

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS  
MAANVILJELYSKEMIAN JA -FYSIIKAN LAITOS

## TIEDOTE N:o 8

---

YHTEISPOHJOISMAINEN KALKITUSSEMINAARI

SAVONLINNA 24. -25. 5. 1978

VANTAA 78

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS

MAANVILJELYSKEMIAN JA -FYSIIKAN LAITOS

TIEDOTE N:o 8

YHTEISPOHJOISMAINEN KALKITUSSEMINAARI

SAVONLINNA 24.-25.5.1978

PL 18

01301 VANTAA 30

PUH. 831 941

## Sisällysluettelo

	Sivu
Paavo Elonen: Alkusanat	1
<u>Maan pH ja kalkituksen tarve Pohjoismaissa</u>	
Sven L. Jansson: Kalkitus Ruotsissa; katsaus viime aikaiseen kehitykseen	2
Asbjørn Øien: Norjan peltomaiden jakaantuminen eri pH-luokkiin	3
Martti Kurki: Peltomaiden happamuus- ja kalkkitilanne Suomessa	5
Jens Jensen: Tanskan peltojen pH ja kalkitustarve	9
<u>Kalkitus ja maan kemialliset ominaisuudet</u>	
Asbjørn Sorteberg: Kalkin ja neutraalin kalsiumin vaikutus kasvinviljelyssä ravinneköyhällä turvemaalla	11
Sven L. Jansson: Kalkituksen teoria ja käytäntö pohjoismaisissa olosuhteissa	14
Erik Jonsson: Kalkitustarpeen määritysmenetelmät	16
Mikko Sillanpää: Kalkituksen pitkäaikainen vaikutus maaprofiilin kemiallisiin ominaisuuksiin	25
Lars Wikström: Maanviljelyskalkkiteollisuus ja markkinat	27
<u>Kalkitus ja lannoitus</u>	
Sven Ohlsson: Kalkituksen ja lannoituksen yhdysvaikutus Kalsiumin huuhtoutuminen	29
Antti Jaakkola: Kalkituksen vaikutus fosforilannoituksen tehoon	32
Kaj Skriver: Nitraatti- ja ammoniumlannoituksen pitkän ajan vaikutus satoon ja maan reaktiolukuun ( $R_t = \text{pH}_{\text{CaCl}_2} + 0.5$ )	35
Göthe Larpes: Lannoituksen vaikutus savimaan kalkin tarpeeseen	39
Gyula Simán: Kiinteät kalkituskokeet - muutamia tuloksia	41
Thorvald Jessen: Kalkkia marskimaalle ja liejupitoisille alankomaille	49
<u>Kalkitus ja maan rakenne</u>	
Arnor Njøs: Suurten kalkkimäärien vaikutus maan rakenteeseen ja maan nitraattipitoisuuteen	53
Gösta Berglund: Kalkki ja maan rakenne	59

	Sivu	
<u>Jätteet kalkitusaineena</u>		
Raili Jokinen:	Talokiteollisuuden sivutuotteet kalkitus- aineena ja magnesiumlannoitteena	64
Gunnar Norrman:	Kuonat kalkitusaineena	67
Rauno Peltomaa:	Kaivosjätteiden käyttömahdollisuuksista kalkitusaineena Suomessa	70
Kalju Valdmaa:	Teollisuuden ja kuntien jätteet kalkitusai- neena maataloudessa ja järvien kunnostuksessa	72
<u>Kalkin hienousaste ja kalkkilajit</u>		
Magnus Brink Pedersen:	Eräiden kalkkiaineiden reaktioprofiili ja raekoostumuksen vaikutus siihen	76
Per Sima:	Hienojakoisuuden vaikutus eräiden kalkitusai- neiden kalkitus- ja magnesiumvaikutukseen - muutamia koetuloksia	79
Arnor Njøs:	Rakeistettu kalkki maataloudessa	82
Raili Jokinen:	Hienousasteen vaikutus kalsiitti- ja dolomiitti- kalkin tehoon	85
<u>Kalkin levitystavat</u>		
Asbjørn Sorteberg:	Kalkinlevityksen tasaisuus	87
Lars-Erik Johnsson:	Kalkitusaineiden jakelu ja levitys	90
Jorma Kähäri:	Nurmen pintakalkitus	93
Esitelmänpitäjien osoiteluettelo		99

## Alkusanat

Pohjoismaiden Maataloustutkijain Yhdistyksen I jaoksen hallitus totesi Uppsalassa pidetyssä kokouksessaan syksyllä 1977, että kalkituksen merkitys on lisääntynyt kaikissa Pohjoismaissa. Nopeasti kehittynyt väkilannoitus on aiheuttanut huomattavaa ylläpitokalkituksen tarvetta. Ravinteiden huuhtoutuminen ja ilmasta laskeutuva rikki pyrkivät niinkään lisäämään maan happamuutta. Suomessa, Norjassa ja Ruotsissa esiintyy tämän ohella laajalti peruskalkituksenkin tarvetta. Peltujen happamuus rajoittaa vaatekulttuurien kasvilajien ja -lajikkeiden viljelyä. Happamuus heikentää myös fosforilannoituksen hyväksikäyttöä ja vaikuttaa epäedullisesti maan pieneliöstön elinmahdollisuuksiin ja maan fysikaaliseen rakenteeseen. Edelleen todettiin, että kalkitusainevalikoima on lisääntynyt teollisuuden tarjotessa erinäisiä sivutuotteita kalkitusaineiksi. Myös kalkituksen levitystekniikassa on tapahtunut muutoksia.

Tämän johdosta jaoksen hallitus piti tarpeellisena koota pohjoismaisen kalkitustietousseminaarin muodossa. Seminaarin luontevimpana pitopaikkana pidettiin Suomea, "Pohjolan happaminta maata", ja tästä syystä seminaarin järjestelyistä vastaaminen uskottiin allekirjoittaneelle. Seminaari pidettiin 23.-25.5.1978 Savonlinnassa Olavinlinnan kongressisalissa. Osanottajia oli 66, joista 7 Tanskasta, 6 Norjasta, 17 Ruotsista ja 36 Suomesta. Esitelmää pidettiin 27. Lisäksi seminaariin sisältyi bussiretki Ruskealan Marmorin kalkkilouhokselle, Kerimäen kirkolle ja Punkaharjulle sekä laivamatka Savonlinnan ympäri Rauhanlinnaan.

Tämä tiedote sisältää esitelmien suomenkieliset lyhennelmät. Kiitän laitoksen tutkijoita näiden selosteiden laadinnasta samoinkuin seminaarin suunnitteluun ja käytännöllisiin järjestelyihin liittyvästä arvokkaasta työstä. Kiitos myös kaikille esitelmänpitäjille. Kalkitusyhdistys ja Ruskealan Marmorin antoivat myös runsaasti tukea tilaisuuden onnistumiseksi. Uskon, että pohjoismaiset vieraamme saattoivat olla tyytyväisiä seminaarin pitopaikkaan ja järjestelyihin.

Paavo Elonen

Sven L. Jansson (Selostuksen laatinut Raili Jokinen)

### Kalkitus Ruotsissa; katsaus viime aikaiseen kehitykseen

Ruotsin maatalouden kalkin käytössä on tapahtunut suuria muutoksia tämän vuosisadan vaihteen jälkeen. Kalkin käyttö oli runsainta vuosina 1915-20 ja 1940-45. Vuoden 1960 tienoilla kalkin käyttö oli vähäisintä eli noin 60 000 t CaO vuodessa.

Vuodesta 1960 lähtien on kalkin käyttö maataloudessa lisääntynyt nopeasti ja se oli vuosina 1975 ja 1976 yli 300 000 t CaO vuodessa. Kalkin levitykselle epäedullisten syksyn säiden vuoksi kalkin käyttö oli v. 1977 noin 200 000 t CaO.

### Kalkitustarvetta aiheuttavat seikat

- Lisääntynyt kiinnostus rikkilaskeuman ja sen aiheuttaman happamuuden torjumi- seen niin maataloudessa kuin muuallakin.
- Suurilla maatalousalueilla 1960- ja 1970-luvuilla suoritettu uusintakartoitus osoitti peltomaiden pH-luvun laskeneen.
- Maan happamuuden ja metsän lisäkasvun välistä yhteyttä sekä metsämaiden kalki- tustarvetta koskevat väitteet.
- Enenevä kiinnostus järvien ja vesistöjen kalkitukseen.
- Vuonna 1977 käytettiin näihin tarkoituksiin 5000 t CaO.
- Kalkin käyttö viemäri-vesien puhdistukseen ja viemärilietteen käsittelyyn.

### Kalkin käyttöön liittyvät tapahtumat

- Nopeasti lisääntynyt murskatun kalkkikiven käyttö kalkitusaineeksi maataloudessa.
- Tuomaskuonan käyttö uhkaa loppua terästeollisuudessa toteutettujen muutosten vuoksi.
- Lisääntynyt kiinnostus muunlaistenkin jätekalkkien käyttöön.
- Dolomiittipitoisten kalkitusaineiden lisääntynyt saanti.

### Tutkimuksen ja koetoiminnan ajankohtaisia tehtäviä

- Eloperäisten viljelymaiden kalkituksen tarve ja sen määritysmenetelmät
- Ylläpitokalkituksen suuruus eri viljelyoloissa
- Murskatun kalkkikiven vaikutus ja sopivin hienojakoisuus
- Magnesiumin tarve ja dolomiitin käyttö Ruotsin viljelymailla
- Kalkilla käsitellyn viemärilietteen käyttö lannoitteena ja maanparannusaineena
- Järvien ja metsien kalkitus; tarpeen toteaminen ja kalkituksen suorittaminen

Asbjørn Øien (Selostuksen laatinut Raili Jokinen)

## Norjan peltomaiden jakautuminen eri pH-luokkiin

### Johdanto

Norjassa maa-analyysien, niiden mukana pH, tulokset on muutaman vuoden ajan käsitelty tietokoneella. Analyysitulokset kerätään tilastollisia käsittelyitä varten reikäkorteille. Maatiloilta on viime vuosina tullut noin 30 000 maanäytettä vuodessa. Neuvontatyössä tällä tilastolla on suuri merkitys.

### Eri pH-luokat

Norjassa pH-luku mitataan vesilietoksesta. Maanäytteet on jaettu neljään pH-luokkaan: alle 5.0, 5.1-5.5, 5.6-6.0 ja yli 6.0. Jos pH on alle 5.6, maat on kalkittava. Alle pH 5.0 ohran, vehnän ja lantun sato vähenee, mutta peruna, kaura ja ruis selviävät hyvin. Yli pH 6.0 kalkituksella ei ole vaikutusta.

### Maiden jakautuminen eri pH-luokkiin

Kahteen alimpaan pH-luokkaan, joissa kalkitus on tarpeen, kuului keskimäärin 33 % koko maan näytteistä 5-vuotiskautena 1968-72, samoin myös vuosina 1973, 1974 ja 1975. Vuonna 1976 tähän luokkaan kuului 41 % näytteistä.

Akershusin, Østfoldin ja Vestfoldin alueilla näyttää kahteen alimpaan luokkaan kuuluvien näytteiden osuus lisääntyneen vuosien 1963-65 jälkeen (taulukko 1). Tähän lienee osaltaan syynä siirtyminen entistä ammonityppipitoisempien lannoitelajien käyttöön.

### Maalajin ja multavuuden vaikutus

Hiekkamailla keskimääräinen pH on alhaisempi kuin enemmän hienoa ainesta sisältävillä mailla. Tähän ovat syynä hiekan alttius huuhtoutumiselle ja sen hiesua ja savea pienempi puskuroiva pinta.

Lisääntyvä multavuus alentaa pH-lukua, mutta erittäin multavilla maalajeilla pH on alhaisempi kuin kivennäismailla.

Taulukko 1. Maanäytteiden jakautuminen eri pH-luokkiin (%)

	Vuosi	Näytteiden lukumäärä	pH			
			≤ 5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	>6,0
Koko maa	1968-72	71784	7	26	41	27
" "	1973	14877	7	26	39	28
" "	1974	22192	9	24	38	29
" "	1975	31810	8	27	37	28
" "	1976	27016	11	30	35	24
Akershus	1963-65	20755	2	22	52	24
Østfold	1968-72	39186	4	23	44	29
Vestfold	1976	11989	8	27	39	26

Kirjallisuutta:

VIGERUST, E., 1969. Sammenstilling av jordanalysetall for årene 1963-67.  
Særtrykk av Ny Jord Nr. 1, 1969.

SEMB, G., 1974. Oversikt over resultatene av utførte jordanalyser. Særtrykk av  
Ny Jord, Nr. 4, 1974.



Martti Kurki

### Peltomaiden happamuus- ja kalkkitilanne Suomessa

Peltomaiden kalkitus- ja lannoitustarpeen selvittämiseksi tutkitaan Suomessa vuosittain n. 100 000 maanäytettä. Näytteistä pääosa tutkitaan Viljavuuspalvelussa, joka myös tilastoi tulokset. Kalkitustarpeen selvittämiseksi määritetään maalaji, pH-arvo ja vaihtuvan kalsiumin pitoisuus. Seuraavat tiedot perustuvat pääasiassa vuonna 1977 otettujen näytteiden tutkimustuloksiin, mutta apuna on käytetty myös aikaisempia tuloksia.

#### Maan pH-arvo

##### Eri maalajien pH

Kivennäismaissa pH-luku on selvästi korkeampi kuin eloperäisissä maissa, niin muokauskerroksessa kuin pohjamaassakin. Kivennäismaiden pH-luku on yleensä muokauskerroksessa alempi kuin pohjamaassa. Korkein pohjamaan pH-luku on aitosavessa. Happamimpia kivennäismaista ovat liejusavet, jotka esiintyvät alavimmilla paikoilla ja etupäässä merenrannikolla ja ovat usein hyvin rikkipitoisia. Kaikista maalajeista happamimpia ovat rahkaturpeet.

##### Happamuus eri humuspitoisuusluokissa

Korkein keskimääräinen pH-luku on humuspitoisuusluokassa 3-6 % (multava). Humuspitoisuuden siittä kohotessa pH-luku laskee ja on alin humuspitoisuuden ollessa yli 40 % eli turvemilla.

##### Happamuus eri alueilla

Korkein keskimääräinen pH-luku on Ahvenanmaalla (6.23). Pohjoiseen päin siirryttäessä pH-luku alenee johtuen eloperäisten maiden osuuden lisääntymisestä ja kalkkipitoisuuden alenemisestä. Lapissa peltojen keskimääräinen pH-luku on 5.34 ja Pohjanmaalla 5.37-5.40. Pohjanlahden rannikkoalueella esiintyy paikoitellen voimakasta happamuutta johtuen korkeasta rikkipitoisuudesta.

Suomen peltojen keskimääräinen pH-luku on 5.60. Näytteistä suurin osa kuuluu pH-luokkaan 5.6-5.8. Sitä alempi luokka (5.3-5.5.) on enemmistönä pohjois-Suomessa ja ylempi luokka (5.9-6.1) on suurin lounais-Suomessa. Ahvenanmaalla suurin osa näytteistä on luokissa, joiden pH on yli 6.1.

### Vaihtuva kalsium

Kalsiumpitoisuus eri maalajeissa

Vaihtuvaa kalsiumia on eniten savimaissa ja etenkin aitosavessa (2459 mg/l). Kiennäismaiden savipitoisuuden laskiessa ja raekoon suurentuessa kalsiumin määrä vähenee. Niinpä hiekkamaissa kalsiumia on vain 955 mg/l. Turvemaista mersäsaraturpeet sisältävät kalsiumia eniten (1943 mg/l) ja rahkaturpeen vähiten (944 mg/l).

Kalsiumpitoisuus eri humuspitoisuusluokissa

Kalsiumia on vähiten (749 mg/l) humuspitoisuusluokassa 0-3 % (vähämultainen), mikä johtunee siitä, että tämä luokka käsittää suhteellisesti eniten karkeita maalajeja, joissa luonnostaan on heikon pidättymisen takia niukasti vaihtuvia kationeja. Seuraavaksi alin Ca-pitoisuus (1350 mg/l) on luokassa 3-6 % (multava). Muissa luokissa se on 1477-1600 mg/l.

Kalsiumpitoisuus alueittain

Vähiten kalsiumia on Pohjois-Suomessa ja Pohjanlahden rannikkoalueella (1125-1160 mg/l). Eteläänpäin siirryttäessä kalsiumpitoisuus nousee ja on selvästi korkein (3642 mg/l) Ahvenanmaalla. Koko maassa eniten näytteitä on Ca-luokassa 1200-1600 mg/l. Pohjois-Suomessa suurin osa näytteistä on alemmissa luokissa mutta Ahvenanmaalla ylemmissä luokissa.

### Happamuus- ja kalkkitilanteen kehitys sekä kalkitustarve

Happamuuden ja kalkkipitoisuuden kehitys on lähes kaikilla alueilla kulkenut parempaan suuntaan, eli pH-luku ja kalkkipitoisuus ovat nousseet kun verrataan vuoden 1977 tilannetta eri viisivuotiskausten tilanteisiin aikavälillä 1955-1970.

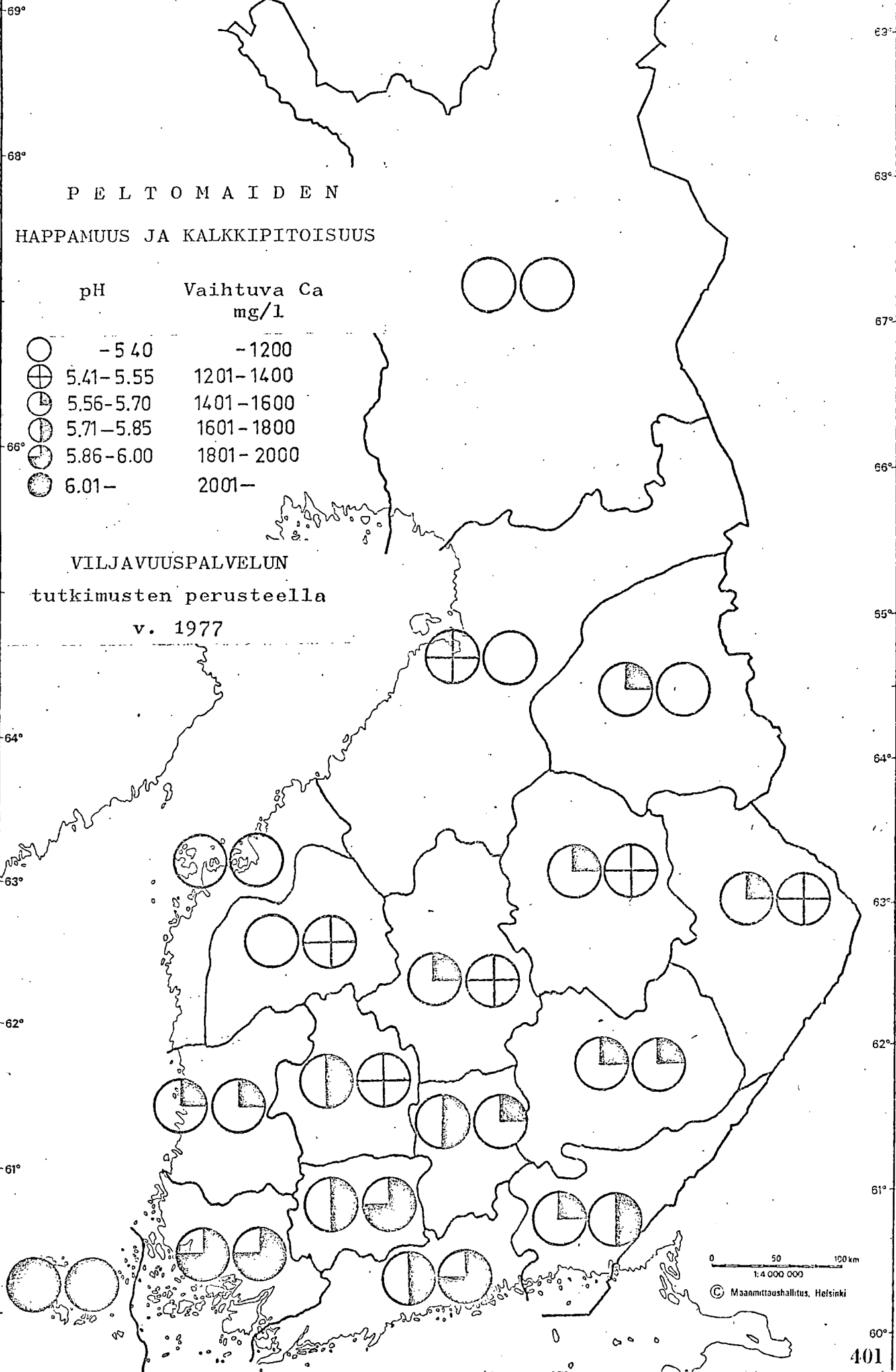
Suomen pelloista suurin osa on kuitenkin kalkituksen tarpeessa. Pohjois-Suomessa ja Pohjanmaalla pelloista 85-95 % kaippaa kalkkia, Keski-Suomessa 80-90 %, Etelä-Suomessa 75-85 %, Lounais-Suomessa 60-70 % ja Ahvenanmaalla 40-50 %.

### Kirjallisuutta:

KURKI, M., 1972. Suomen peltojen viljavuudesta II. Referat. Über die Fruchtbarkeit des finnischen Ackerbodens. 182 p.

17° 18° 19° 20° 21° 22° 23° 24° 25° 26° 27° 29° 30° 31° 32° 33°

TILASTON POHJAKARTTA  
BASKARTAN FÖR SATTISTIK.



P E L T O M A I D E N  
HAPPAMUUS JA KALKKIPITOISUUS

pH	Vaihtuva Ca mg/l
○	- 5 40      - 1200
⊕	5.41-5.55    1201-1400
⊘	5.56-5.70    1401-1600
⊙	5.71-5.85    1601-1800
◐	5.86-6.00    1801-2000
◑	6.01-        2001-

VILJAVUUSPALVELUN  
tutkimusten perusteella  
v. 1977

0 50 100 km  
1:4 000 000

© Maanmittaushallitus, Helsinki

## HAPPAMUUS- JA KALKKITILANTEEN KEHITYS ERI ALUEILLA

	1955 - 1960		1961 - 1965		1966 - 1970		1977	
	pH	Ca	pH	Ca	pH	Ca	pH	Ca
AHVENANMAA	6.10	3370	6.15	2720	6.17	3192	6.23	3642
UUSIMAA	5.60	1780	5.60	1800	5.66	1831	5.72	1997
PIRKANMAA	5.60	1350	5.62	1360	5.68	1354	5.80	1379
MIKKELIN LÄÄNI	5.50	1350	5.52	1360	5.59	1374	5.64	1456
ETELA-POHJANMAA	5.40	1030	5.41	1200	5.46	1249	5.40	1269
ÖSTERBOTTEN	5.30	980	5.33	1000	5.33	1109	5.37	1160
KAINUU	5.40	970	5.50	990	5.55	1005	5.66	1131
LAPPI	5.30	800	5.34	870	5.36	955	5.34	1140

Jens Jensen (Selostuksen laatinut Raili Jokinen)

### Tanskan peltojen pH ja kalkitustarve

Kalkin huuhtoutuminen maasta on Tanskan ilmastossa tavallinen ilmiö. Maan happamuuden määrittäminen laboratoriossa on vanhin ja eniten käytetty maa-analyysi Tanskassa. Aluksi käytettiin yksinkertaisia kemiallisia menetelmiä (esim. brusniinia ja lekmusta) myöhemmin niitä täydennettiin n.s. azotobactermenetelmällä. Viimeksi mainittu perustuu siihen, että Azotobacter-viljelmä ei kasva erittäin happamassa maassa.

Suunnilleen vuodesta 1925 lähtien ovat sähkökemialliset menetelmät olleet käytössä, aluksi kinhydronielektrodit ja myöhemmin lasielektrodit. Käytetty tekniikka on 50 vuoden kuluessa osittain muuttunut. Maanaäytteiden pH on mitattu vesilietoksesta varsinkin puutarhamaiden näytteistä, mutta suurimmasta osasta peltojen näytteitä (80-90 %) määrittäminen on tehty suolalietoksesta, vuoteen 1972 asti 1 M kaliumkloridista. Suolalietoksesta saatuun pH-arvoon lisättiin vuoteen 1957 asti luku 1.0 ja sen jälkeen luku 0.9, jotta päästiin samalle tasolle vesilietoksen pH-lukujen kanssa. Vuonna 1972 otettiin käyttöön 0.01 M  $\text{CaCl}_2$  ja lisättävä luku on 0.5 edellä mainitusta syystä.

Siirryttäessä tähän menetelmään ja lisäyslukuun 0.5 tapahtui pH-lukujen aleneminen 0.1-0.2 yksiköllä, sen vuoksi taulukkoon 1 on otettu maanaäytteiden pH-lukujen jakautuma vuodesta 1973 lähtien. Tulosten mukaan jakautumassa ei ole tapahtunut oleellisia muutoksia näinä vuosina. Kuitenkin on otettava huomioon, että suurin osa näytteistä on otettu alueilta, joilla oletetaan olevan kalkituksen tarvetta tai edellisestä kalkituksesta on kulunut useita vuosia. Todellinen pH-lukujen keskiarvo Tanskan maissa lienee 0.4-0.5 yksikköä korkeampi kuin taukukon perusteella saatava luku osoittaa.

Kalkin käyttö on viime vuosina lisääntynyt (kuva 1) ja on nykyisin noin 500 kg/ha  $\text{CaCO}_3$  vuosittain, kun peltoalaksi lasketaan noin 2.9 miljoonaa hehtaaria. Kalkin käytön nousu on ollut tarpeen lisääntyneen happamien tyyppilannoitteiden aiheuttaman happamuuden neutraloimiseen. Eräät laskelmat osoittavat, että yli puolet tuosta 500 kg kuluu tähän neutralointiin. Maa-analyysien tulokset ja kalkin käyttöluvut viime vuosilta osoittavat, että kalkkia on annettu riittävästi.

Tanskalaisten tutkimusten mukaan kalkin huuhtoutumisriski on pieni, jos kalkitus uusitaan muutamien vuosien välein ja käytetään kohtuullisia kalkkimääriä. Tällä tavoin vältetään maan happamuuden sekä happamuudesta riippuvien kasvien kasvuun vaikuttavien tekijöiden voimakkaat vaihtelut maassa.

Kalkin käyttö vaihtelee vuodesta toiseen mm. syksyn säiden ja maatalouden taoudellisten syiden vuoksi.

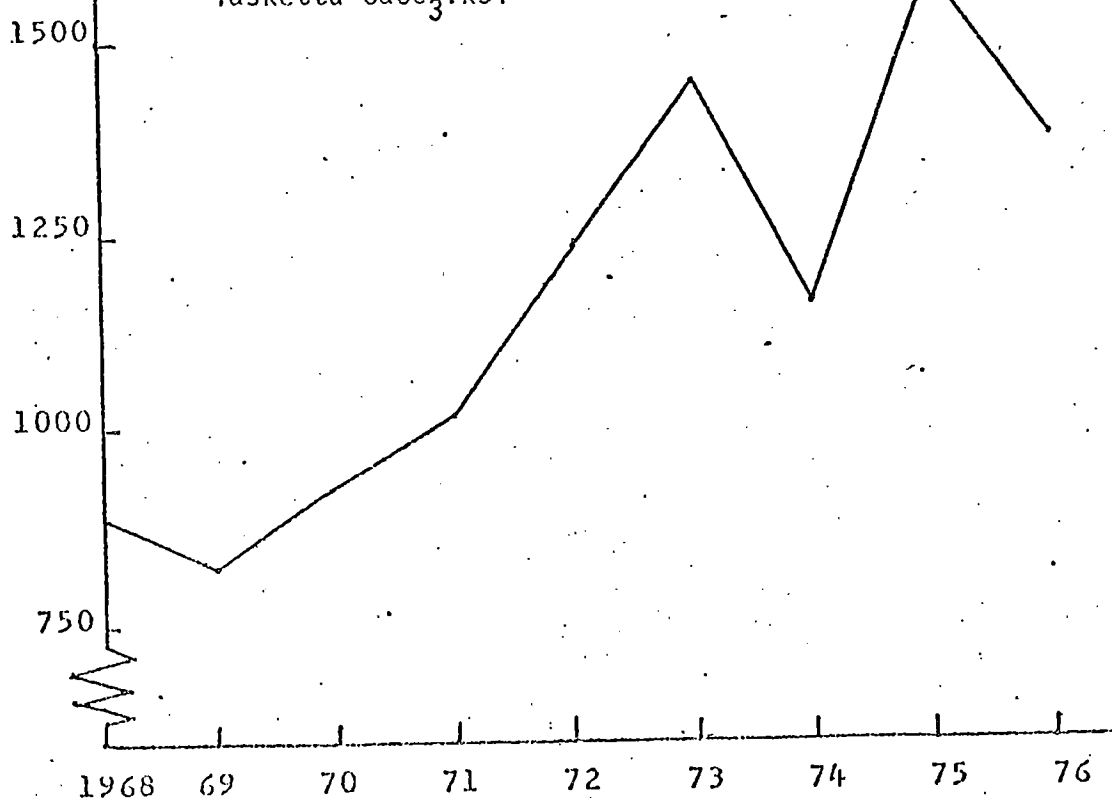
Taulukko 1. Maanäytteiden jakautuminen (%) eri pH-luokkiin ( $\text{pH}_{\text{CaCl}_2} + 0.5$ )

Vuosi	1973	1974	1975	1976	1977
Maanäytteiden lukumäärä	168055	157687	167001	155806	159890
pH alle 5,5	11	11	11	12	11
5,5 - 5,9	25	23	24	24	23
6,0 - 6,4	26	26	27	26	27
6,5 - 6,9	21	22	21	21	21
7,0 - 7,4	12	13	12	12	13
7,5 ja yli	5	5	5	5	5

$\text{CaCO}_3$   
1000 t

Kuva 1.

Maatalouden kalkinkäyttö Tanskassa,  
laskettu  $\text{CaCO}_3$ :ksi



Asbjørn Sorteberg (Selostuksen laatinut Antti Jaakkola)

Kalkin ja neutraalin kalsiumin vaikutus kasvinviljelyssä ravinneköyhällä turvemaalla

Johdanto

Kuten tunnettua, raudan puutteesta johtuva kloroosi on melko yleinen Norjassa turvemailla, ennenkaikkea viljoilla ja vaativilla nurmiheinillä sitä esiintyy. Juuri viljelykseen otetulla turvemaalla on raudanpuute tavallisesti voimakkain kohtalaisen tai heikon kalkituksen jälkeen.

Koetuloksia

Astiakokeessa, jonka tarkoituksena oli tutkia kadmiumin vaikutusta sadon suuruuteen ja kemialliseen koostumukseen, saatiin mielenkiintoisia tuloksia kloroosin esiintymisestä kohtuullisen kalkituksen seurauksena. Pääpiirteissään koesuunnitelmaan kuului (määrät 5 litran astiaa kohti):

Kadmium: 0(A), 5(B), 50(C) mg Cd CdCl<sub>2</sub>:ssa.

Emäsmäärä (kalkki/NaOH): 12,5 g CaCO<sub>3</sub>(1), 25 g CaCO<sub>2</sub>(2), 11,3 g NaOH(3).

Maan pH näiden määrien antamisen jälkeen oli noin 5 (1), 6-6,5 (2 ja 3).

Koelannoitus: a. kalsiumrikas = Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> + K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

b. kalsiumvapaa = NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> + K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

c. kalsiumköyhä = Y-lannos 20-5-9 + K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Määrät a, b ja c varten = 0,6 g N + 0,15 g P + 0,6 g K.

Tämän lisäksi aluslannoitukseksi annettiin hivenravinteita kaikille koejäsenille.

Koekasvina oli vuonna 1976 kaura ja 1977 ohra. Tärkeimmät tulokset voidaan tiivistää seuraavasti huomioon ottamatta kadmiumin oton vaikutusta (taulukot 1 ja 2):

1. Useat vaikutuksista ovat olleet heikkoja ensimmäisenä vuonna, mutta osittain huomattavasti voimakkaampia toisena vuonna.

2. Kalkkimäärä 1 on aiheuttanut selvän kloroosin kasveihin. Kloroosi on osoittautunut olevan yhteydessä koelannoitukseen, lannoitus b on johtanut suhteellisen voimakkaaseen kloroosiin ja lannoitus a on johtanut vähäiseen kloroosiin tai ei ole aiheuttanut sitä lainkaan, kun taas lannoitus c on ollut b:n ja a:n väliltä vaikutukseltaan. Kalkkiannoksen 2 jälkeen ei missään lannoituskoejäsenessä ole ollut kloroosia.

3. Kalkkiannoksen 1 jälkeen on sadon suuruus melkoisessa määrin riippunut kloroosin esiintymisestä, ts. suurin sato saatiin koejäsenessä a ja pienin koejäsenessä b. Myös kalkkiannoksella 2 on sato osittain pienempi koejäsenessä b kuin koejäsenessä a ja c. Emäsannoksella 3 (NaOH) on ollut täysi kato koejäsenessä b ja c, mutta jonkin verran vähentynyt tai täysi sato koejäsenessä a.
4. Kalsiumpitoisuus on suunnilleen sama koejäsenissä a ja b, mutta vähän pienempi koejäsenessä c. Kasvin astiaa kohti ottama määrä on osittain suurempi koejäsenessä a kuin koejäsenissä b ja c.
5. Typen ja kaliumin pitoisuus vaihtelee hyvin vähän lannoituskoekäsitteinä, kun taas kasvin ottama määrä astiaa kohti suurin piirtein vastaa eroja sadon suuruudessa.
6. Fosforipitoisuus on osittain merkittävästi korkeampi koejäsenessä b kuin jäsenissä a ja c.
7. Kalsiumia on fosforiin verrattuna kasveissa kalkkiannoksella 1 merkittävästi enemmän koejäsenessä a kuin jäsenissä b ja c.

#### Päätelmä

Heikko tai kohtalainen kalkitus on johtanut kloroosiin, joka taas oletettavasti on johtanut sadon vähenemiseen. Kalsiumin saanti eri lannoituskoekäsitteissä heijastuu vain vähäisessä määrin kasvien kalsiumpitoisuudessa sadon korjuun aikaan. Sadossa on fosforia kalsiumiin verrattuna huomattavasti vähemmän, kun lannoitteessa on paljon kalsiumia kuin silloin kun lannoitteessa on vähän kalsiumia tai sitä ei ole siinä lainkaan. Koejäsen, jolle annettiin kaksinkertainen määrä fosforia (ei ole otettu mukaan esitettyyn koesuunnitelmaan) kehitti voimakkaan kloroosin ja kasvu siinä oli heikkoa. Kysymys eri koejäsenissä annettujen typpi- ja fosforiyhdisteiden merkityksestä on toistaiseksi avoin. Maan pH selittää ilmeisesti satoerot.



Taulukko 1. Suhteelliset kaura- ja ohrasadot (kaura 1976, ohra 1977). a = 100.

CaCO <sub>3</sub> g/astia	Keskiarvo 0 ja 5 mg/astia Cd			
	b		c	
	1976	1977	1976	1977
12,5	88	77	98	89
25	101	83	105	101

Taulukko 2. Sadon kalsiumpitoisuus ja Ca:P-suhde niukan kalkituksen jälkeen

Sarja	Koejäsen					
	a		b		c	
	1976	1977	1976	1977	1976	1977
Kalsiumpitoisuus mg/g ilmakuivassa sadossa						
A. Ilman Cd	0.52	0.46	0.53	0.38	0.53	0.38
B. 5 mg/astia Cd	0.40	0.41	0.51	0.43	0.43	0.30
C. 50 " "	0.55	0.35	0.44	0.25	0.49	0.24
Keskiarvo	0.49	0.41	0.49	0.35	0.48	0.31
Suhde Ca:P						
A. Ilman Cd	3.06	2.88	2.79	1.90	2.79	1.90
B. 5 mg/astia Cd	2.50	2.93	2.43	1.95	2.15	1.76
C. 50 " "	3.06	1.84	2.10	1.04	2.13	1.41
Keskiarvo	2.87	2.55	2.44	1.63	2.36	1.69

Sven L. Jansson (Selostuksen laatinut Antti Jaakkola)

### Kalkituksen teoria ja käytäntö pohjoismaisissa olosuhteissa

Yleisesti kalkitusta pidetään ja käytetään yksinomaan kokemusperäisenä maanparannusmenetelmänä, joka perustuu yksinkertaisiin ja lyhytaikaisiin kenttäkokeisiin nousevilla kalkkimäärillä.

Tämä ei olisi kuitenkaan välttämätöntä, sillä kalkituksella on jo kauan ollut pitkälle kehittynyt teoreettinen perusta. Tämä nojautuu maaperäopin eri haaroihin; maaperä- ja kolloidikemiaan, maaperäfyysiikkaan ja maanmikrobiologiaan sekä melkoisessa määrin myös pedologiaan.

Valitettavasti käytetään teoreettista perustaa aivan liian harvoin ja aivan liian epätäydellisesti hyväksi koulutettaessa maatalousneuvoja ja opettajia ja sen ohessa myös käytännöllisessä maanviljelyssä.

Seuraavassa esitetään tiivistettynä kalkituksen tieteellinen perusta maanparannus- ja maanhoitotoimenpiteenä pohjoismaisissa oloissa, s.o. lauhkeassa ja humidissa ilmastossa.

Pedologian kannalta täytyy kalkituksen korjata maan jatkuvan huuhtoutumisen aiheuttamat happanemisen ja köyhtymisen haitat, joita esiintyy pohjoisissa oloissa ja joita nyky-yhteiskunnan toiminta tietystä määrin lisää.

Kemiallis-biologisesti maata voidaan pitää dynaamisena reaktiosysteeminä, jossa on erotettavissa kemiallinen ja biologinen puoli.

Useimpien välttämättömien kasvinravinteiden, mm. fosforin, kaliumin, kalsiumin, magnesiumin ja useimpien hivenravinteiden saanti riippuu pääasiassa reaktiosysteemin kemiallisesta puolesta, kun taas typen saanti riippuu pääasiassa biologisesta reaktiosysteemistä.

Reaktiosysteemi täytyy pitää kalkituksella ja lannoituksella kunnossa eli sellaisena, että hyvän sadon juurten ympäristölle ja ravinteiden saannille asettamat vaatimukset tulevat täytetyiksi.

Kalkitus on tärkein keinomme, jolla voimme säädellä maanesteen ja kolloidipintojen kemiallista tilaa. Emäskyllästysasteen pitäisi olla kolloidinauksessa jatkuvasti 70-80 %:ssa ja kalsiumkyllästysasteen 60-70 %:ssa. Näiden vaatimusten täyttämiseksi tarvitaan usein viljelymaiden peruskalkitusta ja melkein aina jonkinlaista jatkuvaa ylläpitokalkitusta.

Mallia maasta dynaamisena reaktiosysteeminä kalsiumkyllästysaste tärkeänä kuntoa osoittavana tekijänä on testattu pitkäaikaisessa astiakokeissa, joissa fosforilla on ollut pääpaino kemiallisissa reaktioissa ja tyypellä biologisissa. Samantapaisia periaatteita kuin näissä astiakokeissa on noudatettu kenttäkokeissa, joista dosentti G. Simán on esittänyt tuloksia tässä samassa julkaisussa.

Erik Jonsson (Selostuksen laatinut Antti Jaakkola)

### Kalkitustarpeen määritysmenetelmät

Maa toimii periaatteessa samoin kuin pääasiassa negatiivisesti latautunut ioninvaihdin, sillä on tietty kationinvaihtokapasiteetti, joka tavallisesti ilmoitetaan milliekvivalentteina vaihtuvia kationeita 100 g ilmakuivaa maata kohti. Tämä vaihtokapasiteetti on käytetty osittain vetyionien osittain metallikationien sitomiseen. Optimaalisena vedyn ja metallikationien suhtena kasvien ravinteidenotolle pidetään kivennäismaissa suhdetta 1:3, emäskyllästysasteen täytyy näinollen olla suunnilleen 75 %. Meidän maaperässämme tapahtuu jatkuvaa metallikationien siirtymistä pois maasta sateen ja kasvien ravinteiden oton takia. Mikäli rapautuminen ei korvaa poissiirtymistä, tapahtuu maan happanemista, emäskyllästysaste ja sen mukana pH-arvo alenevat. Koska rapautuminen harvoin riittää kompensoimaan happanemisen viljellyissä maissa, tarvitaan emäksisesti vaikuttavien aineitten lisäämistä, mikä tapahtuu käytännössä kalkitseamalla maa. Kalkin valinta neutralointiaineeksi on helposti selitettävissä kahdesta syystä, suurin osa (80-85 %) vaihtuvista emäksistä maakolloidien pinnoilla on kalsiumia ja tätä metallia esiintyy runsaasti karbonaattina.

Miten arvioidaan kalkkimäärä, joka on annettava maahan optimaalisten viljelyedellytysten luomiseksi?

### Kenttäkokeet

Kenttäkoe on menetelmä, joka antaa varhimman tuloksen. Arvot, jotka saadaan, ovat suoraan sovellettavissa käytäntöön.

Haitat ovat melkoiset, kustannukset ovat korkeat ja tulosten odotusaika pitkä. Kenttäkoetta on kuitenkin pidettävä menetelmänä, joka antaa tarvittavat normit ja johon muita menetelmiä verrataan.

### Laboratoriomenetelmät

Kalkin tarpeen nopeampana ja halvempaan määritysmenetelmänä tulevat laboratoriomenetelmät mukaan kuvaan. Menetelmiä on lukuisia määriä, sekä yksinkertaisia että monimutkaisia. Muistissa on aina pidettävä, että tulos on täysin riippuvainen näytteen otosta ja näytteen käsittelystä. Sen pienen maamäärän, josta analyysi tehdään, pitää edustaa jopa tuhansia tonneja maata. Jokin menetelmä voi antaa oikeita ja hyvin toistettavia tuloksia, mutta jos näyte ei vastaa sitä maata, jota halutaan tutkia, on analyysi joka tapauksessa arvoton. Seuraavassa valotetaan joitakin periaatteita.

### pH-arvo

Eniten käytetty menetelmä kalkintarpeen arvioimisessa on pH-mittaus, joka antaa kuvan maanesteen happamuudesta. Näyte lietetään tislattuun veteen tai suolaliuokseen esimerkiksi 1 M KCl:ään tai 0,01 M CaCl<sub>2</sub>:een ja mittaus tapahtuu suspensios- ta lasielektrodilla. Saatu pH-arvo antaa kuitenkin vain kvalitatiivisen mitan kal- kin tarpeesta, maa, jossa pH on alhainen ja emäskyllästysaste pieni, vaatii oleel- lisesti vähemmän kalkkia kuin maa, jonka pH on sama, mutta jossa emäskyllästysaste on suuri, jotta pH kohoaisi samaan arvoon. Tämän takia pH-arvon lisäksi on otetta- va huomioon maalaji ja verrattava tulosta kenttäkokeisiin, jotta saataisiin mitta- tarvittavasta kalkkiannoksesta.

Jos maassa on aineita, jotka voivat muodostaa happamia aineita muuttuessaan maassa, esimerkiksi sulfideja, jotka hapettuvat rikkihapoksi siirtyessään anaerobisesta ympäristöstä aerobiseen, pH-arvo antaa aivan väärän tuloksen. Tämä koskee varsin- kin eloperäisiä maita, jotka korkean vaihtokapasiteettinsa takia sietävät matalam- paa emäskyllästysastetta ja siten matalampaa pH:ta kuin kivennäismaat. Maan pH:n mittaus on siten käyttökelpoisin kivennäismailla ja sitä täytyy tulkita varauksel- lisesti eloperäisillä mailla.

Menetelmä on nopea, halpa ja antaa hyvän toistettavuuden, minkä takia se huolimatta haitoistaan luultavasti tulee säilyttämään asemansa tärkeimpänä menetelmänä kalkin tarpeen arvioinnissa. Taulukko 1 esittää Ruotsissa voimassa olevia pH-arvon tulkin- nan normeja.

### Kationinvaihtokapasiteetin määrittämiseen perustuvat menetelmät

Koska kationinvaihtokapasiteetti ja emäskyllästysaste muodostavat kalkitustarpeen perustan, pitäisi näiden suureiden määrittäminen olla hyvin käyttökelpoisia myös kalkintarpeen arvioinnissa. Periaatteessa määrittäminen tapahtuu siten, että maa- kolloidien pinnoille pidättyneet ionit syrjäytetään sopivalla kationilla ja syrjäy- tyneet ionit, vaihtohappamuus ja/tai adsorboituneen, muita ioneja syrjäyttäneen ionin määrä määritetään. Saatu kationinvaihtokapasiteetin ja emäskyllästysasteen arvo riippuu suuressa määrin

1. syrjäyttävästä ionista,
2. vaihtoliuoksen pH:sta ja puskurikyvystä,
3. siitä, kuinka nopeasti tasapaino asettuu (uuttoajasta) ja
4. maassa alunperin olevista vaihtuvista ioneista..

Seuraavassa esitetään kolme esimerkkiä tämän tyyppisten määritysten havainnollistamiseksi.

### 1. Kyllästys kalsiumionilla kalsiumasetatiliuoksessa pH 7.

Maata huuhdotaan 0,5 N neutraalilla kalsiumasetatilla täyteen kalsiumilla kyllästämiseen asti, adsorboitunut kalsium syrjäytetään ammoniumilla ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) ja määritetään oksalaattina tai liekkifotometrillä. Vaihtohappamuus määritetään titraamalla määrättilavuus maan läpi valunutta kalsiumasetatiliuosta ja vaihtuvien metallikationien määrä eli S-arvo saadaan erotuksena. Menetelmää ei voi käyttää kalsiumkarbonaatti- tai kipsipitoisiin maihin, koska kalsium liukenee näistä.

Menetelmä antaa hyvin toistettavia tuloksia, mutta on työläs ja siksi kallis.

### 2. Syrjäytys imidazolammoniumkloridipuskurilla, pH 7.

Maa huuhdotaan puskuriliuoksella ja määrättilavuus titrataan suolahapolla pH 4,0:aan. Sama määrä alkuperäistä puskuriliuosta titrataan samaan pH-arvoon. Erotus ilmaistuna yksikkönä mval/100 g maata ilmoittaa vaihtohappamuuden. Toisesta määrättilavuudesta uutetta määritetään EDTA-titrauksella vaihtuvan kalsiumin, magnesiumin ja mangaanin summa, mitä käytetään S-arvon likiarvona. S-arvon ja vaihtohappamuuden summa ilmaistuna yksikkönä mval/100 g maata ilmoittaa vaihtokapasiteetin.

Menetelmä antaa toistettavia tuloksia ja on suhteellisen nopea.

### 3. Syrjäytys värillisellä ionilla ja kolometrinen mittaus.

S-arvon määrittystä varten huiskutetaan maata kobolttiliuoksessa. Määritettäessä, T-arvoa eli kokonaisvaihtokapasiteettia lisätään uutettaessa kalsiumkarbonaattia liuokseen. Puhtaan uuttoliuoksen ja uutteen kobolttipitoisuus mitataan kolorimetrisesti, sen jälkeen kun orgaaninen aines on hapetettu ja mahdollinen mangaani pelkistetty. Kolorimetrinen mittaus voidaan luultavasti korvata menestyksellisesti atomiabsorptiomittauksella. Kobolttipitoisuuksien erotus laskettuna yksikkönä mval/100 g maata ilmoittaa S- tai T-arvon. Molempien arvojen määrittämiseen tarvitaan siis kaksi uuttoa. Tästä huolimatta menetelmä on nopea ja soveltuu suuriin sarjoihin. Se antaa hyviä tuloksia, jotka oikein hyvin pitävät yhtä muiden menetelmien kanssa viljeltyjen kivennäismaiden kysymyksessä ollen, mutta esimerkiksi erittäin happamilla metsämailla on paikkansapitävyys huono. Tietty osa vaikeuksista toistettavuudessa johtuu kolorimetrisestä mittauksesta, koska pieni ero ekstinktiassa vastaa suuria eroja S- ja T-arvoissa. Viljelymaihin sovellettavaa menetelmää, jossa käytetään koboltin mittausta AA:lla, pitää vielä kokeilla.

## Titrauskäyrät ja puskuriliuokset

Jonkin maan kalkintarve voidaan arvioida myös määrittämällä vaihtohappamuus suoralla titrauksella, laatimalla titrauskäyrä tai puskuriliuoksen pH-muutosten perusteella. Suora titraus, joka teoreettisesti ja laboratorio-olosuhteissa on luopaava, vaikeutuu sen takia, että jokainen emäslisäys vaatii pitkän ajan, ennenkuin tasapaino saavutetaan. Kokeet osoittavat, että tiettyjen maiden pH-luku on asetunut vakiotasolle vasta useiden vuorokausien kuluttua.

Nopeampi tapa on silloin lisätä nousevia määriä kalsiumhydroksidia tiettyyn maamäärään sarjassa koeputkia, huiskuttaa lietosta esimerkiksi yli yön ja mitata pH lietteestä. Vertaamalla lisättyä emäsmäärää yksikkönä mval/100 g maata pH-arvoon saadaan titrauskäyrä, josta on mahdollista lukea se määrä kalkkia, joka teoreettisesti tarvitaan pH-arvon nostamiseksi tietylle tasolle.

Titrausmenetelmän muunnelma on puskuriliuosten käyttö kalkin tarpeen määrittämisessä. Maanäyte uutetaan puskuriliuoksella, jonka alku-pH on tavallisesti noin 7 ja määrättilavuus suodoksesta titrataan takaisin alkuperäiseen pH-arvoon. Myös voidaan kalsium määrittää uutteesta, mikä vaatii kalsiumitonta puskuriliuosta. Ns. emäsluvun (basta) määrittäminen, jossa Egnerin laktaattiliuosta käytetään myös kalkintarpeen määrittämiseen, on esimerkki sellaisesta menetelmästä. Jotta saataisiin riittävä ero pH-arvojen välillä, täytyy liuoksen puskurikykyyn olla hyvin alhainen, mikä on haitta korkean T-arvon omaavissa maissa.

Samantapaisiin menetelmiin kuuluu uutto sellaisella puskurijärjestelmällä, jonka puskurivaikutus on lineaarinen leveällä pH-alueella. Täten saadaan korkea puskurikapasiteetti käyttämällä melko alhaisia puskurikonsentraatioita.

Kaikki nämä titrausmenetelmät ovat laboratorio-olosuhteissa nopeita ja melko toistettavia, mutta tulos vaatii tarkan kalibroinnin kenttäkokeiden suhteen. Käytännössä kalkkiannos on suunnilleen kaksinkertainen laboratorioissa määritettyyn verrattuna lähinnä sen takia, että kalkin sekoittaminen maahan tasaisesti kenttäolosuhteissa on vaikeata.

## Kalkintarpeen arviointi

Taulukot 2 ja 3 esittävät eri menetelmien vertailua. Taulukossa 2, joka on lainattu Hans Nömmikin kirjoituksesta "Ammonium Chloride-Imidazole Extraction Procedure..." nähdään selvästi, millaiset erot eri menetelmien välillä ovat. Taulukossa 3 esitetään joitakin menetelmien vertailuja, jotka olemme tehneet SLL:ssä.

Lasketut kalkintarpeen arvot vaihtelevat voimakkaasti, kuten nähdään.

#### Eloperäiset maat

Eloperäiset maat, joiden vaihtokapasiteetti on korkea, sietävät selvästi alhaisempaa emäskyllästysastetta ja siten alhaisempaa pH-arvoa. Mainitut kalkintarpeen määritysmenetelmät soveltuvat myös eloperäisiin maihin, mutta tulokset ovat vaikeasti tulkittavia. Jos maassa on hapettuvia aineita, esimerkiksi sulfideja, joista syntyy happamia hapetustuotteita, tulee tuloksista aivan harhaanjohtavia. Mahdollisesti vanha "nettokalkkimenetelmä" on suositeltavin eloperäisille maille, varsinkin jos niissä on sulfideja. Nettokalkkimenetelmässä maan kokonaiskalkkipitoisuus ja rikkipitoisuus määritetään ja lasketaan, kuinka paljon kalkkia tarvitaan rikin neutraloimiseen.

Taulukossa 4 on ruotsalaiset eloperäisen maan kalkitusnormit.

Edellä sanotusta selviää, että on vaikeata tai miltei mahdotonta verrata eri menetelmillä saatuja tuloksia, joiden perusteella pyritään laskemaan emäskyllästysaste ja kalkin tarve. Sitäpaitsi mikään laboratoriomenetelmä ei anna suoraa mittaa tarvittavasta kalkkiannoksesta. Menetelmä täytyy kalibroida kenttäkokeella. Tämän vuoksi olisi hyvä, jos päästäisiin yksimielisyyteen nopeasta, toistettavasta ja halvasta rutiinimenetelmästä kalkin tarpeen arvioimiseksi. Menetelmä pitäisi tarkasti kokeilla ja kalibroida kalkituskokeiden avulla, niin että mahdollisimman luotettavat tulkintanormit saataisiin käyttöön.



Taulukko 1. Kivennäismaat: kalkitustarve, kalkkia (CaO) t/ha.

pH-arvo	kalkitustarve
noin 5,5	Kalkitustarve on olemassa. Peruskalkitus suunnilleen seuraavilla määrillä: a) savet ja savespitoiset kivennäismaat: 4-5 t/ha kalkkia (CaO) b) savesköyhät kivennäismaat: 2-3 t/ha (CaO). Tarvittaessa perusfosforilannoitus voidaan tehdä thomasfosfaatilla.
noin 6,0	Kalkitustarve on olemassa. Kalkitus suunnilleen seuraavilla määrillä: a) savet ja savespitoiset kivennäismaat: 2-3 t/ha CaO. b) savesköyhät kivennäismaat: vain ylläpitokalkitus.
noin 6,5 ja sen yli	Kalkitus toistaiseksi tarpeetonta.

Huom. Jos kalkitustarve on olemassa, täytyy kalkkiannoksen olla suurempi multavalla kuin vähämultaisella maalla.

Taulukko 2. Kolmen menetelmällä 1-5 analysoidun maaryhmän kationinvaihtokapasiteetin (CEC), titrattavan happamuuden (TA), vaihtuvien emästen kokonaismäärän (TEB) ja emäskyllästysasteen (BS) keskiarvot.

	Menetelmä				
	1	2	3	4	5
Metsämaat					
Humus ( $A_0$ ), 23 näytettä					
CEC	99.1	110.1	75.7	26.8	25.6
TA	86.1	96.2	56.7	12.7	11.6
TEB	13.0	13.9	19.1	14.0	14.0
BS, %	13.1	7.4	25.2	52.2	54.7
Kivennäismaa ( $A_1-A_2$ ), 14 näytettä					
CEC	16.4	20.2	14.2	5.6	5.4
TA	13.9	17.8	9.6	3.0	2.7
TEB	2.5	2.5	4.6	2.6	2.7
BS, %	15.2	12.4	32.4	46.4	50.0
Viljellyt maat, 23 näytettä					
CEC	17.5	23.4	17.0	10.6	
TA	7.2	12.8	7.4	0.3	
TEB	10.3	10.6	9.6	10.3	
BS, %	59.3	45.3	56.5	97.2	

- Menetelmä 1. Ammoniumkloridi - imidazolipuskuri  
 2. Bariumkloridi - trietanolaminpuskuri  
 3. Kobolttimenetelmä  
 4. Uutto 2M KCl  
 5. Uutto 1M  $NH_4Cl$

Lähde: Hans Nömmik: Ammonium Chloride - Imidazole Extraktion Procedure...

Taulukko 3. Eri menetelmien perusteella laskettujen kalkintarpeiden vertailu.

Menetelmä 1. Imidazolipuskuri 2. Kalsiumkyllästys 3. Titrauskäyrä

Näyte	Maalaji	Multavuus %	pH/ <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	mval/100 g maata S	T	Emäskyl- lästys- aste	Laskettu kalkin tarve t/ha CaO	Menetelmä
4 a	HeS	3.3	6.3	13.2	18.5	71	0.4	1
				14.2	17.8	80	-	2
							2.8	3
14 a	He	1.9	6.0	3.0	10.5	29	3.4	1
				2.9	5.8	50	1.1	2
							2.8	3
15 a	turve	73	4.6	24.6	123.9	20	15.3	1
				71.5	102.3	70	1.2	2
							8.4	3
16 a	TjAS	4.0	5.7	15.7	28.6	55	4.1	1
				16.3	22.5	73	-	2
							4.3(pH 6.5)	3

Taulukko 4. Multa- ja turvemaat: kalkintarve, t/ha CaO.

	Nettokalkkimäärä t/ha CaO	Kalkitustarve
1. Liejut ja liejupitoiset maat, pH alle 6,0	Alle 2	Suosittelaa harkitsemaan jo- kaista tapausta erikseen. Neu- vojan apu tarpeen.
	2-3	Kalkitus 4 t/ha CaO saakka
	4-6	Kalkitus 1-2 t/ha CaO
	Yli 6	Kalkitus toistaiseksi tarpeeton
2. Muut eloperäiset maat, pH alle 6,0	Alle 4	Kalkitus 2-3 t/ha CaO
	4-6	Kalkitus 1-2 t/ha CaO
	Yli 6	Kalkitus toistaiseksi tarpeeton
3. Kaikki eloperäiset maat, joiden pH yli 6,0		Kalkitus yleensä tarpeeton

Mikko Sillanpää

Kalkituksen pitkäaikainen vaikutus maaprofiilin kemiallisiin ominaisuuksiin

Tiivistelmä

Tutkimuksessa verrataan kalkitsemattoman ja kalkitun (21 tn/ha) maaprofiilin kemiallisia ominaisuuksia 35 vuotta kalkituksen jälkeen.<sup>x)</sup> Vaikka koeruutuja oli muutoin viljelty ja lannoitettu yhdenmukaisesti, aiheuttivat niiden satoerot ja erot apila-timoteinurmien kasvilajikoostumuksessa huomattavia eroja satojen maasta ottamissa ravinnemäärissä.

Koekentän lajitekoostumus ja profiilien analyysitulokset on esitetty kuvassa 1.

Maan pH oli koejakson lopussa kalkitun profiilin muokkauskerroksessa lähes 1 pH-yksikköä korkeampi kuin kalkitsemattoman. Profiilin alemmissakin (20-70 cm) kerroksissa ero oli vielä n. 0.2 pH-yksikköä.

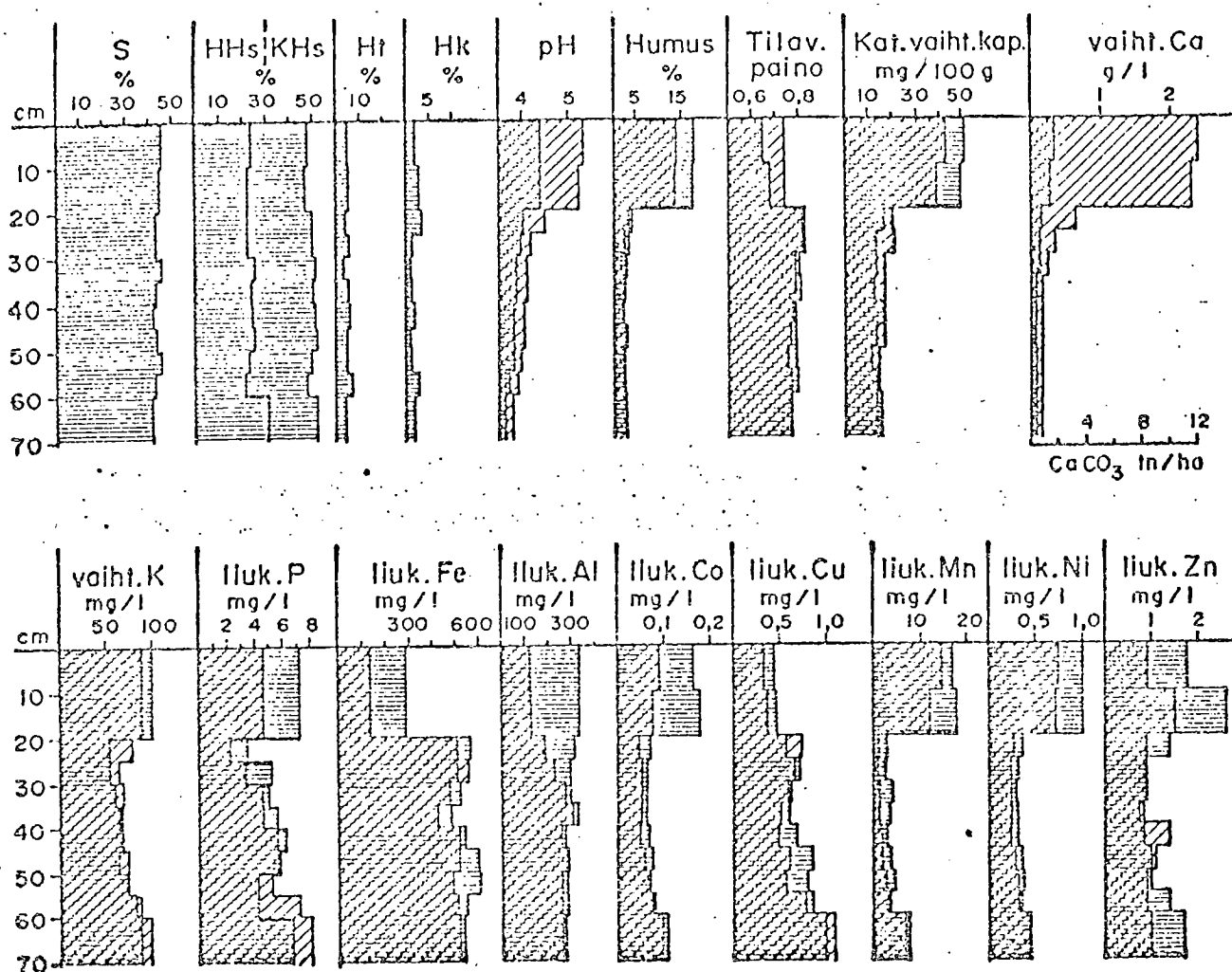
Humuspitoisuus oli kalkituksen seurauksena alentunut pintamaassa huolimatta kalkitulla maalla suurempien satojen maahan jättämästä suuremmasta eloperäisen aineksen määrästä.



Pintamaan tilavuuspainon nousu ja kationinvaihtokapasiteetin alentuminen ovat ilmeisiä seurauksia kalkituksen aiheuttamasta humuspitoisuuden alenemisestä.

Vaihtuvan kalkin (CaCO<sub>3</sub>) pitoisuus oli kalkitun koeruudun muokkauskerroksessa 11.7 tn/ha ja kalkitsemattoman 1.4 tn/ha. Kalkituksen vaikutus näkyi myös syvemmillä (20-70 cm) missä ero oli yht. 1.5 tn/ha. Kalkkitaselaskelman (kalkkitilanne ennen koetta + kalkitus + lannoitteiden sis. kalkki - satojen ottama kalkki - kalkkitilanne kokeen lopussa) mukaan on kalkitun profiilin muokkauskerroksesta huuhtoutunut 9.3 ja kalkitsemattomasta 7.5 tn/ha kalkkia. Tämä vastaa 106 ja 86 kg Ca/ha/v.

Kalium- ja fosforipitoisuudet olivat korkeammat kalkitsemattomassa kuin kalkitusmaassa. Tämä on ilmeinen seuraus kalkitulta maalta saatujen suurempien satojen maasta ottamista suuremmista kalium- ja fosforimääristä.

x) Tutkimuksen tulokset on esitetty kokonaisuudessaan Maantutkimuslaitoksen Tiedotteessa No 1 (1978). Sato ym. koetulokset on julkaistu aikaisemmin (KERÄNEN, T. ja HONKAVAARA, T. 1972. Kehittyvä Maatalous 6:15-39).



Kuva 1. Kalkitun (21 to/ha)  ja kalkitsemattoman  maaprofiilin kemialliset ominaisuudet 35 vuotta kalkituksen jälkeen. Koekentän lajitekoostumus ylhäällä vasemmalla.

Kaikkien tutkittujen hivenaineiden (Fe, Al, Co, Cu, Mn, Ni, Zn) liukoiset määrät olivat vähentyneet kalkituksen johdosta. Tämä oli odotettavissa, koska maan pH:n kohoaminen vaikuttaa negatiivisesti kaikkien näiden hivenaineiden liukoisuuteen. Vähentäminen oli selvin pintamaassa, mutta useiden hivenaineiden kohdalla sama trendi on todettavissa myös profiilin alemmissa kerroksissa.

Lars Wikström

## Maanviljelyskalkkiteollisuus ja markkinat

### Tehtaiden sijainti

Löytöjen perusteella kalkkitehtaat voidaan jakaa tavallista maanviljelyskalkkia, magnesiumpitoista kalkkia tai dolomiittikalkkia valmistaviin tehtaisiin. Maanviljelyskalkkitehtaat sijaitsevat pääasiassa Etelä-Suomessa ja dolomiittikalkkitehtaat maan pohjois-, keski- ja itäosissa. Poikkeuksia on kumpaankin suuntaan. Tehtaitten sijainti ilmenee liitteestä. Uutta tehdasta rakennetaan Siikaisiin Länsi-Suomeen. Voidaan sanoa, että Siikaisten tehtaan valmistumisen jälkeen tehtaiden sijainti jakautuu melko tasaisesti kautta koko maan. Tämä on suuri etu, koska kalkin kuljetuskustannukset lopullisesta hinnasta - kalkki pellolle levitettynä - ovat suhteellisen korkeat. On myös tärkeää, että tehtaat sijaitsevat niillä seuduilla, joissa kalkintarve on suuri, kuten nyt suurin piirtein asian laita onkin.

### Toimitukset ja ennusteet

Liitteestä ilmenee erikoisesti dolomiittikalkin suuri merkitys, samoin kuin toimitukset. Selvästi näkyy myös huonojen sääolosuhteiden vaikutus kalkintoimituksiin vuosina 1962, 1974 ja 1977. Näinä vuosina oli erittäin vaikeaa levittää raskailla koneilla kalkkia pelloille.

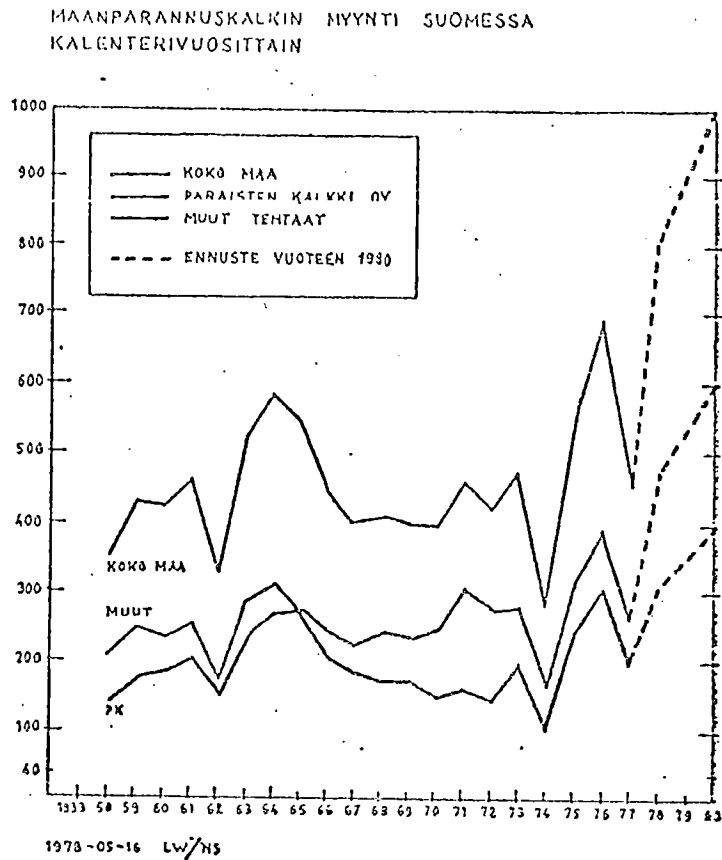
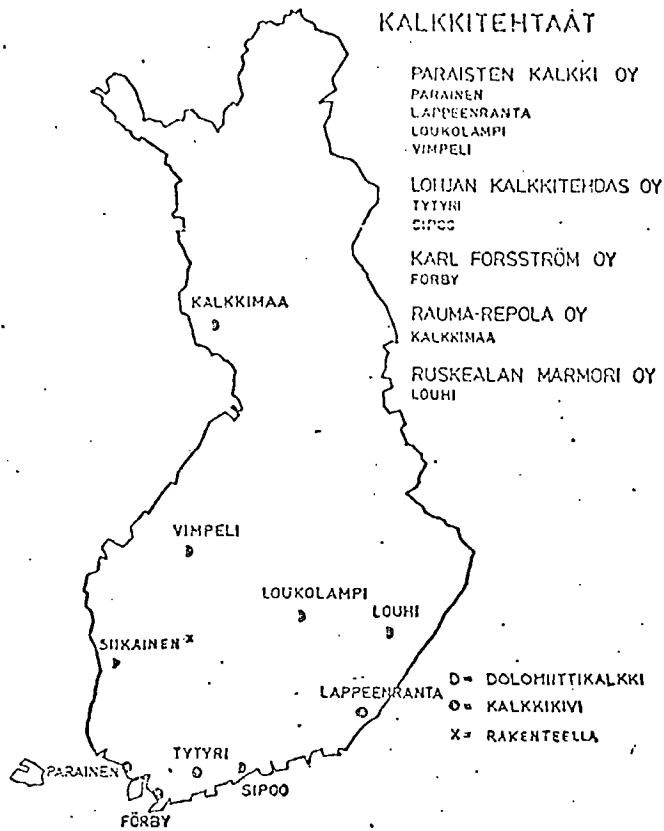
### Maanviljelyskalkin laatu

Maanparannuskalkin laatua valvoo Valtion maatalouskemian laitos.

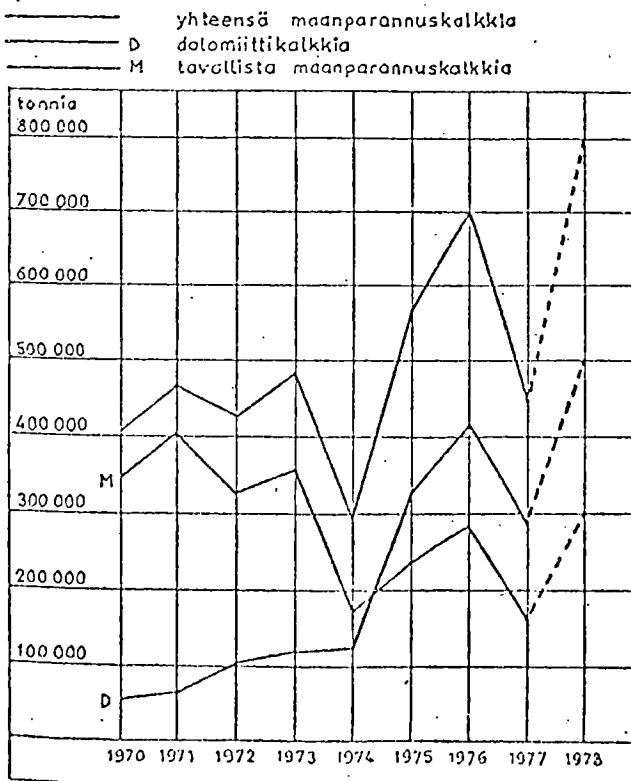
Laatuvaatimukset on määritelty rehu- ja lannoiteasetuksessa (742/68). Siinä määrätään, että maanparannukseen myytävän kalkin tulee olla sellaista hienousluokkaa, että 98 % jauheesta läpäisee 2 mm:n seulan ja sen lisäksi 50 % läpäisee 0,15 mm:n seulan. Katso liitettä.

Maassamme myytävä maanparannuskalkki täyttää siis liitteessä mainitut laatuvaatimukset. Koska tässä ovat kyseessä minimivaatimukset, on selvää että tuotteen laatu käytännössä on parempi, kuin mitä asetus edellyttää.

Happamuuden alentajina maanparannustuotteet ovat käytännöllisesti katsoen samanarvoisia. Jos maa samanaikaisesti on kalkki- ja magnesiumlannoitteen tarpeessa, on usein edullisinta käyttää dolomiittikalkkia tai magnesiumpitoista kalkkikivijauhetta.



KOKO MAAN MAANPARANNUSKALKKITOIMITUKSET 1970-



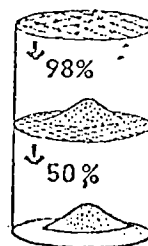
1978-05-16 LW/NS

## MAANPARANNUSKALKKIN LAATUVAATIMUKSET

### Neutraloiva kyky

kalkkikivijauhe 1	}	CaO	Ca
dolomiittikalkki 1		49%	35%
kalkkikivijauhe 2	}	43.4%	31%
dolomiittikalkki 2			

### Hienous



seula  
2 mm

2 mm:n seulan läpi  
vähintään 98 %

seula  
0.15 mm

0.15 mm:n seulan läpi  
vähintään 50 %

### Magnesiumpitoisuus vähintään

dolomiittikalkki 1	MgO	Mg
dolomiittikalkki 2	16.7%	10 %
magnesiumpitoinen kalkkikivijauhe	11.7%	7 %

Mg-määrän valmistaja ilmoittaa vakuustodistuksessa



Sven Ohlsson (Selostuksen laatinut Antti Jaakkola)

Kalkituksen ja lannoituksen yhdysvaikutus

Kalsiumin huuhtoutuminen

Vuosina 1936-41 perustettiin Lannan koeasemalle 6 kalkitus-fosforilannoituskoetta. Sikäläinen maa - huuhtoutunut ja suurelta osin hienommilta jakeiltaan köyhtynyt savi - soveltui tähän hyvin, koska se oli sekä hapana että fosforiköyhä (pH ruokamultakerroksessa 5,0-5,6). Jankko ei ole niin pahasti huuhtoutunut, pH 6,0-6,5.

Tarvittiin jopa 6000 kg/ha CaO ruokamultakerroksen pH-arvon nostamiseen yhdellä yksiköllä eli samaan tasoon kuin jankossa. Tätä määrää käytettiin normaaliannoksena kokeissa. Fosforiannos valittiin niin suureksi, että se vastasi suunnilleen kasvien tarvetta - 17,5 kg/ha vuodessa. Koska maa oli hapanta katsottiin, tarpeelliseksi kokeilla sekä superfosfaattia että thomasfosfaattia. Molempia annettiin lisäksi vuosittain tai varastolannoituksena kuuden vuoden kiertoa varten.

Koejärjestely: A. Ilman P.

B. 17,5 kg/ha P superfosfaatissa, vuosittain.

C. 105 " " " " joka 6. vuosi.

D. 17,5 " " thomasfosfaatissa, vuosittain.

E. 105 " " " " joka 6. vuosi.

I Ilman kalkkia II 6000 kg/ha CaO poltettuna tai sammutettuna kalkkina koetta perustettaessa.

Vuoteen 1959 asti koekasvit noudattivat kasvijärjestystä: syysvehnä, herne, kevätilja, nurmi, nurmi, kevätilja ja kesanto. Tänä kautena lannoitettiin koko koetta karjanlannalla - 20 t/ha kesantovuonna ja sama määrä nurmen suojaviljalle. Vuodesta 1959 lähtien kasvijärjestys on ollut vapaa. Kasveina ovat olleet lähinnä korsiviljat. Kesantoa ja öljykasveja on myös ollut silloin tällöin. Typpeä on annettu määriä, jotka vastaavat kulloistenkin kasvien tarvetta. Muuta lannoitusta ei ole annettu.

Perustetuista 6 kokeesta 5 on jatkuvasti käynnissä ja nyt on käytettävissä tietoja 158 satovuodelta. Kalkitus on antanut suuren sadonlisäyksen. Keskimääräinen sadonlisäys syysvehnäällä on ollut 500 kg/ha jyviä vuodessa, kevätiljoilla 350 kg. Vaikutus herneeseen on ollut suunnilleen sama kuin kevätiljaan, kun taas nurmi ei ole hyötynyt kalkituksesta. Samanaikainen fosforilannoitus on vähentänyt kalkin vaikutuksen suunnilleen puoleen. Kalkin vaikutus on sen lisäksi vähentynyt vuosien kuluessa ja on nyt suunnilleen 1/3 alkuarvosta.

Myös fosfori on aiheuttanut suuria sadonlisäyksiä. Keskimääräinen lisäys on ollut 760 kg/ha vuodessa syysvehnällä ja 430 kg/ha kevätiljoilla. Lannoittamattomien ruutujen köyhtymisen takia on fosforin aiheuttama sadonlisäys noussut vuosien kuluessa, 550:stä noin 1000:een kg/ha syysvehnällä ja 370:stä noin 750:een kevätiljoilla. Thomasfosfaatti on antanut suuremman sadon kuin superfosfaatti, samoin varastolannoitus (6-vuotiskautta varten) on antanut enemmän kuin vuotuislannoitus. Fosforin vaikutus herneeseen ja nurmiin on ollut vähäinen - 190 kg/ha herneellä ja 160 ry/ha nurmella vuodessa.

### Yhdysvaikutukset

Kalkin ja fosforin välinen yhdysvaikutus on ollut tavallisesti negatiivinen. Yhdysvaikutukset ovat olleet seuraavat, kg/ha jyviä tai ry/ha:

	Superfosfaatti	Thomasfosfaatti	Keskiarvo
Syysvehnä, 30 koesatoa	- 200	- 250	- 220
Kevätiljat, 82 koesatoa	- 90	- 150	- 120
Herne tai seosvilja, 18 koesatoa	- 20	- 120	- 70
Nurmi ja vihantarehu, 28 koesatoa	+ 50	- 50	0
158 koevuoden keskiarvo	- 80	- 150	- 110

Yksittäisten koevuosien arvot vaihtelivat kuitenkin melkoisesti. Vuosina, jolloin kalkki ja fosfori antoivat suuren vaikutuksen, oli yhdysvaikutuskin normaalisti suurempi kuin vuosina, jolloin sadonlisäykset olivat pieniä.

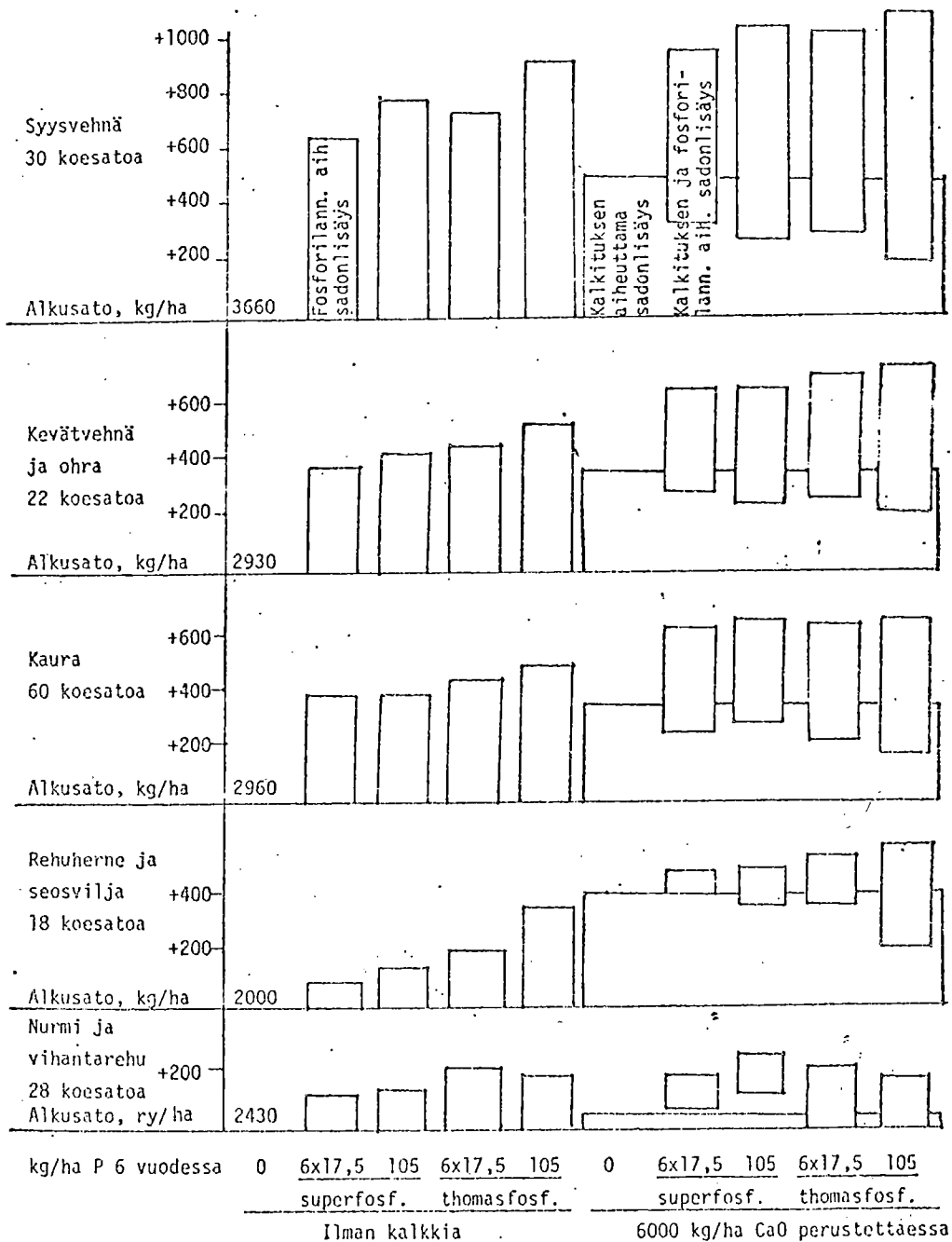
### Kalsiumin huuhtoutuminen

Kalsiumin huuhtoutumista on tutkittu Lannassa erillisissä kokeissa. Suurilta koe-ruuduilta, joista jokainen oli salaojitettu omana ojastonaan, tuleva vesimäärä mitattiin ja analysoitiin. Neljä tällaista ruutua kalkittiin syksyllä 1961 0, 8, 16 ja 32 t/ha  $\text{CaCO}_3$ . Seuraavina vuosina (1962-66) poistui salaojavesissä 46-48 kg/ha Ca vuosittain. Määrät ovat, kuten näkyy, alhaisia, alhaisempia kuin oli odotettavissa. Eri kalkkiannosten välisiä eroja tai eroa kalkitun ja kalkitsemattoman välillä ei todettu. Vuotuinen sademäärä vaihteli 415 ja 560 mm välillä ja ojien kautta poistunut vesimäärä 87 ja 191 mm välillä vuosittain.

Lannassa sijaitseva toinen koe kalkittiin vuonna 1929 0,3, 6 ja 12 t/ha CaO. Vuonna 1957, siis 28 vuotta kalkituksen jälkeen, otettiin näytteet kyntökerroksesta ja jankosta ja määritettiin mm. kalsiumpitoisuus. Osoittautui että kyntökerroksessa oli vielä jäljellä suuria kalkkimääriä, pienehköjä määriä oli siirtynyt kyntökerroksesta jankon yläosaan. Alussa annetusta 3 tonnin kalkkiannoksesta löytyi lähes 2/3, 6 tonnin annoksesta puolet ja 12 tonnin annoksesta lähes puolet. Hävinnyt osa, jota

pidettiin huuhtoutuneena, oli 29,75 ja 165 kg/ha Ca vuosittain kolmella yllämainitulla kalkituskoekäsitteellä.

Analyseistä ja ylläolevien kalsiumin huuhtoutumista koskevien tietojen laskennasta on vastannut professori L. Wiklander, Ruotsin maatalousyliopisto. (L. Wiklander ja E. Andersson 1959. Grundförbättring 12: 1-40).



Kuva 1. Kalkki - fosforikokeet Lannassa. Satojen keskiarvot 1937-77.

Antti Jaakkola

### Kalkituksen vaikutus fosforilannoituksen tehoon

Fosforilannoituksen vaikutusta heinä- ja viljasatoihin sekä maahan eri kalkitustasoilla tutkittiin neljässä 7-10 vuotta kestäneessä kenttäkokeessa. Kolme koetta sijaitsi kivennäismaalla Lounais- ja Keski-Suomessa, yksi koe saraturpeella Pohjois-Pohjanmaalla. Fosforilannoitus annettiin superfosfaattina, jonka määriä, 200 ja 800 kg/ha, verrattiin koejäseneseen, joka ei ollut saanut fosforia. Kalkituskoejäsenet, joihin kaikkiin sisältyivät nämä kolme fosforikoejäsentä, olivat: 0, 2, 8, 32 ja yhdessä kokeessa 48 t/ha kalkkikivijauhetta. Kalkitus suoritettiin kokeiden alussa, fosforilannoitus vuosittain.

Fosforilannoituksen keskimääräinen vaikutus oli selvä kaikissa neljässä kokeessa. Kalkitus lisäsi satoja kahdessa kolmesta kivennäismaan kokeesta, mutta kolmannessa kivennäismaan sekä turvemaan kokeessa ei kalkitus vaikuttanut. Toisessa niistä kahdesta kokeesta, joissa kalkitus kohotti satatasoa, näytti kalkitus vähentäneen fosforilannoituksen vaikutusta. Toisessa kokeessa näytti kohtalainen kalkkiannos vaikuttaneen samoin, mutta suurimmalla kalkkimäärällä, 48 t/ha, lisäsi fosforilannoitus taas satoa yhtä paljon kuin ilman kalkitusta. Erot fosforilannoituksen vaikutuksessa eri kalkitustasoilla eivät olleet tilastollisesti merkitseviä 95 % luotettavuudella.

Kalkitus lisäsi erittäin merkittävästi koemaiden pH-arvoa kaikissa kokeissa. Suurimman kalkkiannoksen aiheuttama lisäys oli 1-1,5 pH-yksikköä vielä kokeen lopussa. Kivennäismailla, joilla pH nousi suunnilleen 7:ään, lisääntyi lannoitteesta maahan kertyneen fosforin liukoisuus hyvin selvästi. Ilmeisesti kalkitus lisäsi myös fosforin liukoisuutta fosforilla lannoittamattomilla ruuduilla, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Viimeisen koevuoden sadoista tehtyjen analyysien perusteella oli kalkituksella jossain määrin vaihteleva vaikutus jyvien ja olkien fosforipitoisuuteen. Kivennäismaiden kokeissa fosforin otto lienee lisääntynyt kalkituksen vaikutuksesta.

Näiden kokeiden perusteella ei ollut mahdollista päätellä varmasti, seurasiko maan fosforin liukoisuuden paranemista, joka saatiin aikaan kalkituksella, myös fosforilannoitustarpeen väheneminen.

Taulukko 1. Keskimääräiset sadot ja kalkituksen aiheuttamat sadonlisäykset ilman fosforilannoitusta, ry/ha/v.

	Kalkkikivijauhetta t/ha kokeen alussa				
	0	2	8	32	48
Liejusavi pH 5,5	3180	+ 100	+ 350	+ 540	
Hiesu pH 6,0	1900	- 160	+ 170	- 130	
Hiesu pH 6,0	2670	+ 260	+ 240	+ 560	+ 490
Saraturve pH 5,2	2370	- 70	+ 60	- 140	

Taulukko 2. Keskimääräiset sadot ja fosforilannoituksen aiheuttamat sadonlisäykset ilman kalkitusta, ry/ha/v.

	Superfosfaattia kg/ha/v.		
	0	200	800
Liejusavi pH 5,5	3180	+ 200	+ 250
Hiesu pH 6,0	1900	+ 300	+ 380
Hiesu pH 6,0	2670	+ 290	+ 530
Saraturve pH 5,2	2370	+ 260	+ 360

Taulukko 3. Fosforilannoituksen aiheuttama sadonlisäys eri kalkitustasoilla, ry/ha/v.

	Kalkkikivijauhetta t/ha kokeen alussa				
	0	2	8	32	48
Liejusavi, sf 200 kg/ha/v.	+ 200	+ 210	+ 50	- 20	-
" 800 "	+ 250	+ 290	+ 10	+ 50	-
Hiesu, sf 200 kg/ha/v.	+ 290	0	+ 130	+ 240	+ 380
" 800 "	+ 530	+ 170	+ 190	+ 180	+ 430

Taulukko 4. Fosforipitoisuus eri kalkitustasoilla vuoden 1973 sadossa, g/kg kuiva-aineessa.

	Kalkkikivijauhetta t/ha (annettu 1963-67)				
	0	2	8	32	48
Liejusavi, kevätvehnä, jyväsato noin 2900 kg/ha					
Jyvät	4,3	4,3	4,2	4,3	
Oljet	0,7	0,9	0,8	0,9	
Hiesu, ohra, jyväsato noin 600 kg/ha					
Jyvät	4,3	4,5	4,8	4,7	
Oljet	1,6	1,9	2,3	2,3	
Hiesu, ohra, jyväsato noin 2600 kg/ha					
Jyvät	3,6	3,8	3,8	4,0	4,3
Oljet	0,8	1,1	0,7	0,8	0,8
Saraturve, kaura					
Jyvät + oljet	3,0	2,7	2,7	2,4	

K. Skriver (Selostuksen laatinut Antti Jaakkola)

Nitraatti- ja ammoniumlannoituksen pitkän ajan vaikutus satoon ja maan reaktiolukuun ( $R_t = \text{pH}_{\text{CaCl}_2} + 0,5$ )

### Johdanto

Vuosina 1968 ja 1969 aloitettiin kaksi 10-vuotista koesarjaa, joissa NPK-lannoitusta verrattiin vastaavat ravinnemäärät sisältävään PK-lannoitukseen, jota oli täydennetty nestemäisellä ammoniakilla, urealla, kalkkiammonsalpietarilla (kas) tai kalkkisalpietarilla (ks).

Kokeissa erilaiset lannoitukset olivat osaruutuina. Kuhunkin kolmeen lohkoon kuuluvista kahdesta pääruudusta toinen sai 5 koevuoden jälkeen, siis vuosina 1972 ja 1973 5 tonnin kalkkiannoksen hehtaarille. Ravinnemäärät olivat 80 kg N, 25 kg P ja 60 kg K hehtaarille viljalle, silloin kun esikasvina olivat juurikkaat, ja kaksinkertaiset määrät juurikasveille. Viljan jälkeen viljellylle viljalle ovat lannoitemäärät vuodesta 1970 lähtien olleet 120 kg N, 38 kg P ja 90 kg K hehtaarille. Kokeet sijaitsevat savimailla ja savipitoisilla hietamailla, jotka ovat hyvässä viljelykunnossa, ja kokeiden päättyessä, 1977 ja 1978, suoritetaan maiden kalkki- ja lannoitustilanteen laaja analysointi koejäsenittäin.

### Tulokset

Eri typpilannoitteiden aiheuttamat erot maan reaktioluvussa ( $R_t$ ) on esitetty ensin, eli vuonna 1968 alkaneen koesarjan osalta taulukossa 1.

Kalkitsemattomilla alueilla on 10 vuodessa reaktioluku laskenut 0,2-0,3 yksikköä, silloin kun on käytetty ammoniumpitoisia lannoitteita. Kalkkisalpietaria käytettäessä on keskimääräinen reaktioluku noussut 0,1 yksikköä vuodesta 1968 vuoteen 1977.

Niillä alueilla, joilla on käytetty 5 tonnia kalkkia vuonna 1972, on pH-taso vuonna 1977 0,5-0,6 yksikköä korkeampi kuin kalkitsemattomalla maalla.

Yksittäisten koejäsenten ravinnetilan analyysit osoittavat, että fosfori- ja kaliumpitoisuus yleisesti on korkeammalla tasolla vuonna 1972 ja vuonna 1977 kuin kokeiden alussa vuonna 1968, kun taas magnesiumpitoisuus ei ole koeaikana juuri muuttunut. Mutta yhdessäkään tapauksessa ei vuonna 1977 ole todettu eroa ravinnetilassa kalkittujen ja kalkitsemattomien alueitten välillä.

Satotulokset esitetään taulukkona 2.

Viimeisten 5 vuoden keskimääräiset tulokset osoittavat kalkituksen aiheuttaneen sadonlisäyksen kaikissa koejäsenissä. Sadonlisäys vaihteli 70-130 kg jyviä hehtaaria kohti, mutta sadonlisäykset eivät ole tilastollisesti merkitseviä, kuten ei myöskään ole todettu merkitseviä eroja kalkitussa ja kalkitsemattomassa maassa saadun eri typpilannoitteiden vaikutuksen välillä.

Ammoniumpitoiset lannoitteet ovat antaneet 40-250 kg jyviä hehtaaria kohti enemmän kun kalkkisalpietari, joka kokeissa käytettyinä määrinä on pitänyt pH-tason ennallaan kalkitsemattomassa maassa.

Käytettäessä happamia lannoitteita kalkitsemattomalla maalla on satotason todettu olleen samalla tasolla kuin käytettäessä kalkkisalpietaria kalkitulla maalla, jolla reaktioluku tai pH oli 0,8-0,9 yksikköä korkeampi.

Kokeet päättyvät vuonna 1978.

Kirjallisuutta:

Beretning om planteavlssarbejdet i Landbo- og Husmandsforeningerne 1977.



Taulukko 1. Muutokset reaktio- ja ravinnetilassa (9 kokeen keskiarvot).

	lannoitta- maton	1/2 NPK	1/1 NPK	NH <sub>3</sub> + PK	urea + PK	kas + PK	ks + PK
<u>Rt<sup>1)</sup></u>							
Kokeen alussa: 6,5							
Syksyllä 1972	6,4	6,4	6,3	6,3	6,4	6,3	6,5
Syksyllä 1977:							
kalkitsematon	6,4	6,3	6,2	6,3	6,2	6,3	6,6
kalkittu	7,0	6,9	6,8	6,8	6,8	6,9	7,1
<u>Ft<sup>2)</sup></u>							
Kokeen alussa: 7,1							
Syksyllä 1972	7,1	7,6	8,2	8,4	8,5	8,3	8,4
Syksyllä 1977:							
kalkitsematon	8,4	9,4	10,1	10,7	9,9	10,2	10,6
kalkittu	8,5	9,0	10,0	10,6	10,2	10,2	10,3
<u>Kt<sup>3)</sup></u>							
Kokeen alussa: 12,4							
Syksyllä 1972	9,4	10,8	12,9	13,1	13,4	12,7	13,0
Syksyllä 1977:							
kalkitsematon	10,2	12,3	15,0	15,9	15,0	14,9	15,2
kalkittu	10,4	11,6	15,0	15,3	15,6	15,0	15,3
<u>Mgt<sup>4)</sup></u>							
Kokeen alussa: 8,4							
Syksyllä 1972	6,4	6,7	7,3	7,5	7,1	7,0	7,0
Syksyllä 1977:							
kalkitsematon	6,5	6,5	6,9	8,1	7,4	7,5	7,6
kalkittu	6,1	6,5	6,7	7,6	7,6	7,4	7,1

1) Rt = pH(CaCl<sub>2</sub>) + 0,5

2) Ft = 3 mg P/100 g maata

3) Kt = 1 mg K/100 g maata

4) Mgt = 1 mg Mg/100 g maata

Taulukko 2. Sadot, kg/ha jyviä

Vuosi	Kokeiden lukumäärä	Lannoittamaton	1/2 NPK	1/1 NPK	NH <sub>3</sub> + PK	urea + PK	kas + PK	ks + PK	PME 95 %
1968-72:									
keskiarvo	67	2300	3760	4400	4600	4440	4430	4350	120
kalkitsematon:									
1973	13	2120	3820	4120	4370	4180	4170	4070	
1974	10	2290	4210	5480	5530	5330	5440	5350	
1975	12	1710	3560	4370	4400	4480	4530	4400	
1976	11	1650	3630	4140	4100	4250	4220	4100	
1977	11	1770	3710	4620	4790	4700	4700	4460	
keskiarvo	57	1900	3770	4510	4610	4550	4580	4440	160
kalkittu:									
1973	13	2210	3980	4370	4540	4340	4350	4230	
1974	10	2460	4340	5510	5520	5420	5560	5480	
1975	12	1680	3520	4410	4530	4410	4440	4490	
1976	11	1690	3760	4150	4150	4260	4190	4030	
1977	11	1990	3920	4750	5070	4810	4960	4780	
keskiarvo	57	2000	3890	4610	4740	4620	4670	4570	160
Erotus kalkittu - kalkitsematon keskiarvo									
1973	13	90	160	250 <sup>x)</sup>	170	160	180	160	170
1974	10	170 <sup>x)</sup>	130	30	- 10	90	120	130	90
1975	12	- 30	- 40	40	130	- 70	- 90	90	0
1976	11	40	130	10	50	10	- 30	- 70	20
1977	11	220 <sup>x)</sup>	210	130	280 <sup>x)</sup>	110	260	320	220
keskiarvo		100	120	100	130	60	90	130	100
1968-77: (1973-77 kalkitsematon ja kalkitun keskiarvo) PME 95 %									
keskiarvo	124	2140	3800	4480	4630	4510	4520	4420	100

x) merkitsevä

Göthe Larpes

Lannoituksen vaikutus savimaan kalkin tarpeeseen

Väkilannoituksen katsotaan tuottavan puolet kevätiljojen sadosta. Etelä-Suomessa ovat lannoitemäärät suuruusluokaltaan 400-800 kg/ha ja ne annetaan tavallisesti ns. normaalina Y-lannoksena (15-9-12). Todennäköisesti tämä vuosittain toistuva suola-annos vaikuttaa myös viljelymaan pH-lukuun ja kalkkitilaan. Kevätviljan lannoitusta on selvitetty taloudelliselta kannalta kahdessa koesarjassa, jotka perustettiin vuonna 1969 savimaille Tikkurilaan. Toisessa kokeessa verrattiin erilaisia lannoitteita (15-9-12, 20-4-8 ja 28-0-0) 100 kg/ha typpilannoitustasolla ja toisessa kokeessa nousevia NPK-annoksia 0-200 kg/ha typpilannoitustasolla. Viimeksi mainituissa kokeissa lannoite oli typpirikas Y-lannos (20-4-8). Molempiin koesarjoihin kuului kaksi koetta vehnällä ja ohralla. Syksyllä 1975 tehtiin yhteenveto 6 vuoden satotuloksista ja maa-analyyseistä.

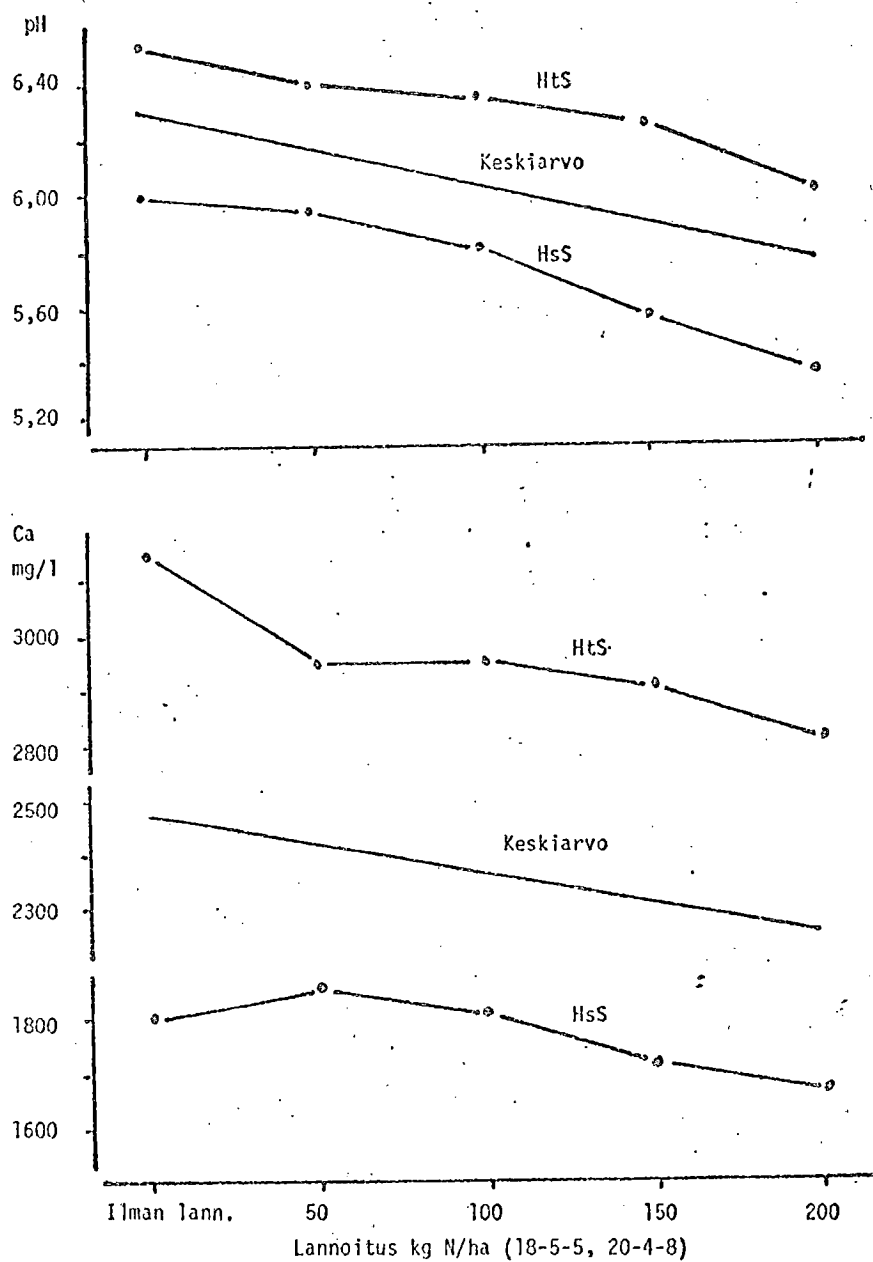
Lannoitteiden vertailu osoittaa, että lannoitus on vastannut 40-60 prosentista vehnän ja ohran satoja nostaten satotason 2000:sta 4200:aan kg/ha. Normaali Y-lannos (15-9-12) alensi maan pH-lukua 0,1 yksikköä ja kalsiumlukua 150 mg/l. Typpirikas Y-lannos (20-4-8) alensi maan pH-lukua 0,15 yksikköä ja kalsiumlukua 200 mg/l. Oulunsalpietari (28-0-0) vaikutti erittäin vähän pH- ja kalsiumlukuun.

Nousevien lannoitemäärien kokeet näyttävät puolestaan, että lannoituksen aiheuttamat sadonlisäykset ja optimilannoiteannos riippuvat kiinteästi kasvin vesitaloudesta. Lannoitustaso 120 kg/ha N on tuottanut satoa kuivalla hiesusavella 3500 kg/ha ja kostealla hietasavella 4500 kg/ha. Samanaikaisesti typpiannoksen nostaminen 50:stä 150:een kg/ha on alentanut pH-lukua 0,15 yksikköä ja kalsiumlukua 50-150 mg/l keskimäärin. Lannoituksen maata hapattava vaikutus näyttää jonkin verran suuremmalta hiesusavella kuin hietasavella eli suuremmalta kuivilla saviilla, silloin kun satotaso on alhainen.

Lannoituksen vaikutus savimaan reaktioon ja kalkkitilaan on ollut selvä. Maata hapattava vaikutus näyttää riippuvan sekä lannoitelajista että määrästä. Vaikutus pH-lukuihin on suurempi kuin kalsiumarvoihin, jotka huononivat vain vähän. Kevätviljan viljelyssä savimailla voidaan kalkintarpeen arvioida olevan 100-300 kg/ha kalkkikivijauhetta vuosittain lannoitustason ollessa 50-150 kg/ha tyyppiä.

Taulukko 1. Eri lannoitteiden vaikutus jyväsatoon ja savimaan pH- ja Ca-lukuihin. Lannoitemäärät vastaavat 100 kg/ha typpilannoitusta.

Lannoite (N-P-K)	Lannoitemäärä	Sato	Maa-analyysi 1975	
	kg/ha	kg/ha	pH	Ca mg/l
Ilman lannoitusta		1980	6,30	2200
Normaali Y-lannos (15-9-12)	670	4200	6,20	2050
Typpirikas Y-lannos (20-4-8)	500	4160	6,15	2000
Oulunsalpietari (28-0-0)	365	3830	6,35	2150



Kuva 1. Nousevien lannoitemäärien vaikutus savimaiden pH-lukuun ja kalkkitilaan (Ca) syksyllä 1975.

Gyula Simán (Selostuksen laatinut Antti Jaakkola)

## Kiinteät kalkituskokeet - muutamia tuloksia

### Johdanto

Skandinaviassa vallitsevalle humidille ilmastolle on luonteenomaista, että maan pH ja emäskyllästysaste pyrkivät laskemaan. Tähän hapantumistapahtumaan kuuluu, että  $H^+$ -ionit syrjäyttävät emäskationeita  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  ja  $Na^+$  maakolloidien pinnoilta ja nämä huuhtoutuvat sen jälkeen ylimääräisen veden mukana. Raudan ja alumiinin liukoisuus paranee ja sen mukana taipumus reagoida fosforin kanssa ja sitoa sitä kasveille käyttökeltvottomaan muotoon. Edelleen maan biologinen toiminta vähenee ja sienten osuus kasvaa bakteerien kustannuksella. Tämä johtaa humuksen kemiallisten ominaisuuksien huononemiseen. Kaikki tämä johtaa maan tuottokyvyn alenemiseen.

Happamien maiden tuottavuuden parantamiseksi on säännönmukaisesti tarpeen kohottaa maan emäskyllästysastetta kalkituksella ja parantaa ravinnetilaa lannoituksella.

Mahdollisuus syvällisesti tutkia kalkin satoja kohottavaa vaikutusta ja vaikutusta maahan maan ravinnetilan ja humuksen raaka-aineen saannin ollessa erilaisia on tähän saakka ollut rajallinen. 1960-luvulla perustettiin kuitenkin 7 kenttäkoetta, ns. kiinteät kalkituskokeet, sen valaisemiseksi, miten kalkki ja lannoitus siinänsä ja erilaisina yhdistelminä toistensa kanssa vaikuttavat maan viljavuuteen pitkällä aikavälillä. Nämä kokeet, joista osa on ollut käynnissä 16 vuotta, eivät ole vielä niin pitkäikäisiä, että pitkän ajan vaikutuksia voitaisiin arvioida. Kokeet antavat kuitenkin jatkuvasti tuloksia, jotka ovat omiaan parantamaan tietojamme kalkituksen vaikutuksesta maahan ja kasveihin.

Seuraavassa lyhyt selostus muutamista koetuloksista jaksolta 1962-1977. Kokeita on aikaisemmin selostettu GKS:n kirjoitussarjassa no. 10, Rapporten från Avd. för växtnäringslära nr 5 ja 72, Växt-Närings-Nytt 1970:4 ja Skogs- o. Lantbruksakademiens Tidskr. 113, 1974.

### Koesuunnitelma

Yhteenvedo koesuunnitelmasta on taulukossa 1. Kuten näkyy, kokeillaan kahta mullanraaka-ainetasoa, kolmea kalkitustasoa ja kolmea ravinnetasoa näissä kokeissa. Kalkiannokset on laskettu kationinvaihtokapasiteetin (pH 7) ja kalsiumkyllästysasteen analyysien avulla. Ravinnetasot säädetään sadon mukana poistuneiden ravinnemäärien

mukaaan. Jokaisen nelivuotisjakson lopussa tehdään yhteenveto maan kalkkitilasta ja kasvien ottamista ravinteista. Tällaisen nelivuotiskauden tuloksia käytetään hyväksi suunniteltaessa täydennyskalkitusta ja lannoitusta seuraavaksi nelivuotiskaudeksi.

Taulukossa 2 on esitetty tietoja koepaikoilta. Kokeet sijaitsevat maan eri puolilla ja edustavat erilaisia kalkkitiloja ja maalajeja. Tämän johdosta kalkkiannos vaihtelee koepaikoittain, jotta saavutettaisiin koesuunnitelman edellyttämä kalsiumkyllästysaste.

### Tulokset

Kalkituksen vaikutus maan pH:hon, T-arvoon, kalsiumkyllästysasteeseen ja AL-liukoiseen fosforiin, kaliumiin ja magnesiumiin käy ilmi taulukosta 3. Maanäytteet otettiin syksyllä 1976.

Taulukosta ilmenee, että pH-arvo ja kalsiumkyllästysaste ovat laskeneet koesuunnitelman edellyttämien arvojen alapuolelle, minkä takia jatkuva ylläpitokalkitus on tarpeen. Kalkitus vaikutti maan fosforitilaan kaikilla koepaikoilla, kun taas kalium- ja magnesiumtila pysyivät suurin piirtein muuttumatta. Kationinvaihtokapasiteetti eli T-arvo parani kalkituksen johdosta kaikilla koepaikoilla. Se lisääntyi keskimäärin 16,6 mval/100 g kalkitsemattomassa 18,6 mval/100 g eli 12 % suurimmalla kalkkimäärällä. Tämä kalkitusvaikutus johtuu todennäköisesti humuksen kationinvaihtokapasiteetin nousemisesta ja kivennäiskolloidien koostumuksen muuttumisesta.

Kuluneiden 16 vuoden lannoitus ei vaikuttanut selvästi pH-arvoon tai kationinvaihtokapasiteettiin, kun taas fosfori ja kaliumtila paranivat merkittävästi (ks. taulukko 4). Maan fosforiluku on keskimäärin lisääntynyt 4,1:stä koejäsenessä, jossa puolet fosforin poistumasta korvattiin, 7,1:een eli 70 % koejäsenessä, jossa korvattiin kaksi kertaa poistunut määrä. Vastaava kaliumluvun lisäys oli noin 80 %.

Vuosina 1962-77 viljaa on korjattu 53 ja nurmea 27 koesatoa yhteensä 95 koesadosta. Nämä kaksi ovat suurimmat yhtenäiset kasviryhmät koesarjoissa. Niiden osuus oli 84 %. Muita kasveja olivat öljykasvit, peruna, sokerijuurikas ja vihantarehu. Näistä korjattiin em. järjestyksessä lueteltuna 7, 5, 1 ja 2 koesatoa.

Taulukko 5 esittää keskimääräisiä kasvinjätteiden, kalkin ja ravinteiden vaikutuksia satoon. Satotulokset sisältävät muunnetut sadot 95 koevuodelta 7 kokeesta eri ajanjaksoina. Muuntamisessa on viljan jyväsadon kertoimena käytetty 1.

Maahan palautettujen kasvinjätteiden vaikutus satoon oli merkityksetön. Heikko satoa alentava vaikutus havaittiin, mutte se ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Koheet ovat vielä toistaiseksi liian nuoria, jotta kasvinjätteiden vaikutukset voisivat olla selviä.

Kalkitus 70 prosentin kalsiumkyllästysasteeseen on nostanut satoa keskimäärin 12 % koko ajanjaksona 1962-1977 ja kalkitus 100 prosenttiin 14 %. Nämä kalkin vaikutukset ovat hyvin merkitseviä tilastollisesti. Tarkasteltaessa kalkin vaikutuksia eri ajanjaksoina havaitaan, että ne eivät ole muuttuneet kalsiumkyllästysasteella 70 %, mutta ovat vähän vähentyneet, silloin kun kalsiumkyllästysaste on ollut 100 %.

Lannoituksen nostaminen tasolta, jolla puolet PK:n poistumasta korvattiin, tasolle, jolla koko poistuma korvattiin, lisäsi satoa 13 % koko koeaikana. Lannoituksen nostaminen tästä vielä kaksinkertaiseksi lisäsi satoa 28 % alhaisimpaan lannoitukseen verrattuna. Lannoituksen vaikutus ei osoittanut vähenemisen merkkejä vielä kaudella 1962-77.

Taulukko 6 esittää keskimääräisiä kasvinjätteiden, kalkin ja ravinteiden vaikutuksia yksittäisillä koepaikoilla. On jossakin määrin merkillistä, että tilastollisesti merkitseviä negatiivisia kasvinjätteiden vaikutuksia on saatu kolmella koepaikalla ja yhdellä koepaikalla, Eckerudissa, on sitä vastoin saatu varma positiivinen vaikutus.

Suurin kalkin vaikutus on saatu Eckerudissa, jossa sato nousi 55 % kalkittaessa 70 % kalsiumkyllästysasteeseen ja vähän vähemmän, 49 %, kalkittaessa 100 % kalsiumkyllästysasteeseen. Nämä kalkin vaikutukset ovat tilastollisesti hyvin merkitseviä. Lannoituksen vaikutus Eckerudissa oli keskimäärin vain 15 %, mikä osoittaa kalkituksen merkitsevän erittäin paljon sikäläisessä maassa.

Säbyssä ei kalkitus eikä lannoitus ole antaneet tilastollisesti luotettavia sadonlisäyksiä ja vaikutukset ovat olleet erittäin vähäisiä (noin 3 % kalkituksella ja yhtä paljon lannoituksella). Kalkin vaikutuksen suhteen muut koepaikat asettuvat näiden ääritapausten välille. Suurin lannoitusvaikutus on saatu Tönnersassa, jossa vuotuinen keskimääräinen vaikutus oli 59 %.

Tuloksista näkyy, että hyvä kalkki- ja ravinnetila on varman ja menestyksellisen kasvinviljelyn edellytys. Kalkitus 70 % kalsiumkyllästysasteeseen, joka vastaa pH 6,5, on vaikuttanut suunnilleen samalla tavalla kaikkina kuluneina 16 vuotena aiheuttaen keskimääräisen 12 % sadonlisäyksen. Tätä kalkitustasoa suositellaan neuvonnassa Ruotsissa. Korkein kalkitustaso - kalkitus 100 % kalsiumkyllästysasteeseen - on aluksi vaikuttanut voimakkaimmin. Hyvä vaikutus on ollut kuitenkin ohimenevä ja sadonlisäys on viimeisenä koevuotena 1973-76 jäänyt alhaisemmaksi kalkitustasolla III kuin kalkitustasolla II:

## Taulukko 1. Koejärjestely

## Mullan raaka-aineen tasot:

- A. Satojätteet palautetaan maahan
- B. Satojätteet korjataan

## Kalkitustasot:

- I. Ilman kalkkia
- II. Kalkitus tilaan, joka vastaa 70 % Ca-kyllästystä, ja tämän tilan ylläpito
- III. Kalkitus tilaan, joka vastaa 100 % Ca-kyllästystä, ja tämän tilan ylläpito

## Ravinnetasot:

1. 30 kg/ha N, P- ja K-annos puolet satojen ottamista määristä
2. 60 kg/ha N, P- ja K-annos yhtä kuin satojen ottamat määrät
3. 120 kg/ha N, P- ja K-annos kaksi kertaa satojen ottamat määrät

## Taulukko 2. Koemaiden ominaisuuksia kokeiden alussa

Koepaikka	Maalaji	pH-H <sub>2</sub> O	Ca-kyllästys, %	T-arvo mval/100 g maata	P-AL	K-AL
Amalietorp	m KHT	5,4	55	17	6,2	9,0
Tönnersa	vm KHT	5,5	50	6	7,2	9,0
Ulfstorp	erm HtS	5,7	60	20	3,9	10,5
Eckerud	m LjS	4,7	70	24	1,8	10,0
V:a Eknö	erm HsS	5,2	50	20	3,0	22,0
Säby	m HtS	5,8	65	23	2,4	14,0
Röbäcksdalen	erm HHT	5,0	40	11	4,8	4,3



Taulukko3. Kalkituksen vaikutus maan pH-arvoon, Ca-tyllästysasteeseen, T-arvoon ja ravinnepitoisuuteen. Kalkkien mullan raaka-aine- ja lannoitustasojen keskiarvot. Maanäytteen otettu syksyllä 1976.

Koepaikka	Kalkkitasot																	
	pH-H <sub>2</sub> O	Ca-tyllästys,%		T-arvo	P-AL	K-AL	Mg-AL											
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III						
Amaliatorp	5,6	5,9	6,6	46	63	96	17,5	16,2	18,0	5,4	5,8	6,0	10,3	10,8	10,1	4,1	4,0	4,0
Tönnersa	5,5	5,8	6,4	35	49	71	5,0	5,0	7,0	6,5	6,9	7,9	11,5	11,3	11,6	3,3	3,3	3,5
Ulfstorp	5,8	6,3	7,1	59	73	100	18,5	19,8	22,0	5,2	7,5	14,2	13,7	16,8	12,7	18,5	18,9	16,0
Eckerud	5,2	6,3	7,0	21	56	81	20,7	24,8	26,5	2,8	3,3	4,8	22,2	23,2	23,8	11,0	15,3	11,3
V:a Eknö	5,7	6,0	6,8	56	67	83	20,2	19,8	21,8	2,9	4,0	5,2	35,6	36,6	32,4	28,7	26,6	24,6
Säby	5,7	6,0	6,9	58	68	89	23,8	24,2	23,5	2,8	3,1	3,7	17,8	16,6	16,5	22,8	23,4	22,6
Röbäcksdalen	5,4	6,0	6,8	34	60	104	10,2	11,0	11,5	3,0	4,4	6,7	11,6	12,9	14,4	4,7	4,3	4,2
Keskiarvo	5,6	6,0	6,8	44	62	89	16,6	17,3	18,6	4,1	5,0	6,9	17,5	18,2	17,4	13,3	13,7	12,3

Taulukko 4. Lannoituksen vaikutus maan pH-arvoon, Ca-tyllästysasteeseen, T-arvoon ja ravinnepitoisuuteen. Kaikkien mullan raaka-aine- ja kalkitustasojen keskiarvot. Maanäytteet otettu syksyllä 1976.

Koepaikka	pH-H <sub>2</sub> O			Ca-tyllästys, %									Ravinnetasot											
	1	2	3	1			2			3			T-arvo			P-AL			K-AL			Mg-AL		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Amaliatorp	6,0	6,0	6,1	67,2	66,3	71,7	18,0	16,8	16,8	4,5	5,1	7,5	7,3	8,3	15,6	3,9	3,8	4,4						
Tönnersa	5,8	5,9	6,0	62,2	52,8	57,5	6,8	5,3	4,8	5,6	6,6	9,1	5,8	9,4	19,2	3,2	3,5	3,4						
Ulfstorp	6,5	6,4	6,4	79,8	77,7	75,5	19,5	20,7	20,2	6,9	8,5	11,8	10,9	13,6	18,7	17,8	18,5	17,1						
Eckerud	6,1	6,2	6,1	52,0	56,2	50,2	24,3	23,0	24,7	2,3	3,3	5,3	16,7	19,4	33,0	13,7	12,5	11,4						
V:a Eknö	6,2	6,3	6,2	71,8	75,3	73,7	20,7	20,5	20,7	3,1	3,9	5,1	28,9	31,5	44,2	27,9	25,5	26,4						
Säby	6,2	6,2	6,1	72,0	74,5	70,5	23,3	23,8	24,3	2,7	3,2	3,8	14,3	15,8	20,3	22,5	23,6	22,6						
Röbäcksdalen	6,0	6,1	6,1	62,7	66,5	67,7	11,0	10,8	10,8	3,3	3,8	7,1	9,4	10,3	19,2	4,4	4,0	4,7						
Keskiarvo	6,1	6,2	6,1	66,8	67,0	67,5	17,7	17,3	17,5	4,1	4,9	7,1	13,3	15,5	24,3	13,3	13,1	12,9						

Taulukko 5. Keskimääräiset satojätteiden, kalkin ja ravinteiden vaikutukset. Tulokset 95 satovuodelta 7 kokeesta 1962-77. Kaikki kasvit. Sadot, kg/ha, muunnettuja. Viljan jyväsadon kerroin = 1,00. Merkitsevyys: x x x = P < 0,001, x x = P 0,001-0,01, x = P 0,01-0,05, 0 = P > 0,05

a) Keskimääräinen satojätteiden vaikutus.

	Muunnettu alkusato ja satojätteiden vaikutus			
	1962-1968	1969-1972	1973-1976	1962-1977
Satojätteet poistettu	3170	3660	3320	3326
Satojätteet palautettu	- 13 <sup>0</sup>	+ 67 <sup>0</sup>	- 46 <sup>0</sup>	- 39 <sup>0</sup>
Satovuosien lukumäärä	33	28	27	95

b) Keskimääräinen kalkin vaikutus.

Kalkitustasot	Muunnettu alkusato ja kalkin vaikutus			
	1962-1968	1969-1972	1973-1976	1962-1977
I	2890	3040	3080	3040
II	+335 <sup>xxx</sup>	+439 <sup>xx</sup>	+364 <sup>xxx</sup>	+372 <sup>xxx</sup>
III	+496 <sup>xxx</sup>	+435 <sup>xx</sup>	+308 <sup>xx</sup>	+416 <sup>xxx</sup>
Satovuosien lukumäärä	33	28	27	95

c) Keskimääräinen lannoituksen vaikutus.

Lannoitustasot (NPK)	Muunnettu alkusato ja lannoituksen vaikutus			
	1962-1968	1969-1972	1973-1976	1962-1977
1	2790	3010	2880	2910
2	+350 <sup>xxx</sup>	+296 <sup>xxx</sup>	+395 <sup>xxx</sup>	+375 <sup>xxx</sup>
3	+785 <sup>xx</sup>	+656 <sup>xxx</sup>	+857 <sup>xxx</sup>	+812 <sup>xxx</sup>
Satovuosien lukumäärä	33	28	27	95

Taulukko 6. Keskimääräiset satotulokset yksittäisissä kokeissa.

Seitsemän koetta 1962-77. Kaikki kasvit.

Sadot, kg/ha, muunnettuja, viljan jyväsadon kerroin = 1,00.

Merkitsevyys: x x x = P &lt; 0,001, x x = P 0,001-0,01

x = P 0,01 -0,05 0 = P &gt; 0,05

## a) Keskimääräinen satojätteiden vaikutus.

	Muunnettu alkusato ja satojätteiden vaikutus						Röbäcks- dalen
	Amalie- torp	Tönnersa	Ulfs- torp	Ecke- rud	V:a Eknö	Säby	
Satojätteet poistettu	3520	3120	4210	3310	3030	3190	3010
Satojätteet palautettu	-145 <sup>x</sup>	-128 <sup>x</sup>	+14	+150 <sup>x</sup>	-108 <sup>xx</sup>	-66 <sup>0</sup>	+14 <sup>0</sup>
Satovuosien lukumäärä	14	14	13	13	15	10	16

## b) Keskimääräinen kalkin vaikutus.

	Muunnettu alkusato ja satojätteiden vaikutus						Röbäcks- dalen
	Amalie- torp	Tönnersa	Ulfs- torp	Ecke- rud	V:a Eknö	Säby	
I	3310	2880	4040	2510	2860	3100	2720
II	+179 <sup>x</sup>	+211 <sup>xxx</sup>	+105 <sup>0</sup>	+1386 <sup>xxx</sup>	+129 <sup>x</sup>	+79 <sup>0</sup>	+485 <sup>xxx</sup>
III	+242 <sup>x</sup>	+318 <sup>xxx</sup>	+423 <sup>xx</sup>	+1220 <sup>xxx</sup>	+211 <sup>x</sup>	+77 <sup>0</sup>	+397 <sup>xx</sup>
Satovuosien lukumäärä	14	14	13	13	15	10	16

## c) Keskimääräinen lannoituksen vaikutus.

Lannoitustasot (NPK)	Muunnettu alkusato ja satojätteiden vaikutus						Röbäcks- dalen
	Amalie- torp	Tönnersa	Ulfs- torp	Ecke- rud	V:a Eknö	Säby	
1/2	3140	2390	3660	3080	2650	3090	2550
1	+268 <sup>xx</sup>	+580 <sup>xxx</sup>	+548 <sup>xxx</sup>	+304 <sup>xxx</sup>	+327 <sup>xxx</sup>	+80 <sup>0</sup>	+440 <sup>xxx</sup>
2	+643 <sup>xxx</sup>	+1418 <sup>xxx</sup>	+1110 <sup>xxx</sup>	+594 <sup>xxx</sup>	+642 <sup>xxx</sup>	+105 <sup>0</sup>	+966 <sup>xxx</sup>
Satovuosien lukumäärä	14	14	13	13	15	10	16

Th. Jessen (Selostuksen laatinut Antti Jaakkola)

Kalkkia marskimaalle ja liejupitoisille alankomaille

Kerrostuneina maalajeina, joiden pintakerros koostuu pääasiassa saveksesta ja hienosta hiedasta sekä osittain orgaanisesta aineksesta, marski ja liejupitoinen alankomaa poikkeavat merkitsevästi kalkitustarpeen suhteen muista tanskalaisista savi- maista. Marskimaa on muodostunut merellisessä ympäristössä rannikolla, kun taas liejupitoinen alankomaa on pääasiassa muodostunut murto- ja makeanveden olosuhteissa lahdissa ja jokilaaksoissa rannikon läheisyydessä. Pohjaveden pinta on korkealla. Kemiallisessa ja fysikaalisessa suhteessa ne ovat samankaltaisia, eikä niiden välillä ole jyrkkää rajaa.

Nämä maat ovat hyvin vaativia rakenteen ja kuivatuksen suhteen, mikäli halutaan saada hyvä tulos tavallisessa peltoviljelyssä. Marskimaan rakenne ja sen ongelmat johtuvat geologisesta syntyperästä ja vallitsevista ilmastollisista oloista.

Juuri pengerrytetty marskimaa sisältää 10 prosenttiin saakka kalsiumkarbonaattia koko kuiva-ainemäärästä ja maan pH on kahdeksan lähellä. Niin kauan kuin kalsiumkarbonaattia on riittävä määrä maassa, on savi kalsiumsavea, jolle luonteenomaista ovat avoimet huokokset. Näissä oloissa maan vedenläpäisevyys on hyvä ja kuivatus helppoa.

Vastapengerretty marskimaa sisältää myös natriumia, joka päinvastoin kuin kalsium aiheuttaa huonon rakenteen. Natriumionit hydratoituvat helposti ja johtavat maan pahaan liettymiseen, missä yhteydessä maan vedenläpäisykyky vähenee voimakkaasti. Vaihtamalla kalsiumioneihin syrjäytyvät natriumionit savikolloidien pinnoilta, mikäli kalsiumia on jäljellä riittävä määrä maassa ja mikäli kuivatuksella on luotu olosuhteet veden tunkeutumiselle maakerrosten läpi. On siksi tärkeätä, että samanaikaisesti marskimaan pengerryksen kanssa luodaan sopiva kuivatusjärjestelmä, niin että huuhtoutumista voi tapahtua toivotulla tavalla. Maan rakenteen säilymisen takia natriumin osuus ei saa nousta yli 10 prosentin kationien yhteismäärästä ja kalsiumin suhde magnesiumiin täytyy olla suurempi kuin 1,5.

Sade, jonka määrä Tanskan olosuhteissa marskialueella ylittää haihdunnan 300-400 mm vuosittain, huuhtoo vuosittain 1000-1500 kg kalsiumkarbonaattia hehtaarilta. Tällaisen maan koko kalkkimäärä huuhtoutuisi 200-300 vuoden kuluessa. Koko sen ajan, jona huuhtoutumista tapahtuu, maan pH pysyy korkealla tasolla. Sen jälkeen kun kaikki kalsiumkarbonaatti on huuhtoutunut, jatkuvasti syvemmälle tunkeutuva vesi syrjäyttää kalsiumionit savikolloidien vaihtopinnoilta ja korvaa ne vetyioneilla. Maan

pH laskee ja saavuttaa 20-30 vuodessa pH 5,0 tason. Tällöin marskissa on tullut esiin kalkin puute ja sen arvo useimpien viljelykasvien kasvupaikkana on ratkaisevasti vähentynyt ei ainoastaan alhaisen pH:n takia vaan myös huonontuneen maan rakenteen vuoksi.

Kalkitus on tämän takia tärkeä keino vanhojen marskimaiden viljavuuden ja viljelyarvon säilyttämisessä. Maan pH täytyy pitää korkeana ja tietty kalkkivarasto on säilytettävä huuhtoutumistappioiden korvaamiseksi.

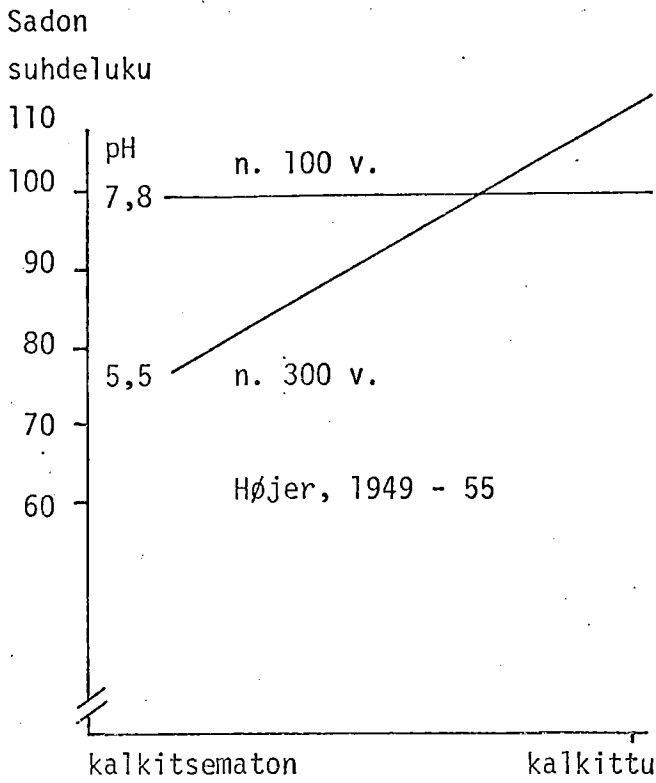
Liejupitoinen alankomaa on siinä suhteessa suuresti vanhojen marskimaiden kaltainen, että se tuskin sisältää kalsiumkarbonaattia. Tällainen maa on ennen kuivatus- ja viljelyynottoa ollut vuosisatoja veden vaivaamassa tilassa ja voimakkaalle huuhtoutumiselle alttiina.

Statens Marskforsøg Højer on viime vuosikymmeninä rinnan lisääntyneen marskialueiden hyväksikäytön kanssa suorittanut sarjan kokeita, joissa on tutkittu kalkin ja kalkkipitoisten aineiden käyttöä maanparannuksessa. Vanhalla marskimaalla, jonka pH oli 5,5, on saatu 30-35 % sadonlisäyksiä verrattuna kalkitseemattomaan. Sadonlisäyksiä on saatu aina korkeimpiin pH-arvoihin saakka. Maan suuren vaihtokapasiteetin takia tarvitaan usein suuria kalkkimääriä toivotun tuloksen aikaansaamiseen. Kokeet kalsiumpitoisilla aineilla superfosfaatilla ja kipsillä, joilla on sama vaikutus maan rakenteeseen kuin kalkilla, ilman että maan pH muuttuu, ovat osoittaneet, että kalkin kokonaisvaikutus johtuu sekä paremmasta maan rakenteesta että korkeammasta pH:sta.

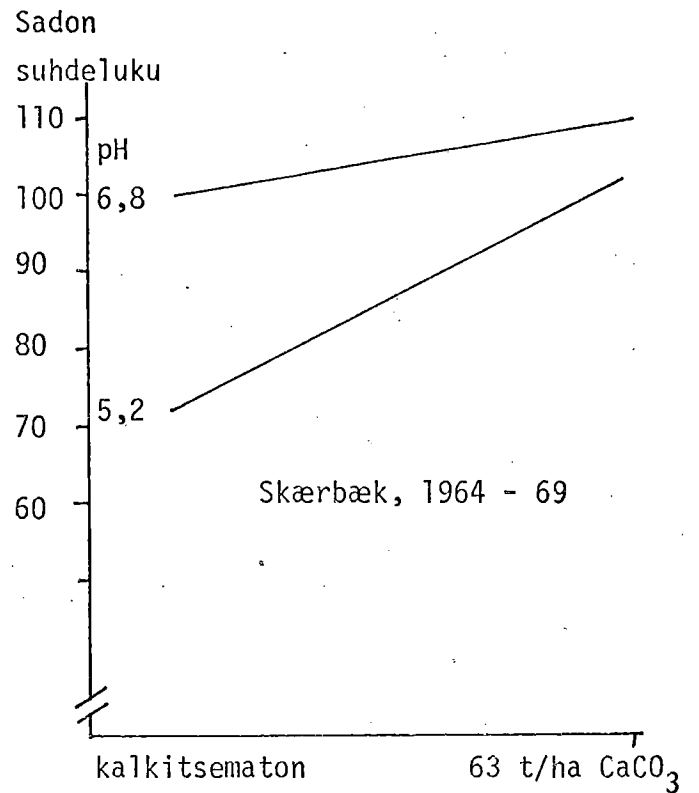
Vastaavia kokeita liejupitoisilla alankomailla on suoritettu valtion koeasemalla (Statens forsøgsstation) Borrissa, jossa kaikissa kokeissa on saatu sadonlisäyksiä, vaikka pH on ollut hyvin korkealla tasolla, jopa 8,0. Kokeissa käytetyt määrät ovat olleet 10, 20, 40 ja 80 t/ha kalkkia ( $\text{CaCO}_3$ ).

#### Kirjallisuutta:

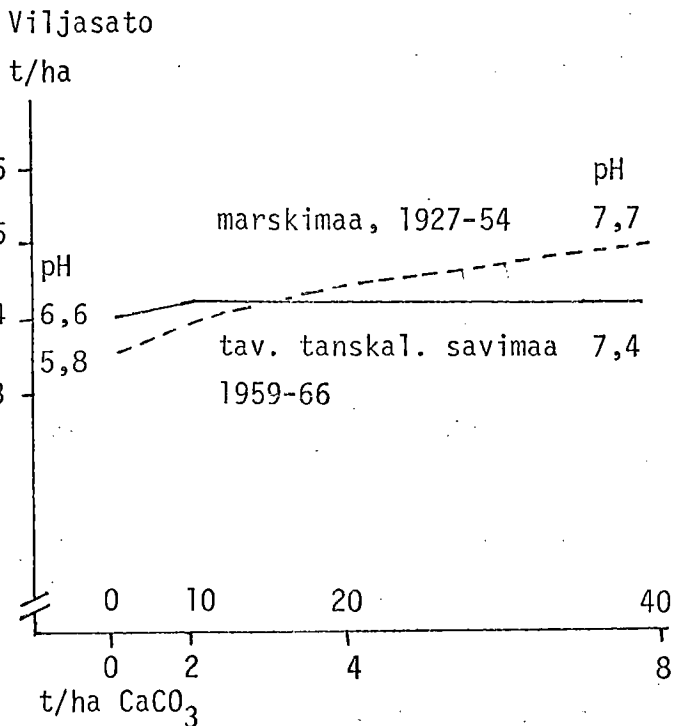
- ASLYNG, H.C. 1955. Marskjordens kemiske og fysiske tilstand Tidskr.f. Planteavl 59, 328-344.
- HANSEN, L. 1969. Strukturforsøg på marskjord. Tidskr.f. Planteavl 73, 25-37.
- JESSEN, TH. 1977. Kalk, superfosfat og kvælstof på svær klægjord. Statens Planteavlsforsøg, 1353 meddelelse.
- JESSEN, TH. 1978. Kalkning og dybpløjning af klægjord i Skjernenge. Statens Planteavlsforsøg, 1405 meddelelse.
- NIELSEN, V. og K. DORPH-PETERSEN 1958. Forsøg med kalk og mergel på marskjord. Tidskr.f. Planteavl 62, 420-452.



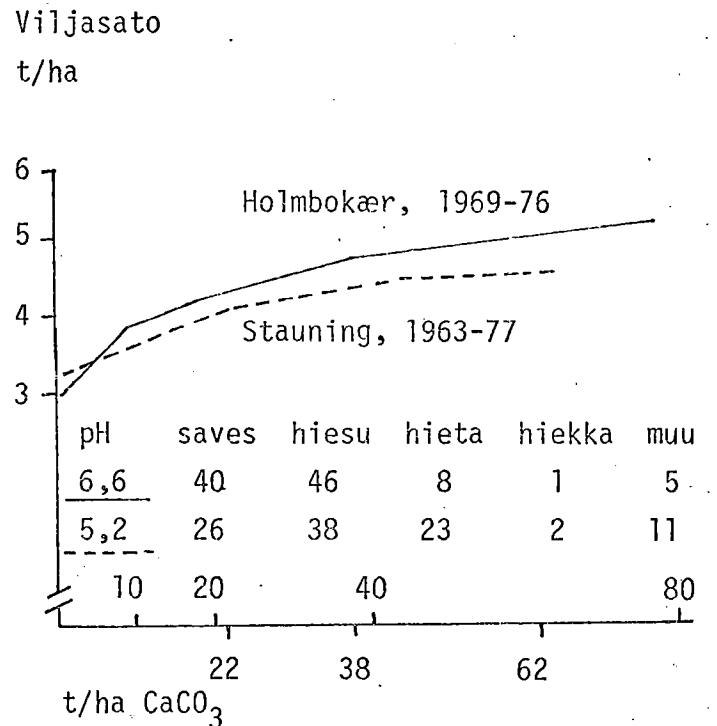
Kuva 1. Kalkki uudella ja vanhalla marskimaalla.



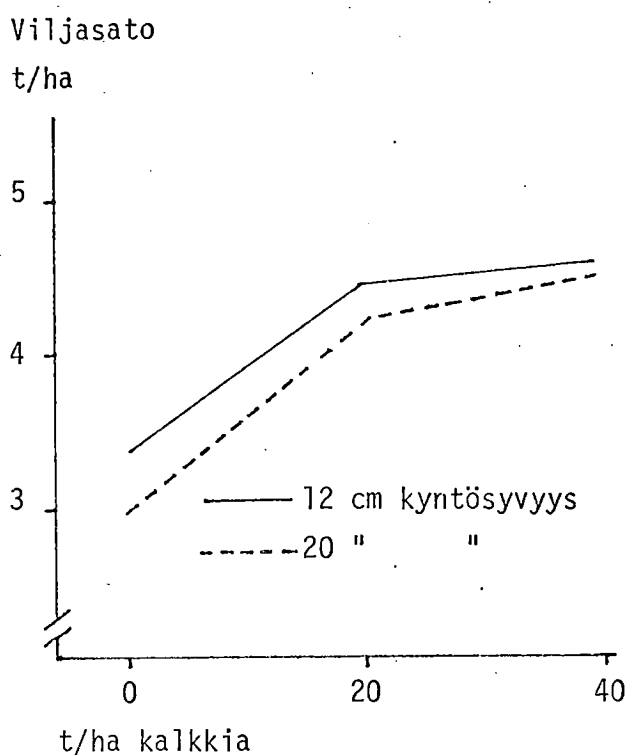
Kuva 2. Kalkki ja pH vanhalla marskimaalla.



Kuva 3. Kalkkimäärät marskillä ja tavallisella tanskalaisella savimaalla.

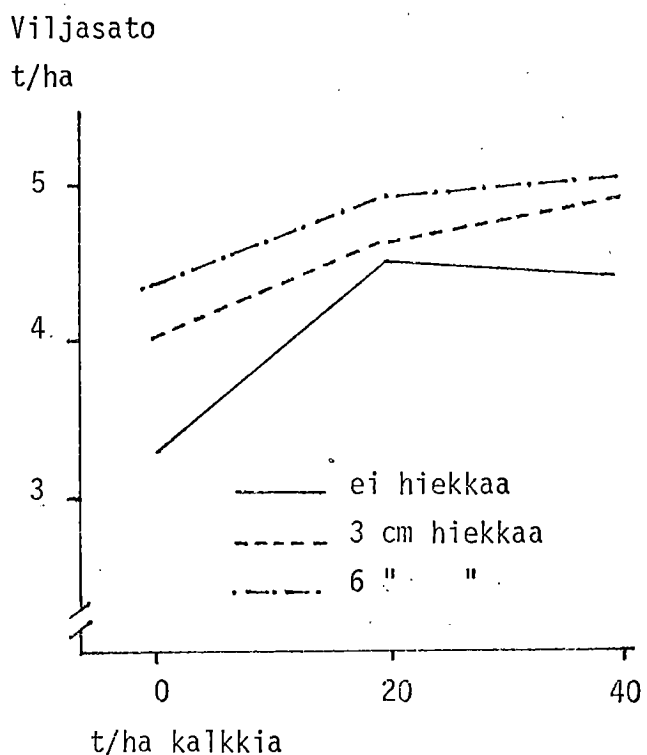


Kuva 4. Kalkkimäärät kahdella lieju-pitöisellä alankomaalla.



Kuva 5. Kyntösyvyys ja kalkkimäärä jäykällä marskimaalla.

Ribe 1941 - 47



Kuva 6. Hiekkakate ja kalkkimäärät jäykällä marskimaalla.

Ribe 1941 - 47

Taulukko 1. Maan kemiallisten ominaisuuksien ja satojen välinen riippuvuus

	Ca:n lisäys t/ha	Rt <sup>x</sup>	Kationikoostumus % 0 - 20 cm syvyys					Sato kg/ha	Suhde- luku
			Na	K	Mg	Ca	Ca/Mg		
Käsittelemätön	0	7,0	5	2	21	72	3,5	4150	100
10 t kipsiä	2,3	7,1	5	2	19	74	3,9	4370	105
20 t superfosfaattia	4,3	7,1	3	2	16	79	4,8	5250	126
20 t kipsiä	4,6	6,9	3	2	16	79	4,9	5450	131
30 t kalkkia, 10 t kipsiä	14,3	7,7	3	2	16	79	4,9	5030	121
30 t " 20 t "	16,6	7,7	3	2	15	80	5,4	5600	135
48 t kalkkia	19,2	7,8	3	2	14	81	5,7	5390	130

x)  $Rt = pH_{CaCl_2} + 0,5$



Arnor Njøs (Selostuksen laatinut Antti Jaakkola)

## Suurten kalkkimäärien vaikutus maan rakenteeseen ja maan nitraattipitoisuuteen

### Johdanto

Norjassa on suoritettu laboratorio- ja kenttäkokeita suurilla kalkkimäärillä vuodesta 1963 alkaen (Njøs 1963, 1969, 1972). Nämä kokeet ovat osoittaneet, että keskinkertaisen multavilla savimailla on leikkuulujuus vähentynyt, maat ovat kutistuneet kuivattaessa vähemmän, ja murujen kestävyys on lisääntynyt suurten sammutetun ja poltetun kalkin määrien käytön jälkeen. Nämä kokeet on suoritettu mailla, jotka ovat olleet peräisin vanhan viljelymaan kyntökerroksesta. Sen humuspitoisuus on ollut 3-6 %, savespitoisuus 20-50 % ja hiesupitoisuus suunnilleen 50 %. Viime aikoina on myös tutkittu suuria kalkkimääriä tiivistämiskokeissa savimailla ja kokeissa ta-soitetuilla savimailla, joiden humuspitoisuus on pieni.

### Uudet kalkituskokeet vanhoilla viljelymailla

Tulokset kehikkokokeesta, joka perustettiin vuonna 1968 saviselle hietamaalle Åsiin, on esitetty taulukossa 1. Perustamisvuonna sato lisääntyi erittäin voimakkaasti kalkkimäärän lisääntyessä, sensijaan kahtena seuraavana vuonna ei ollut juuri sadonlisäystä. Vuonna 1971 mitattiin maan leikkuulujuus ja murujen kestävyys.

Taulukko 1. Sadot, leikkuulujuus ja murujen kestävyys kehikkokokeessa poltetulla kalkilla savisella hietamaalla. Orgaanista hiiltä 3 %.

Käsittely 1968	Viljaa		Leikkuulujuus kp/cm <sup>2</sup> 1971	Kestäviä muruja, % 1971
	1968	1969-70		
0 t/ha CaO	3200	4600	0,44	43
2,5 " "	4800	4600	0,43	43
5,0 " "	5800	4600	0,41	47
10,0 " "	7100	4800	0,42	49
20,0 " "	6700	4900	0,38	53
PME 5 %	800			

Suuri sadonlisäys vuonna 1968 selittyy erityisistä olosuhteista. Kylvöalusta oli kuohkea jyrsimisen jälkeen, kylvösyvyys oli suuri, sitäpaitsi heti kylvön jälkeen satoi runsaasti, niin että maa kuörettui. Vaikutus maan rakenteeseen olikin selvä kolmen vuoden kuluttua.

Kehikkokokeessa kalkkikivijauheella samalla maalla, jolle annettiin 0, 2, 5, 5, 10 ja 20 tonnia kalkkikivijauhetta hehtaaria kohti, olivat jyväsadot keskimäärin 8 vuodelta em. järjestyksessä 4600, 4600, 4700, 4900 ja 4800 kg/ha. Sadot eivät siis nousseet enää 10 tonnin hehtaariannoksen jälkeen. Vuonna 1975 kentällä kasvoi sokerijuurikasta, ja suurimmalla kalkkimäärällä saatiin suurin sato.

Kenttäkokeessa nousevilla poltetun kalkin määrillä hietasavella, jonka orgaanisen hiilen pitoisuus oli 3,1-3,4 % ja joka oli perustettu Asiin vuonna 1971, oli sadonlisäys 4 viljavuotena keskimäärin sama 5, 10 ja 20 tonnilla poltettua kalkkia hehtaaria kohti, nimittäin 300 kg/ha jyvviä. Vaikutus perustamisvuonna maan nitraattipitoisuuteen, joka määritettiin kuivatuksen jälkeen 35°C:ssa käy ilmi kuvasta 1. Nitraattipitoisuuden kehitys ajan kuluessa perustamisvuonna osoitti, että heti kalkituksen jälkeen nitraattia oli maassa vähemmän kuin kalkitseemattomassa maassa. Vasta niin myöhään kuin yhden kuukauden kuluttua kalkin lisäyksestä oli eniten nitraattia suurimman kalkkimäärän saaneilla ruuduilla. Maan pH:n (vesilietos) mittaus osoitti pH:n lisääntyneen 11,1 kaksi viikkoa sekoituksen jälkeen, sen jälkeen se laski pH 8,6 kolmen viikon jälkeen (Njøs 1972). Vasta 5. lokakuuta oli merkittäviä nitraattimääriä suurimman kalkkimäärän saaneilla ruuduilla (3,5 ja 2,4 mg NO<sub>3</sub>-N kalkitussa maassa, kun kalkitseemattomassa oli 0,5 mg NO<sub>3</sub>-N/100 g maata). Syksyllä 1975 suoritettun uuden kalkituksen jälkeen maan nitraattipitoisuus muuttui myös selvästi (kuva 2).

#### Kalkituskoee tasoitettulla savimaalla

Romeriken rotkomaastossa on vuodesta 1955 lähtien tasoitettu suuret alat savimäkiä ja notkoja. Taulukossa 2 esitetään muutamia tuloksia kalkituskokeesta tällaisessa maastossa.

Taulukko 2. Keskimääräiset jyväsadot jaksolta 1972-76 sekä fysikaaliset ja kemialliset analyysit vuonna 1977 tasoituskokeessa, joka perustettiin vuonna 1972 hiesusavelle, omistaja R. Naess, Nittedal.

Käsittely	t/ha	kg/ha	pH(H <sub>2</sub> O)	Ca-AL	C	Muruja > 6 mm	Kestäviä
polttua kalkkia		jyviä		mg/100 g	%	%	muruja %
0		1120	8,0	490	0,7	31	17
5		1180	8,0	570	0,6	27	16
10		1250	8,1	603	0,7	28	20

Tulokset osoittavat kalsiumluvun lisääntyneen, sadon lisääntyneen merkityksettömän vähän ja muruisuuden vähän muuttuneen.

Tässä kokeessa sadon lisäystä ovat aiheuttaneet lisäksi viemäriete, jota annettiin 50 ja 100 t/ha kuiva-aineena koetta perustettaessa, ja nousevat typpilannoittemäärät. Tässä kokeessa saatuja tuloksia voidaan pitää luonteenomaisina monille kokeille tasoitetulla savimaalla. Silloin tällöin on murujen kestävyys lisääntynyt, mutta useimmiten ei. Tästä voidaan päätellä, että humusköyhällä savimaalla suuret määrät poltettua kalkkia ovat vaikuttaneet vain vähän rakenteeseen ja satoon.

#### Tiivistämisen ja kalkituksen yhdysvaikutusta selvittävä koe

Taulukossa 3 on esitetty tulos fysikaalisista analyyseistä kokeessa, jossa tutkittiin maan tiivistämistä ja kalkitusta hiesusavella. Sen orgaanisen hiilen pitoisuus oli 3 %. Koe sijaitti Asissa (Njøs 1978).

Taulukko 3. Fysikaalisia suureita kalkitus-tiivistämiskokeessa hiesusavella Asissa. 6 vuoden keskiarvo murujen ja tilavuuden mittauksesta, yhden vuoden leikkuulujuuden mittauksesta.

CaO määrä t/ha		Muruja 6 mm prosenttia	Kestäviä muruja 6-2 mm prosenttia	Leikkuulujuus		Ilmatila- vuus prosenttia	Huokos- tilavuus prosenttia
1971	1975 <sup>x)</sup>			0-10 cm kp/cm <sup>2</sup>	10-20 cm kp/cm <sup>2</sup>		
0	0	62	51	0,8	1,0	5	50
5	5	62	52	0,8	1,0	-	-
15	5	63	52	0,6	1,0	7	52
PME 5 %			3	0,1	0,3	2	2

x) Sadonkorjuun jälkeen

Ilma- ja huokostilavuus määritettiin maaveden jännityksen ollessa 0,1 ilmakehää. Kalkitus ei vaikuttanut merkittävästi muruisuuteen, mutta suurin kalkkimäärä aiheutti tuskin merkittävän ilma- ja huokostilavuuden lisäyksen. Suurin kalkkimäärä vähensi pintakerroksen leikkuulujuutta. Silloin kun maa oli rankasti tiivistetty (6 ajoa traktorilla märässä maassa joka kevät) kalkituksella oli taipumus lisätä leikkuulujuutta 20-30 cm:n syvyydessä, kun taas tiivistämättömällä maalla kalkitus vähensi leikkuulujuutta. Tässä kokeessa ei ollut kuitenkaan merkittävää yhdysvaikutusta fysikaalisissa suureissa.

Maan nitraattipitoisuudessa todettiin tietty yhdysvaikutus tiivistämisen ja kalkituksen välillä viimeisen kalkituksen jälkeen, kuten havaitaan taulukosta 4.

Taulukko 4. Nitraatti-N, mg/100 g maata 0-5 cm syvyydessä, 8.6.1976 tiivistämis-  
kalkituskokeessa.

Kalkkia t/ha	Traktorilla ajojen lukumäärä		
	0	6 kosteana	6 märkänä
0	8,0	6,5	3,0
5 + 5	9,0	6,0	4,0
15 + 5	11,0	7,5	3,5

Nitraattipitoisuus lisääntyi selvästi, silloin kun ei ollut ylimääräistä liikennettä, kun taas lisäys oli epävarma tiivistämisen jälkeen. Tässä kokeessa pienin kalkkimäärä lisäsi satoja, sen sijaan suurin kalkkimäärä ei enää nostanut niitä lisää. Kalkituksen ja tiivistämisen välillä ei ollut yhdysvaikutusta. Tästä voidaan päätellä, että tiivistämisen haittavaikutuksia ei voida poistaa suurten kalkkimäärien käytöllä.

#### Yhteenveto

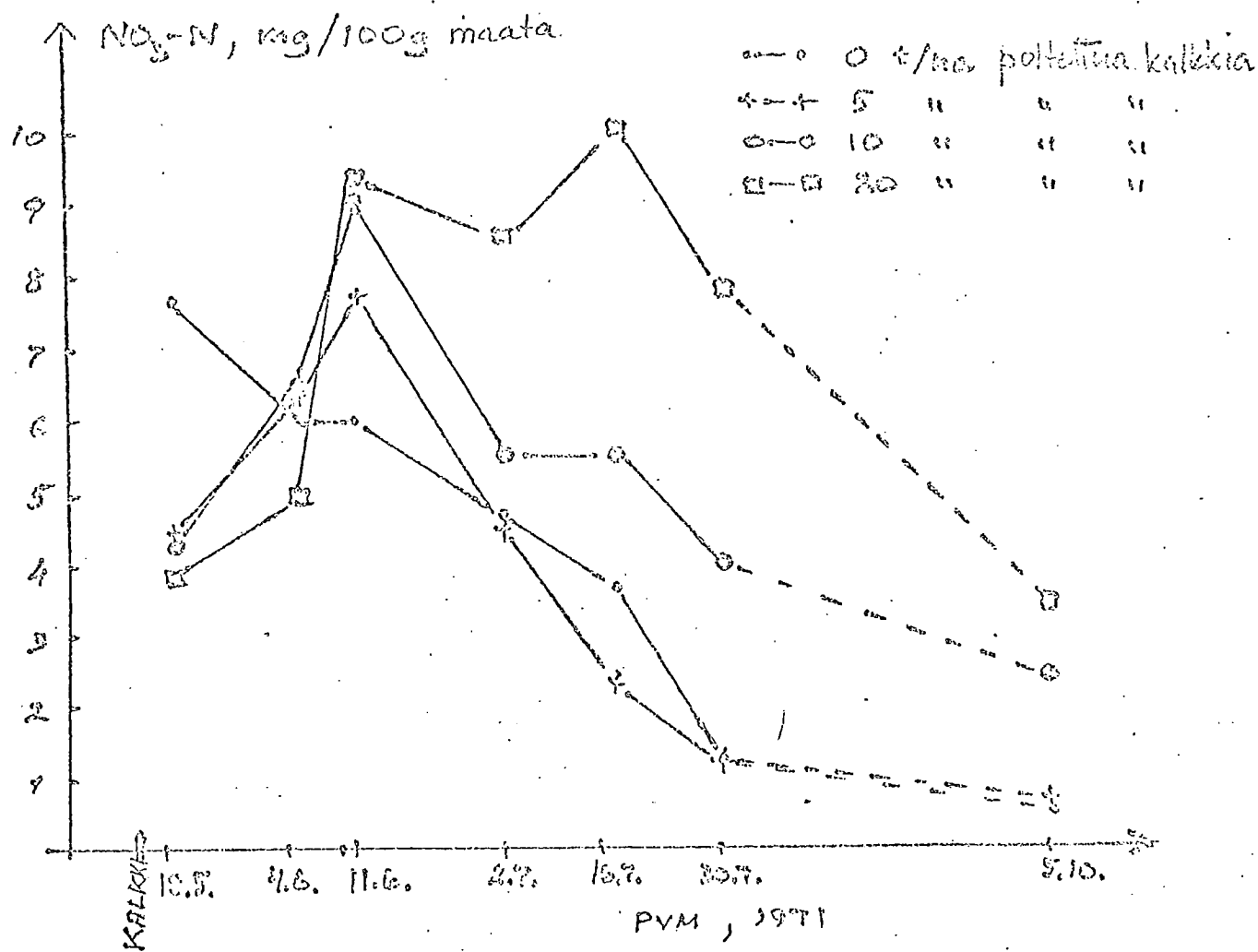
Suuret kalkkimäärät vanhalla viljelymaalla ovat johtaneet sadonlisäykseen ja merkittävään nitraatin muodostukseen levitysvuonna, sekä leikkuulujuuden pienenemiseen ja murujen kestävyden paranemiseen myös muutama vuosi levityksen jälkeen.

Suuret kalkkimäärät tasoitetulle humusköyhälle savelle ovat aiheuttaneet kövin pienen sadonlisäyksen, pienen vaikutuksen pH-arvoon (joka joka tapauksessa on korkea näiden savien syvemmissä kerroksissa), helppoliukoisen kalsiumin (Ca-Al) lisääntymisen ja hyvin pienen vaikutuksen muruisuuteen ja murujen kestävyteen.

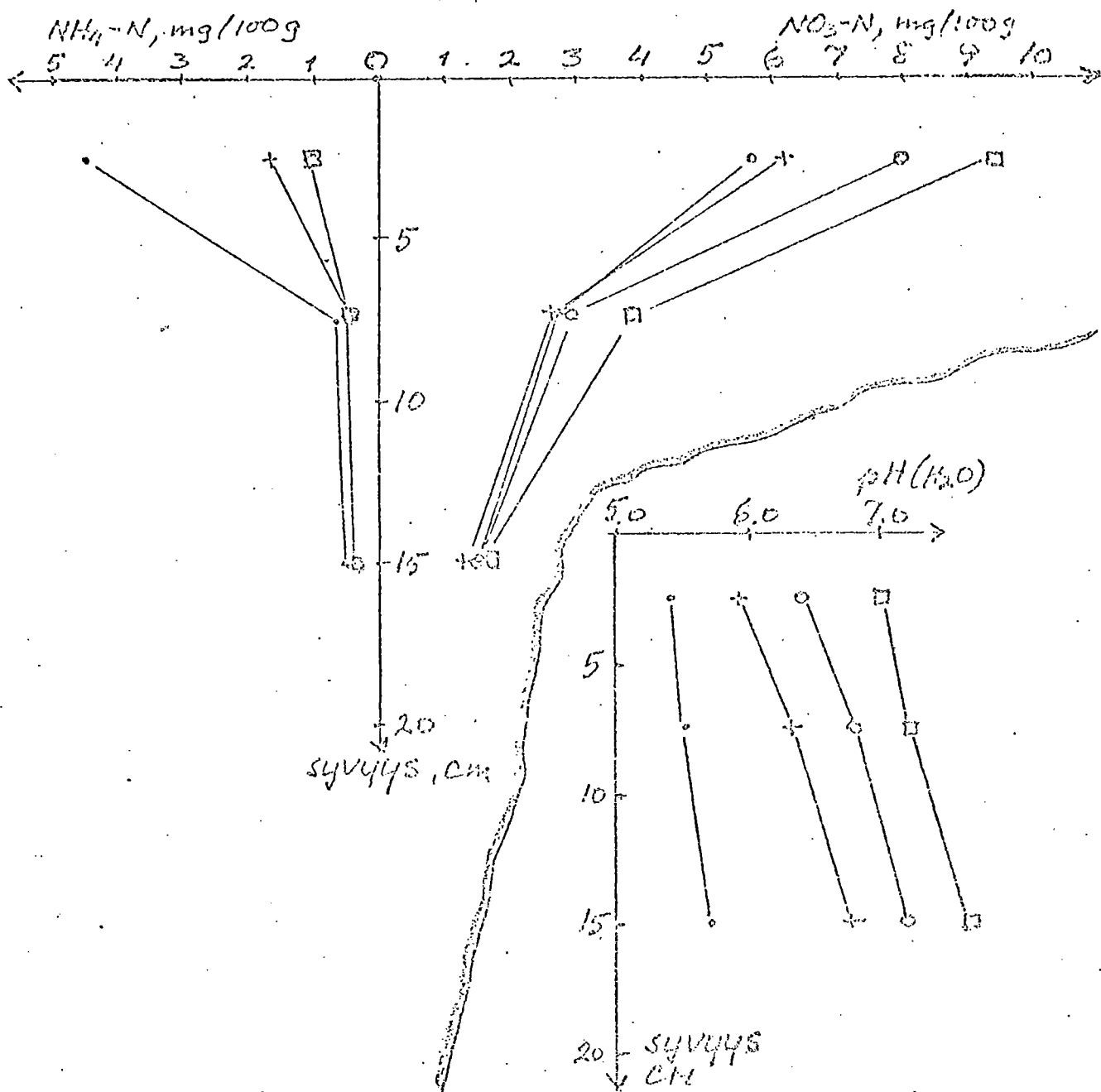
Kokeissa, joissa on tutkittu maan tiivistämistä ja kalkitusta savimaalla, ei ole saatu tuloksia, jotka osoittaisivat, että traktorilla ajon haittavaikutuksia voitaisiin poistaa kalkituksella. Sensijaan on osoittautunut, että kun nitraatin muodostus on lisääntynyt kalkkiannoksen myötä silloin kun ei ole ollut ylimääräistä liikennettä, on nitraatin muodostuminen ollut suunnilleen riippumatonta kalkituksesta, silloin kun liikenne on ollut raskasta.

Kirjallisuutta:

- NJØS, A. 1963. Om smuldring og vanninnhold i jorda ved arbeiding. Ny Jord 5/1963, 156-164.
- NJØS, A. 1969. Kalkning og jordstruktur. Særtr. 104, Inst.f.jordk., 1-14.
- NJØS, A. 1972. Kalkning med brent kalk. Virkning på pH, spiring av korn og jordstruktur. Plantedyrkingsmøte, 8-9, februar 1972, i As. Stensil, 7s.
- NJØS, A. 1978. Effects of tractor traffic and liming on yields and soil physical parameters of a silty clay loam soil. Meld. Norges Landbr.Høgsk. In press.



Kuva 1. Maan NO<sub>3</sub>-N-pitoisuus eri pituisten aikojen kuluttua kalkituksesta. Kalkitus suoritettiin 14.5.1971.



○—○ 0 t/ha. poltettua kalkkia    \*—\* 10 t/ha. poltettua kalkkia  
 +—+ 5 " " "    □—□ 20 " " "

Kuva 2.  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$  ja  $\text{pH}(\text{H}_2\text{O})$  eri syvyyksissä lisääntyvien kalkkimäärien jälkeen. Näytteen otto 8.6.1976. Uusintakalkitus: syyskuu 1975.

Gösta Berglund (Selostuksen laatinut Antti Jaakkola)

### Kalkki ja maan rakenne

Alkukesän kuivuus ja huono orastuminen keväällä ovat usein toistuvia ongelmia. Aikainen kylvä antaa säännönmukaisesti parhaan satotuloksen. Jotta aikainen kylvä olisi mahdollinen, vaaditaan että pelto kuivuu tasaisesti ja että maassa on edullinen rakenne. Tasaisen kuivumisen perusedellytys on hyvin toimiva ojitus ja savimailla hyvä rakenne. Sitä voidaan parantaa kalkituksella.

### Maan rakenne

Kuvassa 1 on esitetty pienten murujen koon riippuvuus maan savespitoisuudesta. Kalkki on lisännyt murukokoa savespitoisilla mailla. Kun savespitoisuus on ollut kovin alhainen, ei vaikutusta juuri ole todettu.

On esitetty, että kalkin vaikutus rakenteeseen liittyy lähinnä kolloidiseen savekseen. Saveksen karkeampi osa olisi tämän mukaan suhteellisen muuttumaton ja verrattavissa hiesuun.

Kuva 2 esittää kalkin vaikutusta maan kutistumiseen sen kuivuessa. Kutistuminen on vähentynyt sitä enemmän, mitä enemmän maa on sisältänyt savesta.

### Erilaiset kalkit

Kaikkien kalkkilajien raaka-aine on kalkkikivi, joka kemiallisesti on kalsiumkarbonaattia. Se voidaan jauhaa kalkkikivijauheeksi; mutta se on edelleen kalsiumkarbonaattia. Polttamalla kalkkikiveä saadaan poltettua kalkkia eli sammuttamatonta kalkkia, joka kemiallisesti on kalsiumoksidia. Sammuttamaton kalkki ottaa halukkaasti vettä luovuttaen lämpöä ja muuttuu sammutetuksi kalkiksi, kalsiumhydroksidiksi. Ilman hiilidioksidi muuttaa tämän vähitellen alkuperäiseksi yhdisteeksi, kalsiumkarbonaatiksi.

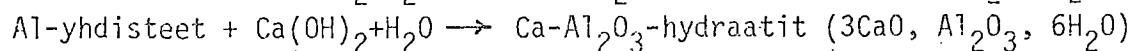
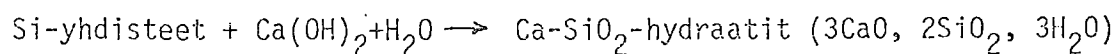
	Poltto →	Sammutus →	"Ilmassa sammuminen"
Kalkkikivi		Sammuttamaton kalkki	Sammutettu kalkki $\text{CaCO}_3$
$\text{CaCO}_3$		$\text{CaO}$	$\text{Ca(OH)}_2$ Kalsiumkarbonaatti
Kalsiumkarbonaatti		Kalsiumoksidi	Kalsiumhydroksidi
Kalkkikivijauhe		Poltettu kalkki	Kalkkihydraatti Rakennushienokalkki

Laboratoriokokeessa ovat sammuttamaton kalkki ja sammutettu kalkki parantaneet selvästi savimaiden rakennetta. Sen sijaan kalkkikivijauheella ei ole ollut juuri mitään vaikutusta maan rakenteeseen, siitä huolimatta että sen on annettu vaikuttaa jopa vuoden ajan. Kalkitusaineen vaikutus maan rakenteeseen riippuu oleellisesti siitä, kuinka paljon se sisältää vapaata kalkkia eli CaO tai Ca(OH)<sub>2</sub>. Seuraavat luvut osoittavat miten paljon kaupassa olevat kalkkilajit sisältävät vapaata kalkkia:

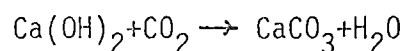
Kalkitusaine	% kokonais-CaO	% vapaata kalkkia
Kalkkikivijauhe	50	0
Sammuttamaton kalkki	50-95	40-95
Sammutettu kalkki	55-70	55-70

#### Saveksen ominaisuuksia

Savimaiden primäärihiukkaset ovat suureksi osaksi hyvin pieniä levyjä - suuruusluokka pienempi kuin tuhannesosa millimetriä. Ne ovat pääasiassa negatiivisesti varautuneita ja niitä ympäröi ioniverho, jonka ioneista pääosa on positiivisesti varautuneita. Jokaisella hiukkasella on ympärillään vesikerros. Tämä vesi on sitä tiukemmin pidättynyttä mitä lähempänä hiukkasen pintaa se on. Kun kalsiumionit vallitsevat, on vesikerros hiukkasten pinnalla ohut, ja hiukkasen eri osien erilaiset sähkövaraukset pitävät hiukkasia keskenään tietyssä vakaassa järjestyksessä. Sen sijaan eräiden muiden kationien vallitessa vesikerros hiukkasten pinnalla on paksu ja hiukkaset liikkuvat toisiinsa nähden helposti. Tällöin hiukkaset eivät voi muodostaa kestäviä muruja. Kalkin savimaan rakennetta parantava vaikutus perustuu lisäksi ns. sementtireaktioihin ja laastin muodostukseen. Sementtireaktioon osallistuvat hienossa saveksessa olevat kolloidinen piihappo ja kolloidiset alumiinioksidit. Yhdessä kalsiumoksidin kanssa ja veden läsnäollessa nämä muodostavat hyvin vahvoja sidosaineita, kalsiumsilikaattihydraatteja ja kalsiumalumiinaattihydraatteja:



Laastinmuodostus tarkoittaa sitä, että maassa olevan ilman hiilihappo ja vapaa kalkki reagoivat keskenään, muodostaen kalsiumkarbonaattia, joka stabilisoi mururakenteen:



Sementtireaktiot ja laastin muodostus kestävät hyvin kauan aikaa. Valtaosa reaktioista on tapahtunut parin kuukauden kuluttua, mutta reaktioiden loppuun menemiseen vaadittaneen pari vuotta. Näihin reaktioihin osallistuu ainoastaan vapaa kalkki. Kalsiumkarbonaatti ei ole käyttökelpoinen.



### Kalkin käyttö peltoviljelyssä

Kalkituksella pyritään vaikuttamaan seuraavaan kolmeen tekijään: pH-arvoon, emäskyllästysasteeseen ja maan rakenteeseen. Silloin kun kalkituksella pyritään ainoastaan kohottamaan pH-arvoa ja emäskyllästysastetta, voidaan käyttää mitä kalkitusainetta tahansa. Levitysjajalla ei silloin myöskään ole suurta vaikutusta tulokseen.

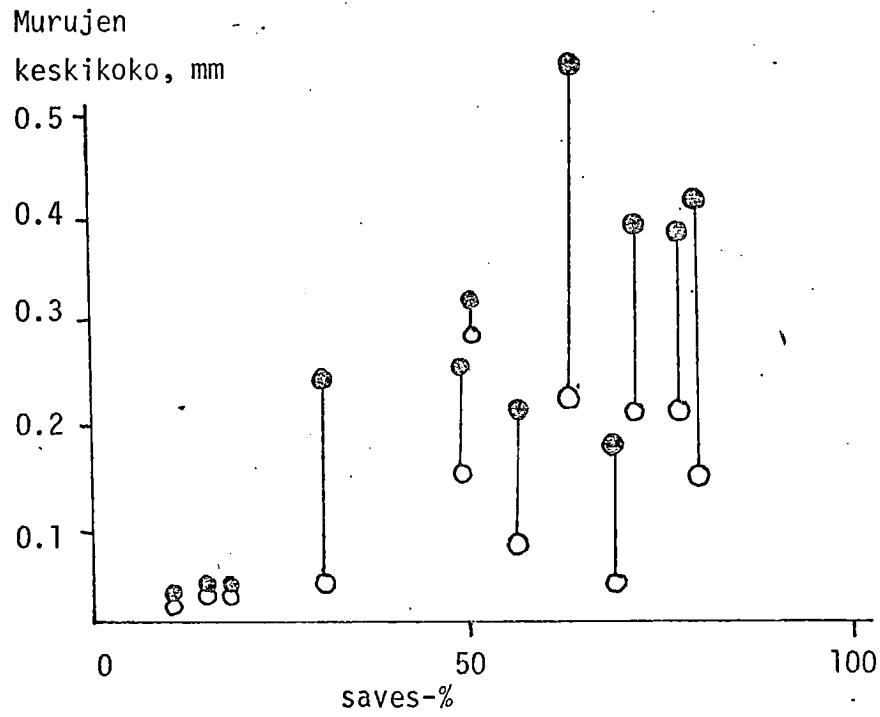
Sensijaan silloin kun maan rakennetta halutaan parantaa, on ainoastaan sellainen kalkki, joka sisältää vapaata kalkkia, käyttökelpoinen. Tällaista kalkitusta ei voida suorittaa milloin tahansa, ei ainakaan talvella. Kalkki on levitettävä hyvin muokattavaan maahan ja sekoitettava heti levityksen jälkeen. Kalkkimäärien ei tarvitse olla välttämättä valtavan suuria. Jäykille saviille voidaan suositella 5-10 t/ha CaO.

### Muutamia kenttäkoetuloksia

Kuva 3 esittää kalkin vaikutusta vetovastukseen Brunnassa suoritettussa kenttäkoeksessa. Ensimmäinen mittaus suoritettiin kun maa oli hyvin kuiva. Silloin kalkitus vaikutti erittäin selvästi vetovoiman tarpeeseen. Viikkoa myöhemmin tehtiin uusi mittaus. Välillä sattunut 25 mm sade johti siihen että vetovastus laski huomattavasti kalkitsemattomassa maassa. Sen jälkeen maa tiivistettiin ajamalla traktorilla pyörän jälki pyörän jälkeen kiinni. Uusi vetovastuksen mittaus osoitti vastuksen nousseen kaksinkertaiseksi.

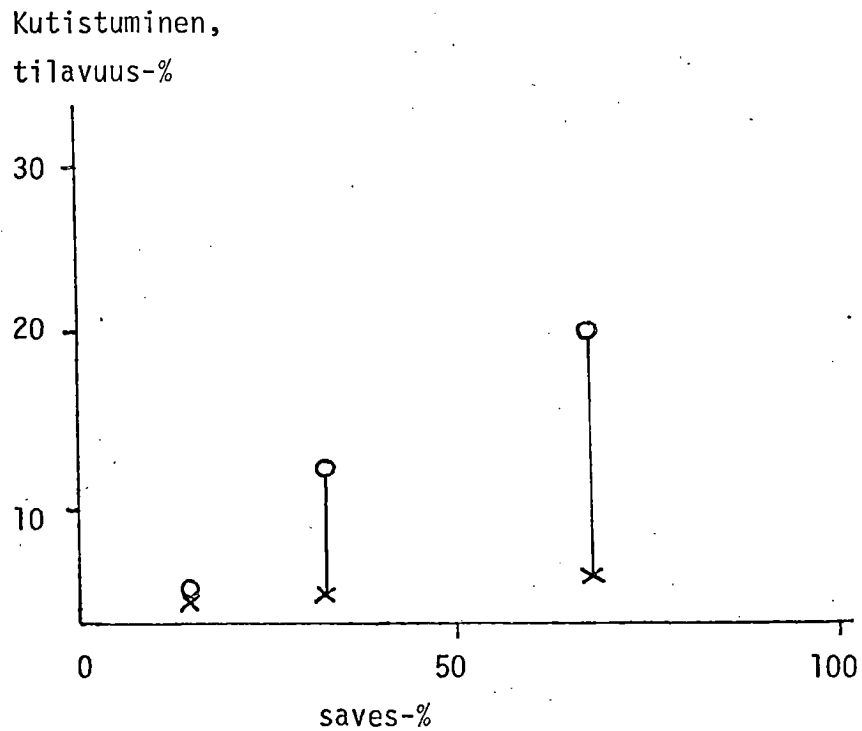
Sammuttamaton kalkkia, kalkkikivijauhetta ja thomasfosfaattia verrattiin kenttäkoeksessa, joka suoritettiin 35 % savesta sisältävällä maalla. Kuvassa 4 on esitetty sadon suhdeluvut vuodelta 1971. Suurin sadonlisäys saatiin sammuttamattomalla kalkilla, seuraavana oli thomasfosfaatti ja vähiten vaikutti kalkkikivijauhe.

Yhteenvetona voidaan todeta että kalkkikivijauhe on vaikuttanut pH-arvoon ja emäskyllästysasteeseen ja aiheuttanut lievän sadonlisäyksen. Sama vaikutus pH-arvoon ja emäskyllästysasteeseen on saatu thomasfosfaatilla, mutta sen lisäksi on saatu tietty vaikutus maan rakenteeseen. Tämä johtuu thomasfosfaatin hydraulisista ominaisuuksista - sementtivaikutuksesta. Sammuttamaton kalkki on vaikuttanut pH-arvoon ja emäskyllästysasteeseen, mutta sen lisäksi sillä on ollut selvä vaikutus rakenteeseen, mistä on aiheutunut suuria sadonlisäyksiä.



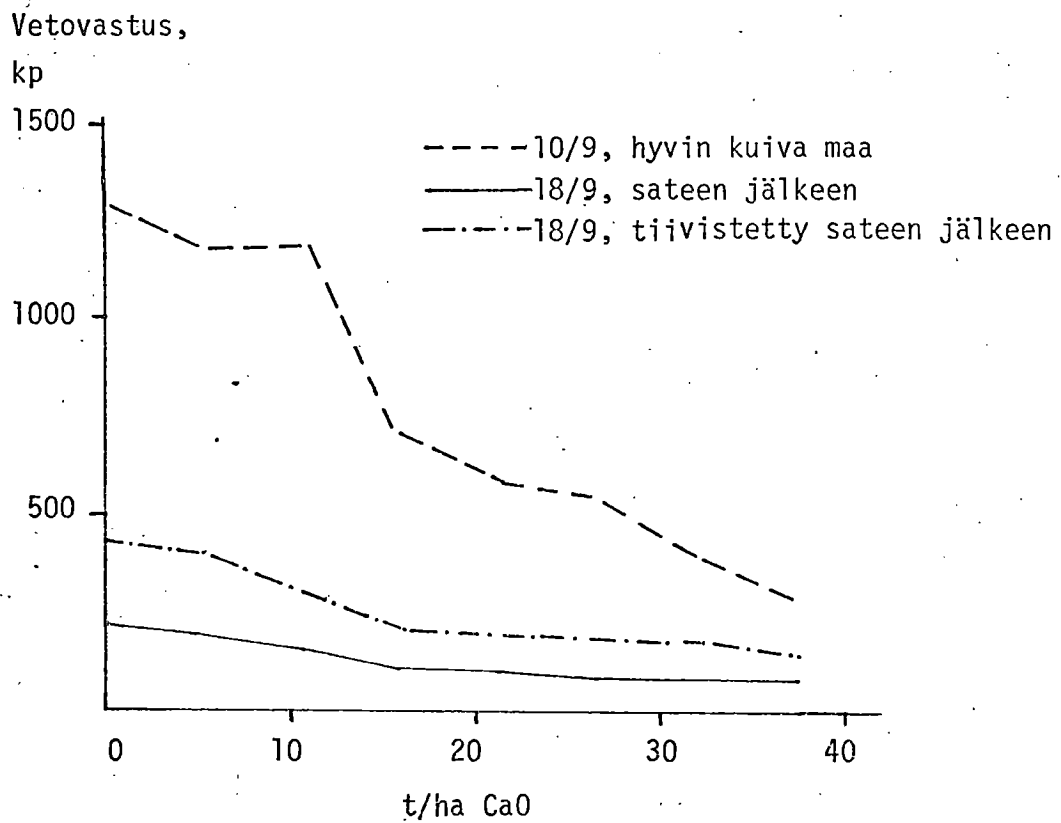
- = murukoko ennen kalkitusta  
 ● = " " 5 % kalkituksen jälkeen

Kuva 1. Kalkin vaikutus pienten murujen muodostukseen savespitoisuuden vaihdella.

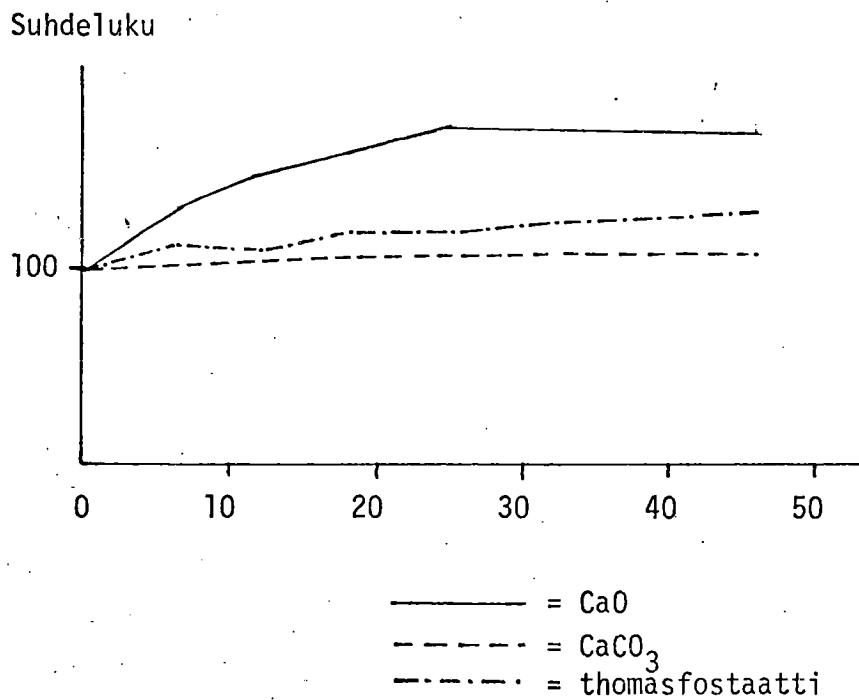


- = kutistuminen ilman kalkitusta  
 x = " " 5 % poltetun kalkin lisäyksen jälkeen

Kuva 2. Kalkin vaikutus kutistumiseen savespitoisuuden vaihdella.



Kuva 3. Vetovastuksen riippuvuus kalkituksesta kenttäkokeessa (Brunna). Vetovastus mitattu sekä kuivassa että kosteassa tilassa.



Kuva 4. Sadon riippuvuus kalkituksesta eri aineilla savimaalla suoritetussa kenttäkokeessa.

Raili Jokinen

Talkkiteollisuuden sivutuotteet kalkitusaineena ja magnesiumlannoitteena

Talkin valmistusprosessissa saadaan sivutuotteena karbonaattirikastetta, joka sisältää pääasiassa kalsiumkarbonaattia, magnesiumkarbonaattia ja magnesiumoksidia.

Pohjois-Karjalassa Polvijärven pitäjässä on Oy Lohja Ab:n omistama talkkiesiintymä. Sieltä saatava karbonaattirikaste sisältää neutraloivaa kalsiumia 15 % ja rikasteen magnesiumpitoisuus on 6.4 %. Tuote läpäisee kokonaisuudessaan 0.42 mm seulan.

Karbonaattirikasteen käyttöarvoa kalkitusaineena ja magnesiumlannoitteena on tutkittu Maatalouden tutkimuskeskuksessa astiakokeessa kahdella maalajilla. Maiden pH-luku ja magnesiumpitoisuus ovat alhaiset. Kokeessa verrataan karbonaattirikastetta kalkkikivijauheeseen ja dolomiittikalkkiin (8.5 % magnesiumia). Kutakin kalkkilajia on käytetty astiaa (5 l) kohti sellainen määrä, että neutraloivaa kalsiumia on tullut 10 g. Kalkkimäärät olivat seuraavat: kalkkikivijauhe 26.8 g, dolomiittikalkki 28.3 g, karbonaattirikaste 66.7 g. Näiden lisäksi on kokeessa mukana kalkkikivijauheen ja karbonaattirikasteen seos 1 + 3.3. Seoksessa on 11 g kalkkikivijauhetta ja 38.2 g karbonaattirikastetta ja sen magnesiumpitoisuus on 5 %. Karbonaattirikasteessa astiaa kohti tuleva magnesiummäärä on sama kuin dolomiittikalkkissakin tuleva.

Hietamaalla karbonaattirikasteen vaikutus raiheinän satoon oli heikoin runsaasta käyttömäärästä huolimatta. Kalkkikivijauheen ja karbonaattirikasteen seoksella saatiin hieman runsaampi sato kuin dolomiittikalkilla. Saraturpeella karbonaattirikastetta ja dolomiittikalkkia käytettäessä tuotettiin vain 15 % korkeampia satoja kuin ilman kalkitusta.

Kunkin korjuukerran (4 satoa/vuosi) satojen magnesiumpitoisuus oli korkein karbonaattirikastetta saaneissa astioissa. Samoin myös satojen ottama magnesiummäärä oli niissä astioissa suurin.

Ensimmäisen vuoden neljä raiheinäsatoa ottivat kaikkiaan noin 3 % eri kalkitusaineina annetusta magnesiumista. Kummallakin maalajilla vapautui magnesiumia kasvien käyttöön suhteellisesti laskettuna vähiten karbonaattirikasteesta (taulukko 1). Hietamaalla sadot ottivat esiten dolomiittikalkin magnesiumia.

Suunnilleen puolen vuoden kuluttua kalkituksesta mitatut  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ -luvut osoittavat, että karbonaattirikasteen neutraloiva vaikutus maassa oli heikompi kuin dolomiittikalkin, vaikka karbonaattirikasteen käyttömäärä oli 2.5-kertainen (kuva 1). Hieta- ja turvemaalla saadut tulokset ovat keskenään saman suuntaiset.

Vuosina 1971-73 tutkimme toista karbonaattirikastetta, jota saadaan Suomen Talkki Oy:n tuotantolaitoksilta Sotkamosta. Tässä tuotteessa oli 22 % magnesiumia ja 39.2 % neutraloivaa kalsiumia. Astiaa kohti käytetyt kalkkimäärät vastasivat 4.8 g neutraloivaa kalsiumia. Karbonaattirikasteen tai dolomiittikalkin mukana tulleet magnesiummäärät olivat lähes yhtä suuret. Kolmi vuotisessa kokeessa kasvoi joka vuosi kaura.

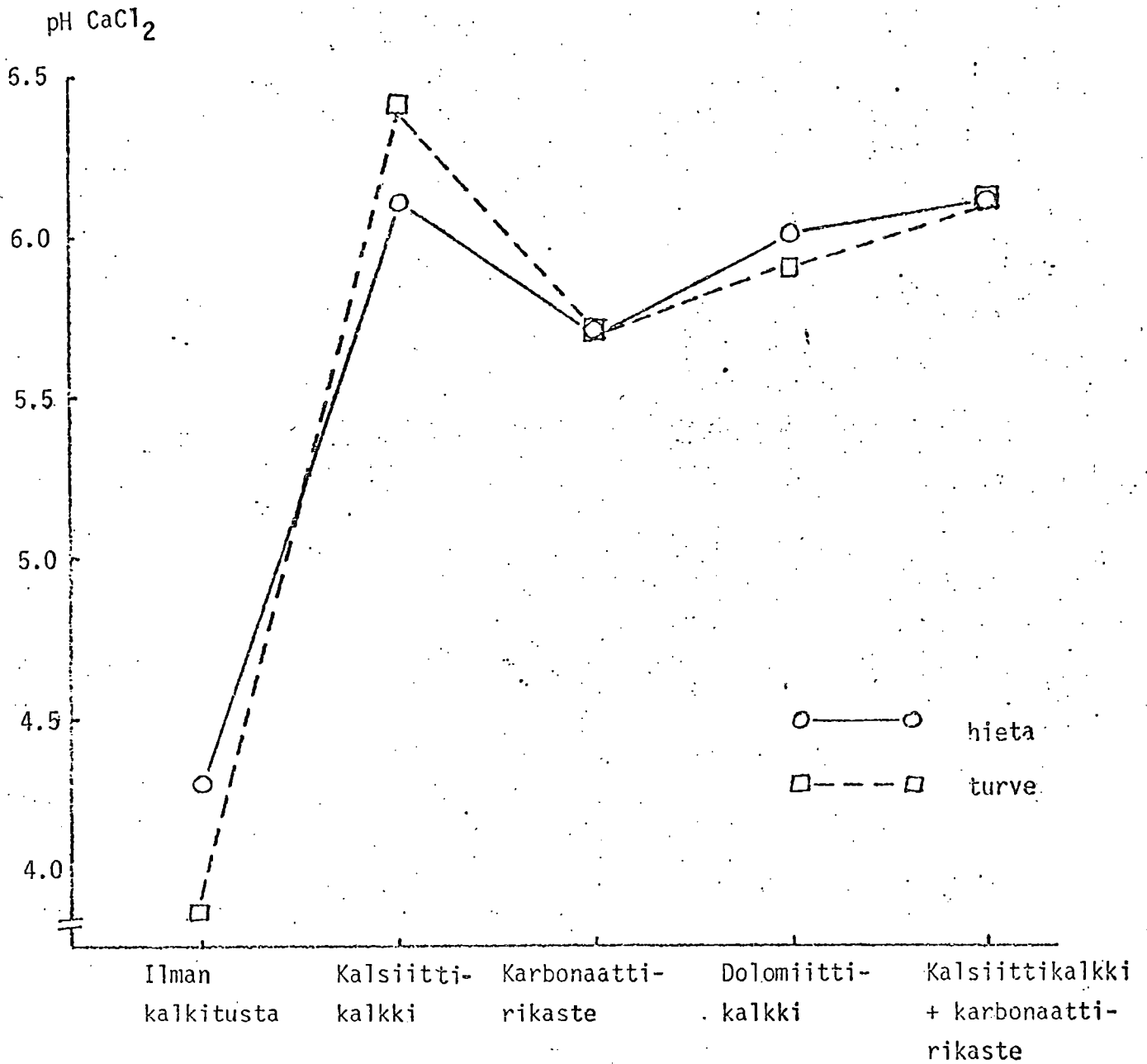
Sadot (jyvät + oljet) ottivat koeaikana 7.2 % dolomiittikalkin ja 5.1 % karbonaattirikasteen magnesiumista. Kun typpilannoitus lisättiin kaksinkertaiseksi, sadot ottivat vastaavasti 29 % ja 17 % tutkittavien aineiden magnesiumista. Karbonaattirikasteista vapautui magnesiumia tasaisesti koko kolmen vuoden ajan. Tuotteen neutraloiva vaikutus ei kuitenkaan ollut yhtä hyvä kuin dolomiittikalkin.

Molempien astiakokeiden tuloksista voidaan todeta, että karbonaattirikasteet sellaisenaan neutraloivat vähän. Magnesiumia niistä vapautuu hitaammin kuin dolomiittikalkista. Sekoitettaessa karbonaattirikastetta nopeasti neutraloivien kalkitusaineiden kanssa seoksen magnesiumpitoisuuteen tulee kiinnittää huomiota. Seoksen etuna on se, että magnesiumia vapautuu tasaisesti usean vuoden ajan.

#### Taulukko 1.

Raiheinäsatojen ottama magnesiummäärä (mg/ast, %).

	Mg mg/ast		Mg % annetusta	
	Hieta	Turve	Hieta	Turve
Ilman kalkutusta	5	67		
Kalsiittikalkki	53	130		
Karbonaattirikaste	98	153	2.2	2.0
Dolomiittikalkki	85	121	3.3	2.3
Kalsiittikalkki + karbonaattirikaste	75	150	2.8	3.4



Kuva 1. Koemaiden  $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$  syksyllä 1977, vuoden kuluttua kalkituksesta.

Gunnar Norrman (Selostuksen laatinut Raili Jokinen)

### Kuonat kalkitusaineena

Rauta- ja terästeollisuudessa muodostuu suuria määriä koostumukseltaan ja ominaisuuksiltaan erilaisia kuonia.

Kuonat muodostuvat niistä epäpuhtauksista, joita lähtömateriaali, rautamalmi sisältää. Epäpuhtaudet erotetaan lisäämällä reaktiounneihin kuonaa muodostavia aineita, useimmissa tapauksissa kalkkia.

Jokaisessa prosessissa muodostuu ominaisuuksiltaan erilaisia kuonaa, jonka käytökelpoisuus kalkitusaineeksi vaihtelee. Eräs vaatimus on tietenkin, että kuonien happamuutta neutraloiva kyky vastaa suunnilleen kalsiumkarbonaattia sekä että ne eivät sisällä kasvi- ja eläinkunnalle sopimattomia alkuaineita liian suurina määriä.

### Masuunikuona

Uudenaikaisesta masuunista saadaan 0.3-0.4 tonnia kuonaa jokaista tonnia kohti raakarautaa. Koska lähtömalmi sisältää useimmiten runsaasti silikaatteja kuonaa muodostavaksi aineeksi lisätään kalkkia.

### Teräskuona, LD-kuona, Kaldo-kuona, OBM-kuona, K-kalkki, Norrkalk

Raakaraudan jalostuksessa raakateräkseksi saadaan edelleen 0.1-0.2 tonnia kuonaa tuotettua terästönna kohti. Nämä reaktiot suoritetaan nykyisin voimakkaasti emäksisinä. Kalkitusta ajatellen arvokkaat kuonat, konvertterikuonat, saadaan malmia käsittelevistä kauppaterästehtaista. Romuja käsittelevien terästehtaiden kuonan mangaanipitoisuus on usein korkea. Erikoisterästehtaiden kuonat sopivat huonosti kalkitukseen, koska niissä on jäljellä osa lisätyistä seosmetalleista.

### Sulatto kuona - T-talkki

Teräksen valmistukseen tarvitaan seosmetalleiksi useita alkuaineita, esim. kromia ja mangaania. Teräkset valmistetaan emäksisestä seoksesta sulattamalla sähköuunissa. Nämäkin kuonat saattavat sisältää suuria määriä vaarallisia aineita.

### Määritelmä

Kaikille näille kuonille on yhteistä se, että ne ovat muodostuneet silikaateista ja sopivat kalkitusaineeksi. Yhteisnimeksi niille kaikille sopii silikaattikalkki. Yhdenmukaisesti tämän kanssa voitaisiin puhua karbonaattikalkeista.

### Arvo

Silikaattikalkkien arvo kalkitusaineena voidaan laskea, mitata, ilmoittaa ja arvioida usealla eri tavalla. Kuonan kokonaiskalsiumpitoisuus on yli 30 % ja aina mukana olevan magnesiumin kanssa kuonan emässisältö on samaa suuruusluokkaa kuin kalkkikivijauheenkin. Aina ei kuitenkaan ole varmaa, että maa ja kasvit voivat käyttää hyväkseen kokonaisanalyysin ilmoittamaa emäsmäärää, koska kuonan vallitseva mineraali vaikuttaa asiaan. Parempi käsitys kuonan kalkitusvaikutuksesta saadaan määrittämällä happamuutta neutraloiva kyky tunnetuilla menetelmillä. Kuitenkin itse maa tai kasvi antavat parhaimman tiedon astia- ja kenttäkokeissa.

Kenttäkoeaineistoissa todetaan silikaattikalkkien yleensä lisäävän satoa enemmän kuin sama määrä karbonaattikalkkia. Tämä johtunee ennekaikkea kemiallisen koostumuksen eroista. Silikaattikalkki sisältää tai saattaa sisältää P, Ca, Mg ja S sekä hivenaineita Mn, Ca, B, Fe, Zn, Co, Mo, mutta myös V ja Pi, jotka näyttävät lisäävän mikrobitoimintaa. Piin merkityksestä voidaan keskustella. Kokeissa silikaattikalkilla on ollut fysikaalistakin vaikutusta maassa sillä maa rakenne on parantunut.

Vuonna 1974 perustetussa kenttäkokeessa saatiin v. 1977 käsittelemättömästä ruudusta 1980 kg ohrasato (= 100),

Kalkkimäärä CaO/ha	Kalkitusaine			Sadon suhde- luku
	Laji	Neutral.kyky % CaO	Kg/ha	
3080	CaCO <sub>3</sub> , 75 % Ca-kyll.aste	50	6145	125
4165	CaCO <sub>3</sub> , 100 % "		8330	133
3080	Teräskuona, P-pit. alh.	61	5050	144
4165	" " "		6830	134
3080	Masuunikuona	56	5500	149
4165	"		7435	139

Maa: erittäin hapan, vähän ravinteita sisältävä kohtalaisen multava hiekkainen hieta.



Kuonat kalkitusaineena

1. Emäksisiä kuonia
2. Vaarallisten alkuaineiden pitoisuus alhainen
3. Eri karkeusastetta olevia tuotteita

<u>Kuonalaaji</u>	<u>Sopivuus</u>
Masuunikuona	
Vesi- tai ilmajäähdytetty	+
Terästeollisuuden kuona	
Kauppaterästehtaat	
Raaka-aineena rautamalmi	
P-pit. alhainen	++
P-pit. korkea	+++
Raaka-aineena rautaromu	(++)
Erikoisterästehtaat	-
Sulattokuona	(++)

Esimerkkejä kemiallisesta koostumuksesta, %

	Masuunikuona	Teräskuona	Sulattokuona
Ca	26 - 32	26 - 36	38
Mg	2 - 7	1 - 6	6
Si	15 - 20	6 - 12	13
Al	4 - 9	1 - 2	3
S	- 2	- 1	
Fe	- 2	12 - 20	
P		- 1	

Rauno Peltomaa

## Kaivosjätteiden käyttömahdollisuuksista kalkitusaineena Suomessa

### Jätteen synty ja koostumus

Kaivosjätteellä tarkoitetaan tässä yhteydessä sitä materiaalia, joka jää jäljelle, kun louhittavasta malmista rikastetaan arvomineraalit mahdollisimman tarkkaan. Toisin sanoen kyseinen materiaali on jauhattua kiveä.

Suomessa oli kaivosjätteitä vuonna 1971 noin 44 milj. tonnia, ja tuolloin tiedossa olleiden malmiemme rikastuksen päättyessä niitä on arvioitu olevan noin 170 milj.t..

Raekoostumukseltaan yksittäiset jätteet ovat varsin tasalaatuisia. Eri rikastamoiden jätteet sensijaan poikkeavat jossain määrin toisistaan. Kuudelta eri jättealueelta otetuissa näytteissä oli hietaa (20-200  $\mu\text{m}$ ) 70-75 %, ja kustakin näytteestä yli 50 % läpäisi 150  $\mu\text{m}$ :n seulan.

Kaivosjätteiden kemiallinen koostumus riippuu louhittavan malmin mineraalikoostumuksesta. Tältä pohjalta ne voidaan jakaa esim. kolmeen eri tyyppiin, nimittäin sulfidisiin- ja oksidisiin malmimineraalijätteisiin sekä teollisuusmineraalijätteisiin. Tässä yhteydessä esitettävät analyysitulokset koskevat ensin mainittuun ryhmään kuuluvia jätteitä.

### Soveltuvuus kalkitusaineeksi

Suurin osa suomalaisista kaivosjätteistä syntyy sulfidisten malmien rikastuksen yhteydessä. Se osa kiisumineraaleista, mikä jää jätteeseen saattaa muodostaa happuessaan jopa vapaata rikkihappoa. Tämä alentaa luonnollisesti jätteen pH:ta voimakkaasti. Malmiesiintymiin liittyy kuitenkin toisinaan niin paljon karbonaatteja, että jätteen pH on yli seitsemän (taulukko 1). Taulukossa 1 on esitetty myös jätteiden happoa neutraloivien kalsiumin ja magnesiumin määrät. Analyysi on sama, jolla Suomessa määritetään kalkkikivijauheen neutralointikyky. Tuloksista voidaan todeta, että neutraloivan (Ca+Mg):n määrä oli 9,6 % näytteessä n:o 2, mutta muissa tapauksissa se oli 0,9-5,4 %.

Käytettäessä jätteitä hyväksi kasvintuotannossa törmätään usein niiden mahdollisiin haittavaikutuksiin. Kaivosjätteiden kohdalla on kysymys niiden sisältämistä raskasmetalleista. Taulukkoon 1 sisältyvien jätteiden pitoisuudet vaihtelivat seuraavasti: mangaani 0,04-0,2 %, sinkki 0,01-0,6 %, kupari 0,02-0,08 %, koboltti 0,005-0,05 %, lyijy 0,002-0,015 %, nikkeli 0,007-0,15 % ja kadmium alle 0,01 %.

Taulukko 1. Jätenäytteiden  $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$  ja happoa neutraloivien Ca:n ja Mg:n määrät (%).

Näyte n:o	pH	Ca	Mg	Ca+Mg
1	7,0	3,2	1,4	4,6
2	8,8	7,6	2,0	9,6
3	7,1	4,2	1,2	5,4
4	7,4	0,3	1,9	2,2
5	6,5	0,5	1,9	2,4
6	6,8	0,8	0,1	0,9

Käytettäessä jätteitä kalkitukseen tarvittavia määriä esim. turvemaille olisi edellä mainittujen alkuaineiden lisäys turpeiden omiin kokonaispitoisuuksiin nähden suhteellisen suuri (3). Jätteiden mineraalisen koostumuksen huomioon ottaen lienee raskasmetallien vaikutus kasvien pitoisuuksiin kuitenkin pieni, mitä tukevat jätteistä määritetyt liukoiset alkuaineet. Niissä on todettu 1-n  $\text{NH}_4\text{OAc}$ :iin liukoista kuparia 1,1-4,5 ppm, mangaania 3,5-9,7 ppm ja nikkeliä 2,0-4,1 ppm (2). Tähänastisten selvitysten perusteella näyttäisi malmimineraalijätteiden hyväksikäyttö kalkitusaineena olevan mahdollista erittäin harvoissa tapuksissa. Soveltavat tutkimukset ja käytännön kokemukset ovat vasta alussa. Jatkossa tulisi selvittää lisäksi jätteiden vaikutus kasvien kivennäisainekoostumukseen.

#### Kirjallisuutta

- (1) Vuorimiesyhdistys-Bergmannaföreningen r.y. 1973; Tutkimusseloste n:o 40 147 s.
- (2) Vuorimiesyhdistys-Bergmannaföreningen r.y. 1977; Tutkimusseloste n:o 48 88 s.
- (3) Sillanpää M. 1962; J. Sci. Agr. Soc. of Finland 34:34.

Kalju Valdmaa (Selostuksen laatinut Raili Jokinen)

Teollisuuden ja kuntain jätteet kalkitusaineena maataloudessa ja järvien kunnostuksessa

Ympäristönsuojelun alalla tapahtuneen vilkkaan toiminnan vuoksi teollisuus ja kunnat ovat tehneet aloitteen löytääkseen käyttöä erilaisille jätteille. Jätteet joko käsitellään kalkilla tai kalkkien sisältämä aines eristetään olemassa olevasta jätteestä ja tällä tavoin pyritään löytämään niille menekkiä ja vähentämään varastoitavia jätemääriä. Kalkin tapaisia erityyppisiä jätteitä ovat mm. mesa, arina- ja suodinkalkki, LD-kuona, kalkkiliete.

Mesaa saadaan Skogsägarnas Industri Ab sulfiittitehtaalla Delary:ssä siten, että lähtöaineena on sammuttamaton kalkki (CaO), jota sekoitetaan natriumsulfitin ja natriumkarbonaatin kanssa ja lopputuotteena saadaan mesa kalkkia niissä sulfaattilaitoksissa, joissa ei ole mesauuneja. Mesalla on suhteellisen suuri happamuutta neutraloiva vaikutus, 55 % CaO kuiva-aineessa. Kalsiumin lisäksi mesa sisältää 4 % orgaanista ainetta ja pieniä määriä eri alkuaineita, joiden vuoksi aineen pitäisi sopia hyvin kalkitusaineeksi viljelymaille ja järvien kunnostukseen. Kalkitusvaikutuksen selvittämiseksi perustettiin syksyllä 1977 kaksi kenttäkoetta teollisuuslaitoksen lähelle. Vesien kunnostusta tutkitaan toukokuussa 1978 perustetuissa kokeissa Kronobergin läänissä (Fastusjö ja Skänsjö). Neutralointivaikutuksen lisäksi kokeessa seurataan mesan sisältämien metallien liukoisuutta valitsevassa ekosysteemissä sekä selvitetään mesassa olevien orgaanisten yhdisteiden mahdollista vaikutusta.

Arina- ja suodinkalkkia saadaan Enköpingin kunnan uudesta maailman ensimmäisestä kaukolämpö laitoksesta. Ensimmäinen kokeilulaitoksen Ab Enköpings Värmeverk on tehnyt yhteistoiminnassa Kymi Kymmene Metallin ja norjalaisen Mustard AB:n kanssa. Lämpöä tuotetaan useista nestemäisistä polttoaineista alhaisessa lämpötilassa.

Systemistä saadaan lopputuotteena polttoarinalta arinakalkkia ja savukaasujen puhdistuksesta suodinkalkkia. Alkuperäisenä kalkkina voi sekä arina että suodinkalkkiin olla kalkkikivi- tai dolomiittijauhe.

Arinakalkilla ja suodinkalkilla on huomattava happamuutta neutraloiva kyky. Arinakalkin kuiva-aineessa on 46 % CaO ja suodinkalkissa 54 % CaO. Kalsiumin ja magnesiumin lisäksi kalkit sisältävät polttoöljystä peräisin olevaa rikkiä (arinakalkki 7.3 %, suodinkalkki 5.1 %) sekä pieniä määriä muita alkuaineita. Suodinkalkki sisältää raskaita metalleja ja arinakalkki nikkeliä huomattavasti enemmän kuin alkuperäisessä dolomiittikalkissa on näitä alkuaineita.

Arina ja suodinkalkkien vaikutusta kalkitusaineena tutkitaan toukokuussa 1978 perustetuissa kenttäkokeissa ja astiakokeissa. Näitä kalkkeja verrataan kalkkikivijauheeseen ja dolomiittikalkkiin. Kenttäkokeissa lähellä Enköpingsiä kahdella maatilalla eri maalajeilla kasvaa ensimmäisenä vuonna ohra. Astiakokeet ovat Ultunassa katon alla, jotta voidaan välttää ilmasta tulevat laskeumat. Koemaina ovat kenttäkokeiden maaerät ja kasveina ohra, kevätvehnä ja rapsi.

Kalkitusvaikutuksen lisäksi kokeissa selvitetään muidenkin, erityisesti eljölle välttämättömien tai tarpeettomien raskaiden metallien vaikutusta maassa ja kasvissa 6 vuotisen koejakson aikana.

LD-kuonaa saadaan Bergslagens Returmaterial AB Fagersta laitoksilta vuodesta 1977 lähtien.

LD on hiiliteräksen valmistusmenetelmän nimi. Lähtöaineena on masuunista saatava juoksevassa muodossa oleva raakarauta joka sisältää 4 % hiiltä ja noin 0.07 % rikkiä. Ennen LD konvertteria raakaraudasta poistetaan rikki uunissa, johon lisätään poltettua kalkkia. Tämä kuona saattaa sisältää n. 80 % CaO. LD-kuona kuiva-aineen CaO-pitoisuus oli kolmena eri kertana 39.47 tai 63 % CaO (taulukko 1.). CaO-pitoisuutensa vuoksi LD kuonan pitäisi sopia kalkitusaineeksi maatalouteen ja vesien kunnostukseen.

Alustavien tietojen saamiseksi LD-kuonan kalkitusvaikutuksesta maassa, kalkittiin syksyllä 1977 viljelymaita lähellä Fagerstaa.

Kalkkilietettä saadaan kunnallisten jätevesien puhdistuksessa ja jätevesien käsittelyssä lisäämällä vaihtelevia määriä kalkkia. Orsa-menetelmällä toimivan jätevesien puhdistuslaitoksen tuotteen kalsiumpitoisuus on melko korkea, vastaa 35% CaO neutraloivaa vaikutusta kuiva-aineessa. Kalsiumin lisäksi kalkkiliete sisältää pieniä määriä muita alkuaineita, ja 14.3 % orgaanista ainesta. Raskaita metalleja kalkkilietteessä on vaihtelevia määriä lisätyn kalkin määrästä ja sen laimentavasta vaikutuksesta riippuen.

Taulukko 1. Erilaisten kalkitusaineeksi sopivien jätteiden analyysituloksia

Analyysi		Mesa	LD-kuona <sup>7)</sup>	Kalkki- liete (Orsa)
pH		11,5 <sup>1)</sup>	12,5	12,5
Kuiva-aine (ka)		62,1 <sup>1)</sup>	84	70
Orgaaninen aines	% ka:sta	4,0 <sup>2)</sup>	-	14,3
Kokonaistyyppi (Kjeldahltyppi)	"	0,1 <sup>3)</sup>	-	0,6
Fosfori (P)	"	0,04 <sup>2)</sup>	-	0,18
Kalium (K)	"	0,06 <sup>2)</sup>	-	0,38
Kalsium (Ca)	"	46 <sup>2)</sup>	-	40,3
Magnesium (Mg)	"	0,5 <sup>3)</sup>	0,3	0,3
Rikki (S)	"	0,3 <sup>3)</sup>	0,3	0,1
Rauta (Fe)	"	0,1 <sup>3)</sup>	-	0,7
Boori (B)	mg/kg ka	4 <sup>3)</sup>	-	-
Sinkki (Zn)	"	38 <sup>3)</sup>	45	-
Kupari (Cu)	"	20 <sup>3)</sup>	-	-
Mangaani (Mn)	"	185	11000	-
Nikkeli (Ni)	"	31 <sup>3)</sup>	46 <sup>3)</sup>	-
Koboltti (Co)	"	22 <sup>3)</sup>	-	-
Kromi (Cr)	"	24 <sup>2)</sup>	7000 <sup>5)</sup>	-
Lyijy (Pb)	"	65 <sup>2)</sup>	50	-
Kadmium (Cd)	"	5 <sup>2)4)</sup>	3	-
Elohopea (Hg)	"	0,02 <sup>2)</sup>	0,1	0,2
Arseeni (As)	"	1,0 <sup>3)</sup>	-	-
Neutraaloiva vaikutus (CaO)	% ka:sta	55 <sup>1)</sup>	39 <sup>6)</sup>	35 <sup>8)</sup>

- = Ei analysoitu

1) Neljän analyysin keskiarvo (Statens lantbrukskemiska laboratorium)

2) Kolmen " " " " "

3) Kahden " " " " "

4) Analysoitu Valtion luonnonsuojelu laitoksessa, 1,9 mg/kg ka

5) Yhdessä näytteessä 179 mg/kg ka

6) Analyysitulokset olivat; 63 % ja 47 % CaO sekä 2,4 ja 1,8 % MgO

7) Valmistanut Bergslagens Returnmaterial AB, Fagersta. LD-kuona = hiiliteräksen valmistuksessa jäävä kuona

8) Ilmoituksen mukaan laskettu happamuutta neutraloiva vaikutus

Suhteellisen suuren kalkkimääränsä ja alhaisen raskaiden metallien pitoisuutensa vuoksi pitäisi kalkkilietettä ja vastaavia jätetuotteita käyttää nykyistä enemmän viljelymaille. Ruotsissa viime aikainen kehitys viittaa siihen, että kalkki toimitetaan jätevesienpuhdistuslaitosten tai teollisuuden kautta maatalouteen.

### Kirjallisuutta

ARTHURSSON, D.A.A. & ÖSTERBERG, H. 1976. Fjärrvärme produktion i fluidicerad bädd. VVS 12: 71-72.

ARTHURSSON, D.A.A. 1978. Enköpingsprojektet, rapport nr. 1. Svenska Värmeverksföreningen.

KYMMENES ALLBRÄNSLEVER. Broschyr, Kymmene Försäljnings AB. Stockholm 8 p.

Taulukko 2. Dolomiittikalkin, arinakalkin ja suodinkalkin analyysitietoja

Analyysi		Dolomiitti- kalkki <sup>1)</sup>	Arina kalkki <sup>1)</sup>	Suodin kalkki <sup>1)</sup>
pH		12,5	8,7	12,2
Fosfori (P)	% ka:sta	0,006	0,006	0,015
Kalsium (Ca)	"	26	21	24
Magnesium (Mg)	"	12	11	13
Rikki (S)	"	-	7,3	5,1
Sinkki (Zn)	mg/kg ka	19	18	98
Kupari (Cu)	"	7	8	84
Nikkeli (Ni)	"	2	79	150
Koboltti (Co)	"	2	2	12
Kromi (Cr)	"	2	2	25
Lyijy (Pb)	"	16	5	60
Kadmium (Cd)	"	0,5	0,5	0,5
Happamuutta neutraloiva vaikutus (CaO)	% ka:sta	56	46 <sup>2)</sup>	54 <sup>2)</sup>

- Ei analysoitu

1) D. Arthursson. Enköpingsprojektet rapport nr. 1, Svenska Värmeverksföreningen, 1978-04-17.

2) Laskettu happamuutta neutraloiva vaikutus

Magnus Brink Pedersen (Selostuksen laatinut Raili Jokinen)

Eräiden kalkitusaineiden reaktioprofiili ja raekoostumuksen vaikutus siihen

Tanskassa on mielenkiinto kalkitusaineiden kovuuteen (eli liukenemisnopeuteen) lisääntynyt voimakkaasti runsaan dolomiittikalkin tuonnin vuoksi. Dolomiittikalkin hinta käyttäjän luona on sellainen, että saadakseen yhtä suuren määrän neutralointikykyä kuin maatalouskalkissakin, maksaa mukana tuleva magnesium noin 1/5 osan siitä mitä rakeisiin NPK-lannoksiin lisätty magnesium.

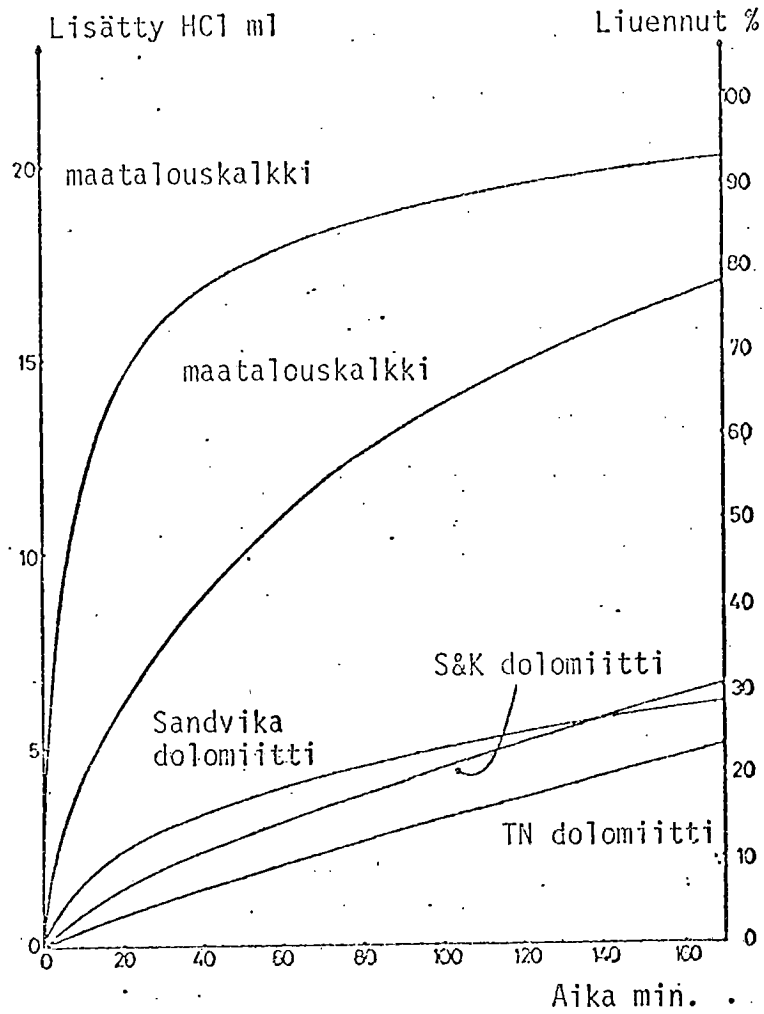
Kaikki tanskalaiset maatalouskalkkilajit ovat yhtä poikkeusta lukuun ottamatta pehmeitä ja suhteellisen helposti liukenevia. Tämä ei kuitenkaan koske dolomiittikalkkia ja siksi tutkimme näitä kalkkeja laboratoriossa. Tutkimus suoritetaan eri kalkkityypeillä. Selvitetään niiden tarvitsema happomäärä, jolla maan pH pysyy samana koko liukenemisprosessin ajan. Saatua käyrää kutsutaan kalkin tai dolomiitin reaktioprofiiliksi (kuva 1). Tutkittujen kalkkien reaktioprofiileista teimme seuraavat johtopäätökset.

- Tutkitut dolomiittikalkit ovat paljon hitaammin liukenevia kuin kaikki tavantomaiset tanskalaiset maatalouskalkit.
- Suuri osa yksinomaan tanskalaisista kalkeista reagoi erittäin nopeasti.
- Kovimmat tanskalaiset maatalouskalkit sisältävät huomattavan osan myös nopeasti vaikuttavaa kalkkia.
- Dolomiittikalkit eivät sisällä nopeasti vaikuttavaa kalkkia.

Tutkimus suoritettiin pH-alueella 2-5, siis huomattavasti alempana kuin tanskalaisten peltomaiden pH on. Alueella pH 6-8 dolomiittikalkit liukenevat erittäin hitaasti. Tanskalaisten kalkkien (< 2 mm) raekoolla ei ole vaikutusta tai vaikutus liukoisuuteen on melko vähäinen. Sensijaan tutkittujen dolomiittien liukoisuus pienenee huomattavasti raekoon noustessa.

Pääasiallinen tulos tutkimustuloksesta on se, että mailla joiden pH on alle 6.5 dolomiitti liukenee nopeasti ja siten magnesiumia vapautuu, jos kalkki on hienoksi jauhettua. Korkeamman pH:n mailla liukeneminen tapahtuu hitaasti, vaikka kalkki olisi hienoa.





Kuva 1. Kahden kalkkikivijauhe- ja kolmen dolomiittikalkkityypin reaktio-  
profiili. pH = 5.00, lämpötila 25°C, raekoko alle 0.105 mm. Näytteet  
sisältävät saman määrän karbonaattia.

Kirjallisuutta:

JENSSEN, A.T. & PEDERSEN, M.B. 1977. Om kalkvirkningens grundproces.  
Ugerskr. Agrn. Hort. Forst. Lic. 122: 647-651.

Maanparannusaineiden myyntiluvan ehdot Tanskassa

Tanskalaisesta raaka-aineesta valmistetut kalkit:

a) pulveroitu	maatalouskalkki	0 - 1 mm
b) hienoksi jauhettu	"	0 - 5 mm
c) murskattu	"	0 - 10 mm
d) karkea	"	0 - 20 mm

Viimeinen numero osoittaa rakeiden suurinta kokoa. Seulan reikä on neliö ja läpimitta ehdoissa mainittu. Kolmessa viimeksi mainitussa kalkissa tulee olla 1 mm seulan läpäisevää osaa 40 %.

Dolomiittikalkkien ts. kalsiummagnesiumkarbonaattien (sis. väh. 6 % Mg)

hienovaatimus

vähintään	50 %	alle 0.105 mm
"	70 %	alle 0.200 "
"	90 %	alle 2.00 "
	100 %	alle 4.00 "

Per Sima (Selostuksen laatinut Raili Jokinen)

Hienojakoisuuden vaikutus eräiden kalkitusaineiden kalkitus- ja magnesium-  
vaikutukseen - muutamia koetuloksia

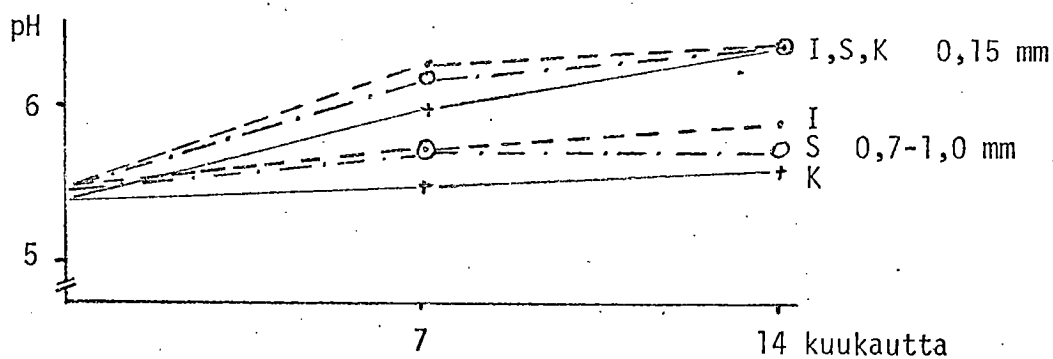
Johdanto

Supran koeasemalla Bulstoftassa on kolmen vuoden ajan harjoitettu kasvien ravinnetutkimuksen ohella kalkitustutkimusta. Sen jälkeen kun Supra aloitti kalkin myynnin tämä tutkimustoiminta lisääntyi. Tällä hetkellä on useita pitkäaikaisia kenttäkoesarjoja, jotka osaltaan valaisevat niitä eroja, joita eri kalkkilaatujen välillä on raekoostumuksen vuoksi. Muutamien ruotsalaisten dolomiittien magnesiumvaikutusta on verrattu mm. ulkomailta tuotuihin pehmeisiin dolomiitteihin.

Koetuloksia: Kalkki - raekoko

Ruotsista saatavat kalkkikivet on kovaa peruskalliokalkkia, hieman pehmeämpää silurikalkkia sekä liitukalkkia, joka on pehmeintä. Eräässä suhteellisen laajassa kalkituskokeessa on eri kalkkilaaduilla saatu seuraavia tuloksia 7 tai 14 kuukauden kuluttua kalkituksesta.

Kuva 1. Pienoisruutukoe. Hietamaan  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  kalkituksen (1.4 ton/ha  $\text{CaO}$ ) jälkeen.  
I = Ignaberga (liitukalkki), S = Storugns (silurikalkki) ja  
K = Köping (kallioperäkalkki)

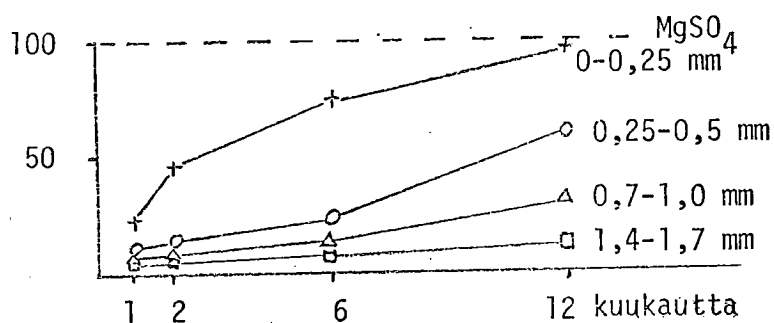


Neljätoista kuukauden kuluttua kaikkien kalkkien hienolla lajitteella (alle 0.15 mm) pH oli noussut saman verran. Raekoolla 0.7-1.0 mm pehmeä liitukalkki oli oletetusti paras. Minkään kalkin karkeat lajitteet (4.0-4.8 mm) eivät vielä vaikuttaneet maan pH-lukuun. Tämä koskee myös suurta kalkkimäärää, joka vastaa 3.6 t CaO hietamaalle ja 7.2 t CaO muille kuin hietamaille.

### Dolomiitin magnesiumvaikutus

Ns. muhituskokeessa maa pidetään kosteana mutta ei kasvateta kasveja. Maat on käsitelty erilaisen raekoostumuksen omaavilla dolomiittikalkeilla. Alla oleva kuva on näiden dolomiittien keskiarvo.

Kuva 2. Kaliumkloridiin uuttuva magnesium kalkitussa hietamaassa (Kiaby pH 6.2), 8 dolomiitin keskiarvo. Magnesiumsulfaatti = 100.



Kuva osoittaa, että vain pieni osa lajitteen 1.4-1.7 mm sisältämästä magnesiumista on liuenneet. Tällä lajitteella on saavutettu vain 10 % hienon dolomiittikalkein magnesiumvaikutuksesta. Hienoksi jauhettu dolomiitti oli 12 kk kuluttua lähes samalla tasolla kuin magnesiumsulfaatti. Yhdistetyssä muhitus- ja viljelykokeessa ovat mukana myös englantilaiset dolomiitit. Kokeessa saatiin 75 kg:n magnesiumlisäyksellä seuraavat tulokset.

Taulukko 1. Koe eri dolomiittilajeilla. Maa: Savinen hieta (Bulstofta).

	Mg mg/l		Mg % raeheinässä	
	Muhituskoe <sup>1)</sup>		Astiakoe	
	Maa		Maa	
	pH 5.8	pH 6.5	pH 5.3	pH 6.7
Ilman magnesiumia	36	31	0.21	0.23
Magnesiumsulfaatti	+157	+128	0.46	0.38
Ruotsal. dolomiittikalkki 0-0,25 mm	+ 75	+ 29	0.38	0.30
" " 0,7-1 mm	+ 8	+ 5	0.23	0.24
Englantil. " 0,7-1 mm	+ 44	+ 24	0.29	0.27
Standardipoikkeama	3.7	3.0	0.017	

1) 0.5 m KCl uuttuva Mg 2 kk kuluttua kalkituksesta.

Hienoksi jauhettu ruotsalainen dolomiitti on ollut paras, mutta englantilaisen dolomiitin vaikutus on parempi kuin ruotsalaisen karhean dolomiitin. Hienoksi jauhettu englantilainen dolomiitti, jota ei mainita taulukossa, vaikuttaa lähes samalla tavoin kuin ruotsalainen hienoksi jauhettu dolomiitti kalkitsemattomalla maalla, mutta on kalkitulla maalla hieman parempi kuin ruotsalainen dolomiitti.

Arnor Njøs (Selostuksen laatinut Raili Jokinen)

Rakeistettu kalkki maataloudessa

Muutamman yksinkertaisen kokeen tuloksia

Kalkkikivijauheen ja poltetun kalkin levityksen tasaisuudessa on ollut vaikeuksia käytettäessä keskipakolevittimiä. Hienoista lajitteista muodostuu helposti kalkkipilvi. Nämä hienot lajitteet kulkevat tuulen mukana kauas ja ovat epämiellyttäviä asutukselle ja liikenteelle levityspaikan lähellä.

Rakeistettu kalkki on hienoksi jauhettua kalkkia, joka rakeistetaan sideaineella. Institutt for jordkultur on käynnistänyt vuosina 1976 ja 1977 muutamia kenttä- ja laboratoriokokeita rakeistetulla kalkilla, jonka sideaineena on käytetty selluloseiteollisuuden jätettä (totaniinia).

A. Kenttäkokeet

Vuonna 1976 perustettiin muutama koe Sjørøstlandetiin. Koepaikat olivat kuitenkin huonot. Maa oli epätasainen ja kokeiden sisäinen vaihtelu sen vuoksi suuri. Sama koskee myös vuotta 1977. Kahtena vuotena korjattujen yhteensä seitsemän kokeen keskimääräiset jyväsadot esitetään taulukossa 1.

Taulukko 1. Rakeistetulla kalkilla v. 1976-77 saadut jyväsadot kg/10a, 7 kokeen keskiarvo.

Käsittely	Jyviä kg/10a
0 kg kalkkikivijauhetta	244
300 " " jauhettua	265
300 " " 0.5-2.5 mm	261
300 " " rakeista	260
600 " " jauhettua	280
600 " " 0.5-2.5 mm	264
600 " " rakeista	258

Aineisto on liian hajanainen päätelmien tekoa varten, mutta tulokset kuitenkin osoittavat rakeistetun kalkin vaikuttavan selvästi. Jauhetulla kalkkikivellä on nopea kalkitusvaikutus, minkä osoittavat kahden kaksi vuotta jatkuneen kokeen pH ja Ca(-AL) analyysit (taulukko 2).

Taulukko 2. Maan pH ja Ca(-AL)-pitoisuus kahden vuoden kuluttua kalkituksesta.

Käsittely		pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	Ca(-AL) mg/100 g
0 kg/10a kalkkikivijauhetta		5.1	32
300 "	" jauhattua	5.4	77
300 "	" 0.5-2.5 mm	5.1	59
300 "	" rakeista	5.2	69
600 "	" jauhattua	5.9	205
600 "	" 0.5-2.5 mm	5.5	102
600 "	" rakeista	5.5	178

Useista syistä nämä maa-analyysin tulokset ovat mielenkiintoisempia kuin sadot. Hienoksi jauhattu kalkkikivi on kohottanut pH:ta enemmän kuin muut lajit. Helpoliukoisen kalsiumin luvuista todetaan, että rakeistettu kalkki on lähempänä hienoa kuin karkeaa lajiteltua kalkkikivijauhetta.

Nämä kokeet jatkuvat eri kalkkilajin kalkitusvaikutuksen pitkäaikaisuuden selvittämiseksi.

### B. Laboratoriokokeet

Erään kalkintuottajan aloitteesta suoritettiin v. 1977 rakeistetulla kalkilla laboratoriokoe. Koemaita oli neljä: rahkaturve, hiesu, savi (n. 30 % savesta ja 50 % hiesua) ja hieta. Yhden litran muoviastia täytettiin maalla tiettyyn rajaan, sen jälkeen 2 cm ylin kerros otettiin pois, kalkit levitettiin ja maa lisättiin takaisin. Maat kostutettiin 90 % astiakapasiteetista. Sen jälkeen astiat pidettiin 20 °C ± 1 °C lämpötilassa. Maat saivat kuivua 40 % astiakapasiteettiin, kostutettiin 90 % j.n.e.

Koesuunnitelma oli seuraava:

B0	0 kg/10a	CaO	
B1	200 "	"	poltettu kalkki
B2	400 "	"	" "
B3	200 "	"	kalkkikivijauhe, hieno
B4	400 "	"	" "
B5	200 "	"	" 0.5-2.5 mm
B6	400 "	"	" "
B7	200 "	"	" rakeinen
B8	400 "	"	" "

Jokaista käsittelyä oli 4 rinnakkaista. Maata ei lannoitettu. Kaksi rinnakkaista oli kostea-kuiva kierrossa 4 kk. Sen jälkeen maat jäädytettiin, sulatettiin ja otettiin kerroksittain (1 cm) näytteet erikoiskairalla.

#### Yhteenveto ja käyttöohjeet

Laboratoriokokeet osoittavat selvästi, että rakeinen kalkki muuttaa pH:ta ja Ca-pit. yhtä paljon kuin vastaava määrä CaO poltetussa kalkissa tai kalkkikivijauheessa. Nämä tulokset on saatu 20 °C lämpötilassa säilytetyistä astioista. Kenttäkokeiden tuloksista on liian aikaista tehdä johtopäätöksiä, mutta rakeistetun kalkin vaikutus lienee pitkäaikaisempi kuin tavallisen kalkin. Uudismaalla on varmintä edelleenkin käyttää tavallista hienoksi jauhettua kalkkia, mutta rakeinen kalkki lienee käytökelpoista ylläpitokalkitukseen.

#### Kirjallisuutta

NJØS, A., 1973. Spredning av brent kalk med spredebil. Rådet for jordbruksforsk Informasjonsmøte Olrud Auto Rast, Hamar, 12.-16. februar 1973, 155-160.



Raili Jokinen

Hienousasteen vaikutus kalsiitti- ja dolomiittikalkin tehoon

Suomessa käytettävät kalkit saadaan kallioperästä. Kalkkikivet murskataan, jauhetaan ja seulotaan. Nykyisin voimassa olevan rehu- ja lannoiteasetuksen mukaan tulee maassamme maatalouskalkiksi myytävän tuotteen olla karkeudeltaan sellaista, että 98 % läpäisee 2 mm seulan ja 50 % 0.15 mm seulan. Säästääkseen kalkkikiven jauhamiseen tarvittavaa energiaa teollisuus on anonut lupaa myydä edellä mainitut vaatimukset täyttävän kalkin lisäksi karkeaa kalkkia. Siinä on 3 mm seulan läpäisemää osaa 98 % ja 0.15 mm seulan läpäisevää 30 %. Karkean kalkin käsittely ja levitys on helpompaa ja tuote pölyää vähemmän kuin nykyinen kalkki.

Nykyisen eli hienon ja karkean eli uuden kalsiittikalkin (Kh, Kk) sekä hienon ja karkean dolomiittikalkin (Dh, Dk) vaikutusta maan happamuuteen, kalsium- ja magnesiumpitoisuuteen sekä Ingrid-ohran satoon tutkitaan astiakokeessa.

Mitscherlich-astian ( 5 l) maamäärää kohti sekoitettiin jokaista kalkkilajia 6, 12, 18 tai 24 g. Nämä kalkkimäärät vastaavat 2.4, 4.8, 7.2 tai 9.6 tonnin kalkitusta hehtaarille. Kalkit sekoitettiin kosteisiin maaeriin lokakuussa 1976.

Kalkitsemattomaan verrattuna kolmen maalajin (liejusavi, hietainen saraturve, hiesuinen hieno hieta) keskiarvona lasketut eri kalkkimäärien aiheuttamat pH-luvun nousut olivat noin vuoden kuluttua kalkituksesta eri kalkkilaaduilla seuraavat:

Kalkkia g/ast	Dolomiittikalkki		Kalkkikivijauhe	
	hieno	karkea	hieno	karkea
	pH <sub>CaCl<sub>2</sub></sub> -luvun nousu			
6	0.48	0.36	0.55	0.58
12	0.93	0.75	1.08	0.94
18	1.27	1.07	1.59	1.38
24	1.49	1.28	1.85	1.66

Kalkkilajien ja -määrien vaikutus maan pH-lukuun oli selvä. Testikasvin ohran kokonaissadot (jyvät + oljet) lisääntyivät kuitenkin liejusavella ja saraturpeella vain vähän, mutta hietamaalla sadonlisäykset olivat suuret.

Sekä hienosta ja karkeasta kalsiittikalkista että hienosta ja karkeasta dolomiittikalkista seulottiin erikseen alle 0.15 mm ja yli 0.15 mm lajitteet. Näitä verrataan keskenään ja vastaavaan seulomattomaan kalkkiin. Tällä tavoin pyritään selvittämään mm. karkean kalkin helposti ja vaikeasti jauhautuvan lajitteen välistä eroa. Eri lajitteita ja seulomatonta kalkkia punnittiin astiaa kohti 12 g.

Kevääseen 1977 mennessä (1/2 vuotta kalkituksesta) oli maan pH kohonnut yli 0.15 mm lajitetta saaneissa astioissa kalkitsemattomaan verrattuna hienolla kalsiittikalkilla 0.35 ja karkealla kalsiittikalkilla 0.24 yksikköä. Alle 0.15 mm lajitteella olivat pH-luvut lähes yhden yksikön korkeampia kuin yli 0.15 mm lajitteella saadut arvot. Seulomattoman kalkin ja sen alle 0.15 mm lajitteen välinen ero oli hienolla kalkilla 0.37 yksikköä ja karkealla kalkilla 0.61 yksikköä.

Vuoden kuluttua kalkituksesta (syksyllä 1977) mitatut pH-luvut olivat sekä seulomattomalla kalkilla että alle 0.15 mm lajitteella lähes samat kuin keväälläkin. Kesän aikana oli tapahtunut selvin pH-luvun nousu yli 0.15 mm lajitteen astioissa.

Dolomiittikalkin tulokset olivat lähes samanlaiset kuin kalsiittikalkinkin tulokset. Yli 0.15 mm lajitteen aiheuttama pH-luvun nousu oli myös dolomiittikalkilla voimakas.

Suurin sato (jyvät + oljet) saatiin kummankin kalkkilaadun alle 0.15 mm lajitteella. Seulomattoman kalkin ja yli 0.15 mm lajitteen välinen satoero oli selvin karkealla dolomiittikalkilla.

Yhden vuoden tulosten perusteella näyttää siltä, että jauhatusteen vähentäminen hidastaa erityisesti dolomiittikalkin neutraloivaa vaikutusta. Hitaasti vaikuttavia karkeita kalkkeja voitaneen parhaiten käyttää ylläpitokalkitukseen. Karkeiden kalkkien kyvystä säilyttää neutraloiva vaikutuksensa hienoihin kalkkeihin verrattuna saamme tietoja vasta kun kokeet ovat jatkuneet muutamia vuosia.

Asbjørn Sorteberg (Selostuksen laatinut Jorma Kähäri)

### Kalkinlevityksen tasaisuus

Suurin osa kalkinlevityksestä Norjassa tehdään autoon tai traktoriin kiinnitetyllä keskipakoislevittäjällä. Tämä kalkinlevitysmuoto voi aiheuttaa ongelmia maanviljelijälle mm. epätasaisen levityksen ja pölyn, joka voi mennä myös yli tilan rajojen.

Vuonna 1972 aloitettiin Maanviljelyslaitoksella kalkin levityskoe kahdella kentällä, joissa oli tavoitteena selvittää lähemmin kalkin kulkeutumista levityksen aikana esim. määrää ja matkaa levityslaitteesta. Tutkimukset osoittivat, että hienoksi jauhettu kalkki kulkeutui ainakin 100 m ajoreitistä, mutta määrä väheni nopeasti varsinaisen työleveyden ulkopuolella. Tutkimukset osoittivat sen lisäksi, että levitys itse työleveydellä oli melko epätasainen.

Vuonna 1973 aloitetussa uudessa tutkimuksessa, joka käsittää 20 kenttää, keskityttiin täysin kalkin melko epätasaiseen leviämiseen. Leviämiskuviot osoittavat kuitenkin, että hienoksimurskatulla poltetulla kalkilla on parempi leviämismalli kuin kalkkikivi- tai dolomiittijauheella.

Kalkin keräys levityksen aikana tehtiin astioilla, jotka olivat rivissä kohtisuoraan ajosuuntaan nähden. Astioiden halkaisija on ollut 20 cm ja astioiden väli rivissä on tavallisesti ollut 1,5 m. Astioiden lukumäärä on vaihdellut kahdesta kuuteen.

Seitsemän kentän ryhmälle levitettiin kalkkikivijauhetta, dolomiittijauhetta ja näiden seosta. Levitys käsittää yhden levitysalueen "paikattuna" molemmilta reunoilta. Absoluuttisesti suurin vaihtelu, joka on laskettu tonnia hehtaaria kohti, kahdelle astialle merkittävinä vastaavasti suurin ja pienin määrä kalkkia on ollut:

Kenttä nr.	1	2	3	4	5	6	7
Suurin määrä	6.9	7.1	10.3	5.4	6.5	8.4	7.2
Pienin "	1.5	3.9	2.8	1.5	1.1	2.4	1.3
Suurin: Pienin	4.6	1.8	3.7	3.6	5.9	3.5	5.5

Samoilla seitsemällä kentällä on tehty ryhmittely, jossa kaikki astiat jokaiselta kentältä ovat mukana. Ryhmittelyssä on otettu yksi paljon kalkkia sisältänyt astia keskiarvoksi kaikille astioille, joihin on kertynyt enemmän kalkkia kuin mitä kentälle on keskimäärin levitetty, mutta vähän kalkkia saaneille varataan keskenään astioita, joissa kalkkimäärä on pienempi kuin keskimäärin kentällä. Myös tässä vaihtelu on suuri:

Kenttä nr.	1	2	3	4	5	6	7
Paljon, keskimäärin	6.1	5.5	8.1	3.5	4.9	5.4	4.6
Vähän, "	2.9	4.1	4.5	2.1	2.6	3.0	2.2
Paljon : Vähän	2.1	1.3	1.8	1.7	1.9	1.8	2.1

Vain kentällä 2 kalkinlevitys on ollut jollain tavoin tyydyttävää. Sama voidaan sanoa vain muutamasta näistä 20:stä kentästä, jotka olivat mukana tutkimuksessa,

Astioiden suhteellisen rajoitettu pinta-ala aiheuttaa sen, että tutkimukseen sisältyy luultavasti huomattavia virheitä. Se, että levittimen pohja ei ole aina tasainen ja voi johtaa siirtymiin horisonttaalitasossa on tekijä, joka johtaa epätasaiseen levitykseen. Tuuli on muuttanut levitysmallia, mutta myös tyynellä säällä kalkin leviäminen on ollut suuri. Tutkimuksesta voidaan tehdä sentähden johtopäätös, että sellainen kalkin levitys ei ole tyydyttävä maatalouden kannalta johtuen epätasaisesta levityksestä, ja myös ympäristön takia pölyäminen on liian voimakasta. Viime vuosina on tämän vuoksi tehty merkittäviä ponnisteluja, että löydettäisiin tehokkaita parannuskeinoja, osittain uusia teitä.

Etsittäessä uusia vartenotettavia kalkinlevitystapoja on muistettava, että norjalainen kalkkikivi on kovaa. Tämän takia jauhamista suhteellisen hienoksi on pidetty tärkeänä. Tästä luopuminen voi tulla nyt kyseeseen. Uuden kärkeamman "jauho"-tyypin tuominen markkinoille kalkkikivijauheen lisäksi, jota nyt käytetään, aiheuttaa ajan kuluessa siirtymistä. Kokeita muilla levitintyypeillä kuin keskipakoislevittimellä on tehty, mutta ilman mainittavaa menestystä.

Tällä hetkellä näyttää siltä, että pienten kalkkihiukkasten rakeistaminen tulee merkitsemään eniten. Levitystasaisuus tulee silloin olemaan lähes sama kuin lannoitteiden levityksessä ja pölyäminen kohtuulliseksi tai vähäiseksi. Tärkein haitta on, että rakeistaminen merkitsee huomattavaa kalkin hinnannousua.

#### Kirjallisuutta

Njøs, Arnor, 1973: Informasjonsmøte jordbruk, Rådet for jordbruksforsk, 2, 155-160.

Naess, Nils Oddvar og Asbjørn Sorteberg, 1974: Norsk Landbruk, 13: 13-15.

Lars-Erik Johnsson (Selostuksen laatinut Jorma Kähäri)

## Kalkitusaineiden jakelu ja levitys

### Kalkitusaineen valinta

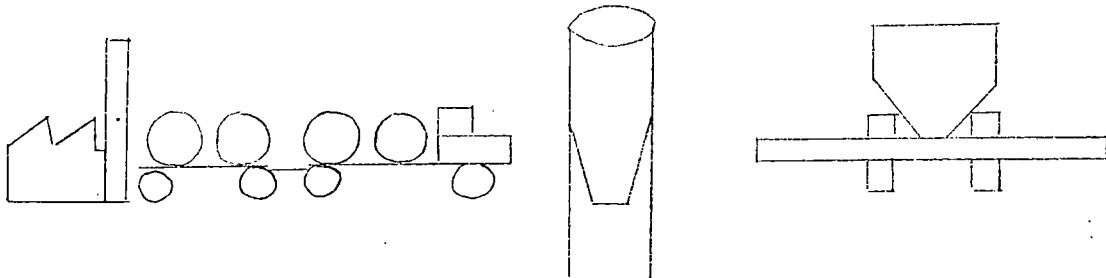
Ruotsissa 70-luvulla kosteiden murskattujen tuotteiden käyttö on lisääntynyt voimakkaasti kuivien jauhattujen tuotteiden ts. jauheiden kustannuksella. Työympäristökysymys ja jakeluun liittyvät näkökohdat urakkalevityksessä ovat syinä tähän muutokseen,

Kun maanviljelijä valitsee kalkitusainetta tulee hänen harkita tarkkaan seuraavaa: Teho, vaikutusnopeus, CaO tonnin hinta, toisarvoisten aineiden pitoisuus ja mahdollisuus saada levitys haluttuna ajankohtana.

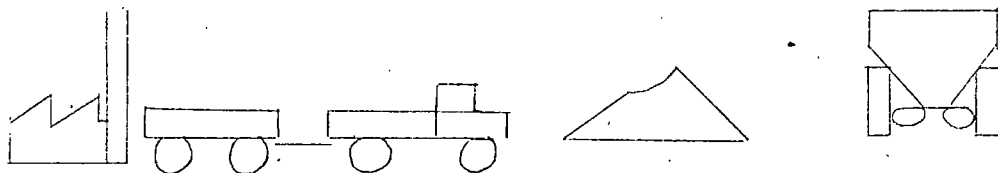
### Työympäristö ja taloudellisuus

#### Kalkinjakelun kaavakuva

Tuotanto	Kuljetus	Varastointi	Levitys
kuiva, jauhattu tavara			



Kosteaa, murskattu tavara



Kuiva jauhe, 0-1 mm, on voimakkaasti pölyävää ja se täytyy työympäristön takia käsitellä suljetussa järjestelmässä. Tämän takia kuljetuksessa täytyy käyttää painetankkiautoja ja varastoida silloihin. Putkilevittäjä estää liian voimakkaan pölyämisen levityksessä.

Kostea murskattu tavara kuljetetaan tavallisilla kuorma-autoilla suoraan tilalle ja tavara voidaan varastoida ulos pitkäksi aikaa. Levityksessä käytetään matto-syöttölaitteella varustettua keskipakoislevittäjää, jota voidaan käyttää myös väkilannoitteiden levityksessä.

Jakelu ja levitystavan erot kahden tuotetyypin välillä johtavat suureen kustannuseroon jos verrataan tuotteiden hintoja pellolle levitettyinä seuraavan asetelman mukaan,

Kuivan jauhetun tuotteen lisäkustannus verrattuna kosteaan murskattuun tavarahan.

	Rkr/tonni
Lisäkustannus valmistuksesta	20 - 25
Lisäkustannus kuljetuksesta	10 - 50
Lisäkustannus varastoinnista	15 - 30
Lisäkustannus levityksestä	0 - 15
	<hr/>
Lisäkustannusvaihtelu	45 -120

CaO-pitoisuuden ollessa 50 % erotus hinnassa voi näinollen äärimmäisissä tapauksissa vaihdella välillä 90 ja 240 Rkr CaO tonnia kohti. Tasankoseudulla saadaan usein samalla määrällä kruunuja hehtaaria kohti 40-60 % suurempi määrä neutraaloivaa kalkkia murskeena kuin jauheisena. Harvaan asutuilla seuduilla erotus on yleensä suurempi. On siis olemassa taloudellisia rajoja, jotka lähentävät vaikutuseroja murskatun ja jauhetun tavarahan välillä.

#### Jakelu- ja levityskapasiteetti

Koska murskattua tavaraa voidaan varastoida ulkona ja mitään rajoituksia varastointimahdollisuuksien suhteen ei ole, voi kuljetus tapahtua käytännöllisesti katsoen vuoden ympäri. Jauhetun tavarahan varastointitilat ovat rajoitetut mikä aiheuttaa suuren kuljetusvilkkauden käyttöaikaan. Sitäpaitsi jauhetun tavarahan

kuljettaminen erikoisautoilla lisää riskejä kuljetushäiriöille. Murskatun tavaratilan avulla varastoinnin avulla voidaan rajoittaa maantieajoa levittäjällä. Käytettäessä jauhattua tavaraa sitävastoin täytyy levittäjää käyttää kuljetukseen varaston ja tilan välillä. Kaiken kaikkiaan vertailu johtaa selvään kapasiteettietuun murskatun tavaratilan suhteen.

Tavoitteena tulisikin jatkossa olla, että kalkitusaineella on sellaisia ominaisuuksia, että murskatulle tavaralle kuvattua jakeluketjua voidaan soveltaa ja samanaikaisesti kalkitusvaikutus on mahdollisimman suuri. Tässä suhteessa Supra-Cementin näillä päivillä esittämät tulokset ovat mielenkiintoisia, nimittäin että peruskalliosta valmistettua kalkkikivijauhetta, joka on kostutettu 7 % vettä sisältäväksi, voidaan kuljettaa ja levittää kuten murskattua tavaraa.

Esimerkki kalkkikivijauheen ja murskatun kalkkikiven taloudellisesta vertailusta

	R. kruunuja	
	Kalkkikivijauhe 48 %	Murskattu kalkkikivi 46 %
Tavaratilan hinta vapaasti levitettynä	149	103
Hinta CaO tonnia kohti	310	224
Tonnia CaO kalkkikivijauheen CaO-hintaan	1	1,4
Suhteellinen CaO-määrä	100	140
Suhteellinen tavaramäärä	100	146



Jorma Kähäri

### Nurmen pintakalkitus

Vihreän linjan kokeista saatujen tulosten perusteella aloitettiin vuosina 1974 ja 1975 sarja 3-vuotisia kokeita, joissa selvitettiin pintakalkituksen vaikutusta ja kaliumlannoitustarvetta voimaperäisessä säilörehutuotannossa. Koetekijöinä oli sadetus, pintakalkitus, kalium- ja typpilannoitus. Pintakalkituksen annettiin keväisin 3 tonnia kalsiittikalkkia hehtaarille. Seuraavassa esitetään tuloksia Hämeen koeasemalla olleesta kokeesta. Tässä kokeessa maalaji oli karkea hieta. Maan muokkauskerroksen kalsiumluku oli kokeen alkaessa välttävä (1160 mg/l) ja pH tyydyttävä (6,0).

### Pintakalkituksen vaikutus satoon

Koe perustettiin keväällä 1975 ensimmäisen vuoden timoteinurmeen. Typpilannoituksen lisääminen kaksinkertaiseksi (150 kg ja 300 kg N/ha) nosti satotaso kaikkina vuosina. Ensimmäisenä koevuotena sekä vaimea että runsas sadetus lisäsivät satoja. Kaliumlannoitus ei vaikuttanut sadon määrään koko koejakson aikana. Runsaan sadetuksen ja voimakkaan typpilannoituksen saaneilla alueilla satotaso laski vuodesta toiseen. Pintakalkitus ei pystynyt estämään tätä satotason laskua. Pintakalkituksen vaikutus satotasoon oli pikemminkin päinvastainen (kg/ha):

Vuosi	Ilman kalkitusta	Pintakalkitus
1975	9170	9240
1976	9440	9200
1977	8180	8070

### Pintakalkituksen vaikutus sadon ravinteiden ottoon

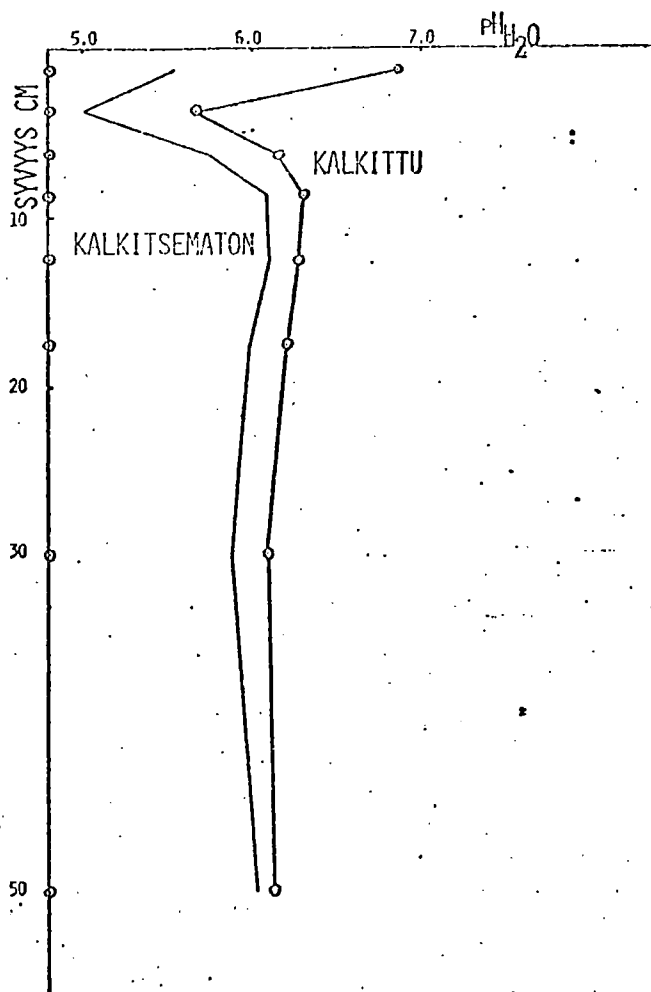
Pintakalkitus ei vaikuttanut typen ottoon. Pintakalkitus vähensi fosforin ottoa ensimmäisenä koevuotena 3 % ja toisena 11 %, joka oli jo merkitsevä ero. Pintakalkitus ei vaikuttanut kaliumin ottoon. Pintakalkitus ei lisännyt merkittävästi myöskään satojen ottamia kalsiummääriä. Keskimäärin kalsiumin otton lisäys oli vain 5-6 %. Edellisistä poiketen pintakalkitus lisäsi magnesiumin ottoa toisena koevuotena. Määrät olivat 10 % suuremmat kuin kalkitsemmattomalla. Kalkkikivijauheen magnesiumipitoisuus oli 0.5 %.

### Pintakalkituksen vaikutus maan happamuuteen

Maan pH muuttui koejakson aikana pintamaan eri osissa (kuva 1). Alhaisin pH tavattiin 2.5-5.0 cm syvyydessä. Pintakalkitus nosti maan pH:ta suurimpaan mittaussyvyyteen saakka. Voimakkain ero kalkitsemattomaan verrattuna muodostui ylimpään 2.5 cm:n kerrokseen.

### Tulosten tarkastelu

Näiden tulosten valossa nurmen pintakalkitus ei näytä olevan erityisen suositeltava toimenpide. Tulosten perusteella voidaan todeta, että voimaperäisessä nurmiviljelyssä maassa tapahtuu kasvien kasvun kannalta haitallisia muutoksia, jotka vaikuttavat nurmen tuottokykyä vähentävästi. Maan happamuudella ei näytä kuitenkaan olevan tähän mitään osaa silloin, kun pH pysyy tässä kokeessa todetuissa rajoissa. Toisaalta happamuuden suhteen vaatimaton koekasvi, timotei on vaikuttanut myös negatiiviseen lopputulokseen.



Kuva 1. Maan pH 3.10.1977

TAULUKKO 1. Vuosittaiset kuiva-ainesadot kg/ha.

<u>VUOSI</u>	<u>EI KALKITUSTA</u>		<u>PINTAKALKITUS</u>	
	<u>150 kgN</u>	<u>300 kgN</u>	<u>150 kgN</u>	<u>300 kgN</u>
	EI SADETETTU			
75	6438	6661	5947	6344
76	8423	8992	7988	9039
77	7561	8313	7331	8542
	VAIMEA SADETUS			
75	8393	10077	8716	9596
76	9272	10358	9035	9789
77	7856	9038	7641	9121
	RUNSAS SADETUS			
75	10318	13128	11746	13117
76	9312	10280	8733	10620
77	7756	8564	7430	8346

Taulukko 2. Satojen ottama typpi kg N/ha

Vuosi	Kalkitsematon			Kalkittu	
	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	S <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>
75	134	186		125	167
76	190	270		182	271
			S <sub>1</sub>		
75	169	270		177	257
76	198	297		189	280
			S <sub>2</sub>		
75	191	350		213	328
76	194	281		180	278

Taulukko 3. Satojen ottama fosfori kg P/ha

Vuosi	Kalkitsematon			Kalkittu	
	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	S <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>
75	20	21		17	19
76	26	32		24	29
			S <sub>1</sub>		
75	23	30		23	27
76	29	37		27	31
			S <sub>2</sub>		
75	29	42		32	40
76	29	37		26	33

Taulukko 4. Satojen ottama kalium kg K/ha

Vuosi	Kalkitsematon				Kalkittu		
	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>		K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>
75	168	177	197	S <sub>0</sub>	193	195	177
76	254	266	290		249	282	273
75	243	276	275	S <sub>1</sub>	258	277	283
76	287	322	328		278	293	295
75	320	379	417	S <sub>2</sub>	340	353	369
76	264	316	339		270	307	301

Taulukko 5. Satojen ottama kalsium kg Ca/ha

Vuosi	Kalkitsematon			Kalkittu	
	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>		N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>
75	24	29	S <sub>0</sub>	24	28
76	30	38		31	41
75	31	43	S <sub>1</sub>	36	43
76	32	42		34	43
75	37	57	S <sub>2</sub>	46	59
76	33	40		33	44

Taulukko 6. Satojen ottama magnesium kg Mg/ha

Vuosi	Kalkitsematon			Kalkittu	
	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	S <sub>0</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>
75	6	8		6	7
76	8	10		9	12
			S <sub>1</sub>		
75	8	11		9	11
76	9	12		10	12
			S <sub>2</sub>		
75	10	15		11	15
76	9	11		10	13

Taulukko 7. pH kokeen alkaessa ja viimeisen kasvukauden aikana

12.5.1977

Syvyys cm	Kokeen alussa	S <sub>0</sub>		S <sub>2</sub>	
		Ca <sub>0</sub>	Ca <sub>1</sub>	Ca <sub>0</sub>	Ca <sub>1</sub>
5-15	6.0	5.6	6.0	5.7	6.0
20-40	5.8	6.0	6.1	6.0	6.2
40-60	6.0	6.1	6.2	5.8	6.0

3.10.1977

5-15	5.7	6.3	5.8	6.1
20-40	5.9	6.2	6.1	6.2
40-60	6.1	6.3	6.0	6.0

Esitelmänpitäjien osoiteluettelo

Statsagronom Gösta Berglund, Institutionen för markvetenskap, Hydrotekniska försöksavdelningen, S-750 07 Uppsala 7, Sverige

Professori Paavo Elonen, Maatalouden tutkimuskeskus, Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitos, PL 18, 01301 Vantaa 30

MMT Antti Jaakkola, Maatalouden tutkimuskeskus, Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitos, PL 18, 01301 Vantaa 30

Professor Sven L. Jansson, Inst. för markvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet, S-750 07 Uppsala 7, Sverige

Afdelningsbestyrer Jens Jensen, Statens Planteavlslaboratorium, Lotteborgvej 24, DK-2800 Lyngby, Danmark

Forsøgsleder Thorvald Jessen, Statens Forsøgsstation, Borris, DK-6900 Skjern, Danmark

Agronom Lars-Erik Johnsson, Svenska Lantmännens Riksförbund, Box 12238, S-10226 Stockholm 12, Sverige

MML Raili Jokinen, Maatalouden tutkimuskeskus, Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitos, PL 18, 01301 Vantaa 30

Agronom Erik Jonsson, Statens Lantbrukskemiska Laboratorium, S-750 07 Uppsala 7, Sverige

Toimitusjohtaja Martti Kurki, Viljavuuspalvelu Oy, Hämeentie 155 A, 00560 Helsinki 56

MML Jorma Kähäri, Maatalouden tutkimuskeskus, Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitos, PL 18, 01301 Vantaa 30

Vanhempi tutkija Göthe Larpes, Maatalouden tutkimuskeskus, Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitos, PL 18, 01301 Vantaa 30

Første amanuensis Arnor Njøs, Institutt for jordkultur, Norges Landbrukshøgskole, Postboks 28, 1432 As-NLH, Norge

Agronom Gunnar Norrman, Stora Kopparberg, S-79101 Falun, Sverige

Agr. lic. Sven Ohlsson, Lanna Saleby, S-53100 Lidköping, Sverige

Lic. agro. Magnus Brink Pedersen, Statens Planteavlslaboratorium, Lotteborgvej  
24, DK-2800 Lyngby, Danmark

MMK Rauno Peltomaa, Maatalouden tutkimuskeskus, Karjalan koeasema, 82600  
Tohmajärvi

Professori Mikko Sillanpää, Maatalouden tutkimuskeskus, Maantutkimuslaitos,  
PL 18, 01301 Vantaa 30

Agronom Per Sima, Supra AB, Fack, S-26120 Landskrona, Sverige

Docent Guyla Simán, Försöksavd. för Växtnäringslära, S-750 07 Uppsala 7, Sverige

Landskonsulent K. Skriver, Landskontoret for Planteavl; Kongsgaardsvej 24,  
DK-8260 Viby J., Danmark

Professor Asbjørn Sorteberg, Boks 28, 1432 Ås-NLH, Norge

Agr. lic. Kalju Valdmaa, Inst. för markvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversi-  
tetet, S-750 07 Uppsala 7, Sverige

MMK Lars Wikström, Paraisten Kalkki Oy, Munkkiniemenpuistotie 25,  
00330 Helsinki 33

Försöksleder Asbjørn Øien, Institutt for jordbunnsläre med Statens  
Jordundersøkelse, Boks 27, 1432 Ås-NLH, Norge



