

Kalkens inverkan på jordens struktur

Gösta Berglund

STENCILTRYCK NR 46

INSTITUTIONEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK

UPPSALA 1971

Institutionen för lantbrukets hydroteknik delger bl. a. i sin tidskrift *Grundförbättring* resultat från institutionens olika verksamhetsgrenar. Allt material blir emellertid inte föremål för tryckning. Undersökningsresultat av preliminär natur och annat material som av olika anledningar ej ges ut i tryck delges ofta i stencilerad form. Institutionen har ansett det lämpligt att redovisa dylikt material i form av en i fri följd utarbetad serie, benämnd stenciltryck. Serien finns endast tillgänglig på institutionen och kan i mån av tillgång erhållas därifrån.

Adress: Institutionen för lantbrukets hydroteknik, 750 07 Uppsala 7

Stenciltryck

Nr	År	Författare och titel
1—12		Aug. Håkansson, Gösta Berglund, Janne Eriksson. Redogörelse för resultaten av täckdikningsförsöken åren 1951—1962.
13—15		Aug. Håkansson, Gösta Berglund, Janne Eriksson, Waldemar Johansson. Resultat av täckdikningsförsök och bevattningsförsök åren 1963—1965.
16	1940	Gunnar Hallgren. Dalgångarna Fyrisån-Östersjön; några hydrotekniska studier.
17	1942	Gunnar Hallgren. Om sambandet mellan grundvattenståndet och vattennivån i en recipient.
18	1943	Gunnar Hallgren. Om sambandet mellan nederbörd och skördeavkastning.
19	1952	Sigvard Andersson. Kompendium i agronomisk hydroteknik. Elementär hydromekanik.
20	1952	Sigvard Andersson. Kompendium i agronomisk hydroteknik. Tabeller och kommentarer.
21	1960	Sigvard Andersson. Kapillaritet.
22	1961	Sigvard Andersson. Markens temperatur och värmehushållning.
23	1962	Waldemar Johansson. Bevattningsförsök i potatis, korn och foderbetor vid Tönnersa försöksgård 1959—1961.
24	1962	Waldemar Johansson. Metodik och erfarenheter vid användning av hålkort för undersökning av torrlägningsförhållanden och ytsänkning vid Nedre Olandsån.
25	1962	Waldemar Johansson. Utredning för förslag till bevattningsanläggning vid Sör Salbo, Salbohed, Västmanlands län.
26	1963	Sigvard Andersson. Skrivningar i agronomisk hydroteknik.
27	1964	Gösta Berglund och Stig Sjöberg. Undersökning av plaströrstäckdikningar.
28	1964	Aug. Håkansson. Anvisning rörande täckdikning med plaströr av styv PVC.
29	1966	Gösta Berglund. Vattendragsförbundet: Förslag till överenskommelse och stadgar samt något om kostnadsfördelningar.
30	1966	Tryggve Fahlstedt. Kvismaredalsprojektet — en orientering samt Redogörelse för undersökning i syfte att klargöra avkastningens beroende av högvattenstånden i Kvismare kanal.
31	1966	Gunnar Hallgren. Vattenrätt.
32	1966	Nils Brink. Hydrologi.
33	1967	Yugve Jonsson, Ytplanering med planersladd.
34	1967	Aug. Håkansson, Gösta Berglund, Janne Eriksson, Waldemar Johansson. Resultat av 1966 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök.
35	1967	Ulrich Nitsch. Om östersjövattnets användbarhet för bevattningsändamål.
36	1968	Aug. Håkansson, Gösta Berglund, Janne Eriksson, Waldemar Johansson. Resultat av 1967 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök.
37	1968	Nils Brink. Ansvarsfördelningen vid underhåll av vattendrag inom Sagåns vattensystem.
38	1968	Aug. Håkansson, Waldemar Johansson, Tryggve Fahlstedt. Nederbördens storlek och fördelning.
39	1968	Gösta Berglund. Om genomsläppligheten i återfyllning och rörfogar.
40	1969	Aug. Håkansson, Gösta Berglund, Janne Eriksson, Waldemar Johansson. Resultat av 1968 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök.

Institutionen för lantbrukets hydroteknik
Försöksavdelningen
lantbrukshögskolan

BALANSER OCH STRÖM OCH JÄRNSBILANSEN

av

Ylva Berglund

KALKENS INVERKAN PÅ JORDENS STRUKTUR

av Gösta Berglund

De två huvudgrupperna av kalk som är aktuella vid jordbrukskalkning, är fri kalk (kalk i form av oxid eller hydroxid) som finns i bränd kalk och i släckt kalk, samt kolsyrabunden kalk (kalciumkarbonat) som bl.a. finns i kalkstensmjöl. Den fria kalken är jämförelsevis löslig. Med den kan åstadkommas hög koncentration av Ca-joner, upp till ca 1000 mg per liter vatten. Den är starkt basisk och med stora givor av fri kalk kan man tillfälligt driva upp pH-värdet i en jord till över 12.

Den kolsyrabundna kalken är mera svårslöslig. Den maximala Ca-koncentrationen i vattenlösning är ca 6 mg per liter vatten. pH-värdet i jord kan maximalt drivas upp till ca 8.2 med kalkteasmjöl.

Redan skillnaden i löslighet gör att man kan förvänta olikheter vad beträffar verkan i marken, speciellt beträffande basutbyte och reaktioner med andra ämnen som exempelvis bildningen av silikater, aluminater och humater.

Våra odlade jordar är under gynnsamma omständigheter lätt bearbetbara, smuliga. De har vad vi kallar en god struktur, en grynig struktur. Vissa jordar bibehåller dessa goda egenskaper såväl vid upptorkning som vid uppblötning, medan andra blir hårda när de torkar och smetiga och sega vid överskott på fuktighet, varvid deras förmåga att motstå packning och ältning blir låg.

Vid användning av jordförbättringsmedel är ett av målen att förändra jorden så att den förblir smulig och lättbearbetad även vid uttorkning och uppblötning. Vi vill m.a.o. stabilisera den gryniga strukturen. De medel vi då tillsätter kan benämnas stabiliseringsmedel.

Strukturuppbyggande reaktioner i jorden vid tillsats av kalk.

De förändringar som åstadkommes i en jord då kalk tillsättes, kan uppdelas i

1. fysikaliska
2. kemiska och
3. biologiska förändringar

Endast de fysikaliska förändringarna har studerats i denna undersökning.

Kalkens fysikaliska effekter i jorden är orsakad av följande reaktioner:

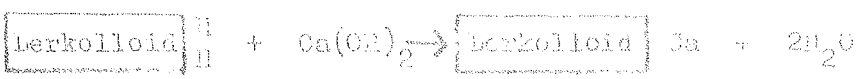
1. basutbyte
2. puzzolanreaktioner och
3. murbrukbildning

Basutbyte

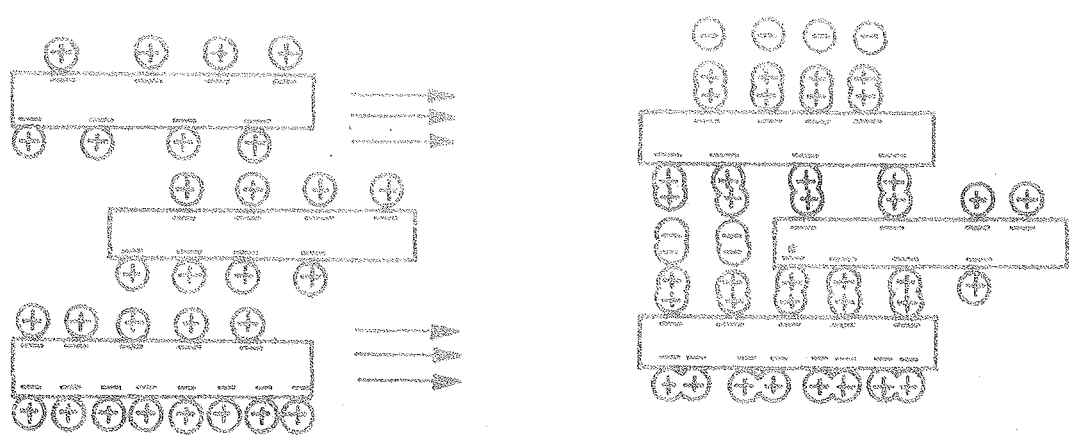
Basutbyte vid kalkning innebär att joner bundna till lerkolloiderna går ut i markvätskan och ersätts av Ca-joner. I en vanlig styv lerjord är det H-joner och metallkationer som utbyts. Vid användning av bränd kalk eller släckt kalk går reaktionen mycket snabbt. Det rör sig om någon eller några minuter, om marken håller tillräckligt med fuktighet, men tar längre tid om marken är torr.

Som en grov tumregel gäller, att i en vanlig styv lerjord erfordras en halv till en procent kalciumoxid räknat på jordens torrsvikt för att åstadkomma full basmättnad.

Schematiskt kan förloppet tecknas:



Olika teorier har lanserats för hur basutbytet och därmed följande aggregering sker. Enligt Weise, refererat av Assarsson 1956^{*)}, kan det förklaras på följande sätt. Se figur 1.



Figur 1

Lermineralen är uppbyggda av elementarskikt på vars ytor finns negativa bindningsställen. Till dessa negativa bindningsställen är kopplade envärdade kationer, huvudsakligen K^+ , Na^+ , H^+ och $(\text{NH}_4)^+$. Vid god vattentillgång går

*) Assarsson, K. G. 1956. Stabilisering av konsoliderade jordarter med kalk. Norsk Vegetidskrift nr 2 och 3 1956. Østlandets Blads Trykkeri, Ski.

vattnet in mellan skikten, varvid lejon sväller och vattnet fungerar som smörjmedel. Vid uttorrning rör vattnet ut och lejon krympor. Tillsättes kalk, dissocieras den i Ca-joner och OH-joner. De nyss nämnda envärdade joner-na går i lösning, och Ca-jonerna intar deras platser. De tvåvärdade Ca-jonerna kan då antingen bindas till negativa punkter på samma skikt eller bilda bryggor mellan två skikt. Sker denna bryggbildning i stor skala, inträffar dels 1) att många elementarskikt bindes inoa till stora paket (stora aggregat) dels 2) att de flesta negativa laddningarna avbalanseras med kalciumjoner (stabila aggregat).

Det vatten som tidigare låg som smörjmedel mellan skikten, läses genom kalciumbryggorna. Jorden verkar att bli torrare, trots att vattenmängden är densamma. Den blir grumlig, och lejonrynen (aggregaten) är vattenfasta.

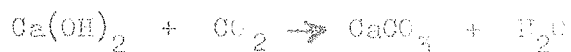
Puzzolanreaktionen

Puzzolanreaktionen *) innebär att kalken förenar sig med jordens aluminium- och kiselföreningar till kalciumaluminathydrater och kalciumsilikathydrater.

Dessa föreningar är starka bindemedel som förstärker den effekt, som basutbytet åstadkommer, d.v.s. den kittar samman aggregaten till ännu större enheter och gör dem stabilara. Till skillnad från basutbytet går denna reaktion långsamt. Troligen tar den många månader i anspråk. Den är beroende av att fri kalk finns i jorden och att lösliga aluminium- och kiselföreningar finns tillgängliga.

Murbrukbildningen

Murbrukbildningen spelar en viss roll som strukturprocess i marken. Murbruk tillverkas ju på så sätt, att kalciumhydroxid, fin sand och vatten blandas. Genom att ta upp kolsyra från luften, härdnar denna blandning. Det bildas då kalciumkarbonatbryggor mellan sandkornen. Processen kan tecknas sålunda



Samma reaktion sker tydligen i jorden, i det att där bildas kalciumkarbonat mellan strukturkornen. Kolsyran till denna reaktion kan tas direkt i marken, där den bildas vid de biologiska processerna. Liksom puzzolanreaktionen bidrar även denna process till ökning av aggregatens storlek och stabilitet.

*) Betongens härdnande är en puzzolanreaktion. Det innebär reaktion mellan kalcium å ena sidan och aluminiumoxider och kiseloxider å den andra vid närvaro av vatten och vid temperaturer från 0°C till några tiotal plusgrader.

De här nämnda strukturerbyggande reaktionerna karaktärs, puzzolanreaktion och murbrukbildning är alla reaktioner för vilka gäller, att ju högre Ca-koncentration och högre ju dess snabbare och effektivare blir förloppen. Man kan därför förvänta, att den fria kalken skall vara ett verkligt strukturermedel på kolloidrika jordar, sedan den kolloidrisades kalkens struktur-effekt bör vara ringa.

Laboratorieundersökningens uppbyggnad

Stabiliseringsmedel

I laboratorieundersökningarna har följande stabiliseringsmedel undersökts.

Släckt kalk	$Ca(OH)_2$
Kalkstensmjöl	$CaCO_3$
Cement	
Bränd, malen kalk	CaO

Mängden stabiliseringsmedel

Mängden stabiliseringsmedel i procent av jordvikten har varit 0, 0.25, 1.0, 5.0 och 10.0 %, för släckt kalk, kalkstensmjöl och bränd malen kalk har hänsyn tagits till deras innehåll av kalciumoxid (CaO), när ioblandningsmängden bestämts. För cement däremot har någon sådan korrigering inte gjorts, utan där betyder exempelvis 1.0 % cement 0.1 g cement till 10 kg jord.

Jordmaterial

Laboratorieundersökningen har utförts på fyra olika jordar. Deras tekniska sammansättning i procent framgår av tabellen.

Tabell 1. Förtjordarens tekniska sammansättning.

Ursprungsort		Sl. f. Cal.	Sand	Mo	Hjula	Lea	Hygroskopicitet vid 97.1 % relativ fuktighet
Bengtabo	Matjord	8	2	26	20	44	15.8
	Alv		1	16	14	69	
Teby	Matjord	6	1	31	30	31	6.5
	Alv		1	37	26	36	
Bäs	Matjord	6	5	11	42	36	5.6
	Alv		1	7	36	54	
Uddeholm	Matjord	4	2	22	56	16	3.4
	Alv		1	26	60	13	

Testmetoder

De effekter på jordmaterialiet som uppnåtts genom behandlingen med de olika stabiliseringsmedlen, har studerats och registrerats med hjälp av följande tester.

Mikroaggregatanalyse. Metoden har sigas vara en förenklad mekanisk analys utan tillsats av dispergeringsmedel. Genom detta förfarande delar man upp jordprovet i fraktioner med avseende på den förefintliga kornstorleken. Resultatet kan redovisas antingen som en aggregatfördelning eller som en vägd medelkornsdiameter.

Bärighetsmätning ger ett mått på laboratorieprovets förmåga att i vått tillstånd uppta ett tryck. Vid denna mätning pressas en penetrometernål med en ändyta av två kvadratcentimeter med jämn hastighet ned genom halva provproppen. Maximivärdet på den kraft som därvid erfordras mätes upp. Resultatet anges i kilopond per kvadratcentimeter av ändytan på penetrometernålen.

Brotthållförmåga i torrt tillstånd. Mätvärdet kan anges vara ett mått på jordens brukbarhet. Vid denna test vattennyttas provet, ältas och pressas till cylindriska provproppar, som sedan får toras vid 105°C. Därefter ställs proppen på kant mellan tryckplattorna i en hydraulisk press, där provet belastas tills det brister. Brotthållförmågan anges i kilopond per kvadratcentimeter av den uppkomna brottytan.

Krympningsmätning. Inom de cylindriska, torra jordpropparna som är avsedda för hållfasthetsmätningen, trycks sönder, mäter man deras höjd och diameter. Deras volym i torrt tillstånd är densamma som volymen av provcylindern. Volymminskningen i procent anges som krympning. Lolloidrika jordar krymper mer än kolloidfattiga, och beträffande jordar av samma styvlek gäller, att ju bättre struktur dess mindre krympning.

Volymrelationer. Förutom den totala porvolymen bestämmas volymen grovporer, finporer och mikroporer. Volymen grovporer får man genom att mäta den vattenkvantitet som bortgår, då vattennyttat prov dräneras med ett undertryck av en meter vattenpelare. Volymen av de båda övriga porgrupperna kan beräknas, sedan vissningsgränsen bestämts. Resultatet redovisas i diagramform med tre kurvor i samma diagram; en kurva visar den totala porvolymen, en vattenhalten vid en meters dränering (= volymen finporer + volymen mikroporer) och en vissningsgränsen (=volymen mikroporer).

Genomsläpplighet för vatten. Mätning utföres med prover i provtagningscylindern. Vattnet driver genom provet med tryckgradienten ett. Resultatet anges i centimeter vatten per timme.

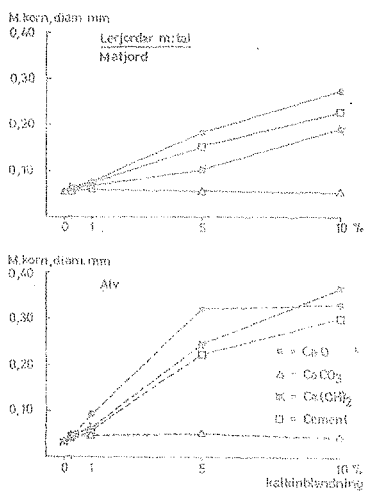
Laboratoriefundersökningens resultat.

De tidigare nämnda testerna har utförts på samtliga i tabell 1 redovisade jordar. Av utrymreskäl kan inte resultaten från alla testerna återges. De här redovisade får ses som ty-exempel.

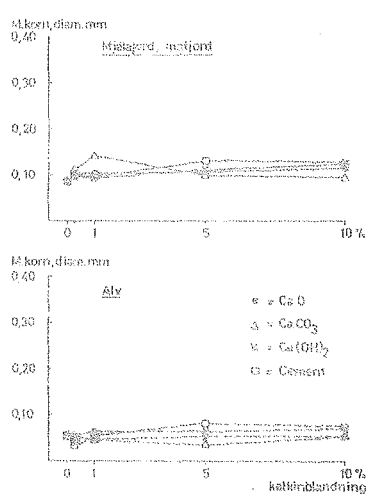
Mikroaggregatanalys

Genomgående för denna test gäller att lerjordarnas aggregering starkt påverkas av bränd kalk, släckt kalk och cement, medan kalktillsatset varit helt utan verkan. Diagrammen i figur 2 visar hur aggregatens medelkorndiameter påverkas av stigande mängder kalk. Kurvorna visar medeltal av testerna på de tre lerjordarna Bengtsbo, Heby och Näs som ingår i undersökningen (tab. 1)

För kolloidfattiga jordar tycks gälla att inget av de prövade stabiliseringsmedlen nämnvärt påverkar dessa jordars aggregering. Diagrammen i figur 3 återger resultatet av tester på fjälajorden från Uddeholm. Som synes är effekterna obetydliga.



Figur 2



Figur 3

Figur 2. Mikroaggregatens medelkorndiameter på lerjordar som funktion av kalktillsatsen. Medeltal av resultaten från testjordarna Bengtsbo, Heby och Näs.

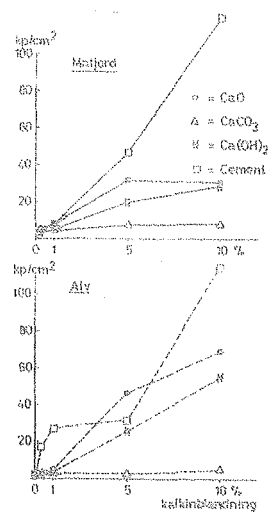
Figur 3. Mikroaggregatens medelkorndiameter på kolloidfattig jord som funktion av kalktillsatsen. Testen utförd på fjälajorden från Uddeholm.

Bärighetsmätning

Markens bärighet i vått tillstånd är starkt beroende av lerans aggregering. Man kan förvänta att ökad aggregering skall medföra en bättre bärighet i jordproven. Detta bekräftas av dessa mätningar, där bränd kalk, släckt kalk och cement ökar lerans bärighet. Bristen beträffande aggregeringen erhålles ingen effekt av kalkstensmjölet.

Figur 4.

Jordens bärighet som funktion av kalktillsatsen. Testjorden är den styva leran från Heby.



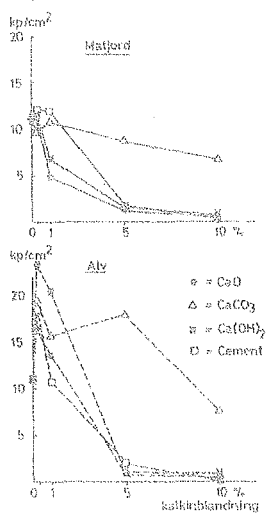
Brotthållfasthet i torrt tillstånd

Brotthållfastheten i torrt tillstånd hos olika jordar varierar med lerhalten - ju kolloidrikare dess mögre kan hållfastheten bli. Inblandning av bränd kalk, släckt kalk och cement sänker denna hållfasthet. En 5 %-ig inblandning har i dessa undersökningar gjort provpropparna så porösa, att de smular sönder för minsta tryck.

Den effekt som kan utläsas för kalkstensmjölet, får troligen anses vara en utspädningseffekt, pulvereffekt. 10 % inblandning betyder ju i detta fall 20 % kalkstensmjöl, eftersom hänsyn togs endast till CaO-delen.

Figur 5.

Brotthållfastheten som funktion av kalktillsatsen. Testjorden är den styva leran från Heby.

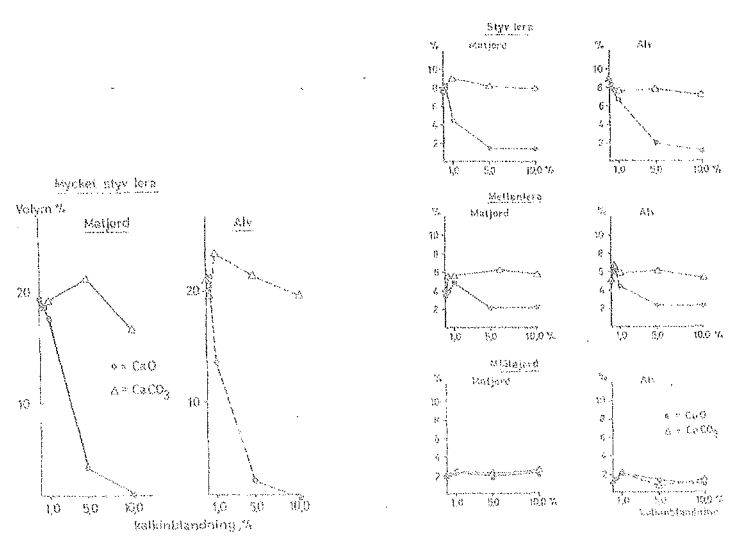


Krympning

För krympningen gäller att ju kolloidrikare jord dess större kan krympningen vara. För jordar med samma kolloidhalt gäller att ju öftrre struktur dess mindre krympning.

Diagrammen i figur 6 visar båda dessa principer. På den mycket styva leran (Bengtsbo) uppgår krympningen i det obehandlade ledet till 20 volymprocent, medan den på mjälajorden (Öddsholm) inte överstiger två procent. Genom en 5 %-ig inblandning av bränd kalk har krympningen reducerats till ca 2 % hos alla de undersökta jordarna.

Liksom i de övriga testerna har även här kalkstensmjölet haft en obetydlig verkan.



Figur 6. Krympningen som funktion av kalktillsatsen. Testjordar är samtliga de i tabell 1 redovisade.

Volymrelationer

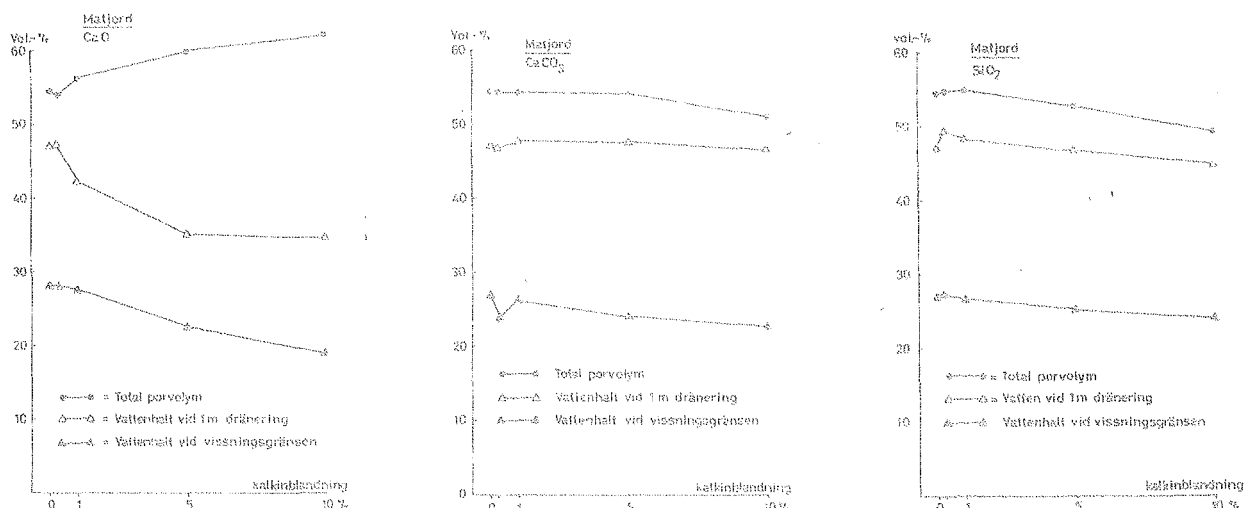
Den brända kalken har markant ökat den totala porositeten. Den kvarvarande mängden vatten vid dränering till en meter har minskat. Detta innebär att mängden grova porer ökar vid tillsats av stigande mängder bränd kalk.

Intressant är att värdena på visningsgränsen sjunker med ökad kalkgiva. Detta innebär att det improduktiva kapitalet av fast bundet vatten som finns i jorden, minskar vid tillsats av bränd kalk och att det rörliga vattnet i motsvarande grad ökar.

Kalkstensmjölet har påverkat porositeten obetydligt.

Vid denna analys, liksom i de tidigare redovisade, ser man ofta en viss fysikalisk inverkan av kalkstensmjölet. Man är då osäker på hurvida detta

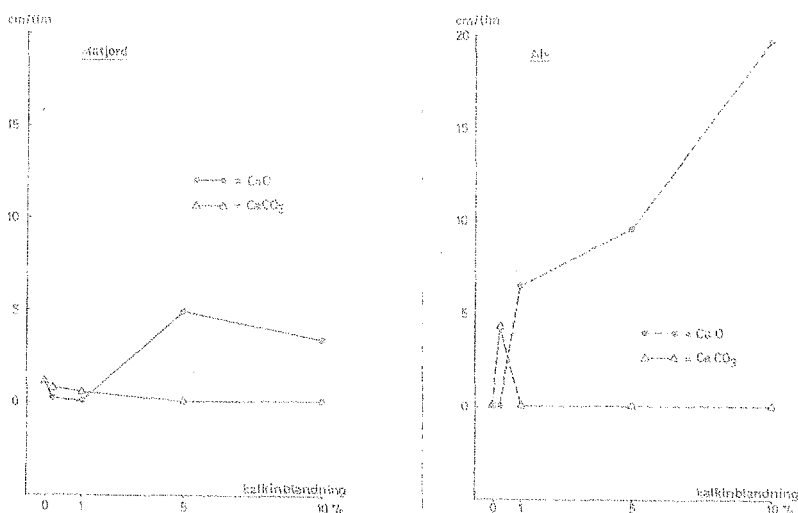
är en aggregeringseffekt eller ett slags utspädningsseffekt, pulvereffekt. För att få frågan i någon mån belyst, har i detta fall ett moment med det helt indifferentia kvartsmjålet medtagits. Som synes har kvartsmjålet och kalkstensmjålet haft ungefär samma verkan. Detta antyder att de såd fysikaliska effekter som kalkstensmjålet ibland ger, huvudsakligen är ett slags utspädningsseffekt, pulvereffekt.



Figur 7. Diagrammen visar hur tre viktiga volymfunktioner förändras med tillsatsen av bränd kalk, kalkstensmjöl och kvartsmjöl. Testjorden är den mycket svaga leran från Bengtabo.

Genomsällplighet

Liksom i övriga tester har även här den brända kollen visat god effekt. Detta gäller särskilt alven, som i okalkat tillstånd varit mycket svårgenomsällplig. Redan ganska måttliga mängder av bränd kalk har radikalt ändrat genomsällplighetsförhållandena medan kalkstensmjölet inte haft någon verkan.



Figur 8. Genomsällpligheten som funktion av kalktillsatsen. Testjord: mycket styv lera, Bengtabo.

Sammanfattning av laboratorieundersökningens resultat.

I tabellerna 2 och 3 har vissa delar av laboratorieundersökningens resultat sammanställts. Betydnen i tabellerna har följande innebörd:

+ betyder att fullt klara fysikaliska effekter noterats,

? betyder att vissa små effekter konstaterats men att det troligtvis rör sig om utspädningseffekter och

0 betyder att inga effekter kunnat utläsas.

Tabell 2. Sammanfattning av påfrostaggregatanalysens resultat.

	Bränd kalk	Släckt kalk	Cement	Kalkstensmjöl
Dycket styv lera, Bengtsbo	+	+	+	0
Styv lera, Leby	+	+	+	0
Hellanlera, Näs	+	+	+	0
Mjälajord, Uddaholm	0	0	0	0

Den primära fysikaliska effekten vid tillsats av kalk till en lerjord är dess inverkan på lerans aggregering (struktur). Genom tillsats av bränd malen kalk CaO , släckt kalk Ca(OH)_2 eller cement har lerans aggregering ändrats - aggregaten har blivit större och stabilare. Vid tillsats av kalkstensmjöl CaCO_3 har denna effekt utblivit, även vid så långa reaktionstider som upp till ett år. Inget av stabiliseringsmedlen har påverkat aggregeringen på mjälajorden.

Tabell 3. Verkan av olika stabiliseringsmedel på lerjord i de tester som utförts i laboratorieundersökningen.

	Bränd kalk	Släckt kalk	Kalkstensmjöl
Bärighet i vått tillstånd	+	+	0
Brottbärförmåga i torrt tillst.	+	+	?
Krympning	+	+	?
Volymsrelationer	+	+	0
Genomsläpplighet	+	+	0

Med ökad aggregering hos lerjorden följer som regel även ändringar i andra fysikaliska egenskaper såsom bärighet, brotthållförmåga, krympning, volymsrelationer och genomsläpplighet. I denna undersökning har märkbara effekter på dessa egenskaper kunnat uppmätas, då leran behandlats med bränd kalk eller släckt kalk. Liksom beträffande aggregeringen har kalkstensmjölet haft ringa eller inget inflytande.

Forts. från omslagets andra sida

Nr	År	Författare och titel
41	1969	Nils Brink. Kväve och fosfor i Sävjaån
42	1969	Nils Brink. Sagåns vatten
43	1970	Waldemar Johansson. Anvisning för projektering och dimensionering av bevattningsanläggningar
44	1970	Gunnar Hallgren. Dränering av tomtmark, vägar, trädgårdar, kyrkogårdar, idrottsplatser, flygfält m.m.
45	1970	Aug. Håkansson, Gösta Berglund, Janne Eriksson, Waldemar Johansson. Resultat av 1969 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök
46	1971	Gösta Berglund. Kalkens inverkan på jordens struktur