

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Metsäteknologian tutkimusosasto

6/1972

PINOMITTAUKSEN KEHITTÄMISTUTKIMUS IV
Pinomittauksen tarkkuus ja sen parantamismahdollisuudet
Pinotiheysluvun arviointi

Veijo Heiskanen

Helsinki 1972

Helsinki 1972

1972

TIETOKIRJASTON KOKOUSKIRJA

1972

Helsinki 1972

1972

1972

Helsinki 1972

1972

Sisällysluettelo

	Sivu
1. Johdanto.....	1
2. Pinotiheysluvun arvioinnin tarkkuus.....	2
21. Yleistä.....	2
22. Eri tekijöiden vaikutus.....	3
3. Mittauksen ja arvioinnin vertailu.....	4
31. Yleistä.....	4
32. Eri tekijöiden vaikutus.....	5
4. Pinotiheysluvun arvioinnin hyödyllisyys.....	7
5. Yhteenveto ja päätelmät.....	8
Kirjallisuutta	
Liitteet	

ALKUSANAT

Esillä oleva moniste muodostaa neljännen osajulkaisun pinomittauksen kehittämistutkimuksessa, kuten otsikostakin voidaan havaita. Julkaisu on edellisten lailla ennakkotiedonanto, jossa esitellään laajaa tutkimusaineistoa vain alustavasti kästieltynä pinotiheysluvun arvioinnin tarkkuuden ja sen alustavien parantamismahdollisuuksien selvittämiseksi. Työhön varatun suhteellisen lyhyen ajan vuoksi on jouduttu turvautumaan ennakkotiedonantomenetelyyn. Samasta syystä julkaisun muodollinen puoli on paikoittain epätasaista. Toivon kuitenkin, että esiteltävät tulokset auttavat päätöksentekijöitä jo tässkin muodossa; loppujulkaisun valmistaminen aloitetaan syyskuussa.

Kiitosten osalta viittaa osajulkaisuun III.
(Pinomittauksen tarkkuus ja sen parantamismahdollisuudet. Pinomittausmittaaminen ja tyhjäntilan arviointi)

Sipoossa 7.8.1972

Veijo Heiskanen

1. JOHDANTO

Pinomittauksen epäterkkuus mittaussuomenetelmänä ilmenee ennen kaikkea siinä, että samaakin puutavaralajia sisältävien pinojen pinotiheys vaihtelee hyvin laajoissa rajoissa. Tarkkuuden lisäämiseksi onkin nimenomaan Ruotsissa kokeiltu viime vuosina verraten paljon menetelmää, jossa jokaisen pinon tiheysluku arvioidaan silmävaraisesti pinon ja siinä olevan puutavaran ominaisuuksien perusteella ja saaduilla pinotiheysluvuilla muunnetaan pinomitta kiintomitaksi. Tulokset ovat olleet niin lupaavia, että v. 1972 on siellä aloitettu mittamiesten järjestelmällinen koulutus tehtävään (esim. Kompendium..., K a r l s s o n 1970, 1971). Tästä syystä otettiin myös esillä olevassa tutkimussarjassa selvitettäväksi pinotiheysluvun arvioinnin tarkkuuskysymykset. Jos menetelmä osoittautuu onnistuneeksi myös suomalaisissa olosuhteissa, meillä onkin käytettävissä erittäin yksinkertainen ja helppo tapa kiintomitan määrittämiseksi pinoista.

Tutkimusmenetelmän selostuksessa tutkimuksen II osassa kuvattiin koehenkilöille annetut ohjeet. Niiden mukaisesti jokainen kokeisiin osallistunut henkilö määrittäi jokaisen yhdeksän pinon pinotiheysluvun kahden desimaalin (tai prosentin tarkkuudella). Näiden arviointien keskiarvojen hajontojen ja variaatiokertoimien avulla voidaan tarkastella arviointien keskimääräistä onnistumista ja tarkkuutta. Kun pinotiheys on mitattava suure, on mahdollista verrata arvioituja pinotiheyksiä myös mitattuihin tuloksiin. Seuraavassa suoritetaan molemmat näistä tarkasteluista.

Mitatusta pinotiheydestä mainittakoon vielä, että se on laskettu kaikkien koehenkilöiden pinomittojen keskiarvon ja mittausryhmän mittaaman kiintomitan suhteena. On syytä huomauttaa, että keskimääräisiä eri tavaralajien pinotiheyksiä myöhemmin tutkimuksen X osajulkaisussa tarkasteltaessa pinotiheys lasketaan eri tavalla nimittäin siten, että myös pinomitta otetaan mittausryhmän mittauksen mukaisena.

Lopuksi mainittakoon, että tätä ennen on julkaistu seuraavat pinomittauksen kehittämistutkimuksen monisteet:

I Kylkitiheydestä ja sen mittaamisesta. Kirjallisuuskatsaus. Heikki Nikkilä ja Veijo Heiskanen.

II Pinomittauksen tarkkuus ja parantamismahdollisuudet.
Tutkimusmenetelmä ja -aineisto. Veijo Heiskanen.

III Pinomittauksen tarkkuus ja parantamismahdollisuudet.
Pinomittauksen mittaaminen ja tyhjän tilan arviointi. Veijo Heiskanen.

2. PINOTIHEYSLUVUN ARVIOINNIN TARKKUUS

21. Yleistä

Pinotiheysluvun arvioinnin pinoittaiset keskiarvot, hajonnat ja variaatiokertoimet nähdään liitetaulukosta 1. Siitä voidaan todeta, että arviointien pinon tiheyden hajonnat vaihtelevat yleensä välillä 0.013 - 0.037. Kolmessa poikkeustapauksessa hajonta on ollut hyvin suuri, luokkaa 0.13 - 0.15 yksikköä. Kuitenkaan ei ole saatu selville näiden poikkeusten aiheuttajaa. Variaatiokertoimet puolestaan vaihtelevat yleensä 1.4 %:sta 7.1 %:iin. Em. poikkeustapauksissa kertoimen arvo on peräti yli 20 % keskiarvosta.

Eri puulajien pinojen pinotiheysluvun arvioinnin tulokset ovat seuraavat:

Puulaji	Keskiarvo	Hajonta	Var. kerroin
Kuusi	0.67	0.03	4.22
Mänty	0.65	0.03	4.60
Lehtipuu	0.55	0.04	6.60

Havupuulajien pinotiheys on siis pystytty arvioimaan jonkin verran tarkemmin kuin lehtipuupinojen pinotiheys. Vastaavanlaisen eron puulajien välillä on havainnut myös Karlsson Ruotsissa tekemissään tutkimuksissa.

Kun arviointien tarkkuus vaihtelee kuitenkin pinojen välillä hyvin paljon, on syytä tarkastella tulosten tarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä yksityiskohtaisesti. Puulajin, pinotyypin, pinoamistavan, koulutusvaiheen ja työnantajan voidaan olettaa vaikuttavan saavutettavaan luotettavuuteen myös tässä arvioinnissa. Lisäksi on syytä tarkastella todellisen pinotiheysluvun suuruuden merkitystä mittauksen luotettavuudelle.

22. Eri tekijöiden vaikutus

P i n o t y y p i n voidaan odottaa vaikuttavan myös pinotiheysluvun arviointiin, sillä on luultavaa, että hyvin rajatussa pääpuullisessa pinossa olisi helpompi käsittää pinon tiheys. Näin ei kuitenkaan ole tutkimustulosten mukaan, sillä kaikissa puulajeissa on arviointien pinon sisäinen hajonta pienin pääpuuttomissa pinoissa. Keskimääräiset tulokset nähdään seuraavasta asetelmasta (vrt. taulukko 1):

Pinotyyppi	Keskiarvo	Hajonta	Var.kerroin
Molemmat pääpuut	0.62	0.03	4.8
Toinen pääpuu	0.62	0.04	6.5
Ilman pääpuita	0.63	0.02	3.2

P i n o a m i s t a v a n osalta on havaittavissa, että koneellisesti ladottujen pinojen pinotiheysluvun arviointien pinon sisäinen hajonta on yleensä pienempi kuin käsin ladotuissa pinoissa. Poikkeuksena on kuusi, jossa pinoamistavan vaikutus on päinvastainen, vaikka siinä eri tapojen välinen ero onkin vähäinen. Kaikkia puulajeja keskimäärin koskevat tulokset ovat seuraavat (vrt. taulukko 2):

Pinoamistapa	Keskiarvo	Hajonta	Var.kerroin
Käsin ladotut	0.63	0.05	7.9
Koneell. ladotut	0.62	0.03	4.8

A n n e t u l l a k o u l u t u k s e l l a ei ole tulosten hajontaa saatu lainkaan pienenevään. Sekä A-pinoissa että B- ja C-pinoissa pinotiheysluvun arviointien hajonta oli 0.03 ja variaatiokerroin 4.8 %, kuten taulukosta 4 ilmenee. Lyhyt koulutus ei siis ollut riittävä yhtäläistämään arviomiesten näkemyksiä. Mainittakoon kuitenkin, että Ruotsissa tehdyissä kokeissa on todettu koulutuksella olleen hyvin selvä pinotiheysluvun arvioinnin tarkkuutta parantava vaikutus (K a r l s s o n 1971 b).

T y ö n a n t a j a n vaikutusta ei ole havaittavissa tuloksista, kuten seuraavasta asetelmasta ilmenee:

Puulaji	Myyjät	Ostajat
	Pinotiheys	
Kuusi	0.668	0.666
Mänty	0.649	0.650
Lehtipuu	0.553	0.553
Yhteensä	0.623	0.624

3. MITTAUKSEN JA ARVIOINNIN VERTAILU

31. Yleistä

Liitetaulukkoissa 2, 3 ja 4 on esitetty mitatut ja arvioidut pinotiheysluvut pinoittain ja puulajeittain toisiinsa verrattuna. Siinä on otettu mitatuksi eli oikeaksi pinotiheysluvuksi koehenkilöiden pinomittausten keskiarvon, joka perustuu siis 17-22 henkilön mittauksiin, ja pölkyttäiseen mittaukseen perustuvan kiintomittan suhde. Taulukoihin on myös merkitty arvioidun pinotiheyden ero mitatusta sekä merkillä varustettuna että ilman merkkiä. Edellisestä käytetään nimitystä *e r o t u s* ja jälkimmäisestä *v i r h e*.

Taulukon perusteella voidaan todeta, että arvioitu pinotiheysluku on yleensä jonkin verran pienempi kuin mitattu, mutta myös päinvastaista suuntausta esiintyy joidenkin pinojen kohdalla. Erotus on suurimmillaan jopa 0.1 yksikköä mutta keskiarvot jäävät huomattavasti pienemmiksi. Koko aineiston keskiarvoiset pinotiheydet osoittavat sen.

Mitatettu pinotiheys	0.636
Arvioitu pinotiheys	0.620
Erotus	-0.016
Virhe	0.036

Keskimäärin on siis tehty 0.036 yksikön virhe arvioinnissa ja kun merkki otetaan huomioon on pinotiheys arvioitu keskimäärin 0.016 yksikköä "oikeaa" pienemmäksi. Virhejakautuma oli keskimäärin seuraava.

alle 0.009	20 %
0.01-0.019	17 "
0.02-0.029	14 "
0.03-0.039	15 "
yli 0.040	30 "

Mitatun ja arvioidun pinotiheyden vertailua on havainnollistettu piirroksissa 1 ja 2. Edellisestä nähdään selvästi arvioinnin lievä aliarvioiva tulos. Jälkimmäinen piirroksista taas ilmentää sen, että aliarviointia tapahtuu melkein kaikkisissa pinotiheysluokissa mutta että voimakkainta aliarviointia on tiheiden pinojen kohdalla. Hyvin harvoissa pinoissa saattaa tapahtua jopa yliarviointia.

Samaa seikkaa kuvaa seuraava asetelma.

Pinotiheys- luokka	Mitattu	Arvioitu	Erotus	Virhe
< 0.62	0.559	0.551	-0.008	0.037
0.63- 0.68	0.654	0.645	-0.009	0.030
> 0.69	0.722	0.676	-0.045	0.050

K a r l s s o n (1971b) on saanut tulokseksi vähäisen yliarvioinnin, siis päinvastoin kuin esillä olevassa tutkimuksessa.

Kun verrataan mitatun pinotiheyden ja arvioidun pinotiheyden eroja, on vielä kiinnitettävä huomiota nimenomaan pinon sisäisten hajontojen suuruuteen. Yleensä voidaan siitä todeta, että hajonnat ovat niin suuria, ettei eroja voida pitää tilastollisesti merkitsevinä. Erityisesti on tässä yhteydessä syytä kiinnittää huomiota mitatun pinotiheyden hajonnan suuruuteen. Se on 2-3 %:n luokkaa, mikä ilmeni jo pinomitan mittauksen tarkkuutta tutkittaessa.

Pinotiheysluvun arvioinnin ja mittauksen eroon tekijöitä on monia, joista muutamia otetaan seuraavassa tarkasteltavaksi.

32. Eri tekijöiden vaikutus.

P i n o t y y p i n vaikutus mitatun ja arvioidun pinotiheyden erotukseen ja arviointivirheeseen ilmenee taulukosta 6. Erot ovat niin pienet, ettei niistä voi sanoa mitään varmaa varsinkin kun ottaa huomioon aineistoon kuuluvien pinojen lukumäärän (61).

P i n o a m i s t a v a n vaikutus käy ilmi taulukosta 7. Taulukosta havaitaan, että k ä s i n l a d o t t u j e n pinojen mittauksen ja arvioinnin keskiarvojen välillä on hyvin pieni ero; vain 0.02 yksikköä. Virheen keskiarvo on kaikilla puolajaeilla sama, nimittäin 0.03. K o n e e l l a l a d o t t u j e n pinojen pinotiheyslukujen keskiarvot ovat lähes samat, nimittäin mitatuissa 0.63 ja arvioiduissa 0.62. Virheen suuruus on 0.04 eli lähes sama kuin käsinladotuissakin pinoissa.

Mitatut ja arvioidut pinotiheysluvut k o u l u t u s v a i h e i t t a i n on esitetty taulukossa 8. Siitä havaitaan, että koulutusvaihe on jossain määrin suurentanut mitatun ja arvioidun pinotiheyden erotusta mutta samalla keskimääräinen virhe on selvästi pienentynyt. A-pinojen arvioidun pinotiheysluvun virhe on 0.036

yksikköä eli 5.7 % keskiarvosta. B- ja C- pinoissa se on vastaavasti 0.031 yksikköä ja 4.8 % keskiarvosta.

K a r l s s o n (1970, 1971) totesi koulutuksen suuresti parantaneen arviointitulosta, kuten edellä mainittiin. Hänen mukaansa vaara karkeiden virheiden esiintymiseen on kokeneilla mittamiehillä huomattavasti vähäisempi kuin kokemattomilla. Hän tutki myös erityisesti viiden henkilön tulosten paranemista arviointien aikana suunnilleen samalla tavoin kuin esillä olevassa tutkimuksessa tehtiin. Koe osoitti, että täsmälleen oikeita määrityksiä esiintyi kokeen alkupuoliskolla 25 % ja vastaava osuus oli jälkipuoliskolla 70 %. Myös Nylinder korostaa koulutuksen positiivista merkitystä pinotiheysluvun arvioinnissa (Kompendium.....).

Eri puulajien pinotiheyksien arviointien tulokset mittaustuloksiin verrattuna on esitetty liitetaulukoissa 2, 3 ja 4. Yhteenvedo nähdään alla olevasta asetelmasta.

	Mitattu	Arvioitu	Erotus	Virhe
Kuusi	0.669	0.667	-0.007	0.032
Mänty	0.670	0.649	-0.021	0.037
Havupuu yht.	0.669	0.658	-0.011	0.035
Lehtipuu	0.565	0.552	-0.013	0.034

Asetelmasta havaitaan, että jokaisen puulajin pinotiheysluku on arvioitu jonkin verran oikeaa alhaisemmaksi. Ero on suurin keskimäärin havupuissa, joiden pinotiheys on suurin, mutta myöskin keskimäärin harvoissa lehtipuupinoissa on tapahtunut pinotiheysluvun aliarviointia. Tämä ilmenee myös piirrosten 3 ja 4 jakautumakuvioista.

Onkin ilmeistä, että koehenkilöt ovat pitäneet havupuu- ja lehtipuupinoja erillisinä perusjoukkoina, joissa kummassakin tiheät pinot on aliarvioitu ja harvat pinot yliarvioitu. Tämä havaitaan piirroksista 5 ja 6. Etenkin havupuissa on tällainen suuntaus yleistä. Lehtipuupinoissa sitä vastoin on esiintynyt jatkuvaa aliarviointia muutamaa harvaa poikkeusta lukuunottamatta.

Korrelaatiokerroin mitatun ja arvioidun pinotiheysluvun välillä on korkea, 0.943 ja jäännöshajonta $Sy.x = 0.019$. Regressiosuorien yhtälöt ovat seuraavat:

Kuusi	$y = 0.3125 + 0.5284x$
Mänty	$y = 0.2960 + 0.5284x$
Lehtipuu	$y = 0.2543 + 0.5284x$

Niissä

y = arvioitu pinotiheys

x = mitattu pinotiheys .

K a r l s s o n i n tulokset puulajinkin vaikutuksesta eroavat selvästi nyt saaduista tuloksista. Havupuiden pinotiheys arvioitiin hänen kokeissaan keskimäärin oikein ja lehtipuiden pinotiheys kauttaaltaan liian korkeaksi. Syytä tällaiseen eroon eri tutkimusten välillä ei ole voitu selvittää.

4. PINOTIHEYSLUVUN ARVIOINNIN HYÖDYLLISYYS

Pinotiheysluvun arvioinnin käyttökelpoisuus käytännön toimenpiteenä edellyttää tietoa sen mittauksen tarkkuutta lisäävästä vaikutuksesta. Toisin sanoen, on syytä tarkastella sitä, onko pinotiheysluvun arvioinnin avulla onnistuttu vähentämään pinotiheyden pinojen välisen hajonnan vaikutusta. Laskelmien tulokset on esitetty kohteittain eriteltyinä taulukossa 1.

Liitetaulukoista 2, 3 ja 4 nähdään ensinnäkin mitattu pinotiheys, joka on pinojen mitattujen pinotiheyksien keskiarvo. Toisena esitetään mitattu hajonta. Se kuvaa sen virheen, joka syntyy käyttämällä ko. pinoille koko aineiston keskimääräistä pinotiheyttä. Seuraavissa sarakkeissa on esitetty pinotiheyksien arviointien keskiarvo ja sen hajonta. Seuraavien sarakkeiden ero ja virhe on selostettu jo aiemmin. Erittäin tärkeä tunnus on arviointien hajonta mitatusta, joka antaa kuvan siitä, kuinka paljon yllä mainittua virhettä voidaan pienentää arvioimalla silmävaraisesti kunkin pinon pinotiheysluku erikseen.

Taulukosta 1 ilmenee, että arviointien hajonta on mitatusta keskimäärin hieman yli 60 %. Pinotiheyden hajonnan vaikutusta on siis pysytty vähentämään keskimäärin 40 %:lla. Eri kohteissa arvot vaihtelevat 48.6 %:sta 89.2 %:iin, mikä viittaa myös siihen, että osittain saatu tulos riippuu pinojen ominaisuuksista sekä mahdollisesti koulutuksesta. On lisäksi korostettava, että aineisto on tätä kysymystä varten verraten pieni, minkä vuoksi ongelmaa on syytä tarkastella yksityiskohtaisemmin II vaiheen tulosten perusteella. Voidaan kuitenkin jo tässä yhteydessä todeta, että pinotiheysluvun arvioinnin hyödyllisyys riippuu melko paljon arvioitavien pinojen tiheyksien pinojen välisestä hajonnasta. Tämä ilmenee piirroksista 5. Lieneekin mahdollista II vaiheen tuloksista laskea estimaatteja mm. eri puulajien pinojen väliselle hajonnalle, joiden estimaattien arvoista saadaan arvioinnin hyödyllisyydestä esillä olevien kokeiden mukaisen

koulutustason vallitessa. Koulutustason paraneminen ilmeisesti parantaa tuloksia, niinkuin ruotsalaiset tutkimustulokset ovat osoittaneet.

Mainittakoon, että K a r l s s o n i n (1971b) järjestämässä kokeissa pinotiheyden hajonnan vaikutusta pystyttiin pienentämään havupuissa n. 30 %:lla ja lehtipuissa 30-50 %:lla. Esillä olevassa tutkimuksessa saatiin paras tulos myös lehtipuupinojen arvioinnissa.

5. YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

Pinotiheysluvun arviointia koskevat tutkimustulokset osoittavat, että pinotiheysluku on pystytty arvioimaan riittävän hyvällä luotettavuudella kaikissa tapauksissa joskin myös karkeita virheitä on esiintynyt. Arviointien hajontaan vaikuttavista tekijöistä mainittakoon seuraavat:

- Eri koehenkilöiden koetulokset vaihtelevat lehtipuupinojen arvioinnissa enemmän kuin havupuupinojen arvioinnissa.

- Eri pinotyyppit eivät eroa kovin selvästi toisistaan, mutta ilman pääpuita olleet pinot on arvioitu hieman tarkemmin kuin muut pinotyyppit. Kysymys saattaa olla sattumasta, mutta tulos voidaan tulkita myös siten, että mittaajilla on ollut e n n a k k o a s e n n e, jonka mukaan pääpuuton pino on vaikeampi arvioitava kuin pääpuullinen tai yhdellä pääpuulla varustettu pino.

- Koneellisesti ladottujen pinojen pinotiheyksien arvioinnit ovat onnistuneet paremmin kuin käsipinojen arvioinnit.

- Annettu koulutus ei vähentänyt tulosten hajontaa.

- Työnantajan etuun tähtäävää tendenssiä ei ollut havaittavissa.

Mitatun ja arvioidun pinotiheysluvun vertailu osoittaa, että keskimäärin on tehty 0.032 yksikön virhe ja arvioitu pinotiheys on saatu 0.011 yksikköä oikeaa pienemmäksi. Sama suunta havaitaan kaikissa pinotiheysluokissa. Havupuissa kuitenkin vain tiheet pinot on aliarvioitu mutta harvoissa pinoissa esiintyy pinotiheyden yliarviointia. Muista tuloksiin vaikuttavista tekijöistä mainittakoon.

- Pinotyyppin vaikutus; erot eri tyyppien välillä ovat pienet.

- Pinoamistavankin vaikutus on lähes olematon. Käsillä ladotut pinot ovat ehkä aavistuksen verran tarkemmin arvioitu.

- Annettu koulutus on pienentänyt arvioinnin virhettä oikeaan verrattuna.

Suoritetut laskelmat osoittavat, että kokeissa on pinotiheyden pinojen välisen hajonnan vaikutusta kokeissa pystytty vähentämään n. 40 %:lla. Tästä ilmenee, että haluttaessa määrittää kiintomitta pinomitasta lähtemällä, on pinotiheysluvun silmävarainen arviointi helppo ja myös kohtuullisen tarkka menetelmä. Sen käytäntöön soveltamisessa on kuitenkin syytä pitää mielessä seuraavat seikat:

- Menetelmää varten on luotava käyttökelpoinen valvonta- ja tarkastusjärjestelmä.

- Menetelmä on koulutettava sen käyttäjillä tarkoituksenmukaisin, toistuvien kurssien, joiden kouluttajat ensin perehdytetään hyvin tehtävänsä.

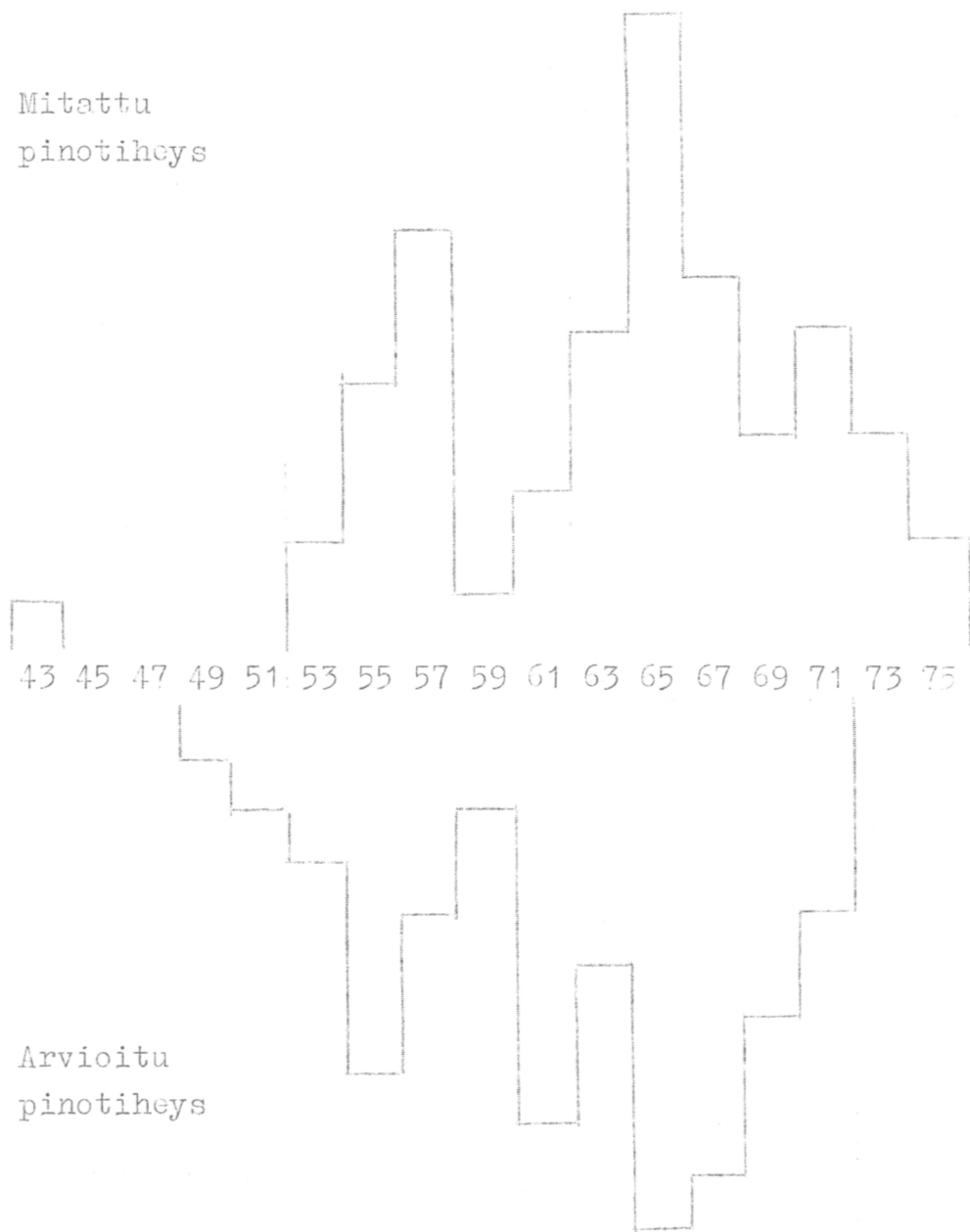
Menetelmää mahdollisesti käytäntöön sovellettaessa on pidettävä mielessä, että käytännön mittaustehtävissä saattaa kaikesta nuolimatta esiintyä työnantajan etuun tähtäävää pyrkimystä. L e i n o n e n ja R i k k o n e n (1971) toteavatkin seuraavaa: "Eräs vaikeus, mikä varmasti tulee esille pinotiheyden arviointimenetelmän soveltamisessa käytäntöön, on se, että meiltä puuttuu puolueettomien mittaajien järjestelmä. Olemme siis tässä tapauksessa huomattavasti ruotsalaisia vaikeammassa asemassa. Jo esimerkiksi osapuolten kouluttaminen tulee olemaan vaikeaa".

Pinotiheyden arviointia käsitellään myös seuraavassa osajulkaisussa, jossa tarkastellaan ns. pinotiheystekijäin arvioinnissa esille tulevia ongelmia.

KIRJALLISUUTTA

Lähteiden ja viitteiden osalta viittaa osajulkaisu II:n kirjallisuusluetteloon.

Piirros 1. Koepinojen jakautuminen mitatun ja arvioitun pinotiheyden mukaan.



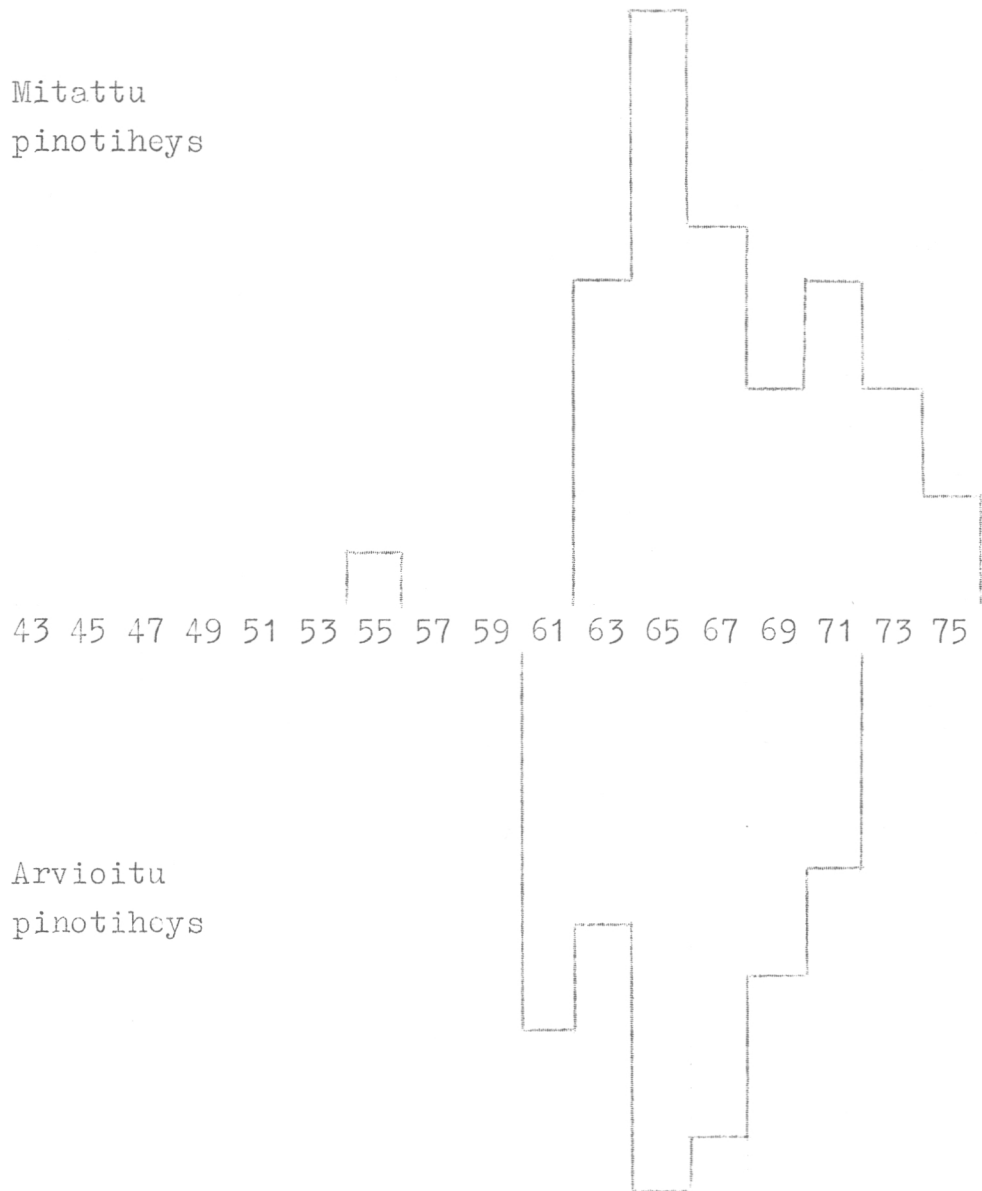
Piirros 2. Arvioidun ja mitatun pinotiheyden välinen riippuvuus.

Arvioitu pino- tiheys	1	-	-	-	-	2	5	8	1	3	6	12	7	4	6	4	2	-	-	-	-	61	
71															2	2							4
69													3		1	1	1						6
67											1	1	3	2	1		1						9
65											2	4	1	1	1	1							10
63												3		1	1								5
61						1				1	3	3											8
59										1		1											2
57						1	2			1													4
55						2	4	1															7
53						1	2																3
51	1					1																	2
49						1																	1
47																							-
45																							-
43																							-

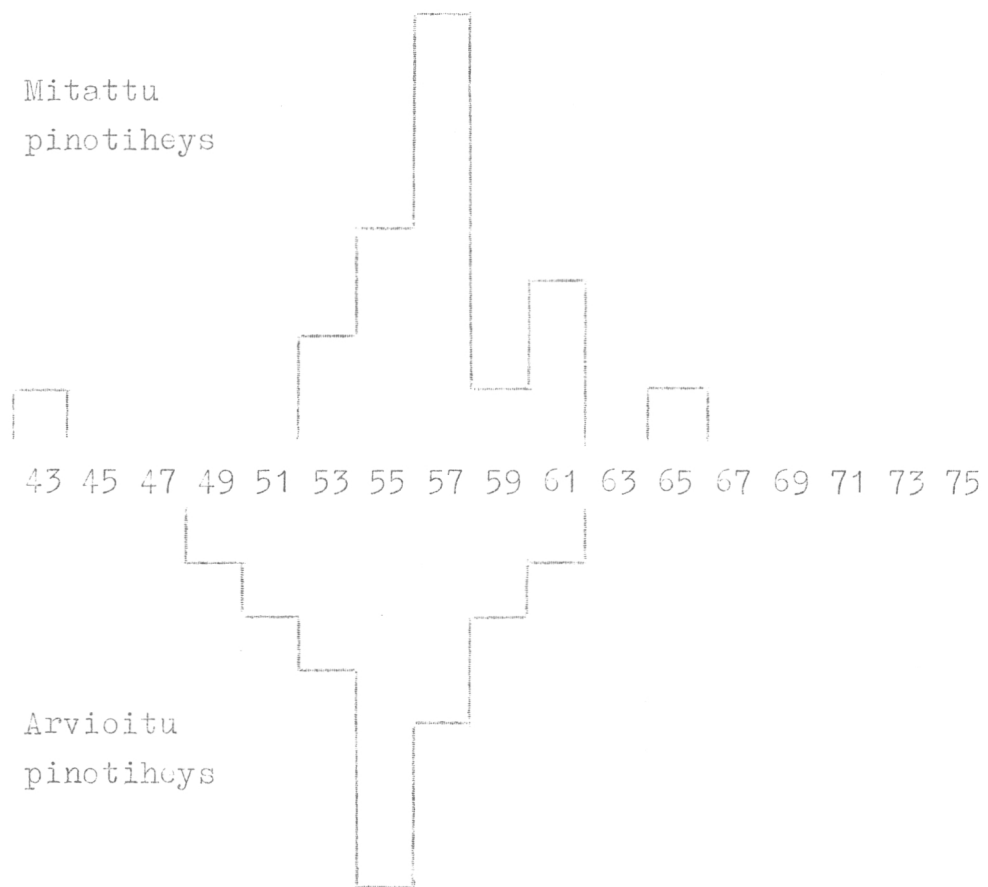
43 45 47 49 51 53 55 57 59 61 63 65 67 69 71 73 75 77 79

Mitattu
pino-
tiheys

Piirros 3. Koepinojen jakautuminen mitatun ja arvioidun pinotiheyden mukaan havupuilla.



Piirros 4. Kocpinojen jakautuminen mitatun ja arvioidun pinotiheyden mukaan lehtipuilla.



Piirros 5. Arvioidun pinotiheyden ja mitatun pinotiheyden välinen riippuvuus havupuilla.

Arvioitu
pinotiheysluku

75	-	-	-	-	-	1	-	-	-	6	11	7	4	6	4	2	-	-	41
73																			-
71														2	2				4
69												3		1	1	1			6
67										1	1	3	2	1		1			9
65										2	4	1	1	1	1				10
63											3		1	1					5
61						1				3	3								7
59																			-
57																			-
55																			-
53																			-
51																			-
49																			-
47																			-
45																			-
43																			-
	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73	75		-

Mitattu pinotiheys

Piirros 6. Arvioidun pinotiheysluvun ja mitatun pinotiheyden välinen riippuvuus lehtipuulla.

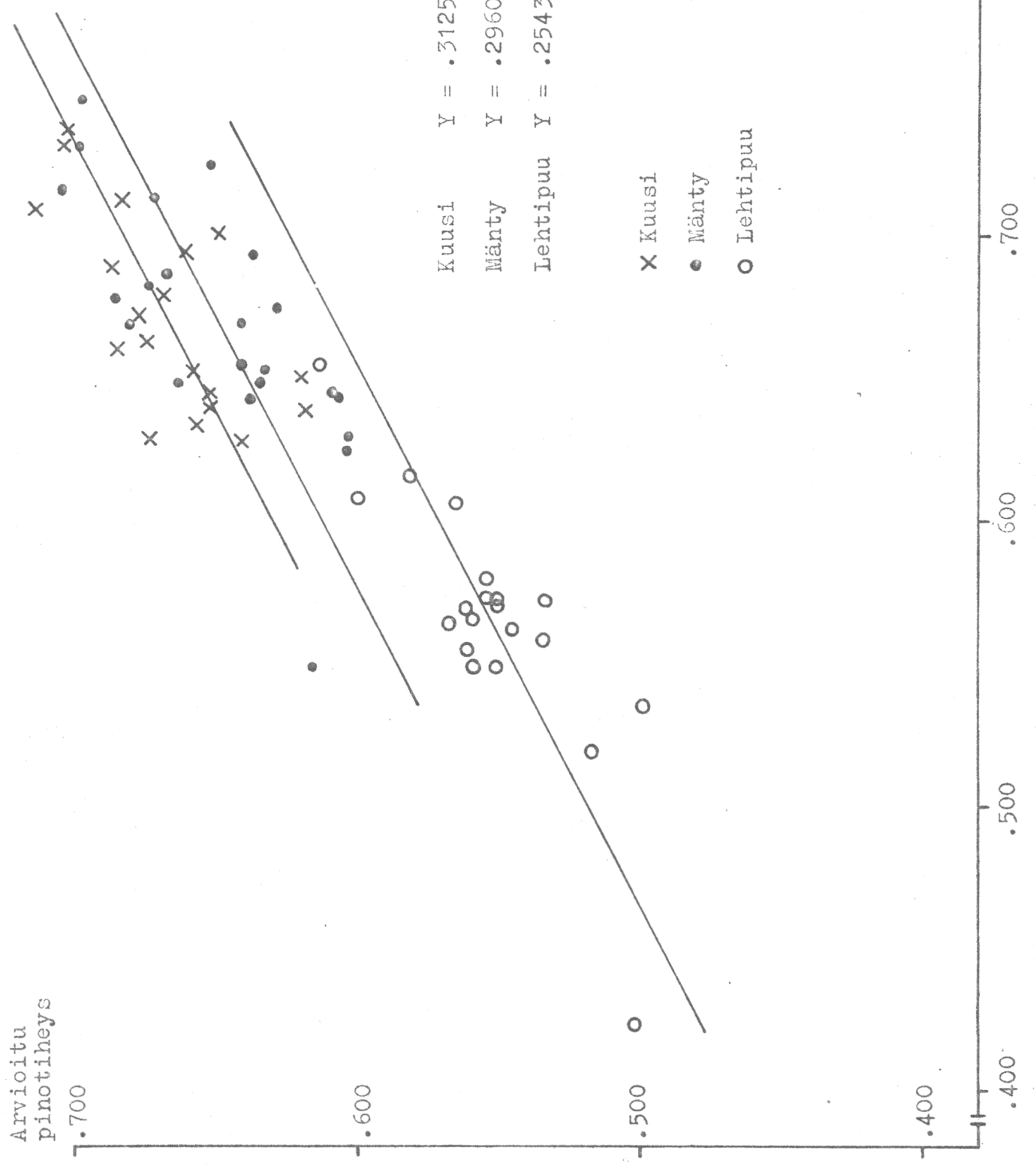
Arvioitu
pinotiheysluku

	1	-	-	-	-	2	4	8	1	3	-	1	-	-	20
61										1					1
59										1		1			2
57							1	2		1					4
55							2	4	1						7
53							1	2							3
51	1					1									2
49						1									1
47															-
45															-
43															-

43 45 47 49 51 53 55 57 59 61 63 65 67

Mitattu pinotiheys

Piirros 7. Mitätun ja arvioidun pinotihedden välinen riippuvuus



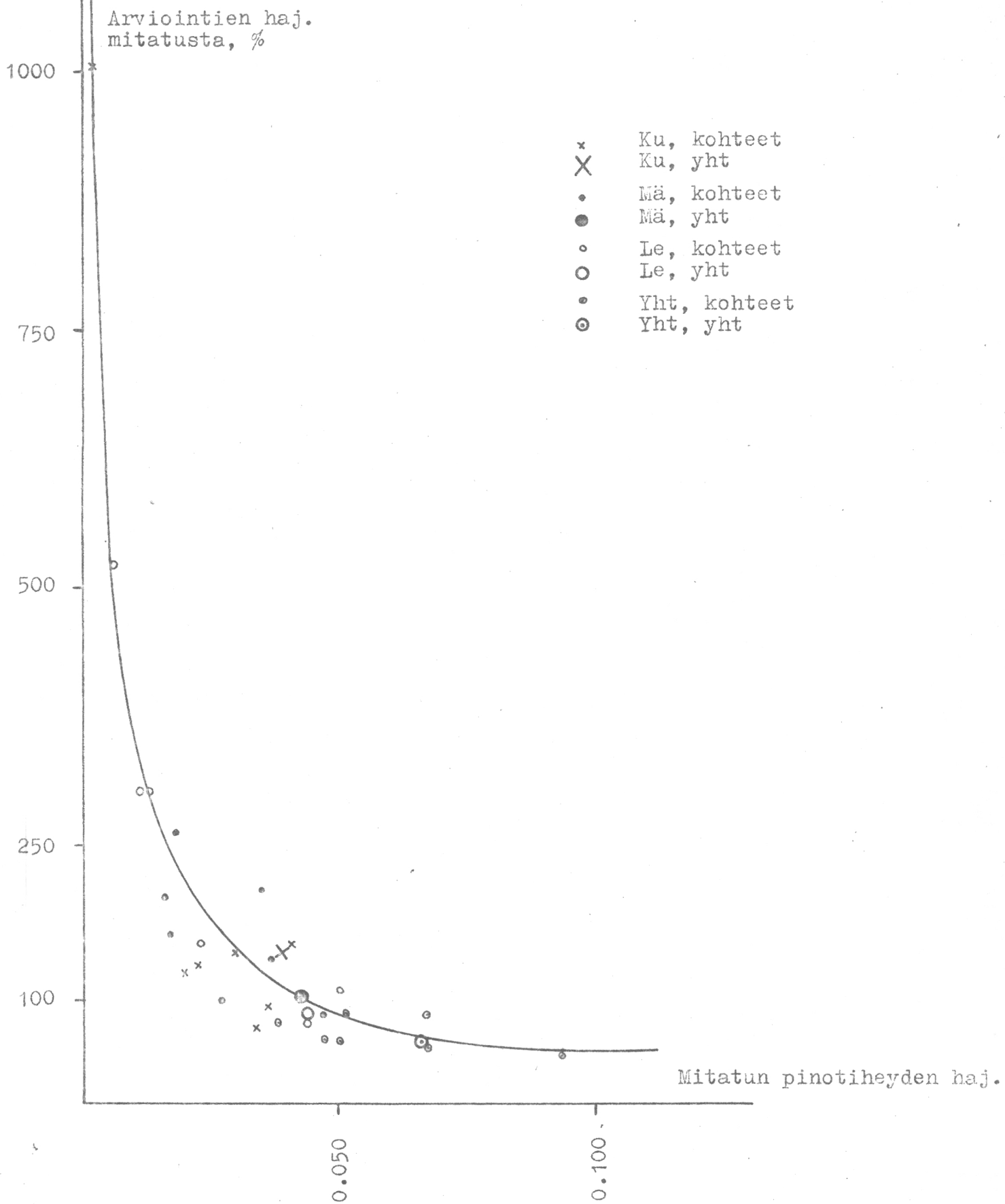
Taulukko 1. Arvioidun ja mitatun pinotiheysluvun hajonnat mitatusta laskettuna.

Alue ja kohde	Mitattu		Arvioitu		Pinotiheys		Arviointien haj.mitatusta abs	haj.mitatusta %
	k-a	haj.	k-a	haj.	Ero k-a	Virhe k-a		
					yhteensä			
11	.619	.050	.616	.058	-.003	.022	.030	60.1
12	.624	.047	.619	.059	-.005	.022	.029	61.5
21	.656	.038	.652	.053	-.004	.024	.030	79.2
31	.612	.051	.607	.055	-.005	.038	.046	89.2
32	.664	.067	.624	.057	-.040	.048	.059	88.7
41	.667	.067	.645	.059	-.022	.030	.036	54.0
51	.615	.093	.599	.073	-.015	.036	.045	48.6
Yht.	.636	.066	.622	.062	-.014	.032	.041	61.6

Taulukko 2. Pinotyypin vaikutus pinotiheysluvun arvioinnin tarkkuuteen.

Puulaji	Pinoja	Mittaaajia	Keskiarvo	Hajonta	Variaatio- kerroin	Vaihteluväli	
						Abs.	%
			Molemmat pääpuut				
Ku	2	43	0.67	0.03	4.48	0.100	14.93
Mä	3	63	0.64	0.03	4.68	0.113	17.66
Le	7	148	0.54	0.04	5.71	0.094	17.40
Yht.	12	254	0.62	0.03	4.84	0.102	16.45
			Toinen pääpuu				
Ku	5	107	0.66	0.05	7.58	0.076	11.52
Mä	7	152	0.63	0.02	3.17	0.094	14.92
Le	4	84	0.56	0.06	10.71	0.103	18.39
Yht.	16	343	0.62	0.04	6.45	0.091	14.68
			Ilman pääpuita				
Ku	12	246	0.67	0.02	2.99	0.079	11.79
Mä	12	243	0.66	0.02	3.03	0.095	14.39
Le	9	194	0.55	0.03	5.45	0.103	18.73
Yht.	33	683	0.63	0.02	3.18	0.092	14.60

Liite taulukkoon 1.



Taulukko 3. Pinoamistavan vaikutus pinotiheysluvun arvioinnin tarkkuuteen.

Puulaji	Pinoja	Mittaaaja	Keskiarvo	Hajonta	Variaatio- kerroin	Vaihteluväli abs.	%
Käsin ladottu							
Ku	4	80	0.69	0.02	2.90	0.083	12.03
Mä	5	97	0.65	0.07	10.77	0.088	13.54
Le	7	147	0.56	0.06	10.71	0.106	18.93
Yht.	16	324	0.63	0.05	7.94	0.092	14.60
Koneellisesti ladottu							
Ku	15	316	0.66	0.03	4.55	0.080	12.12
Mä	17	361	0.65	0.02	3.08	0.100	15.39
Le	13	279	0.55	0.03	5.45	0.097	17.64
Yht.	45	956	0.62	0.03	4.84	0.092	14.84

Taulukko 4. Koulutusvaiheen vaikutus pinotiheysluvun arvioinnin tarkkuuteen.

A-vaiheen pinot							
Ku	5	102	0.67	0.05	7.46	0.068	10.15
Mä	7	148	0.66	0.02	3.03	0.094	14.24
Le	6	131	0.55	0.03	5.45	0.095	17.27
Yht.	18	381	0.63	0.03	4.76	0.086	13.65
B- ja C-vaiheen pinot							
Ku	14	294	0.66	0.02	3.03	0.085	12.88
Mä	15	310	0.65	0.04	6.15	0.099	15.23
Le	14	295	0.55	0.04	7.27	0.102	18.55
Yht.	43	899	0.62	0.03	4.84	0.095	15.32

Taulukko 5. Pinotiheysluvut eri työnantajien palveluksessa olevien koehenkilöiden määrittäminä.

Puulaji	Havaintoja	Keskisarvo	Hajonta	Variaatio- kerroin
		Myyjä		
Mä	219	.649	.023	3.549
Ku	190	.668	.020	2.999
Le	205	.553	.027	4.894
Yht.	614	.623	.023	3.757
		Ostaja		
Mä	229	.650	.023	3.547
Ku	197	.666	.020	2.953
Le	213	.553	.023	4.197
Yht.	639	.624	.022	3.539

Taulukko 6. Mitatut ja arvioidut pinotiheysluvut pinotyypeittäin

Puulaji	Pinotiheys					
	Mitattu		Arvioitu		Ero	Virhe
	ka	haj.	ka	haj.		
Molemmat pääpuut						
Ku	0.66	0.01	0.67	0.02	-0.01	0.02
Mä	0.65	0.01	0.64	0.03	0.01	0.03
Le	0.54	0.01	0.54	0.03	0.00	0.03
k-a	0.62	0.01	0.62	0.03	0.00	0.03
Toinen pääpuu						
Ku	0.67	0.02	0.67	0.02	0.00	0.03
Mä	0.65	0.02	0.64	0.02	0.01	0.04
Le	0.59	0.02	0.57	0.03	0.02	0.04
k-a	0.64	0.02	0.63	0.02	0.01	0.04
Ilman pääpuita						
Ku	0.67	0.02	0.67	0.02	0.00	0.03
Mä	0.68	0.02	0.66	0.02	0.02	0.04
Le	0.59	0.02	0.55	0.03	0.04	0.03
k-a	0.65	0.02	0.63	0.02	0.02	0.03

Taulukko 7. Mitatut ja arvioidut pinotiheysluvut pinoamistavoittain.

Puulaji	Pinotiheys					
	Mitattu		Arvioitu		Ero	Virhe
	ka	haj.	ka	haj.		
Käsin ladottu						
Ku	0.70	0.01	0.69	0.02	0.01	0.03
Mä	0.68	0.02	0.65	0.02	0.03	0.03
Le	0.58	0.01	0.56	0.03	0.02	0.03
k-a	0.65	0.01	0.63	0.02	0.02	0.03
Koneella ladottu						
Ku	0.66	0.02	0.66	0.02	0.00	0.03
Mä	0.67	0.02	0.65	0.02	0.02	0.04
Le	0.56	0.02	0.55	0.04	0.01	0.04
k-a	0.63	0.02	0.62	0.03	0.01	0.04

Taulukko 8. Mitatut ja arvioidut pinotiheysluvut koulutusvaiheittain

Puulaji	Mitattu		Arvioitu		Ero ka	Virhe ka
	ka	haj	ka	haj		
A - vaihe						
Ku	0.68	0.02	0.67	0.05	0.001	0.031
Mä	0.67	0.02	0.66	0.04	-0.007	0.037
Le	0.54	0.02	0.55	0.03	0.007	0.040
k-a	0.63	0.02	0.63	0.04	0.000	0.036
B - ja C - vaihe						
Ku	0.67	0.02	0.66	0.02	-0.006	0.027
Mä	0.67	0.02	0.64	0.02	-0.025	0.035
Le	0.58	0.02	0.55	0.04	-0.021	0.032
k-a	0.64	0.02	0.62	0.03	-0.017	0.031

Taulukko 9. Mitatut ja arvioidut pinotiheysluvut eri työnantajien palveluksessa olevien mittajien määrittämänä.

Puulaji	Mitattu		Arvioitu		Erotus ka
	ka	haj	ka	haj	
Myyjä					
Ku	0.673	0.041	0.668	0.020	0.005
Mä	0.670	0.036	0.649	0.023	0.021
Le	0.571	0.039	0.553	0.027	0.018
k-a	0.638	0.039	0.623	0.023	0.015
Ostaja					
Ku	0.669	0.039	0.666	0.020	0.003
Mä	0.671	0.034	0.650	0.023	0.021
Le	0.571	0.044	0.553	0.023	0.018
k-a	0.638	0.039	0.624	0.022	0.014

Liitetaulukko 1. Pinotiheysluvun ervioinnin keskiarvot, hajonnat ja variaatiokertoimet.

Alue ja kohde	Kuusi			Mänty			Lehtipuu			Var. kerr.	Haj.	K-a	Haj.	Var. kerr.		
	Pino Mitt. kpl	K-a	Haj.	Var. kerr.	Alue ja kohde	Pino Mitt. kpl	K-a	Haj.	Alue ja kohde						Pino Mitt. kpl	K-a
1 1	1 A	-	-	-	1 1	2 A	25	0.68	0.01	1.47	1 1	3 A	25	0.56	0.02	3.57
	4 B	0.65	0.02	3.08		5 B	25	0.67	0.03	4.47		6 B	25	0.55	0.03	5.45
	7 C	0.65	0.02	3.08		8 C	25	0.61	0.03	4.92		9 C	25	0.55	0.03	5.45
1 2	1 A	-	-	-	1 2	2 A	21	0.60	0.01	1.67	1 2	3 A	21	0.54	0.02	3.70
	4 B	0.68	0.02	2.94		5 B	21	0.67	0.03	4.48		6 B	20	0.53	0.13	24.53
	7 C	0.68	0.02	2.94		8 C	21	0.66	0.02	3.03		9 C	21	0.56	0.03	5.36
2 1	1 A	0.69	0.02	2.90	2 1	2 A	17	0.69	0.03	4.35	2 1	3 A	-	-	-	-
	4 B	0.64	0.02	3.13		6 B	17	0.71	0.01	1.41		5 B	17	0.60	0.03	5.00
	10 C	0.71	0.02	2.82		7 C	17	0.63	0.03	4.76		8 C	17	0.57	0.03	5.26
3 1	2 A	0.67	0.02	2.99	3 1	9 C	14	0.64	0.02	3.13	3 1	3 A	20	0.56	0.04	7.14
	6 B	0.64	0.02	3.13		1 A	20	0.62	0.04	6.45		4 B	20	0.53	0.02	3.77
	7 C	0.67	0.02	2.99		5 B	20	0.60	0.02	3.33		9 C	20	0.55	0.03	5.45
3 2	2 A	0.66	0.03	4.55	3 2	8 C	20	0.60	0.25	41.67	3 2	3 A	21	0.58	0.02	3.45
	5 B	0.70	0.02	2.86		1 A	21	0.63	0.03	4.76		6 B	21	0.55	0.03	5.45
	8 C	0.67	0.02	2.99		4 B	21	0.65	0.03	4.62		9 C	21	0.56	0.03	5.36
4 1	1 A	0.68	0.01	1.47	4 1	7 C	21	0.61	0.03	4.92	4 1	3 A	22	0.57	0.02	3.51
	6 B	0.70	0.02	2.86		2 A	22	0.70	0.02	2.86		4 B	22	0.59	0.13	22.03
	8 C	0.66	0.03	4.55		5 B	22	0.70	0.01	1.43		9 C	22	0.55	0.02	3.64
5 1	2 A	0.66	0.15	22.73	5 1	7 C	22	0.64	0.03	4.69	5 1	1 A	22	0.50	0.03	6.00
	5 B	0.62	0.02	3.23		3 A	22	0.67	0.01	1.49		4 B	22	0.52	0.02	3.85
	8 C	0.62	0.03	4.84		6 B	22	0.64	0.02	3.13		7 C	22	0.50	0.02	4.00
Yht/k-a	19	396	0.67	0.03	4.22	22	458	0.65	0.03	4.60		20	426	0.55	0.04	6.60

Liitetaulukko 2. Mitatut ja arvioidut pinotihyeysluvut toisiinsa verrattuina. Kuusi.

Alue ja kohde	Pino	Mittaaajia kpl	Mitatattu KA	Arvioitu HAJ	pinotihyeys KA	Arvioitu HAJ	pinotihyeys KA	Keskim. ero	Keskim. virhe
1 1	1 A	-	-	-	-	-	-	-	-
	4 B	24	.640	.021	.652	.017	.013	.025	.025
	7 C	24	.644	.014	.653	.018	.009	.018	.018
1 2	1 A	-	-	-	-	-	-	-	-
	4 B	21	.672	.006	.677	.017	.006	.014	.014
	7 C	21	.633	.013	.657	.019	.024	.029	.029
2 1	1 A	17	.660	.013	.685	.018	.025	.025	.025
	4 B	17	.627	.015	.641	.017	.014	.016	.016
	10 C	17	.709	.012	.713	.022	.004	.023	.023
3 1	2 A	20	.628	.019	.673	.021	.046	.050	.050
	6 B	20	.700	.029	.649	.017	-.051	.051	.051
	7 C	20	.678	.011	.669	.021	-.009	.021	.021
3 2	2 A	21	.694	.035	.661	.026	-.033	.039	.039
	5 B	21	.731	.049	.704	.021	-.028	.048	.048
	8 C	21	.662	.010	.674	.023	.013	.022	.022
4 1	1 A	22	.712	.017	.683	.014	-.030	.031	.031
	6 B	22	.736	.022	.703	.021	-.033	.035	.035
	8 C	22	.651	.008	.658	.029	.007	.022	.022
5 1	2 A	22	.689	.007	.687	.011	-.002	.011	.011
	5 B	22	.650	.021	.620	.023	-.030	.033	.033
	8 C	22	.639	.019	.618	.025	-.021	.027	.027
Yhteensä k.a		19	396	.671	.667	.020	-.004	.027	.027

Liiteteulukko 3. Mitatut ja arvioidut pinotihyysluvut toisiinsa verrattuina. Mänty.

Alue ja kohde	Pino	Mittaa- ja kpl	Mitatut KA	Arvioitu pinotihyys HAJ	Keskim. ero	Keskim. virhe			
1 1	2 A	25	.668	.011	.681	.014	.012	.018	
	5 B	25	.682	.018	.674	.027	-.008	.022	
	8 C	25	.643	.018	.607	.027	-.036	.038	
1 2	2 A	21	.652	.017	.633	.026	-.019	.026	
	5 B	21	.686	.008	.668	.025	-.018	.022	
	8 C	21	.648	.013	.664	.015	.016	.020	
2 1	2 A	17	.677	.009	.685	.031	.008	.026	
	6 B	17	.716	.015	.705	.013	-.011	.019	
	7 C	17	.648	.012	.634	.031	-.014	.023	
3 1	9 C	14	.654	.031	.641	.021	-.014	.031	
	1 A	20	.548	.021	.616	.038	.068	.072	
	5 B	20	.624	.026	.604	.021	-.020	.030	
	8 C	20	.629	.008	.603	.025	-.026	.031	
3 2	1 A	21	.674	.026	.628	.032	-.046	.047	
	4 B	21	.724	.061	.652	.033	-.071	.081	
	7 C	21	.644	.023	.608	.030	-.036	.040	
4 1	2 A	22	.731	.007	.698	.021	-.032	.032	
	5 B	22	.747	.026	.697	.014	-.049	.051	
	7 C	22	.642	.013	.638	.028	-.004	.023	
5 1	3 A	22	.713	.013	.672	.011	-.041	.041	
	6 B	22	.669	.016	.641	.023	-.028	.032	
	9 C	22	.693	.013	.637	.024	-.055	.055	
Yhteensä									
k.a.	22	458	.669	.018	.649	.024	-.018	.035	

Liitetaulukko 4. Mitatut ja arvioidut pinotiheysluvut toisiinsa verrattuina. Lehtipuu

Alue ja kohde	Pino	Mittaejia kpl	Mitatettu KA	pinotiheys HAJ	Arvioitu KA	pinotiheys HAJ	Keskin. ero	Keskin. virhe
1 1	3 A	25	.553	.017	.561	.022	.008	.024
	6 B	25	.549	.011	.551	.033	.002	.026
	9 C	25	.573	.026	.550	.032	-.023	.035
1 2	3 A	21	.559	.010	.535	.019	-.025	.026
	6 B	20	.573	.005	.553	.025	-.020	.022
	9 C	21	.570	.013	.562	.032	-.008	.028
2 1	-	-	-	-	-	-	-	-
	5 B	17	.608	.007	.600	.029	-.008	.025
	8 C	17	.605	.013	.565	.027	-.040	.042
3 1	3 A	20	.549	.026	.559	.037	.010	.052
	4 B	20	.572	.025	.533	.018	-.039	.040
	9 C	20	.580	.016	.554	.030	-.026	.037
3 2	3 A	21	.616	.018	.582	.021	-.033	.036
	6 B	21	.571	.022	.550	.027	-.022	.032
	9 C	21	.566	.015	.558	.032	-.008	.030
4 1	3 A	22	.564	.019	.568	.023	.003	.025
	4 B	22	.655	.012	.614	.017	-.041	.042
	9 C	22	.562	.014	.545	.023	-.017	.028
5 1	1 A	22	.424	.010	.502	.028	.078	.078
	4 B	22	.520	.004	.518	.024	-.002	.019
	7 C	22	.536	.016	.499	.019	-.037	.038
Yhteensä k-a	20	426	.565	.015	.552	.026	-.012	.034

