



■ Hannu Yli-Kojola

Hannu Yli-Kojola

Tuulituhojen esiintyminen Suomen metsissä 1986–94

Yli-Kojola, H. 2004. Tuulituhojen esiintyminen Suomen metsissä 1986–94. Metsätieteen aikakauskirja 1/2004: 53–67.

Tutkimus sisältää tulokset ja tarkastelut tuulituhojen esiintymisistä metsikkö- ja puutasolla koko maassa valtakunnan metsien 8. inventoinnin aineiston mukaan. Kahdeksas inventointi tehtiin metsälautakunnittain vuosina 1986–1994. Tuulen aiheuttamia tuhoja esiintyi vuosina 1986–94 metsämaalla koko maassa 456 000 hehtaarilla. Tuulituhojen osuus oli 2,3% metsämaan alasta ja 5,7% kaikkien tuhojen alasta. Tuulen kaatamaa tai vaurioittamaa puustoa oli koko maassa noin 10 milj.m³, mikä on 0,5% puuston kokonaistilavuudesta ja 1,6% tuhopuuston tilavuudesta. Tuulen kaatamasta tai vaurioittamasta puustosta sijaitti tuulituhometsiköissä vain 25% (2,7 milj.m³), muiden tuhojen metsiköissä 40% ja 35% metsiköissä, joissa ei ollut merkitty tuhoa.

Tuulituhoista kaksi kolmasosaa oli tapahtunut mäntyvaltaisissa ja kolmasosa kuusivaltaisissa metsissä. Etelä-Suomessa tuulituhot keskittyivät keski-ikäisiin metsiin. Pohjois-Suomessa huomattava osa tuulituhoista oli tapahtunut vanhoissa metsissä. Etelä-Suomen metsissä havaituista tuulituhoista pääosa oli syntynyt viimeisen viiden vuoden aikana. Pohjois-Suomessa sen sijaan tuulituhot olivat useimmiten yli 5 vuotta sitten syntyneitä, varsinkin kuusivaltaisissa metsissä. Koko maan tuulituhoista lähes puolet oli lieviä ja loput metsikön laatuluokkaa alentavia tuhoja. Täydellisiä tuhoja oli 10 000 hehtaarilla ja muita vakavia tuhoja 47 000 hehtaarilla. Vakavia ja täydellisiä tuhoja oli yhteensä 12,3% tuulituhojen alasta.

Tuulen vaurioittamaa kuollutta puustoa oli metsissä noin 6 milj.m³. Tästä kaatuneina ja katkenneina oli 5,6 milj.m³ ja pystykuolleena 0,4 milj.m³. Lisäksi arvioitiin vielä kuolemassa olevan puuston määräksi noin 0,7 milj.m³. Tuulen vaurioittamasta puustosta (10 milj.m³), siis kaksi kolmasosaa oli kuollutta tai kuolevaa ja loput pääosin vaurioitunutta.

Kaikista tuulituhoista noin 60% ja mäntyvaltaisten metsien tuulituhoista 70% oli tapahtunut Pohjois-Suomessa, missä tuulituhojen suhteellinen osuus metsämaan alasta oli kaksi kertaa ja puuston tilavuudesta neljä kertaa niin suuri kuin Etelä-Suomessa.

Asiasanat: Valtakunnan metsien inventointi, metsikkötuho, puutuho, tuulituho
Yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa.
Hyväksytty 9.2.2004

I Johdanto

Tilastoja tuhojen esiintymisistä Suomen metsissä on aikaisemmin julkaistu valtakunnan metsien inventoinnin tuloksissa 1980-luvun lopulta lähtien (mm. Korhonen ym. 2000 ja Metsätalastollinen vuosikirja 2001). Lisäksi eri yhteyksissä ja julkaisuissa on tuhotuloksia esitelty lyhyesti (mm. Nevalainen ja Yli-Kojola 1990, 1993 ja Yli-Kojola 1994, 2002).

Tuuliolojen vaihtelut ovat Suomessa eri vuosina, vuodenaikoina ja lyhyempinä jaksoina suuria. Tuulen keskinopeus jää maantieteellisestä sijainnistamme ja suurilmastollisista oloista johtuen keskimäärin pienemmäksi kuin esimerkiksi lähempänä valtameriä sijaitsevilla alueilla. Sääasemilla mitattu tuulen keskinopeus vaihtelee Suomen alueella suuresti: merisääsemilla tuulen vuotuinen keskinopeus on 6...8 m/s, rannikolla noin 5 m/s ja sisämaan sääasemilla jopa alle 3 m/s. Sisämaassa poikkeuksen muodostavat Lapin korkeat ja paljaat tunturit, joiden laki-alueilla tuulen voimakkuus vastaa merellisiä oloja. Tuulen keskinopeuteen vaikuttaa merkittävästi myös mittauspaikan lähiympäristö (Tammelin 1991).

Yksittäisiä tuulenkaatoja suurempia tuulivahinkoja esiintyy Suomen metsissä kovalla tuulella. Kovatuulisia, yli 14 m/s, säitä sattuu Suomessa keskimäärin vajaan kaksi vuodessa; roudattomaan aikaan niitä sattuu keskimäärin kerran vajaan kahdessa vuodessa. Kovien tuulien toistuvuus yhdellä paikalla on roudattomana aikana 10 vuotta. Esimerkiksi vuosina 1981–85 kovista tuulista huomattava osa sattui roudattomana kautena, mikä näkyi myös normaalia runsaampina tuulituhoina metsissä. Etelä-Suomen kovien tuulien frekvenssi oli tällöin 3,3- ja pohjoisen 3,9-kertainen kauden 1961–95 keskiarvoon verrattuna (Solantie 1998).

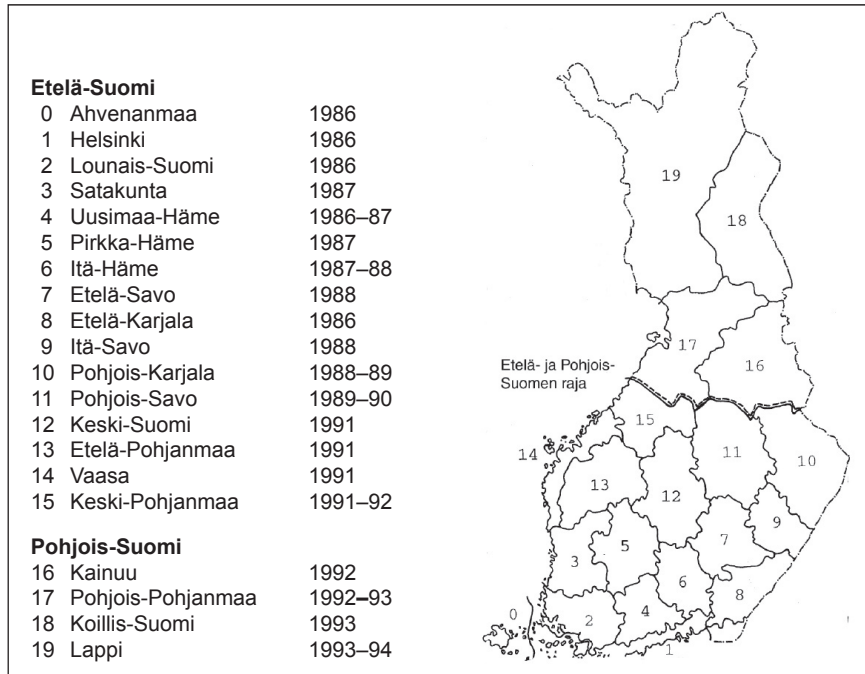
Tuulen aiheuttamat yksittäiset tuhot poikkeavat luonteeltaan toisistaan huomattavasti. Tuulituhot sattuvat Suomessa yleensä ilman myrskyä (Solantie 1983). Voimakkaat myrskyt ovat harvinaisia, mutta niitä kuitenkin joskus esiintyy ja ne voivat aiheuttaa metsissämme melkoisia tuhoja (Laitakari 1952). Myrskyjä esiintyy lähinnä saaristossa, joskus myös rannikolla. Noin 20 km leveällä rannikkokaistalla, ulkosaaristossa sekä mäkien ja vaarojen lailla, missä kovia tuulia on enemmän, puut kestävät suuria tuulennopeuksia paremmin kuin muissa metsissä.

Puun riski kaatua kovan tuulen vaikutuksesta vaihtelee siten alueellisesti paljon vähemmän kuin tuulenopeus (Solantie 1998).

Lokakuussa 1933 raivosi myrsky suurimmassa osassa Suomea. Suurimmat myrskyn metsissä aiheuttamat tuhot sattuivat tällöin Itämeren ja Suomenlahden rannikolla sekä maan itärajalla (Cajander 1934). Marraskuussa 1978 Länsi-Suomessa tapahtuneessa Aarno-myrskyssä ja kesällä 1982 Pohjois-Suomessa tapahtuneessa Mauri-myrskyssä kaatui yhteensä noin 6 milj.m³ puustoa ja myrskyjen vaikutusalue oli useita miljoonia hehtaareita. Paikoitellen useita prosentteja metsämaan alasta joutui uudistettavaksi (Solantie 1983). Syksyn 1978 Aarno-myrsky ei ollut virallisesti myrsky, kuten ei moni muukaan aikaisempi tuulituhon. Voimakasta tuulta kesti lähes koko päivän, tuuli muutti laaja-alaisesti suuntaansa ja aiheutti suurtuhon. Puita kaatui pitkin päivää. Tuhon sattuessa maa oli vastikään sulanut ensiroidasta ja hyvin märkää (Laiho 1987). Vuoden 2001 marraskuun Pyry- ja Janika-myrskyissä lähinnä Häme-Uusimaan, Pirkanmaan, Keski-Suomen ja Etelä-Pohjanmaan metsäkeskusten alueilla myrskyn vaurioittaman puuston kokonaistilavuus oli 7,3 milj. m³ (Ihalainen ja Ahola 2003).

Tuulituhot ajoittuvat pääosin kauteen, jolloin maa on sulana ja puut voivat kaatua juurineen. Varsinainen päätuhokausi on kesä-lokakuussa. Etelä-Suomessa kuuluu marraskuu vielä selvästi tuhokauteen. Huiput ovat heinäkuussa ja lokakuussa. Lehtipuilla on syksyllä ja talvella se etu, että lehdettöminä ne eivät ole tuulen painolle alttiita. Metsät säästyvät Suomessa keskellä talvea myrskytuhoilta toisin kuin Keski-Euroopan maissa. Tuulen luonne on talvella erilainen kuin kesällä, jolloin puuskaiset tuulet ovat vallitsevia, kun taas talvella tuulet ovat tasaisempia (Laitakari 1952).

Marraskuussa 1978 riehuneen Aarno-myrskyn aiheuttamaa puustotuhoa tutkittiin metsähallinnon Parkanon hoitoalueessa (Laiho 1987). Keskeisellä tuhoalueella tehty linjoittainen inventointi osoitti tuhon olleen 2,3 m³/ha. Koivu oli lehdettömänä eikä ollut arka tuholle, mäntyä kaatui suhteessa enemmän kuin kuusta. Tämä poikkesi vakiintuneesta käsityksestä. Pohjapinta-alana tarkastellen mäntyä oli tuhoutunut 2,2 %, kuusta 1,5 % sekä koivua ja muuta lehtipuuta 0,3 % myrskyä edeltäneestä pohjapinta-alasta. Katkenneita puita oli vain 4 % tuho-



Kuva 1. Metsälautakuntien alueet ja maastotyövuodet valtakunnan metsien 8. inventoinnissa.

puuston määrästä, puut kaatuivat yleensä juurineen tai jäivät nojalleen. Mauri-myrskyssä vuonna 1982 säästy kuusi enemmän kuin mänty (Solantie 1983). Pohjoisen kuusi kestänee kapeana puuna paremmin myrskyn tuhoja kuin mänty.

Valtakunnan metsien inventointeja on Suomessa tehty 1920-luvulta lähtien. VMI on paitsi metsävarojen ja metsien laadun, nykyään myös metsien terveydentilan sekä metsäluonnon monimuotoisuuden seurantarjestelmä (Ihalainen ja Ahola 2003). Kahdeksannessa inventoinnissa liitettiin kattava tuhojen tarkastelu ensimmäistä kertaa mukaan maastotyöhön. Artikkelisi sisältää tulokset ja tarkastelut tuulituhojen esiintymisestä metsikkö- ja puutasolla koko maassa valtakunnan metsien 8. inventoinnin aineiston mukaan.

2 Aineisto ja tulosten laskenta

2.1 Maastotyö

Tutkimuksen aineistona oli valtakunnan metsien 8. inventoinnin (VMI8) koko maan koalat. Maastotyö tehtiin metsälautakunnittain vuosina 1986–1994 (kuva 1). Inventointi perustui systemaattiseen otantaan, jossa mittaukset ja arvioinnit tehtiin rypäillä määräväleihin sijaitsevilta koaloilta sekä niiltä metsikkökuvioilta, joilla koalat sijaitsivat. Inventoinnissa rypäät sijoitettiin tasaisin välein yli koko Suomen. Etelä-Suomen alueeseen kuuluvat metsälautakunnat 0–15 ja Pohjois-Suomeen metsälautakunnat 16–19. Tässä tutkimuksessa käytettiin vanhaa 8. inventoinnin aikaista metsälautakuntajakoa (Salminen ja Salminen 1998 ja Tomppo ym. 2001).

Otantatiheys vaihteli maan eri osissa (taulukko 1). Etelä-Suomessa rypäiden välinen etäisyys oli pohjois-eteläsuunnassa 8 kilometriä ja länsi-itäsuunnassa 7 kilometriä. Ryväslinja muodostui kaakkoon

Taulukko 1. Valtakunnan metsien 8. inventoinnin otantaan liittyvää tietoa maan eri osista.

	Metsälautakunta			
	0–15	16 ja 17	18 ja 19 eteläosa	19 pohjoisosa
Ryväsväli	8×7 km	7×7 km	10×10 km	7×7 km puustoisilla alueilla
Koelaväli rypäällä	200 m	300 m	300 m	750 m
Koaloja / ryväs	21	15	15	8
Koelatyyppi	Relaskooppi- koeala	Yhdistetty relaskooppi- ja ympyräkoeala	Yhdistetty relaskooppi- ja ympyräkoeala	Yhdistetty relaskooppi- ja ympyräkoeala
Relaskooppikerroin	2	1,5	1,5	6
Ympyräkoealan säde		12,45 m	12,45 m	5,15 m
Koalan edustama ala	266,1 ha	327,6 ha	664,4 ha	1784,6–6727,0 ha
Koaloja metsämaalla	43212	9870	6827	299
Koepuuta metsä- ja kitumaalla	49801	12413	7519	686

aukeavan suorakulman sivuista leikatuista 2050 metrin pituisista janoista. Linjan yhteispituus oli 4 100 metriä ja sillä sijaitti 21 koealaa 200 metrin etäisyydellä toisistaan. Ryväslineja koeloinneen muodosti otosyksikön (Valtakunnan metsien 8. inventointi 1986 ja Salminen 1993). Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan metsälautakuntien alueilla rypäiden välinen etäisyys oli molempiin suuntiin 7 kilometriä (Valtakunnan metsien 8. inventointi 1992) sekä Koillis-Suomessa ja Lapin metsälautakunnan eteläosassa vastaavasti 10 kilometriä (Valtakunnan metsien 8. inventointi 1993). Kainuun, Pohjois-Pohjanmaan, Koillis-Suomen ja Lapin metsälautakuntien alueilla oli rypäällä 15 koealaa ja koalojen välinen etäisyys oli 300 metriä.

Enontekiön, Inarin ja Utsjoen kunnissa käytettiin kaksivaiheista otantaa. Ensimmäinen otantavaihe suoritettiin satelliittikuvilta, jolloin kovalta tulkittiin maaluokka. Toisessa vaiheessa rypäät sijoitettiin systemaattisesti puustoisille ositteille otannan tehostamiseksi. Kahdeksan koelalan muodostaman neliönmuotoisen rypään sivujen pituudet olivat 1 500 metriä, jolloin koalojen välinen etäisyys oli 750 metriä (Valtakunnan metsien 8. inventointi 1994).

Etelä-Suomen alueella puut mitattiin relaskooppi-koelalalta. Pohjois-Suomessa puut mitattiin ns. katkaistulta relaskooppi-koelalalta, jossa suurimpien puiden luku rajoitettiin ympyräkoealalle. Koepuina mitattiin lukupuukoaloilta joka 7. puu. Kolmen pohjoisimman kunnan alueella lukupuukoelana oli ympyräkoeala, jolta koepuut valittiin relaskoopilla kertoimella 6. Käyttökelpoiset vähintään poltto-

puuksi kelpaavat kuolleet puut mitattiin. Puut mitattiin metsämaalta ja kitumaalta.

Etelä-Suomessa yksi koeala edustaa 266 hehtaaria, Kainuussa ja Pohjois-Pohjanmaalla 328 hehtaaria sekä Koillis-Suomessa ja Lapin metsälautakunnan eteläosassa 664 hehtaaria. Enontekiöllä, Inarissa ja Utsjoella yhden koelalan edustama ala vaihtelee 1 785 hehtaaria 6 727 hehtaariin (taulukko 1). Koko maassa mitattiin 60 208 koealaa, joiden keskipiste oli metsämaalla ja yhteensä 70 419 koepuuta, joista 68 246 oli metsämaalla ja 2 173 kitumaalla. Kuolleita puita oli aineistossa 1 159.

Kuviotiedot kirjattiin keskipistekuvioilta sekä niiltä metsikkökuvioilta, joilla oli koelalan puita. Metsikkökuvioilla tarkoitetaan kasvupaikaltaan ja puustoltaan suunnilleen homogeenista aluetta. Kuviokohtaiset maa- ja puustotiedot kuvaavat sitä kuviota, jolla koeala tai sen osa sijaitsee. Pienimmän erotettavan kuvion koko oli Etelä-Suomessa 0,25 hehtaaria ja Pohjois-Suomessa 0,5 hehtaaria. Pienemmätkin kuviot voitiin erottaa ainakin silloin, kun ne kuuluivat selvästi eri maaluokkiin (Valtakunnan metsien 8. inventointi 1986). Puutiedot mitattiin ja arvioitiin kaikista koaloilla sijaitsevista puista.

2.2 Aineiston esikäsittely

Etelä-Suomen maastotyön edetessä tehtiin mittausohjeisiin vuosittain joitakin koodien tarkennuksia. Siirryttäessä Pohjois-Suomen alueelle vuonna 1992, muutettiin mittausohjeet perusteellisesti. Tällöin

kaikki koodistot uusittiin ja niitä laajennettiin, lisäksi mukaan otettiin uusia tunnuksia. Metsikön toisen jakson tiedot kirjattiin erikseen. Tulosten laskentaa varten Etelä-Suomen ja Pohjois-Suomen aineistojen koodit yhteismitallistettiin. Yhteismitallistettu aineisto käsitti koko maan.

Kullekin maantieteelliselle alueelle oli käytävissä erikseen kuvio- ja puuaineistot. Kuvioaineistoihin sisällytettiin kaikkien metsämaalla sijaitsevien keskipistekuvioiden tiedot. Puuaineistoissa on mitattujen koepuiden tiedot ja vastaavat kuviotiedot. Puuaineistoissa kullekin puulle laskettiin puun edustama kokonaistilavuus ja -runkoluku, joissa otettiin huomioon puun rinnankorkeusläpimitta, otanta-alue ja relaskooppikerroin. Kuvioaineistoja käytettiin pinta-alatietojen laskentaan, puuaineistoista laskettiin tilavuus- ja runkolukutietoja.

2.3 Tuhotunnukset

Tuhot rekisteröitiin erikseen metsikkökuvioilta ja koepuista. Tuhotunnuksia olivat tuhon ilmiasu, syntyaika, aiheuttaja ja aste. Tuhon ilmiasun ja syntyaikojen luokitukset olivat samat koko maassa, tuhon aiheuttajan ja asteen luokitukset erosivat Etelä- ja Pohjois-Suomessa. Tuulituhon eroteltiin omalla koodilla koko maassa. Etelä-Suomessa tuhon esiintyminen arvioitiin metsikön vallitsevasta jaksosta ja lisäksi metsikön toisesta jaksosta silloin kun vallitsevassa jaksossa ei ollut tuhoa. Pohjois-Suomessa tuhot merkittiin aina erikseen eri jaksoille, jolloin samassa metsikössä saattoi molemmissa jaksoissa esiintyä tuhoa.

Ilmiasu-, syntyaika- ja aiheuttajaluokitukset olivat samat sekä kuvioilla että koepuilla. Kuviotarkastelu tehtiin vain metsämaalla, koepuiden tuhoja tarkasteltiin myös kitumaan puista. Tuhon arviointi tehtiin silmävaraisesti. Jos kuviolla tai koepuulla oli enemmän kuin yksi tuho tai tuhonaiheuttaja, rekisteröitiin vain puuntuotoksen kannalta merkityksellisin tuho, vaikka se ei välttämättä ollut yleisin. Tuhoa, joka oli kohdistunut muuhun kuin kasvatettavaan puustoon, ei rekisteröity tuhona. Tuhon syntymisestä kulunut aika ei rajoittanut tuhon arviointia (Valtakunnan metsien 8. inventointi 1986).

Maastotyössä metsikön tai koepuun tuhosta arvioitiin ensin ilmiasu. Metsikössä tai puulla mahdolli-

sesti esiintyvistä kahdesta samanarvoisesta tuhosta rekisteröitiin ilmiasun koodinumeroltaan pienempi (Valtakunnan metsien 8. inventointi 1986). Kuitenkin esimerkiksi kuviotasolla vaikuttavampi neulastuho (koodi 7) ohitti muutaman kuolleen puun (koodi 1) esiintymisen kuviolla. Seuraavaksi arvioitiin tuhon syntyaika ja aiheuttaja.

Lopuksi arvioitiin tuhon aste. Luokitus oli erilainen metsiköille ja puille. Metsikön tuhon aste kuvaa kaikkien tuhojen yhteistä vaikutusta. Tuhometsikön tilaa verrattiin kuviteltuun metsikön tilaan ennen tuhon syntyä. Kasvun pieneneminen, puiden kuoleminen ja puiden vaurioitumisesta aiheutuva puuston teknisen laadun aleneminen olivat tuhon asteen arvioinnin pääkriteerit (Valtakunnan metsien 8. inventointi 1986). Tuhon astetta luokiteltaessa käytettiin perusteena tuhon aiheuttamaa metsikön metsänhoidollisen laadun huononemista tai metsikön kehitysluokan muuttumista tuhon välittömänä seurauksena. Kehitysluokka muuttui, jos tuho teki metsiköstä aukean tai alikasvoksesta tuli vallitseva jakso tuhoutuneen jakson tilalle. Tapauksissa, joissa tuhometsikkö oli myöhemmin viljelty tai kaatuneet puut oli korjattu, ei tuhoa enää merkitty. Koepuilla tuhon asteen kuvauksessa Etelä-Suomen ohi mennyt tai ohi menevä tuho ja Pohjois-Suomen lievä tuho ja kasvua alentava tuho yhdistettiin lieväksi tuhoksi. Lisäksi kuolevat ja kuolleet puut eroteltiin eri luokiksi.

2.4 Tulosten laskenta

Tutkimuksen aineiston muodostavat Suomen metsät ja niiden koko puusto. Pinta-alat laskettiin aineistoista metsämaan keskipistekuvioiden jakauman perusteella, jolloin kukin koela edusti otosalueen mukaista pinta-alaa (taulukko 1). Aineistoista lasketut pinta-alatiedot täsmäävät 8. inventoinnin tulosten kanssa (Metsätilastollinen vuosikirja 1995).

Puuston tilavuustiedot laskettiin koepuista. Valtakunnan metsien inventoinnissa tilavuustiedot lasketaan lukupuista, joiden määrä oli 8. inventoinnissa seitsemänkertainen koepuiden määrään verrattuna. Pienemmästä otoksesta johtuva ero korjattiin kertoimella puolajettain jokaisen puun edustamiin tietoihin. Kertoimet saatiin laskemalla inventoinnin kokonaistilavuuksien (Metsätilastollinen vuosikirja

Taulukko 2. Tuulituhojen pinta-alat eri pääpuulajien vallitsemissa metsissä, aukeilla ja metsikön toisessa jaksossa (vain kun vallitsevassa jaksossa ei ollut tuhoa) maan eri osissa sekä tuulituhometsiköiden keski-ikä.

Pääpuulaji	Etelä-Suomi			Pohjois-Suomi			Koko maa		
	1000 ha	% metsämaan alasta	Keski-ikä, v	1000 ha	% metsämaan alasta	Keski-ikä, v	1000 ha	% metsämaan alasta	Keski-ikä, v
Mänty	87	1,3	90	202	3,2	130	289	2,2	108
Kuusi	82	2,2	85	65	4,9	168	147	2,9	108
Lehtipuu	2	0,2	55	5	0,8	87	8	0,5	71
Aukea	2	0,0		1	0,0		3	0,0	
2. jakso	5	0,0		5	0,1		10	0,0	
Yhteensä	179	1,6	87	277	3,3	139	456	2,3	107

1995) ja koepuista laskettujen kokonaistilavuuksien suhteet. Koko maan elävän puuston kokonaistilavuudeksi saatiin näin aineistoista laskettuna 8. inventoinnin mukainen 1 886,6 milj.m³, johon lisättiin koepuista laskettu kuolleen puuston määrä 32,3 milj.m³. Puuston määrä täsmää puulajeittain myöskin erikseen Etelä-Suomen ja Pohjois-Suomen alueella.

Kuvioaineistossa oli metsämaalla yhteensä 1 041 metsikköä, joissa esiintyi tuulituhoa metsikön vallitsevassa jaksossa. Näistä 601 oli mäntyvaltaisissa, 424 kuusivaltaisissa ja 16 lehtipuuvalltaisissa metsiköissä. Puuaineistossa oli yhteensä 307 koepuuta, jotka olivat kaatuneet tai vaurioituneet tuulen vaikutuksesta. Näistä oli mäntyjä 158, kuusia 134 ja lehtipuita 15.

Tulosten laskentaan ja aineistojen käsittelyyn käytettiin SAS-ohjelmistoa (SAS/STAT...1996).

3 Tulokset

3.1 Tuulituhojen yleisyys

Tuhojen määrä

Tuulen aiheuttamia tuhoja esiintyi vuosina 1986–94 metsämaalla koko maassa 456 000 hehtaarilla, joista 11 000 hehtaaria oli muun kuin metsikön vallitsevan jakson tuhoa ja 3 000 hehtaaria aukeiden tuhoja (taulukko 2). Aukeiden tuholta tarkoitetaan tuulituhoja, joissa tuho on tehnyt metsiköstä aukean, eikä metsikköä ole vielä viljelty tai kaatuneita puita

korjattu. Tuulituhoja esiintyi 2,3 %:lla metsämaan alasta ja niiden osuus oli 5,7 % kaikkien tuhojen alasta. Metsikön toisen jakson tuulituhot lienevät pääosin kaatuneita siemen- ja suojuustuhoja, kun puuston alla on jo tällöin ollut vakiintunut taimikko. Tuulituhometsiköiden puuston kokonaistilavuus oli yhteensä 51 milj. m³, keskimäärin 111 m³/ha. Puuston tilavuudesta 63 % oli tervettä, 10 %:lla oli lievää tuhoa, 17 %:lla vaurioita jättävää tuhoa, 2 % oli kuolevaa ja 8 % kuollutta puustoa.

Tuulen kaatamaa tai vaurioittamaa puustoa oli koko maassa noin 10 milj.m³, mikä on 0,5 % puuston kokonaistilavuudesta (taulukko 3) ja 1,6 % tuho puuston tilavuudesta. Tuulen kaatamasta tai vaurioittamasta puustosta sijaitsi tuulituhometsiköissä vain 25 % (2,7 milj.m³), muiden tuhojen metsiköissä 40 % ja 35 % metsiköissä, joissa ei ollut merkitty tuhoa.

Yksittäiselle metsikölle tuuli voi aiheuttaa huomattavaa tuhoa. Tuulen kaataman tai vaurioittaman puuston määrä keskimäärin metsämaan hehtaaria kohti jäi sen sijaan koko maassa pieneksi (taulukko 4). Metsämaalla tuulen kaatamaa tai vaurioittamaa puustoa oli keskimäärin alle 0,5 m³/ha ja Etelä-Suomessa noin puolet Pohjois-Suomen määrästä. Runkoluukuina ilmaistuna tuulituhopuita oli koko maassa noin 5 kappaletta hehtaarilla, Pohjois-Suomessa neljä kertaa enemmän kuin Etelä-Suomessa. Luvussa pääosa oli kuitenkin pieniläpimittaista puuta, kuitupuun kokoisia tuulituhopuita oli metsämaalla 1,8 kpl/ha ja tukkipuita 1,0 kpl/ha.

Taulukko 3. Tuulituhon vaurioittaman ja kaataman puuston kokonaistilavuus puulajeittain maan eri osissa.

Puulaji	Etelä-Suomi		Pohjois-Suomi		Koko maa	
	milj. m ³	% tilavuudesta	milj. m ³	% tilavuudesta	milj. m ³	% tilavuudesta
Mänty	1,64	0,3	3,86	1,1	5,51	0,6
Kuusi	1,96	0,3	2,09	1,7	4,05	0,6
Lehtipuu	0,15	0,1	0,32	0,3	0,47	0,1
Yhteensä	3,75	0,3	6,27	1,1	10,02	0,5

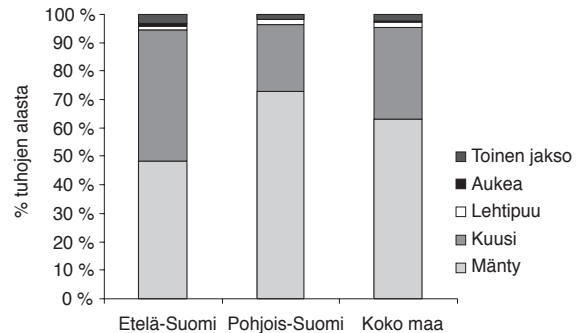
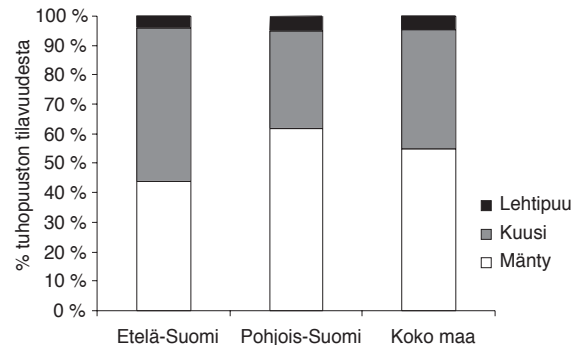
Taulukko 4. Tuulituhopuuston kokonaistilavuudet ja -runkoluvut sekä määrät metsämaan hehtaaria kohti eri pääpuulajien vallitsemissa metsissä maan eri osissa 1986–94.

Alue / pääpuulaji	Tilavuus		Runkoluku	
	milj. m ³	m ³ /ha	milj. kpl	kpl/ha
Etelä-Suomi				
Mänty	1,50	0,13	8,97	0,78
Kuusi	1,96	0,17	12,49	1,09
Lehtipuu	0,15	0,01	5,23	0,45
Yhteensä	3,61	0,31	26,69	2,32
Pohjois-Suomi				
Mänty	3,60	0,42	40,08	4,70
Kuusi	1,71	0,20	26,79	3,14
Lehtipuu	0,32	0,04	5,63	0,66
Yhteensä	5,62	0,66	72,50	8,50
Koko maa				
Mänty	5,10	0,25	49,06	2,44
Kuusi	3,66	0,18	39,28	1,96
Lehtipuu	0,47	0,02	10,85	0,54
Yhteensä	9,23	0,46	99,19	4,95

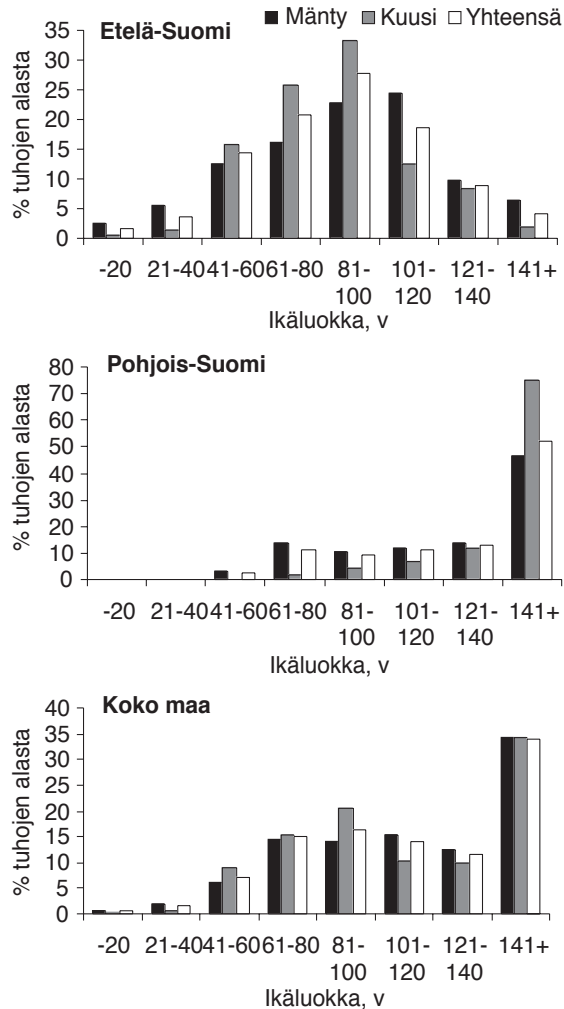
Puulaji

Tuulituhosta kaksi kolmasosaa oli tapahtunut mäntyvaltaisissa ja kolmasosa kuusivaltaisissa metsissä, vaikka tuulituhot ovatkin kuusivaltaisissa metsissä suhteellisesti yleisempiä kuin mäntyvaltaisissa metsissä (taulukko 2). Tämä selittyy sillä, että mäntyvaltaisten metsien osuus koko maan metsämaan alasta oli 8. inventoinnissa 64,6% ja kuusivaltaisten metsien 25,7% (Metsätalastollinen vuosikirja 1995). Lehtipuuvaltaisissa metsissä tuulituhon määrä oli vähän.

Pohjois-Suomen tuulituhosta pääosa oli tapahtunut mäntyvaltaisissa metsissä (kuva 2). Kuusen osuus tuulen vaurioittaman puuston tilavuudesta oli suurempi kuin kuusivaltaisten metsien osuus tuuli-

**Kuva 2.** Tuulituhojen pinta-alan jakaantuminen eri pääpuulajien vallitsemiin metsiin maan eri osissa.**Kuva 3.** Tuulen kaataman ja vaurioittaman puuston kokonaistilavuuden jakaantuminen eri puulajeihin maan eri osissa.

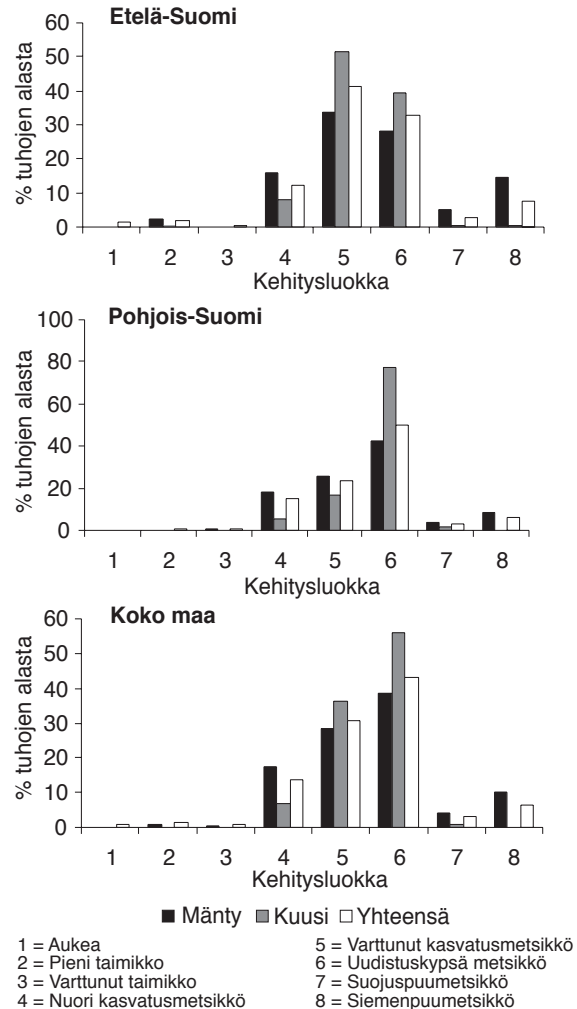
tuhojen pinta-alasta (kuvat 2 ja 3). Mäntyvaltaisten metsien tuulituhot painoutuivat Pohjois-Suomeen (taulukko 2). Kuusivaltaisten metsien tuulituhot sen sijaan painoutuivat enemmän Etelä-Suomeen, vaikka tuulen vaurioittamien tai kaatamien kuusten tilavuudesta yli puolet oli Pohjois-Suomessa (taulukko 3).



Kuva 4. Tuulituhojen pinta-alan jakaantuminen ikäluokkiin eri pääpuulajien vallitsemissa metsissä maan eri osissa.

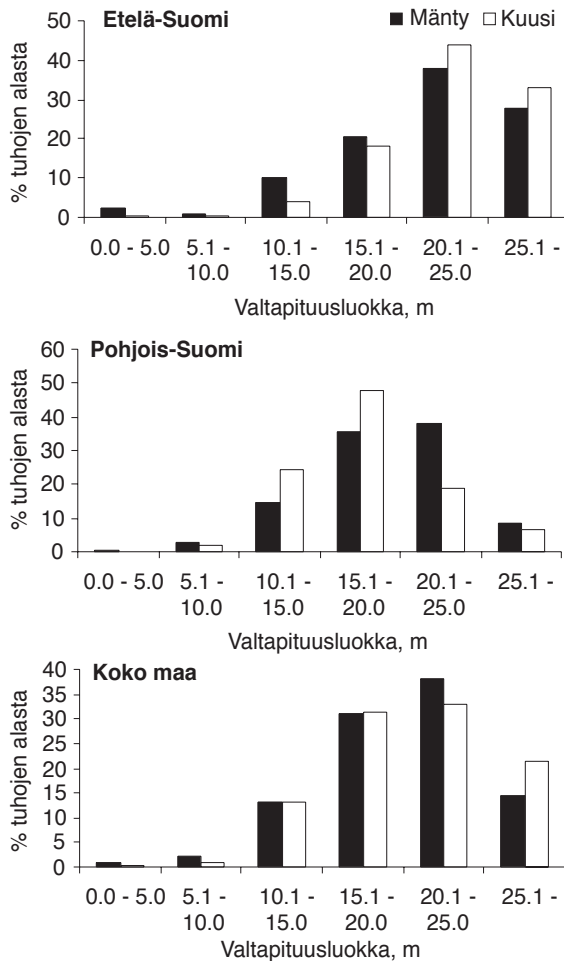
Kehitysvaihe

Etelä-Suomessa tuulituhot keskittyivät keski-ikäisiin metsiin, Pohjois-Suomessa huomattava osa tuulituhosta oli tapahtunut vanhoissa metsissä (kuva 4). Tuulituhometsikköiden keski-ikä koko maassa oli 107 vuotta, Etelä-Suomessa 87 vuotta ja Pohjois-Suomessa 139 vuotta (taulukko 2). Koko maan tuulituhosta yli 100-vuotiaissa metsissä oli lähes 60% ja yli 140-vuotiaissa metsissä noin 34%. Pohjois-Suomessa vanhojen, yli-ikäisten metsien osuus



Kuva 5. Tuulituhojen pinta-alan jakaantuminen kehitysluokkiin eri pääpuulajien vallitsemissa metsissä maan eri osissa.

kaikista metsistä on suuri, varsinkin kuusivaltaisissa metsissä, kun taas Etelä-Suomen metsistä vanhoja metsiä on hyvin vähän. Pohjois-Suomen mäntyvaltaisten metsien tuulituhosta oli yli 140-vuotiaissa metsissä lähes puolet ja kuusivaltaisten metsien tuulituhosta 75%. Etelä-Suomessa kuusivaltaiset metsät ovat jonkin verran vanhempia kuin mäntyvaltaiset metsät. Tuulituhot kuitenkin painottuivat Etelä-Suomessa kuusivaltaisissa metsissä nuorempiin metsiin kuin mäntyvaltaisissa metsissä. Kahden nuorimman ikäluokan tuulituhot mäntyvaltaisissa metsissä ovat



Kuva 6. Tuulituhojen pinta-alan jakaantuminen valtapituusluokkiin eri pääpuulajien vallitsemissa metsissä maan eri osissa.

tapahtuneet siemenpuustoissa vakiintuneiden taimikoiden päällä.

Kehitysluokittain tarkasteltuna tuulituhot keskittyivät pääosin varttuneisiin kasvatusmetsiin ja uudistuskypsiin metsiin. Mäntyvaltaisissa metsissä tuulen aiheuttamia tuhoja oli runsaasti myös siemen- ja suojuvuustoissa sekä nuorissa kasvatusmetsissä (kuva 5). Metsien kehitysluokkarakenne poikkeaa toisistaan mänty- ja kuusivaltaisissa metsissä. Siemen- ja suojuvuustoja käytetään uudistamisessa lähinnä vain mäntyvaltaisissa metsissä. Männyn siemenpuustoissa oli tuulituhoja 2,6 kertaa enem-

män ja suojuvuustoissa 1,5 kertaa enemmän kuin muissa uudistuskypsissä metsissä.

Tuulituhoja esiintyi eniten pitkissä puustoissa (kuva 6). Etelä-Suomessa tuulituhot keskittyivät kuusivaltaisissa metsissä valtapiuudeltaan pidempään puustoihin kuin mäntyvaltaisissa metsissä. Pohjois-Suomessa taas tuulituhot esiintyivät kuusivaltaisissa metsissä mäntyvaltaisia metsiä lyhyemmissä puustoissa.

Tuulituhopuuston suhteellinen tilavuus rinnankorkeusläpimittaluokittain painottui Etelä-Suomessa hieman suurempiin puihin kuin Pohjois-Suomessa (taulukko 5). Tämä on luonnollista, koska puut ovat keskimäärin isompia (Tomppo ym. 2001). Tuulen kaatamista tai vaurioittamista kuusista oli Pohjois-Suomessa Etelä-Suomeen verrattuna suhteellisesti enemmän aivan pienimmässä läpimittaluokissa ja toisaalta sitten suurimmissa luokissa, joihin sijoittuvat tuulelle alttiit vanhat lahonneet kuuset.

3.2 Tuulituhojen ilmiasu, synty aika ja aste

Ilmiasultaan tuulituhot olivat metsiköissä ja puilla pääosin kaatuneita ja katkenneita puita, kun vain tärkein ilmiasu merkittiin. Yksittäisillä puilla esiintyi myös runkovaurioita, latvan katkeamisia ja muita latvuksen tuhoja, jotka yleensä jäävät tuulituhometsiköissä merkitsemättä. Osa puista oli jäänyt pystyyn. Pohjois-Suomen kuusilla oli tuulituhon ilmi-asuna usein myös muita latvuksen tuhoja ja lahoa.

Etelä-Suomen metsissä havaituista tuulituhouista pääosa oli syntynyt viimeisen viiden vuoden aikana. Pohjois-Suomessa sen sijaan tuulituhot olivat useimmiten yli 5 vuotta sitten syntyneitä, varsinkin kuusivaltaisissa metsissä (taulukko 6). Koko maan tuulituhometsiköiden keski-ikä oli viimeisen 5 vuoden aikana syntyneissä tuulituhouissa 91 vuotta ja vanhemmissa tuhoissa 131 vuotta. Yksittäisten puiden tuulituhot olivat tapahtuneet keskimäärin jonkin verran aikaisemmin kuin tuulituhot metsiköissä (taulukko 7).

Koko maan tuulituhouista lähes puolet oli lieviä ja loput metsikön laatuluokkaa alentavia tuhoja. Täydellisiä tuhoja oli 10000 hehtaarilla ja muita vakavia tuhoja 47000 hehtaarilla. Vakavia ja täydellisiä tuhoja oli yhteensä 12,3 % tuulituhojen alasta (taulukko 6). Mäntyvaltaisten metsien tuulituhot

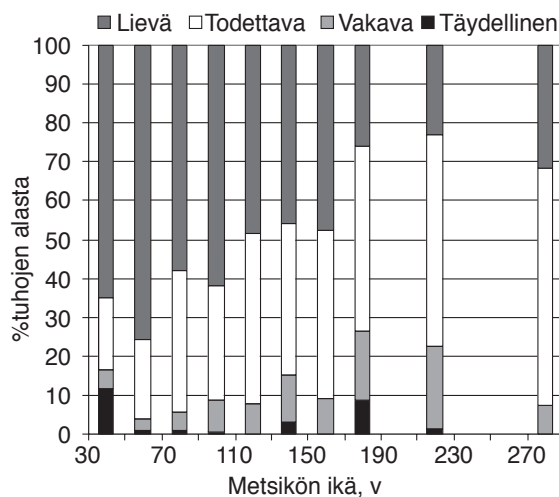
Taulukko 5. Tuulituhopuuston suhteellinen tilavuus rinnankorkeuslähimittaluokittain metsämaalla pääpuulajeittain maan eri osissa 1986–94.

Alue / pääpuulaji	Lähimitta rinnankorkeudelta, cm									Yhteensä
	0–4,4	4,5–9,4	9,5–14,4	14,5–19,4	19,5–24,4	24,5–29,4	29,5–34,4	34,5–39,4	39,5–	
	% tilavuudesta									
Etelä-Suomi										
Mänty	–	4,1	8,5	16,5	25,0	20,4	17,2	7,0	1,2	100,0
Kuusi	0,4	2,4	7,0	14,2	30,5	12,6	11,6	10,2	11,0	100,0
Lehtipuu	5,5	–	–	20,2	–	30,1	24,1	–	20,1	100,0
Yhteensä	0,4	3,0	7,4	15,4	26,9	16,6	14,5	8,5	7,3	100,0
Pohjois-Suomi										
Mänty	0,5	2,6	13,3	19,8	22,7	17,3	11,2	8,6	3,9	100,0
Kuusi	–	8,1	12,5	10,5	14,5	22,4	18,7	2,2	11,0	100,0
Lehtipuu	–	8,8	11,4	55,2	24,6	–	–	–	–	100,0
Yhteensä	0,3	4,6	12,9	19,0	20,3	17,9	12,9	6,2	5,9	100,0
Koko maa										
Mänty	0,3	3,0	11,9	18,9	23,4	18,2	13,0	8,1	3,1	100,0
Kuusi	0,2	5,1	9,6	12,5	23,1	17,2	14,9	6,5	11,0	100,0
Lehtipuu	1,8	5,9	7,7	43,8	16,6	9,8	7,9	–	6,6	100,0
Yhteensä	0,4	4,0	10,8	17,6	22,9	17,4	13,5	7,1	6,4	100,0

olivat koko maassa jonkin verran vakavampia kuin kuusivaltaisten metsien tuhot. Männyn siemenpuuston kaatuminen merkitsee usein täydellistä tuhoa. Tuulen aiheuttamat tuhot olivat Etelä-Suomessa selvästi lievempiä kuin Pohjois-Suomen Etelä-Suomen metsiä vanhemmissa metsissä.

Metsikön laatua alentavien tuhojen osuus kaikista tuulituhousta nousi metsikön iän myötä. Tuulen aiheuttamat tuhot olivat metsiköissä sitä vakavampia, mitä vanhempaa puusto oli (kuva 7). Täydellisten tuhojen osuus oli kuitenkin korkeimmillaan nuorissa metsiköissä, joiden päältä oli kaatunut siemenpuustoja.

Tuulen vaurioittamaa kuollutta puustoa oli metsissä noin 6 milj. m³. Tästä kaatuneina ja katkenneina oli 5,6 milj. m³ ja pystykuolleena 0,4 milj. m³. Kuolleena puuna mitattiin 8. inventoinnissa vain käyttökelpoinen luonnonpoistumapuu, muu tuulen kaatama jo lahonnut puu jätettiin mittaamatta. Lisäksi arvioitiin vielä kuolemassa olevan puuston määräksi noin 0,7 milj. m³ (taulukko 7). Tuulen vaurioittamasta puustosta (10 milj. m³), siis kaksi kolmasosaa oli kuollutta tai kuolevaa ja loput pääosin vaurioitunutta. Etelä-Suomessa yksittäisten mäntyjen ja kuusten tuulituhojen vakavuusaste oli suunnilleen samanlainen. Pohjois-Suomessa sen sijaan männyn tuhot olivat vakavampia kuin kuusella.

**Kuva 7.** Eri asteisten tuhojen osuus tuulituhojen pinta-alasta metsikön eri ikävaiheissa koko maassa.

3.3 Tuulituhojen alueellisuus

Kaikista tuulituhousta noin 60 % ja mäntyvaltaisten metsien tuulituhousta 70 % oli tapahtunut Pohjois-Suomessa, missä tuulituhojen suhteellinen osuus metsämaan alasta oli kaksi kertaa ja puuston tilavuudesta neljä kertaa niin suuri kuin Etelä-Suomes-

Taulukko 6. Tuulituhojen vakavuusaste ja syntyäika metsiköissä pääpuulajeittain maan eri osissa.

Alue / pääpuulaji	Tuhon aste				Yhteensä	Tuhon syntyäika	
	Lievä	Todettava	Vakava	Täydellinen		Alle 5 vuotta	Yli 5 vuotta
Etelä-Suomi					1000 ha		
Mänty	54	26	6	1	87	68	19
Kuusi	55	24	3	0	82	64	18
Yhteensä	111	54	11	3	179	140	38
					% tuhoista		
Mänty	62,3	30,1	6,4	1,2	100,0	78,2	21,8
Kuusi	66,3	29,1	4,2	0,3	100,0	78,0	22,0
Yhteensä	61,9	30,4	6,1	1,6	100,0	78,6	21,4
					% metsämaan alasta		
Yhteensä	1,0	0,5	0,1	0,0	1,6	1,2	0,3
Pohjois-Suomi					1000 ha		
Mänty	83	95	18	6	202	87	115
Kuusi	19	30	16	1	65	16	49
Yhteensä	108	127	36	7	277	109	169
					% tuhoista		
Mänty	41,1	47,3	8,8	2,9	100,0	42,9	57,1
Kuusi	29,5	45,5	24,0	1,0	100,0	23,9	76,1
Yhteensä	38,8	45,9	12,8	2,5	100,0	39,2	60,8
					% metsämaan alasta		
Yhteensä	1,3	1,5	0,4	0,1	3,3	1,3	2,0
Koko maa					1000 ha		
Mänty	137	121	23	7	289	154	134
Kuusi	74	53	19	1	147	80	68
Lehtipuu	3	3	2	–	8	5	2
Aukea	1	1	1	–	3	2	1
2. jakso	5	3	1	1	10	8	2
Yhteensä	218	182	47	10	456	249	207
					% tuhoista		
Mänty	47,4	42,1	8,1	2,4	100,0	53,5	46,5
Kuusi	50,1	36,3	12,9	0,6	100,0	54,1	45,9
Lehtipuu	35,9	37,7	26,4	–	100,0	67,6	32,4
Aukea	17,4	36,9	45,6	–	100,0	80,5	19,5
2. jakso	50,5	33,4	10,7	5,4	100,0	75,9	24,1
Yhteensä	47,8	39,8	10,2	2,1	100,0	54,6	45,4
					% metsämaan alasta		
Yhteensä	1,1	0,9	0,2	0,0	2,3	1,2	1,0

sa (taulukot 2 ja 3). Maan pohjoisimmissa osissa tuulituhojen osuus metsämaan alasta oli vieläkin suurempi.

Tuulen aiheuttamia tuhoja esiintyi eniten Lapin ja Koillis-Suomen metsälautakunnissa sekä Pirkka-Hämeessä, Etelä-Savossa, Itä-Savossa ja Etelä-Karjalassa. Koko maan tuulituhosta 176 000 hehtaaria eli lähes 40 % oli tapahtunut viidessä Pohjois-Suomen kunnassa Inarissa, Sodankylässä, Kittilässä, Savukoskella ja Rovaniemen maalaiskunnassa. Yk-

sinomaan Inarissa oli tuulituhoja 60 000 hehtaaria, joista 58 000 hehtaaria oli mäntyvaltaisissa metsissä. Mäntyvaltaisten metsien tuulituhosta niiden viiden kunnan alueella oli lähes puolet eli 133 000 hehtaaria. Muissa Lapin läänin kunnissa esiintyi tuulituhoja paljon vähemmän. Koillis-Suomen ja Lapin metsälautakuntien alueilla tuulen vaurioittamaa tai kaatamaa puustoa oli yhteensä noin 5 milj.m³.

Karttatarkastelun perusteella mäntyvaltaisten metsien tuulituhot olivat yleisimpiä maan pohjoi-

Taulukko 7. Tuulituhojen vakavuusaste ja syntyaika puustossa puulajeittain maan eri osissa.

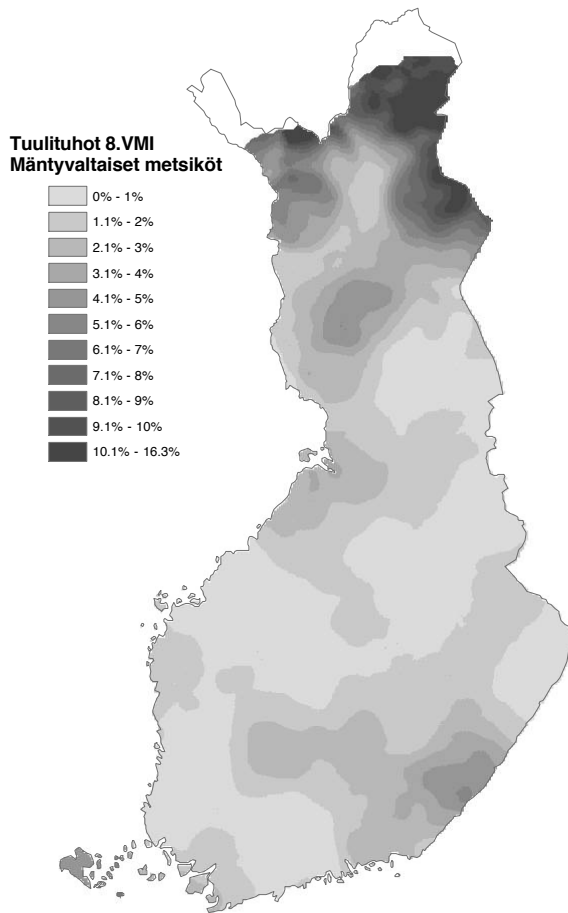
Alue / puulaji	Tuhon aste				Yhteensä	Tuhon syntyaika	
	Lievä	Vaurioita jättävä	Puun tappava	Kuollut puu		Alle 5 vuotta	Yli 5 vuotta
Etelä-Suomi					milj. m ³		
Mänty	0,10	0,31	0,10	1,12	1,64	1,21	0,43
Kuusi	0,15	0,43	0,05	1,32	1,96	1,71	0,25
Yhteensä	0,25	0,78	0,16	2,57	3,75	3,04	0,71
					% tuhoista		
Mänty	6,1	19,0	6,1	68,7	100,0	73,8	26,2
Kuusi	7,7	22,1	2,6	67,7	100,0	87,2	12,8
Yhteensä	6,6	20,7	4,3	68,4	100,0	81,1	18,9
					% kokonaistilavuudesta		
Yhteensä	0,0	0,1	0,0	0,2	0,3	0,2	0,1
Pohjois-Suomi					milj. m ³		
Mänty	0,26	0,77	0,35	2,49	3,86	1,06	2,80
Kuusi	0,08	1,02	0,13	0,86	2,09	0,29	1,80
Yhteensä	0,34	1,89	0,58	3,45	6,27	1,58	4,69
					% tuhoista		
Mänty	6,7	19,9	9,0	64,3	100,0	27,5	72,5
Kuusi	3,8	48,8	6,2	41,1	100,0	13,9	86,1
Yhteensä	5,4	30,2	9,3	55,1	100,0	25,2	74,8
					% kokonaistilavuudesta		
Yhteensä	0,1	0,3	0,1	0,6	1,1	0,3	0,8
Koko maa					milj. m ³		
Mänty	0,36	1,08	0,46	3,61	5,51	2,28	3,23
Kuusi	0,23	1,45	0,18	2,18	4,05	2,00	2,05
Lehtipuu	–	0,14	0,10	0,23	0,47	0,34	0,13
Yhteensä	0,59	2,67	0,74	6,02	10,02	4,62	5,40
					% tuhoista		
Mänty	6,5	19,6	8,3	65,5	100,0	41,4	58,6
Kuusi	5,7	35,9	4,5	54,0	100,0	49,4	50,6
Lehtipuu	–	29,8	21,3	48,9	100,0	72,3	27,7
Yhteensä	5,9	26,6	7,4	60,1	100,0	46,1	53,9
					% kokonaistilavuudesta		
Yhteensä	0,0	0,1	0,0	0,3	0,5	0,2	0,3

simmissä osissa, Koillis-Suomessa, Rovaniemen ja Oulun seudulla, Kaakkois-Suomessa ja Hämeessä sekä myös Ahvenanmaalla (kuva 8). Kuusivaltaisissa metsissä tuulituhoja esiintyi yleisesti samoilla alueilla kuin mäntyvaltaisissa metsissä. Tuhoja esiintyi mäntyvaltaisia metsiä enemmän laajoilla alueilla Etelä-Suomessa, varsinkin Kymenlaaksoissa, Pohjanmaan rannikkoseudulla, keskisessä Suomessa ja Kuusamon seudulla (kuva 9). Vähiten tuulituhoja esiintyi Lounais-Suomen, Satakunnan, Uusimaa-Hämeen, Pohjois-Karjalan, Pohjois-Savon ja Kainuun alueilla.

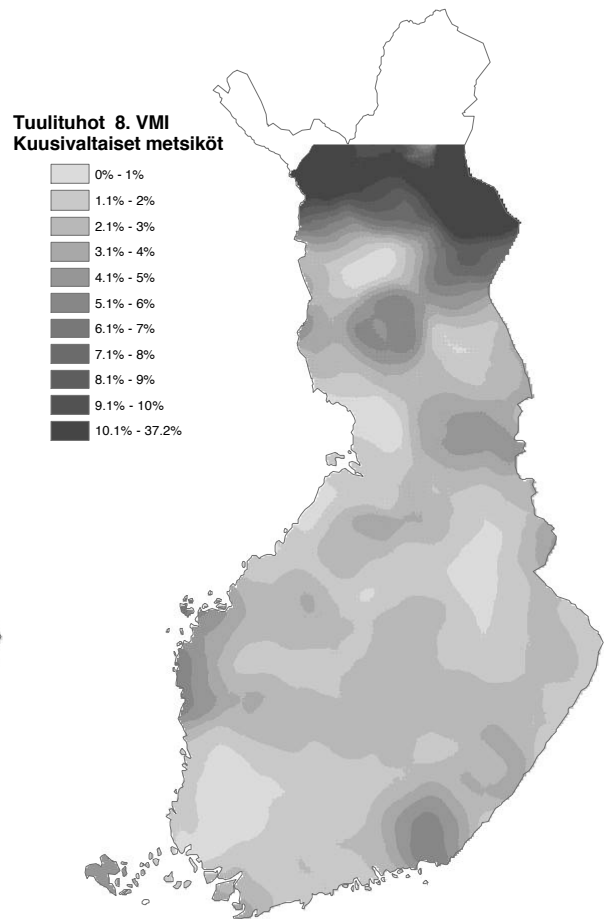
4 Tarkastelu

Tuulituhot tunnistettiin maastotyössä yleensä hyvin, koska tuuli aiheuttaa helposti havaittavia puiden kaatumisia ja katkeamisia. Tuhosta merkittiin vain yksi tuhonaiheuttaja. Silloin kun esiintyi myös toinen tuhonaiheuttaja, merkittiin tuhon asteeltaan vakavin tuho. Tällöin jokin lievempänä esiintyvä tuho, myös tuulituhon, saattoi jäädä merkitsemättä.

Tutkimuksen aineisto kerättiin yhdeksän kesän aikana koko maasta vuosina 1986–94. Inventoinnin aikana sattui alueellisia tuulituhoja, jotka tapahtuivat ajallisesti ja paikallisesti sattumanvaraisesti.



Kuva 8. Tuulituhojen alueellinen esiintyminen mäntyvaltaisissa metsissä koko maassa (% metsämaan alasta).



Kuva 9. Tuulituhojen alueellinen esiintyminen kuusivaltaisissa metsissä koko maassa (% metsämaan alasta).

Tämän tyyppisten tuhojen osalta inventoinnissa voidaan saada pitkän ajan keskiarvosta poikkeavia tuloksia.

Pohjois-Suomessa oli vielä selvästi havaittavissa Mauri-myrskyn vuonna 1982 aiheuttamat tuulituhot (Solantie 1983), vaikka kolmasosa tuhoista olikin tapahtunut viimeisen 5 vuoden aikana. Tuulen kaatamaa tai vaurioittamaa puustoa oli eräiden Lapin läänin kuntien alueiden metsissä runsaasti jäljellä. Tuulituhosta osa oli tapahtunut suojelualueilla, joilta tuhon jälkiä ei korjata. Koko maassa tuulen kaatamista tai vaurioittamista puista oli tuulituhometsiköissä vain neljäsosa, tuulituhopuut olivat siis usein yksittäisiä tuulenkaatopuita. Laihon (1987) mukaan

kokonaisuudessaan tuulituhot sattuvat Suomessa ilman myrskyä.

Tuulituhoa esiintyi eniten valtapituudeltaan pitkissä ja vanhoissa puustoissa. Tuhon eri asteiden keskinäiset suhteet muuttuvat metsikön vanhetessa, jolloin vakavampien tuhojen suhteellinen osuus lisääntyy (kuva 7). Vakavimpien tuulituhojen osuuden väheneminen aivan vanhimmissa metsiköissä johtuu siitä, että iän myötä rappeutuvassa metsikössä alkaa esiintyä monia eri tuhoja yhtä aikaa. Tuulituhoa ei inventoinnissa enää tällöin merkitty vaan tuho kuvattiin lähinnä lahona tai monituhona.

Pohjois-Suomessa kuusivaltaisten metsien keski-ikä on korkea. Alueella on runsaasti yli-ikäistä tuuli-

tuhoille altista rappeutuvaa puustoa, joka erityisesti korkeilla alueilla on valtapituudeltaan lyhyttä. Kun tuulituho ja lahoisuus esiintyvät samassa metsikössä yhtä aikaa, on lahottajasieni vakavampana tuhona merkitty usein metsikön tuhon aiheuttajaksi. Tuulituhojen määrässä on aineistossa ilmeisesti tämän vuoksi vanhemmissa puustoissa aliarviota.

Aikaisempien tuulituhojä käsitteiden tutkimusten mukaan kuusi on huonommin myrskyä kestävä puulaji kuin mänty (Cajander 1934). Kuusen myrskynkestävyys riippuu kuitenkin olosuhteista. Lehtipuuvaltaisissa metsissä tuulituhoja on vähän, mikä on myös todettu aikaisemmin (Laiho 1987). Tämä ei kuitenkaan vastaa välttämättä aina todellisuutta, sillä helposti lahoavissa lehtipuuvaltaisissa metsiköissä saatettiin inventoinnin maastotyössä tuhon aiheuttajaksi merkitä lahottajasieni, vaikka yhtä aikaa esiintyikin tuulituhoa. Lahoisuus voi usein olla tuhojen primaarinen syy. Lehtipuuvaltaiset metsät ovat Suomessa keskimäärin nuoria ja niissä on vähän vanhoja lahoavia puustoja.

Vanhat kuusivaltaiset metsät altistuvat erityisen herkästi tuulituholle puuston lahoisuuden ja iän myötä tulevan rappeutumisen vuoksi. Tämän vuoksi kuusivaltaisissa metsissä tuulituhot olivat Pohjois-Suomessa vakavampia kuin Etelä-Suomessa. Sen sijaan yksittäisillä kuusilla tilanne oli päinvastainen. Vanhoilla kuusilla tuuli ei useinkaan kaada puuta vaan aiheuttaa lahoisuuden ja puun rappeutumisen vuoksi vain latvan tai rungon katkeamisia.

Pohjois-Suomessa puut ilmeisesti kaatuvat vanhuuttaan tuulen voimasta tasaisesti sieltä täältä, toisin kuin Etelä-Suomessa, jossa tuulituhoriskit liittyvät paljon enemmän varsinaisiin myrskytuhoihin, jolloin tuho on kohdistunut koko metsiköön eikä vain yksittäisiin puihin.

Inventoinnin aineistoon liittyy epävarmuustekijöitä, joista merkittävin on tuulituhojen esiintymisen voimakas vuosittainen vaihtelu. Myös maan eri osissa hakkuiden toistuminen ja tuhopuiden korjuu vaihtelee. Tuulen aiheuttama tuho yksittäiselle puulle on lähes poikkeuksetta vakavaa, metsikössä sen sijaan tilanne on erilainen. Tuhon jälkien säilyminen metsiköissä riippuu monista eri tekijöistä, joista tärkein on metsien käsittelyn intensiivisyys. Milloin hakkuusta on kulunut pitkä aika, ovat tuhon jäljet todennäköisemmin metsikössä näkyvissä kuin tuoreen hakkuun jälkeen.

Metsien hakkuut ja erilaiset hoitotoimenpiteet ovat intensiivisempiä Etelä-Suomessa, missä metsien kasvu on nopeampaa ja hakkuut toistuvat useammin kuin Pohjois-Suomessa. Siellä tuhon jälkiä ei korjata niin tehokkaasti kuin etelämpänä, tuhoja näkyy metsissä näin enemmän. Tämä tulee ilmi mm. tuulituhojen kohdalla, joista Etelä-Suomessa suurin osa oli syntynyt viimeisen 5 vuoden aikana, kun taas Pohjois-Suomen tuulituhot olivat useimmiten yli 5 vuotta sitten syntyneitä. Metsien käsittelyä ei tehdä lainkaan tai hyvin vähän eri tavalla rajoitetuilla alueilla, kuten luonnonpuistoissa ja kansallispuistoissa. Pohjois-Suomessa on enemmän käsittelyrajoitusten alaisia alueita kuin Etelä-Suomessa. Tuhot kuuluvat luonnollisena osana suojelualueiden metsiin. Pohjois-Suomessa tuulituhoja siis syntyy suhteellisesti vähemmän kuin Etelä-Suomessa, mitä niitä on inventoinnin tulosten mukaan näkyvissä.

Kiitokset

Tutkimus on osa laajempaa metsätuhojä käsittelevää tutkimuskokonaisuutta, jossa pääpaino on ollut metsätuhojen ennustemallien laatimisella. Työn aloittamisen mahdollisti Metsämiesten Säätiöltä saamani rahoitus. Metsämiesten Säätiölle suuret kiitokset taloudellisen tuen varmistamisesta. Myöhemmin työn on mahdollistanut työskentely Metsän tutkimuslaitoksessa. Aineiston olen saanut käyttööni valtakunnan metsien inventoinnin hankkeelta.

Tutkimustyön eri vaiheissa tukena on ollut MMT Risto Ojansuu. Hänelle suuret kiitokset avusta ja käsikirjoituksen tarkastuksesta. Metsätuhoihin liittyvää tutkimusyhteistyötä olen tehnyt MH Seppo Nevalaisen kanssa, joka on myös valmistanut julkaisun tuulituhokartat ja kommentoinut käsikirjoitusta. Kiitän edellä mainittuja avusta työn eri vaiheissa sekä tutkimuksen rahoittajia tutkimustyön mahdollistamisesta.

Kirjallisuus

- Cajander, E. K. 1934. Havaintoja eräällä myrskytuhoalueella. Beobachtungen auf einem Sturmschadengebiet in Finnland. *Acta Forestalia Fennica* 40(10). 21 s.
- Ihalainen, A. & Ahola, A. 2003. Pyry- ja Janika-myrskyjen aiheuttamat puuston tuhot. *Metsätieteen aikakauskirja* 3/2003: 385–401.
- Korhonen, K.T., Tomppo, E., Henttonen, H., Ihalainen, A., Tonteri, T. & Tuomainen, T. 2000. Pirkanmaan metsäkeskuksen alueen metsävarat 1965–1999. *Metsätieteen aikakauskirja* 4B/2000: 661–739.
- Laiho, O. 1987. Metsiköiden altius tuulituholle Etelä-Suomessa. Summary: Susceptibility of forest stands to windthrow in Southern Finland. *Folia Forestalia* 706. 24 s.
- Laitakari, E. 1952. Myrskyistä ja myrskyn tuhoista Suomessa vv. 1911–1950. Summary: On storms and storm damage in Finland during the period 1911–1950. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 40(30). 29 s.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1995. SVT Maa- ja metsätalous 1995:5. Metsäntutkimuslaitos. 354 s.
- Metsätilastollinen vuosikirja 2001. SVT Maa-, metsä- ja kalatalous 2001:52. Metsäntutkimuslaitos. 374 s.
- Nevalainen, S. & Yli-Kojola, H. 1990. The occurrence of abiotic and biotic damage and its relation to defoliation (needle loss) of conifers in Finland (1985–1988). *Julkaisussa: Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (eds.). Acidification in Finland. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg.* s. 561–582.
- & Yli-Kojola, H. 1993. Valtakunnalliset tulokset (sieni-, eläin- ja abioottisten tuhojen yleisyys). *Julkaisussa: Hyvärinen, A., Jukola-Sulonen, E-L., Mikkilä, H. & Nieminen, T. (toim.). Metsäluonto ja ilma-osaasteet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 446: 132–134.
- Salminen, S. 1993. Eteläisimmän Suomen metsävarat 1986–1988. Summary: Forest resources of Southernmost Finland, 1986–1988. *Folia Forestalia* 825. 111 s.
- & Salminen, O. 1998. Metsävarat Keskeisessä Suomessa 1988–92 sekä koko Etelä-Suomessa 1986–92. Summary: Forest resources in Middle Finland, 1988–92, and in South Finland, 1986–92. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 710. 137 s.
- Sas Institute Inc., SAS/STAT Software: Changes and enhancements through release 6.11. Cary, NC, USA. 1996. 1104 s.
- Solantie, R. 1983. Aarnon ja Maurin antia. Metsän myrskytuhojen ja tuulennopeuden vastaavuus alueittain Suomessa. *Metsä ja Puu* 1983(2): 9–11.
- 1998. Lämpö-, sade- ja tuuliolot. *Julkaisussa: Mälkönen, E. Ympäristömuutos ja metsien kunto. Metsien terveydentilan tutkimusohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 691: 39–46.
- Tammelin, B. 1991. Suomen tuuliatlas. *Ilmatieteen laitos.*
- Tomppo, E., Henttonen, H. & Tuomainen, T. 2001. Valtakunnan metsien 8. inventoinnin menetelmä ja tulokset metsäkeskuksittain Pohjois-Suomessa 1992–94 sekä tulokset Etelä-Suomessa 1986–92 ja koko maassa 1986–94. *Metsätieteen aikakauskirja* 1B/2001: 99–248.
- Valtakunnan metsien 8. inventointi. 1986. Kenttätöyön ohjeet. Moniste. Metsäntutkimuslaitos. Metsänarvioimisen tutkimusosasto, Metsäinventoinnin tutkimus-suunta. 86 s. + liitteet.
- Valtakunnan metsien 8. inventointi. 1992. Kenttätöyön ohjeet. Moniste. Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan versio. Metsäntutkimuslaitos. Metsien käytön tutkimusosasto. 67 s. + liitteet.
- Valtakunnan metsien 8. inventointi. 1993. Kenttätöyön ohjeet. Moniste. Koillis-Suomen ja Lapin versio. Metsäntutkimuslaitos. Metsien käytön tutkimusosasto. 75 s. + liitteet.
- Valtakunnan metsien 8. inventointi. 1994. Kenttätöyön ohjeet. Moniste. Inari, Utsjoki ja Enontekiö. Yleiskuvaus ja erot Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan ohjeeseen. Metsäntutkimuslaitos. Metsien käytön tutkimusosasto. 6 s. + liitteet.
- Yli-Kojola, H. 1994. Tuhojen esiintyminen Etelä-Suomen metsissä VMI:n tulosten mukaan. *Julkaisussa: Mälkönen, E. & Elomaa, S. (toim.). Metsien elinvoimaisuus, Metsäntutkimuspäivä Vantaalla 1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 492: 17–22.
- 2002. Tuulituhojen esiintyminen ja ennustaminen metsikkö- ja puutasolla Suomessa. Occurrence and prediction of wind damage at forest stand and tree level in Finland. Helsingin yliopisto, Metsävarojen käytön laitos. *Lisensiaatintyö.* 102 s.

22 viitettä