

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 681, 1998
FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE, RESEARCH PAPERS 681, 1998

Neulasjälkimenetelmä

The needle trace method

Tarmo Aalto
Risto Jalakanen

ROVANIEMEN TUTKIMUSASEMA

23.07.98

Neulasjälkimenetelmä

The needle trace method

Tarmo Aalto
Risto Jalakanen

ROVANIEMEN TUTKIMUSASEMA
ROVANIEMI RESEARCH STATION

©Kirjoittajat ja Metsäntutkimuslaitos
©Authors and Finnish Forest Research Institute
ISBN 951-40-1619-X
ISSN 0358-4283
Gummerus Kirjapaino Oy
Saarijärvi 1998

Aalto, T & Jalkanen, R. 1998. Neulasjälkimenetelmä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 681. 36 s. + 8 liites.

Neulasjälkimenetelmällä (NTM – the needle trace method) tarkoitetaan tutkimusmenetelmää, jonka avulla voidaan tutkia männyn (*Pinus* spp.) neulastoa menneisyydessä. Menetelmä perustuu kääpiöverson ja kasvaimen ytimen yhdistävän johtojänteen olemassaolon tutkimiseen. Menetelmää voidaan käyttää, kunhan on käytettävissä lahoamatonta ydinpuuta, oli se sitten nykypäivästä tai tuhansien vuosien takaa.

Tässä työohjeessa kuvataan yksityiskohtaisesti neulasjälkimenetelmän eri osavaiheet, selvitetään koepuiden valintaan vaikuttavia tekijöitä ja tutustutaan puun neulastoon liittyvien tunnuslukujen laskentaan.

Aalto, T. & Jalkanen, R. 1998. The needle trace method. Finnish Forest Research Institute, Research Papers 681. 36 p. + 8 appendix.

The needle trace method (NTM) enables the user to examine the past foliation of pine (*Pinus* spp). The method is based on the examination of the vascular bundle connecting dwarf shoots and the shoot pith. The method requires the innermost treerings of the tree to be free of rot – be it from the present or a thousand years ago.

These instructions describe in detail the various stages of the needle trace method, the factors influencing the choice of sample trees are set forth, and the user is acquainted with the procedure in computing.

Julkaisija:

Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema. Hanke 806403.
Hyväksynyt tutkimusjohtaja Matti Kärkkäinen 30.04.1998.

Publisher:

Finnish Forest Research Institute, Rovaniemen Research Station. This research was, in part, supported by EC under the Reg. No 3528/86 and 2157/92 (97.60.SF.005.0).
Approved by research director Matti Kärkkäinen 30.04.1998.

Kirjoittajien yhteystiedot:

Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, PL 16, 96301 Rovaniemi

Authors' address:

Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station,
P.O.Box 16, FIN-96301 Rovaniemi, Finland

Email:

tarmo.aalto@metla.fi
risto.jalkanen@metla.fi

Sisällysluettelo

1 Johdanto	7
2 Neulasjälkimenetelmän periaate	9
3 Koepuiden valintaan vaikuttavia tekijöitä	10
3.1 Puulaji	10
3.2 Kasvupaikka	11
3.3 Puun ikä	12
3.4 Puun sijainti metsikössä	13
3.5 Puun terveys	14
3.6 Koepuiden määrä	14
4 Koepuiden esikäsittely maastossa	15
5 Näytteiden säilytys	19
6 Laboratoriotyöt	19
6.1 Puun iän ja sädekasvujen määrittäminen	19
6.2 Pölkyn syntymävuoden määrittäminen	20
6.3 Pölkkyjen pienentäminen höyläystä varten	21
6.4 Pölkkyjen kuivaus	22
6.5 Vuosilustojen merkitseminen	22
6.6 Höyläys	23
6.7 Neulasjälkien havaitseminen	26
6.8 Mutkaisten pölkkyjen käsittely	27
6.9 Neulasellisten latvapölkkyjen inventointi	27
7 Tulosten laskenta	29
7.1 Suhteelliset neulasjälkimäärät	29
7.2 Neulasvuosikerrat	29
7.3 Neulasten ikä.....	31
7.4 Neulastiheys.....	33
7.5 Neulasmäärät.....	34
NTM-kirjallisuutta	35
Neulasjälkimenetelmän lomakemallit	

Table of contents

1 Introduction	7
2 The principle of the needle trace method	9
3 Factors influencing sample tree selection	10
3.1 Tree species	10
3.2 Site quality	11
3.3 Age of trees	12
3.4 Location of sample trees within the stand	13
3.5 Tree health	14
3.6 Number of sample trees	14
4 Preliminary treatment of sample trees in the field	15
5 Storing of samples	19
6 Laboratory work	19
6.1 Determination of tree age and radial increments	19
6.2 Determination of birth year for each bolt	20
6.3 Reducing the size of the bolts.....	21
6.4 Drying the bolts	22
6.5 Marking of annual rings	22
6.6 Planing	23
6.7 How to discern needle traces	26
6.8 Dealing with crooked bolts	27
6.9 Inventory of the top part of the stem	27
7 Computation of results	29
7.1 Relative numbers of needle traces	29
7.2 Needle age classes	29
7.3 Needle age	31
7.4 Needle density	33
7.5 Numbers of needles	34
NTM Literature	35
Forms as used in needle trace method	

1 Johdanto – Introduction

Mänty (*Pinus* spp.) tekee joka kesä uuden neulasvuosikerran oksistoon ja päärankaan. Joka syksy myös kuolee vanhimpia neulasia keskimäärin yksi neulasvuosikerta. Pitkällä aikavälillä männyllä on sama neulasvuosikertamäärä vuodesta toiseen. Keskimäärin männyllä on Etelä- ja Keski-Suomessa 3–4 ja Pohjois-Suomessa 5–8 vihreää neulasvuosikertaa oksistossa. Muuttuvissa ympäristöoloissa neulasvuosikertojen määrä vaihtelee kuitenkin vuosittain. Puun kasvun kannalta vaikeina kesinä neulasia kellastuu enemmän kuin yksi vuosikerta. Jos ongelmakesiä on useita peräkkäin, puu saattaa harsuuntua. Yksikin erikoisen vaikea kasvukausi riittää pudottamaan männyn neulasvuosikerrat jopa yhteen kuten tapahtui Lapin neulaskadossa kesällä 1997. Hyvinä kasvukausina neulasia kellastuu vähemmän, joskus kellastumista ei tapahdu ollenkaan. Tällöin puun neulasto lisääntyy.

Männyn harsuuntumista ja neulasvuosikertojen määrän vaihtelua on pyritty arvioimaan erilaisin menetelmin. Arviointi voidaan tehdä tarkasti, jos puusta otetaan oksia, joista lasketaan neulasvuosikerrat. Menetelmä on kuitenkin hidas ja kallis. Nopeampi menetelmä on arvioida elävän puun neulasto käyttämällä kiikaria. Silmävarainen neulasvuosikertojen arviointi on kuitenkin vaikeaa pitkien puiden latvasta. Lisäksi inventoinnin tarkkuuteen vaikuttavat havainnoitsijan kokemus ja mieltymykset, säätila, puun ulkomuoto ja muut vastaavat tekijät.

Pines (*Pinus* spp.) produce a new needle age class along their branches and along the main stem every growing season. Every autumn the oldest needles die at the average rate of one needle age class. In the long run, pines carry the same number of needle age classes year after year. On average, pines in southern and central Finland have 3–4 and in northern Finland 5–8 green needle age classes. However, the number of needle age classes varies from year to year due to the changing environmental conditions. In summers that are difficult for tree growth, more needles than just those of a oldest age class turn yellow. If there are several successive difficult summers, trees may begin to show signs of defoliation. Even one especially difficult growing season is enough to reduce the number of needle age classes on a pine tree to just one; this happened in the summer of 1997 when needle loss was observed in pine forests throughout Lapland. In good growing seasons, fewer needles will turn yellow and be shed. Sometimes yellowing does not occur at all, and pine foliage increases.

A number of methods have been developed for estimating defoliation the variation in the number of needle age classes on pine. This can be performed with great accuracy if branches are removed from trees for closer examination of the needle age classes. However, this method is slow and costly. A quicker method for estimating the foliage of living trees is to use binoculars. However, this visual appraisal of needle age classes is difficult to carry out espe-

Ongelmana edellä mainituissa menetelmissä on lisäksi ollut pitkien aikasarjojen saaminen neulasvuosikertojen vaihtelusta. Yhdellä inventointikerralla (vuodessa) saadaan vain kyseistä vuotta koskevat tulokset, joten lyhyenkin aikasarjan saaminen näillä menetelmillä vie kohtuuttoman monta vuotta. Myös nykypäivän tulosten vertailu historiaan on lähes mahdotonta.

Neulasjälkimenetelmä (NTM – the needle trace method) kehitettiin 1980-luvun lopulla Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusasemalla edellä mainittujen epäkohtien poistamiseksi. Professori Timo Kurkelan ideaan perustuvalla menetelmällä pystytään tuottamaan luotettavat tulokset neulasvuosikerroista sekä muista neulastoon liittyvistä tunnuksista ei ainoastaan nykyhetkestä vaan satojen, jopa tuhansien vuosien takaa. Menetelmä on työläs, mutta se tuottaa kymmenien, jopa satojen vuosien aikasarjan lyhyessä ajassa. NTM sopii ikivihreiden havupuiden kuten eri mänty- ja kuusilajien neulaston tutkimiseen.

Tässä työohjeessa kuvataan yksityiskohtaisesti neulasjälkimenetelmän eri osavaiheet männyllä, selvitetään koe-puiden valintaan vaikuttavia tekijöitä ja tutustutaan puun neulastoon liittyvien tunnuslukujen laskentaan.

cially in the tops of tall trees. Furthermore, the accuracy of the results is influenced by the observer's experience and preferences, the weather, the outward appearance of the tree.

Another problem with the aforementioned methods is how to obtain long time series of the needle age class variation. One inventory (per year) yields information on only the year in question. Using these methods to obtain even a modest time series takes several years. Also, comparing present-day results with the past is almost impossible.

To solve these problems the NTM was developed at the Finnish Forest Research Institute's Rovaniemi Research Station in the late 1980s. Based on an idea initially presented by professor Timo Kurkela, this method enables reliable results to be obtained on the needle age classes and other parameters related to conifer foliage, not only concerning the present, but going back in time hundreds, even thousands of years. Although the method is a laborious one, it yields time series covering tens, even hundreds, of years fairly quickly. NTM is suitable for use with evergreen conifers, e.g. pines and spruces, in studying their foliage.

These instructions detail the various stages of work involved in the needle trace method in pines, the factors influencing the choice of sample trees are set forth, and the user is acquainted with the procedure in computing.

2 Neulasjälkimenetelmän periaate

The principle of the needle trace method

Neulasjälkimenetelmällä (NTM) tarkoitetaan tutkimusmenetelmää, jonka avulla voidaan luotettavasti tutkia puiden neulastoa menneisyydessä. Menetelmä perustuu kääpiöverson ja kasvaimen ytimen yhdistävän johtojänteen olemassaolon tutkimiseen. Jokaisella kääpiöversolla (neulasparilla) on johtojänne, jonka avulla se saa tarvitsemansa ravinteet ja veden. Johtojänne kasvaa puun ytimestä niin kauan, kun kääpiöverso on vihreänä puussa kiinni (kuva 1). Sen pudottua loppuu johtojänteen kasvu, mutta rungon sisään jää johtojänteestä jälki, joka näkyy tummana pisteenä puun halkaisupinnalla. Tätä pistemäistä jälkeä kutsutaan neulasjäljeksi.

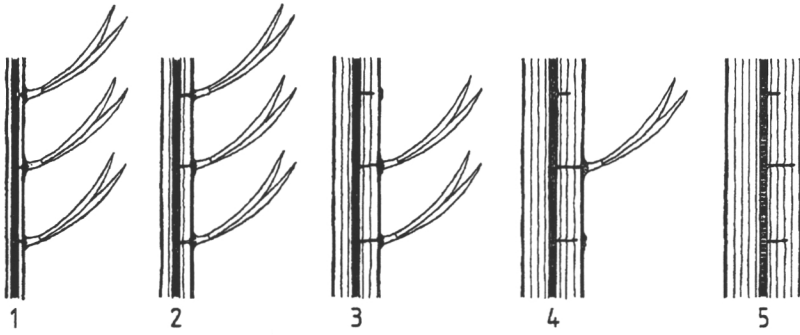
Neulasten karisemisen ajankohta voidaan selvittää höyläämällä puun runkoa vuosikasvain ja vuosilusto kerrallaan. Menetelmä on destruktiivinen, ts. tutkittava puu joudutaan kaatamaan ja runko sahaamaan pieniin osiin. Menetelmää voidaan käyttää, kunhan on käytettävissä lahoamatonta ydinpuuta, oli se sitten nykypäivästä tai tuhansien vuosien takaa.

Menetelmään liittyvällä elävien (puussa kiinni olevien) neulasvuosikertojen inventoinnilla saadaan tietoa tämän hetken neulasvuosikertojen määrästä.

The needle trace method (NTM) enables the user to reliably examine the past foliation of conifer trees. The method is based on the examination of the vascular bundle connecting dwarf shoots and the shoot pith. Each dwarf shoot (or needle pair) is provided with a vascular bundle through which it obtains its nutrients and water. This vascular bundle retains its contact with the pith for as long as the dwarf shoot is green and attached to the tree (Fig. 1). Once it is shed, the vascular bundle ceases to grow but leaves behind, inside the stem, a "scar", which shows up as a dark spot in the wood. This is called a needle trace.

By planing a block of stemwood an annual ring at a time, one can determine the point in time when a particular dwarf shoot was shed. The method is a destructive one as the tree has to be felled. The method requires the innermost treerings of the tree to be free of rot – be it from the present or a thousand years ago.

An inventory of the live needles (still attached to the tree) provides information on the current number of needle year classes.



Kuva 1. Männyssä olevien kääpiöversojen (neulasparien) ja niihin liittyvien puun ytimestä kasvavien johtojänteiden (neulasjälkien) kehittyminen viiden kasvukauden aikana.

Figure 1. Development over five growing seasons of dwarf shoots (or needle pairs) in Scots pine and the associated vascular bundles, needle traces, initiated in the pith.

3 Koepuiden valintaan vaikuttavia tekijöitä Factors influencing sample tree selection

3.1 Puulaji

Tutkittavaksi soveliaain puulaji on mänty (*Pinus* spp.). Männyn pääangan vuosikerrat voidaan selvittää oksakiehkuroiden avulla, ja neulasjäljet erottuvat selvänä muusta puuaineesta. Myös vuosilustot erottuvat hyvin toisistaan. Tähän mennessä menetelmällä on tutkittu onnistuneesti mm. kotimaisen männyn (*Pinus sylvestris*), korsikan männyn (*Pinus nigra* var. *maritima*), sembramännyn (*Pinus cembra*) ja kontortamännyn (*Pinus contorta*) neulasvuosikertoja.

Kuusen (*Picea abies*) kohdalla on vaikeuksia erottaa vuosikasvut oksakiehkuroiden avulla, sillä kuusi tekee välioksia. Myös neulasjäljet ovat vaikeammin havaittavia kuusella kuin männyllä.

3.1 Tree species

So far, pine (*Pinus* spp.) has proved to be the species most suited for this method. Needle year classes of Scots pine are readily distinguishable along the main stem by the branch whorls characteristics. Similarly, the needle traces stand out from the rest of the woody tissue. The annual rings are readily distinguishable. To date, this method has been used with success in studying the needle age classes of species such as *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* var. *maritima*, *Pinus cembra*, and *Pinus contorta*.

With Norway spruce (*Picea abies*), it is difficult to distinguish branch whorls. Further, needle traces are less distinct in spruce xylem.

Neulasjälkimenetelmän avulla on kuitenkin pystytty tutkimaan myös kuusen neulasvuosikertoja käyttämällä höylän sijasta hiekkapuhallusta, joka jättää neulasjäljen piikkinä koholle muusta puuaineesta.

3.2 Kasvupaikka

Kasvupaikan laatu vaikuttaa tunnetusti männyn kasvuun. Puun sädekasvun ollessa hyvä vuosilustot erottuvat selvästi toisistaan. Tutkimuksen kannalta on siten sitä edullisempää, mitä paremmalta kasvupaikalta koepuut valitaan. Tosin karujen kankaiden männyt näyttävät reagoivan herkemmin erilaisiin ympäristömuutoksiin neulasvuosikertojen määrää säätelemällä — ne ovat siten hyviä "indikaattoreita".

Karulla kasvupaikalla lustot ovat niin ohuita, että lustojen työstäminen ei ole aina mahdollista. Sama ongelma korostuu myös mentäessä kohti männyn pohjoista metsänrajaa. Jos lusto on vain 2 mm paksu tai ohuempi, sen työstäminen vaatii huolellisen ja kokeneen työntekijän. Mainittakoon, että lustot ovat paksuimmillaan lähimpänä puun ydintä, missä myös neulasjäljet ovat. Tähänastisissa suomalaisissa selvityksissä koepuut on hakattu kuivilta tai kuivahkoilta kankailta luontaisesti syntyneistä metsistä, jolloin vuosilustot ovat olleet riittävän paksuja.

The Needle Trace Method has, however, made it possible to also examine the foliation of Norway spruce by using sandblasting.

3.2 Site quality

As is well known, site quality has an influence on the growth of Scots pine. When radial growth is good, the annual rings are readily distinguishable. From the point of view of applying this method, it would therefore be advantageous to select sample trees from the better sites. However, it appears that Scots pine growing on poor soils reacts more readily to various environmental changes by regulating their number of needle sets; i.e. they are excellent "indicators".

On non-fertile sites the annual rings are so thin that it is not always possible to work them. The same problem becomes emphasized as one draws closer to the northern or alpine forest limit of Scots pine. With annual ring widths of 2 mm or less, great care needs to be taken when preparing the wood samples. However, it should be noted that annual rings are at their thickest nearest to the pith where the needle traces are located, too. In investigations carried out in Finland so far, the sample trees have been taken from dry and dryish sites with naturally established stands; this has ensured that the annual rings have been of sufficient width.

3.3 Puun ikä

Koepuiden valinta on helppoa nuorista kasvatusmetsistä. Nuorissa männyissä pituuskasvut ovat nähtävissä selvinä rinnankorkeudelta aina latvan viimeiseen vuosikasvuun. Myös mahdolliset ranganvaihdot ovat näkyvissä. Vanhemmissa männyissä tyviosan oksat ovat karsiutuneet ja kylestyneet, mistä johtuen vuosikasvainten erottaminen on työlästä. Iäkkäissä puissa myös latvan yläosan pituus- ja paksuuskasvut ovat niin heikkoja, että neulasvuosikertojen määrittäminen on lähes mahdotonta.

Jos samalta kasvupaikalta halutaan tutkia pidempi aika kuin mitä yhdestä puujaksosta saadaan tai jos huonon kasvun takia puista voidaan hyödyntää vain tyviosan 30–40 vuotta, koepuut otetaan kahdesta tai useammasta puujaksosta (luonnonmetsät) tai vierekkäisistä eri-ikäisistä viljelyksistä. Puusukupolvien tutkimisessa hyödynnetään vain puiden tyviosat, jolloin kunkin puun aikasarja edustaa kiertoajan ensimmäisiä vuosikymmeniä (kuva 2).

Myös kuolleiden puiden neulasvuosikertoja voidaan tällä menetelmällä tutkia, kunhan puun ydinosa ei ole lahonnut. Jopa useita tuhansia vuosia sitten kasvaneiden puiden vuosittaiset neulasvuosikertojen määrät voidaan selvittää. Tällöinkin on edellytyksenä, että puu on säilynyt lahoamatta nykypäivään esim. lammen pohjalla.

3.3 Age of trees

Sample tree selection is easiest to perform when dealing with young thinning stands. The annual shoots of young Scots pines are readily distinguishable from breast height right up to the most recent annual shoot. The occurrence of shoot displacements is also easy to note. With older Scots pines, the branches at the base of the tree have been shed off and the scars have healed over making it difficult to distinguish the annual shoots. At the top of old trees, the annual shoots and the tree rings are quite reduced and it is impossible to determine the needle retention.

If the intention is to apply this method on one site and cover a time span greater than contained by a single tree generation, then the sample trees should be selected from within two or more generations of trees (virgin stands) or from adjacent artificially established stands. The same method can be used if poor growth restricts the use of trees to only 30–40 years from the butt of the trees. When two or more tree generations are being examined, only the butts of the trees are used so that the time series obtained from each tree represents the first few decades of the rotation (Fig. 2).

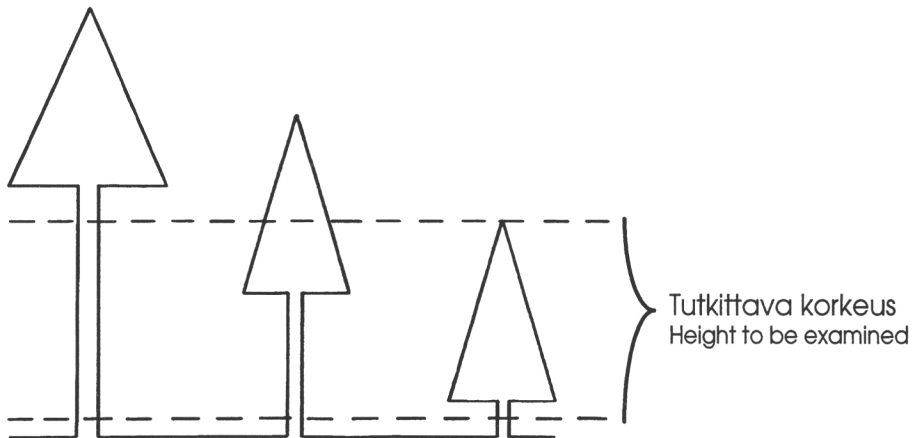
NTM can also be used to study the needle age classes of dead trees as long as the central section of the stem has not been affected by decay. This means that the needle retention of trees that have died thousands of years ago can be determined if decay has not damaged the pith of the tree.

3.4 Puun sijainti metsikössä

Koepuiksi ei ole syytä ottaa sellaista mäntyä, joka on toisen, lähes samaa pituutta olevan tai pidemmän puun vieressä. Läheisen puun oksien piiskaava vaikutus saattaa vähentää pääranan neulasten määrää ennen aikojaan. Valittuihin latvuserroksiin kuuluvien puiden pituus- ja sädekasvut ovat heikompia, mikä saattaa vaikeuttaa vuosilus-tojen ja vuosikertojen havaitsemista. Metsikön varhempien vaiheiden vaikutuksia ei läheskään aina tunneta, mikä on pyrittävä ottamaan huomioon koepuuantaa suunniteltaessa.

3.4 Location of sample trees within the stand

Scots pine growing next to a tree of equal or greater height should not be selected as a sample tree. The whipping effect of the branches of an adjacent tree may prematurely reduce the number of needles on the main stem. Height increment and radial increment of trees in the dominated storeys are reduced, and this may hinder the distinguishing of annual rings and shoots. The effects of the past history of stands is generally not known, and this should be taken into account when planning sample tree selection.



Kuva 2. Tutkimukseen käytetyt osat eri-ikäisissä puissa, kun vanhemman puuston latvaosaa ei voida hyödyntää kasvun taantumisen takia.

Figure 2. The parts used in an investigation in which entire trees cannot be made use of.

3.5 Puun terveys

Koepuiksi pyritään valitsemaan terveitä mäntyjä. Valituissa puissa ei saa olla vikanaisuuksia, kuten mutkaisuutta, haaraisuutta, lahovikaa, poikaoksia tai ranganvaihtoa, jotka kaikki vaikeuttavat puun jatkokäsittelyä. Varsinkin Lapissa on metsiköitä, joista on vaikeaa, jopa mahdotonta löytää mäntyä, jossa latva ei olisi vaihtunut. Tällaisissa tapauksissa voidaan ranganvaihto sallia. Tosiasia on, että vain osa ranganvaihtoista voidaan havaita puun ollessa vielä pystyssä.

3.6 Koepuiden määrä

Metsiköstä, josta koepuut valitaan, on voitava hakata vähintään 10 puuta jokaista ikäluokkaa eli puujaksoa kohden.

3.5 Tree health

Sample trees must be healthy. They must not contain any defects (e.g. crookedness, branched stems, rot, upright branch stubs, displaced main shoots) as all defects hinder the preparation of the samples. In Lapland especially, there are stands in which it is difficult, even impossible, to find a Scots pine free of the occurrence of leader shoot displacement. In such situations, shoot displacement may be permitted. The fact remains that only some cases of leader shoot displacement can be noticed while the tree is still standing.

3.6 Number of sample trees

The composition of a stand from within sample trees are to be felled must be such that it yields at least 10 trees per age class (i.e. per tree generation).

4 Koepuiden esikäsittely maastossa

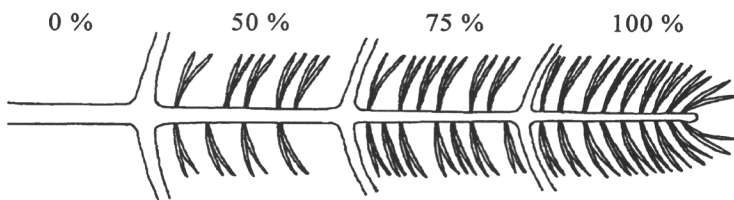
Preliminary treatment of sample trees in the field

Neulasjälkien havainnointisuunnan vakioimiseksi koepuuhun merkitään kompassin tai bussolin avulla idän puolelle merkki. Rinnankorkeus (1,3 m) merkitään ja rinnankorkeusläpimitta ($d_{1,3}$) mitataan. Koepuu kaadetaan, jonka jälkeen latvasta arvioidaan 10. oksakiehkuran neljästä oksasta sekä päärangasta neulasvuosikertojen määrä 0,25 vuosikerran tarkkuudella (kuva 3). Oksat karsitaan moottorisahalla jättämällä 5 cm tyngät. Oksantynvät helpottavat erottamaan eri vuosikasvut toisistaan. Karsimisen jälkeen mitataan puun pituus. Pituuskasvut mitataan joko maastossa tai laboratoriossa riippuen siitä, miten pitkälle runko käsitellään kaato paikalla.

Moottorisahalla tai vedenkestävällä huopakynällä vedetään rungon merkitylle itäpuolelle selvästi näkyvä viiva. Näin varmistetaan, että myöhempi neulasten johtojänteiden havainnointi tapahtuu aina samalta ilmansuunnalta jokaisesta vuosikasvusta. Puun latvaosassa on varottava tekemästä moottorisahalla merkkiviivasta liian syvää, vain kuoreen jäävä näkyvä merkki riittää. Latvan vuosikasvujen itäpuoli onkin syytä merkitä tussilla. Vaihtoehtoisesti latvaosaan voidaan jättää 5–8 viimeistä vuosikasvua ja kuljettaa latva kokonaisuutena jatkokäsittelyyn (kuva 4).

Prior felling, the east-facing side of each tree selected to be a sample tree will be marked. The trees are then felled and their length and $d_{1,3}$ is measured. Applying an accuracy of 0.25 needle year class, the number of needle year classes is estimated at the top of the crown from the main stem and four branches of the 10th branch whorl from the top (Fig. 3). Next, the stem is pruned by leaving stubs of branches of about 5 cm in length to help in distinguishing the annual shoots from one another. The height increments (i.e. length of annual shoots) of a tree are recorded either in the field or in the laboratory depending on how the tree is processed at the felling site.

Using either a chainsaw or a waterproof marker-pen, a linear mark is then made onto the stem to indicate the east-facing side of the stem. This ensures that later assessment of the needle traces will be identically oriented. Care should be taken not to make the chainsaw incision too deep near the top of the stem – a light mark on the bark is sufficient. Indeed, the eastern side of the thin annual shoots should be made with the pen. Alternatively, the top with 5–8 of the most recent annual shoots can be taken in one piece indoors for closer examination (Fig. 4).



Kuva 3. Kaadetun puun pääranan ja oksien neulasvuosikertojen määrittäminen. Kuvan oksassa on 2,25 neulasvuosikertaa. Menetelmää voidaan käyttää myös elävien pystypuiden nykyhetken neulasvuosikertojen määrittämisessä.

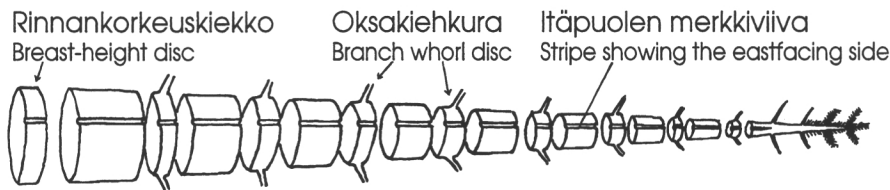
Figure 3. Determining the needle age classes of the main stem and branches of a felled tree. The branch shown in the drawing carries 2.25 needle age classes. The method can also be used in determining the current needle age classes of standing, live trees.

Runko pätkitään moottorisahalla joko latvasta tai tyveltä lähtien vuosikasvuihin siten, että oksakiehkuraosa leikataan pois. Pitkistä vuosikasvuista riittää n. 20 cm pätkä. Vaihtoehtoisesti runko voidaan kuljettaa 2–3 metrin pituisissa osissa laboratorioon, jossa vuosittaiset pituuskasvut mitataan ja runko pätkitään vuosikasvuittain.

Rinnankorkeudelta sahataan 3–4 cm paksuinen kiekko puun iän määrittämistä ja sädekasvujen mittausta varten (kuva 4). Vaihtoehtoisesti puu voidaan kairata ja sädekasvut mitata lustomikroskooppilla.

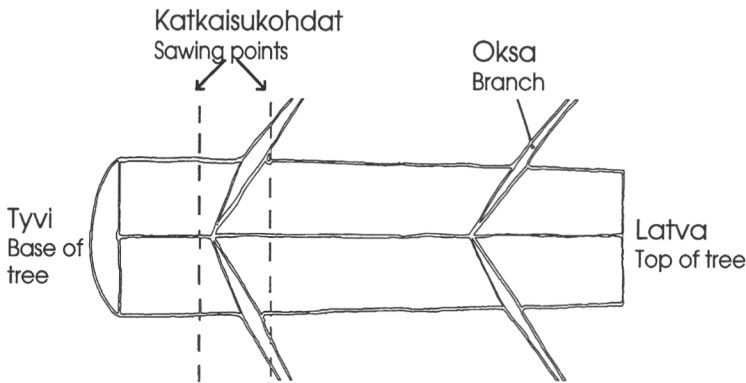
Starting from either the top or the base, the felled tree stem is cut into pieces representing annual shoots by removing the branch whorls. Alternatively, the stem can be conveyed in pieces 2–3 metres in length to the laboratory, where the height increments (i.e. length of annual shoots) are recorded and the stem is then cut into bolts representing annual shoots.

A breast-height disc, 3–4 cm thick, is sampled. This disc will be used for determination of tree age, and measurements of annual radial increments (Fig. 4). Alternatively, the radial increments can be determined from increment cores with a tree-ring microscope.



Kuva 4. Rungon pätkiminen vuosikasvuja edustaviin osiin (pölkkyihin).

Figure 4. Cutting a stem into sections (bolts) who represent annual shoots.



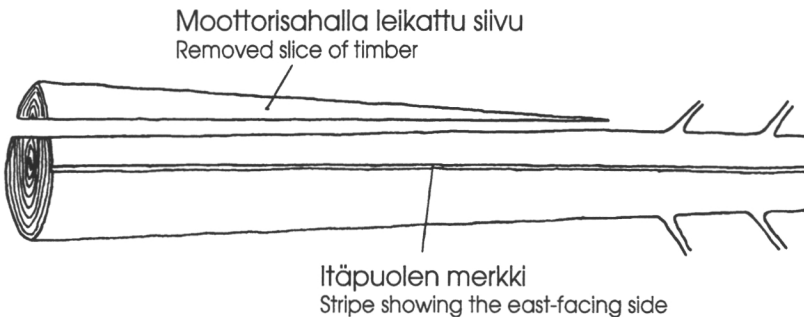
Kuva 5. Oksakiehkuran sahaus.
Figure 5. Cutting off a branch whorl.

Oksakiehkuroita sahattaessa on otettava huomioon, että rungon ytimessä sijaitseva oksakiehkuran syntykohta on useimmiten tyvempänä kuin oksat rungon pinnalla. Tämä ero on sitä suurempi, mitä pystympiä oksat ovat (kuva 5).

Usein iäkkäiden puiden tyviosissa ei ole enää oksia. Tällöin moottorisahalla joudutaan sahaamaan siivu rungon sivulta, jotta oksakiehkuroiden paikat saataisiin selville. Rungon itäpuoli jätetään koskemattomaksi (kuva 6).

When sawing off the branch whorls, note that the point of origin of the whorl in the centre of the stem is further towards the base of the tree than the branches at the surface of the stem. This difference increases with increasing acuteness of the angle of the branches with respect to the stem (Fig. 5).

The butt ends of old trees are usually devoid of visible branches. In such cases, it is necessary to remove a slice of timber from the side of the stem in order to reveal the location of branch whorls. The east-facing side of the stem must be left intact (Fig. 6).



Kuva 6. Oksistaan karsiutuneen ja kylestyneen tyviosan käsittely.
Figure 6. Preparing a butt devoid of branches.

Rungosta kannattaa ottaa tutkittavaksi se osuus, missä pituuskasvut ovat riittävän selvät ja säännölliset. Puun asema vakiintuu yleensä sen saavuttaessa rinnankorkeuden, jolloin 1,3 metriin ulottuva tyviosa voidaan jättää maastoon.

Latvan yläosan viimeiset vuosikasvaimet (n. 5–8 vuotta) voidaan jättää pätkimättä ja viedä latva kokonaisena jatkokäsittelyyn (kuva 4). Rungon itäpuoli on kuitenkin merkittävä latvaosaan tyveltä katsoen ensimmäiseen vuosikasvuun. Runkoa paloiteltaessa on oltava huolellinen, jotta vuosikasvupölkkyjen järjestys säilyy oikeana. Ok-sakiehkurat on syytä heittää syrjään, koska niillä ei ole käyttöä.

Vuosikasvupölkkyt numeroidaan vedenkestävällä huopakynällä. Merkintä tehdään pölkyn tyvipuolen sahauspintaan. Merkinnästä tulee selvitä puun numero ja pölkyn järjestysluku juoksevilla numeroinnilla tyveltä tai vaihtoehtoisesti latvasta lähtien. Viimeiset vuosikasvupölkkyt latvassa ovat niin ohuita, että merkintä on tehtävä lipukkeeseen, joka kiinnitetään pölkkyyn. Pätkimättä jätetyn latvaosan tyvisauhukseen merkitään puun numero. Rinnankorkeuskiekkko merkitään puun numerolla ja tunnuksella $d_{1,3}$.

Metsikön kasvupaikka, paikkakunta ja mahdolliset muut tiedot kirjataan neulasjälkimenetelmän lomakkeelle 1. Samalle lomakkeelle kirjataan myös koepuusta mitatut tunnuksat. Pituuskasvut kirjataan lomakkeelle 2.

It is best to use only that part of the stem in which annual shoots are sufficiently distinct and regular. Breast height (i.e. 1.3 m from the base of the tree) is generally such a point. The most recent annual shoots of the top of the tree (ca. 5–8 years' growth) can be left in one piece and taken indoors (Fig. 4). Nevertheless, the east-facing side of the stem needs to be marked onto the oldest annual shoot of such a top. Care must be taken when cutting stems into sections that the chronological order of the bolts remains correct. The branch whorl discs can be discarded as they will not be needed.

The annual shoot bolts are numbered using a waterproof pen. The markings are to be made onto the cut surface of the base of each bolt. The marking on the pieces must indicate the number of the tree and the numerical order of the piece starting from the base of the tree (or alternatively from the top). The last annual shoots at the top of the stem are so thin that the marking has to be made onto a tag which is then attached to the piece. The cutting surface at the base of the non-sectioned top of the tree will bear only the sample tree number. The disc cut off at breast height should be marked with the sample tree number and the marking $d_{1,3}$.

The sample tree's stand site quality class, locality and other possible data will be recorded on form 1. It is also used to record the parameters of the sample tree. The height increments are entered to form 2.

5 Näytteiden säilytys – Storing of samples

Näytepölkkyt on hyvä säilyttää kesällä kylmähuoneessa ($t < -5^{\circ}\text{C}$), jos on kysymys pidempiaikaisesta säilytyksestä. Näin estetään pölkkyjen halkeilu ja sinistyminen. Talvella pölkkyt voivat olla kylmässä ulko-varastossa.

During summer, it is best to store the sample bolts in a cold storage facility ($t < -5^{\circ}\text{C}$) if they are to be stored for a longer period of time. This will prevent the bolts from splitting and becoming blue-stained. In winter, the bolts may be left in an unheated storage.

6 Laboratoriotyöt – Laboratory work

6.1 Puun iän ja sädekasvujen määrittäminen

Rinnankorkeuskiekosta mitataan vuosittaiset sädekasvut stereomikroskoopin okulaarimitta-asteikon avulla. Mitta-asteikon lukema muutetaan kertoimen avulla sadasosamillimetreiksi. Myös muita luotettavia mittaustapoja voidaan käyttää kuten esim. lustomikroskooppia. Vuosittaiset sädekasvut merkitään lomakkeelle 3. Kasvumittausten yhteydessä saadaan selville myös puun rinnankorkeusikä. Jos puu on kairattu rinnankorkeudelta, vuotuiset sädekasvut mitataan lustomikroskoopilla, jolloin kasvutiedot voidaan heti tulostaa tai taltioida tiedostoksi.

6.1 Determination of tree age and radial increments

The annual radial increment is measured from the breast-height discs using a stereo microscope and its ocular measurement scale. The reading thus obtained is then converted into hundredths of a millimetre by using an appropriate coefficient. The annual radial increments are then recorded onto form 3. The age of the tree at breast height is obtained in connection with these increment measurements. If the particular tree has been bored at breast height, the annual radial increments are measured using a tree-ring microscope. The increment data thus obtained can be output directly or saved to a computer file.

6.2 Pölkyn syntymävuoden määrittäminen

Jotta vuotuisten neulasvuosikertojen määrä pystyttäisiin määrittämään, jokaisen pölkyn syntyajankohta on selvitettävä stereomikroskoopin tai suurennuslasin avulla. Määrittäminen aloitetaan vanhimmasta pölkystä laskemalla vuosilustojen kokonaismäärä. Näin saatu vuosilustojen määrä vähennettynä yhdellä vähennetään viimeksi kasvaneen luston syntymävuodesta. Kyseinen erotus on ensimmäisen vuosiluston syntymävuosi, joka on samalla pölkyn syntymävuosi (kuva 7). Lomakkeelle 4 kirjataan ylös pölkyn järjestysnumero ja sitä vastaava syntymävuosi.

Kun nuorimman eli latvapölkyn syntymävuosi on määritetty, vanhimman ja nuorimman pölkyn syntymävuosia ja järjestyslukuja vertaamalla voidaan todeta, onko pölkkyjä oikea määrä. Jos tässä havaitaan puutteita, keskimääräinen pölkky otetaan tarkasteluun vertaamalla sen syntymävuotta sekä tyvi- että latvapölkkyyn. Näin jatketaan, kunnes epäselvyydet on selvitetty. Kaikista pölkkyistä vuosilustoja ei tarvitse laskea, koska syntymävuosi voidaan johtaa aikaisemmin lasketuista pölkkyistä järjestysnumeron perusteella. Pölkkyjen vertailu voidaan tehdä seuraavan kaavan avulla:

$$MB = (r_b - r_t) - (|n_b - n_t|)$$

missä MB = puuttuvien pölkkyjen määrä, r = vuosilustojen määrä, n = pölkyn numero, b = tyvipölkki ja t = latvapölkki.

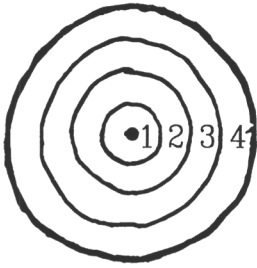
6.2 Determination of birth year for each bolt

In order to facilitate the determination of the number of needle year classes, the year of origin of each bolt has to be determined by using either a stereo microscope or a magnifying glass. This is commenced starting with the oldest bolt by counting the total number of annual rings. The figure thus obtained less one is then subtracted from the year of origin of the most recently produced annual ring. This gives the year of origin of the first annual ring (Fig. 7). Form 4 is also used to enter the consecutive number of the bolt in question and its year of origin.

Once the year of origin of the youngest bolt has been determined, it is possible to check that the number of bolts is correct by comparing the years of origin of the oldest and youngest bolts and the consecutively marked numbers. Should these not be in agreement, the middle bolt is to be examined by comparing its year of origin to those of the top and butt bolts. This procedure is continued until the problem is cleared. Annual rings need not be counted from each bolt as the year of origin can be deduced from previously processed bolts on the basis of the consecutively arranged numbering of the bolts. The comparison of bolts can be made by the formula:

$$MB = (r_b - r_t) - (|n_b - n_t|)$$

in which MB = number of missing bolts, r = number of annual rings, n = bolt number, b = butt bolt and t = top bolt.



Kuva 7. Pölkyn syntymävuoden määrittäminen. Kuvan pölkkyssä on 4 vuosilustoa. Viimeksi kasvaneen vuosiluston syntyajankohta on vuosi 1998. Siten pölkyn syntymävuosi eli 1. vuosilusto on $1998 - (4 - 1)$ eli 1995.

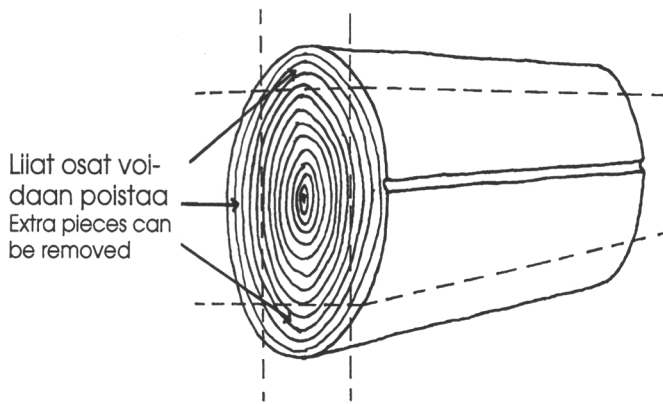
Figure 7. Determining the year of origin of a bolt. The bolt contains four annual rings. The most recently produced annual ring was formed in 1998. Thus, the year of origin of the bolt (and of its 1st annual ring) is $1998 - (4 - 1)$; i.e. 1995.

6.3 Pölkkyjen pienentämisen höyläystä varten

Isot pölkkyt joudutaan pilkkomaan kirveellä pienemmiksi noin höylän levysiksi (3–6 cm) palikoiksi. Isojen pölkkyjen pienentämisen tarkoituksena on helpottaa höyläystä. Joskus tämä on pakko tehdä jo maastossa näytteiden siirron helpottamiseksi. Pilkkominen onnistuu parhaiten kirveellä, joka lyödään pienellä lekalla pölkyn päähän niin syvään, että pölkypala lohkeaa irti. Myös vannesahaa voidaan käyttää pölkkyjen muotoilussa. Pölkystä voidaan ottaa liiat ulkopinnat pois joka puolelta niin, että syntyy suorakaiteen muotoinen palikka, jonka keskellä on puun ydin. On kuitenkin muistettava, että jos poistetaan merkitty itäpuoli, on itäpuoli merkittävä kynällä joko pölkyn päihin tai halkaistuihin sivuihin. Näin varmistetaan, että kaikki pölkkyt tarkastetaan samalta eli itäpuolelta runkoa. Pilkkomisessa on tärkeää, että vähintään kymmenen vuosilustoa ytimeistä lukien jätetään koskemattomaksi pölkyn merkitylle itäpuolelle (kuva 8). Pienempiä latvapölkkyjä ei kannata pilkkoa.

6.3 Reducing the size of the bolts

Large bolts have to be made smaller using an axe so that the final pieces are about as wide as the plane (3–6 cm). The purpose in splitting large bolts is to make the job of planing them easier. The best way to go about splitting the bolts is to use a sledgehammer to drive an axe into one end of the bolt deep enough to remove a piece. A bandsaw is also handy for this purpose. The bolts can also be made square in cross section resulting in a piece with the pith in the centre. Should the marking indicating the east-facing side be removed at this point, it is necessary to place the mark either onto the ends of the bolt or onto the prepared faces of the piece of timber. This ensures that all pieces are examined correctly oriented. When splitting bolts, it should be remembered that at least ten innermost annual rings of wood are left intact on the east-facing side of each bolt (Fig. 8). Bolts from the top part of the tree smaller than this in diameter are not worth splitting.



Kuva 8. Isojen pölkkyjen pienentäminen höyläystä varten.
Figure 8. Reducing the size of large bolts to facilitate planing.

6.4 Pölkkyjen kuivaus

Tuoreet ja kosteat pölkkyt voidaan pienentämisen jälkeen kuivata 60–70 °C:ssa. Noin 24 tunnin kuivausaika on riittävä. Viikon kestävä kuivaus huoneenlämmössä antaa myös riittävän kuivaustehon. Liiallinen kuivaus saattaa aiheuttaa pölkkyjen säteensuuntaista halkeilua, joka vaikeuttaa höyläystä. Kuivauksen tarkoituksena on helpottaa pölkkyjen höyläystä. Lisäksi kuivien pölkkyjen käsittely on miellyttävämpää, ja lyijykynällä tehdyt merkinnät erottuvat selvemmin kuivasta puusta.

6.5 Vuosilustojen merkitseminen

Höylättävän pölkyn kumpaankin päähän merkitään terävällä lyijykynällä kymmenen (tarvittaessa useamman) vuosiluston rajat ytimestä lähtien. Merkintänä käytetään kynällä tehtyä noin 1/4 ympyrän kehän pituista kaartovi-

6.4 Drying the bolts

Fresh and moist bolts can be dried at a temperature of 60–70 °C (24 h) once they have been split into smaller pieces. About one week at room temperature is also sufficient. Excessive drying may result in radial splitting of the bolts and this can be a problem when planing them. The purpose of drying the wood is to ease the job of planing. In addition, dry wood is more pleasant to handle and markings with pencil stand out more clearly from a dry surface.

6.5 Marking of annual rings

Prior to planing, the boundaries of the ten innermost annual rings of each bolt are to be marked on both ends of the bolts using a sharp pencil. These marks consist of arcs drawn on the east-facing side (i.e. the side to be planed) along the bound-

vaa, joka seuraa kesäpuun ja seuraavan vuosiluston kevätpuun rajaa. Vuosilustot merkitään itäpuolelle, eli höylättävälle puolelle, pölkyn kumpaankin päähän. Merkintää ei tarvitse suorittaa, jos vuosilustot erottuvat hyvin. Pölkyn päät ovat moottorisahan jäljiltä rosoiset, ja vuosilustojen erottaminen on usein hankalaa. Lustot erottuvat paremmin, jos pölkyn päätä tasoitetaan puukolla vuolien tai hiomakoneella.

Vuosilustojen merkitseminen on tutkimuksen tärkeimpiä työvaiheita. Siksi siihen kannattaa paneutua. Varsinkin ytimeistä lähtien ensimmäisen vuosiluston rajan löytäminen on usein hankalaa ja vaatii suurennuslasia avuksi. Samoin saattavat valevuosilustot vaikeuttaa työtä. Vuosilustot saadaan paremmin näkyviin, kun hiottua pölkyn päätä kostutetaan vedellä.

Kesken kasvukautta kaadetun koepuun vuosilustoja laskettaessa on otettava huomioon, että uusin vuosilusto ei ole vielä täysin kehittynyt, jolloin sen havaitseminen on vaikeampaa kuin talvella. Kun koepuita kaadetaan pitkin vuotta, on varmistettava oikeissa vuosissa pysyminen.

6.6 Höyläys

Pölkyt höylätään numerojärjestyksessä. Työstettävä pölkky kiinnitetään höyläpenkkiin merkitty itäpuoli ylöspäin. Ennen höyläyksen alkua kirjataan pölkyn pituus lomakkeelle 4.

ary between early wood of the following year and late wood of the year before and extending for approx. 1/4 of a full circle. The markings may be omitted in cases where the annual rings are broad and readily distinguishable. The ends of the bolts will be rough following chain-sawing and annual rings are thus often difficult to distinguish. The annual rings are more readily distinguishable if the ends of the bolts are trimmed using either a knife or a sanding machine.

This marking of the annual rings is among the most important stages of work when using the needle trace method. This being so, it should be carried out meticulously. Determining the boundary of the first annual ring outward from the pith is particularly difficult and often requires a magnifying glass as an aid. False annual rings are another problem. The annual rings stand out better if the sanded end of the bolt is made damp with water.

With a tree felled midway through a growing season, it should be noted that the most recent annual ring is not yet fully hardened and it does not stand out as clearly it would in the winter. When dealing with sample trees felled at various times of the year, it requires constant vigilance to keep to the correct annual ring.

6.6 Planing

The bolts must be planed in numerical order. In preparation for planing, a bolt is first clamped onto a woodwork bench with the east-facing side upwards. Next, the length of the bolt is noted down onto form 4.

Pölkkyä höylätään kaarevasti ensimmäisen tutkittavan vuosiluston alkuun eli kesäpuuhun (tumma osa lustoa). Höyläyspinta seuraa luston kesäpuun ulkorajaa. Höylättäessä on tarkkailtava koko ajan, että pysytään koko pölkyn pituuden osalta saman vuosiluston kesäpuussa. Ensimmäisen höylättävän luston järjestysnumero (ytimestä laskien) määräytyy maantieteellisesti. Pohjois-Suomessa tällaisena aloituslustona on hyvä käyttää 12. vuosilustoa. Etelä-Suomessa sopiva taso on 8. lusto, ja Keski-Euroopassa se voisi olla 6. lusto ytimestä laskien. Aloituslusto on se lusto, mihin asti pitkäikäisimmän neulasen johtojänne ulottuisi ko. tutkimusalueella.

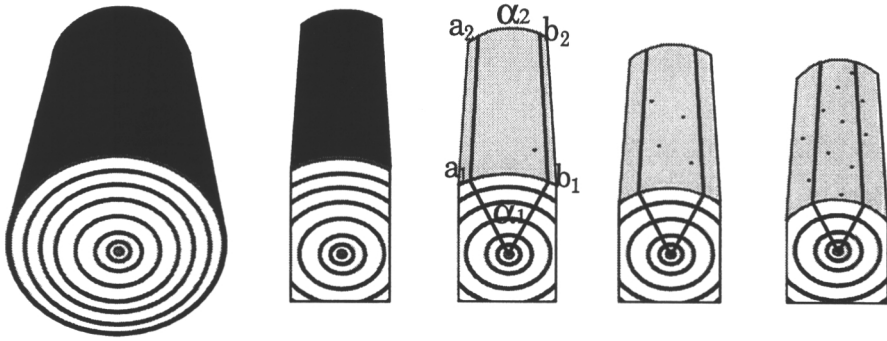
Aloitusluston määrittelyllä pyritään tekemään suhteellisen samanlaisiksi kulmat α_1 ja α_2 , jotka seuraavassa vaiheessa piirretään pölkyn kumpaankin päähän terävällä lyijykynällä siten, että höylätyn vuosiluston reunoilta vedetään viivotinta apuna käyttäen lyijykynällä viivat a_1 ja a_2 sekä b_1 ja b_2 suoraan ytimeen (kuva 9). Piirrettyjen kulmien suuruus mitataan kulmamitalla (jaotus 360°) ja merkitään lomakkeelle 4. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää esim. pleksilasista tehtyjä vakiokulmia (40° , 50° tai 60°). Tämän jälkeen yhdistetään pölkyn päissä olevien kulmien sivut vetämällä viivoitinta apuna käyttäen kaksi eri suoraa höyläyspinnalle (viivat a_1b_1 ja a_2b_2 , kuva 9).

Mainittakoon, että laskennan tai vertailtavuuden kannalta α_1 :n ja α_2 :n ei tarvitse olla samansuuruisia. Oleellista kulman suuruutta valittaessa on, että taso $a_1b_1b_2a_2$ ei leikkaa kahta vuosilustoa. Näin höylätylle pinnalle saadaan

The bolt is planed archedly to along the late wood of a particular annual ring, the number of which depends on its geographical location. In northern Finland, this initial annual ring is the 12th one outward from the pith. In southern Finland the corresponding annual ring has been the 8th annual ring. In Central Europe one could probably start with 6th annual ring. The initial annual ring is that annual ring up to which the vascular bundle of the oldest needles would extend to in a particular research region. When planing, constant care must be taken to ensure that the planing action for the entire length of the bolt remains within the annual ring in question and follows the surface of the late wood.

The purpose in defining the initial annual ring is to keep the angles α_1 and α_2 more or less the same; the next step is to use a sharp pencil to draw these angles onto both ends of the bolt. This is done by drawing lines a_1 and a_2 and b_1 and b_2 from the edges of the planed annual ring directly to the pith with the help of a ruler (Fig. 9). The sizes of the angles drawn is measured using an angle rule (360°) and these are then entered to form 4. Alternatively, fixed angles of 40° , 50° or 60° , made of perspex, can be used. With this done, the ends of the lines forming the angles are joined to one another by drawing two separate lines along the surface to be planed (lines a_1b_1 and a_2b_2 , Fig. 9).

It should be noted that from the point of view of calculations and comparability, α_1 and α_2 need not be equal. The essential aspect in selecting the size of the angle is to ensure that the corresponding plane $a_1b_1b_2a_2$ does not intersect with two



Kuva 9. Pöllien höyläys ja neulasjälkien inventointi.
Figure 9. Inventory of needle traces.

kaista, jolta neulasjäljet lasketaan. Viivan kohdalla olevaa neulasjälkeä ei lasketa mukaan. Kun neulasjäljet on laskettu, saatu luku merkitään lomakkeelle 4 kyseisen vuosiluston kohdalle. Vuosilustojen järjestys lasketaan siten, että ydintä lähinnä oleva lusto on 1., seuraava on 2. jne.

Seuraavat työvaiheet noudattavat alla olevaa kaavaa:

1. Höylätään seuraavan vuosiluston kesäpuuhun.
2. Kulmien sivut yhdistetään suoralla.
3. Lasketaan neulasjäljet.
4. Saatu luku kirjoitetaan lomakkeelle 4.

Näin jatketaan, kunnes saavutetaan johtojänteiden maksimilukumäärä kyseisellä höyläystasolla. Johtojänteiden lukumäärä ei enää muutu, kun havaitaan pisteiden muodostavan säännöllisen kuvion höyläyspinnalle (kuva 9). Kuten muutkin kasvit, myös mänty kasvattaa lehtensä (neulasensa) verson ympärille kuvitellulle spiraalille tasaisin välimatkoin. Tätä tietoa voidaan käyttää hyväksi ja välttyä turhalta höyläykseltä eli viimeisen höylättävän luston järjestys-

annual rings. This provides us with a strip of archedly planed surface from which the needle traces can be counted. A needle trace intersecting with a line is not to be included in the tally. Once the needle traces have been counted, the figure obtained is noted down onto form 4 next to the annual ring in question. (The order of the needle traces is counted starting with the innermost annual ring).

The following stages of work are based on the procedure below:

1. Planing is continued down to the surface of the late wood of the next tree ring.
2. The lines forming the angles are joined by straight lines.
3. The needle traces are counted.
4. The figure obtained is entered onto form 4.

This is repeated for each consecutive bolt until the maximum number of needle traces is obtained for the planing level (i.e. annual ring) in question. The number of needle traces will no longer change once it is observed that the dots form a regular pattern on the planing surface (Fig. 9). As is the case with other plants, Scots pine puts forth its leaves (needles) around the stele

numero voi vaihdella pölkystä toiseen. Yhdestä pölkystä kertyy numerotietoa yhden rivin verran lomakkeelle 4.

6.7 Neulasjälkien havaitseminen

Neulasjalkia tarkasteltaessa pölkyn höylätyllä pinnalla jälki saattaa olla epäselvä, eikä sen keskellä ole havaittavissa tummaa pistettä. Tällöin on kysymys vain osin peittyneestä neulasen johtojänteestä. Neulasen irrottua puusta kasvaa kasvukauden aikana "arven" päälle uutta puusolukkoa, joka peittää vähitellen tumman neulasjäljen. Kuitenkin solukko neulasjäljen ympärillä erottuu pitempään epämääräisenä "läiskänä" normaalista puusta. Jos neulasjäljen keskellä ei näy pientä tummempaa pistettä, neulasen on täytynyt silloin kuolla aikaisemmin, eikä tällaista neulasjälkeä oteta siten huomioon inventoinnissa. Höylättäessä seuraavaan vuosilustoon kyseisen neulasjäljen keskellä näkyy selvä tumma piste, joka on merkki siitä, että neulanen on ollut puussa kiinni tarkasteltavan luston syntyvuoona.

On otettava huomioon, että neulasen pudottua johtojänteestä jää seuraavana vuonna kasvavaan lustoon tynkä, joka saattaa näkyä höyläyspinnalla, jos höylätään liian syvälle tarkasteltavaa vuosilustoa.

along an imaginary spiral at set intervals. This is useful to keep in mind and thereby save oneself from unnecessary planing; i.e. the number given to the last annual ring to be planed may vary from one bolt to the other. A single bolt will yield numerical data equal to one record on form 4.

6.7 How to discern needle traces

Needle traces may be difficult to discern on the planed surface of a bolt; the scar may be obscure and it may lack a dark point in the middle. This is the case when the vascular bundle of the needle is embedded. When a needle is shed, the "scar" it leaves behind becomes covered by new woody tissue, which gradually covers the dark needle trace. Nevertheless, the tissue surrounding the needle trace stands out from normal wood for some time longer as an obscure "blotch". If there is no small, darker point in the middle of the needle trace, it means that the needle itself must have died earlier and therefore such a needle trace is to be ignored when inventorying needle traces. When the planing operation extends into the next annual ring, there will be a distinct, dark point in the middle of the said needle trace. This indicates that the needle was intact on the tree during the year when the said annual ring was formed.

It is evident that after a needle shed the needle trace may extend into early wood of the following tree ring. Thus, if planing too deep into the early wood, needle age may be overestimated.

6.8 Mutkaisten pölkkyjen käsittely

Pölkyt saattavat olla lenkoja ja mutkaisia, jolloin pölkyn päissä olevien sektorien yhdysviivat leikkaavat useampia vuosilustoja höyläyspinnalla. Tällainen tilanne voidaan välttää sahaamalla pölkyn päässä oleva mutka pois ja inventoimalla vain pölkyn suora osa. Myös pölkyn keskellä oleva mutka voidaan poistaa, ja jäljelle jäävät kaksi suoraa pölkynosaa höylätään. Lievästi lenko pölkky katkaistaan keskeltä, jonka jälkeen inventoidaan kumpainenkin osa erikseen.

Koverat ja kuperat pölkyt höylätään kavahöylällä tai vuolla puukolla. Höyläyspinnalle piirrettävien suorien merkitsemiseen käytetään joustavaa viivoitinta. Neulasjälkien inventointi tapahtuu muutoin samalla tavalla kuin suoristakin pölkkyistä.

6.9 Neulasellisten latvapölkkyjen inventointi

Pätkimättömästä latvaosasta sahataan oksakiehkurat pois ja vuosikasvut höylätään edellä kuvatulla tavalla. Usein pöllit ovat latvassa niin ohuita, että höyläys ei onnistu ja joudutaan käyttämään puukkoa. Höyläystä ei tarvitse kuitenkaan suorittaa, jos kaikki neulaset ovat vielä kiinni pölkkyssä tai puuttuvat neulaset ovat vasta pudonneet (neulasen jättämä arpi kuoressa on tuore). Tällöin sahataan vähintään 10 cm:n mittainen osa pölkystä ja lasketaan kaikki neula-

6.8 Dealing with crooked bolts

A bolt may have some sweep or it may be crooked; if so, the lines joining the sectors drawn onto the ends of the bolt will cut two or more annual rings along the planed surface. This can be avoided by removing the crookedness at the end of the bolt and by then making an inventory only of the straight part. A bend in the middle of the bolt can also be removed and the resultant two straight pieces can then be planed. A bolt with a moderate sweep can be cut down in the middle and again the resultant two pieces, now relatively straight, can then be inventoried separately.

Convex and concave bolts need to be planed using a spokeshave or a knife. A flexible ruler is necessary when drawing the connecting lines. Apart from this, the inventory of the vascular bundles proceeds as with straight bolts.

6.9 Inventory of the top part of the stem

The non-segmented top part of the stem is treated by sawing off the branch whorls and then planing the annual rings as described earlier. The same applies to the already segmented top. Often the bolts in the top part of the stem are so thin that planing is impossible and a knife is used instead. However, there is no need to plane if all the needles are still intact on the bolt or if the missing needles have only recently been shed (i.e. the scars on the bark are fresh). When this is the

set ja tuoreet neulasarvet koko pölkynosan ympäri. Helpon työn tapahtuu riipimällä kaikki neulaset irti pölkystä ja laskemalla kuoreen jääneet neulasarvet. Saatu luku merkitään lomakkeelle 4 kyseisen pöllin kohdalle. Kulmien (α_1 ja α_2) suuruudeksi merkitään 360° . Yhdenkin neulasen puuttuminen (vanha neulasarpi) johtaa höyläykseen, jotta sen johtojänteen pituus saadaan selville.

Höylätyt ja inventoidut pölkyt säilytetään mahdollisia tarkastuksia varten. Inventoituihin pölkkyihin merkitään puun numero, pöllin numero ja höyläyspäivämäärä.

case, it is necessary to saw off a piece at least 10 cm in length and then proceed to count all the needles and fresh needle scars all around the said piece of the bolt. The easiest way of doing this is to remove all the needles and then proceed to count the needle scars on the bark. The figure obtained is then entered to form 4 alongside the bolt in question. The angles (α_1 and α_2) are given the value 360° . Note that planing becomes necessary even if just one short shoot is missing (i.e. the scar is not a fresh one) as the length of the needle trace of such a needle must be determined.

The planed and inventoried bolts with identification number are then placed in storage for possible future reference.

7 Tulosten laskenta

Computation of results

7.1 Suhteelliset neulasjälkimäärät

Ensimmäinen vaihe tulosten laskennassa on muuttaa pöllikohtaiset absoluuttiset neulasjälkimäärät suhteellisiksi. Muutos tapahtuu siten, että kantaluvuksi otetaan 1. vuosiluston neulasmäärä, johon seuraavien vuosilustojen neulasmääriä verrataan. Näin saadaan neulasten suhteelliset määrät eri vuosilustoissa pölleittäin. Neulasjälkien suhteelliset määrät lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$p_r = \frac{x_r}{x_1} 100$$

missä p_r on tietyn pöllin neulasten suhteellinen määrä p vuosilustossa r , x_r = neulasjälkien määrä x vuosilustossa r , x_1 = neulasjälkien määrä ensimmäisessä vuosilustossa.

7.2 Neulasvuosikerrat

Suhteellisten neulasjälkimäärien avulla lasketaan vuosittaiset neulasvuosikerrat. Laskenta tapahtuu siten, että samassa vuosilustossa (riippumatta pöllin syntyvuodesta) olevat suhteelliset neulasjälkimäärät lasketaan yhteen ja summa jaetaan sadalla. Näin saatu luku on neulasvuosikertojen kappalemäärä kyseisen vuoden kesällä. Syksyiset (tai tal-

7.1 Relative numbers of needle traces

The first stage in computing is to convert the bolt-specific absolute numbers of needle traces into relative numbers of needle traces. This conversion is performed by using the number of needles in the first annual ring as the base number to which the numbers of needles in the following annual rings are compared. This results in relative numbers of needles in the various annual rings per bolt. The relative numbers of needle traces are computed using the following formula:

where p_r = relative number of needles p in a specific bolt's annual ring r , x_r = number of needle traces x in annual ring r , x_1 = number of needle traces in first annual ring.

7.2 Needle age classes

The relative numbers of needle traces are then used to compute the annual needle retention. This is done by adding together the relative numbers of needle traces in the same annual ring (irrespective of year of origin of the bolt) and then dividing the sum by one hundred. The result obtained is the number of needle age classes in the summer of the year in question. The autumn (or

viset) neulasvuosikertojen määrät saadaan vähentämällä yksi vuosikerta seuraavan kesän neulasvuosikertamäärästä. Neulasvuosikertojen laskentakaava ko. vuodelle on seuraavanlainen:

$$ANR = \frac{\sum (p_b, p_{b+1}, \dots, p_{b+n})}{100}$$

missä ANR = neulasvuosikertojen määrä ko. vuonna, p_b = neulasjälkien suhteellinen määrä pöllissä b ko. vuonna, p_{b+1} = neulasjälkien suhteellinen määrä vuotta vanhemmassa pöllissä ko. vuonna, b = pöllin järjestysnumero latvasta lukien.

Neulasvuosikertojen laskennassa on otettava huomioon, että viimeisten (vanhimpien) vuosien osalta (inventointilomakkeen lopussa) ei saada täydellistä havaintosarjaa. Tämän vuoksi laskentaan ei oteta mukaan niitä vuosia, jotka sisältävät vajaita neulasjälkien havaintosarjoja (taulukko 1).

winter) numbers of needle age classes are obtained by subtracting one needle age class from the following summer's number of needle age classes. The formula for computing the needle retention for the year in question is as follows:

where ANR = number of needle age classes (needle retention) in the year in question, p_b = relative number of needle traces in bolt b in the year in question, p_{b+1} = relative number of needle traces in the said year in the bolt one year older, b = numerical order of the bolt starting from the top.

When computing the needle age classes, it is necessary to take into consideration that the observation series for the last ("oldest") years (at the end of the inventory form) will not be complete. Due to this, years with incomplete needle-trace observation series will not be included in computations (Table 1).

Taulukko 1. Neulasvuosikertojen laskuista vähennettävien vuosien määrittäminen.

Taulukko on inventointilomakkeen lopusta. Tummennetut ruudut muodostavat vuonna 1972 syntyneen vuosiluston. Alimmassa ruudussa (vuosilustossa 4) ei ole havaintoa, koska kyseistä pöllä ei ole enää inventoitu. Näin ollen vuotta 1972 ei oteta laskentaan mukaan. Sama koskee vuosia 1971 ja 1970. Vuoden 1973 neulasvuosikerrat voidaan laskea, koska on oletettavaa edellisten pöllien perusteella, että inventoimattoman pöllin 5. vuosilustossa ei olisi ollut enää neulasjälkiä.

Pöllin nro	Pöllin syntymä vuosi	Pöllin pituus mm	Kulmat 1/360°		Neulasjälkien määrä eri vuosilustoissa												
			α_1	α_2	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
18	1976	251	44	44										10	18	19	19
19	1975	240	47	47										8	21	22	22
20	1974	205	59	58										6	13	13	14
21	1973	225	58	55										13	21	21	21
22	1972	244	60	65										6	12	12	13
23	1971	280	69	70										6	18	24	24
24	1970	204	67	67										12	14	16	16

Table 1. Determining the number of years to be subtracted from the numbers of needle-age classes. The table shows the situation at the end of the inventory form. The darkened cells of the table from the annual ring of the year 1972. However, annual ring 4 has no value entered in the darkened cell because the bolt in question (1969) has not been inventoried at this point. Thus, three years need to be subtracted from the end in this computation situation. The needle-age classes for 1973 can be computed, because it can be expected from looking at the preceding bolts that the non-inventoried bolt's 5th annual ring will not contain any needle traces.

Bolt no	Initiation year of bolt	Length of bolt mm	Angles 1/360°		No. of needle traces in individual rings													
			α_1	α_2	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		
18	1976	251	44	44											10	18	19	19
19	1975	240	47	47											8	21	22	22
20	1974	205	59	58											6	13	13	14
21	1973	225	58	55											13	21	21	21
22	1972	244	60	65											6	12	12	13
23	1971	280	69	70											6	18	24	24
24	1970	204	67	67											12	14	16	16

Vuosittainen neulaskadon määrä saadaan laskettua neulasvuosikertojen avulla vähentämällä tarkasteluvuoden neulasvuosikertojen määrästä seuraavan vuoden neulasvuosikertojen määrä. Neulaskadon määrä lasketaan kaavalla:

$$ANL_t = (ANR_t - ANR_{t+1}) + 1$$

missä ANL_t = neulasmenetykset vuonna t .

The extent of the annual needle loss can be computed with the help of the number of needle age classes by subtracting the next year's number of needle age classes from the number of needle age classes born in the year being examined. The extent of needle loss is computed using the formula:

where ANL_t = needle loss in year t . The constant +1 means new flush of needles.

7.3 Neulasten ikä

Neulasen iällä tarkoitetaan tässä neulasen puussa kiinni pysymisen aikaa vuosissa. Neulasten keskimääräinen ikä lasketaan pöllikohtaisesti, eli se on tietynä vuonna syntyneiden neulasten keskimääräinen ikä. Myös ikälaskujen pohjana käytetään suhteellisia neulasmääriä.

7.3 Needle age

Needle age refers to the number of years a needle remains attached to the tree. Average needle age is computed per bolt, i.e. the average age of the needles born in a certain year. Here, too, the relative number of needles is used as the basis in computing needle age. These com-

Laskennassa ei oteta huomioon sitä aikaa, minkä neulanen viettää silmussa talven yli neulasaiheena. Keskimääräisen iän laskentaa varten täytyy arvioida aika, mikä kuluu uusien neulasten synnystä (kasvukauden alussa) vanhojen neulasten kellastumiseen (syksyllä). Esim. Suomen alueella kyseinen aika on 3 kuukautta. Neulasten keskimääräinen ikä lasketaan kaavalla:

$$NA = \frac{\sum_{r=1}^n (p_r - p_{r+1}) \left(r - 1 + \frac{t}{12} \right)}{100}$$

missä NA = tietynä vuonna syntyneiden neulasten keskimääräinen ikä, p_r = pöllin neulasjälkien suhteellinen määrä p vuosilustossa r , t = aika kuukausina neulasten synnystä vanhojen neulasten kellastumiseen.

Puun latvaosassa vielä kiinni olevien neulasten ikää ei voida laskea, joten muutamia vuosia puun latvasta lukien joudutaan jättämään pois neulasten ikälaskuista (taulukko 2).

putations do not take into account the time that the needles spend overwintering in buds as needle primordia. To compute average needle age, it is necessary to estimate the time spent between the birth of new needles (at the beginning of the growing season) and the yellowing of senescent needles (in the autumn). In the case of Finland, for example, this takes three months. Average needle age is computed using the formula:

where NA = average age of the needles born in a certain year, p_r = bolt's relative number of needle traces p in annual ring r , t = time in months from needle birth to yellowing of senescent needles.

The age of needles still attached to the top part of the tree cannot be computed and therefore a few years have to be omitted from the needle-age computations (Table 2).

Taulukko 2. Neulasten ikälaskuista vähennettävien vuosien määritys. Tummennetut solut eivät täytä ehtoa, jonka mukaan pöllin viimeisimmässä (ulommaisimmassa) vuosilustossa ei saa olla enää neulasten johtojänteitä. Vuoden 1984 pöllissä ei ole 7. vuosilustossa johtojänteitä, joten tästä vuodesta lähtien aineisto on laskentakelpoinen. Tässä tapauksessa laskuista vähennetään 6 vuotta alusta lukien.

Pöllin nro	Pöllin syntymä vuosi	Pöllin pituus mm	Kulmat 1/360°		Neulasjälkiä eri vuosilustoissa												
			α_1	α_2	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
1	1990	86	360	360													69
2	1989	111	360	360												75	75
3	1988	124	360	360									95	95	95		
4	1987	131	360	360								86	86	86	86		
5	1986	172	55	57								13	18	19	19	19	
6	1985	201	49	46								15	22	22	22	22	22
7	1984	283	60	58								4	16	17	17	17	17
8	1983	240	47	47								14	17	19	21	21	21

7.5 Neulasmäärät

Neulasmäärä versossa saadaan kertomalla neulastiheys verson pituudella (= pituuskasvu). Neulasmäärä kyseessä olevalle vuodelle lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$NN = ND \cdot l_s$$

missä NN = neulasmäärä (kpl/verso), ND = neulastiheys, l_s = verson pituus (pituuskasvu, cm).

Vuosittaiset kokonaisneulasmäärät lasketaan summaamalla kyseessä olevan vuoden lustossa olevat neulasmäärät yhteen. Vuosittainen neulasmäärä lasketaan kaavalla:

$$ANN = \sum (NN_b, NN_{b+1}, \dots, NN_{b+n})$$

missä ANN = kokonaisneulasmäärä ko. vuonna, NN_b = neulasmäärä pöllissä b ko. vuonna, NN_{b+1} = neulasmäärä vuotta vanhemmassa pöllissä ko. vuonna, b = pöllin järjestysnumero puun latvasta lukiin.

Neulasjälkimenetelmään on kehitetty laskentaohjelma Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusasemalla. Ohjelma on Excel-taulukkolaskentaohjelmaan laadittu makro-ohjelma, joka toimii Excel 4.0 ja sitä uudemmissa versioissa. Ohjelma tulostaa valmiit puukohtaiset sekä metsikkökohtaiset tulostaulukot. Laskentaohjelmaa voi tiedustella kirjoittajilta.

7.5 Numbers of needles

The number of needles in a shoot is obtained by multiplying needle density by shoot length (= height increment). The number of needles on the tree in the year in question is obtained by using the following formula:

where NN = number of needles (number/shoot) ND = needle density, l_s = shoot length (= height increment, cm).

The annual total number of needles are computed by adding together the numbers of needles in the annual ring of the year in question. The annual number of needles is obtained by using the following formula:

where ANN = total number of needles in the year in question, NN_b = number of needles in bolt b in the year in question, NN_{b+1} = number of needles in the year in question in the bolt a year older, b = numerical order of the bolt starting from the top.

The needle trace method has been provided with a computation program developed at the Finnish Forest Research Institute's Rovaniemi Research Station. The program is a macro program based on the Excel spreadsheet program, and runs under Excel versions 4.0 and newer. The program outputs complete tree-specific and stand-specific tables of the computation results. Readers are invited to contact the authors concerning the program.

NTM-kirjallisuutta – NTM Literature

- Jalkanen, R. & Kurkela, T. 1990. Needle retention, age, shedding and budget, and growth of Scots pine between 1865 and 1988. In: Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (eds). Acidification in Finland. Springer Verlag, Berlin Heidelberg. pp. 691–697.
- Jalkanen, R. & Kurkela, T. 1990. VB-method for the determination of defoliation in the past. In: Int. conf. on Acidic deposition, its nature and impacts. Conference abstracts. Royal Society of Edinburgh, Glasgow, 16–21 Sept. 1990. p. 313.
- Kurkela, T. & Jalkanen, R. 1990. Revealing past needle retention in *Pinus* spp. Scandinavian Journal of Forest Research 5(4): 481–485.
- Jalkanen, R. & Kurkela, T. 1992. VB-method for the determination of pine defoliation in the past. Proc. Tree Rings and Environment. Ystad, Sweden, 3–9 Sep. 1990. Lundqua Rep. 34: 153–157.
- Jalkanen, R. & Kurkela, T. 1993. Männyn harsuuntumishistoria ei ole enää vain arvailujen varassa. Kasvinsuojelulehti 1/1993: 5–7.
- Jalkanen, R. & Kurkela, T. 1993. Johtojännemenetelmällä saadaan tietoa neulasvuosikerroista puun koko elinajalta. Teoksessa: Hyvärinen, A., Jukola-Sulonen, E-L., Mikkilä, H. & Nieminen, T. (toim.). Metsäluonto ja ilmansaasteet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 446: 97–101.
- Jalkanen, R., Aalto, T., Innes, J., Kurkela, T. & Townsend I. 1994. Needle retention and needle loss of Scots pine in recent decades at Thetford and Alice Holt, England. Can. J. For. Res. 24: 863–867.
- Jalkanen, R., Aalto, T. & Kurkela, T. 1994. The use of needle-trace method (NTM) in retrospectively detecting *Lophodermella* needle-cast epidemic. Eur. J. For. Path. 24: 376–385.
- Sander, C. & Eckstein, D. 1994. Reconstruction of the foliation of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) by means of needle traces. Scand. J. For. Res. 9: 311–315.
- Jalkanen, R. 1995. Männyn vuosikertojen määrä alentunut Montsegorskin läheisyydessä jo vuosikymmeniä sitten. Teoksessa: Tikkanen, E. (toim.). Kuolan saastepäästöt Lapin metsien rasitteena. Itä-Lapin metsävaurioprojektin loppuraportti. Gummerus, Jyväskylä, p. 172–173.
- Jalkanen, R. 1995. Needle trace method (NTM) for retrospective needle retention studies on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). Acta Universitatis Ouluensis, Series A 264. 38 p. + 40 p.
- Jalkanen, R. 1995. Retrospective forest pathology. In: Aamlid, D. (ed.) Forest Pathology Research in the Nordic Countries 1994. Aktuelt fra Skogforsk 4(1995): 55–57.
- Jalkanen, R. & Kurkela, T. 1995. Detecting an old *Lophodermella* needle cast epidemic retrospectively. In: Capretti, P., Heiniger, U. & Stephan, R. (eds.). Shoot and Foliage Diseases in Forest Trees. Proc. of the Joint Meeting of the IUFRO WPs Canker and Shoot Blight of Conifers (S2.06.02) and Foliage Diseases (S2.06.04). Vallombroza, Firenze, Italy June, 6–11, 1994. pp. 45–50.
- Jalkanen, R., Aalto, T. & Kurkela, T. 1995. Development of needle retention in Scots pine (*Pinus sylvestris*) in 1957–1991 in northern and southern Finland. Trees 10: 125–133.

- Jalkanen, R. 1996. Needle retention chronology along a pollution gradient. In: Dean, J.S., Meko, D.M. & Swetnam, T.W. (eds.). Tree rings, environment and humanity. Radiocarbon 1996. pp. 419–426.
- Jalkanen, R., Aalto, T. & Kurkela, T. 1998. Revealing past needle density in *Pinus* spp. Scand. J. For. Res. 13: 00–00 (in print).
- Aalto, T. & Jalkanen, R. 1998. Neulasjälkimenetelmän laskentaohjelma. NTMFIN. Versio 5.1. Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, Rovaniemi. Moniste, 12 s. + 2 liites.
- Aalto, T. & Jalkanen, R. 1998. Computation program for the needle trace method. NTMENG. Version 5.1. Finnish Forest Research Institute, Rovaniemi Research Station, Rovaniemi. 12 p. + 2 appendix. (mimeograph).

Neulasjälkimenetelmä

Lomake 1

Koeputiedot

Koepuun numero:	Päiväys:			
Puulaji: _____				
Puun pituus: _____ D1,3: _____				
Neulasvuosikerrat:				
Pääranka	Sivuoksat			
Huomautuksia:				

Metsikkötiedot

Paikkakunta: _____		
Yhtenäiskoordinaatit: y: _____	x: _____	
Peruskartan nimi ja numero: _____		
Metsätalouskartan nro: _____	Osasto: _____	Kuvio: _____
Kasvupaikka (metsätyyppi): _____		
Huomautuksia:		

NTM - Needle Trace Method

FORM 1

Sample tree data

Sample tree no: <input type="text"/>		Date: <input type="text"/>	
Tree species: _____			
Tree height: _____		D1,3: _____	
Needle retention:			
Main stem	Branches		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Notes: 			

Stand data

Location: _____	
Coordinates:	y: _____ x: _____
Map name and number: _____	
Forest site type: _____	
Notes: 	



9 789514 016196

ISBN 951-40-1619-X

38