % laitoksista. Näiden laitosten häiriöistä 70 % syntyi arinan tukkeutumisesta. Muita ongelmia olivat hakkeen huono pysyminen kahmarissa, kierukoiden jumutuminen ja valokennojen toimintahäiriöt.

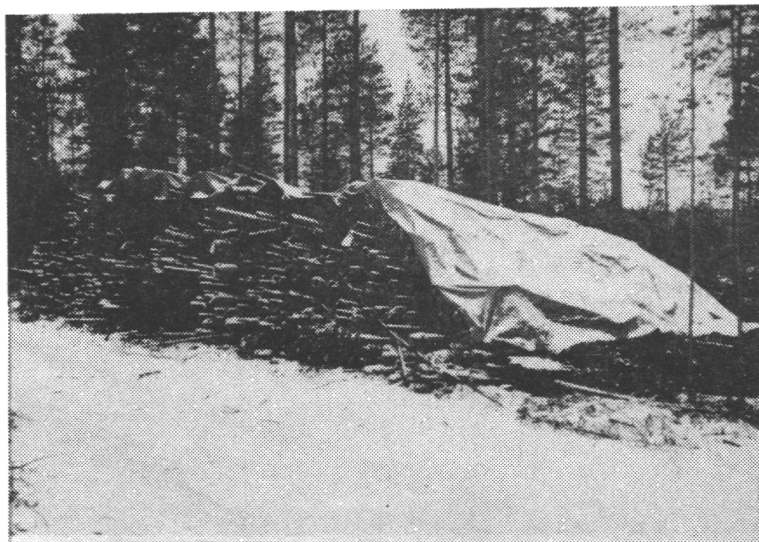
Kokopuun käyttäjiä oli 71 % kaikista laitoksista. Monessa laitoksessa tuli ainakin jossain määrin viherainetta hakkeen mukana. Laitoksista 15 % ilmoitti viheraineen aiheuttavan häiriöitä. Siilossa oli vajaa kolmannes häiriöistä, häiriöt jakautuivat tasan holvautumisen, jäätymisen ja purkainten kesken. Myös lähes kolmannes häiriöistä syntyi arinan tukkeutumisesta. Lisäksi kolmannes häiriöistä oli kuljettimissa, jotka eivät myöskään aina sietäneet viherainetta, pahin oli ruuvikuljettimen tukkeutuminen ( $\varnothing$  260 mm). Viheraine sitoo lunta ja jäädyttää kuljettimia sekä tarttuu märkänä kiinni kuljettimiin.

Laitoksista 15 % ilmoitti häiriöistä, kun hake oli tavallista kuivempaa. Lähes kymmeneen prosenttiin yltivät seuraavat häiriöt: kolakuljetin tukkeutuu, hake holvautuu syöttösuppilossa, syötön tuntoelimet häiriytyvät, hake syttyy ennen kattilaa (hake 14 %), palaminen heikentyy ja savukaasuhäiriöitä. Häiriöt jakaantuivat siten, että vajaa kolmannes niistä oli pölyhaittaa ja vajaa neljännes syntyi poltossa arinan läpi. Laitoksissa, joissa hake on ollut kuivahkoa, ei ole ollut häiriöitä juuri ollenkaan. Märkä ja kostea hake sen sijaan aiheuttaa hyvin monessa kohdin häiriöitä. Jotta laitos toimisi moitteettomasti, ei hake saa olla liian märkää. Hakettamattomien ranka- ja kokopuuka-



sojen peittäminen vähentää käyttöpään häiriöitä. Tutkimuksessa oli joka kolmas laitos peittänyt hakettamattomista ranka- ja kokopuukasoista keskimäärin 47 %. Vain kolme laitosta peitti kaikki hakettamattomat kasat.

Tässä selvityksessä oli 46 %:lla laitoksista vaikeuksia silloin, kun hake oli tavallista märempää. Eniten häiriöitä aiheutui siilossa, peräti 54 %. Pahin ongelma oli holvaantumisen (noin kolmannes häiriöistä). Jäätyminen oli kyseessä runsaassa viidenneksessä tapauksista ja lisäksi vaikeuksia tuotti jonkin verran valuminen siilossa. Syöttösuppilossa oli neljännes häiriöistä. Jakauma syöttösuppilossa oli sellainen, että holvautuminen muodosti häiriöistä vajaan viidenneksen ja loput häiriöistä olivat suppilossa. Noin 10 % häiriöistä aiheutui arinan tukkeutumisesta ja valumisesta arinalla. Vastaanottolaitteissa häiriöistä oli vajaa neljä prosenttia.



Kuva 4. Hakettamattomista ranka- ja kokopuukasoista oli vain kolmannes peitetty.

Lumen ja jään aiheuttamat  
häiriöiden jakaumat, %

|                               |      |         |
|-------------------------------|------|---------|
| Siilo                         |      |         |
| holvaantuminen                | 23,1 |         |
| jäätyminen                    | 12,7 |         |
| ei valu                       | 5,2  |         |
| paakkuuntuu                   | 2,6  | 43,6    |
| Kuljettimet                   |      |         |
| hihnakuljettimilla pysyminen  | 12,7 |         |
| jäätyy kolakuljettimille      |      |         |
| (vaaka)                       | 2,6  |         |
| kolakuljettimen ketjun väliin | 2,6  |         |
| ruuvikuljettimilla Ø 350 mm   | 2,6  | 20,5    |
| Syöttösuppilo                 |      |         |
| holvaantuminen                | 17,9 |         |
| jäätyminen                    | 2,6  | 20,5    |
| Sulkusyöttimessä              |      | 7,7     |
| Pinnanvartijoissa             |      | 5,1     |
| Vaikeuksia etupesässä         |      | 2,6     |
|                               |      | -----   |
|                               |      | 100,0 % |

Hakkeen jäätymisen  
aiheuttamat  
häiriöiden jakauma, %

|                                   |      |         |
|-----------------------------------|------|---------|
| Siilo                             |      |         |
| jäätyy reunoihin                  | 34,2 |         |
| holvaantuu                        | 19,6 | 53,8    |
| Kuljettimet                       |      |         |
| jäätyy kolakuljettimelle          | 18,3 |         |
| ruuvit tukkeutuu ja jumiutuu      | 3,6  |         |
| Ø 170 mm ja 200 mm                |      |         |
| paakkuuntuu hihnakuljettimelle    | 2,4  | 24,3    |
| Syöttösuppilossa holvaantuu       |      | 9,8     |
| Purkavasta kärrystä hake ei irtoa |      | 7,3     |
| Siilon purkaimet                  |      |         |
| tankopurkaimet rikkoutuu          | 2,4  |         |
| ruuvivaurioita Ø 280 mm           | 2,4  | 4,8     |
|                                   |      | -----   |
|                                   |      | 100,0 % |

Talvella kun hakkeen tarve on suuri, on lumen ja jään esiintyminenkin runsasta. Kokonaan lunta ja jäätä ei voida nykyisillä menetelmillä poistaa. Peräti 66 % laitoksista ilmoitti lumesta ja jäästä olevan harmia.

Vain 8,5 %:lla oli vaikeuksia muista syistä. Näitä syitä olivat ennen kaikkea kuljettimien alimitoitus vieraat aineet (kivet, metalliesineet) ja suuret kapulat sulkusyöttimessä.

## KIRJALLISUUS

Kirjavainen, R & Lahdenperä, T. 1983. Hakkeen ja palaturpeen vastaanotto-, varastointi- ja kuljetinlaitteiden suunnitteluperusteet. Kauppa- ja teollisuusministeriö, Energiaosasto. 104 s.

## TIIVISTELMÄ

Metsähakkeella tarkoitetaan pieniläpimittaisesta rangaista, kokopuusta tai hakkuutähteestä tehtyä haketta. Useat laitokset pitävät kokopuuhakkeen käyttöä ongelmallisena siksi, että hakkeen joukossa on oksanpätkiä ja tikkuja. Vaikeudet syntyvät useimmin kuljetin- ja syöttölaitteissa. Rankahake on tasalaatuisempaa ja sen käytöstä ei tule niin paljon häiriöitä käyttöpäässä. Hakkeen hinta ei saisi olla kovin korkea, jotta se olisi kilpailukykyinen toisiin polttoaineisiin nähden. Pieniläpimittaisten puiden karsiminen tämän päivän ihmisvaltaisista menetelmistä ja palkkakustannuksilla tulee liian kalliiksi. Ainoa järkevä menetelmä on korjata nämä pienet puut kokopuina ja kehittää hakkeen käsittelylaitteita, jotta lämpölaitos voisi käyttää kokopuuhaketta. Onhan kokopuuhakkeen hankintakustannukset lähes 10 % alemmat kuin rankahakkeen. Ongelmahan ei ole siinä, etteikö tällaisia laitteita olisi olemassa, vaan siinä, että näitä laitteita pitäisi lisätä yhä useampaan jo olemassa olevaan laitokseen. Uusien laitosten suunnittelussa ja rakentamisessa pitäisi myös ottaa nämä näkökohdat huomioon.

Aineisto käsitti 58 metsähaketta käyttävää laitosta. Laitosten keskimääräinen koko oli 3,6 MW. Yli puolet laitoksista oli alle 2,5 MW ja vain kolmen laitoksen koko ylitti 10 MW.

Hakkeen kuljetusmatka laitokseen oli keskimäärin 23 km. Vähän yli puolet hakkeesta kuljetettiin laitokseen traktorilla ja loput kuorma-autolla. Hakkeen kuljetus onnistuu yleensä parhaiten silloin, kun haketuksen ja kuljetuksen hoitaa sama urakoitsija. Puolet hakkeesta tyhjennettiin suoraan siiloon kippaamalla. Yleisin siilon rakennusmateriaali oli betoni. Siilon koko vaihteli 10 m<sup>3</sup>:stä 1100 m<sup>3</sup>:iin. Keskimääräinen koko oli vajaa 300 m<sup>3</sup>. Hakevaraston koko riippuu kulutuksesta ja kulutus taas laitoksen koosta. Varastossa olevan hakkeen tulisi riittää muutamaksi päiväksi huippukäytönkin aikana - ainakin viikonlopun yli pitäisi hakkeen riittää.

Sekä ranka- että kokopuuhaketta käyttävistä laitoksista 61 % ilmoitti, että siilossa oli esiintynyt häiriöitä. Holvaantuminen oli sekä ranka- että kokopuuhaketta käytettäessä pahin häiriö, lähes puolet häiriöistä syntyi holvaantumisesta. Holvaantuminen johtuu varmaankin märän hakkeen jäätymisestä ja hakkeen joukossa olevista risuista ja tikuista.

Siilonpurkainlaitteista yleisimpiä olivat kolakuljetimet ja ruuvit, kumpiakin oli 32 %. Tankopurkaimia oli 20 %, roottoreita 9 % ja kahmareita 7 %. Häiriöt taas jakautuivat siten, että ruuveissa ja tankopurkaimissa molemmissa oli 35 %, kahmareissa ja roottoreissa molemmissa 11 % ja ko-

lakuljettimissa vain 8 %. Vaikka kolakuljetin oli yleisin purkaintyyppi, oli häiriöitä tässä tyypissä hyvin vähän. Peräti 76 % laitoksista ilmoitti, että hakkeen kulussa siilon ja kattilan välillä oli vaikeuksia. Siilon jälkeisistä kuljettimista yli puolet olivat kolakuljettimia, erikokoisia ruuvikuljettimia oli vajaat puolet. Vaikeuksia oli eniten ruuveissa, jotka tukkeutuvat helposti tikuista ja oksista. Lähes 40 % ruuveista oli 100-200 mm:n suuruisia halkaisijaltaan. Siilosta kattilaan esiintyneistä häiriöistä yli 70 % aiheutui tikuista ja oksista. Loput häiriöt johtuivat lumesta ja jäästä sekä holvaantumisesta.

Syöttö- ja varastointijärjestelmän osa, jossa vaikeuksia erityisesti esiintyi, oli siilossa ja siilon purkaimissa 40 %. Syöttölaitteissa vaikeuksista oli 34 %, kuljettimissa 24 % sekä 2 % muissa osissa. Vajaat puolet laitoksista ilmoitti, että vaikeuksia on silloin, kun hake oli tavallista märempää. Häiriöistä yli puolet oli siilossa, holvaantumisessa ja jäätymisessä.

Metsähake kyllä soveltuu hyvin kunnallisiin lämpölaitoksiin polttoaineeksi, kunhan vain rakennetaan sopivat hakkeen varastointi-, kuljetin- ja syöttölaitteet.





ISBN 951-40-0936-3  
ISSN 0358-4283