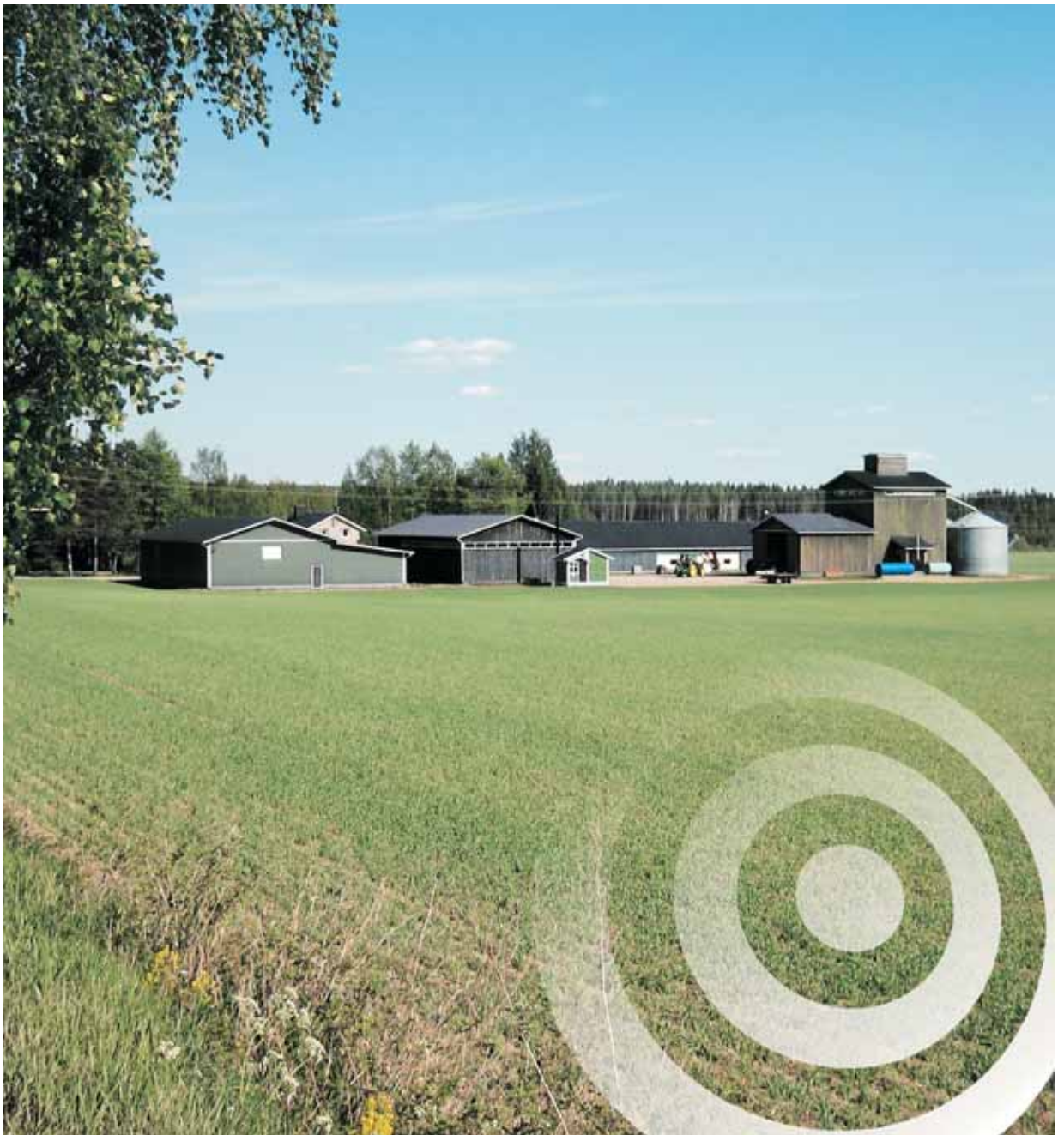


# Maatilan Hakelämmitys- opas





© Metsäkeskukset

Päätoimittaja: Juha Viirimäki

Toimitusryhmä: Urpo Hassinen,  
Juha Hiitellä,  
Veli-Pekka Kauppinen,  
Esa Koskiniemi,  
Pekka Moilanen,  
Jussi Somerpalo,  
Kyösti Turkia,  
Timo Vanhala

Taitto: Jorma Anttoora, Forwood

Kannen kuva: Juha Hiitellä

Takakannen kuva: Markku Ruuska

Painatus: Hämeen Offset Tiimi Oy,  
Tampere, 2008

ISBN: 978-952-5419-09-2 (nidottu)  
978-952-5419-10-8 (pdf)

# SISÄLLYS

<b>ESIPUHE</b>	<b>4</b>
<b>YLEISTIETOA PUUENERGIASTA</b>	<b>5</b>
Puu on uusiutuva ja ympäristöystävällinen biopolttoaine	5
Mitä on hake, pilke ja pelletti?	5
Kuutiometri metsähaketta vastaa 80 litraa öljyä	6
<b>LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN VALINTAPERUSTEET</b>	<b>7</b>
Lämpökeskuksen suunnittelu	9
<b>HAKELÄMMITYKSEN KUSTANNUKSET</b>	<b>10</b>
<b>LÄMPÖKESKUKSEN PALOTURVALLISUUS</b>	<b>12</b>
Lämpökeskuksen sijoittaminen	12
Paloturvallisuus	14
Kattilahuone	15
Syöttöhuone ja hakesyöttimet	15
Varastotilat	15
<b>LVI-SUUNNITELMA</b>	<b>16</b>
Lämpökeskuksen LVI-suunnitelma	16
Lämmönsiirtoputkisto	16
<b>HAKELÄMMITYSLAITTEET</b>	<b>17</b>
Lämmityskattila	17
Kattilan lämpöhäviöt ja hyötysuhde	17
Stokeripoltin	18
<b>HAKESILOT JA SYÖTTÖJÄRJESTELMÄT</b>	<b>18</b>
1. Pienet syöttösäiliöt	18
2. Etukuormaintäyttöiset syöttösäiliöt	19
3. Hakesiilo- ja tankopurkainjärjestelmät	19
4. Lämpökeskuskontti	19
Lisävarusteet	19
<b>HAKKEEN VARASTOINTI JA KUIVAUS</b>	<b>20</b>
Hakkeen laatuun kannattaa panostaa	21
<b>LÄMPÖKESKUKSEN KÄYTTÖÖNOTTO</b>	<b>22</b>
Käyttöönotto ja säätäminen	22
Kesäkäyttö ja konvektiopinnan ohitus	23
Kattilan huolto	23
<b>ENERGIAPUUN HANKINTA</b>	<b>24</b>
Hakkuun totetus	24
Metsäkuljetus ja varastointi	25
Hakerangan tienvarsivarasto	26
Haketus ja kuljetus siiloon	27
<b>PILKELÄMMITYS</b>	<b>28</b>
<b>PELLETTILÄMMITYS</b>	<b>30</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>31</b>

# ESIPUHE

Metsäkeskukset ovat tehneet tuloksetkaasti puuenergianeuvontaa 1990-luvun puolivälistä alkaen. Tänä aikana on maahamme syntynyt muun muassa 320 lämpörittäjäkohdetta, joiden käynnistämässä metsäkeskusten puuenergianeuvojilla on ollut merkittävä rooli. Kuluneina toiminnan vuosina puuenergianeuvojille on kertynyt tietotaitoa, jota haluamme tämän hakelämmitysoppaan kautta jakaa muillekin asiasta kiinnostuneille. Opas sopii hyvin maatilan lämpökeskuksen ja pienten lämpöyrittäjäkohteiden perussuunnitteluun.

Tämän oppaan runkona on käytetty Itä-Suomen Energiatoimiston, Met-

säkeskus Etelä-Savon, Metsäkeskus Häme-Uusimaan sekä Hämeen maaseutukeskuksen 1990-luvun lopussa laatimaa hakelämmityksen pienopasta. Oppaan päivityksestä ovat vastanneet metsäkeskusten puuenergianeuvojat.

Oppaassa olevat lentävät lausahdukset ovat peräisin puuenergianeuvojen käytännön työstä vuosien varrelta.



# YLEISTIETOA PUUENERGIASTA

## **Puu on uusiutuva ja ympäristöystävällinen biopolttoaine**

Puu on uusiutuva, kotimainen, taloudellinen energialähde ja sitä on maassamme runsaasti saatavilla.

Puu on todellista uusiutuvaa bioenergiaa, jonka energiatase on erittäin hyvä. Esim. hakkeentuotantoketjussa fossiilisten polttoaineiden tarve on vain 4-5 % tuotettua energiayksikköä kohti.

Puu on lämmön lähteenä ympäristöystävällinen, sillä se ei lisää kasvihuonekaasuja. Puu palaa joka tapauksessa, niin hitaasti lahotessaan kuin nopeasti palaessaan. Palaessaan se vapauttaa ilmakehään hiilidioksidia. Kasvatavat puut sitovat tämän vapautuvan hiilidioksidin, joten sen määrä ilmakehässä ei lisäännä toisin kuin fossiilisia polttoaineita käytettäessä.

Puun polttamisesta syntyy vähän päästöjä kun hakelämmityslaitteisto on lämmöntarpeen mukaan säätyvä ja käytettävä polttoaine on tasalaatuista ja kuivaa.

## **Mitä on hake, pilke ja pelletti?**

**Hake** on yleisnimitys koneellisesti haketetulle puulle. Raaka-aineena voi olla latvusmassa, sahapinnat tai muu haketettavaksi soveltuva puuraaka-aine. Hake mahdollistaa puulämmityksen automatisoinnin lämpökeskuksissa.

**Metsähake** on metsistä korjattavasta raaka-aineesta tehtyä haketta. Metsähaketta voidaan tehdä karsimattomasta kokopuusta (kokopuuhake), karsituista rangoista (rankahake) ja latvusmassasta (latvusmassahake).

Tärkeimmät hakkeen ominaisuudet ovat sen korkea lämpöarvo ja alhainen kosteus. Kun hakkeen palakoko on tasalaatuista, on sitä myös helppo käsitellä.

**Pilke** tai tutummin klapi on takoisaa, uuneissa, kamiinoissa ja muissa tulisijoissa poltettavaa 25 - 50 cm:n mittaista halkaistua tai aisattua polttopuuta.

**Pelletti** on purusta ja kutterin lastusta puristettu, läpimitaltaan 0,6 - 1,4 cm ja pituudeltaan 2-3 cm kokoinen energiajajae.

**Briketit** ovat pellettiä suurempia, läpimitaltaan 6-7 cm ja 10-20 cm:n pituisia puupuristeita. Briketit valmistetaan tavallisimmin purusta, hiontapölystä tai kutterinlastusta.



## Kuutiometri metsähaketta vastaa 80 litraa öljyä

Yksi kiintokuutiometri energiapuuta sisältää noin kaksi megawattituntia (MWh) energiaa. Metsähakkeen energiasisältö vaihtelee kosteudesta ja tiheydestä riippuen 0,7–1,0 MWh/i-m<sup>3</sup>. Keskimäärin kuutiometri metsähaketta vastaa energia-

sisällöltään 80 litraa kevyttä polttoöljyä.

Maatilalla, jolla on erillinen hake-  
lämpökeskus, vuotuinen hakkeen  
kulutus on keskimäärin 120 irtokuutiometriä. Kun hake on kuivatua, tästä hakemäärästä saadaan lämpöenergiaa 80 MWh, joka vastaa 10 000 litran kevyen polttoöljyn kulutusta.

Ominaisuus	Metsähake	Puubriketti	Puupelletti	Palaturve	Pilke	Kevyt polttoöljy
Kosteus,% (hakkeet kaatotuoreena)	40-55	8-10	8-10	25-40	20-25	
Irtotiheys saapumistilassa, kg/i-m <sup>3</sup>	250-320	600-650	600-650	350-400	240-320	
Energia tiheys, MWh/i-m <sup>3</sup>	0,7-1,0	2,9-3,4	2,9-3,9	1,4	1,35-1,6 MWh/p-m <sup>3</sup>	10 MWh/m <sup>3</sup>
Tuhkapitoisuus kuiva-aineessa, %	0,5-2	0,5	0,5	4-6	1,2	
Polttoaineen hinta, €/MWh, alv 0 %	15-25	20	35	12	25-50	65

Hinnat 2/2008 hintataso



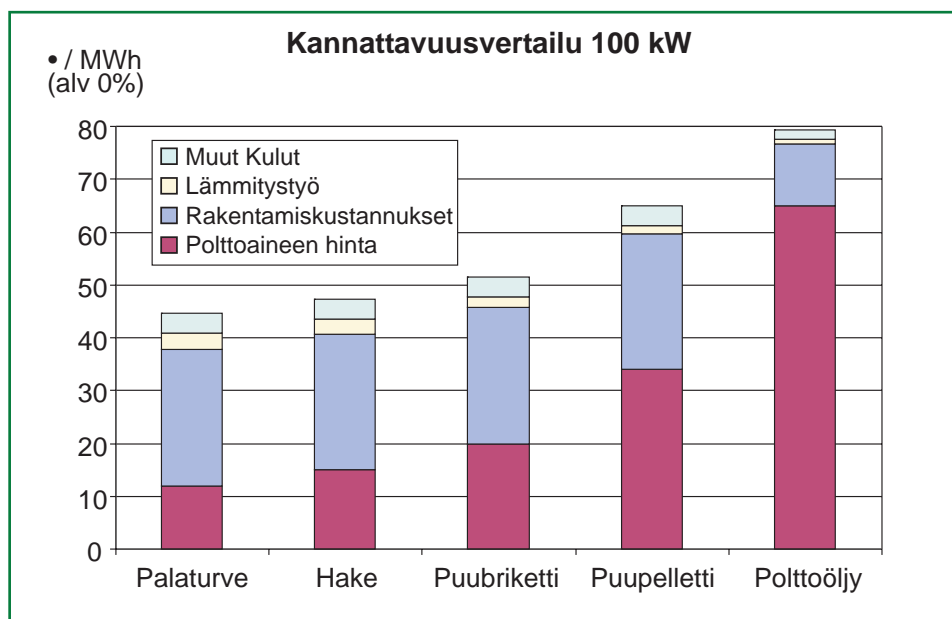
Kokopuuta kourakasoissa.

# LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN VALINTAPERUSTEET

Kun ollaan valitsemassa lämmitysjärjestelmää maatilalle tai muulle vastaavan kokoiselle kiinteistölle, lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttavia tekijöitä on useita. Merkittävin tekijä lämmitysjärjestelmän valinnassa on investoinnin kannattavuus eli lämmityksessä saatavat säästöt. Lisäksi uudella lämmitysjärjestelmällä voi säästää aikaa, joka menee lämmityksestä huolehtimiseen sekä tehostaa olemassa olevan konekaluston käyttöä. Mikäli polttoaine aiotaan hankkia omista metsistä, parantaa se samalla met-

sien hoidon tasoa ja metsätalouden kannattavuutta.

Lähes poikkeuksetta kannattavin vaihtoehto mautiloilla on siirtyä käyttämään biopolttoaineita. Tällöin poltinjärjestelmäksi kannatta valita stokeripoltin, jolla voi polttaa useita eri polttoaineita kuten esimerkiksi palaturvetta, haketta, pellettiä ja viljan lajittelujätteitä. Kun mahdollisuuksia on monia, voi valita kulloinkin edullisimman saatavilla oleva polttoaineen.



Metsäkeskuksen energianeuvojan tekemän kannattavuuslaskelman avulla voit vertailla oman tilasi eri lämmitysvaihtoehtoja. (Hinnat 2/2008)



Rakennus- ja laitekustannukset ovat merkittävä kustannuserä lämmön kokonaishinnasta.



250 kW paikalle rakennettu lämpökeskus. Yläkuvassa rakennus perustusvaiheessa.



## Lämpökeskuksen suunnittelu

Suunnittelun ja toteutuksen työvaiheet

- arvio tilan lämmitysjärjestelmän uusimistarpeesta
- arvio tilan vuotuisesta energian kulutuksesta ja tehon tarpeesta
- energiapuun hankinta, hakkeen varastointi ja käsittely tilalla
- hakelämmitysjärjestelmän kokonaissuunnittelu, laitevalinnat ja sijoitus asiantuntijan opastamana
- rakennus-, LVI- ja sähkösuunnittelijan tekemät suunnitelmakuvat ja kustannusarviot
- rakennuslupa ja paloviranomaisen lausunnot
- investointituki- ja rahoitustukihakemukset ja päätökset
- lämpökeskuksen rakentaminen
- lämpökeskuksen käyttöönotto ja lämmitysjärjestelmän säätäminen

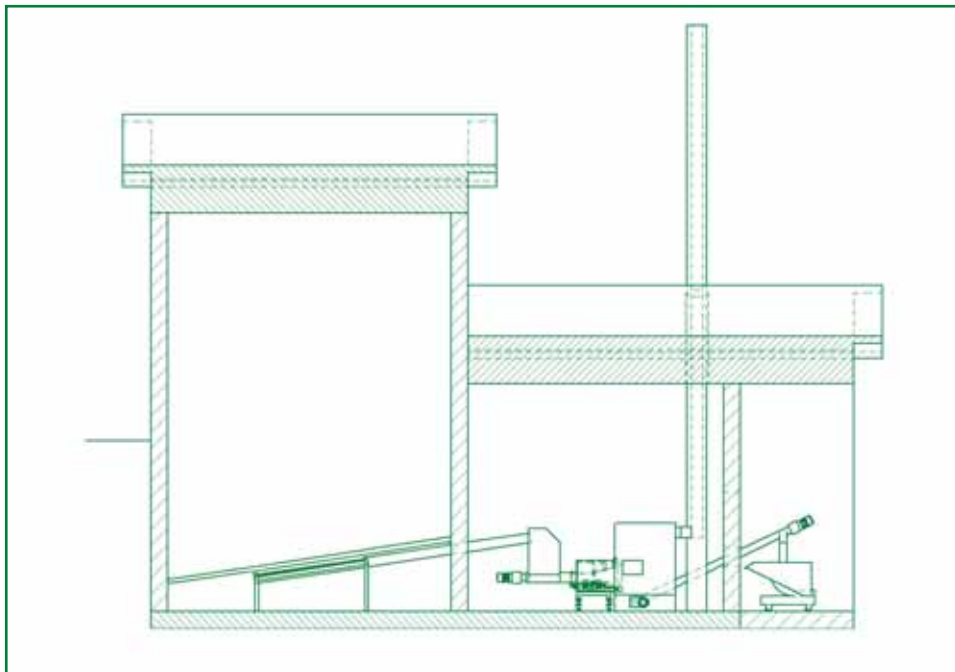
### Vinkki

Tutustumalla jo toiminnassa oleviin lämpökeskuksiin saa tärkeää käytännön tietoa erilaisten ratkaisujen ja polttoaineiden toimivuudesta.

Hyvin suunniteltu on puoliksi tehty.



Isäntä ja metsäkeskuksen energianeuvoja suunnittelemassa lämpökeskusta.



# HAKELÄMMITYKSEN KUSTANNUKSET

Hakelämmityksen investointikustannukset muodostuvat rakennus- ja laitehankintojen sekä tarvittavien rakennus- ja asennustöiden kuluista. Tilan energian kokonaiskulutus ja lämmitystehon tarve määräävät lämpökeskuksen mitoituksen, valittavan tekniikan ja investoinnin kustannukset.

Rakentamiskustannuksiin vaikuttavat paljon lämpökeskuksen sijainti sekä vanhan lämpökeskuksen hyödyntämismahdollisuus. Alla ovat arviot kustannuksista, kun rakennetaan aivan uusi lämpökeskus. Arviot on esitetty kolmelle eri kokoluokalle ja hinnat perustuvat keskimääräisiin vuoden 2008 hintoihin.

Kun investointikustannus jaetaan koko laitoksen elinkaaren ajalle, hakelämmityksen investointikustannukset ovat samaa luokkaa polttoainekustannusten kanssa. Normaali laitoksen käyttöikä on 15–20 vuotta.

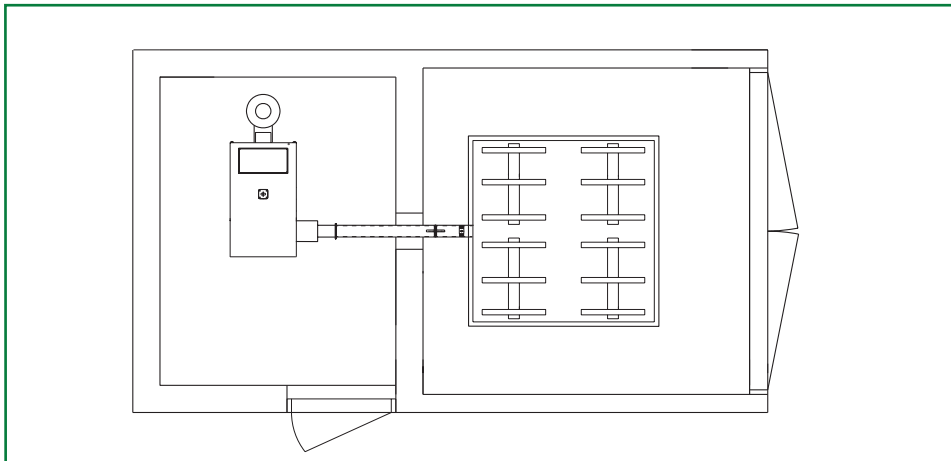
"Nyt harmittaa kun ei tullut tehtyä jo aikaisemmin."

- Sanoi sikamies Somerolta

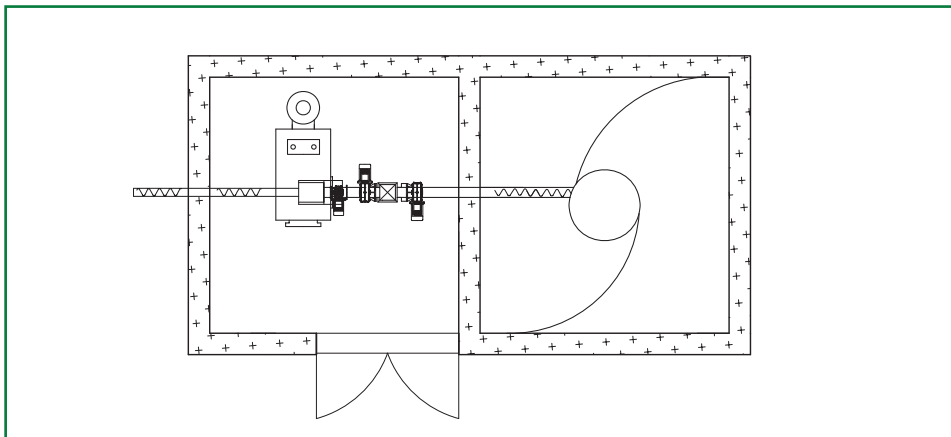
## HAKELÄMPÖKESKUKSEN RAKENTAMISKUSTANNUKSET, Euroa, alv 0%

	50 kW	100 kW	250 kW
Pannuhuone	7 000	7 000	12 000
Kattila	4 000	6 000	13 000
Syöttölaitteet, automatiikka ja poltin	10 000	15 000	30 000
Syöttöhuone	7 000	12 500	19 000
Savupiippu	1 500	2 000	3 000
Sähkötyöt + tarvikkeet	1 500	2 500	4 000
LVI - työt + tarvikkeet	3 000	4 000	13 000
Rakennusluvut ja piirustukset	1 000	1 000	1 000
Lämpökanaalit 50 - 100 • / m			
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>35 000</b>	<b>50 000</b>	<b>95 000</b>

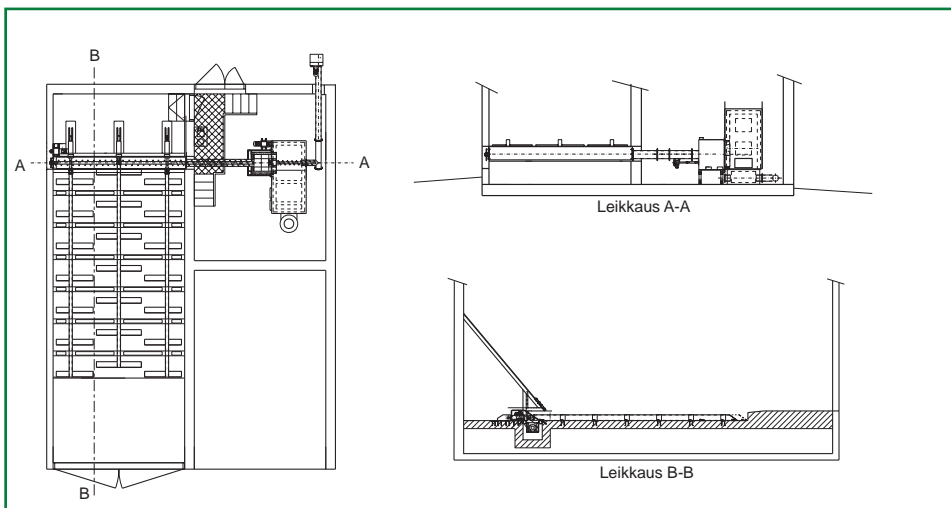
Kustannukset keskimääräisiä rakentamiskustannuksia



Mallikuva 50 kW lämpökeskuksesta



Mallikuva 100 kW lämpökeskuksesta



Mallikuva 250 kW lämpökeskuksesta

# LÄMPÖKESKUKSEN PALOTURVALLISUUS

## Lämpökeskuksen sijoittaminen

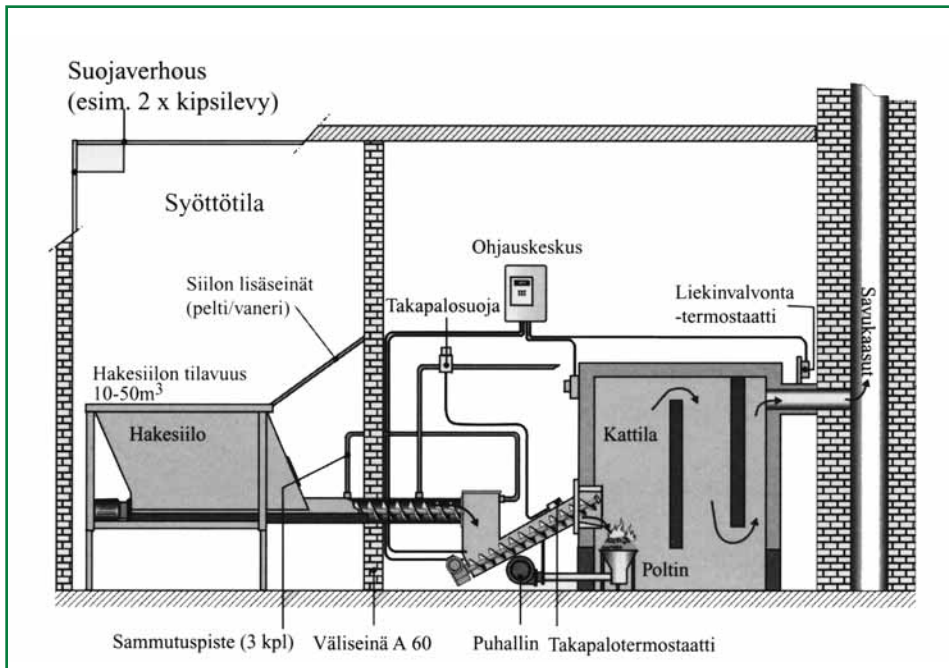
Lämpökeskuksen paikkaa harkittaessa selvitetään ensin nykyisten tilojen käyttökelpoisuus. Lämpökeskus voidaan sijoittaa vanhaan tuotantorakennukseen, jos hakkeen varastointi ja käsittely voidaan toteuttaa joustavasti. Tällöin hakevarastotila, syöttö- ja kattilahuone tulee osastoida ja rakentaa voimassa olevien paloturvallisuusvaatimusten mukaisesti. Usein lämpökeskuksen tilantarve kasvaa niin merkittävästi, että vanhojen tilojen

hyödyntäminen on teknisesti ja taloudellisesti kannattamatonta.

Uudet hakelämpökeskukset suositellaan rakennettavaksi erilleen tuotantorakennuksista. Etäisyys lähimpiin rakennuksiin tulee olla vähintään 8 metriä. Sijoituksessa tulee huomioida myös hakesiilo ja miten se täytetään sekä kulkureitti siilolle. Lämpökeskus pyritään sijoittamaan mahdollisimman lähelle eniten lämpöenergiaa tarvitsevaa rakennusta. Näin minimoidaan kanaalikustannukset ja kanaalin lämpöhäviöt.



Uudet hakelämpökeskukset suositellaan rakennettavaksi erilleen tuotantorakennuksista.



Kuvassa tärkeimmät paloturvallisuusratkaisut.



Paloturvallisuus lähtee siisteydestä ja huolellisesta käytöstä.

## Info

### Rakennusten paloluokat

#### Paloluokka P1

Rakennuksen kantavien rakenteiden oletetaan pääsääntöisesti kestävän palossa sortumatta. Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää ei ole rajoitettu.

#### Paloluokka P2

Rakennuksen kantavien rakenteiden vaatimukset voivat olla paloteknisesti edellisen luokan tasoa matalampia. Riittävä turvallisuustaso saavutetaan asettamalla vaatimuksia erityisesti seinien, sisäkattojen ja lattioiden pintaosien ominaisuuksille. Lisäksi kerroslukua ja henkilömääriä on rajoitettu käyttötavasta riippuen.

#### Paloluokka P3

Rakennuksen kantaville rakenteille ei aseteta erityisvaatimuksia palonkeston suhteen. Riittävä turvallisuustaso saavutetaan rakennuksen kokoa ja henkilömääriä rajoittamalla käyttötavasta riippuen.

## Muista

Ota jo suunnitteluvaiheessa yhteyttä oman alueen palotarkastajaan.

## Paloturvallisuus

Hakelämpökeskuksessa on paloturvallisuuden vuoksi oltava vähintään kaksi erillistä toisistaan riippumatonta takatulen estojärjestelmää, jotka toimivat myös sähkökatkoksen aikana. Toisen järjestelmistä tulee olla vesisammutusjärjestelmä. Toinen turvajärjestelmä voi olla sulkusyötin, pudotuskuilu tai ilmatiiviillä kannella varustettu syöttösiilo.

Savuhormin oikea mitoitus sekä kattilan ja piipun huolellinen liittäminen ovat erittäin tärkeitä paloturvallisuuden kannalta. Alipaine kattilaan saadaan riittävän pitkällä ja sisähalkaisijaltaan oikein mitoitettulla savupiipulla. Hormikoko valitaan kattilavalmistajan ohjeiden mukaan. Hormin materiaaliksi voi valita haponkestävän teräksen, tiilen tai ke-raamisella sisäputkella varustetun kevytsoraharkkohormin.

Käytettävän hakkeen laatu vaikuttaa palamiseen ja paloturvallisuuteen. Kosteaa ja tikkuinen hake palaa epätasaisesti ja aiheuttaa kattilan ja savuhormin nokeutumista. Toisaalta takapalon riski kasvaa kesällä kun käytetään keinokuivattua haketta ja lämmitetään pienellä teholla. Kesäajan polttoaineena voidaan käyttää kosteampaa haketta. Kesällä pelkän käyttöveden lämmittämiseen voidaan käyttää myös öljyä tai sähköä.

Rakennuksen suunnitteluvaiheessa tulee ottaa huomioon palomääräykset. Rakennukset jaetaan kolmeen paloluokkaan P1, P2 ja P3. Maatalousrakennukset kuuluvat yleensä palaturvallisuusluokituksessa luokkaan P3 (paloa hidastava).

Syöttölaitteiden sammutusautomaatiikka on pitkälle kehittynyt ja mahdollisista häiriöistä voi saada tiedon nopeasti vaikka matkapuhelimeen. Lämpökeskuksen huolellinen ja

säännöllinen hoito ja siisteys parantavat paloturvallisuutta. Lämpökeskukseen kannattaa sijoittaa myös alkusammutuskalustoa kuten pikapaloposti ja käsisammutin.

## Kattilahuone

Hakelämmityskattila, joka on tehoaan yli 30 kW, sijoitetaan erilleen ja osastoituun kattilahuoneeseen. Kattilahuoneen tulee olla rakennettu palamattomasta materiaalista ja sen rakenteen on kestävä paloa vähintään 60 minuuttia. Tällaiseen tilaan viitataan luokituksella EI 60. Lisäksi kattilahuoneen korvausilmakanavan tulee olla vähintään 1,5-kertainen savuhormin poikki-pinta-alaan verrattuna.

## Syöttöhuone ja hakesyöttimet

Kun kattilahuoneeseen liittyy syöttöhuone tai tuhka huone, katsotaan niiden kuuluvan kattilahuoneen palo-osastoon. Kun palamaton syöttösiilo on tilavuudeltaan enintään 2 m<sup>3</sup>, erotetaan se kattilahuoneesta vähintään pölyn leviämistä estävällä seinällä. Kattilahuoneeseen sijoitettuun palamattomaan hakesiiloon voidaan laittaa haketta korkeintaan 500 litraa. Erillisiin lämpökeskuksiin rakennetut, etukuormaimella tai kippaamalla täytettävät hakesiilot ovat yleensä palo-osastoitu luokituksella EI 30, jolloin tilan palonkestävyys tulee olla vähintään 30 minuuttia.

Hakkeen syöttöruuvit tulee varustaa sammuttimen valmistajan ohjeiden mukaisesti. Takatulen estämiseksi isompiin hakelämpökeskuksiin hake siirretään usein kah-

della syöttöruuvilla, sulkusyöttimen tai ilmahypyn kautta. Siilosta kattilaan nouseva ruuvi on paloturvalla kannalta parempi kuin vaakasuorassa oleva ruuvi. Palopää eristetään siirtoruuvista yhdellä tai useammalla lämpöä eristävällä teräslapilla. Hyvä lisävaruste on myös pulssiohjattu takapalosuojia, joka kustuttaa haketta tarpeen mukaan.

## Varastotilat

Erilliset hakevarastot sijoitetaan mielellään erilleen muista rakennuksista. Hakevarastot varustetaan usein hakekuivurilla, jolla parannetaan polttoaineen laatua ja helpotetaan lämmitystyötä. Siilopurkain voi ottaa hakkeen myös suoraan varastosta, jonne se haketetaan. Näissä tapauksissa kannattaa jo suunnitteluvaiheessa keskustella varastotilojen sijoittamisesta ja palo-osastoinnista palotarkastajan kanssa.



Korvausilmakanavan tulee olla vähintään 1,5-kertainen savuhormin poikki-pinta-alaan verrattuna.

# LVI-SUUNNITELMA

## Lämpökeskuksen LVI-suunnitelma

Erillinen LVI-suunnitelma on hyvä tehdä aina niissä kohteissa, joiden nimellisteho on yli 100 kW. Pienemmissä kohteissa erillinen LVI-suunnitelma on tarpeellinen, kun lämpöputkia tulee paljon, lämpimän käyttöveden kulutus on suurta tai lämmitystehon tarpeen vaihtelut ovat suuria.

## Lämmönsiirtoputkisto

Lämpöputkisto mitoitetetaan verkoston painehäviön, lasketun mitoitusvirran sekä meno- ja paluu veden lämpötilaeron suuruuden perusteella. Putkikoon tulee olla riittävä siirtämään lämmitykseen tarvittava energia käyttökohteeseen. Lämpöputket tehdään nykyisin solumuovilla tai polyuretaanilla eristetyllä muovi- tai teräsputkilla, jotka kestävät taivutusta. Putkistoa varten tarvitaan noin metrin syvyinen kaivanto. Kun lämmönsiirtoputkisto on hyvin eristetty,

sen tehohäviö on 15 - 30 W/m. Käytännössä 50 metriä pitkä lämpöputkisto hukkaa vuodessa 10 irtokuutiota haketta. Vaikka lämpöputkiston siirtohäviö on yleensä vain muutamia kilowatteja, ylipitkiä lämpöputkia ei kustannussyistä käytännössä tehdä.



Lämpöputki sijoitetaan noin metrin syvyyteen. Putken ympärillä tulee olla seulotua, kivetöntä hiekkaa.

Kuva: Markku Ruuska



# HAKELÄMMITYSLAITTEET

## Lämmityskattila

Hakelämmityskattila on erityisesti stokerikäyttöön suunniteltu. Siinä on suuri vesitila ja se soveltuu hyvin suoraan lämmitykseen. Kohteissa, joissa lämmintä käyttövetä kuluu paljon, saattaa kattilan rinnalla tarvita lämminvesivaraajaa.

Muurattu tai keraaminen tulipesä nostaa palamislämpötilaa ja parantaa paloa silloin kun polttoaineet ovat kosteita. Varajärjestelmänä kattilassa voi olla öljypoltin ja/tai sähkövastusliitäntä.

## Kattilan lämpöhäviöt ja hyötysuhde

Savukaasujen mukana poistuu lämpöenergiaa, jota ei saada kattilan lämmönsiirtopintojen kautta talteen kattilaveteen. Mitä alhaisempi kattilasta poistuvien savukaasujen lämpötila on, sitä pienempi on savukaasuhäviö. Kattila mitoitetaan yleensä niin, että savukaasujen lämpötila pysyy alle 200 asteessa.

Kattilan mitoituksessa on otettava huomioon myös käytettävä polttoaine. Mitä pienempi stokeripoltin on, sitä huonommin se sietää märkää haketta. Kostealle polttoaineelle on mitoitettava noin 20 % suurempi stokeripoltin ja kattila kuin kuivalle polttoaineelle.

Kattilan valinnassa on otettava huomioon myös asennuskohteen erityisvaatimukset sekä päivittäisen käytön ja huollon helppous.

### Info

#### Kattilan esimerkkimitoitus:

Talo	10 – 20 kW
Navetta	20 – 50 kW
Konehalli	3 – 5 kW
Lämpökanaali	2 – 3 kW / 100 m
Yhteensä	35 – 80 kW

#### Kattilamitoituksen räntäsadevakio:

4 x vuotuinen öljyn kulutus kuutioina  
≈ kattilan teho kilowatteina.



## Stokeripoltin

Stokeripoltin koostuu teräksisestä, ilmatiiviillä kannella varustetusta hakesäiliöstä, syöttöruuvista ja kattilan tulipesään sijoitettavasta palopäästä. Syöttöruuvi annostelee haketta säiliöstä palopäähän ja palamisilmapuhallin säätelee palamisilman määrää. Kattilaveden lämpötila ohjaa syöttöruuvien pyörimistä.

Stokeri on varmatoiminen, edullinen ja sopii pieniin tiloihin. Sen huonoina puolina ovat hakesäiliön pieni tilavuus ja polttoaineen korkeat laatuvaatimukset. Käytettävän hakkeen tulee olla kuivaa, kosteudeltaan alle 30 %, pienipalasta ja tasalaatuista.

# HAKESIILOT JA SYÖTTÖJÄRJESTELMÄT

Hakesiilon mitoitus riippuu hakkeen kulutuksesta ja halutusta siilon täytävyydestä. Siilo voidaan täyttää käsin, kun hakkeen vuotuinen käyttömäärä on noin 30–50 m<sup>3</sup>. Isommilla käyttömäärillä hakkeen siirto kannattaa koneellistaa. Tällöin siilo voidaan täyttää esimerkiksi traktorin etukuormaimella.

### Info

100 kW:n kattilan keskimääräinen vuosikulutus on noin 300 m<sup>3</sup>.

Huipputeholla se kuluttaa haketta:

- 3,5 – 5 m<sup>3</sup> vuorokaudessa
- 25 – 35 m<sup>3</sup> viikossa
- 100 – 140 m<sup>3</sup> kuukaudessa



## 1. Pienet syöttösäiliöt

Säiliötilavuus 500–2 000 l, teho 20–40 kW. Sijoitetaan kattilahuoneeseen (max. 0,5 m<sup>3</sup>) tai syöttöhuoneeseen (0,5–2,0 m<sup>3</sup>). Täytetään saavilla, kottikärryillä tms. Säiliöllinen polttoainetta riittää 1–4 vuorokaudeksi. Hake siirtyy ruuville yleensä lautaspurkaimen avulla.

## 2. Etukuormaintäyttöiset syöttösäiliöt

Säiliötilavuus 4 m<sup>3</sup>–15 m<sup>3</sup>, teho 40–500 kW. Sijoitetaan erilliseen syöttöhuoneeseen tai ulos. Täytetään etukuormaimella kerran viikossa. Siilossa on joko lautas-, jousi-, kola- tai tankopurkain.

## 3. Hakesiilo- ja tankopurkainjärjestelmät

Tehoalue 40–2 000 kW. Haketus tapahtuu suoraan hakesiiloon tai hakevarastoon jousi- tai tankopurkaimen päälle. Hakesiilon tilavuus 20 m<sup>3</sup>–500 m<sup>3</sup>. Täyttöväli vaihtelee kokoluokan mukaan.

## 4. Lämpökeskuskontti

Rakennettavalle lämpökeskukselle on vaihtoehtona valmis lämpökeskuskontti, joka koostuu kattilahuoneesta ja polttoainesiilosta. Lämpökeskuskontissa on liitännät valmiina kiinteistön sähkö-, vesi- ja lämmitysjärjestelmään. Kontin siilotilavuus on yleensä 10 – 30 m<sup>3</sup>, joten tilalla tarvitaan erillinen hakevarasto. Siilon voi täyttää etukuormaimella tai rinneratkaisuissa peräkarrystä kippaamalla.

## Lisävarusteet

Jos polttoaineena käytetään myös turvetta, viljan lajittelujätettä tai huonolaatuista haketta, niin palopää suositellaan varustettavaksi liikkuvalla arinakoneikolla. Muita lisävarusteita ovat mm. tuhkaruuvi, puhelinhälytys, palamisen ohjaus savukaasun jäännöshapen mukaan ja automaattinen nuohous.



# HAKKEEN VARASTOINTI JA KUIVAUS

Hakevarastolle ei ole suuria vaatimuksia. Vain katto ja betonilattia ovat välttämättömiä, esimerkiksi vanhat rehusiilot soveltuvat hyvin varastoiksi. Varaston korkeus pitää olla riittävä, jos on tarkoitus purkaa kuorma kippaamalla.

Kuivauksella voidaan nostaa hakkeen laatua. Kuivalla ja palakooltaan tasalaatuisella hakkeella saadaan aikaan parempi palaminen ja häiriötön lämmitys. Kuivassa hakkeessa on myös suurempi lämpöarvo, joten sitä kuluu vähemmän. Lisäksi kattilasta saadaan oikeilla säädöillä luvattu nimellisteho.

Alle 30 % kosteudessa hakkeen homehtuminen vähenee. Hakkeen kuivaus on välttämätöntä lämmitys-

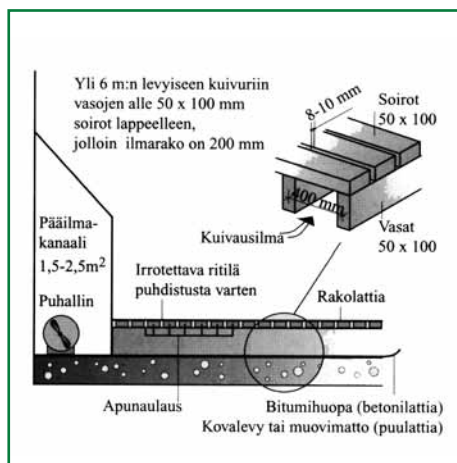
järjestelmissä, joissa siilo täytetään käsin. Täytön yhteydessä hengitys-ilmaan pääsee homeitiötä, jotka ovat vakavasti otettava terveysriski.

## Info

Kosteuden vaikutus hakkeen kulutukseen

kosteus 20 %	➔	100 m <sup>3</sup>
kosteus 30 %	➔	130 m <sup>3</sup>
kosteus 50 %	➔	200 m <sup>3</sup>

Vettä ei kannata polttaa, koska palokuntakin käyttää sitä tulen sammuttamiseen.



## Hakkeen laatuun kannattaa panostaa

Liian kostea hake palaa tehottomasti ja aiheuttaa noki- ja muita päästöjä normaalia enemmän. Mitä kosteampaa käytettävä hake on, sitä vähemmän siitä saadaan lämpöenergiaa. Lisäksi kattilan hyötysuhde heikkenee voimakkaasti polttoaineen kosteuden lisääntyessä. Hakkeen polton automatisointi

maatiloilla ja muilla vastaavan kokoluokan kohteilla edellyttää, että hake on riittävän kuivaa (kosteus alle 35 %).

Varastoidun metsähakkeen suuri kosteus voi aiheuttaa varastossa polttoaineen holvaantumisen, homehtumisen ja talvella myös jääty-  
misen.



Malliesimerkki hakerankavarastosta, joka odottaa peittämistä.

# LÄMPÖKESKUKSEN KÄYTTÖNOTTO

## Käyttöönotto ja säätäminen

Kattilan ja lämpökeskuksen käyttöönotto on hyvä tehdä asennuksesta vastaavan laitetoimittajan kanssa. Käyttöönotossa noudatetaan kattila- ja poltinvalmistajan ohjeita. Varo- ja suojalaitteiden toiminnan tarkastus ja säätö liittyvät käyttöönottoon.

Lämpökeskusta käynnistettäessä etsitään sopivat syöttö- ja ilmamääräsäädöt. Hakepoltin säädetään polttoaineen laadun mukaan noudattaen kattila- ja poltinvalmistajan

ohjeita. Hakkeen kosteus, palakoko ja puulaji vaikuttavat säätöarvoihin. Esimerkiksi pelletissä on noin nelinkertainen lämpöarvo hakkeeseen verrattuna ja se vaatii erilaiset syötön ja puhaltimien säätöarvot.

Liian pieni palamisilman määrä näkyy piipusta nousevana tummana savuna. Tämä johtuu suuresta palamattomien hiukkasten määrästä. Toisaalta liian suuri palamisilmamäärä heikentää hyötysuhdetta. Oikein säädetty liekki on rauhallinen ja vaalea. Jos tuhkan seassa on palamattomia hiilikekäleitä, syöttönopeus on liian suuri



Hakelämmittäjän on helppo hymyillä.

ja/tai ilmavirta on liian voimakas. Tällöin hakepalaset putoavat palopäästä kesken palamisen. Kattilan säätöön vaikuttavat savukaasun lämpötila, happipitoisuus ja hääpitoisuus. Nämä arvot voidaan mitata tarkasti savukaasuanalysaattorilla.

## Kesäkäyttö ja konvektiopinnan ohitus

Pienen kokoluokan hakelämpökeseukukset mitoitetaan suurimman tarvittavan tehon mukaan. Mikäli lämpökeskus ylimitoitetaan, saattaa kesäaikainen käyttö muodostua ongelmaksi. Kesäkuukausina käyttö muodostuu lähes pelkästään käyttöveden lämmittämisestä.

Kesällä hakekattilan käytettävyyttä voidaan parantaa, jos kattilassa on mahdollisuus päästää osa savukaasuista konvektiopinnan ohi suoraan savupiippuun. Tällöin savukaasun lämpötila nousee, stokeri käy useammin ja takapaloriski pienenee. Kesäaikana kannattaa käyttää huonolaatuisimmat polttoaine-erät ja säästää laadukkaampi hake talviajalle.

Hyvä palaminen vaatii kattilahuoneeseen riittävän määrän korvausilmaa. Korvausilma-aukon suosituskoko on 1,5 kertaa savupiipun koko.

## Kattilan huolto

Kattilan huoltoon on kiinnitettävä riittävästi huomiota. Piippuun menevien savukaasujen lämpötilan kohoaminen kertoo kattilan likaantumisen ja nuohoustarpeesta. Savukaasujen 100 asteen lämpöti-

lan nousu heikentää kattilan hyötysuhdetta noin 7 %.

Yhdestä irtokuutiosta haketta kertyy puutuhkaa noin viisi litraa. Tuhkan siirto kattilasta voidaan koneellistaa tuhkaruuvilla. Viljanlajittelujätteen ja turpeen poltossa on huomioitava niiden suurempi tuhkapitoisuus ja alhaisempi tuhkan sulamislämpötila, jotka lisäävät kattilan ja polttimen puhdistustarvetta.



Tuhkaruuvi on hyvä lisävaruste.

"Akkatäyttöinen stokeri vaatii panostusta parisuhteen hoitoon."  
- Sananlasku Lapuan suunnalta

# ENERGIAPUUN HANKINTA

Maatilan hakkeen hankintaketju on usean erillisen työvaiheen kokonaisuus, jonka onnistunut läpivienti vähentää häiriöitä lämmitystyössä ja turvaa riittävän ja tasaisen lämmöntuotannon. Lisäksi se mahdollistaa myönteiset vaikutukset metsänhoitoon ja maisemaan sekä minimoi maaperän ravinnehävikit.

Hakkeen hankintaketjun tärkeimpiä osa-alueita ovat kosteuden hallinta

ja epäpuhtauksien välttäminen raaka-aineessa.

Yleinen periaate on, että mitä pienemmät hakejärjestelmät ovat käytössä, sitä laadukkaampaa täytyy hakkeen olla. Perinteisesti maatilan lämpökeskuksissa käytettävä hake on tehty valtaosin karsitusta rangasta. Siitä saadaankin yleensä erinomaista haketta. Neulasissa ja lehdisissä on merkittävä osa puun ravinteista. Nämä jäävät karsinnassa metsämaaperän lannoitteeksi. Huonona puolena on menetelmän kalleus. Lisäksi oksien, lehtien ja neulasten jäädessä metsään, saadaan poltettavaa massaa 20–30 % vähemmän kuin kokopuukorjuussa. Kunnolla kuivuneesta raaka-aineesta valmistetusta kokopuuhakkeesta on hyviä kokemuksia myös maatalokokoluokan lämmityskohteissa. Erityisesti, jos käytettävissä on laadukas rumpuhakkuri, syntyy haketta, joka on riittävän tasalaatuista ja tikutonta (ei sisällä pitempiä oksia ja tikkuja).



Energiapuuta korjataan sekä miestyönä että koneellisesti.

## Hakuun toteutus

Nuorten metsien energiapuuhakuulla pyritään aina parantamaan myös metsikön laatua ja metsänhoidollista tilaa. Tavoitteena on helpottaa tulevia ainespuuharvennuksia ja tuottaa laadukkaampaa ja järeämpää puuraaka-ainetta.

Kokopuukorjuussa runkojen kaato työ olisi ihanteellista tehdä keväällä. Tuolloin kaadetut ja oksineen kourakasoihin siirretyt rungot jätetään kuivumaan palstalle vähintään kuukaudeksi.



Tässä niin sanotussa rasiinkaadossa lähes kaikki lehdet ja osa neulasista ravinteineen jäävät metsään. Mikäli rangat karsitaan, kourakasat tehdään kuten ainespuun hakkuussa ja käytetään aluspuita.

Koneellisessa energiapuun korjuussa kaato-kasaus tehdään yleensä keräilevällä kaatopäällä eli energiakouralla.

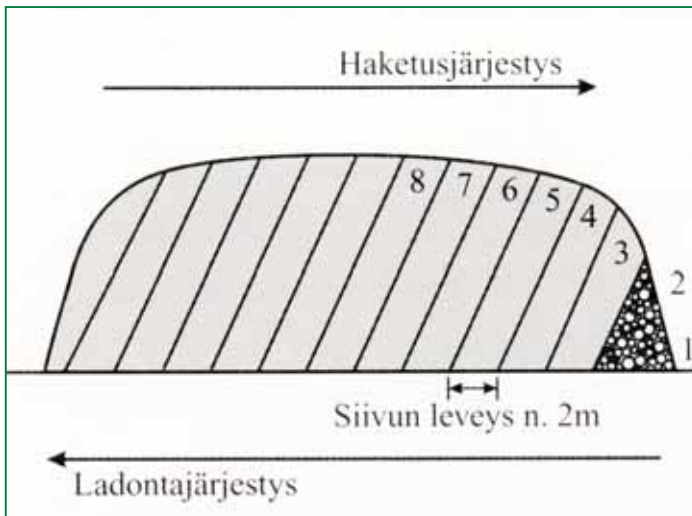
Karsivassa konehakkuussa runkojen lievä kuoriutumisen edistää tyven kuivumista.

Info		
Korjuutekniikan ja varastoinnin vaikutus käyttökoosteuteen.		
	Peittämätön	Peitettäväksi
Kokopuu	35 - 40 %	30 - 35 %
Karsittu ranka, aisattu	25 - 30 %	20 - 25 %
Hakekuivuri	n. 20 %	n. 20 %

### Metsäkuljetus ja varastointi

Ajo tienvarsivarastoon tehdään mielellään ennen syysateita, esimerkiksi elokuun aikana. Kohteilla, jotka kantavat heikosti ja joilla korjuuvaurioiden riski on suuri, ajo kannattaa tehdä vasta maan jäädyttyä. Metsäkuljetus ja sen onnistuminen on hakkeen laadun kannalta hankintaketjun kriittisimpiä vaiheita. Kuormauksessa on pyrittävä välttämään juurakoiden, kivien, kunnan ja muiden epäpuhtausien mukaan tuloa. Kuormauksessa voidaan käyttää esimerkiksi

piikkikouraa. Tienvarsivaraston ladonta olisi hyvä tehdä järjestelmällisesti ns. pystysiivuinä. Tämä helpottaa haketuksen kuormausvaihetta. Mikäli tilalta puuttuu kunnollinen metsäkuljetuskalusto, on runkojen tai kokopuun metsäkuljetus paras jättää alan yrittäjille.



### Hakerangan tienvarsivarasto:

- mieluiten tasainen, avara, korkea ja kantava varastopaikka
- aluetta riittävästi haketukseen ja kuormaukseen
- selvitettävä hakeurakoitsijan kaluston vaatimukset etukäteen, esim. maastokelpoisuus ja hakkurin syöttöpuoli
- käytetään kasan alla reiluja aluspuita tai ainakin poikittaisia kouraisutaakkoja, laitetaan tyvet tielle ja mielellään etelään päin
- riittävä kasan korkeus, mieluiten 4–5 m ja yläosaan lippamainen etureuna
- peittopaperi parantaa laatua (kosteus, lumi ja jää)
- ei varastoida kahta vuotta kauempaa
- raaka-aineen puhtauteen ja korjuuvaurioihin vaikuttaa kuljettajan ammattitaito ratkaisevasti



Reilut aluspuit kasan alla edistävät hakerangan kuivumista.

## Haketus ja kuljetus siiloon

Hakkurin käyttötarve maatilalla (kun kulutus on esimerkiksi 120 i-m<sup>3</sup>/v) on vain noin päivä vuodessa. Ellei hakkurilla aiota tehdä urakointia ulkopuolisille, on oman hakkurin hankinta useimmissa tapauksissa kannattamatonta. Haketus ja kuljetus tienvarsivarastosta siiloon maksaa 4–6 •/i-m<sup>3</sup>, jolloin edellä mainitulla tyyppikulutuksella vuoden hakkeet tulevat siiloon 500–700 eurolla. Rangat tai kokopuun voi kuljettaa itse tai kuljetuttaa siiloon tai hakkeen välivaraston läheisyyteen, jolloin haketus voidaan tehdä näihin suoraan. Sopiva haketusajankohta on loppukesällä, kun ilman suhteellinen kosteus on vielä alhainen. (Hinnat 2/2008, alv 0 %.)

Mahdollisen hakekuivurin kannattavuus on syytä selvittää muun muassa vuotuisen käyttömäärän, valmiiden tilojen (kylmäilma-kuivuri) sekä investointi- ja käyttökustannusten perusteella.

”Häiriöttömän lämmöntuotannon mahdollistaa laadukas hake, joka on riittävän kuivaa eikä sisällä epäpuhtauksia”

- Sanoi lämpökattilaansa uudelleen sytyttänyt lämpöyrittäjä Pohjois-Karjalasta



Haketuksessa kannattaa käyttää urakoitsijaa, jolla on tehokas haketuskalusto.

# PILKELÄMMITYS

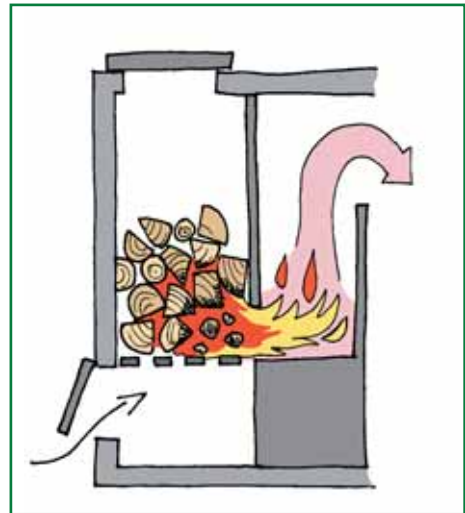
Pientalojen (alle 200 m<sup>2</sup>) lämmityksessä pilkelämmitys on varsin vähätöinen ja taloudellinen ratkaisu, kun laitevalinnat ja mitoitus ovat oikeat. Tavoitteena lämmityksessä on, että pienellä pakkasella riittää yhden pesällisen polttaminen joka toinen päivä. Tämä joustavuus vastaa likimain ruuvisyöttöisen stokeripolttimen (jossa on 500 l:n siilo) käyttömukavuutta.

Pikkelämmityksen yhteydessä käytetään aina varaajaa. Varaajan minimikoon voi laskea huoneiston neliömäärästä kaavalla neliömäärää x 10 + 500 l, kun lämmin käyttövesi tuotetaan varaajan kautta. Esimerkiksi 200 neliön huoneistossa varaajan minimi koko on 200x10 + 500 l = 2500 litraa. Kattila valitaan niin, että yhdellä tulipesällisellä varaajan lämpö saadaan nostettua kokonaisuudessaan lähelle sataa astetta. Tämä edellyttää kattilan puutilalta 170–300 litran vetoisuutta ja 35–60 kW:n tehoa.

Pilkettä poltettaessa on hyvän palotapahtuman aikaansaamiseksi olemassa kaksi hyvää kattilaratkaisua, alapalokattila (kuva) ja käänteispalokattila (kuva). Näissä kattilamalleissa palaminen on tasaista ja puun sisältämä energia saadaan siirrettyä veteen hyvin. Savukaasujen lämpötila on hallittavissa paremmin (maksimi 250–300 astetta) kuin yläpalokattilassa (kuva).

Alapalokattilassa polttoainekerros palaa kaksivaiheisesti. Ensin polttoaine kaasuuntuu arinalla ja muodostuneet kaasut palavat toisio ilman avulla jälkipolttopesässä. Pilkkeet palavat täytöksen alaosas-

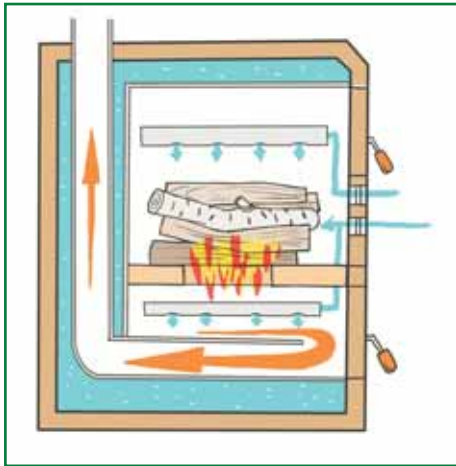
ta ja valuvat arinalle sitä mukaa, kun ne palavat. Lämmityksen hyötysuhde on hyvä, luokkaa 80 %. Puun palaminen korkeassa lämpötilassa vähentää päästöjä ja polttoaineen kulutusta. Alapalokattilan puutila on suuri, mikä helpottaa lämmitystyötä.



Alapalokattila. Kuvan lähde: Motiva

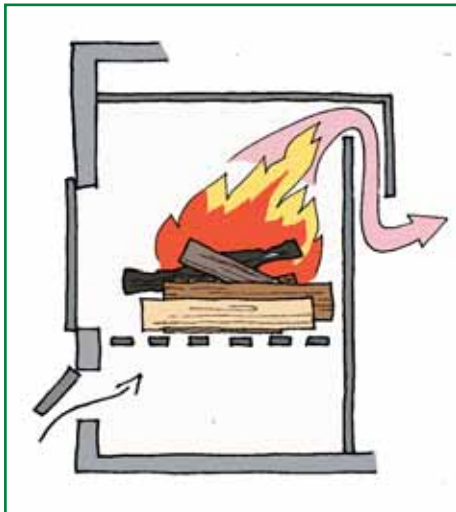
Käänteispalokattilassa alapaloperiaate on saatu aikaan savukaasuimurin avulla. Puun palamisen ja savukaasujen hallinta vastaa käänteispalokattilassa alapalokattilaa. Arinalla kaasuuntuva polttoaine poltetaan arinan alapuolella jälkipolttopesässä. Käänteispalokattila ei vaadi pitkää piippua hyvän vedon aikaansaamiseen kuten alapalokattila.

Yläpaloperiaatteella varustetun kattilan etu on sen halpa hinta. Yläpalokattilan puutila on yleensä pieni, joten puiden lisääminen on



Käänteispalokattila. Kuvan lähde: Motiva

välttämätöntä. Yläpalokattilassa pilkepanos palaa kerralla ja palota-  
pahtuma on vaikeimmin hallittavis-  
sa. Savukaasujen lämpötila on  
korkea ja päästöt varsinkin sytytys-  
ja puiden lisäysvaiheessa ovat  
korkeat. Yläpalokattila on hyvä  
stokerikattila, jos tulipesä on riit-  
tävän tilava ja savukanavat pysty-  
suorassa.



Yläpalokattila. Kuvan lähde: Motiva

Tärkein tekijä puun puhtaassa pa-  
lamisessa on riittävän kuiva puu.  
Uudisrakennuksiin onkin suunnitel-  
tava riittävän tilava puuvarasto  
(vähintään 30m<sup>3</sup>), jotta puut saa-  
daan kattilaan mahdollisimman kui-  
vana.

Polttoaineen vuotuinen tarve pien-  
talon lämmitykseen on noin 20  
pinokuutiometriä.

"Klapeihin ei kannata tehdä liikaa  
kintaanjälkiä"



Kuva: Harri Menna

# PELLETTILÄMMITYS

Puupelletit valmistetaan puristamalla tiiviitä polttoainerakeita kuivasta sahanpurusta, höylänlastusta tai hiontapölystä. Pelletti on tasa-laatuista, kuivaa polttoainetta, jonka kosteus on 10 %. Tuhkapitoisuus on alhainen, vain noin 0,5 %. Pelletin lämpöarvo, 3 000–3 300 kWh/i-m<sup>3</sup>, on nelinkertainen polttohakkeen lämpöarvoon, 800 kWh/i-m<sup>3</sup>, verrattuna.

Pellettilämmitys sopii hyvin pientalon lämmitysjärjestelmäksi. Pellettiä voidaan käyttää polttoaineena myös maatilan hakelämpökeskuksessa. Pellettilämmitys järjestelmään kuuluvat kattila, pellettipoltin, varastosiiilo ja pelletin siirtojärjestelmä. Kattilaksi sopii tulispesältään iso puukattila. Pellettipoltin voi olla integroitu poltin-kattila yhdistelmä tai pellettipoltin ja kattila hankitaan erikseen. Saatavilla on myös pellettipoltin, joka murskaa pelletin ennen polttoa.

Laitteiston valinta riippuu polttoaineen valinnasta, esimerkiksi aiotaanko pelletin lisäksi polttaa myös haketta. Jos haketta halutaan käyttää, hankitaan stokeripoltin. Stokeripolttimen 0,5 m<sup>3</sup> kokoinen siilo riittää pelletillä käytettynä talvisajkaan kahdeksi–kolmeksi viikoksi. Varastotilaa pelletti tarvitsee neljäsosan hakkeen tai pilkkeen varastotilasta. Hakkeen purkainlaitteisiin verrattuna pellettien siirtojärjestelmä on kevytrakenteisempi ja jonkin verran edullisempi.

Pelletti siirretään varastosta polttimelle siirtoruuvilla tai pneumaattisesti. Siirtoruuvi voi olla taipuisa spiraalikuljetin tai ruuvikuljetin. Siirtomatka polttoainevarastosta kattilaan tulee olla niin lyhyt kuin se tilojen ja paloturvallisuuden puolesta on mahdollista.

Pellettsiiilo voi olla ohuesta teräslevystä tehty valmissiiilo tai itse rakennettu. Pellettsiiilon tulee olla EI 30 palo-osastoitu tila eli sen on kestävä tulta vähintään 30 minuuttia. Pelletit on varastoitava kuivassa paikassa ja pellettsiiilon tulee olla pölytiivis ja sähkötön. Pientalon pellettivaraston kooksi riittää 10 m<sup>3</sup>, johon mahtuu vuosittain tarvittava pellettimäärä 4 000–5 000 kg. Pellettilämmitysjärjestelmän huollon tarve riippuu laitteistosta ja automaation asteesta. Tavallisen pellettipolttimen puhdistukseen tulee kuitenkin varata aikaa 15 minuuttia viikossa.



# Lähteet

## **Hakelämmitys pienopas**

Itä-Suomen Energiatoimisto, Metsäkeskus Etelä-Savo, Metsäkeskus Häme-Uusimaa, Hämeen maaseutukeskus, 2001

## **Hakelämmitysopas**

Motiva, Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu, Helsinki, Joensuu, 2001

## **Hakelämmöstä yritystoimintaa**

Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu, Motiva Oy, Työtehoseura  
Toim. *Anssi Kokkonen & Iiris Lappalainen*

## **Puu polttoaineena opas, Puuenergia ry.**

Puuenergia, toim. *Kirsi Knuuttila*, Jyväskylän teknologiakeskus Oy,  
BENET Bioenergiaverkosto, 2003

## **Suomen rakentamismääräyskokoelma**

[www.ym.fi](http://www.ym.fi)

## **Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia - VTT tiedotteita 2045,**

Eija Alakangas, VTT, 2000



metsäkeskus



Euroopan maaseudun  
kehittämisen maatalousrahasto:  
Eurooppa investointi maaseutualueisiin.

