

FOLIA FORESTALIA 563

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1983

MARKETTA PELLIKKA JA MARJUT KOTIMAA

POLTOHAKKEEN KÄSITTELYSTÄ AIHEUTUVA
ILMAN HOMEPÖLYPITOISUUS
SEKÄ SIIHEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

THE MOULD DUST CONCENTRATION CAUSED
BY THE HANDLING OF FUEL CHIPS
AND ITS MODIFYING FACTORS



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

<i>Ylijohtaja:</i> <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Olavi Huikari
<i>Yleisinformaatio:</i> <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Tuomas Heiramo
<i>Julkaisujen jakelu:</i> <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
<i>Julkaisujen toimitus:</i> <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Seppo Oja

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja yhdeksällä tutkimus- ja koegasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and nine research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

FOLIA FORESTALIA 563

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1983

Marketta Pellikka ja Marjut Kotimaa

POLTTOHAKKEEN KÄSITTELYSTÄ AIHEUTUVA ILMAN HOMEPÖLYPITOISUUS SEKÄ SIIHEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

The mould dust concentration caused by the handling of fuel
chips and its modifying factors

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	3
2. AINEISTOT JA MENETELMÄT	3
21. Näytteenottoaikat ja -ajankohdat	3
22. Sieni-itiöiden määrittäminen	4
221. Laimennusmenetelmä	4
222. Andersen-keräin	4
223. Casella-keräin	5
23. Tilastolliset menetelmät	5
3. TULOKSET	5
31. Laimennusmenetelmällä mitatut itiöpitoisuudet	5
32. Andersen-keräimellä mitatut itiöpitoisuudet	5
33. Casella-keräimellä mitatut itiöpitoisuudet	9
34. Hakkeen infektioituminen ennen varastointia	10
35. Kosteuden vaikutus	10
36. Puulajin vaikutus	10
37. Kontin seinärakenteen vaikutus	12
4. TULOSTEN TARKASTELUA	13
5. TIIVISTELMÄ	16
KIRJALLISUUS	17
SUMMARY	17

PELLIKKA, M. & KOTIMAA, M. 1983. Polttohakkeen käsittelystä aiheutuva ilman homepölypitoisuus sekä siihen vaikuttavat tekijät. Summary: The mould dust concentration caused by the handling of fuel chips and its modifying factors. *Folia For.* 563:1—18.

Tässä tutkimuksessa käytettiin hakkeen varastointipaikkana konttia, jonka seinät oli tehty joko puusta tai metalliverkosta. Kontin koko oli noin 15 m³. Ilman itiöpitoisuus määritettiin Andersen- ja Casella-keräimillä koetilanteessa laboratorioissa ravisteltaessa kilon painoista hakenäytettä.

Andersen-keräimellä mitatut elävien itiöiden pitoisuudet vaihtelivat varastoinnin aikana välillä 1—10 000 (10³ m⁻³) ja Casella-keräimellä mitatut kokonaisitiöpitoisuudet välillä 1 000—1 000 000 (10³ m⁻³) varastointiajan ja hakelaadun mukaan. Elävien itiöiden kokonaisitiöpitoisuus koostui lähinnä mesofiilisistä ja termotolerantisista lajeista, joskin termofiilisiä sieni- ja sädesieni-itiöitä tavattiin paikoitellen myös runsaasti.

Seuraavanlaiset hakkeet aiheuttivat niitä käsiteltäessä suuren ilman sieni- ja sädesieni-itiöpitoisuuden: pitkään varastoitu hake, kesällä tehty hake verrattuna keväällä ja syksyllä tehtyihin hakkeisiin, hienohake verrattuna palahakkeeseen, verkkokontissa varastoitu hake verrattuna puukontissa varastoituun hakkeeseen, koivuhake verrattuna leppähakkeeseen ja kuiva hake. Hakepuun rasikuivatuksella ei ollut merkittävää vaikutusta ilman itiöpitoisuuteen haketta käsiteltäessä. Jotta työntekijän homepölyaltistus jäisi mahdollisimman pieneksi haketta käsiteltäessä, olisi joko hakepuu ennen haketusta tai hake ennen varastointia saatava niin kuivaksi ettei homehtumista pääse tapahtumaan. Jos homehtuminen on jo tapahtunut kuivasta hakkeesta itiöt irtoavat helpommin kuin märästä hakkeesta, ja näin kuivan hakkeen käsittely aiheuttaa suuremman homepölyaltistuksen.

The chips used in this survey were stored in containers the walls of which were made of either wood or a metal wire net. The size of the container was 15 m³. The spore concentration of the air was determined with Andersen- and Casella samplers under laboratory conditions by shaking a chip sample of one kilogram.

The concentrations of the viable spores measured with Andersen-samplers varied during storage between 1 and 10 000 (10³ m⁻³) and the total spore concentrations measured with Casella-samplers between 1 000—1 000 000 (10³ m⁻³) according to the time of storage and the quality of chips. The total spore concentration of viable spores consisted mainly of mesophilic and thermotolerant species, but also great numbers of thermophilic fungi and actinomycetes were observed occasionally.

The following types of chips caused, when handled, high concentrations of fungi and actinomycetes: chips stored for a long period of time, summer chips compared to spring and autumn chips, fine chips compared to block chips, chips stored in wire containers compared to chips in wooden containers, chips of birch compared to chips of alder as well as dry chips. The leafseasoning of chips had no significant influence on the spore concentration of the air at the handling of chips. In order to maintain the exposure for mould dust at as low level as possible when handling chips, the chips should before the storage be dry enough to prevent the growth of mould. If the moulding has started the spores come more easily off dry than wet chips, and therefore the handling of dry chips causes a larger exposure for mould dust.

ODC 304 + 861-0
ISBN 951-40-0628-3
ISSN 0015-5543

Helsinki 1983. Valtion painatuskeskus

1. JOHDANTO

Vuoden 1983 alussa valtioneuvosto hyväksyi energiapolitiittisen ohjelman (Energiapolitiittinen ohjelma 1982), jonka mukaan Suomen energiapolitiikan päätavoitteiksi tulee edelleen asettaa energiahuollon varmuuden turvaaminen, energian säästäminen ja energiahuollon omavaraisuuden nostaminen. Tämä merkitsee polttopuun käytön lisääntymistä erityisesti hakkeen muodossa.

Hakkilan (1978) mukaan korjuukelpoinen metsätähti ja pienpuureservi, joka ei täytä metsäteollisuuden laatuvaatimuksia, on 15,3 milj. m³ vuotta kohden, eli yli kaksinkertainen korjattuun polttopuumäärään nähden. Määrän tehollinen lämpöarvo vastaa 2,9 milj. öljytonnia. Lisäksi on huomioitava polttopuun käytön työllisyysvaikutukset ja metsänhoidolliset hyödyt.

Hakkeen, kuten muidenkin puuperäisten polttoaineiden käyttö sekä käytön lisääntyminen, koetaan kansantaloudellisesti myönteisenä. Myös hakkeen käyttäjien kokemukset hakkeen valmistamisesta ja polttamisesta ovat yleensä myönteisiä. Haketta käytetäänkin jo yli 2 000 maatilalla. Hakkeen varastointia pidetään kuitenkin hieman ongelmallisena (Kalaja ja Rantamaula 1982). Eräs työhygieeninen vaikeus on hakkeen käsittelijän altistuminen varastoinnin aikana syntyneelle homepölylle. Voimakkaasta ja jatkuvasta altistumisesta saattaa olla seurauksena homepölykeuhko-sairaus, joka on keuhko-

jen allerginen vaste sieni- ja sädesieni-itiöille.

Tämän työn tarkoituksena on selvittää hakkeen homehtumiseen ja työntekijän altistumiseen vaikuttavia tekijöitä ja löytää lähinnä maataloille sopiva hakkeen kuivatus- ja varastointimalli, jolla homepölyaltistus saataisiin mahdollisimman pieneksi. Tässä julkaisussa, joka perustuu vuoden 1982 koe-tuloksiin, tarkastellaan mitä puun infektoituminen ennen varastointia, hakkeen kosteus, puulaji ja varastokontin seinärakenne vaikuttavat sieni- ja sädesieni-itiöiden määrään ja laatuun.

Tutkimus, jonka toisen vuoden tuloksia selostetaan tässä julkaisussa, kuuluu Metsäntutkimuslaitoksen PERA-projektin A osaan. Projektin tarkoituksena on markkinakelvottoman pien- ja jätepuureservimme saattaminen energiakäyttöön.

Työ on tehty Kuopion korkeakoulun ekologisen ympäristöhygienian laitoksella yhteistyössä Metsäntutkimuslaitoksen kanssa.

Laborantti Mirja Korhonen ja fil.yo Kirsi Sihvonen suorittivat kasvatusalustojen valun ja muut laboratoriottehtävät. FM Mirja Mustonen antoi neuvoja sienikasvustojen tunnistamisessa. Työnjohtaja Tapio Nevalainen avusti aineiston keruussa. MMK Juha Nurmi huolehti tutkimusasetelmaan liittyvistä käytännön järjestelyistä. Konekirjoitustyön teki rouva Aune Rytönen.

Professori Lauri Kärenlampi Kuopion korkeakoulusta ja professori Pentti Hakkila Metsäntutkimuslaitokselta ovat lukeneet käsikirjoituksen ja antaneet arvokkaita neuvoja.

Parhaat kiitokset kaikille työhön osallistuneille ja sitä tukeneille.

2. AINEISTOT JA MENETELMÄT

21. Näytteenottopaikat ja -ajankohdat

Hakkeen varastointikokeita tehtiin Janakkalassa, Joroisissa, Hyrylässä ja Ylihärmässä. Varastoitava puu oli Janakkalassa ja Joroisissa leppää, Hyrylässä ja Ylihärmässä koivua. Haketta varastoitettiin harvarakenteisissa lautakonteissa, jotka sijoitettiin avoimelle paikalle pölkkyjen päälle siten, että tuuletus tapahtui myös

alakaudesta. Ylihärmässä kokeiltiin keväällä ja syksyllä puukonttien ohella harvarakenteisesta metalliverkosta tehtyä konttia. Kontin koko oli noin 15 m³.

Haketuksia tehtiin keväällä, kesällä ja syksyllä yhteensä neljässä eri vaiheessa. Haketettava puu oli keväällä kaatotuoreta ja syksyllä rasikuivatua puuta. Kesällä hakkeet tehtiin sekä rasikuivatusta että kaatotuoreesta puusta. Kaikilla haketuskerroilla tehtiin pala-

Taulukko 1. Varastoidut hake-erät, niiden koodimerkinnot sekä varastointiajat.
Table 1. The stored chipping series, their coding and time of storage.

Hake-erä <i>Chipping series</i>	Varastointiaika <i>Time of storage</i>	Hake-erä <i>Chipping series</i>	Varastointiaika <i>Time of storage</i>
Kevät—tuore—hieno = keväällä kaatotuoreesta puusta tehty hienohake <i>Spring—green—fine = fine chips made of green timber in spring</i>	maaliskuu—elokuu <i>March—August</i>	Kesä—rasi—hieno = kesällä rasikuivatusta puusta tehty hienohake <i>Summer—leaf-seasoned—fine = fine chips made of leaf- seasoned wood in summer</i>	heinäkuu—marraskuu <i>July—November</i>
Kevät—tuore—pala = keväällä kaatotuoreesta puusta tehty palahake <i>Spring—green—block = block chips made of green timber in spring</i>	maaliskuu—elokuu <i>March—August</i>	Kesä—rasi—pala = kesällä rasikuivatusta puusta tehty palahake <i>Summer—leaf-seasoned— block = block chips made of leaf-seasoned wood in summer</i>	heinäkuu—marraskuu <i>July—November</i>
Kesä—tuore—hieno = kesällä kaatotuoreesta puusta tehty hienohake <i>Summer—green—fine = fine chips made of green timber in summer</i>	kesäkuu—marraskuu <i>June—November</i>	Syksy—rasi—hieno = syksyllä rasikuivatusta puusta tehty hienohake <i>Autumn—leaf-seasoned— fine = fine chips made of leaf-seasoned wood in autumn</i>	syyskuu—marraskuu <i>September—November</i>
Kesä—tuore—pala = kesällä kaatotuoreesta puusta tehty palahake <i>Summer—green—block = block chips made of green timber in summer</i>	kesäkuu—marraskuu <i>June—November</i>	Syksy—rasi—pala = syksyllä rasikuivatusta puusta tehty palahake <i>Autumn—leaf-seasoned— block = block chips made of leaf-seasoned wood in autumn</i>	syyskuu—marraskuu <i>September—November</i>

ja hienohaketta. Haketetut erät ja niiden merkinnät sekä varastointiajat näkyvät taulukosta 1.

Hakenäytettä käsiteltäessä ilmaan joutuvien sieni-itiöiden määrä ja laatu määritettiin heti varastoinnin alussa sekä 7 ja 20 viikon kuluttua varastoinnin aloittamisesta. Sieni-itiöiden lisäksi hakenäytteistä määritettiin myös vesipitoisuus prosentteina tuorepainosta.

22. Sieni-itiöiden määrittäminen

Työntekijän altistumista mitattaessa sieni-itiöt on määritettävä ilmasta mahdollisimman läheltä hengitysvyöhykettä. Koska haluttiin kuitenkin ottaa näytteitä myös varastoinnin aikana, eivät todelliset työskentelyolosuhteet mittausten aikana tulleet kysymykseen. Lisäksi työympäristön mittaolosuhteiden vakiointi on vaikeaa. Näistä syistä ilman itiöpitoisuudet määritettiin laboratoriossa työtilannetta jäljittelevässä tilanteessa. Määrittämistä varten otettiin puolen kilon näytteet läheltä hakkeen pintaa sekä puolen metrin syvyydestä. Näytteet yhdistettiin, ja ilman itiöpitoisuus määritettiin ravisteltaessa kilon painoista näytettä 75 litran pussissa. Määrittäminen tapahtui Andersen-keräimellä (malli 10-800, Andersen 1000 inc., Georgia, USA) ja Casella-keräimellä (Casella, Cascade Impactor, malli V 220, ITT Hertfordshire, England) pussin suulta puolen metrin etäisyydeltä hakkeesta.

Tutkimuksessa haluttiin selvittää myös puumateriaalin infektoitumista ennen varastointia. Tätä varten hakkeesta määritettiin itiöt varastoinnin alkaessa ns. laimennusmenetelmällä.

221. Laimennusmenetelmä

Laimennusmenetelmä soveltuu mikrobin määrittämiseen suoraan hakkeesta. Ruotsissa menetelmää on käytetty useissa hakkeen varastointia käsittelevissä tutkimuksissa (mm. Carlström ym. 1981). Menetelmän idea on itiöiden ravistelu tutkittavasta materiaalista nesteeseen, josta tehdään jatkokutkimukset. Tässä tutkimuksessa 200 g haketta ravisteltiin 600 ml:ssa steriiliä vettä. Veteen oli lisätty Tween 80-liuosta 2 ml/1 pintajännityksen pienentämiseksi. Saadusta suspensiosta tehtiin koneellisen ravistelun jälkeen laimennokset, joista otettu 1 ml:n näyte levitettiin maljalle. Rinnakkaisnäytteitä tehtiin kaksi kappaletta. Kasvatusalustat, lämpötilat ja -ajat on esitetty taulukossa 2.

Laimennoksia kokeiltiin useita. Parhaimmaksi havaittiin laimennos 1:10 termofiilille sädesienille ja homeille sekä termotolerantisille homeille. Huoneenlämmössä kasvaville homeille käytettiin laimennosta 1:1000. Tulokset laskettiin itiömäärinä hakkeen kuivapainokiloa kohden.

222. Andersen-keräin

Tässä tutkimuksessa käytettiin kuusivaiheista Andersen-keräintä. Laitteen imenopeus on 28 l/min. Ilmassa olevat itiöt takertuvat keräimessä oleville kasvatusalustoille (Andersen 1958). Käytetyt kasvatusalustat, lämpötilat ja -ajat olivat samoja kuin laimennusmenetelmässä (taulukko 2).

Keräysaika oli tuoretta haketta käsiteltäessä kaksi minuuttia. Myöhemmissä mittauksissa itiömäärät oli-

Taulukko 2. Kasvatusalustat, -lämpötilat ja -ajat kul-
lekin itiölajille.

Table 2. The media, temperatures and times of incu-
bation for each spore species.

Itiölaji Spore species	Kasvualusta Medium	Kasvatus- lämpötila- (°C) Incubation temperature (°C)	Kasvatus- aika, (vrk) Incubation time (d)
Termofiiliset sädesienet ja homeet <i>Thermophilic actinomycetes and moulds</i>	Puolivahva ravintoagar <i>Half-strength nutrient agar</i>	55	2— 3
Termotoleranttiset homeet <i>Thermotolerant moulds</i>	Hagen (mallas- uutepohjainen) <i>Hagen (based on malt extract)</i>	40	4— 5
Mesofiiliset homeet <i>Mesophilic moulds</i>	Hagen (mallas- uutepohjainen) <i>Hagen (based on malt extract)</i>	20	7—10
<i>Aspergillus glaucus</i> -ryhmän homeet <i>Moulds of the Aspergillus glaucus</i> group	NaCl-mallas- uute-agar <i>NaCl-malt extract agar</i>	20	7—10

vat suurempia, ja keräysaika oli 5—60 sekuntia hake-
laadun ja varastointiajan mukaan. Keräysaika oli kai-
kille samanlaisille eri paikkakunnilta otetuille näytteille
sama, sillä näytteenottoajalla saattaa olla vaikutusta
tulokseen. Tulos ilmoitetaan itiöiden määränä ilma-
kuutiometriä kohden.

Andersen-keräimellä pystytään määrittämään vain
elävät tietyissä olosuhteissa kasvavat itiöt. Jatkossa
puhuttaessa elävistä itiöistä tarkoitetaan nimenomaan
Andersen-keräimellä mitattuja itiöpitoisuuksia.

223. Casella-keräin

Ilmavirran nopeus on 17 l/min. Itiöt takertuvat tah-
meiksi käsitellyille teipinpaloille (Cascade impactor).
Itiöiden määritys tapahtuu mikroskooppisesti, ja mene-
telmällä saadaan esille sekä elävät että kuolleet itiöt.
Sädesienten itiöitä ei määritetty, sillä niiden koko on
liian pieni valomikroskooppitarkasteluun. Tulos ilmoi-
tetaan itiöiden määränä ilmakuutiometriä kohden.

23. Tilastolliset menetelmät

Ennen tilastollista testausta luvuille tehtiin logarit-
mimuunnos. Näin jakauma saatiin lähenemään nor-
maalijakaumaa.

Eri hakelaaduista käsittelyn aikana ilmaan irtoavien
itiöpitoisuuksien välisiä eroja testattiin Studentin t-tes-
tillä. Testi suoritettiin riippumattomana ja 1-suuntais-
ena (Mäkinen 1974), ja sitä käytettiin myös verrat-
taessa verkko- ja puukonteissa varastoitua haketta
sekä lepästä ja koivusta tehtyä haketta.

Ennen haketusta tapahtuneen puun infektoitumisen
ja hakkeen kosteuden merkitystä hakkeesta ilmaan ir-
toavien itiöiden määrään pyrittiin selvittämään lineaar-
isen regressio- ja korrelaatioanalyysin avulla (Mäki-
nen 1974).

3. TULOKSET

3.1. Laimennusmenetelmällä mitatut itiöpitoisuudet

Laimennusmenetelmällä määritettiin itiöt
ainoastaan vasta tehdystä hakkeesta. Mitat-
tujen itiöpitoisuuksien keskiarvot vaihtelivat
välillä 130 000—1 920 000 (10^3 kg^{-1}) (tau-
lukko 12). Lajikoostumus erosi huomatta-
vasti ilman itiökoostumuksesta. Hiivat, joita
ilmassa esiintyi vähän, olivat vallitsevina
määritettäessä itiöitä suoraan hakkeesta.

3.2. Andersen-keräimellä mitatut itiöpitoisuudet

Taulukoista 3—6 näkyvät eri hakelaatujen
käsittelystä aiheutuneiden ilman itiöpitoi-
suuksien keskiarvot sekä sieniryhmien po-

sentuaaliset osuudet 7 ja 20 viikon varastoin-
nin jälkeen. Tuoreen hakkeen käsittelystä
aiheutuneiden ilman itiöpitoisuuksien keski-
arvot on esitetty taulukossa 12.

Termofiilisten sädesienten ja sienten pitoi-
suudet olivat hyvin pieniä varastoinnin jäl-
keenkin. Useimmista näytteistä niitä ei löy-
detty ollenkaan. Keskiarvon nousu aiheutui
yhden tai kahden paikkakunnan pitoisuuksien
kohoamisesta. Esimerkiksi 7 viikon va-
rastoinnin jälkeen kaatotuoreesta puusta
tehdyn palahakkeen käsittelyn yhteydessä
mitattujen termofiilisten sädesienten ja sien-
ten itiöpitoisuuksien kohoaminen johtui Yli-
härmän hakkeesta tapahtuneesta homehtu-
misesta. Termotoleranttisten sieni-itiöiden
pitoisuudet olivat myös suhteellisen pieniä
varsinkin keväällä ja syksyllä tehtyjä hakkei-

Taulukko 3. Andersen-keräimellä mitatut ilman itiöpitoisuudet (10^3 m^{-3}) 7 viikkoa varastoituja hakkeita käsiteltäessä. Luvut ovat kesällä tehdyissä hakkeissa neljän ja muissa viiden paikkakunnan keskiarvoja ja keskiarvojen keskivirheitä.

Table 3. The spore concentrations (10^3 m^{-3}) measured with the Andersen-sampler when handling chips stored for 7 weeks. The figures represent mean values and standard errors of means for four districts of summer chipping and five districts of other chipping times.

Hakelaatu Quality of chips	Termofiiliset sädesienet Thermophilic actinomycetes	Termofiiliset homeet Thermophilic moulds	Termotoleranttiset homeet Thermotolerant moulds	Mesofiiliset homeet Mesophilic moulds	Yhteensä Total
Kesä—tuore—hieno Summer—green—fine	24 ± 22	24 ± 24	1648 ± 251	3288 ± 1114	4984 ± 1217
Kesä—tuore—pala Summer—green—block	667 ± 653	31 ± 31	2199 ± 1280	2887 ± 1472	5784 ± 3294
Kesä—rasi—hieno Summer—leaf-seasoned—fine	—	—	3028 ± 893	2653 ± 276	5681 ± 949
Kesä—rasi—pala Summer—leaf-seasoned—block	—	—	173 ± 68	3135 ± 737	3308 ± 752
Syksy—rasi—hieno Autumn—leaf-seasoned—fine	0 ± 0	—	458 ± 441	1911 ± 334	2369 ± 720
Syksy—rasi—pala Autumn—leaf-seasoned—block	—	—	6 ± 5	1612 ± 340	1618 ± 342
Kevät—tuore—hieno Spring—green—fine	0 ± 0	0 ± 0	37 ± 24	133 ± 50	170 ± 72
Kevät—tuore—pala Spring—green—block	0 ± 0	0 ± 0	1 ± 1	45 ± 26	46 ± 26

— = ei mitattavia pitoisuuksia
— = unmeasurable concentrations

Taulukko 4. Eri sieniryhmien prosentuaaliset osuudet ilman kokonaisitiöpitoisuudesta 7 viikkoa varastoituja hakkeita käsiteltäessä.

Table 4. The percentage of different fungal groups of the total spore concentration of the air when handling chips stored for 7 weeks.

Hakelaatu Quality of chips	Termofiiliset sädesienet Thermophilic actinomycetes	Termofiiliset homeet Thermophilic moulds	Termotoleranttiset homeet Thermotolerant moulds	Mesofiiliset homeet Mesophilic moulds	Yhteensä Total
Kesä—tuore—hieno Summer—green—fine	1	0	33	66	100
Kesä—tuore—pala Summer—green—block	11	1	38	50	100
Kesä—rasi—hieno Summer—leaf-seasoned—fine	—	—	53	47	100
Kesä—rasi—pala Summer—leaf-seasoned—block	—	—	5	95	100
Syksy—rasi—hieno Autumn—leaf-seasoned—fine	0	—	19	81	100
Syksy—rasi—pala Autumn—leaf-seasoned—block	—	—	0	100	100
Kevät—tuore—hieno Spring—green—fine	0	0	22	78	100
Kevät—tuore—pala Spring—green—block	0	0	0	100	100

— = ei mitattavia pitoisuuksia
— = unmeasurable concentrations

Taulukko 5. Andersen-keräimellä mitatut ilman itiöpitoisuudet (10^3 m^{-3}) 20 viikkoa varastoituja hakkeita käsiteltäessä.

Table 5. The spore concentrations (10^3 m^{-3}) of the air measured with the Andersen-sampler when handling chips stored for 20 weeks.

Hakelaatu Quality of chips	Termofiiliset sädesienet Thermophilic actinomycetes	Termofiiliset homeet Thermophilic moulds	Termotolerantitset homeet Thermotolerant moulds	Mesofiiliset homeet Mesophilic moulds	Yhteensä Total
Kesä—tuore—hieno Summer—green—fine	0 ± 0	5 ± 5	2553 ± 1213	3691 ± 1258	6249 ± 2102
Kesä—tuore—pala Summer—green—block	0 ± 0	—	1434 ± 1218	1823 ± 175	3257 ± 1372
Kesä—raasi—hieno Summer—leaf-seasoned—fine	—	—	1477 ± 285	3268 ± 408	4745 ± 280
Kesä—raasi—pala Summer—leaf-seasoned—block	0 ± 0	—	682 ± 341	3959 ± 782	4641 ± 915
Kevät—tuore—hieno Spring—green—fine	15 ± 15	0 ± 0	561 ± 346	1589 ± 160	2165 ± 466
Kevät—tuore—pala Spring—green—block	0 ± 0	—	93 ± 36	631 ± 173	724 ± 186

— = ei mitattavia pitoisuuksia
— = unmeasurable concentrations

Taulukko 6. Eri sieniryhmien prosentuaaliset osuudet ilman kokonaisitiöpitoisuudesta 20 viikkoa varastoituja hakkeita käsiteltäessä.

Table 6. The percentage of different fungal groups of the total spore concentration of the air when handling chips stored for 20 weeks.

Hakelaatu Quality of chips	Termofiiliset sädesienet Thermophilic actinomycetes	Termofiiliset homeet Thermophilic moulds	Termotolerantitset homeet Thermotolerant moulds	Mesofiiliset homeet Mesophilic moulds	Yhteensä Total
Kesä—tuore—hieno Summer—green—fine	0	0	41	59	100
Kesä—tuore—pala Summer—green—block	0	—	44	56	100
Kesä—raasi—hieno Summer—leaf-seasoned—fine	—	—	31	69	100
Kesä—raasi—pala Summer—leaf-seasoned—block	0	—	15	85	100
Kevät—tuore—hieno Spring—green—fine	1	0	26	73	100
Kevät—tuore—pala Spring—green—block	—	—	13	87	100

— = ei mitattavia pitoisuuksia
— = unmeasurable concentrations

ta käsiteltäessä. Pitoisuuksien keskiarvot vaihtelivat välillä 1—3 028 (10^3 m^{-3}) varastointiajan ja hakelaadun mukaan. Mesofiilisten sieni-itiöiden pitoisuudet vaihtelivat välillä 45—3 959 (10^3 m^{-3}) ja kokonaisitiöpitoisuus välillä 46—6 249 (10^3 m^{-3}).

Yleisimmät sienilajit ja -suvut, joita Andersen-keräimellä pystyttiin määrittämään olivat seuraavia:

- termofiiliset sädesienet: *Streptomyces* spp.
Thermoactinomyces vulgaris
- termofiiliset sienet: *Humicola lanuginosa*
- termotolerantitset sienet: *Aspergillus fumigatus*
Penicillium spp.
- mesofiiliset sienet: *Penicillium* spp.
Trichoderma spp.
Aspergillus niger

Taulukko 7. T-testillä saadut testiarvot ja niiden merkitsevyydet verrattaessa ilman itiöitoisuutta 7 viikkoa varastoituja hakkeita käsitellessä. Lähtöarvot ovat Andersen-keräimellä mitattuja kokonaisitiöitoisuuksien keskiarvoja. Luvuille on tehty logaritimuunnos ennen testin suorittamista. Table 7. The values obtained with the t-test and their significance in the spore concentration of the air when handling chips stored for 7 weeks. The initial values represent the mean values of the total spore concentrations measured with the Andersen-sampler. The figures have been transformed to their logarithms before the test.

Hakelaatu Quality of chips	Kesä—tuore— hieno Summer—green— fine	Kesä—tuore— pala Summer—green— block	Kesä—rasi— hieno Summer—leaf— fine	Kesä—rasi— pala Summer—leaf— seasoned— block	Syky—rasi— hieno Autumn—leaf— seasoned— fine	Syky—rasi— pala Autumn—leaf— seasoned— block	Kevät—tuore— hieno Spring—green— fine
Kesä—tuore—pala Summer—green—block	0,670						
Kesä—rasi—hieno Summer—leaf—seasoned—fine	—0,575	—0,869					
Kesä—rasi—pala Summer—leaf—seasoned—block	1,125	—0,283	1,958*				
Syky—rasi—hieno Autumn—leaf—seasoned—fine	2,082*	0,159	2,805*	1,134			
Syky—rasi—pala Autumn—leaf—seasoned—block	2,769*	0,553	3,461**	1,923*	0,865		
Kevät—tuore—hieno Spring—green—fine	5,441***	2,939*	5,858***	4,952**	4,645**	3,981**	
Kevät—tuore—pala Spring—green—block	7,180***	4,232**	7,610***	6,734***	6,622**	5,948***	1,751 0

Yläviitteiden selitykset:
0 = ero on suuntaa antava

Explanation of signs:
0 = the difference is indicative

* = ero on jokseenkin merkitsevä

* = the difference is almost significant

** = ero on merkitsevä

** = the difference is significant

*** = ero on erittäin merkitsevä

*** = the difference is highly significant

Jos verrataan 7 viikon varastoinnin jälkeen parhaiten säilynyttä hakelaatua (kevällä kaatotuoreesta puusta tehty palahake) ja ennen hakkeen varastointia suurimman pitoisuuden aiheuttanutta hakelaatua (syksyllä rasikuivatusta puusta tehty palahake) havaitaan, että 7 viikon varastoinnin jälkeen kokonaisitiöpitoisuudet ovat vain noin kaksi kertaa suurempia ja samaa suuruusluokkaa kuin varastoimattoman hakkeen käsittelystä aiheutuneet suurimmat kokonaisitiöpitoisuudet (taulukot 3 ja 10). Paikkakunnittain saattoi olla jopa siten, että syksyllä rasipuusta tehdyn hakkeen käsittely aiheutti suuremman ilman kokonaisitiöpitoisuuden kuin keväällä kaatotuoreesta puusta tehdyn hakkeen käsittely. Lajikoostumukset olivat kuitenkin erilaisia, sillä ennen varastointia hakkeesta löydettiin lähinnä mesofiilisiä lajeja.

Taulukoissa 3—6 hakelaadut on asetettu oletettuun paremmuusjärjestykseen. Erojen merkitsevyyttä testattiin tilastollisesti Studentin t-testillä. Kokonaisitiöpitoisuuden testiarvot ja niiden merkitsevyydet näkyvät taulukoissa 7 ja 8. Kesällä tehtyjen hakkeiden välillä ei ole merkittäviä eroja. Syksyllä tehdyt hakkeet säilyivät paremmin kuin kesällä tehdyt ja keväällä tehdyt hakkeet säilyivät kaikista parhaiten. Yleensä palahake oli säilynyt paremmin kuin hienohake, joskin tästä oli poikkeuksia, jotka eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Erot hakelaatujen

välillä olivat melko suuria, mutta kun myös keskihajonnat olivat suuria, testiarvot jäivät suhteellisen pieniksi.

Erot olivat 7 viikon varastoinnin jälkeen suurempia ja selvempiä kuin 20 viikon jälkeen. Kesällä tehtyjen hakkeiden homehtuminen näytti tasaantuvan varastointiajan jatkuessa. Esimerkiksi kesällä kaatotuoreesta puusta tehdyn palahakkeen ja kesällä rasikuivatusta puusta tehdyn hienohakkeen käsittely aiheutti pienemmän elävien itiöiden kokonaisitiöpitoisuuden 20 viikon kuin 7 viikon varastoinnin jälkeen.

33. Casella-keräimellä mitatut itiöpitoisuudet

Taulukossa 9 on esitetty Casella-keräimellä mitatut ilman itiöpitoisuudet hakkeen käsittelyn aikana. Taulukoissa 10 ja 11 on t-testillä saadut testiarvot 7 ja 20 viikon varastoinnin jälkeen. Kevällä ja kesällä tehtyjen hakkeiden paremmuus tuli jälleen selvästi esille varsinkin 7 viikon varastoinnin jälkeen, joskin erot eri hakelaatujen välillä pienivät varastoinnin jatkuessa. Kesällä kaatotuoreesta puusta tehdyn palahakkeen ja kesällä rasikuivatusta puusta tehtyjen hakkeiden käsittelystä aiheutuva ilman itiöpitoisuus kohosi vain vähän varastointiajan jatkuessa. Tämä sama johtopäätös voitiin tehdä myös Andersen-keräimellä.

Taulukko 8. T-testillä saadut testiarvot ja niiden merkitsevyydet verrattaessa ilman itiöpitoisuutta 20 viikkoa varastoitua hakkeita käsiteltäessä. Lähtöarvot ovat Andersen-keräimellä mitattuja kokonaisitiöpitoisuuksien keskiarvoja. Luvuille on tehty logaritimuunnos ennen testin suorittamista.

Table 8. The values obtained with the t-test and their significance in the spore concentration of the air when handling chips stored for 20 weeks. The initial values represent the mean values of the total spore concentrations measured with the Andersen-sampler. The figures have been transformed to their logarithms before the test.

Hakelaatu Quality of chips	Kesä—tuore— hieno Summer—green— fine	Kesä—tuore— pala Summer—green— block	Kesä—rasi— hieno Summer—leaf— seasoned—fine	Kesä—rasi— pala Summer—leaf— seasoned—block	Kevät—tuore— hieno Spring—green— fine
Kesä—tuore—pala Summer—green—block	1,255				
Kesä—rasi—hieno Summer—leaf-seasoned—fine	0,183	—1,672			
Kesä—rasi—pala Summer—leaf-seasoned—block	0,360	—1,167	0,376		
Kevät—tuore—hieno Spring—green—fine	2,285*	0,763	3,775**	2,518*	
Kevät—tuore—pala Spring—green—block	4,202**	3,093**	5,472***	4,595**	3,119**

Yläviitteiden selitykset samat kuin taulukossa 7.
The explanation of signs the same as in table 7.

Taulukko 9. Casella-keräimellä mitatut ilman itiöpitoisuudet (10^3 m^{-3}) 7 ja 20 viikkoa varastoituja hakkeita käsiteltäessä.

Table 9. The spore concentrations (10^3 m^{-3}) of the air measured with the Casella-sampler when handling chips stored for 7 and 20 weeks.

Hakkeen laatu Quality of chips	Hakkeen varastointiaika The storage time of chips	
	7 viikkoa 7 weeks	20 viikkoa 20 weeks
Kesä—tuore—hieno Summer—green—fine	520 000 ± 197 000	2750 000 ± 1468 000
Kesä—tuore—pala Summer—green—block	801 000 ± 572 000	827 000 ± 561 000
Kesä—rasi—hieno Summer—leaf-seasoned—fine	920 000 ± 132 000	1198 000 ± 137 000
Kesä—rasi—pala Summer—leaf-seasoned—block	716 000 ± 198 000	1033 000 ± 979 000
Syksy—rasi—hieno Autumn—leaf-seasoned—fine	99 000 ± 41 000	—
Syksy—rasi—pala Autumn—leaf-seasoned—block	31 000 ± 9 000	—
Kevät—tuore—hieno Spring—green—fine	6 000 ± 3 000	384 000 ± 127 000
Kevät—tuore—pala Spring—green—block	2 000 ± 1 000	143 000 ± 46 000

— = ei havaintoa
— = no observation

34. Hakkeen infektioituminen ennen varastointia

Taulukossa 12 on esitetty itiöpitoisuus hakkeessa ennen varastointia sekä ilmassa varastoimatonta haketta käsiteltäessä kahdella eri menetelmällä mitattuna. Rasipuu on infektoitunut jonkin verran enemmän kuin tuore puu. Keräysmenetelmien välillä on eroja, mutta kokonaisuutena tulokset ovat samansuuntaisia. Tämän perusteella ei voida sanoa, vaikuttaako puun infektoituminen ennen haketusta hakkeen homehtumiseen varastoinnin aikana. Asian selvittämiseksi laskettiin ennen varastointia hakkeen sisältämien itiöpitoisuuksien ja varastoinnin jälkeen mitattujen ilman itiöpitoisuuksien välinen riippuvuus hakelaaduittain. Korrelaatiokertoimet vaihtelivat satunnaisesti, eivätkä ne olleet tilastollisesti merkitseviä. Aineisto eri hakelaatujen sisällä oli liian pieni varmojen päätelmien tekemiseen.

35. Kosteuden vaikutus

Hakkeen kosteuden vaikutusta ilman itiöpitoisuuteen haketta käsiteltäessä selvitettiin

lineaarisen regression avulla. Taulukossa 13 ovat korrelaatiokertoimet ja niiden merkitsevyydet kosteuden ja eri sieniryhmien välillä eri varastointivaiheissa. Hakkeen käsitelystä aiheutuvan ilman itiöpitoisuuden ja hakkeen kosteuden välillä oli negatiivinen riippuvuus lähes kaikissa varastointivaiheissa ja sieniryhmissä. Riippuvuus oli selvintä verrattaessa 7 viikon varastoinnin jälkeen mitattua ilman itiöpitoisuutta ja samaan aikaan mitattua hakkeen kosteutta.

36. Puulajin vaikutus

Kuvassa 1 on esitetty kaikkien mittausten keskiarvot erikseen leppälle ja koivulle 7 ja 20 viikon varastoinnin jälkeen. Kuvan perusteella voidaan päätellä, että yleensä koivusta tehdyn hakkeen käsittely aiheuttaa suuremman ilman itiöpitoisuuden kuin leppähakkeen käsittely. Tilastollisesti tulosta tarkasteltiin t-testillä, ja havaittiin 20 viikon varastoinnin jälkeen kaikissa kuvassa esitetyissä sieniryhmissä leppä- ja koivuhakkeen välillä jokseenkin merkitsevä tilastollinen ero. 7 viikon varastoinnin jälkeen tilastollisesti merkitseviä eroja ei havaittu. Tarkasteluun

Taulukko 10. T-testillä saadut testiarvot ja niiden merkitsevyydet verrattaessa ilman itiöpitöisuutta 7 viikkoa varastoituja hakkeita käsitellessä. Lähtöarvot ovat Casella-keräimellä mitattuja kokonaisitiöpitöisuuksien keskiarvoja. Luvuille on tehty logaritimuunnos ennen testin suorittamista.
 Table 10. The test values obtained with the t-test and their significance in the spore concentration of the air when handling chips stored for 7 weeks. The concentrations represent the mean values of the total spore concentrations measured with the Casella-sampler. The figures have been transformed to their logarithms before the test.

Hakelaatu Quality of chips	Kesä—tuore— hieno Summer—green— fine	Kesä—tuore— pala Summer—green— block	Kesä—rasi— hieno Summer—leaf— seasoned— fine	Kesä—rasi— pala Summer—leaf— seasoned— block	Syksy—rasi— hieno Autumn—leaf— seasoned— fine	Syksy—rasi— pala Autumn—leaf— seasoned— block	Kevät—tuore— hieno Spring—green— fine
Kesä—tuore—pala Summer—green—block	0,351						
Kesä—rasi—hieno Summer—leaf—seasoned—fine	—1,352	—1,004					
Kesä—rasi—pala Summer—leaf—seasoned—block	—0,899	—0,862	0,988				
Syksy—rasi—hieno Autumn—leaf—seasoned—fine	2,394*	1,049	4,681**	4,224**			
Syksy—rasi—pala Autumn—leaf—seasoned—block:	3,895**	2,040*	6,157***	5,942***	1,915*		
Kevät—tuore—hieno Spring—green—fine	6,433***	3,590**	9,329***	9,254***	4,894**	2,804*	
Kevät—tuore—pala Spring—green—block	9,300***	4,549**	19,572***	16,320***	7,843***	4,936**	1,479 0

Yläviitteiden selitykset samat kuin taulukossa 7.
 The explanation of signs the same as in table 7.

Taulukko 11. T-testillä saadut testiarvot ja niiden merkitsevyydet verrattaessa ilman itiöpitoisuutta 20 viikkoa varastoitua hakkeita käsiteltäessä. Lähtöarvot ovat Casella-keräimellä mitattuja kokonaisitiöpitoisuuksien keskiarvoja. Luvuille on tehty logaritminmuunnos ennen testin suorittamista.

Table 11. The test values obtained with the t-test and their significance in the spore concentration of the air when handling chips stored for 20 weeks. The concentrations represent the mean values of the total spore concentrations measured with the Casella-sampler. The figures have been transformed to their logarithms before the test.

Hakelaatu Quality of chips	Kesä—tuore— hieno Summer—green— fine	Kesä—tuore— pala Summer—green— block	Kesä—rasi— hieno Summer—leaf- seasoned—fine	Kesä—rasi— pala Summer—leaf- seasoned—block	Kevät—tuore— hieno Spring—green— fine
Kesä—tuore—pala Summer—green—block	1,014				
Kesä—rasi—hieno Summer—leaf-seasoned—fine	0,054	—1,530			
Kesä—rasi—pala Summer—leaf-seasoned—block	0,258	—1,255	0,869		
Kevät—tuore—hieno Spring—green—fine	1,689	0,510	2,979*	2,553*	
Kevät—tuore—pala Spring—green—block	2,780*	1,806 ⁰	4,574**	4,173**	1,680 ⁰

Yläviitteiden selitykset samat kuin taulukossa 7.
The explanation of signs the same as in table 7.

Taulukko 12. Kokonaisitiöpitoisuus tuoreessa hakkeessa laimennusmenetelmällä mitattuna (10^8 kg^{-1}) sekä kokonaisitiöpitoisuudet ilmassa tuoretta haketta käsiteltäessä Andersen- ja Casella-keräimillä mitattuna (10^3 m^{-3}).
Table 12. The total spore concentration of green chips measured with the dilution method (10^8 kg^{-1}) and the total spore concentrations of the air when handling green chips measured with the Andersen- and the Casella-sampler (10^3 m^{-3}).

Hakelaatu Quality of chips	Laimennusmenetelmä (10^8 kg^{-1}) Dilution method (10^8 kg^{-1})	Andersen-keräin (10^3 m^{-3}) Andersen-sampler (10^3 m^{-3})	Casella-keräin (10^3 m^{-3}) Casella-sampler (10^3 m^{-3})
Kevät—tuore—hieno Spring—green—fine	1,3 ± 0,7	0,3 ± 0,1	40 ± 13
Kevät—tuore—pala Spring—green—block	1,6 ± 0,7	0,6 ± 0,2	42 ± 6
Kesä—tuore—hieno Summer—green—fine	3,5 ± 3,0	0,3 ± 0,3	71 ± 21
Kesä—tuore—pala Summer—green—block	3,9 ± 2,6	0,2 ± 0,1	58 ± 18
Kesä—rasi—hieno Summer—leaf-seasoned—fine	19,2 ± 5,3	2,8 ± 2,2	75 ± 10
Kesä—rasi—pala Summer—leaf-seasoned—block	18,1 ± 6,8	8,3 ± 8,0	85 ± 15
Syksy—rasi—hieno Autumn—leaf-seasoned—fine	7,2 ± 2,1	11,2 ± 7,1	1133 ± 547
Syksy—rasi—pala Autumn—leaf-seasoned—block	8,3 ± 4,3	24,4 ± 13,3	977 ± 382

ei ole otettu mukaan termofiilisiä sädesieniä ja homeita, sillä niiden pitoisuudet olivat hyvin pieniä. Jotta havainnot olisivat lukumääräisesti yhtäsuuria ja parittaisia, tarkastelussa ei ole mukana myöskään verkkokontteja.

37. Kontin seinärakenteen vaikutus

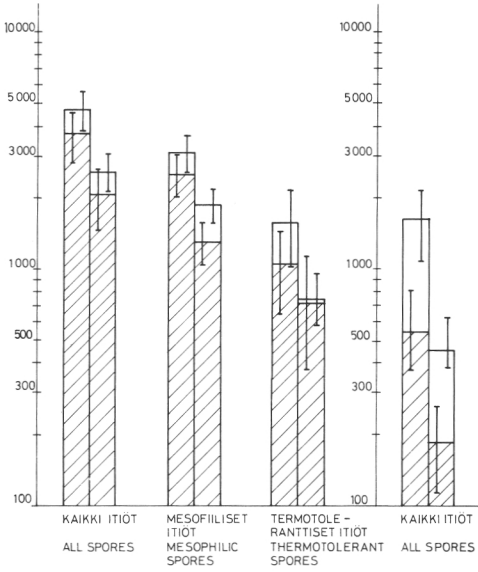
Verkkokontin vaikutusta tutkittiin vertaamalla verkkokontissa varastoidun hakkeen aiheuttamaa ilman itiöpitoisuutta vastaavan puukontissa varastoidun hakkeen aiheutta-

ILMAN ITIÖPITOISUUS
ANDERSEN-KERAIMELLA
MITATTUNA ($10^3 \times m^{-3}$)
THE SPORE CONCENTRATION OF
THE AIR MEASURED WITH THE
ANDERSEN-SAMPLER ($10^3 \times m^{-3}$)

ILMAN ITIÖPITOISUUS
CASELLA-KERAIMELLA
MITATTUNA ($10^6 \times m^{-3}$)
THE SPORE CONCENTRATION OF
THE AIR MEASURED WITH THE
CASELLA-SAMPLER ($10^6 \times m^{-3}$)

ILMAN ITIÖPITOISUUS
ANDERSEN-KERAIMELLA
MITATTUNA ($10^3 \times m^{-3}$)
THE SPORE CONCENTRATION OF
THE AIR MEASURED WITH THE
ANDERSEN-SAMPLER ($10^3 \times m^{-3}$)

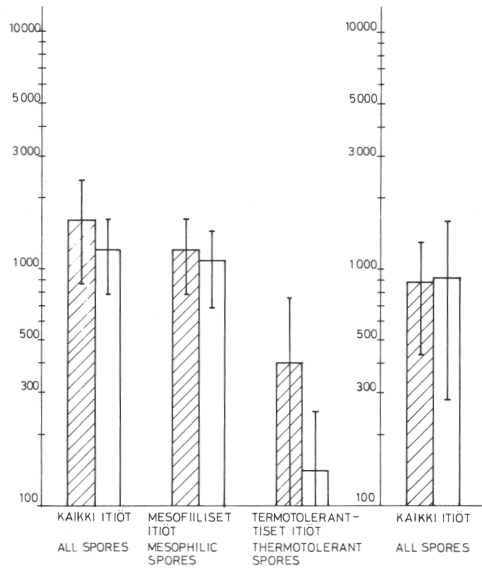
ILMAN ITIÖPITOISUUS
CASELLA-KERAIMELLA
MITATTUNA ($10^5 \times m^{-3}$)
THE SPORE CONCENTRATION OF
THE AIR MEASURED WITH THE
CASELLA-SAMPLER ($10^5 \times m^{-3}$)



Kuva 1. Eri sieniryhmien itiöpitoisuuksien keskiarvot ja keskiarvojen keskivirheet koivu- (vasemmanpuoleinen pylväs) ja leppähaketta (oikeanpuoleinen pylväs) käsiteltäessä. Viivoitettu alue kuvaa pitoisuuksia 7 viikon varastoinnin jälkeen ($n = 36$) ja koko pylväs 20 viikon varastoinnin jälkeen ($n = 26$).

Fig. 1. The mean spore concentrations of different fungal groups and the standard errors of means when handling chips of birch (the left column) and chips of alder (the right column). The striped columns represent concentrations after 7 weeks ($n = 36$) and the whole column after 20 weeks of storage ($n = 26$).

maan ilman itiöpitoisuuteen. Koska havain-
toja oli vähän ja ne olivat parittaisia yhdis-
tettiin 7 ja 20 viikon varastoinnin jälkeen
otetut näytteet. Kuvassa 2 on esitetty kes-
kiarvot ja keskiarvojen keskivirheet. Yleensä
verkkokontissa varastoitu hake aiheutti



Kuva 2. Eri sieniryhmien itiöpitoisuuksien keskiarvot ja keskiarvojen keskivirheet verkko- (viivoitettu pylväs) ja puukonteissa (viivoittamaton pylväs) varastoituja hakkeita käsiteltäessä. Havaintojen määrä oli kuusi.

Fig. 2. The mean spore concentrations of different fungal groups and the standard errors of means when handling stored chips. The striped column represents storage in wire containers and the unstriped column in wooden containers. The number of observations was 6.

suuremman ilman itiöpitoisuuden. Poik-
keuksena oli Casella-keraimellä mitattu il-
man kokonaisitiöpitoisuus. Erot eivät olleet
tilastollisesti merkitseviä missään sieniryh-
mässä.

4. TULOSTEN TARKASTELUA

Tässä julkaisussa kuvattu tutkimus on jat-
koa vuonna 1981 aloitetulle tutkimukselle.
Ensimmäisenä kesänä hakettava puu oli
pelkästään leppää (Pellikka 1983). Vuonna
1982 haketukset aloitettiin paria kuukautta
aiemmin ja leppän ohella hakettiin myös
koivua. Vuonna 1982 termofiilisten säde-
sientien ja homeiden määrä oli huomattavasti

pienempi kuin edellisenä vuotena. Syytä tä-
hän on vaikea löytää, mutta yksi selitys lie-
nee erilaisissa kesissä. Termotoleranttisten
ja mesofiilisten sieni-itiöiden pitoisuudet sa-
moin kuin kokonaisitiöpitoisuudet olivat
varsinkin hyvin säilyneitä hakkeita käsitel-
tässä vuonna 1982 pienempiä kuin vuonna
1981. Hyvin säilyneitä olivat keväällä ja syk-

Taulukko 13. Lineaariset korrelaatiokertoimet ja niiden merkitsevyydet hakenäytteestä mitatun kosteuden ja eri sieniryhmien logaritimuunnettujen itiöpitoisuuksien välillä eri varastointivaiheissa. Varastoinnin alussa ja 7 viikon varastoinnin jälkeen havaintoja oli 36 ja 20 viikon jälkeen 26.

Table 13. The linear correlation coefficients and their significance in the moisture of the chips samples and the spore concentrations of the different fungal groups with logarithm transformations during different stages of storage. There were 36 observations at the beginning and after 7 weeks storage and 26 observations after 20 weeks.

	Korrelaatiokerroin Correlation coefficient		
	Kosteus alussa Initial moisture	Kosteus 7 vii- kon jäl- keen Moisture after 7 weeks	Kosteus 20 viikon jäl- keen Moisture after 20 weeks
Elävien itiöiden pitoisuudet 7 viikon varastoinnin jälkeen <i>The concentrations of viable spores after 7 weeks of storage</i>	−0,359*	−0,582***	
Elävien itiöiden pitoisuudet 20 viikon varastoinnin jälkeen <i>The concentrations of viable spores after 20 weeks of storage</i>	−0,393		−0,137
Kokonaisitiöpitoisuus 7 viikon varastoinnin jälkeen <i>The total spore concentration after 7 weeks of storage</i>	−0,354	−0,558***	
Kokonaisitiöpitoisuus 20 viikon varastoinnin jälkeen <i>The total spore concentration after 20 weeks of storage</i>	−0,418		−0,202
Termotoleranttisten itiöiden pitoisuus 7 viikon varastoinnin jälkeen <i>The concentration of thermotolerant spores after 7 weeks of storage</i>	−0,105	−0,342 ⁰	
Termotoleranttisten itiöiden pitoisuus 20 viikon varastoinnin jälkeen <i>The concentration of thermotolerant spores after 20 weeks of storage</i>	−0,147		−0,085
Mesofiilisten itiöiden pitoisuus 7 viikon varastoinnin jälkeen <i>The concentration of mesophilic spores after 7 weeks of storage</i>	−0,398*	−0,599***	
Mesofiilisten itiöiden pitoisuus 20 viikon varastoinnin jälkeen <i>The concentration of mesophilic spores after 20 weeks of storage</i>	−0,521*		−0,189

Yläviitteiden merkitys sama kuin taulukossa 7.
The explanation of signs the same as in table 7.

syllä tehdyt hakkeet. On huomattava, että varastointiaika välinäytteitä otettaessa oli ensimmäisenä vuotena pitempi kuin vuonna 1982. Sen sijaan kokeen lopussa keväällä tehtyjen hakkeiden osalta varastointiaika oli pitempi vuonna 1982. Vuoden 1982 tulosten paremmuutta voi osaltaan selittää hakkeen aikaisempi tekoajankohta. Ensimmäisenä vuotena keväällä haketus aloitettiin touko-kuussa, kun taas vuonna 1982 haketus aloitettiin jo maaliskuun lopulla. Maaliskuussa ilma on kylmempää, eikä puun kasvukausi ole vielä alkanut. Voi olettaa, että ravintoaineet ovat puussa ennen kasvukauden alkua vielä ”liikkumattomassa” muodossa, ja mikrobien kasvu hidastuu sekä ravintoainien puutteen että lämpötilan alhaisuuden vuoksi.

Tässä tutkimuksessa mitattiin hakkeen käsittelyn aikana ilman itiöpitoisuuksia, jotka vaihtelivat välillä 100—10 000 (10^3 m^{-3}) hakelaadun ja varastointiajan mukaan. Lajikoostumus oli tyypillinen hakkeelle (vrt. Strömquist ym. 1980, Thörnqvist ja Lundström 1979). Vertailun vuoksi voidaan mai-

nita, että maataloilta, joilla on todettu homepölykeuhkotapauksia on mitattu Andersen-keräimellä samaa suuruusluokkaa olevia pitoisuuksia. Lajien ja sukujen runsaussuhteet ovat heinän käsittelyn aikana hieman erilaisia kuin hakkeen käsittelyn aikana. Eräältä sahalla, jonka työntekijällä todettiin homepölykeuhko mitattiin Andersen-keräimellä kokonaisitiöpitoisuuksia, jotka vaihtelivat välillä 3,1—4,5 (10^3 m^{-3}) (Terho ym. 1979). Huoneilmasta on mitattu samoin Andersen-keräimellä muutaman sadan itiön suuruusluokkaa olevia ilman itiöpitoisuuksia (Röning 1982).

Vertaillaessa eri työaloilla esiintyviä homepölypitoisuuksia, on muistettava, että sahoilla altistumisaikaa on koko työaika ja maataloilla muutama tunti vuorokaudessa. Polttoaineena haketta käyttävien altistuminen on sen sijaan ajoittaista ja lyhytaikaista. Maanviljelijäväestön homepölykeuhkon aiheuttajina pidetään lähinnä termofiilisiä sädesieniä *Micropolyspora faenia* ja *Thermoactinomyces vulgarista* sekä *Aspergillus glaucus* -ryhmän homesieniä (Terho 1979).

Tässä tutkimuksessa näiden lajien pitoisuudet olivat hyvin pieniä ja varsinkin vuoden 1982 kokeessa termofiilisten sädesienten määrä oli kokonaisuudessaan hyvin vähäinen. Sen sijaan termotoleranttisen sienien *Aspergillus fumigatus* itiöitä löydettiin hyvinkin runsaasti. *Aspergillus*-suvun itiöiden on todettu aiheuttavan homepölykeuhkoa mm. mallastyöntekijöille ja sahatyöntekijöille (Terho 1981). Mesofiilisiä ja termotoleranttisia *Penicillium*-suvun itiöitä löydettiin paikoitellen yli 50 % kokonaisitiöpitoisuudesta. *Penicillium*-suvun itiöiden on todettu aiheuttavan homepölykeuhkoa teollisuudessa homeisen korkin ja juuston käsitteilyille sekä toimistotiloissa koneellisesta ilmastotutuksesta johtuen (Solley ja Hyatt 1980).

Terveystieteellisten ongelmien lisäksi useat sienilajit aiheuttavat myös taloudellisia menetyksiä. Puun värjäytymistä ja lahoamista aiheuttavat mm. *Hemicelia*- ja *Penicillium*-sukujen sienet. Massan saantotappioita varastoinnin aikana aiheuttavat useat eri sienilajit, mutta tärkeimpinä pidetään termofiilisiä ja termotoleranttisia sienisukuja (Greaves 1975, Bergman ja Nilsson 1979).

Keväällä ja syksyllä tehdyt hakkeet säilyvät paremmin kuin keskikesällä tehdyt. Keväällä puut hakettiin hyvissä ajoin ennen elintoimintojen heräämistä ja puun lehteen puhkeamista, mikä saattaa olla yksi selitys hyvälle säilymiselle. Keväällä ja syksyllä ilma on kylmempää kuin keskikesällä, ja tämä vaikeuttaa sienten lisääntymistä.

Puun kosteuden ja ilman itiöpitoisuuden välillä todettiin negatiivinen korrelaatio. Yhtenä syynä voidaan pitää itiöiden helpompaa irtoamista kuivasta puusta (Thörnqvist ja Lundström 1979). Voidaan myös olettaa, että hakkeen kosteus on joka tapauksessa riittävä homehtumiselle, eikä kosteuden vaihteluilla enää tietyn rajan yläpuolella ole merkitystä. Tulosten tulkintaa sekoittaa eri hakelaatujen yhdistäminen. Havaintomäärä eri hakelaatujen sisällä on niin pieni, että se vaikuttaa tulosten luotettavuuteen. Kuitenkin mielenkiinnon vuoksi laskettiin korrelaatiokertoimet myös eri hakelaatujen sisällä. Positiivista korrelaatiota esiintyi eniten kesällä raspuusta tehdyn hakkeen käsittelystä aiheutuneen ilman itiöpitoisuuden ja hakkeen kosteuden välillä. Raspuussa ta-

pahtunut kosteuspitoisuuden aleneminen saattaa muuttaa kosteuden itiöiden kasvua rajoittavaksi tekijäksi.

Sieni-itiöiden lämmönkestosta on todettu, että kostea lämpö tappaa puussa elävät itiöt paremmin kuin kuiva lämpö. Hulme ja Stranks (1976) ovat todenneet, että puu voidaan steriloida 75°C:ssa korkeassa kosteudessa 75 minuutissa. Heidän tutkimuksensa käsitteli ainoastaan lahottajasieniä eikä siinä huomioitu esimerkiksi termofiilisiä sädesieniä. Hakevarastoista on mitattu hyvinkin korkeita lämpötiloja. Eräässä tutkimuksessa 3000 m³:n hakevarastossa mitattiin lähes 70°C:n lämpötiloja (Bergman ja Nilsson 1979). Pienessä varastossa lämpötilat jäävät alhaisemmiksi, mutta voidaan olettaa, että kostea lämpö tappaa myös tässä tutkimuksessa käytetyssä varastossa itiöitä tehokkaammin kuin kuiva lämpö.

Koivusta tehdyn hakkeen huonomuus verrattuna lepästä tehtyyn hakkeeseen samoin kuin verkkokontin verrattuna puukonttiin selittyy kosteuden avulla. Koivusta tehty hake oli kuivunut nopeammin kuin lepästä tehty. Samoin verkkokontissa oleva hake kuivui nopeammin kuin puukontissa oleva.

Kaikenkaikkiaan kosteus näyttää olevan ongelmallinen tekijä hakkeen varastoinnissa. Jotta hakkeen homehtuminen pystyttäisiin estämään olisi kuivatuksen tapahduttava nopeasti ja melko kuivaksi. Heinän homehtumisesta on todettu, että heinien alkukosteuden ollessa n. 16 % varastoinnin alussa ei homehtumista tai lämpenemistä sanottavasti tapahdu. 25 %:n alkukosteus aiheuttaa lähinnä mesofiilisten sienten kasvun ja lisääntymisen. Termofiilisten sienten ja sädesienten saastuttamaa heinää saadaan alkukosteuden ollessa n. 40 % (Gregory ym. 1963).

Selvitettäessä hakkeen käyttäjien altistusta ja pyrittäessä sitä pienentämään olisi kiinnitettävä huomiota hakkeen keinokuivatukseen sekä kemikaalien rajattuun kokeiluun homehtumisen estämiseksi. Lääketieteellisellä puolella olisi pyrittävä selvittämään hakkeen käyttäjien antigeeni-spesifisten vasta-aineiden määrä ja laatu, ja sitä kautta karotittamaan hakkeen käyttäjien vaste altistumilleen mikrobeille.

5. TIIVISTELMÄ

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan polttohakkeen homehtumiseen ja itiöiden vapautumiseen vaikuttavia tekijöitä. Tutkittavia hakkeita tehtiin neljällä eri paikkakunnalla neljässä vaiheessa. Maaliskuussa ja kesäkuun lopussa hakkeet tehtiin kaatotuoreesta puusta ja heinäkuun alussa ja syyskuussa rasikuivatusta puusta. Kaikilla haketuskerroilla tehtiin sekä pala- että hienohaketta. Hakkeet varastoitettiin harvarakenteisissa puukonteissa, joita oli siis yhteensä 32. Keväällä ja syksyllä tehdyille hakkeille kokeiltiin yhdellä paikkakunnalla myös metalliverkosta tehtyä konttia, joita oli yhteensä 4. Kontin koko oli noin 15 m³, ja se sijaitsi tukien päällä siten, että tuuletus tapahtui myös alakautta.

Varastoinnin alussa määritettiin sieni- ja sädesieni-itiöt suoraan hakkeesta ravistelemalla 200 g haketta 600 ml:ssa steriiliä vettä. Jatkotutkimukset tehtiin saadusta nesteestä. Ilman itiöpitoisuus haketta käsiteltäessä määritettiin heti varastoinnin alussa sekä 7 ja 20 viikon kuluttua varastoinnin aloittamisesta. Syksyllä tehdyistä hakkeista ei viimeisiä määriä tehty. Hakekontista otettiin puolen kilon painoiset näytteet läheltä pintaa sekä puolen metrin syvyydestä. Näytteet yhdistettiin ja ilman itiöpitoisuus määritettiin Andersen- ja Casella-keräimillä koetilanteessa laboratoriossa ravisteltaessa kilon painoista näytettä. Itiömääritysten lisäksi kaikista hakenäytteistä määritettiin vesipitoisuus prosentteina tuorepainosta. Casella-keräimellä määritettiin sekä kuolleet että elävät sieni-itiöt. Andersen-keräimellä saatiin selville vain elävät itiöt. Termofiilisille sienille ja sädesieni-itiöille käytettiin Nutrient-agar, termotoleranttisille ja mesofiilisille itiöille Hagen-agar ja *Aspergillus glaucus* -ryhmän itiöille NaCl-mallasuuteagar. Kasvatustilapöytä vaihtelivat välillä 20–55 °C ja kasvatusajat 2–10 päivää sieniryhmän mukaan.

Andersen-keräimellä mitatut elävien itiöiden pitoisuudet vaihtelivat varastoinnin aikana välillä 1–10 000 (10³ m⁻³) ja Casella-keräimellä mitatut kokonaisitiöpitoisuudet

välillä 1 000–1 000 000 (10³ m⁻³) varastointiajan ja hakelaadun mukaan. Elävien itiöiden kokonaisitiöpitoisuus koostui lähinnä mesofiilisistä ja termotoleranttisista lajeista, joskin termofiilisiä sieni- ja sädesieni-itiöitä tavattiin paikoitellen myös runsaasti.

Haketta käsiteltäessä yleisimmät ilmasta määritetyt sienisuvut ja -lajit olivat ryhmitäin seuraavat:

- termofiiliset sädesienet: *Streptomyces* spp.
Thermoactinomyces vulgaris
- termofiiliset sienet: *Humicola* spp.
- termotoleranttiset sienet: *Aspergillus fumigatus*
Penicillium spp.
- mesofiiliset sienet: *Penicillium* spp.
Trichoderma spp.
Aspergillus niger

Suoraan hakkeesta varastoinnin alussa määritettiin pitoisuuksia 10⁸–10⁹/kg kuivaa haketta. Hiivat, joita ilmassa esiintyi hyvin vähän olivat vallitsevina määritettäessä itiöitä suoraan hakkeesta.

Jotta työntekijän homepölyaltistus jäisi mahdollisimman pieneksi hakkeen käsittelyn yhteydessä, olisi tässä tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella otettava huomioon seuraavat seikat:

- Pitkä varastointiaika lisää ilman itiöpitoisuutta haketta käsiteltäessä. Tosin itiöpitoisuuksien kasvu samoin kuin erot eri hakelaatujen välillä tasaantuivat kokeen loppua kohden. Olisi siis edullista varastoida hakepuuta mahdollisimman pitkään kasoissa ja valmistaa haketta pienissä erissä käyttötarpeen mukaan.
- Haketusajankohtina varhainen kevät ja myöhäinen syksy ovat parempia kuin keskikesä.
- Palahake säilyy paremmin kuin hienohake.
- Hakepuun rasikuivatuksella ei ole merkittävää vaikutusta ilman itiöpitoisuuteen haketta käsiteltäessä.
- Jotta työntekijän homepölyaltistus jäisi pieneksi, olisi joko hakepuu ennen haketusta tai hake ennen varastointia saatava nopeasti niin kuivaksi ettei homehtumista pääse tapahtumaan. Jos homehtuminen alkaa, kuivan hakkeen käsittely aiheuttaa työntekijälle suuremman homepölyaltistuksen kuin määrän hakkeen käsittely. Kuivasta ja homehtuneesta hakkeesta itiöt irtoavat helpommin kuin märästä ja homehtuneesta hakkeesta, mikä lienee eräs syy suureen ilman itiöpitoisuuteen. Lisäksi saattaa olla, että kosteuden vaikutus itiöiden kasvuun ja lisääntymiseen on merkitykseltään tietyn rajan yläpuolella.

- Ilmeisesti hakkeen nopeammasta kuivumisesta johtuen verkkokonteissa varastoidun hakkeen käsittely aiheutti suuremman ilman itiöpitoisuuden kuin puukonteissa varastoidun hakkeen.
- Koivuhakkeen käsittely aiheutti suuremman ilman itiöpitoisuuden kuin leppähakkeen käsittely. Koivuhake kuivui myös nopeammin.

Tässä tutkimuksessa mitattiin niin suuria ilman itiöpitoisuuksia, että haketta käsiteltäessä on suositeltavaa käyttää Työsuojeluhallituksen hyväksymää 2b-luokan suodattimella varustettua henkilökohtaista hengityksen suojainta.

KIRJALLISUUS

- ANDERSEN, A. A. 1958. New sampler for collection, sizing and enumeration of viable airborne particles. *J. Bact.* 76:471—484.
- BERGMAN, Ö. & NILSSON, T. 1979. An experiment on outdoor storage of whole-tree chips. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för virkeslära. Rapport nr 109:1—21. Uppsala.
- CARLSTRÖM, B., THÖRNQVIST, T. & WERNER, S. 1981. Bestämning av mängden svampdiasporer i bränsleflis. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för virkeslära. Rapport nr 124:1—25. Uppsala.
- Cascade impactor: Instruction leaflet 3018/TE. C. F. Casella & Co. Ltd — London. 1—27 s.
- Energiapoliittinen ohjelma 1982. Komiteanmietintö 76. Helsinki 1982.
- GREAVES, H. 1975. Microbiological aspects of wood chip storage in tropical environments. *Australian Journal of Biological Sciences* 28:315—322.
- GREGORY, P. H., LACEY, M. E., FESTENSTEIN, G. N. & SKINNER, F. A. 1963. Microbial and biochemical changes during the moulding of hay. *J. gen. Microbiol.* 33:147—174.
- HAKKILA, P. 1978. Pienpuun korjuu polttoaineeksi. Summary: Harvesting small-sized wood for fuel. *Folia For.* 342:1—38.
- HULME, M. A. & STRANKS, D. W. 1976. Heat tolerances of fungi inhabiting chip piles. *Wood Science* 8:237—241.
- KALAJA, H. & RANTAMAULA, J. 1982. Junkkari laikkahakkurit. Abstract: Junkkari disc chippers. *Folia For.* 513:1—19.
- MÄKINEN, Y. 1974. Tilastotiedettä biologeille. Synapsi r.y:n kurssimoniste. Turku. 1—200 s.
- PELLIKKA, M. 1983. Homepölyaltistus polttohakkeen käsittelyn yhteydessä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 81:1—76.
- RÖNING, I. 1982. Asuinhuoneiston homeet ja sädesienet. Pro gradu. Kuopio. 1—57 s.
- SOLLEY, G. O. & HYATT, R. E. 1980. Hypersensitivity pneumonitis induced by *Penicillium* species. *J. Allergy Clin. Immunol.* 65:65—70.
- STRÖMQVIST, L.-H., BLOMQVIST, G., KARLSSON, E., VINCENT, A., LUNDGREN, R. & ELIASSON, L. 1980. Bränsleflishantering — ett hälsoproblem. Institutionen för fysiologisk botanik. Umeå. 1—55 s.
- TERHO, E. O. 1979. Homepölykeuhko Suomessa — serologiset löydökset. *Allergiatutkimussäätiön vuosikirja* 10:35—40.
- 1981. Allergiset alveoliitit. *Duodecim* 97:623—628.
- , HUSMAN, K., KOTIMAA, M. & SJÖBLOM, T. 1979. Homepölykeuhko sahatyöntekijällä. *Duodecim* 95:843—850.
- THÖRNQVIST, T. & LUNDSTRÖM, H. 1979. Svampförekomst vid bränsleflishantering i mindre anläggningar. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för virkeslära. Rapport nr R 117:1—36. Uppsala.

SUMMARY

The present study deals with factors influencing the moulding and release of spores of fuel chips. The investigated chips were made in four different districts during four periods. In March and end of June the chips were made of green timber, while in the beginning of July and in September was made of leafseasoned wood. At each chipping time both block and fine chips were made. The chips were stored in altogether 32 loose wooden containers. At one location also 4 containers made of metal wire were used for spring- and autumn-made chips. The size of the container was about 15 m³ and it was supported so that ventilation could take place from underneath.

At the beginning of the storage the spores of fungi and actinomycetes were determined from the chips directly by shaking 200 g of chips in 600 ml of water. The further studies were made from the obtained liquid. The spore concentration of the air when handling the chips was determined right at the beginning of the storage as well as after 7 and 20 weeks. The last determinations were not made on autumn chips. Samples of 1/2 kg were taken from the chip container near the surface and at the depth of 50 cm. The samples were combined, and the spore concentration of the air was determined with Andersen- and Casella-samplers under laboratory conditions by

shaking the sample of one kilogram. In addition to the spore determinations also the water content as a percentage of fresh weight was determined of all chip samples. Both the mortal and viable spores of fungi are determined with the Casella-sampler, while only the viable spores are detected with the Andersen-sampler. For the thermophilic spores of fungi and actinomycetes Nutrient-agar, for thermotolerant and mesophilic spores Hagen-agar and for the spores of the *Aspergillus glaucus* group NaCl malt extract agar was used. The incubation temperatures varied between 20 and 55 °C, and the incubation times between 2 and 10 days according to the fungal group.

The concentrations of viable spores determined with the Andersen-sampler varied between 1–10 000 (10³ m⁻³) during storage, and the total spore concentrations measured with Casella-sampler between 1 000–1 000 000 (10³ m⁻³) depending on the time of storage and the quality of chips. The total spore concentration of viable spores consisted mainly of mesophilic and thermotolerant genera, but also great numbers of thermophilic spores of fungi and actinomycetes were observed occasionally.

When handling the chips the most common fungal genera and species were:

- thermophilic actinomycetes: *Streptomyces* spp.
Thermoactinomyces vulgaris
- thermophilic fungi: *Humicola* spp.
- thermotolerant fungi: *Aspergillus fumigatus*
Penicillium spp.
- mesophilic fungi: *Penicillium* spp.
Trichoderma spp.
Aspergillus niger.

At the beginning of the storage concentrations of 10⁸–10⁹/kg dry chips were determined directly from the chips. The small number of yeasts that appeared in the air were dominant at the direct determination of spores from the chips.

In order to maintain the exposure to mould dust as insignificant as possible in connection with the handling of chips, the following facts should be taken into consideration according to the results obtained in the present survey:

- A long time of storage increases the spore concentration of the air when handling chips. The increase of the spore concentration as well as the variations between the different qualities of chips did, however, stabilize towards the end of the survey. Therefore it would be profitable to store chip wood in heaps as long as possible and make chips in small quantities according to need.
- Early spring and late autumn are better times for chipping than mid summer.
- Block chips are better preserved than fine chips.
- The leaf-seasoning of chipping wood is not significant in the spore concentration of the air when handling chips.
- In order to avoid the exposure of the workers to mould dust the drying should take place before the chipping of chipping wood or before the storage of chips so that no moulding can take place. If the moulding has started the handling of dry chips results in a stronger exposure than that of wet chips. The spores come more easily off dry and moulded than wet and moulded chips which might be the cause of the high spore concentration of the air. It is also possible that the influence of moisture on the growth and reproduction of spores is insignificant above a certain level.
- Apparently the faster drying of the chips in wire containers caused a higher spore concentration of the air than chips in wooden containers.
- The handling of birch chips resulted in a higher spore concentration of the air than the handling of alder chips. The birch chips also dried faster.

In this study the measured spore concentrations of the air were so high that the use of a personal breathing mask provided with a filter of class 2b and approved by the Occupational Safety Administration is recommended when handling chips.

ODC 304 + 861.0
ISBN 951-40-0628-3
ISSN 0015-5543

PELLIKKA, M. & KOTIMAA, M. 1983. Polttohakkeen käsittelystä aiheutuva ilman homepölypitoisuus sekä siihen vaikuttavat tekijät. Summary: The mould dust concentration caused by the handling of fuel chips and its modifying factors. *Folia For.* 563:1—18.

The investigated chips were stored in containers of 15 m³. The spore determinations were carried out in laboratories with Andersen- and Casella-samplers by shaking chip samples of one kilogram. The study dealt with the influence of the time of storage, the timing of chipping, the kind of wood, the structure of the container wall, the size of the chips and the moisture of the chips on the spore concentration of the air when handling chips.

Authors' addresses: *Pellikka*: University of Kuopio, the Department of Environmental Hygiene, PL 6, SF-70211 Kuopio 21. *Kotimaa*: The Regional Institute of Occupational Health of Kuopio, PL 261, SF-70101 Kuopio 10.

ODC 304 + 861.0
ISBN 951-40-0628-3
ISSN 0015-5543

PELLIKKA, M. & KOTIMAA, M. 1983. Polttohakkeen käsittelystä aiheutuva ilman homepölypitoisuus sekä siihen vaikuttavat tekijät. Summary: The mould dust concentration caused by the handling of fuel chips and its modifying factors. *Folia For.* 563:1—18.

The investigated chips were stored in containers of 15 m³. The spore determinations were carried out in laboratories with Andersen- and Casella-samplers by shaking chip samples of one kilogram. The study dealt with the influence of the time of storage, the timing of chipping, the kind of wood, the structure of the container wall, the size of the chips and the moisture of the chips on the spore concentrations of the air when handling chips.

Authors' addresses: *Pellikka*: University of Kuopio, the Department of Environmental Hygiene, PL 6, SF-70211 Kuopio 21. *Kotimaa*: The Regional Institute of Occupational Health of Kuopio, PL 261, SF-70101 Kuopio 10.

Tilaan kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

Please, send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).

Nimi
Name _____

Osoite
Address _____

Metsäntutkimuslaitos
Kirjasto/Library
Unioninkatu 40 A
SF-00170 Helsinki 17
FINLAND



Folia Forestalia _____

Communicationes Instituti Forestalis Fenniae _____

Huomautuksia

Remarks _____

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun jalostuskoeasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koeasema
Ojajoki Experimental Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (995) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi 30, Finland
Puh. — *Phone:* (991) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu 10, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 26 211

Ruotsinkylän jalostuskoeasema
Ruotsinkylä Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

Kannuksen energiametsäkoasema
Kannus Energy Forestry Experiment Station
Os. — *Address:* Valtakatu 18
69100 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

- No 542 Kärkkäinen, Matti: Kuitupuupölkkyjen mittaustutkimuksia.
Studies of the measurement of pulpwood bolts.
- No 543 Kärkkäinen, Matti & Björklund, Tarja: Suomussalmelaisten mäntytukkien koesahaustuloksia.
On the sawing of pine logs from Suomussalmi, north-eastern Finland.
- No 544 Petäistö, Raija-Liisa: Rauduskoivun versolaikut taimitarhalla.
Stem spotting of birch (*Betula pendula*) in nurseries.
- No 545 Tiihonen, Paavo: Männyn ja kuusen kasvun vaihtelu Suomen eteläisimmässä osassa valtakunnan metsien 7. inventoinnin aineiston perusteella.
Growth variation of pine and spruce in the southernmost part of Finland according to the 7th National Forest Inventory.
- No 546 Kinnunen, Kaarlo & Nerg, Jukka: Istutustaimikoiden tila 11—12 vuotta viljelystä Länsi-Suomen yksityismetsissä.
State of plantations 11—12 years after planting in some private forests in western Finland.
- No 547 Rousi, Matti: Pohjois-Suomen siemenviljelysjälkeläistöjen menestymisestä Kittilässä.
The thriving of the seed orchard progenies of northern Finland at Kittilä.
- No 548 Imponen, Vesa & Sirén, Matti: Kaatotavan vaikutus kuormainproessorin tuottavuuteen.
The influence of the felling method on the performance of a grapple loader processor.
- No 549 Parviainen, Jari & Lappi, Juha: Laskentamalli metsänviljelyketjujen vertailemiseksi.
A calculation model for the comparison of artificial forest regeneration chains.
- No 550 Metsätilastollinen vuosikirja 1982.
Yearbook of Forest Statistics 1982.
- No 551 Kaunisto, Seppo: Koripajun (*Salix viminalis*) biomassatuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö eri tavoin lannoitetuilla turpeilla kasvihuoneessa.
Biomass production of *Salix viminalis* and its nutrient and water consumption on differently fertilized peats in greenhouse.
- No 552 Hakkila, Pentti & Kalaja, Hannu: Puu- ja kuorituhkan palauttamisen tekniikka.
The technique of recycling wood and bark ash.
- No 553 Löyttyniemi, Kari & Piisilä, Niilo: Hirvivahingot männyn viljelytaimikoissa Uudenmaan—Hämeen piirimetsä-lautakunnan alueella.
Moose (*Alces alces*) damage in young pine plantations in the Forestry Board District Uusimaa—Häme.
- No 554 Vuokila, Yrjö, Gustavsen, Hans Gustav & Luoma, Pirkko: Siperianlehtikuusikoiden kasvupaikkojen luokittelu ja harvennusmallit.
Site classification and thinning models for Siberian larch (*Larix sibirica*) stands in Finland.
- No 555 Metsätutkimuslaitoksen julkaisut 1982.
Abstracts of the publications of the Finnish Forest Research Institute, 1982.
- No 556 Vuokila, Yrjö: Viljelymetsiköiden harvennusmallit.
Gallringsmallar för odlade bestånd i Finland.
Thinning models for forest cultures in Finland.
- No 557 Isomäki, Antti & Niemistö, Pentti: Koealapuuston harvennusvalinta tietokoneohjelman avulla.
The selection of trees in thinning experiments: A computer method.
- No 558 Ferm, Ari & Kaunisto, Seppo: Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeennostoalueella, Kihniön Aitonevalla.
Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö.
- No 559 Leikola, Matti & Rikala, Risto: Verhoppuuston vaikutus metsikön lämpöoloihin ja kuusen taimien menestymiseen.
The influence of the nurse crop on stand temperature conditions and the development of Norway spruce seedlings.
- No 560 Löyttyniemi, Kari: Männyn taimen kehitys latvan katkeamisen jälkeen.
Recovery of young Scots pines from stem breakage.
- No 561 Tiihonen, Paavo: Leimikon pystymittauksen kenttätöiden tehostamisen mahdollisuuksia.
The efficiency of the field measurement of standing trees marked for cutting.
- No 562 Juslin, Heikki & Karppinen, Heimo: Suomen tärkeimpien asiakasmaiden sahatavaraostot 1970-luvulla.
Sawn timber purchases of Finland's most important client countries in the 1970's.
- No 563 Pellikka, Marketta & Kotimaa, Marjut: Polttohakkeen käsittelystä aiheutuva ilman homepölypitoisuus sekä siihen vaikuttavat tekijät.
The mold dust concentration caused by the handling of fuel chips and its modifying factors.
- No 564 Päivinen, Risto: Metsikön tukkiosuuden arviointimenetelmä.
A method for estimating the sawlog percentage in Scots pine and Norway spruce stands.
- No 565 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1981—83.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1981—83.
- No 566 Miettinen, Reijo & Uusvaara, Olli: Pystykarsitun männikön koesahaus.
Test sawing of pruned pine stand.
- No 567 Tiihonen, Paavo & Virtanen, Jaakko: Koetuloksia ilmakuvien käyttömahdollisuuksista energiapuun arvioinnissa Pohjanmaalla ja Pohjois-Savossa v. 1980—82.
Possibilities of using aerial photographs in the estimation of energy wood resources in Ostrobothnia and northern Savo in 1980—82.