



# VAKOLA

PPA 1  
03400 VIHTI  
90-224 6211

**VALTION MAATALOUSTEKNOLOGIAN TUTKIMUSLAITOS**  
STATE RESEARCH INSTITUTE OF ENGINEERING IN AGRICULTURE AND FORESTRY

## VAKOLAN TUTKIMUSSELOSTUS 47

JUKKA MÄKELÄ - HANNU MIKKOLA

# LANNOITTEENLEVITYKSEN TASAISUUS

FERTILIZER SPREADING EVENNESS

VIHTI 1987

2. painos

ISSN 0782-0054

**VAKOLAN TUTKIMUSSELOSTUS 47**

**JUKKA MÄKELÄ - HANNU MIKKOLA**

**LANNOITTEELLELEVITYKSEN  
TASAISUUS**

**FERTILIZER SPREADING EVENNESS**

**VIHTI 1987**

ISSN 0782-0054  
VAPK Kampin Valtimo 1987

# SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	sivu
1. YLEISTÄ	1
2. MARKKINOILLA OLEVAT LANNOITTEET	4
3. LANNOITTEENLEVITTIMET	6
3.1 Sijoituslannoittimet	6
3.2 Pintalevittimet	7
3.2.1 Keskipakolevittimet	7
3.2.2 Laatikkolevittimet	7
3.2.3 Puhallinlevittimet	8
3.3 Kasvinsuojeluruiskut	9
4. LEVITYSTASAISUUS	10
4.1 Vaihtelukerroin	10
4.2 Levityskuvio	11
4.3 Levityksen tasaisuudelle asetettavat vaatimukset	15
4.4 Levitystasaisuus eri konetyypeillä	16
4.4.1 Keskipakolevittimet	16
4.4.2 Laatikkolevittimet	17
4.4.3 Kylvölannoittimet	18
4.4.4 Puhallinlevittimet	19
4.4.5 Kasvinsuojeluruiskut	20
4.5 Lomittainajo	21
5. LEVITYSTASAISUUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	23
6. LEVITYSTASAISUUDEN VAIKUTUS SADON MÄÄRÄÄN JA LAATUUN	27
7. AJORADAN MERKINTÄ	30
7.1 Pyörien tallauksen aiheuttama sadonmenetyt	30
7.2 Ajourat, ajomerkit, merkitsinlaitteet	30
8. TALOUDELLISUUSVERTAILU	35
9. LÄHTEET	40

## TIIVISTELMÄ

Väkilannoitteiden tehokas käyttö edellyttää tasaista lannoitteen levitystä. Korkean sadon ja hyvän taloudellisen tuloksen perustana on tasainen kasvusto. Epätasaisesta lannoituksesta on usein seurauksena myös sadon laadun menetyksiä, jotka korostuvat vaikeina korjuukausina.

Kylvölannoittimien levitystasaisuus on yleensä hyvä. Ongelmallisinta on lannoitteen pintalevitys syysviljoille ja heinäkasveille.

Keskipakolevitin on yleisin käytössä olevista pintalannoituskoneista. Huolellisen kuljettajan käyttämänä levitystasaisuus voi olla hyvä, jolloin levitystasaisuutta kuvaava vaihtelukerroin on 10 %. Käytännön oloissa levitystasaisuus on usein tyydyttävä tai jopa huono, jolloin vaihtelukerroin on yli 10 %. Näin suurilla vaihteluilla on jo taloudellista merkitystä alentuneen sadon vuoksi.

Laatikkolevittimen levitystasaisuus on yleensä hyvä. Laatikkolevitintä ajetaan samaan tapaan kuin kylvölannoitinta. Vaikeasti määritettävää lomittainajoa ei ole ja lopputulos on käytännön oloissa hyvä.

Lopulliseen levitystasaisuuteen vaikuttavat koneen ominaisuuksien lisäksi käyttäjän huolellisuus, ajotekniikka ja ulkoiset tekijät, mm. tuuli ja kosteus. Suuren työsaavutuksen sijasta huomiota pitäisi kiinnittää enemmän hyvään työn jälkeen.

## SAMMANDRAG

Effektivt utnyttjande av konstgödsel förutsätter att gödseln sprids jämnt. Ett jämnt växtbestånd är en grundförutsättning för god skörd och ekonomiskt bästa utbyte. Ojämn gödsling förorsakar ofta också kvalitativa skördeförluster som kumulerar under svåra skördeförhållanden.

Kombisåmaskinernas spridningsjämnhet är i regel bra. Mest problematiskt är att sprida gödsel på höstsäd och vallar.

Centrifugalspridaren är den allmännaste typen av konstgödelspridare som finns på marknaden. Då spridaren används av en omsorgsfull förare, kan spridningsjämnheten vara god och variationskoefficienten för spridningsjämnheten är mindre än 10%. I praktiken är spridningsjämnheten ofta bara tillfredsställande eller t.o.m. dålig och variationskoefficienten överstiger 10%. Till följd av en minskning i skörden har variationer av denna storlek t.o.m. ekonomisk betydelse.

Fallspridarnas spridningsjämnhet är i regel bra. Fallspridaren körs på samma sätt som kombisåmaskinen. Det behöver ingen svårbestämd överlappning och slutresultatet är i regel bra i praktiken.

Jämte spridarens egenskaper påverkas den slutgiltiga spridningsjämnheten av förarens omsorgsfullhet, körteknik och av väderlaks faktorer vind och fuktighet. I stället för den bearbetade arealens storlek borde man fästa mer avseende vid ett gott spridningsresultat.

## CONCLUSIONS

Even distribution is a precondition for effective use of fertilizers. High yields and good economy are based on even crop. Uneven fertilizing often causes yield losses, that are cumulating on difficult harvesting seasons.

The evenness of distribution of combined drills is generally good. Broadcasting of fertilizer on winter crops and leys is most problematic.

A centrifugal spreader is the most common fertilizer broadcasting machine used. When used by a careful operator its spreading evenness may be good, and the variation coefficient of the spreading evenness is less than 10%. In practical conditions the spreading evenness is often satisfactory or even poor with the variation coefficient higher than 10%. Great variation like this already has economical effects due to lower yield.

The spreading evenness of full-width spreaders is generally good. A full-width spreader is operated in the same way as combined drills. No overlap that is difficult to estimate exists and the final result is good in practical work.

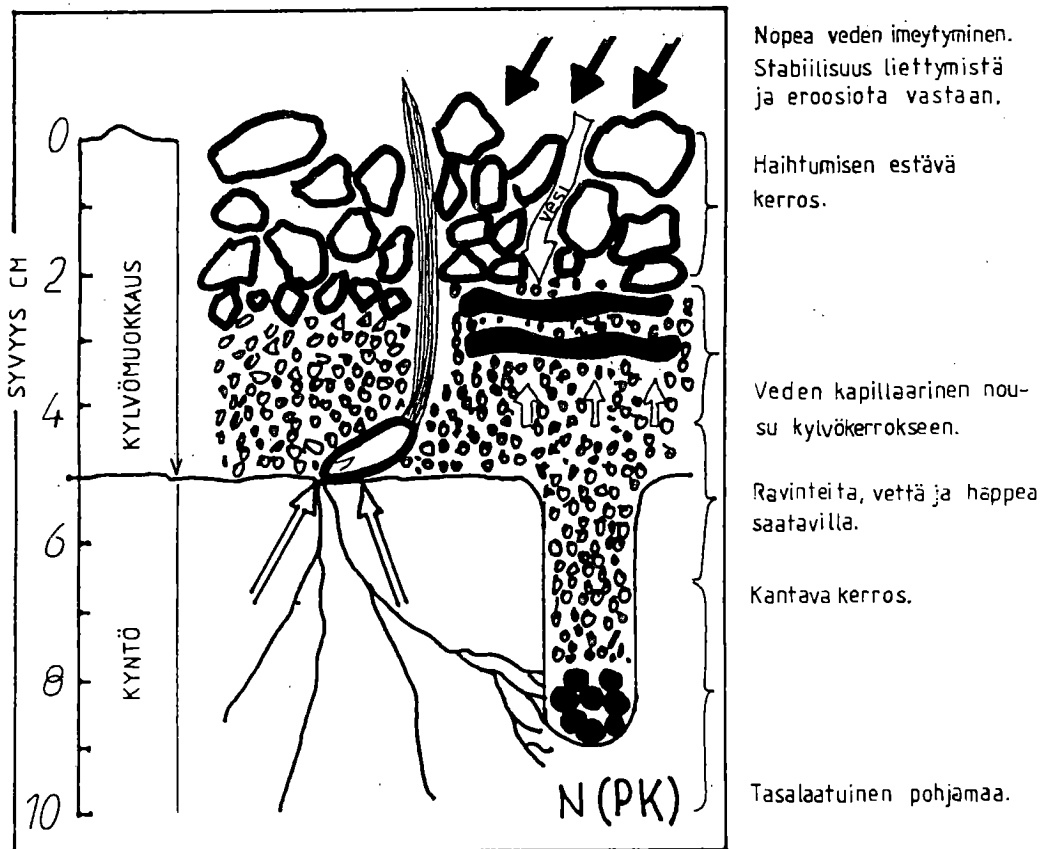
In addition to the spreader features, the carefulness of the operator, driving technique and other factors such as wind or moisture also have their effect on the final spreading evenness.

Instead of the hectares covered more attention should be paid on the good spreading result.

## 1. YLEISTÄ

Kasvi tarvitsee ravinteita kasvaakseen siemenestä normaalisti itämiskykyisiä siemeniä tuottavaksi yksilöksi. Niistä tärkeimmät ovat hiili (C), vety (H), happi (O), typpi (N), fosfori (P), rikki (S), kalium (K), kalsium (Ca) ja magnesium (Mg). Lisäksi kasvi tarvitsee pieniä määriä ns. hivenravinteita. Typen saanti ratkaisee suurelta osin muodostuvan sadon määrän.

Lannoitteen levityksen tavoitteena on antaa kasville riittävä määrä ravinteita maassa jo olevien ravinteiden lisäksi. Lannoite on saatava levitetyksi tasaisesti koko kasvuston alalle. Käytössä on kolme menetelmää: sijoitus-, pinta- ja lehtilannoitus. Sijoituslannoituksen tavoitteena on asettaa



Kuva 1. Sijoituslannoituksen periaatteena on sijoittaa lannoite kylvösiemenen alapuolelle. (HEINONEN 1971, s.82)



lannoitejyvänen noin 2-3 cm siemenrivin alapuolelle (Kuva 1). Menetelmän etuja ovat: hyvä levitystasaisuus, lannoitteen liukeneminen varmistuu, kasvi kehittää juuristonsa lannoiteriviä kohti. Syvän juuriston ansiosta vedensaanti on varmempaa kuivinakin kausina.

Sijoituslannoituksen haittoja ovat: lyhyt levitysjänkohta, suurehko vetovoiman tarve muihin menetelmiin verrattuna ja se että typpi on levitettävä yhdellä kertaa eikä sitä voi jakaa useampaan erään.

Pintalannoituksessa lannoite levitetään maan pinnalle, josta se ilman kosteuden ja sadeveden avulla liukenee ja kulkeutuu kasvin juuriston saataville. Etuja ovat pitempi levityskausi, suurempi työleveys ja pienempi vetovoiman tarve, sekä mahdollisuus jakaa lannoiteannos kasvuston ja kasvuolojen mukaan useampaan erään. Menetelmän varjopuolena on usein vain tyydyttävä levitystasaisuus. Kuivissa oloissa seurauksena voi olla epätasainen kasvusto ja suuret satovaihtelut.

Lehtilannoitus perustuu kasvin kykyyn vastaanottaa ravinteita lehtien pigmenttisolukon lävitse. Etuja ovat: nopeavaiikutteisuus, yleensä hyvä levitystasaisuus ja mahdollisuus levittää pieniäkin ravinmääriä tasaisesti koko kasvustolle. Yliannostuksesta aiheutuu usein polttovioituksia.

## 2. MARKKINOILLA OLEVAT LANNOITTEET

Suurin osa Suomessa käytössä olevista lannoitteista on rakeisia. Ainoastaan puutarha- ja hivenlannoitteita on saatavana nestemäisinä. Muutamia veteen hyvin liukenevia lannoitteita esim. ureaa voidaan levittää myös nestemäisenä kasvinsuojeluruiskulla.

Lannoitteiden ravinnepitoisuudet on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Lannoitteiden keskimääräinen ravinnepitoisuus prosentteina

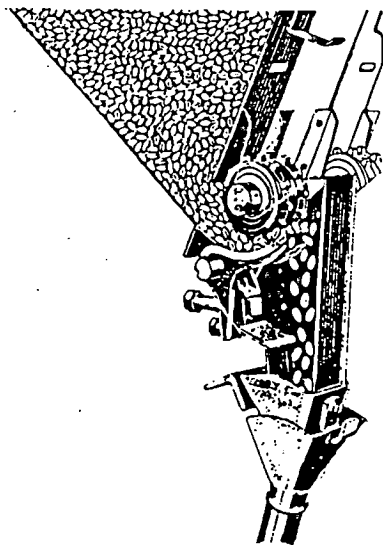
Lannoite	N	NO <sub>3</sub> -N	Vesil.							Fe	Cl	B	Cu	Mn	Zn	Mn	Se
			P	P	K	Ca	S	Mg	Na								
TYPPILANNOITTEET																	
Oulunsalpietari	27,5	13,7	-	-	-	4,0	-	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kalkkisalpietari	15,5	14,1	-	-	-	20,0	-	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Urea	46,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FOSFORILANNOITTEET																	
Superfosfaatti	-	-	8,7	8,1	-	20,5	12,0	0,2	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
Raakafosfaatti	-	-	14,8	-	-	38,0	0,8	0,4	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-
KALILANNOITTEET																	
Kalisuola (50%)	-	-	-	-	49,8	-	0,1	0,1	-	47,6	-	-	-	-	-	-	-
TYPPI- FOSFORI- LANNOITTEET																	
NP-lannos	23,0	8,6	7,4	5,6	-	2,3	3,5	0,8	0,2	-	0,05	-	-	-	-	0,0016	
Metsän NP-lannos	25,0	12,5	3,0	-	-	9,0	0,2	0,5	0,1	-	-	-	-	-	-	-	
FOSFORI- JA KALI- LANNOITTEET																	
Suometsien PK-lannos	-	-	8,7	-	16,6	23,5	2,2	0,3	0,1	15,8	0,2	-	-	-	-	-	-
MONIRAVINTEISET LANNOITTEET																	
Normaali Y-lannos	16,0	5,9	7,0	5,2	13,3	2,4	2,0	0,1	0,2	12,7	0,05	-	-	-	-	0,0016	
Typpirikas Y-lannos	20,0	6,0	4,4	2,6	8,3	2,0	4,0	1,0	0,1	8,0	0,05	-	-	-	-	0,0006	
Oulun Typpirikas Y-lannos	18,0	6,0	4,4	2,6	8,3	2,0	4,0	1,0	0,1	8,0	0,05	-	-	-	-	0,0006	
Kalirikas Y-lannos	13,0	5,0	6,5	3,5	14,9	5,5	2,0	0,1	0,1	14,0	0,05	-	-	-	-	0,0016	
Booripit. Y-lannos 1	10,0	1,5	8,7	7,3	16,6	1,0	4,1	1,5	0,2	15,9	0,16	-	-	-	-	0,0016	
Booripit. Y-lannos 2	16,0	5,9	7,0	5,3	13,3	1,4	2,0	0,1	0,4	12,7	0,2	-	-	-	-	0,0016	
Natriumpit. Y-lannos	13,0	4,2	6,0	-	8,5	3,2	2,6	0,1	6,0	-	0,2	-	-	-	-	-	
Fosforirikas Y-lannos	12,0	4,2	10,5	7,3	10,0	6,7	2,0	0,1	0,3	9,5	0,05	-	-	-	-	0,0016	
Vähäkalinen Y-lannos	18,0	5,4	7,9	5,5	4,1	4,3	5,0	-	0,2	0,3	0,05	-	-	-	-	0,0016	
Kloorivapaa Y-lannos	7,0	1,0	10,5	8,7	11,6	1,5	10,7	2,5	0,5	0,4	0,15	0,4	0,7	0,03	0,02	0,0016	
Y-lannos (peruna)	10,0	-	10,0	-	10,0	2,8	8,0	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	
Puutarhan Y-lannos 1	10,0	3,8	4,4	3,7	16,6	1,0	11,2	2,5	0,5	0,7	0,15	0,4	0,7	0,03	0,02	0,0016	
Puutarhan Y-lannos 2	7,0	0,8	4,8	4,9	14,9	2,5	11,8	2,5	0,5	0,9	0,15	0,4	0,7	0,03	0,02	0,0016	
Hiven-PK-lannos	2,0	-	7,9	4,4	14,9	12,9	5,0	0,1	-	14,1	0,2	1,5	-	-	-	0,0006	
Ammonoitu PK-lannos	2,0	-	7,9	4,5	12,4	12,9	6,7	2,5	0,5	11,8	0,05	-	-	-	-	0,0016	

### 3. LANNOITTEENLEVITTIMET

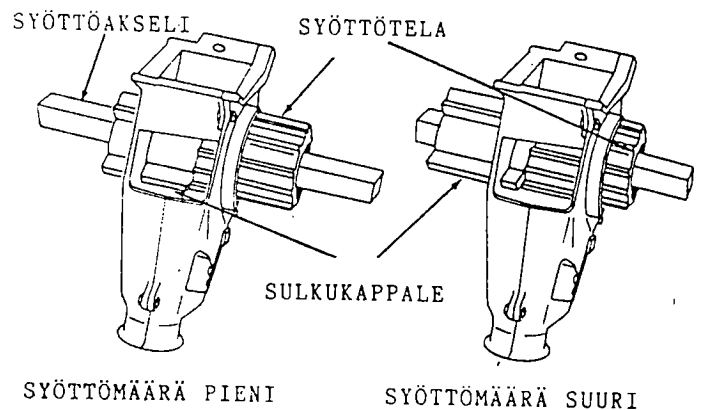
#### 3.1 Sijoituslannoittimet

Sijoituslannoittimissa käytetään kahta eri periaatteella toimivaa syöttömekanismia: nastasyöttöä ja telasyöttöä.

Nastasyöttö



Telasyöttö



Kuva 2. Syöttömekanismit

Nasta- ja telasyöttö ovat syrjäyttäneet aikaisemmin käytössä olleet syöttömenetelmät. Kummankin syöttölaitteen syötön tasaisuus on useimmiten hyvä. Nastasyöttölaitteen syöttö säädetään muuttamalla syöttöpyörän nopeutta vaihteistolla. Telasyöttölaitteen syötön määrää säädetään muuttaen syöttötelojen tehollista työleveyttä siirtämällä syöttöakselia sivusuunnassa. Syöttötelan urat saattavat tukkeutua ilman tai lannoitteen kosteuden ollessa suuri, jolloin syöttömäärä pienenee. Telat voidaan puhdistaa kiertämällä syöttö nol- laan ja takaisin alkuperäiseen asentoonsa. Puhdistus kannattaa tehdä säännöllisin väliajoin, esim. joka 5 ha:n kylvön jälkeen. Nastasyöttö ei ole yhtä arka kosteudelle, mutta säännöllinen tarkkailu ja tarvittaessa puhdistus on paikallaan.

Lannoite sijoitetaan maahan joka toisen kylvörivin väliin 4-10 cm syvyyteen. Lannoitevantaan kärkiosa tehdään mahdollisimman kapeaksi, jolloin se ei riko tarpeettomasti kylvöalustaa eikä nosta kokkareita pinnalle. Nykyisin markkinoilla olevat sijoituslannoittimet ovat poikkeuksetta kylvölannoittimia.

### 3.2 Pintalevittimet

#### 3.2.1 Keskipakolevittimet

Keskipakolevitin on meillä yleisin pintalevitykseen tarkoitettu lannoitteenlevitin. Levittimet on varustettu joko yhdellä tai kahdella levityslautasella. Aikaisemmin varsin yleinen heilurilevitin on kokonaan poistunut markkinoilta.

Hajotuskulma ja heittoetäisyys vaikuttavat keskipakolevittimien työleveyteen. Lisäksi on otettava huomioon tietty päällekkäisyys työleveyden reunoilla. Levitystasaisuus riippuu paljolti heittoetäisyydestä ja lomittainajon suuruudesta.

Keskipakolevittimen etuja muihin levittämiin nähden ovat:

- pieni kuljetusleveys
- keveys
- yksinkertainen rakenne ja edullinen hinta
- suuri työsaavutus

Haittoja:

- usein huono levitystasaisuus
- erityistä huolellisuutta vaativat säädöt ja ajotekniikka
- tuulen suuri vaikutus levitystasaisuuteen

#### 3.2.2 Laatikkolevittimet

Laatikkolevittimet ovat syöttölaitteistoltaan sijoituslannoittimien kaltaisia. Vannasputket ja vantaat on usein kor-

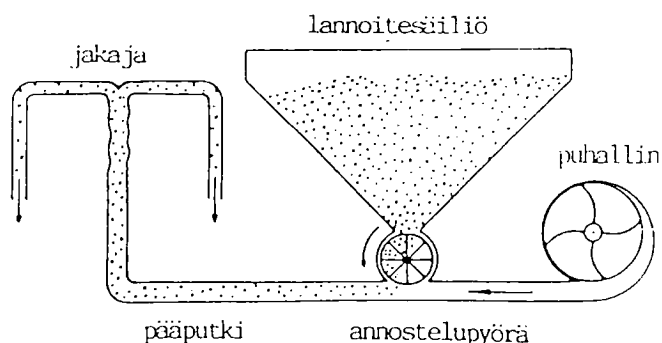
vattu lannoiteviuhkan hajoitussauvoilla tms. Käytössä on myös erilaisia telasyöttöisiä rako- ja reikälevittämiä sekä lautaslevittämiä. Laatikkolevittimien levitystasaisuus on yleensä hyvä. Kuljettajan tekemät ajovirheet huonontavat levitystasaisuutta nopeammin kuin muilla pintalevittimillä. Pieni työleveys ja korkeahko hinta ovat olleet laatikkolevittimien yleistymisen esteenä.

### 3.2.3 Puhallinlevittimet

Puhallinlevittimissä lannoite johdetaan levityssuulakkeisiin ilmavirran avulla. Ilmavirta saadaan aikaan voimanotto-akselin käyttämällä puhaltimella. Syöttötavan mukaan voidaan erottaa kaksi päätyyppiä:

- keskussyöttöinen
- erillissyöttöinen

Keskussyöttöisessä levittimessä koko työleveydelle tarvittava lannoitemäärä annostellaan keskitetysti pääputken ilmavirtaan, josta se jakajan kautta johdetaan levityssuulakkeisiin johtaviin sivuputkiin (kuva 3).



Kuva 3. Keskussyöttöinen puhallinlevitin  
(LANDTECHNIK 9, 1981)

Erillissyötössä lannoite annostellaan yksittäisillä annostelupyörillä jokaiseen levityssuulakkeeseen menevään putkeen.

Puhallinlevittimet ovat joko hinattavia tai nostolaitesovitteisia. Nostolaitesovitteisten levittimien lannoitesäiliön tilavuus on yleensä alle 1000 l. Hinattavien mallien säiliön tilavuus voi olla jopa 5000 l. Puhallinlevittimet eivät sovellu jauhemaisten lannoitteiden ja kalkin levitykseen.

### 3.3 Kasvinsuojeluruiskut

Kasvinsuojeluruiskua voidaan käyttää myös lannoitteen levitykseen. Ruiskun kaikkien osien on tällöin kestettävä hyvin korroosiota. Tavanomaisten lehti- ja hivenainelannoitteiden lisäksi urealiuksen levitys saattaa tulla kysymykseen sadon valkuaispitoisuuden kohottamiseksi. MTTK:n ja KEMIRAN urean ruiskutuskokeissa kevätiljojen valkuaispitoisuus nousi 0,4...1,0 %-yksikköä. Jyväsatto ei juurikaan lisääntynyt.

Kasvinsuojeluruiskua käytetään yleisesti sokerijuurikasmaiden boori- ja magnesiumruiskutuksiin, jolloin levitettävät lannoitemäärät ovat vain muutamia kiloja hehtaaria kohti.



Levitystasaisuutta kuvataan vaihtelukertoimella, joka ilmoittaa vaihtelun suuruuden.

$$v = \frac{100}{\bar{X}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

v = vaihtelukerroin  
x = mittausten keskiarvo  
x<sub>i</sub> = yksittäinen mittaustulos  
n = mittausten lukumäärä

VAKOLAN tekemissä levityskokeissa ajettiin 20 m pitkän laatikkorivin poikki. Rivissä oli 0,5 m x 0,5 m kokoisia laatikoita, joihin kertynyt lannoitemäärä punnittiin. Jokaisessa kokeessa laskettiin levityksen vaihtelukerroin eri työleveysillä 0,5 m välein (ISO 5690 osat 1. ja 2.).

Levittimen levitystasaisuus arvosteltiin seuraavasti:

Vaihtelukerroin %	Arvosana
0...5	erittäin hyvä
5...10	hyvä
10...15	tyytyttävä
15...20	välttävä
yli 20	huono

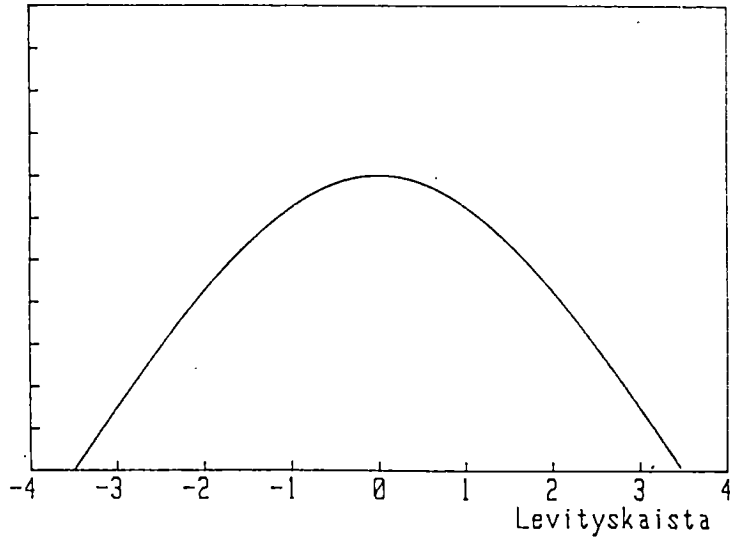
Pituussuuntainen levitystasaisuuskoe tehtiin ajamalla nopeudella 12 km/h 10 m pitkän, 20 laatikkoa käsittävän laatikkojonon yli pituussuunnassa. Laatikkojono jäi traktorin pyörien väliin. Lannoitemäärät punnittiin ja laskettiin vaihtelukertoimet, jotka olivat 9...12 %. Koe tehtiin typpirikkaalla Y-lannoksella ja tavoiteltu levitysmäärä oli 300 kg/ha.

#### 4.2 Levityskuvio

Toinen hyvin käytännöllinen levitystasaisuuden esitystapa on levityskuvion piirtäminen. Levityskuvio kertoo levitysmäärän työleveyden eri kohdissa. Levitysmäärien perusteella lasketaan vaihtelukertoimet. Levityskuvio on siis punnitustulosten graafinen esitys. Levityskuviot vaihtelevat suuresti konetyypistä ja työleveydestä riippuen. Ne voidaan jakaa seuraaviin perustyyppihin.



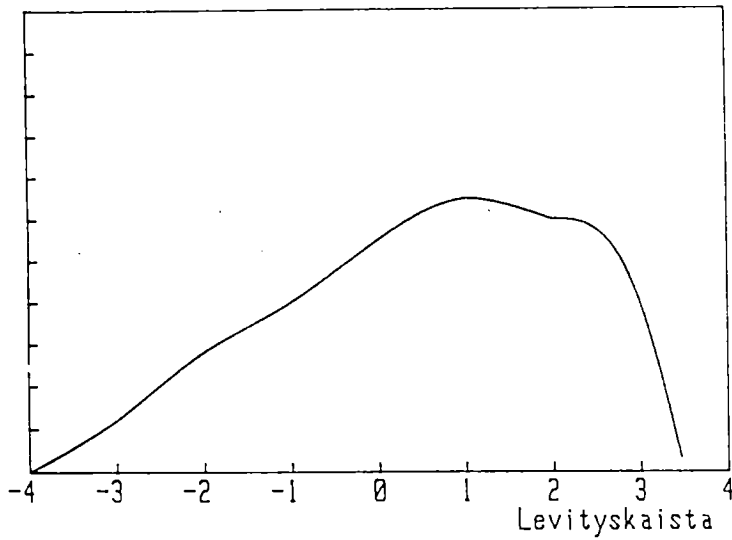
Levitysmäärä



Ihanteellinen  
keskipakole-  
vittimen kuvio

Tasaisesti kaareutuva levityskuvio

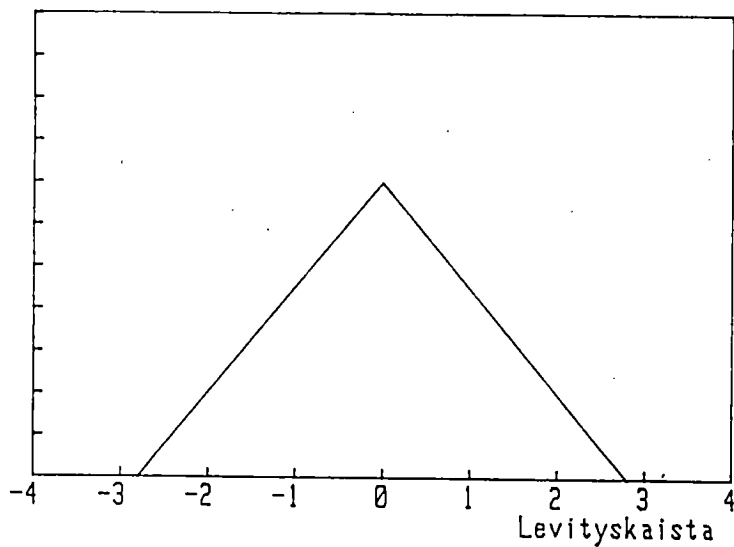
Levitysmäärä



Yleinen keskipa-  
kolevittimellä

Vino levityskuvio

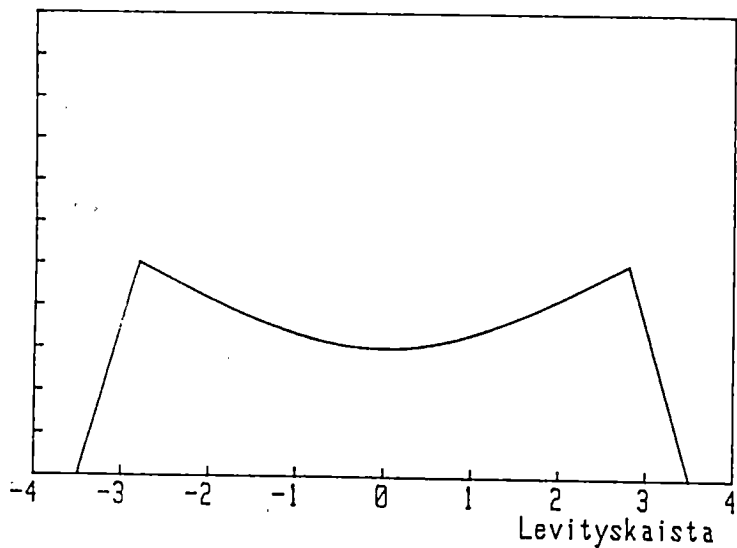
Levitysmäärä



Keskipakolevittimen levityskuvio työleveyden ollessa kapea

Pyramidi

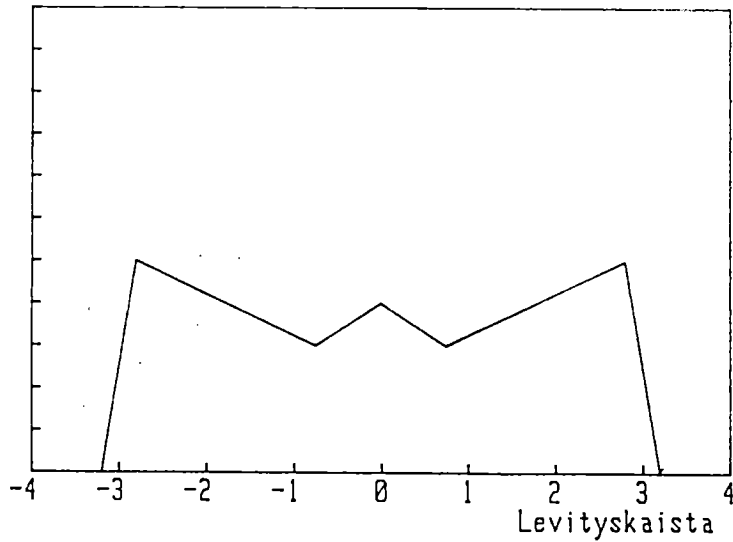
Levitysmäärä



Yleinen kahdella levityslautasella varustetun keskipakolevittimen ja heilurilevittimen levityskuvio

M-tyyppinen levityskuvio

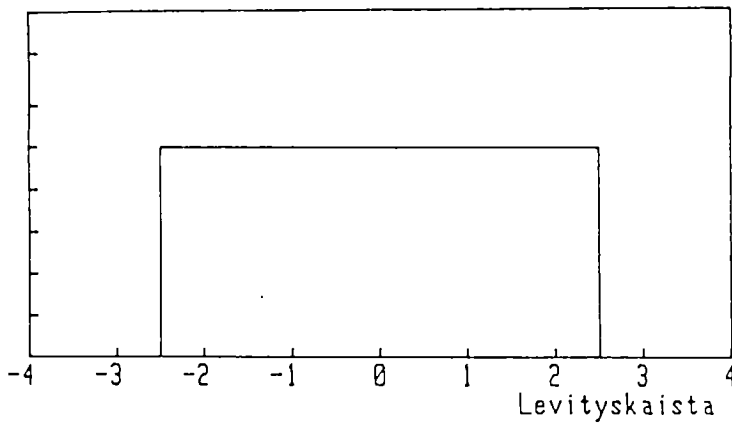
Levitysmäärä



Yleinen kahdella levityslautasella varustetun keskipakolevittimen ja heilurilevittimen levityskuvio

W-tyyppinen levityskuvio

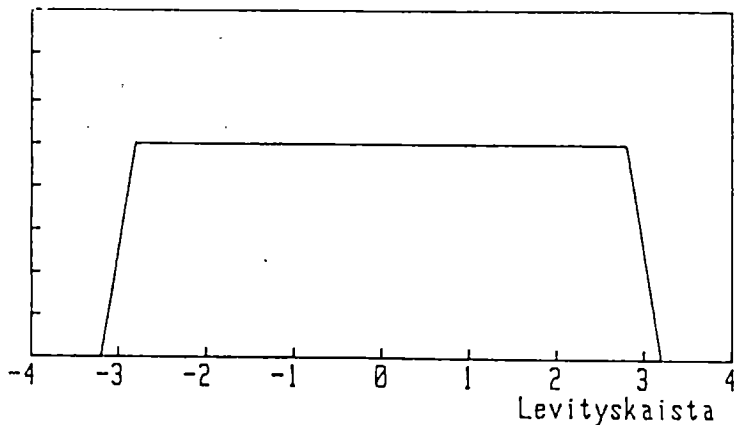
Levitysmäärä



Laatikkolevittimen levityskuvio. Ei vaadi lomitainajoa

Tasainen levityskuvio

Levitysmäärä



Puhallinlevittimelle ja kasvisuojeluruiskulle ominainen levityskuvio. Tarkka lomitainajo

Tasahuippuinen levityskuvio

Lopullista levitystasaisuutta ja ajotekniikkaa ajatellen ihanteellisimpia ovat tasahuippuinen ja tasainen levityskuvio. Tasahuippuinen levityskuvio edellyttää huolellista lomittainajoa. Tasainen levityskuvio ei salli minkäänlaista poikkeamaa ajolinjoista, sillä muutoin seurauksena on kaksinkertainen lannoitus tai täysin lannoittamaton kohta.

#### 4.3 Levityksen tasaisuudelle asetettavat vaatimukset

Levitystekniikasta, lannoitteesta tai ulkoisista tekijöistä, esim. tuulesta, ilmankosteudesta jne. johtuen parhaimmallaakaan menetelmällä ei päästä täsmälleen tasaiseen levitykseen. Levityskoneille on laadittu levitystasaisuusvaatimuksia ottaen huomioon epätasaisesta levityksestä johtuva sadonmenetyt. Vaatimukset pohjautuvat länsisaksalaiseen kirjallisuuteen eivätkä ne ole VAKOLAn virallisesti käyttämiä.

---

	Vaihtelukerroin
Lannoitteen- ja lannanlevittimet	< 10%
Kasvinsuojeluruiskut	< 5%
Kylvökoneet	< 5%

---

Vaihtelukerroin ei saisi ylittää typpilannoitteilla 10%, eikä vastaavasti kalium- ja fosfori-lannoitteilla 25% (ANON 1984, s.6).

Käytännössä levityksen tasaisuus poikkeaa tavoitteesta melkoisesti.

Vaihtelukertoimet optimitilanteessa ja käytännössä eri kone-tyypeillä.

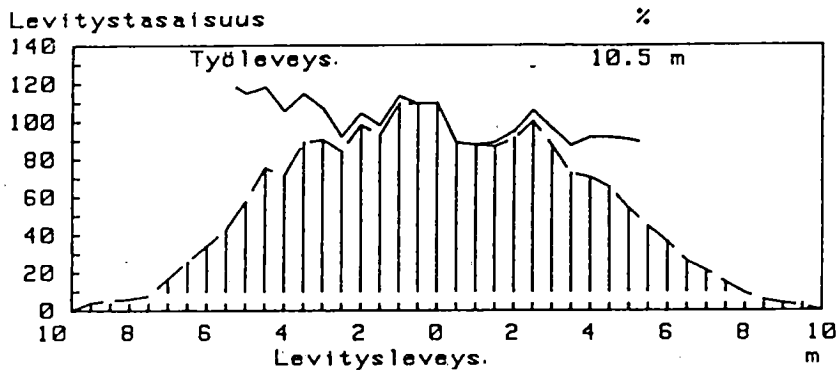
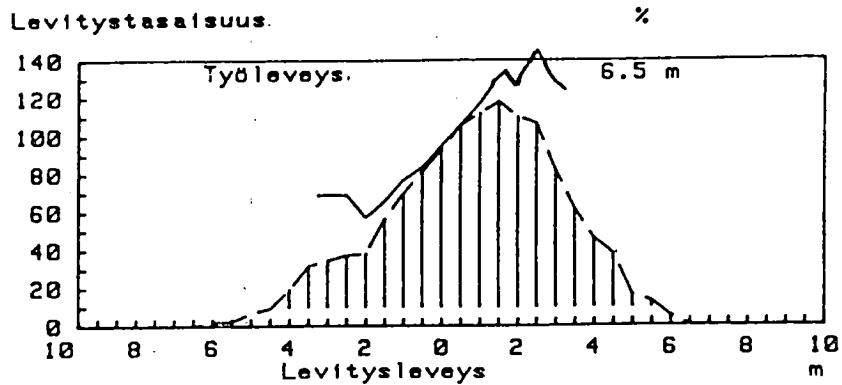
	opt. lomit. ajo	käytännössä
Keskipakolevittimet	5-10 %	25-40 %
Rivilannoittimet ja kylvölannoittimet	2-6 %	n.10 %
Puhallinlevittimet	5-10 %	15-20 %
Ruuvilevittimet	10-20 %	25-40 %
Kasvinsuojeluruiskut	n. 5 %	5-10 %

#### 4.4 Eri tyyppisten koneiden levitystasaisuus

##### 4.4.1 Keskipakolevittimet

Valmistajien ilmoittamat työleveydet ovat usein liian suuria. Keskipakolevittimien levitystasaisuus on yleensä tyydyttävä, jos 12-14 metrin työleveyden sijasta pitäydään 6-10 metrin työleveyteen. Käytännössä tämä merkitsee suurempaa tallaustappiota, mikä tosin korvautuu tasaisemmas- ta levityksestä saatavana hyötynä.

Levittimen levityskuvion tunteminen helpottaa oikean lomit- tainajon määrittämistä. Keskipakolevittimen levityskuvio on usein toispuoleinen. Lannoitteen levittäminen lohkon ympäri ajaen johtaa parempaan lopputulokseen kuin edestakaisin ajo.



Kuva 4. Kahden keskipakolevittimen levityskuviot, VAKOLAn koetusselostus nro 1127

#### 4.4.2 Laatikolevittimet

Laatikolevittimien levitustasaisuus on yleensä hyvä (VK < 10 %). Ajo vaatii huolellisuutta, koska levityskuvio on käytännössä suorakulmion muotoinen. Levittimen pyörät voivat toimia merkitsijöinä seuraavaa ajokertaa varten. Levittimisissä, joissa pyörät on sijoitettu työleveyden keskivaiheille tai työleveys on huomattavan suuri (> 3 m), on käytettävä merkitsinlaitetta.

Taulukko 3. Erään Laatikkolevittimen levityksen tasaisuus koneen työleveydellä, VAKOLAn koetus-  
selostus nro 1074.

Syöttölaite	Suhdeluvut	
	Y-lannos	Oulunsalpietari
1	104	96
2	101	101
3	101	103
4	106	104
5	106	103
6	101	99
7	100	103
8	94	96
9	99	104
10	94	97
11	93	93
12	98	98
13	96	96
14	102	96
15	103	108
16	97	96
17	105	98
18	101	109
Vaihtelukerroin %	4.06	4.55

#### 4.4.3 Kylvölannoittimet

Kylvölannoittimien lannoitteen levitystasaisuus on laatikkolevittimien tapaan hyvä. Levitysvirheet johtuvat monasti puutteellisesti toimivasta syöttölaitteesta tai tukkeutuneesta vantaasta. Syynä tähän saattaa olla kostea ulkoilma tai lannoitteen kostuminen varastoinnin aikana. Ajotekniikka on samanlainen kuin laatikkolevittimellä ajettaessa.

Taulukko 4. Eräiden kylvölannoittimien lannoituksen tasaisuus koneen työleveydellä, rakeinen Y-lannos, VAKOLAn koetuselostus nro 1012

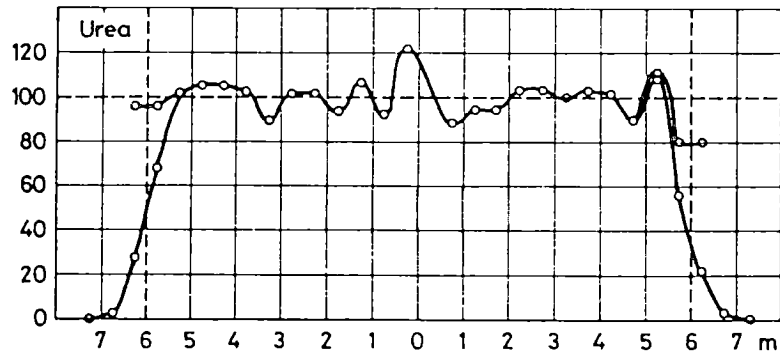
Vantaat	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Vaihteluko- roin %
Suhdeluvut											
Juko	98	99	99	100	102	101	102	102	100	98	1,6
Nordsten	100	100	101	99	101	100	100	96	101	101	1,5
Simulta	101	106	97	93	91	102	100	108	102	100	5,2
Tume	98	100	101	101	100	98	102	103	98	99	1,8
Wärtsilä	102	98	98	96	98	101	100	101	105		2,7

#### 4.4.4 Puhallinlevittimet

Puhallinlevittimessä yhdistyy keskipakolevittimen suuri työleveys (10-12 m), laatikkolevittimen hyvä levitystasaisuus ja suuri lannoitteen kuljetuskyky jopa (2000-4000 kg). Puhallinlevitin on suurten alojen tarkka levitin.

Oikea lomittainajo on vain 0,5-1,0 m. Suuresta työleveydestä johtuen ajoradan valinta arvioimalla on lähes mahdotonta. Onnistunut levitystyö edellyttääkin ajoradan merkintää jollakin tavalla, vrt. kohta 7.





Kuva 5. Tyypillinen puhallinlevittimen levityskuvio, SjF, Prov. rapp. Nr. 379.

#### 4.4.5 Kasvinsuojeluruiskut

Useimmat kasvinsuojeluruiskut soveltuvat nestemäisten lannoitteiden levittämiseen. Etuina ovat suuri työleveys ja hyvä levitystarkkuus. Hyvissä oloissa vaihtelukerroin on 5%. Ajotekniikka on hyvin samanlainen kuin puhallinlevittintä käytettäessä. Jos ajorataa ei merkitä millään tavalla, niin työleveyden muutokset 2-4 metrillä ovat hyvinkin mahdollisia. Viuhkasuuttimet ovat suositeltavampia kuin muut suutintyypit paremman levitystarkkuuden vuoksi. Suutinpuiden korkeus ja ruiskutusaine vaikuttavat merkittävästi lopputulokseen.

Taulukko 5. Suutinpuomin korkeuden ja ruiskutuspaineen vaikutuksesta levitystasaisuuteen. Suutin Teejet Flat Spray Tip 11005. Statens Maskinprovningar, Medd. 2574.

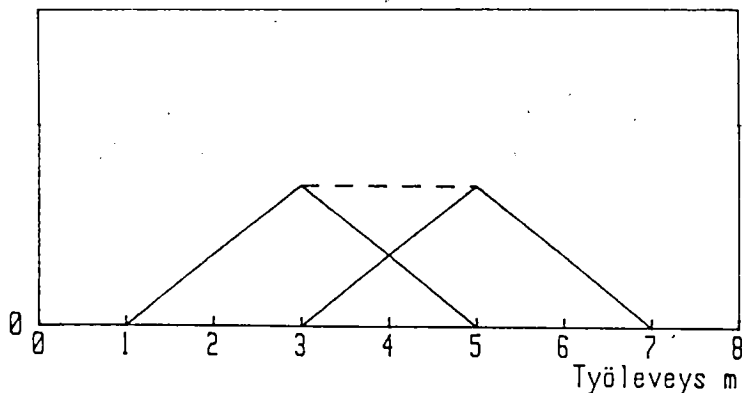
Puomin korkeus  mm	Paine, MPA			
	0,15		0,4	
	Suuttimen työleveys		Suutinväli 500 mm	
	mm	mm	Levitystasaisuuden vaihtelukerroin, %	
300	400	450	5,6	10,4
400	500	550	8,9	9,2
500	650	700	6,8	4,5
600	750	900	3,6	4,9
700	850	1000	8,6	4,2
800	950	1200	10,4	1,1

#### 4.4.6

#### Lomittainajo

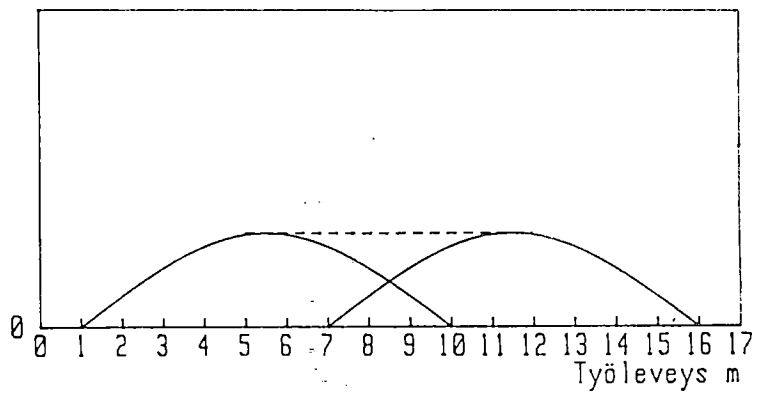
Yksittäisen ajokerran levitystasaisuus ei vielä takaa tasaista levitystä, vaan ajokertojen saumakohtat vaikuttavat ratkaisevasti lopulliseen levitystasaisuuteen. Käytännössä joudutaan ajamaan lomittain 0-3 metriä, keskipakolevittimellä jopa enemmänkin.

Levitysmäärä



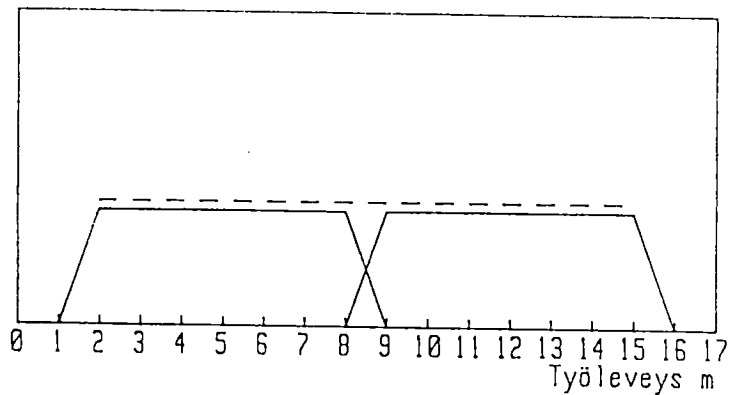
Kuva 6. Keskipakolevittimen levityskuvio, työleveyden ollessa pieni.

Levitysmäärä



Kuva 7. Optimitilanne keskipakolevittimen työleveyden ollessa suuri.

Levitysmäärä



Kuva 8. Parhaimpien puhallinlevittimien levityskuvio.

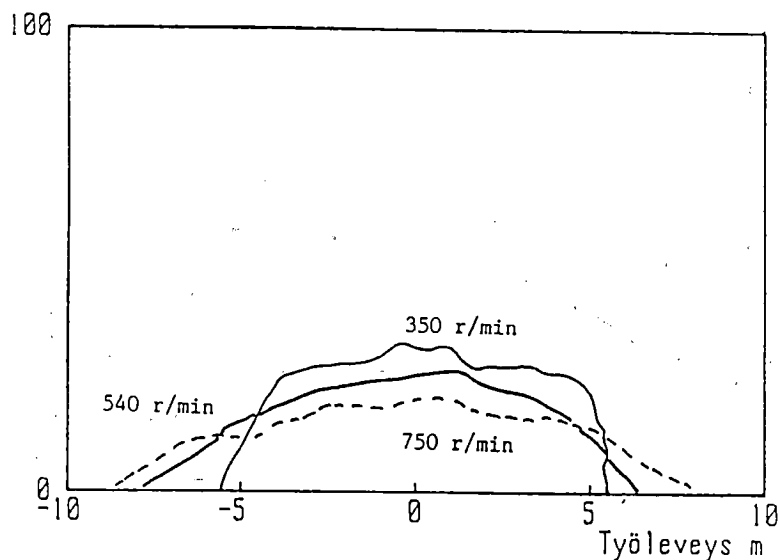
Tarkan lomittainajon ja suuren työleveyden vuoksi ajorata on merkittävä joko vaahdolla tai on käytettävä ajouramenetelmää, ks. 7.2.

## 5. LEVITYSTARKKUUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Keskipakolevittimien levitystasaisuuteen vaikuttavat monet vähäpätöiseltäkin vaikuttavat tekijät. Koneen huolellinen asennus traktorin perään on tärkeämpää kuin luullaankaan. Levityslautasen kaltevuus ja korkeus maasta vaikuttavat lannoitteen heittopituuteen ja leviämiseen.

Esimerkiksi heittopituuden ollessa 11 m levityslautasen korkeuden muuttuminen 10 cm:llä suurentaa tai pienentää heittoetäisyyttä noin 1 m. Samankaltaisia vaikutuksia on työntövarren pituuden- tai vetovarsien kaltevuuden muutoksilla. Vastaavasti heittoetäisyys ja levityskuvio muuttuvat ratkaisevasti, jos voimanottoakselin nopeus muuttuu, kuva 9.

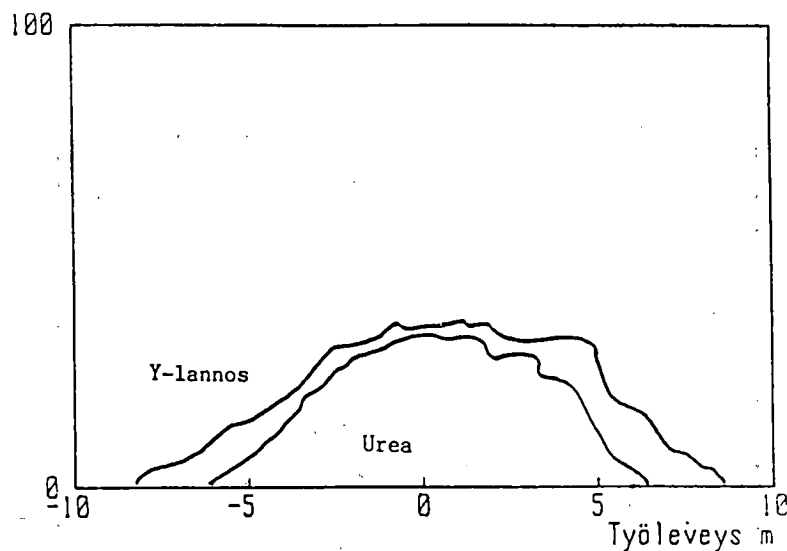
Levitysmäärä %



Kuva 9. Voimanottoakselin pyörimisnopeuden vaikutus heittoetäisyyteen ja levityskuvioon.

Lannoitteiden raekoon muuttuminen on kaikista vaikeimmin hallittava tekijä. Koneiden ohjekirjat on usein käännetty suoraan vastaavasta ulkomaankielisestä kirjasta. Lannoitteiden raekoko, ominaispaino, juoksevuus ja kosteus vaihtelevat eri maissa. Käyttöohjeita ei aina voida yleistää maamme oloihin soveltuvaksi. Myös kotimaisten lannoitteiden raekoko vaihtelee ajoittain. Nyrkkisääntönä on kuitenkin, että mitä suurempi raekoko on sitä kauemmas rakeet lentävät. Tämä johtaa siihen, että pienimmät lannoitejyvät jäävät levityskuvion keskiosiin, kuva 10.

Levitysmäärä %



Kuva 10. Lannoitteen raekoon vaikutus heittoetäisyyteen ja levityskuvioon, Y-lannoksen raekoko 2-4 mm, Urean raekoko 1-3 mm.

Puhallinlevittimien ja laatikkolevittimien levitystasaisuu-  
den vaihtelut johtuvat pääasiallisesti virheellisestä ajo-  
tekniikasta. Taulukon 6 tiedot ovat vain suuntaa antavia,  
sillä käytäntöön yleistettäviä tutkimustuloksia maamme  
oloissa ei juurikaan ole saatavilla. Parhaat konekohtaiset  
käyttö- ja asennusohjeet löytyvät useimmiten koneen ohjekir-  
jasta. Tosin ohjekirjoihinkin on suhtauduttava tietyllä va-  
rauksella.

Kiertokokeen tärkeys korostuu suuritehoisia levittimiä käy-  
tettäessä. Virheet tapahtuvat nopeasti ja korjaustarve huo-  
mataan vasta, kun levitysalaa alkaa olla loppuillaan.

Puhallinlevittimien mukana on usein tarkoituksenmukainen  
kiertokoevarustus. Tavallisia muovisankoja voidaan myös  
käyttää. Koneiden ohjekirjoissa on useimmiten tarkat kone-  
kohtaiset kiertokoeohjeet.

Myös keskipakolevittimillä voidaan tehdä kiertokoe. Muuta-  
mien levittimien mukana tulee keräilyastia tai mittapussi,  
joka asennetaan levityslautasen ympärille. Pussiin kertynyt  
lannoite punnitaan. Punnitun lannoitemäärän perusteella las-  
ketaan levitysmäärä (kg/ha) seuraavan kaavan mukaisesti.

$$\text{LEVITYSMÄÄRÄ (KG/HA)} = \frac{\text{MITATTU LANNOITEMÄÄRÄ (kg)} * 10000}{\text{TYÖLEVEYS (m)} * \text{AJONOPEUS m/s} * \text{MITTAUSAIKA (s)}}$$

Mittauksen aikana voimanottoakselin pyörimisnopeuden on ol-  
tava sama kuin levityksen aikana. Lisäksi työleveyttä määri-  
tettäessä on otettava huomioon tietty lomittainajo.

Taulukko 6. Eri tekijöiden vaikutus levittimien levitystasaisuuteen ja levitysmäärään.

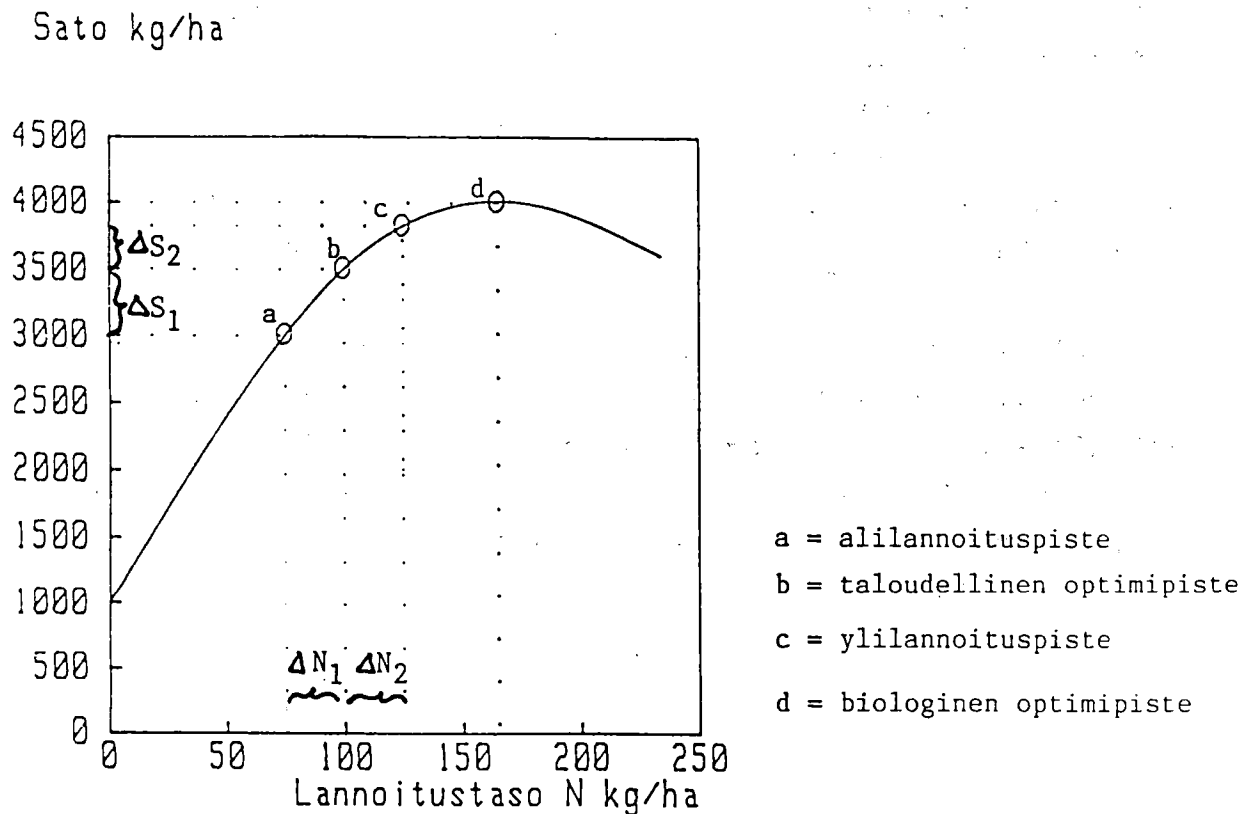
Tasaisuuteen ja levitysmäärään vaikuttavat tekijät	Keskipako-levitin		Puhallin-levitin		Laatikko-levitin	
	Tasaisuuteen	Levitysmäärään	Tasaisuuteen	Levitysmäärään	Tasaisuuteen	Levitysmäärään
Levitysmäärä	2	-	1	-	0	-
Levitysviuhkan sivusäätö	3	0	-	-	-	-
Traktorin voimanottoakselin nopeus	3	3	1	0	-	-
Koneen asento, poikkeama oikeasta eri suuntiin	3	1	1	1	0	1
Koneen korkeus maasta	2	0	-	-	-	-
Ajonopeus	1	3	0	0	0	0
Käytetty työlevitys	2	2	3	2	3	2
Lannoitelaji, raekoko, ominaispaino ym.	3	2	1*	1*	0	1
Tuuli	2	0	1	0	0	0
Ilman kosteus	2	1	0	1	0	1
Maan pinnan epätasaisuudet	2	0	1	0	0	0
Tasaisuutta ilmaiseva vaihtelukoefficientin % (optimiolosuhteet + hyvä levitin..epäedullinen tapaus)	5...40		5...20		1...10	

0 = ei juuri vaikuta  
 1 = vaikuttaa vähän  
 2 = vaikuttaa  
 3 = vaikuttaa runsaasti

\* Ei sovellettu jauhemaisten lannoitteiden tai maanparannusainesten levittämiseen (kalkki).

## 6. LEVITYSTASAISUUDEN VAIKUTUS SADON MÄÄRÄÄN JA LAATUUN

Epätasaisen lannoituksen haitat perustuvat vähenevän lisä-  
tuoton lakiin. Lisäämällä jonkin kasvutekijän määrää, kasvi  
pystyy muodostamaan suuremman sadon. Lähestyttäessä maksimi-  
satoa kutakin lisättyä kasvutekijän yksikköä kohti saatu sa-  
donlisä pienenee. Saavutettuaan biologisen optiminsa, sato  
alkaa laskea kasvutekijää edelleen lisättäessä. Viljelykas-  
vien typenotto noudattaa hyvin tarkasti tätä lakia.



Kuva 11. Periaatekuva N-lannoituksen vaikutuksesta viljan satoon.



Vähenevän lisätuoton laista johtuen satoero ( $S_1$ ) on suurempi kuin satoero ( $S_2$ ). Kuitenkin lannoituserot ( $N_1$  ja  $N_2$ ) ovat samanaikaisesti yhtäsuuria. Taloudellinen optimikohta on pisteessä, jossa lisälannoitekilolla saavutettu sadonlisäys on arvoltaan yhtä suuri kuin sadonlisästä aiheutuva kustannus. Epätasaisessa levityksessä menetetään enemmän satoa alilannoituskohdassa, kuin mitä vastaavasti saadaan enemmän ylilannoituksessa.

Taulukko 7. Levitystasaisuuden merkitys Aapo-ohran satoon hiesusavella, Kemiran koe.

	1982	1983
Sijoituslannoitus	kg/ha	kg/ha
- tasainen levitys	5230	6500
- 2 vannasta tukossa (80% lannoitemäärästä)	3130	-
- 2 vannasta tukossa (100% lannoitemäärästä)	-	5990

Ulkomailla, missä pintalannoitus on yleisempää kuin Suomessa, on myös tutkittu epätasaisen lannoituksen vaikutuksia. Saksalaisten tutkimustulosten perusteella 30% levitysvirhe kevätvehnällä aiheuttaa pystykasvustossa noin 2,3 % sadonmenetyksen, vastaavasti lakoontuneessa kasvustossa sadonmenetyks on noin 22%.

Taulukko 8. Epätasaisesta lannoitteen levityksestä johtuva sadonmenetys eri viljelykasveilla (Zimmerman 1973)

Viljelykasvi	Sadonmenetys (%) lannoitteen levitystasaisuutta kuvaavan vaihtelukertoimen arvoilla 15, 30 ja 50 %.					
	Sato kg/ha	15	30		50	
			pysty- vilja	lako- vilja	pysty- vilja	lako- vilja
Syysvehnä	4000	0,6	2,3	22,4	6,3	31,3
Ohra	3700	0,7	2,9	10,8	8,1	17,8
Ruis	3200	0,7	2,7	18,2	7,6	26,9
Kaura	3600	0,6	2,3	12,8	6,2	19,2
Sokerijuurikas	43000	0,9	3,5	-	10,5	-
Peruna	-	1,1	4,4	-	12,5	-

Sadon määrällisen vähenemisen lisäksi epätasainen lannoitus aiheuttaa laatutappioita, sekä korjuuvaiveuksia.

Ylilannoituskohdissa:

- lakoontumisriski kasvaa
- haitalliset sivuversot lisääntyvät
- kasvusto tuleentuu epätasaisesti
- kuivuminen on lakoontuneessa kasvustossa hitaampaa kuin pystyssä kasvustossa, mistä seuraa käytettävissä olevan puintiajan lyheneminen
- puintitappiot kasvavat lisääntyneestä olkimäärästä ja kasvuston kosteudesta johtuen
- laatutappiot lisääntyvät epätasaisen tuleentumisen ja lakoontumisen seurauksena

Alilannoituskohdissa:

- sato on alhainen
- monivuotiset rikkakasvit lisääntyvät, koska kasvusto ei pysty tukahduttamaan niitä

## 7. AJORADAN MERKINTÄ

### 7.1 Pyörien tallauksen aiheuttama sadonmenetyk

Kasvinsuojeluaineiden ja täydennyslannoitteen levityksessä traktorin pyörät tallaavat kasvustoa. Kasvinsuojeluaineet levitetään oraisten ollessa 3-4 lehtiasteella ja täydennyslannoitus vastaavasti tähkimisvaiheen alussa.

Taulukko 9. Pyörien tallauksen aiheuttama sadonmenetyk

Koejäsen	Ajokerta	Sato kg/ha	Sadon suhdeluku
0	1 x	4940	100
3-4 lehti	2 x	4860	98
3-4 lehti (samaa jälkeä)	2 x	4790	97
3-4 lehti (eri jälkeä)	2 x	4730	96
tähkimisvaihe	1 x	4640	94

Koetraktorina olleeseen Valmet 500 -traktoriin oli kytketty kasvinsuojeluruisku, jonka työleveys oli 10 m ja säiliön tilavuus 600 l. Traktorin takarenkaiden leveys oli 35 cm. Koe suoritettiin vesisäiliön ollessa täynnä.

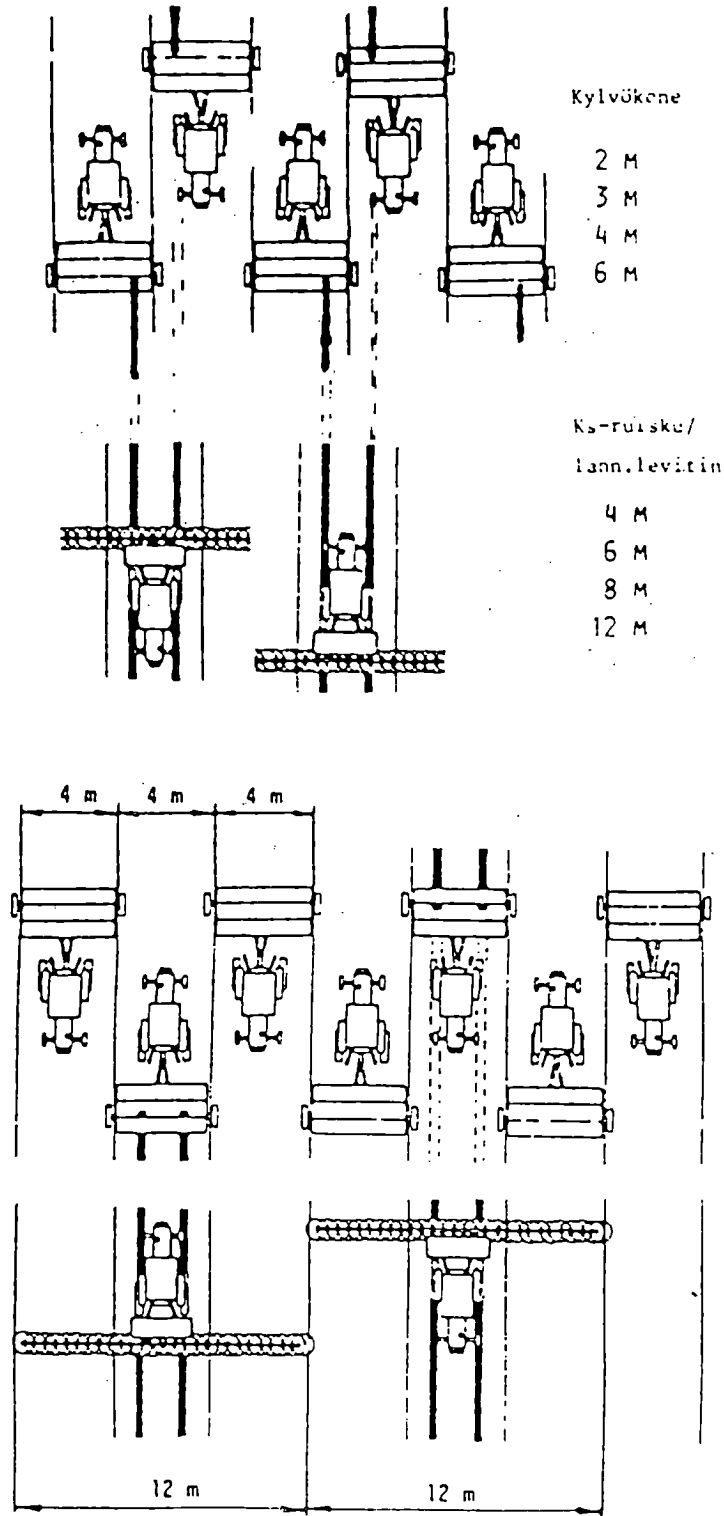
Keskikokoisen traktorin pyörien tallaus aiheuttaa 1-2 % sadon alennuksen kerta-ajolla kasvuston ollessa orasasteella.

### 7.2 Ajourat, ajomerkit, merkitsinlaitteet

Keski-Euroopassa, Tanskassa ja Etelä-Ruotsissa jätetään yleisesti kylvön yhteydessä ajourat, joita pitkin ajetaan kasvinsuojeluaineita ja lannoitteita levitettäessä. Pintalannoitus voi toistua useita kertoja kasvuston kehityksen ja kasvuolojen mukaan. Kasvustossa joudutaan ajamaan jopa 8-10 kertaa kasvukauden aikana etenkin syysviljamoilla.

Torjunta-aineiden ja lannoitteiden tarkka levitys on näin ollen entistäkin tärkeämpää, sillä virheillä on taipumus kertautua lukuisten ajokertojen vuoksi. Myös tallauksesta johtuva sadon määrällinen ja laadullinen tappio pyritään minimoimaan, kun tallataan peltoa aina samasta kohdasta. Ajourat tehdään kylvövaiheessa katkaisemalla veto traktorin pyörän kohdalla olevasta kylvökoneen syöttöpyörästä, tai sulkemalla syöttölaitteen pohjaläppä 1-2 vantaan kohdalla. Ajourat tehdään yleensä 10-12 metrin välein. Kasvinsuojeluruiskun ja lannoitteen pintalevittimen työleveydet sovitaan yhteen kylvökoneen työleveyden kerranteiden kanssa, minkä perusteella ajoväli määräytyy. Ajourista on tehty standardi, ISO 6720.

Kasvin parempi valonsaanti kompensoi yleensä urien kohdalta puuttuvan kasvuston ja ajourien aiheuttama sadonmenetykset on merkityksetön tasaisemmasta levityksestä saatuun hyötyyn verrattuna. Lisäksi pelto tiivistyy vain yhdestä kohtaa.

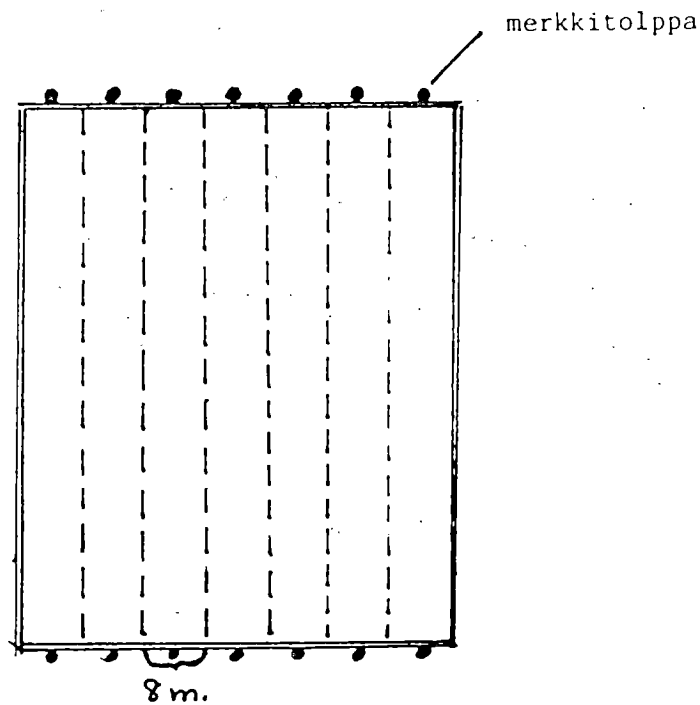


Kuva 12.

Ajourien merkitsemistavat

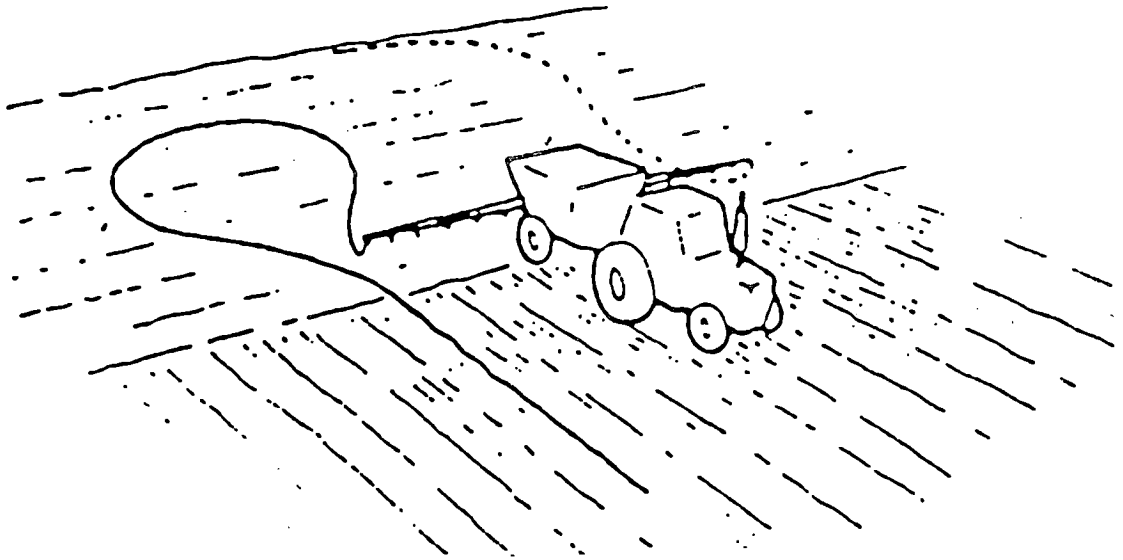
- a) yksi vannas on koko ajan suljettuna
- b) sähkötoiminen merkitsinlaite, joka automaattisesti tai kuljettajan ohjaamana pysäyttää traktorin pyörien kohdalla olevat syöttöpyörät.

Säännöllisillä peltokuvioilla voidaan käyttää myös yksinkertaisia ajomerkkejä. Lohkon päisteisiin viedään selvästi näkyvät merkkitolpat. Tolppien etäisyys mitataan halutun levityskaistan levyiseksi. Tämä menetelmä soveltuu parhaiten keskikolevittimille. Samoja merkkitolppia voidaan käyttää apuna myös syksyllä kynnön yhteydessä aloitus- ja lopetusvakojen paikan määrittämisessä.



Kuva 13. Ajolinjojen merkintä merkkitolppien avulla

Puhallinlevittimien ja kasvinsuojeluruiskujen kaistat voidaan merkitä käyttäen vetoliinoja, joiden päihin on usein sidottu suurehko mutteri tms. painon lisäämiseksi. Matalassa kasvustossa, kasvin ollessa vielä taimiasteella, maahan syntyvä merkkiviiva on melko helposti havaittavissa.

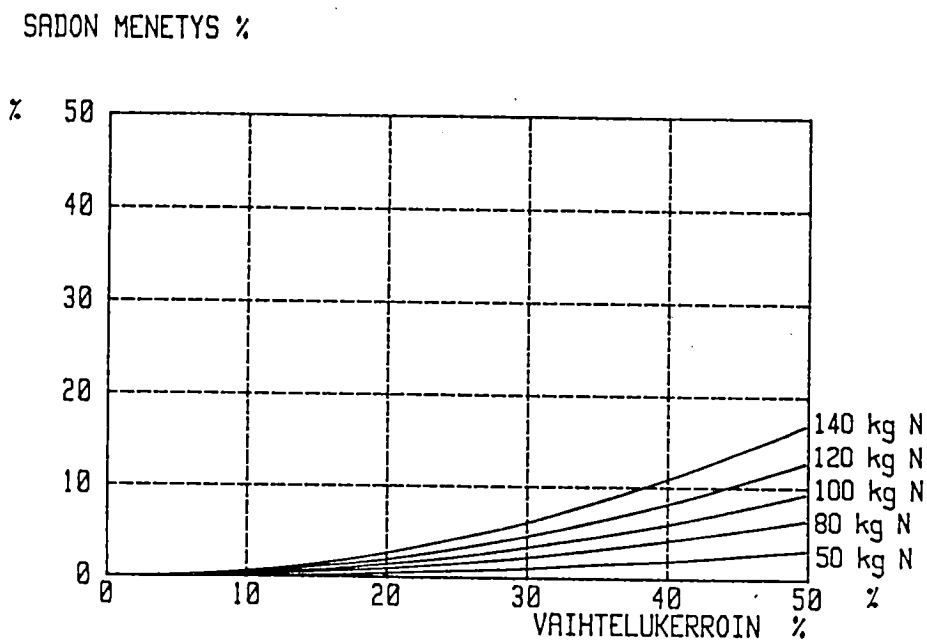


Kuva 14. Ajolinjojen merkintä vetoliinojen avulla

Ajokaistan merkintä itsestään häviävillä vaahtopalloilla on usein ja todennäköisesti yleistynyt tapa. Vaahto saadaan aikaan puhaltamalla ilmaa vaahtoavaan nesteeseen. Vaahto johdetaan putkia pitkin puomin päissä oleviin suuttimiin. Säästä riippuen vaahtopallot pysyvät näkyvinä vähintään puoli tuntia.

8. TALOUDELLISUUSVERTAILU

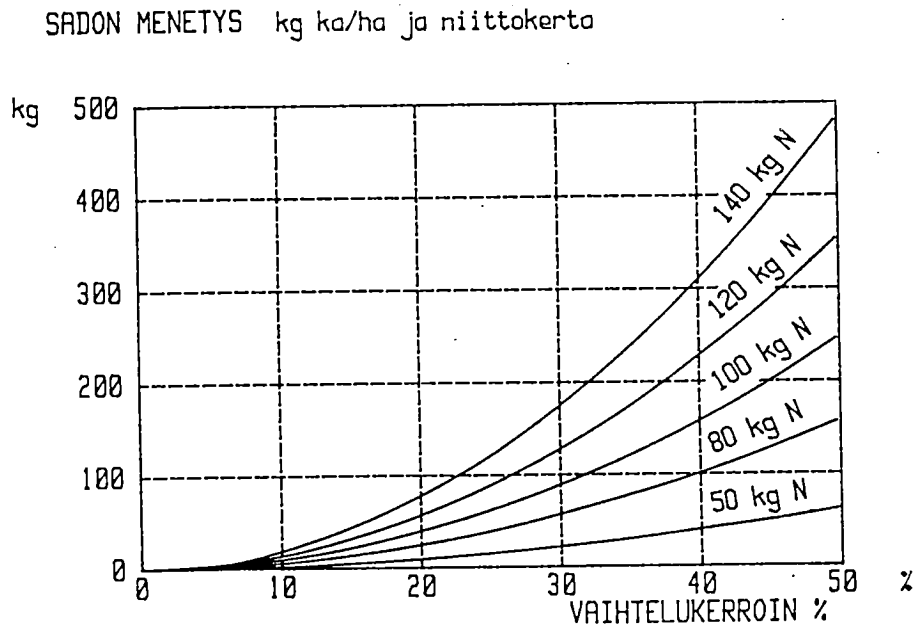
Lannoitteen levitysmenetelmän lopullinen taloudellisuus määräytyy konekustannusten, työvoimakustannusten ja epätasaisesta levityksestä johtuvan sadon menetyksen perusteella. Seuraavassa on tarkasteltu epätasaisen levityksen aiheuttamia sadonmenetyksiä säilörehunurmilla. Laskelman lähtöaineistona on käytetty HIIVOLAN ym. (1974) tutkimustuloksia typpilannoituksen vaikutuksesta nurminadan ja koiranheinän satoon. Korjattaessa nurmi kolme kertaa kasvukauden aikana ensimmäisen niiton sato on suurin ja kolmannen pienin. Suhdelukuina ilmaistuna kolmen niittokerran sadot ovat 100, 93 ja 83. Kuvissa 15, 16 ja 17 on esitetty epätasaisesta typpilannoitteen levityksestä aiheutuva sadon menetykset perustuen toisen niittokerran satoon.



Kuva 15. Epätasaisesta levityksestä aiheutuva sadon menetykset prosentteina optimisadon määrästä.



Kuvan 15 mukaisesti sadonmenetys kasvaa yhä nopeammin vaihtelukertoimen ollessa suurempi kuin 20 %. Tasaisen levityksen merkitys korostuu korkeammilla lannoitetasoilla.



Kuva 16. Epätasaisesta levityksestä aiheutuva sadon menetys kuiva-ainekiloina.

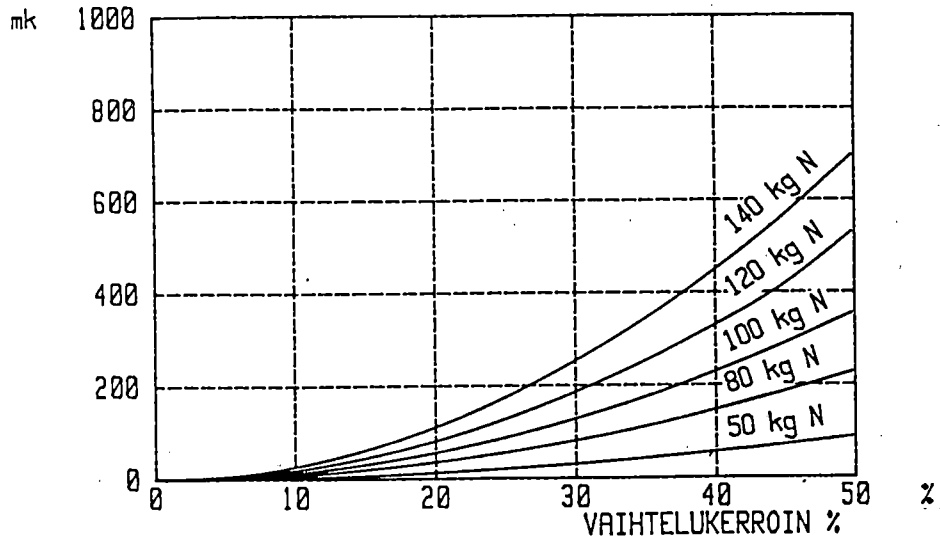
Kuva 16 ilmoittaa sadonmenetyksen kuiva-ainekiloina ja niittokertaa kohden. Kuvassa 17 sadon kuiva-aine on hinnoiteltu energiasisällön eli ry-arvon perusteella seuraavasti:

Menetetyn sadon arvo ha:a ja niittokertaa kohden

$$= \frac{\text{Kg kuiva-ainetta/ha ja niittokerta} * \text{Mk/rehuyksikkö}}{(\text{täyttävyy}) \text{ kg/rehuyksikkö}}$$

$$= \text{Mk/ha ja niittokerta}$$

SADON MENETYS mk/ha ja niittokerta



Kuva 17. Epätasaisesta levityksestä aiheutuva sadon menetys markkoina kevään 1986 hintatason mukaan.

Lannoitteenlevityksen tasaisuutta arvosteltaessa on otettava koneen levitystasaisuuden lisäksi huomioon, kuinka paljon joudutaan ajamaan kaksinkerroin. Pääallekkäinajosta tulee merkittävä tekijä, jos tilalla on runsaasti pieniä, epämuotoisia peltolohkoja ja levittimen työleveys on suuri. Kaksinkertainen lannoitus on taloudellisesti kannattamatonta ja saattaa tehdä rehun eläimille myrkylliseksi. Esimerkiksi puhallinlevitintä hankittaessa on syytä varmistaa, että työleveyttä voi kaventaa traktorin ohjaamosta ajon aikana.

Erilaisten lannoitteenlevittimien taloudellisuutta on tarkasteltu seuraavassa laskelmassa nurmikasvien satofunktioon (HIIVOLA ym. 1974, s. 149) perustuen.

Esimerkkitalalla on 10 ha säilörehunurmea, josta korjataan kolme satoa. Vastaavat typpitasot ovat 120 kgN/ha, 100 kgN/ha ja 80 kgN/ha. Laskelmassa verrataan keskipako-,

laatikko- ja puhallinlevitintä. Käytetyt vaihtelukerroinarvot ovat käytännön arvoja säännöllisen muotoisilla lohkoilla.

Levitystasaisuudet:

Keskipakolevitin VK = 30%  
Laatikkolevitin VK = 10 %  
Puhallinlevitin VK = 15 %

Sadon menetys lasketaan vertailussa olleeseen tasaisimpaan menetelmään verraten, eli käytännössä laatikkolevittimelle ei lasketa sadonmenetystä lainkaan. Sadon täyttävyyssarvo on 1,21 kgka/ry. Ry hinnoitellaan ohrakilon hinnan mukaan eli 1,75 mk/ry. Työkustannus = ihmistyö + konetyö = 32 mk/ha + 19 mk/h = 51 mk/h. Menetetyn sadon arvoa laskettaessa on otettu huomioon sadon määrän alentuminen toisessa ja kolmannessa niitossa. Työkustannusten työmenekit on saatu Työtehoseuran työnormeista.

Koneiden hankintahina	Käyttöaika	Jäännösarvo
Keskipakolevitin 4000 mk	10 v	400 mk
Laatikkolevitin 9980 mk	10 v	998 mk
Puhallinlevitin 12900 mk	10 v	1290 mk

Vuotuiskustannukset:

	Keskipako- levitin	Laatikko- levitin	Puhallin- levitin
Poisto	360 mk	898 mk	1161 mk
Korko (8%)	176 mk	439 mk	568 mk
Työkustannus 51 mk/h	437 mk	805 mk	383 mk
Menetetyn sadon arvo 1.45 mk/ka-kg	3560 mk	-	554 mk
<b>Vuotuiskustannukset yhteensä</b>	<b>4533 mk</b>	<b>2142 mk</b>	<b>2666 mk</b>

Pienemmillä pinta-aloilla pääomakustannukset tulevat selvemmin esiin ja sadonmenetyksen merkitys pienenee. Esimerkiksi 5 ha:n nurmipinta-alalla puhallinlevittimen ja keskipakolevittimen kokonaiskustannukset ovat likipitään yhtäsuuret. Laatikkolevitin on tuolloinkin selvästi edullisin vaihtoehto. Hyvissä oloissa ajoradan merkintää apuna käyttäen keskipakolevittimellä voidaan päästä aina 15-20 % vaihtelukertoimeen. Tällöin keskipakolevittimen vuotuiskustannukset laskevat merkittävästi. Tämä edellyttää poikkeuksellisen suurta huolellisuutta ja hyvää levittimen levityskuvion tuntemusta.

## LÄHTEET

- ANON, 1978. Maatalouskoneet. 577 s. Nähtävillä valtion maatalousteknologian tutkimuslaitoksella.
- ANON, 1979. Kylvölannoittimien ryhmäkoetus. VAKOLAn koetusselostus 1012:1-18.
- ANON, 1980. Koetuloksia. MTTK. Etelä-Pohjanmaan koeasema.
- ANON, 1980. Spridarmunstycke Teejet Flat Spraytip typ 11005. Statens Maskinprovningar. Meddelande 2574:1-8.
- ANON, 1980. Maatalouden työnormit. Työtehoseuran julkaisu 222. 156 s. Helsinki.
- ANON, 1982. Crop chemicals. Fundamentals of machinery operation. John Deere Service Training Department. p. 269. Illinois.
- ANON, 1982. ELH0-lannoitteenlevitin. VAKOLAn koetusselostus 1074:1-21.
- ANON, 1982. Fertilizer handlings and application. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Booklet 2115:1-26.
- ANON, 1984. Keskipakolevittimien ryhmäkoetus. VAKOLAn koetusselostus 1127:1-21.
- ANON, 1984. Taarup Gødningsspieler. Sjøf Proverapport 379:1-10.
- ANON, 1984. The improvement of machinery for chemical fertilizer application with the aim of achieving a more even spread over agricultural land. United Nations. Agri/Mech Report 103:1-27.

BERGSTRÖM, T. 1980. Vad betyder ojäm fördelning? Lantmannen 6:14-16.

HEINONEN, R. 1971. Soil Management and Crop Water supply. 112 s. Uppsala.

HIIVOLA, S-L., HUOKUNA, E. & RINNE, S-L. 1974. The effect of heavy nitrogen fertilization on the quantity and quality of yields of meadow fescue and cocksfoot. Annales Agriculturae Fenniae 13: 149-160.

ISO 6720. Agricultural machinery - Equipment for sowing, planting, disturbing fertilizers and spraying - Recommended working widths. 1981. 1 s.

KORKMAN, J. 1984. Lannoituksen tasaisuus. Kemiran tiedonanto. 2 s.

KÄHÄRI, J. 1983. Lannoitteet: valmistus, ominaisuudet, käyttö. Kemiran tuotekohtainen opas. 44 s.

LAMPINEN, R. 1979. Onko lannoituksen jakaminen kannattavaa. Käytännön Maamies 6:27-29.

MULLE, G., METZNER, C. 1980. Querverteilung von Drillmaschinen bei der Getreideaussaat. Landtechnik 9:419-422.

RUHLE, K. 1975. Die Verteilgenauigkeit pneumatischer Mineraldüngerstreuer. KTBL-Schrift 198:1-163.

## VAKOLAN TUTKIMUSSELOSTUKSIA

- | No  | Nimi  |
|-----|---|
| 35. | Turtiainen, K., Pienpuuhakkurit. 1983.  |
| 36. | Karhunen, J., Mykkänen, U., Nieminen, L., Wikstèn, R., Saloniemi, H., Lämmönvaihtimet eläinsuojien ilmastoinnissa. 1983.                  |
| 37. | Ahokas, J., Keränen, O., Parmala, S-P., Häkäkaasulaitteisto maatalouden polttomoottorikäytössä. 1984.                                     |
| 38. | Haber, P., Traktorin turvakaari. 1984.  |
| 39. | Karhunen, J., Tuunanen, L., Eläinsuojien ilmanvaihdon mitoitus. 1984.   |
| 40. | Horvath, A., Ståhlberg, P., Wilèn C., Oljen pelletointi ja pellettien käyttö polttoaineena. 1985.   |
| 41. | Aarnio, K., Karhunen, J., Koivisto, K., Lietelannan kompostointilämmön talteenotto. 1986.   |
| 42. | Ahokas, J., Luomi, V., Palva, T., Parmala, S-P., Schäfer, W., Kasviöljyt dieselmoottorin polttoaineena. 1986.                             |
| 43. | Ahokas, J., Mikkola, H., Traktorin polttoaineenkulutukseen vaikuttavia seikkoja. 1986.  |
| 44. | Karhunen, J., Tuunanen, L., Alipaineilmanvaihto kotieläinsuojissa. 1986.  |
| 45. | Kempainen, E., Koivisto, K., Kompostoinnin vaikutus lietelannan laatuun ja käsiteltävyyteen. 1987.  |
| 46. | Sarin, H., Castrèn, H., Pyykkönen, M., Käyttökokemuksia 80-luvulla rakennetuista kalustovajoista, varastokuivureista ja pihatoista. 1987. |

Helsinki 1990, VAPK Kampin VALTIMO