

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
Metsäteknologian tutkimusosasto

10/1972

PINOMITTAUKSEN KEHITTÄMISTUTKIMUS IX  
KYLKITIHEYDEN PINON SISÄINEN HAJONTA

Heikki Nikkilä

Helsinki 1972

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
Metsäteknologian osasto

THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
LIBRARY

ALBERT EINSTEIN PAPERS  
1905-1955

## Sisällysluettelo

	Sivu
1. Johdanto.....	1
2. Menetelmä ja aineistot.....	2
3. Tulokset.....	2
31. Ympyräkoealat.....	2
32. Kylkitiheyskiillat.....	4
33. Viivanäytteet.....	5
4. Johtopäätöksiä.....	5
5. Lähteet.....	7

TAULUKOT

## 1. JOHDANTO

Pinomittauksen kehittämissryhmän työn tavoitteena on selvittää, miten pinomitta voitaisiin muuntaa kiintomitaksi käytännön mittauksia silmälläpitäen.

Yhtenä mahdollisesti kyseeseen tulevana menetelmänä otettiin tutkitavaksi pinotiheyden ja kiintomitan selvittäminen välillisesti ns. kylkitiheyden avulla. Kylkitiheys tarkoittaa tässä yhteydessä pinon pölkkyjen päiden pinta-alojen suhdetta pinon kylkien pinta-alaan.

Osajulkaisussa I, joka oli katsaus kirjallisuuteen, todettiin ettei käytännön kannalta riittäviä tietoja ole saatavissa.

Osajulkaisussa VIII todettiin, ettei aineisto ole kaikenkattava kuin 2 m:n tavarän osalta. Kuitenkin todettiin, että pinotiheys/kylkitiheyssuhteen hajonta on varsin pieni vain 2 - 4 %:in luokkaa. Lisäksi havaittiin, että pinotiheyden ja kylkitiheyden välillä vallitsee voimakas korrelaatio ( $R=0.957$ ). Todettiin myös, että tyvi-%:lla on vaikutusta pinotiheys/kylkitiheyssuhteeseen ja, että sen avulla mahdollisesti suuremman aineiston pohjalta voidaan pienentää pinotiheys/kylkitiheyssuhteen hajontaa ehkäpä puolella.

Avoimeksi jäi kylkitiheyden pinon sisäisen hajonnan suuruus erilaisilla otantamenetelmillä.

Kylkitiheyden avulla tapahtuvassa kiintokuution määrittämisessä on olennaisen tärkeää, että pystytään selvittämään kylkitiheys (tai oikeammin sen likiarvo) riittäväksi katsotulla takkuudella. Kylkitiheyden pinon sisäisestä hajonnasta ei ole aiemmista tutkimustuloksista saatavissa paljonkaan tietoa. Ainoastaan N i s u l a (1967) on todennut, että kylkitiheyden pinon sisäinen hajonta on varsin suuri ja oikukkaasti vaihteleva. Näytteen koolla on ilmeisen suuri vaikutus siihen minkälaiseksi hajonta muodostuu. Pinon sisäinen hajonta siis vaihtelee sekä samantlaisilla näytteillä eri pinoissa että erilaisilla näytteillä samassa pinossa, eikä ole niinollen mikään yksiselitteinen käsite. Käsillä olevassa tiedotteessa annetaan alustavia tuloksia kylkitiheyden pinon sisäisestä hajonnasta erilaisilla näytteillä.

## 2. MENETELMÄ JA AINEISTOT

Pinomittauksen I-vaiheessa otettiin jokaisesta 64:stä pinosta 4 halkaisijaltaan 80 cm:n koeympyrää, joiden sisälle sattuvien pölkkyjen läpimitat mitattiin sentin tasaavin luokin. Mukaan koeympyrään tuli jokainen pölkky, jonka keskipiste sattui mitattavalle alalle. Pölkkyjen päiden yhteispinta-alan ja näyteympyrän pinta-alan ( $0.5026 \text{ m}^2$ ) suhteena saatiin näytteen kylkitiheys.

Enso-Gutzeit Osakeyhtiössä kerättiin keväällä 1972 näytteitä 109:stä pinosta. Pinosta otettiin koosta riippuen vaihteleva määrä  $0.5 \text{ m}^2$ :n koealoja, joista mitattiin pölkyn päiden pinta-ala vastaavalla tavalla kuin pinomittauksen I-vaiheessakin.

Edellisen lisäksi kerättiin tietoja kymmenestä pinosta erilaisin näyttein seuraavasti: (näistä 7 on I-vaiheen pinoja).

- halkaisijaltaan 80 cm:n koealoja joka toisesta korkeudenmittauskohdasta korkeuden puolivälistä.
- samasta keskipisteestä halkaisijaltaan 120 cm:n ympyrä.
- samasta keskipisteestä näyte Tehdaspuu Oy:ssä konstruoiduilla pinotiheyskiilloilla (5 % ja 7 %). Kiila toimii relaskoopin periaatteella. Pienemmässä kiilassa merkitsi luettu pölkky 5 % ja suuremmassa 7 % kylkitiheydessä.
- vaakasuora viiva korkeuden puoliväliin. Viiva jaettiin metrin pituisiin osiin. Pölkkyjen osuus viivan osilla mitattiin.
- Joistakin pinoista otettiin joka toisesta korkeudenmittauskohdasta pystysuora viiva joka jaettiin kahtia. Pölkkyjen osuus viivan osilla mitattiin.

## 3. TULOKSET

### 31. Ympyräkoealat

Halkaisijaltaan 80 cm:n ympyräkoealojen tuloksia nähdään taulukoissa 1 ja 2. Myös Ensossa mitatut koealat vastaavat kooltaan edellämainittuja ympyröitä. Niiden tuloksia on esitelty taulukossa 3. Kylkitiheyden pinon sisäinen hajonta on sitä suurempi mitä pienempi on kylkitiheys. (Tämä pätee ilmeisesti kaikkiin näytteenottomenetelmiin).

Pinomittauksen I vaiheessa hajonta on ollut keskimäärin 9.8 %. Enso-Gutzeit Osakeyhtiön aineistossa 8.6 % ja erikseen kerätyissä kymmenessä pinossa 9.0 % siis kaikki samaa suuruusluokkaa. Ladontatavoittain on saatu hajonta eri aineistoissa seuraavaksi.

	I-vaihe	Enso
käsiladonta		
Ku	6.7	7.7
Mä	9.6	7.1
Ko	12.5	9.5
Yht.	10.2	7.8
koneladonta		
Ku	8.7	6.1
Mä	9.4	9.4
Ko	11.2	13.7
Yht.	9.7	8.6

Siis aivan päinvastaiset tulokset eri aineistoissa. Erot eivät kuitenkaan ole suuria ja lisäksi on huomattava, että Enson aineistossa konepinoja oli vain n. 1/3 kun taas pinomittauksen I-vaiheessa niitä oli n. 3/4 aineistosta. I-vaiheessa hajonta on vaihdellut 3 - 23 %:iin ja Enson aineistossa 3 - 22 %:iin. Tässä vaiheessa voidaan todeta, että on olemassa kylkitiheydeltään tasaisia ja epätasaisia pinoja ja, että kylkitiheyden pinon sisäinen hajonta on keskimäärin laajaa ja oikukkaasti vaihtelevaa (N i s u l a 1967).

Kummassakin aineistossa hajontaa pienentää kylkitiheyden suureneminen. Puulajien järjestys on sama kuin pinojen välisessäkin hajonnassa. Kuusella hajonta on pienempi kuin mänyllä ja koivulla edellisistä huomattavasti suurempi. Enson aineistossa korrelaatiot viittaavat siihen, että hajonta suurenee kun pinon koko ja näytteiden määrä kasvaa. Osan tästä selittää se, että konepinoille hajonta on saatu suuremmaksi ja näinollen suuret pinot, joista myös tulee useampia näytteitä olisivat konepinoja. Mieleen tulee lisäksi, onko näin pienillä näytemäärillä jokaisessa tapauksessa saatu oikea kuva kylkitiheyden pinonsisäisestä hajonnasta. Jokaisella näytesysteemillä lienee samassa pinossa jokin rajahajonta jonka jälkeen näytteiden lisäys ei enää suurena hajontaa. Eriasia on onko se saavutettu jo neljällä näytteellä vai pitäisikö niitä olla enemmän.

Halkaisijaltaan 120 cm:n ympyröillä on pinon sisäinen hajonta pienempi kuin 80 cm:n ympyröillä. Kuten taulukosta 2 nähdään hajonta on keskimäärin 5.8 % kun se vastaavissa pinoissa pienemmillä koealoilla on 9.0 %.

Taulukosta 1 nähdään, että kylkitiheys on näytteillä saatu n. 0.5 % todellista pienemmäksi. Näinkin suuren aineiston puitteissa tähän voi jo etsiä syytä. Syynä saattaisi olla se, ettei keskipistettä ole asetettu korkeuden puoliväliin vaan sitä lähinnä olevaan pölkyn päähän. Jos näin on asianlaita, syntyy teoreettisesti ajattelun systemaattinen virhe alaspäin. Toinen syy voisi olla rajapölkkyjen määrittäminen.

Ympyräkoealojen mittaus on nykyisissä epätasaisissa pinon päissä hankalaa. Suurin vaikeus on rajapölkkyjen mittauksessa. Pölkyn keskipisteen ja ympyrän keskipisteen välimatka pitäisi mitata kohtisuorana, mikä tuottaa vaikeuksia, jos pölkkyjen päiden taso eroaa esim. yli 10 cm. Pienet ympyrät ovat herkkiä rajapölkkyjen vaikutukselle. Esim. halkaisijaltaan 80 cm:n ympyrässä yhden d 20 cm:n pölkyn mukaantulo tai poisjääminen vaikuttaa n. 6 % näytteen kylkitiheyteen. Halkaisijaltaan 120 cm:n ympyrässä edellämainittu esimerkkipölkky vaikuttaa n. 3 %. Suuremmassa ympyrässä rajapölkkyjä on enemmän mutta niiden suhteellinen vaikutus pienenee ja tasoittumismahdollisuuksia on enemmän.

### 32. Kylkitiheyskiilat

Kylkitiheyskiilloja kokeiltiin vain kymmenessä erikseen kerätyssä pinossa. 5 %:in kiilalla hajonta oli keskimäärin 16.6 % ja 7 %:in kiilalla 19.1 %. Kuten taulukosta 2 nähdään kylkitiheys on kiilloilla aliarvioitu äskenmainitussa järjestyksessä 4.8 % ja 7.2 %.

Kiilat tuntuvat olevan erityisen herkkiä samanläpimittaisten pölkkyjen ryhmittymiselle pinossa. Näinhän on teoreettisestikin relaksoinnin periaatteen mukaan asianlaita. Rajapölkkyjen toteaminen epätasaisissa pinon päissä on erityisen vaikeaa, lisäksi saattaa koealan keskipisteestä kaukana oleva suuri, kiilan täyttävä pölkky jäädä huomaamatta.

Yhden pölkyn mukaantulo tai poisjääminen merkitsee 5 %:n kiilalla mitattaessa 5 % kylkitiheydessä ja 7 %:n kiilalla 7 %. Edellä esitettyt aliarvioprosentit viittaavat siihen, että keskimäärin yksi pölkky joka koealasta on merkittävä tavalla kadonnut. Näissä puitteissa myös suuri hajonta on ymmärrettävissä.

### 33. Viivanäytteet

Viivanäytteissä ei ole eritelty vaakasuoria ja pystysuoria viivoja (taulukko 2). Viivanäytteiden hajonta on pienempi kuin kylkitiheydekiillojen eli n. 16 %, mutta niitä on myös mitattu kappalemääräisesti enemmän kuin kiilahavaintoja. Niissä pinoissa, joista on tiedossa todellinen kylkitiheys viivanäytteellä on yliarvioitu kylkitiheys 8.4 %. Siitä mistä tämä yliarviointi johtuu ei ole tietoa.

Viivanäytteen mittaus epätasaisissa pinon päissä on hankalaa. Tempuun sinänsä on jo viivan asettaminen pinon kylkeen ja ainakin mittasakilla mistä kohdasta tahansa pölkyn päätä suoritettava mittaus on vaikeaa.

Pystysuorien viivojen mittaus ei tulle missään tapauksessa kysymykseen. Siinä on nimittäin kaksi epävarmaa tekijää alku ja loppu. Viivan pitäisi alkaa pinon alääriviivältä ja päättyä ylös vastavalle viivalle tai päinvastoin, mutta kuka määrittelee nuo ääri- viivat. Vaakasuurien viivojen mittauksen yhteydessä tämä vaikeus tulee vain kahdesti pitkällä viivalla nimittäin pinon päissä.

Viivan mittauksen teoreettiset ääriarvot lienevät 0 - 100. Eli viiva sattuu kokonaan rakoön tai pölkkyjonoon. Ääriarvot riippuvat viivan osan pituudesta.

### 4. JOHTOPÄÄTÖKSIÄ

Erilaisin näyttein mitattu kylkitiheyden pinonsisäinen hajonta on laajaa ja oikukkaasti vaihtelevaa, niinkuin jo N i s u l a (1967) on todennut. Seuraavassa on laskettu montako näytettä kullakin tavalla olisi mitattava, jotta virhe olisi 95 % todennäköisyydellä alle 5 % ja alle 3 %. Mahdolliset systemaattiset virheet on jätetty huomiotta.



	1 Ymp. 80 cm	2 Ymp. 120 cm	3 5 % kiila	4 7 % kiila	5 viivat
Kylkitiheyden	5 %	3 %			
Pinon sisäinen KA	10 %	6 %	17 %	19 %	16 %
Hajonta	20	15 %			

Näytteitä kappaletta

Virhe	11	4			
alle 3 %	44	16	128	160	114
(P=95)	178	100			
Virhe	4	2			
alle 5 %	16	6	46	58	41
(P=95)	64	36			

Jos haluttaisiin päästä ympyröillä alle 5 % virheeseen (P=95) olisi mitattava 1. tapauksessa n. 8 m<sup>2</sup> näytettä ja 2. tapauksessa n. 7 m<sup>2</sup>. Tämä merkitsisi, että olisi mitattava lähes I-vaiheen pinojen kokoisten pinojen toinen kylki kokonaan (I-vaiheessa pinon kylki oli keskim. n. 9 m<sup>2</sup>). Kun I-vaiheessa todettiin, että neljän 80 cm koealan mittaus kesti n. 1/3 totaalisen mittauksen ajasta, voisi miltei harkita siirtymistä totaaliseen mittaukseen.

Jos haluttaisiin päästä kylkitiheyskiiloilla alle 5 % virheeseen (P=95) kuuluisi koealoihin yli 500 pölkkyä ja miten monesta vielä jouduttaisiin toteamaan, ettei se kuulu koealaan. Pölkkyjä oli I-vaiheen pinoissa keskimäärin 516 kpl. Tämä merkitsisi, että jokaista pölkkyä jouduttaisiin koskettamaan. (Päätelmät tehty taulukon 2 kylkitiheyksien perusteella). Tämän kokoisissa pinoissa päädyttäisiin totaaliseen mittaukseen.

Viivaa pitäisi vastaavaan tarkkuuteen pääsemiseksi mitata 41 m. I-vaiheen pinojen keskipituus oli hieman alle 6 m. Tällaisissa pinoissa pitäisi siis mitata viivaa n. 7 kertaa pinon päästä päähän. Viivalla tapahtuisi noin 300 puosuuden mittausta. Puosuuden mitaus on hankalampaa kuin läpimitan mitaus niinpä tässäkin ilmeisesti päädyttäisiin totaaliseen mittaukseen.

Menetelmien käytöstä suuremmissa pinoissa on vaikea täsmällisesti sanoa mitään, mutta ainakin Enson aineiston tulokset viittaavat

siihen, että hajonta on jonkinverran suurempi ja näytteitä on näin ollen otettava enemmän. Minkäverran enemmän on kysymys johon ei voi antaa vastausta, koskei ole käytännön kokemusta.

Kuten havaitaan edelläesitetystä asetelmasta on kylkitiheyden määrittäminen mahdollista näytteidenkin avulla melko vaivattomasti jos pinon sisäinen hajonta on pieni. Hajonnan ollessa suurempi kuin keskimäärin tai hyvin suuri päädytään epäinhimillisen suuriin näytteisiin.

Kylkitiheyden mittaus näytteillä on tavattoman työlästä, eikä mitään helppoa ratkaisua ole näköpiirissä. Unohtaa ei sentään sovi kotimaista elektronista kylkitiheysmittaria, jollainen on kehitteillä ja, jolla jo on päästy hyviinkin tuloksiin. Mittarin hinnasta ja tarkkuudesta riippuu tuleeko siitä käytännön menetelmää.

## 5. LÄHTEET

Lähteiden osalta viitataan osajulkaisuihin I ja II.

Taulukko 1. Kylkitiheys, otannalla saatu kylkitiheys ja kylkitiheyden pinon sisäinen hajonta pinomittauksen I-vaiheessa 1972.

Puulaji	Hav kpl	Kylkitiheys			Otantojen kylkit.			Erotus		Otan- tojen hajonta %
		KA	HAJ.	V%	KA	HAJ.	V%	abs	%	
2 m tavara										
Kuusi	14	69.5	2.4	3.4	68.6	4.1	6.0	-0.9	-1.3	8.6
Mänty	16	67.9	3.8	5.6	66.5	4.7	7.1	-1.4	-2.1	8.8
Koivu	14	59.2	4.4	7.4	59.4	5.9	9.9	+0.2	+0.3	11.5
Yht.	44	65.6	5.7	8.7	64.9	6.2	9.6	-0.7	-1.1	9.6
2.4 m tavara										
Koivu	6	57.6	5.0	8.7	57.4	8.5	14.8	-0.2	-0.3	12.1
3 m tavara										
Kuusi	7	68.0	4.2	6.2	69.1	3.8	5.5	+1.1	+1.6	7.9
Mänty	6	64.5	3.6	5.6	66.1	5.9	8.9	+1.6	+2.5	11.1
Koivu	1	49.7			48.4			-1.3	-2.6	10.3
Yht.	14	65.2	6.0	9.2	66.3	7.0	10.6	+1.1	+1.7	9.4
Kaikki pituudet yhteensä										
Kuusi	21	69.0	3.1	4.5	68.8	3.9	5.7	-0.2	-0.3	8.4
Mänty	22	67.0	4.0	6.0	66.4	4.9	7.4	-0.6	-0.9	9.4
Koivu	21	58.3	4.8	8.2	58.3	6.8	11.7	± 0	0	11.6
Yht.	64	64.8	6.1	9.4	64.5	6.9	10.7	-0.3	-0.5	9.8
Käsin ladottu										
Kuusi	4	71.9	1.7	2.4	71.4	2.0	2.8	-0.5	-0.7	6.7
Mänty	5	67.1	4.2	6.2	67.5	4.8	7.1	+0.4	+0.6	9.6
Koivu	7	61.0	4.2	6.9	60.1	5.8	9.6	-0.9	-1.5	12.5
Yht.	16	65.6	5.8	8.8	65.3	6.7	10.3	-0.3	-0.4	10.2
Koneella ladottu										
Kuusi	17	68.3	3.0	4.4	68.1	4.0	5.9	-0.2	-0.3	8.7
Mänty	17	67.0	4.0	6.0	66.0	5.0	7.6	-1.0	-1.5	9.4
Koivu	14	56.9	4.7	8.3	57.4	7.3	12.7	+0.5	+0.9	11.2
Yht.	48	64.5	6.2	9.6	64.2	7.0	10.9	-0.3	-0.5	9.7

Taulukko 2. Kylkitiheyden pinon sisäinen hajonta 1972 kerättyistä kymmenestä pinosta.

Pino n:o	Paikka-kunta	Hav kpl	Tod. kylkit	D 80 ymp V %	D 120 ymp KA V %	5 % kiila KA V%	7 % kiila KA V %	HAV. KPL	VIIIVAT KA V %				
<u>Kuusi</u>													
1 A	Mäha	6	64.9	7.9	64.0	7.9	55.0	8.1	54.8	9.6	12	68.6	12.6
4 B	"-	8	68.4	72.6	6.9	70.7	5.5	65.0	19.3	14.1	14	73.3	10.7
Konep. 1	"-	12	69.2	11.0	68.9	6.0	53.8	15.9	56.6	17.9	49	71.8	13.9
" - 3	Vantaa	12	65.3	10.1	66.3	6.3	58.3	15.7	56.0	15.1	24	69.4	16.9
	$\bar{x}$			9.0		6.4		14.8		14.2			13.5
<u>Mänty</u>													
6 B	Mäha	6	70.3	69.0	7.0	72.5	3.8	66.7	18.8	13.5	12	74.8	7.5
9 C	"-	6	64.7	69.8	5.9	70.6	4.9	59.1	23.5	42.0	14	71.5	10.3
Konep. 4	Vantaa	12	61.4	7.6	61.5	6.7	53.3	12.2	53.7	12.8	48	66.5	16.2
	$\bar{x}$			6.8		5.1		18.2		22.8			11.3
<u>Koivu</u>													
3 A		6	61.0	63.6	11.3	62.2	3.4	65.8	11.2	16.9	12	65.9	22.6
5 B		6	61.0	64.0	9.5	63.8	5.8	59.1	14.6	20.7	12	68.0	18.6
8 C		6	60.1	66.9	6.6	64.8	3.8	58.0	6.0	11.2	12	66.0	13.5
Konep. 2	Mäha	12	56.0	6.0	56.4	4.3	50.0	20.5	47.8	17.5	47	59.6	19.1
	$\bar{x}$			8.4		4.3		13.1		16.6			18.4
Pinon sisäinen hajonta keskimäärin										19.1		69.7	16.2
I-pinot KA										58.7			
Erotus													
oikeasta abs													+ 5.4
%													+ 8.4 %
													- 4.6
													- 7.2 %
													- 4.8 %
													- 3.1
													+ 2.6
													+ 4.0 %
													+ 4.5 %
													+ 2.9
													+ 64.3
													+ 67.2
													+ 66.9
													+ 61.2

Taulukko 3. Kylkitiheys ja kylkitiheyden pinon sisäinen hajonta Enso-Gutzeit Osakeyhtiössä 1972 kerätyn aineiston mukaan. (Keskimääräiset kylkitiheydetkin on saatu näytteiden keskiarvoina)

Puulaji	HAV. Kpl	Kylkitiheys			Pinon sisäinen	
		KA	HAJ.	V%	Abs	%
Käsin ladotut pinot						
Kuusi	26	70.0	4.0	5.7	5.4	7.7
Mänty	32	66.2	5.1	7.7	4.7	7.1
Koivu	16	58.1	5.3	9.1	5.5	9.5
Yht.	74	65.8	6.5	9.9	5.1	7.8
Koneella ladotut pinot						
Kuusi	4	68.4	3.8	5.6	4.2	6.1
Mänty	16	63.6	4.1	6.4	6.0	9.4
Koivu	15	52.4	6.7	12.8	7.2	13.7
Yht.	35	59.4	8.2	13.8	6.3	10.6
Yhteensä	109	63.8	7.6	11.9	5.5	8.6

Keskimäärin 5.3 0.5 m<sup>2</sup>:n koeympyrää/pino



