

Strukturforsøg på marskjord

Ved Lorens Hansen

840. beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur

I nærværende beretning redegøres for en forsøgsserie med strukturforbedringsmidler gennemført ved Ribe 1953-1957 og ved Højer 1953-1956 samt en forsøgsserie med kalk, gips og superfosfat gennemført ved Ribe 1958-1966. Beretningen er udarbejdet af forstander Lorens Hansen.

Forstanderne ved Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur

Marskjordens strukturproblem

Gennem de sidste 40 år er marskjoerne i stadig stigende grad søgt udnyttet til dyrkning af korn og andre landbrugsafgrøder. For at opnå tilstrækkelig sikre dyrkningsbetingelser skal 2 forhold bringes i orden:

1. Afvandingen
2. Jordens strukturtilstand

Marskens afvanding skal ikke omtales her, selv om der er betydelig sammenhæng mellem afvandingen og jordens strukturtilstand, således som det bl.a. er vist i 824. beretning (1968). Effektiv afvanding med sænkning af grundvandstanden er nødvendig for at muliggøre dannelse af god jordstruktur til stor dybde. Omvendt vil forbedring af jordstrukturen medføre en bedre nedsvivning og afdræning af overskudsnedbør.

Marskjordens strukturproblem er en følge af den geologiske oprindelse, idet jordtypen afviger stærkt fra andre dyrkede jorder såvel i fysik som i kemisk henseende. Lige siden dyrkning af marskjoer blev påbegyndt, har kalkning eller mergling været gennemført som led i jordernes grundforbedring. De første undersøgelser af kalktilstanden i marsken blev foretaget af C. J. Tind-Christensen (1936), og de viste, at størstedelen af marskarealerne var kalktrængende ofte i ret stærk grad.

Der er gennemført et betydeligt arbejde med kalkforsøg. Resultaterne i 286. beretning og 566. beretning viser gennemgående store udslag for stigende kalkmængder, men der skal tilføres betydelige mængder for at opnå stigning i reaktionstallene.

På svær marskjord ved Ribe blev som nævnt i 566. beretning også udført forsøg med forskellig pløjedybde. Hovedresultatet var følgende angivet i a. e. som gennemsnit af 32 afgrøder i årene 1934-50:

	Ukalket	20 t	40 t	Merudb.
		Ca CO ₃	Ca CO ₃	for 40 t
	Rt 6,2	Rt 7,5	Rt 7,9	Ca CO ₃
12 cm pløjedybde	32,9	43,7	45,9	13,0
20 cm »	29,2	41,0	44,4	15,2
Forskel	3,7	2,7	1,5	

Den dybere pløjning giver lavere udbytte end grund pløjning. Men forsøgene viser en betydelig vekselvirkning med kalk, idet en del af strukturødelæggelsen som følge af dybere pløjning ophæves ved stigende kalktilførsel.

Kalkens strukturvirkning fremgår også af et sandbelægningsforsøg, der er omtalt i 566. beretning. I nedenstående opstilling er udbytterne angivet i a. e. som gennemsnit af 7 afgrøder i årene 1941-47:

	Ukalket	20 t	40 t	Merudb.
		Ca CO ₃	Ca CO ₃	for 40 t
	Rt 6,2	Rt 7,8	Rt 8,0	Ca CO ₃
0 cm sand ...	32,6	45,1	44,5	11,9
3 cm sand ...	40,3	46,1	49,6	9,3
6 cm sand ...	42,8	48,4	50,3	7,5
Merudbytte for				
6 cm sand .	10,2	3,3	5,8	

Sandindblandingen giver store merudbytter, og udslagene er størst i de ukalkede parceller.

Kalktilførsel giver ligeledes store merudbytter, men størst, hvor der ikke er tilført sand. De stigende udbytter skyldes uden tvivl en forbedring af jordstrukturen, som kan opnås ved tilførsel af såvel sand som kalk.

Kendskabet til marskjordernes kemiske og fysiske tilstand er øget væsentlig ved undersøgelser foretaget af *H. C. Aslyng* (1956), samt ved de meget omfattende systematiske undersøgelser der er omtalt af *K. A. Bondorff* (1962) og *Lorens Hansen* (1967). Der er store variationer mellem de forskellige marsk-jorder, men som hovedregel er lerindholdet og kationombytningskapaciteten høj, og kationfordelingen afviger betydeligt fra almindelige agerjorder, som det ses af nedenstående eksempel:

Fordeling af kationer, pct.		
	Moræne- lerjord	Marsk- jord
Na.....	3	10
K.....	4	4
Mg.....	12	36
Ca.....	81	50
Ca/Mg.....	6,7	1,4

Calciumindholdet er gennemgående lavt på marsk-jorder, hvor til gengæld Mg- og Na-indholdet er højt. Natrium stammer fra havsaltet og findes hovedsageligt som adsorberede kationer. Natriumioner hydratiserer let og er derfor med til at give en stærk dispergeret jord. I våd tilstand er jorden plastisk, og gennemtrængeligheden for vand formindskes væsentlig. I tør tilstand er jorden hård, skrumper stærkt ind og giver revnedannelser. Natriumioner giver dårlig og ustabil jordstruktur. Modsat medvirker calciumioner til aggregatdannelser og stabilisering af disse.

På de fleste marsk-jorder stiger natrium- og magnesiumindholdet stærkt i undergrunden, og calciumindholdet falder, hvilket som regel giver en meget dårlig strukturtilstand i de dybere jordlag. Ifølge tyske angivelser kan kun opnås god struktur i marsk-jorder, når natrium udgør mindre end 10 pct. af kationerne, og Ca/Mg skal være større end 1,5.

De fleste dyrkede marsk-jorder er kalket så meget op, at natriumindholdet i pløjelaget er under 10 pct. og derfor uden større betydning for strukturen. Men problemerne findes i undergrunden, der har højt natriumindhold og dårlig struktur, samt er vanskelig gennemtrængelig for vand.

Nævnte forhold er baggrund for de senere års forsøg med strukturforbedringsmidler, hvor interessen navnlig har samlet sig om calciumholdige grundforbedringsmidler som kalk, gips og superfosfat.

Forsøgene 1953-57

Nogle små orienterende forsøg udført på Hydroteknisk Laboratorium i 1951 gav til resultat, at superfosfat havde en gunstig virkning på lerrige jorders struktur. På det grundlag blev der i samarbejde med prof. H. C. Aslyng udarbejdet en forsøgsplan for strukturforbedring af ubekvem marsk-jord ved Ribe og Højer. I foråret 1953 blev der anlagt rækkeforsøg med 3 fællesparceller, og med nedenstående forsøgsled:

Ribe:	Højer:
1. Ubehandlet	A. 1. Ubehandlet
2. 10 t superfosfat	2. 10 t superfosfat
3. 20 t superfosfat	3. 20 t superfosfat
4. 800 kg krilium	4. 10 t superfosfat + 1 t jernvitriol
5. 5 t flotal	5. 3 t flotal
	B. 1. Ubehandlet
	2. 5 t gips
	3. 10 t gips
	4. 10 t superfosfat

Krilium er et amerikansk strukturforbedringsmiddel, der består af store anioner, som skulle være særlig effektiv til sammenbinding af lerkolloider. Flotal er et italiensk affaldsprodukt med et højt indhold af kvælstof og jern.

Forsøgene er gennemført i 5 år ved Ribe og 4 år ved Højer med en afgrøde årlig. Udbytteresultaterne fra forsøgene er vist i tabel 1, hvor kårloerne i 1955 ikke er medtaget.

Tabel 1. Udbytte og merudbytte, hkg kærne pr. ha

Ribe	Udbytte	Merudbytte				
	ube-handlet	10 t supf.	20 t supf.	800 krilium	3 t flotal	
1953 havre	39,5	4,2	5,8	÷ 2,1	11,8	
1954 hvede	51,6	2,6	1,5	0,5	0	
1956 byg	51,4	4,3	4,2	2,9	÷ 0,5	
1957 havre	30,0	1,3	3,0	0,8	1,2	
Gns. 4 år.	43,1	3,1	3,7	0,6	3,2	

Højer A	ube-handlet	10 t supf.	20 t supf.	10 t supf. + 1 t jernvitriol	3 t flotal	
1953 byg	22,7	8,1	9,4	8,7	7,0	
1954 byg	30,1	1,9	2,6	1,0	÷ 0,1	
1955 havre	20,9	9,5	10,4	8,3	2,2	
1956 byg	38,7	2,2	3,8	3,7	0,6	
Gns. 4 år	28,1	5,4	6,6	5,4	2,4	

Højer B	ube-handlet	5 t gips	10 t gips	10 t supf.		
1953 byg	27,3	1,5	1,8	2,1		
1954 byg	33,5	0,4	1,1	2,4		
1955 havre	30,0	1,2	2,3	1,4		
1956 byg	39,6	2,8	1,9	0,6		
Gns. 4 år	32,6	1,2	1,8	1,6		

Gennemgående er der høstet store afgrøder ved Ribe, hvor kvælstofgødskningen var rigelig, men dog uden væsentlig lejesæd til følge. Der er alle 4 år opnået gode udslag for tilførsel af store mængder superfosfat. Strukturforbedringsmidlet krilium giver ikke noget merudbytte, i det første år er virkningen endda negativ. Flotal giver det første år et stort merudbytte, antagelig som følge af en betydelig kvælstofvirkning, men udslagene holder sig ikke de følgende år.

Udbytteneiveauet er forholdsvis lavt ved Højer, specielt for det ubehandlede led. I gennemsnit er opnået pæne merudbytter for tilførsel af store mængder superfosfat. Udslagene er navnlig store i årene 1953 og 1955, hvor udbytteneiveauet er lavt. Også i dette forsøg er udslaget for flotal stort det første år, hvorefter virkningen ikke kan spores. I forsøgsled

4 er udover 10 t superfosfat også tilført 1 t jernvitriol, som dog ikke giver udslag udover virkningen af superfosfat.

Udbytteneiveauet er lidt højere i forsøg B end i foregående forsøg, antagelig som følge af noget højere reaktionstal. Såvel tilførsel af gips som store mængder superfosfat giver sikre merudbytter. Calciumindholdet i gips og superfosfat er nær ens, og for samme tilførsel af de to midler er også opnået nær ens udbytter.

Der blev foretaget meget omfattende jordbunds-fysiske og kemiske undersøgelser af Hydroteknisk Laboratorium på baggrund af jordprøver udtaget ved forsøgets anlæg i foråret 1953 og igen i efteråret 1954, altså efter 2 vækstsæsoner og en mellemliggende vinter. Resultaterne er offentliggjort af Aslyng (1956). De viser, at tilførsel af store mængder gips eller superfosfat har formindsket natriumindholdet i den øverste meter jord med mindre end en trediedel af den tilførte calciummængde, men behandlingen synes dog at have forøget infiltrationen og forbedret jordstrukturen lidt. Den manglende virkning kan måske skyldes dette, at de tilførte Ca-midler ikke er helt opløste og nedvaskede efter kun en vinters overskuds-nedbør.

Der blev yderligere gennemført enkelte jordbundsundersøgelser senere i forsøgsperioden, og resultater er vist i tabel 2.

Tabel 2. Jordbundskemiske analyser

Ribe 1957	Rt	Ft	Kt	Nat	Nat
				0-25 cm	25-50 cm
Ubehandlet ..	7,3	6,3	17,6	22,5	33,8
10 t superfosfat	7,3	10,9	17,6	18,4	41,6
20 t superfosfat	7,2	13,5	17,6	17,0	45,1

Højer A 1954					
Ubehandlet ..	6,4	7,9	10,5	4,6	19,2
10 t superfosfat	6,4	15,3	13,6	5,4	21,2
20 t superfosfat	5,7	23,8	11,1	2,8	13,1

Højer B 1956					
5 t gips	7,3	7,7	9,7	4,1	16,8
10 t gips	7,2	8,9	8,3	3,5	14,0
10 t superfosfat	7,4	15,0	8,6	3,2	10,4

Heraf ses, at reaktionstallene er forholdsvis lave i forsøg A ved Højer, hvor der som tidligere nævnt er opnået de største merudbytter for behandlingen.

Derimod er reaktionstallene høje i de to andre forsøg. De store superfosfatmængder viser sig tydelig i fosforsyre-tallene. Stigningen i tallene ved Ribe er dog ikke nær så store som forventet, idet de tilførte superfosfatmængder skulle medføre forøgelse på henholdsvis ca. 10 og 20 Ft-enheder. Ved Højer er dette næsten nået.

Umiddelbart måtte forventes, at en del af merudbytterne skyldes fosforvirkningen. Men det er dog næppe tilfældet i de foreliggende forsøg. Fosforsyre-tallene er også høje på det ubehandlede led. Desuden er der de fleste år tilført 200 kg superfosfat som grundgødning. Det skulle være tilstrækkelig til afgrødernes fosforforsyning, hvilket bl.a. fremgår af ældre gødningsforsøg på marskjord (*Viggo Nielsen m.fl.* 1962). Kaliumtallene er høje på marskjorderne og upåvirket af forsøgsbehandlingen.

Forsøgsbehandlingen skulle give en strukturforbedring, der bl.a. skulle opnås ved en nedgang i natriumtallene. Tabellen viser, at stigende mængder superfosfat eller gips har medført fald i natriumtallene, men forskellene er beskedne og ikke helt systematiske, hvilket sidste hænger sammen med de ret betydelige jordvariationer og usikkerhed med jordprøveudtagning på marskjorder.

Forsøgene ved Ribe 1958-66

Forsøgsplan og anlæg

I fortsættelse af den foregående forsøgsserie blev der i 1956 anlagt en ny forsøgsserie ved Ribe efter følgende plan:

1. Ubehandlet
2. 10 t gips
3. Kalk til reaktionstal 8,3
4. 20 t superfosfat

Fra 1962 udvides planen med:

5. 30 t kalk + 20 t gips
6. 30 t kalk + 10 gips
7. 20 t gips

De anførte mængder af grundforbedringsmidler er tilført ad een gang ved forsøgenes anlæg i henholdsvis 1956 og 1961. Forsøgsled 3 er dog tilført yderligere kalk flere gange i forsøgsperioden, ialt 48 t.

Forsøgsarealet karakteriseres ved analysetallene i tabel 3.

Jorden er svær marskjord med stort lerindhold; total porøsitet er høj, men hovedparten af porerne er vandfyldte, og luftindholdet er lavt.

Forsøget er anlagt i 4 parceller med 1 forsøgsled i hver række, og der er høstet 2 afgrøder årligt. Ialt er gennemført 4 forsøg med bederoer, 6 med byg og 7 med havre. Bederoerne er gødet med 1000 kg superfosfat, 100 kg kaligødning, 1000 kg kalksalpeter, 25-50 kg mangansulfat og 20 kg borax. Byggen og havren er tilført 500 kg kalksalpeter årlig, havren har desuden fået 15-20 kg mangan-sulfat.

Udbytteresultater

Udbytterne for de enkelte år er givet i hovedtabellerne side 35. Hovedtabel 1 angiver kærneudbytterne af havre og byg, hovedtabel 2 giver de tilsvarende halmudbytter, og i hovedtabel 3 er vist udbytterne i bederoer som hkg tørstof i rod og top. Hovedtabellerne viser, at der er opnået meget varierende udbytter fra

Tabel 3. Jordens tekstur og porefordeling

Dybde	ler	silt	Vægt, pct.			Volumen, pct.		
			fin-sand	grovsand	humus	porøsitet	vand	luft
0-20 cm	40	38	11	2	9	55	50	5
20-40 cm	51	27	14	2	6	52	49	3

år til år, således må året 1965 karakteriseres som et år med misvækst. Det skyldes et meget sent forår med såning omkring den 18. maj, hvorefter vækstbetingelserne var meget dårlige resten af sommeren. Kærneudbytterne er gennemgående lave specielt for byg. Vækstbetingelserne for bederoer har alle år været vanskelige med relativt lave udbytter.

Iagttagelser og notater vedrørende forsøgene viser, at forsøgsbehandlingen de fleste år medfører en tydelig forbedring af afgrødens vækst. Tilførsel af gips i forsøgsled 2 giver dog ingen synlige udslag i de sidste tre forsøgsår. Derimod har det ikke været muligt at iagttage forskelle i jordstrukturen for de forskellige behandlinger.

Udbytteresultaterne for de 4 forsøgsled, der har været med i forsøgene i alle 9 år, fremgår i tabel 4.

Gennemsnitstallene viser det ret lave udbyttensniveau. Tilførsel af 10 t gips giver et lille merudbytte, som for kornafgrøderne er nær significant. De små udslag er gennemsnit af forholdsvis store merudbytter de første forsøgsår og ingen udslag i de senere år. Såvel kalkning til reaktionstal 8,3 som tilførsel af 20 t superfosfat giver store merudbytter både i forhold til ubehandlet og overfor 10 t gips. Kalkningen giver dog de højeste udbytter.

Forsøgsplanen blev i 1962 udvidet med 3 forsøgsled, og udbytteresultaterne for de sidste 5 forsøgsår er sammenlignet i tabel 5.

Alle tilførte midler har givet merudbytter, udslagene for 10 t gips er dog ikke significant, hvorimod alle øvrige midler har givet sikre merudbytter i forhold til ubehandlet. Derimod er forskellen mellem disse midler ret ringe og forholdsvis usikre. De relativt store merud-

Tabel 4. Udbytte og merudbytte 1958-66
hkg kærne eller tørstof pr. ha

	Antal år	Udbytte		Merudbytte		LSD ₉₅
		1 ubehandlet	2 10 t gips	3 Rt 8,3	4 20 t supf.	
Havre.....	7	36,4	1,4	5,6	4,2	1,6
Byg.....	6	28,8	1,7	5,8	4,6	1,3
Gns. korn.....		32,6	1,6	5,7	4,4	
Bederoer						
Rod	4	59,3	4,4	18,5	17,7	13,2
Top	4	20,8	1,3	3,9	4,8	2,4
Rod+70 % top		73,9	5,3	21,2	21,0	

Tabel 5. Udbytte og merudbytte 1962-66
hkg kærne eller tørstof pr. ha

	Antal år	Udbytte			Merudbytte				LSD ₉₅
		1 ubehandlet	2 10 t gips	3 Rt 8,3	4 20 t supf.	5 30 t kalk 20 t gips	6 30 t kalk 10 t gips	7 20 t gips	
Havre.....	4	33,0	0,8	6,6	4,4	8,0	3,8	6,2	2,9
Byg.....	3	23,9	1,8	6,5	5,8	8,3	4,1	6,4	3,9
Gns. korn.....		29,5	1,3	6,6	5,1	8,2	4,0	6,3	
Bederoer									
Rod	3	56,1	3,3	20,6	19,0	22,7	16,6	22,3	17,5
Top	3	16,3	1,2	5,0	5,5	6,3	2,8	6,2	3,1
Rod+70 % top ..		67,5	4,1	24,1	22,9	27,1	18,6	26,6	

bytter for 20 t gips skyldes til dels, at dette forsøgsled var placeret under lidt for gunstige forhold i marken.

En direkte sammenligning af de anvendte grundforbedringsmidler er ikke mulig. Dels er de tilført i varierende mængder, dels er midlernes indhold af calcium forskellig, og endelig varierer opløseligheden og dermed midlernes muligheder for at påvirke jordstrukturen.

I kornafgrøderne er der hvert år bestemt manganindhold i kærne, og gennemsnitstallene fremgår af tabel 6.

ning er vanskelig på marskjorder, og specielt er det vanskeligt at opnå repræsentative prøver på de forsøgsparceller, der er tilført store mængder grundforbedringsmidler. Analysetallenes variationer kan derfor ikke tillægges alt for stor værdi, men vurderingen må ske på baggrund af tendensen i tallene. I tabel 7 er givet en oversigt over analyseresultaterne.

Gennemsnitstallene viser, at tilførsel af gips og superfosfat ingen indflydelse har på reaktionstallene, hvorimod kalktilførslen har hævet Rt til 7,7, og selv i forsøgsled 3, hvor der er

Tabel 6. Manganindhold i kærne, mg pr. kg tørstof

	1 ubehandlet	2 10 t gips	3 Rt 8,3	4 20 t supf.	5 30 t kalk 20 t gips	6 30 t kalk 10 t gips	7 20 t gips
Havre 1958-66.	31,9	32,8	33,2	33,6			
1962-66.	31,3	33,2	33,2	33,3	26,7	29,2	30,2
Byg 1958-66.	13,7	13,0	13,9	13,8			
1962-66.	14,6	13,4	13,7	14,1	12,1	13,9	13,0

Havren er hvert år tilført mangansulfat, hvorimod byggen ikke er tilført noget. Tabellen viser, at indholdet er nær ens uanset forsøgsbehandlingen. Tilførsel af selv store mængder kalk har ikke påvirket kærnernes manganindhold væsentlig.

Jordbundsanalyser

Forsøgsbehandlingen tilsigtede en ændring af de jordbundskemiske forhold og specielt en ombytning af Na-ioner med calcium. I forsøgsperioden er derfor gennemført omfattende jordbundskemiske analyser, hvis resultater er vist i hovedtabel 4 side 37. Prøveudtagning er ikke gennemført systematisk, og omfanget af analyserne har varieret noget. Jordprøveudtag-

tilført ialt 48 t kalk, har det ikke været muligt at hæve Rt over 7,8. Kalktilførslen kan også spores i undergrunden, reaktionstallet er 7,1–7,2 i de kalkede led mod Rt 6,5–6,6 i de øvrige forsøgsled.

Tabel 7 viser også, at 20 t superfosfat har hævet Ft godt 10 enheder, hvilket kun er ca. halvdelen af det teoretisk forventede, derimod er der ingen indvirkning på Ft i undergrunden. Tabellen viser ligeledes, at marskjorderne har høje kaliumtal og fosforsyretil. Med de høje fosforsyretil er det næppe sandsynligt, at superfosfaten har haft væsentlig betydning som fosfatgødsning.

I en del af jordprøverne er foretaget bestemmelse af de enkelte kationer, og tabel 8

Tabel 7. Jordbundsanalyser, gennemsnit af alle prøver i 0-20 cm dybde

	1 ubehandlet	2 10 t gips	3 Rt 8,3	4 20 t supf.	5 30 t kalk 20 t gips	6 30 t kalk 10 t gips	7 20 t gips
Rt.	7,0	7,1	7,8	7,1	7,7	7,7	6,9
Ft.	9,4	8,9	9,1	20,1	10,5	10,3	9,4
Kt.	18,2	17,8	16,9	16,7	18,5	20,1	19,2

viser kationfordelingen angivet i procent. Desværre blev der ikke gennemført analyser forud for forsøgets anlæg, så det er ikke muligt at følge ændringerne gennem forsøgsperioden. Sammenligningen må derfor foretages mellem de forskellige forsøgsled, og har specielt interesse ved forsøgets afslutning i 1966. En sådan sammenligning har dog den svaghed, at forskellen både kan være en følge af den foretagne forsøgsbehandling, men også kan skyldes forskelle der hidrører fra jordbundsvariationer mellem de enkelte forsøgsparceller.

Ca/Mg-forholdet, som i 1966 er 3,4 i de ubehandlede led og stiger til 5,4 i forsøgsled 3 med den kraftigste kalkning. Forsøgsbehandlingens indflydelse på kationfordelingen ses navnlig i analyserne fra 20–40 cm dybde. I forhold til ubehandlet har kalkningen i forsøgsled 3 medført et fald i natrium fra 12 til 9 pt. og i magnesium fra 38 til 32 pct. med samtidig stigning i calcium fra 47 til 56 pct. og forbedring af Ca/Mg-forholdet fra 1,2 til 1,8. De øvrige forsøgsbehandlinger ligger der imellem. 10 t gips har ikke reduceret natrium-

Tabel 8. Fordeling af kationer i pct.

		1	2	3	4	5	6	7
År		ubehandlet	10 t gips	Rt 8,3	20 t supf.	30 t kalk 20 t gips	30 t kalk 10 t gips	20 t gips
0-20 cm dybde								
Na	1960	10	6	4	4			
	1962	5	5	3	4	3	3	4
	1966	5	5	3	3	3	3	3
Mg	1960	24	25	14	16			
	1962	20	18	12	16	14	15	16
	1966	21	20	15	17	16	17	16
Ca	1960	63	66	80	78			
	1962	73	75	83	78	81	80	78
	1966	72	73	80	78	79	78	79
Ca/Mg	1960	2,6	2,6	5,6	5,0			
	1962	3,7	4,1	6,6	5,0	6,0	5,5	4,9
	1966	3,4	3,7	5,4	4,7	4,9	4,7	5,0
20-40 cm dybde								
Na	1960	14	12	10	9			
	1966	12	11	9	10	8	9	9
Mg	1960	42	36	30	36			
	1966	38	38	32	33	31	31	36
Ca	1960	40	48	56	51			
	1966	47	48	56	54	58	57	52
Ca/Mg	1960	1,0	1,3	2,0	1,4			
	1966	1,2	1,3	1,8	1,7	1,9	1,8	1,5

Tabellen viser, at både gips, superfosfat og specielt kalk har givet svag fald i natriumindhold og større fald i magnesiumindhold. Til gengæld er det procentiske calciumindhold steget og udgør 80 pct. eller mere i de kalkede forsøgsled. Ændringerne fremgår tydeligt af

indholdet tilstrækkeligt i undergrunden, hvorimod de øvrige behandlinger har fået natriumindholdet ned under 10 pct. og Ca/Mg-forholdet op over 1,5, hvilket efter tyske angivelser skulle være nødvendig for at opnå god jordstruktur i marskjord.

Alle tre anvendte grundforbedringsmidler er Ca-holdige stoffer med noget forskellig opløselighed og calciumindhold. Omkring halvdelen af superfosfat er vandfri gips, fosforet findes som primært calciumfosfat, således at superfosfat indeholder ca. 21,5 pct. Ca. Ren gips ($\text{Ca SO}_4, 2 \text{ H}_2\text{O}$) indeholder ca. 23,2 pct. og kalk indeholder ca. 40 pct. Ca. En beregning af de tilførte Ca-mængder er vist i tabel 9, hvor tallene er omregnet til kilo-ækvivalent. Tabellen viser desuden kationindhold i kilo-ækvivalent for jorddybden 0-40 cm, og der er foretaget en beregning af ændringerne i forhold til det ubehandlede forsøgsled.

bevirket en forøgelse af den samlede mængde ombyttelig metalioner og i overensstemmelse hermed også hævet R_t som det fremgik af tabel 7. Gips og superfosfat har derimod medført et fald i ombyttelige metalioner, det viser sig også som lavere og faldende reaktionstal i de dybere jordlag.

Endelig er i tabellen beregnet et Ca-tab, der fremkommer som differensen mellem den tilførte mængde og den målte forøgelse af ombyttelig calcium i jordlagene 0-40 cm. I forsøgsleddene med gips og superfosfat svarer Ca-tabet stort set til de tilførte mængder, eller med andre ord hele den tilførte mængde er

Tabel. 9. Jordens indhold af kationer, beregnet som kilo-ækvivalent i dybden 0-40 cm ved forsøgets afslutning i efteråret 1966

	1 ubehandlet	2 10 t gips	4 20 t supf.	7 20 t gips	6 30 t kalk 10 t gips	5 30 t kalk 20 t gips	3 48 t kalk
Ca-tilførsel	0	116	216	232	716	832	960
<i>Indhold</i>							
Na	99	89	69	63	83	67	76
Mg	343	324	259	265	310	306	287
Ca	678	667	705	685	867	866	840
<i>Ændring</i>							
Na-formindskelse	—	10	30	36	16	32	23
Mg- »	—	19	84	78	33	37	56
Ca-forøgelse	—	÷11	27	7	189	188	162
$\text{Ca} \div (\text{Mg} + \text{Na})$	—	÷40	÷87	÷107	140	119	83
Ca-tab	—	127	189	225	527	644	798
Tab svarer til							
t kalk	—	6	9	11	26	32	40
t gips el. supf.	—	11	18	20			

Selv om denne opgørelse er behæftet med en vis usikkerhed fremgår det dog tydeligt, at stigende Ca-tilførsel har medført fald i Na- og Mg-indhold og stigning i Ca-indholdet. Det ses også, at de relativt små mængder Ca i gips og superfosfat har reduceret Na- og Mg-indhold lige så meget eller endda lidt mere end de betydelig større mængder givet i kalk. I tabellen er foretaget en opgørelse over kationbalancen ($\text{Ca} \div \text{Mg} \div \text{Na}$), kalktilførslen har

opløst og udvasket sammen med mindre mængder ombyttelig natrium og magnesium. I de kalkede forsøgsled beregnes også et stort Ca-tab svarende nær til den tilførte mængde. Det er dog mest sandsynlig, at en del af den tilførte kalkmængde ikke er opløst endnu og derfor ikke indgår i bestemmelserne.

På normale jorder regnes med, at Ca-ioner bør udgøre ca. 80 pct. af kationbelægningen. En beregning på baggrund af ombytningskapa-

citeten fører da til, at det ubehandlede forsøgsled skal tilføres 38 t kalk eller 65 t gips for at opnå 80 pct. calciummætning i 0-40 cm dybde. I praksis skal dog tilføres betydelig større mængder, dels fordi en del nedvaskes, og dels fordi en del calcium optages af planterne.

En oversigt over forsøgsbehandlingen og dennes indflydelse på de jordbundskemiske forhold samt udbyttet i årene 1962-66 er vist i tabel 10.

Sammendrag

I årene 1953-66 er gennemført et par forsøgsserier med henblik på forbedring af marskjordens struktur. Marskjorderne har normalt et højt indhold af natrium og magnesium og et lavt calciumindhold, det gælder specielt i undergrunden. Ombygningen af kolloidernes Na og Mg med Ca vil efterhånden skabe bedre og mere stabil jordstruktur.

Strukturforbedringen er først og fremmest søgt opnået ved tilførsel af store mængder

Tabel 10. Sammenhæng mellem de jordbundskemiske forhold og udbytterne i 1962-66

	Ca-tilførsel t pr. ha	Kationfordeling i pct. dybden 0-20 cm gns. 1962 og 66						Udbytte gns. 1962-66 hkg kærne forholds- el. tørstof tal pr. ha	
		Rt	Na	K	Mg	Ca	Ca/Mg		
Ubehandlet.....	0	7,0	5	2	21	72	3,5	41,5	100
10 t gips.....	2,3	7,1	5	2	19	74	3,9	43,7	105
20 t superfosfat	4,3	7,1	3	2	16	79	4,8	52,5	126
20 t gips.....	4,6	6,9	3	2	16	79	4,9	54,5	131
30 t kalk, 10 t gips.....	14,3	7,7	3	2	16	79	4,9	50,3	121
30 t kalk, 20 t gips.....	16,6	7,7	3	2	15	80	5,4	56,0	135
48 t kalk	19,2	7,8	3	2	14	81	5,7	53,9	130

Kalken giver stigende reaktionstal, hvorimod gips og superfosfat ingen ændringer giver, men Rt er dog forholdsvis høj i disse forsøgsled. Alle de tilførte midler påvirker kationbelægningen, og stigende calciumtilførsel giver fald i natrium- og magnesiumindholdet, ændringerne fremgår tydeligt af Ca/Mg-forholdet, der stiger fra 3,5 til 5,7.

Forsøgsbehandlingen og ændringerne i de jordbundskemiske forhold giver betydelige udbyttestigninger, der for gips og superfosfat er nær proportional med den tilførte calciummængde, og forøvrigt også med det faldende natriumindhold. De kalkede forsøgsled giver store udbytter, men uden entydig sammenhæng mellem forsøgsbehandling og udbytte. Det må bemærkes, at 20 t gips eller superfosfat giver samme udbytte som tilførsel af 40-50 t kalk, og udbyttet er opnået, selv om reaktionstallet ikke er steget.

gips, superfosfat og kalk, der alle tre er grundforbedringsmidler med et betydeligt calciumindhold, men med varierende opløselighed. Forsøgene er gennemført på svær marskjord ved Ribe, samt på lidt lettere marsk på det gamle forsøgsareal ved Højer.

Gips og superfosfat påvirker ikke jordens reaktionstal, hvorimod de store kalkmængder hæver Rt til 7,7. I forsøgsserien 1953-57 er tilført 5 t, 10 t og 20 t gips eller superfosfat. For alle behandlinger er opnået signifikante merudbytter i kornafgrøder, specielt i de første forsøgsår, samtidig spores en betydelig nedgang i jordens natriumindhold.

I forsøget ved Ribe 1958-66 er tillige tilført store mængder kalk, og forsøgets hovedresultater fremgår af tabel 10. Der er opnået signifikant udslag for behandlingen, og der er fundet nedgang i jordens natrium- og magnesiumindhold, såvel i pløjelaget som i under-

	Quantity calcium t per ha	pH	Cation in per cent					Yield 1962-66	
			Na	K	Mg	Ca	Ca/Mg	hkg grain or dry mat- ter per ha	Rela- tive
Untreated	0	7.0	5	2	21	72	3.5	41.5	100
10 t gypsum	2.3	7.1	5	2	19	74	3.9	43.7	105
20 t superph.....	4.3	7.1	3	2	16	79	4.8	52.5	126
20 t gypsum	4.6	6.9	3	2	16	79	4.9	54.5	131
30 t lime, 10 t gypsum	14.3	7.7	3	2	16	79	4.9	50.3	121
30 t lime, 20 t gypsum	16.6	7.7	3	2	15	80	5.4	56.0	135
48 t lime	19.2	7.8	3	2	14	81	5.7	53.9	130

grunden. I forsøgsperioden er opnået nær samme virkning af 20 t gips eller superfosfat som af den dobbelte kalkmængde. Men da kalken endnu ikke er opløst, kan der måske forventes en større kalkeffekt på længere sigt.

Forsøgene viser, at der ved tilførsel af store mængder gips eller superfosfat kan opnås en hurtig og ret betydelig nedgang i jordens natrium- og magnesiumindhold, hvilket medfører bedre jordstruktur og forøgelse af afgrødeudbytterne uden at Rt ændres. Ved kalktilførsel opnås tilsvarende virkning på jordstrukturen og udbytterne, men desuden måles en stigning i reaktionstallet.

I praktisk jordbrug på marskjorder må det stadig anbefales at anvende kalk som grundforbedringsmiddel, idet der da både opnås stigning i reaktionstal og forøgelse af jordens calciumindhold både i pløjelaget og ved nedvaskning i undergrunden. På marskjorder kan tilførsel af store mængder gips eller superfosfat give en hurtig og effektiv calciumvirkning. Hvis jorderne tillige har lavt fosforsyretilstand, kan store mængder superfosfat både forbedre jordens fosfattilstand og dens calciumtilstand.

Forbedring af marskjordernes struktur forudsætter, at afvandingsforholdene er i orden, og at der tilføres calciumholdige grundforbedringsmidler i form af kalk, superfosfat eller gips. Over en årrække må tilføres så store mængder, at hovedparten af natrium og magnesium ned til 50–80 cm dybde kan ombyttes med calcium.

Summary

Experiments with soil structure on Marsh soil

During the years 1953–1966 two experiments have been carried out on heavy clay marsh soil at Ribe and Højer. The purpose was to improve the soil structure by exchange of the high sodium- and magnesium-content with calcium. A supply of 5 t, 10 t and 20 t of gypsum or superphosphate, or 30 t and 48 t of lime per ha was given. Yield results and results of soil analyses are given in the table.

Gypsum and superphosphate have no influence on soil pH, while liming raise the pH to 7.7.

All treatments have changed the distribution of cations, with a decrease in Na- and Mg-content and an increase in Ca-content, which is seen in the Ca/Mg-ratio. The yield increase is nearly proportional to the amount of calcium given in gypsum or superphosphate, and liming also gives high yield.

By farming on marsh soil liming is necessary to rise the pH and to supply the soil with calcium, which result in exchange with the high sodium and magnesium content in the soil. Use of large amounts of gypsum or superphosphate gives a rapid and effective calcium effect.

Litteratur

- Aslyng, H. C. (1956) Marskjordens fysiske og kemiske tilstand. Tidsskr. f. Planteavl 59, 328–44.
 Bondorff, K. A. (1962) Jordbundsundersøgelser i Tøndermarsken. ibid. 66 særnummer, pp 39.
 Hansen, Lorens (1967) Jordbundsundersøgelser i marsken. ibid. 71, 70–89.
 Hansen, Lorens og Rasmussen, K. J. (1968). Dræningsforsøg på marskjord. ibid. 72, 335–55.

Nielsen, Viggo og Dorph-Petersen, K. (1958) Forsøg med kalk og mergel på marskjord. 566. beretning, ibid. 62, 420-452.

Nielsen, Viggo, Kjellerup, C. M. og Dorph-Peter-

sen, K. (1962) Gødningsforsøg på marskjord. 630. beretning, ibid. 65, 640-670.

Tind-Christensen, C. J. (1936) Forsøg med kunstgødning, kalk og mergel til marskjord. 286. beretning, ibid. 41, 1-64.

Hovedtabel 1.

Kærne, hkg pr. ha

	1	2	3	4	5	6	7
	ubehandlet	10 t gips	Rt 8,3	20 t supf.	30 t kalk 20 t gips	30 t kalk 10 t gips	20 t gips
<i>Havre</i>							
1958	30,0	33,1	33,9	34,5			
1960	47,7	49,5	53,4	50,7			
1961	45,1	47,0	48,0	48,5			
1963	34,5	36,0	42,9	40,6	47,0	41,7	47,1
1964	55,8	56,6	61,8	59,4	61,6	59,1	58,1
1965	6,0	4,5	8,3	7,9	13,1	6,2	10,2
1966	35,7	38,0	45,3	41,7	42,1	40,2	41,2
<i>Byg</i>							
1959	23,9	26,7	28,9	27,1			
1960	38,0	39,3	43,6	41,7			
1961	39,0	39,7	44,0	42,6			
1962	18,4	20,1	23,7	23,4	25,2	22,2	27,4
1964	46,4	48,1	51,3	50,2	50,3	49,3	47,3
1965	7,0	9,0	16,2	15,4	21,0	12,4	16,3

Hovedtabel 2

Halm, hkg pr. ha

	1	2	3	4	5	6	7
	ubehandlet	10 t gips	Rt 8,3	20 t supf.	30 t kalk 20 t gips	30 t kalk 10 t gips	20 t gips
<i>Havre</i>							
1958	23,3	27,1	26,6	26,4			
1960	48,5	46,1	52,8	51,2			
1961	35,6	39,9	45,9	44,0			
1963	33,3	35,5	43,5	41,7	47,7	42,8	47,6
1964	43,8	47,1	48,8	51,9	53,4	52,2	52,2
1965	7,3	5,4	11,0	10,0	18,4	7,5	13,4
1966	25,7	29,0	32,4	29,5	31,1	30,5	32,8
<i>Byg</i>							
1959	25,6	27,6	28,8	27,0			
1960	46,9	47,7	48,0	50,4			
1961	44,6	45,1	47,9	44,5			
1962	15,6	18,3	21,3	21,1	21,4	18,9	23,8
1964	33,4	34,2	38,2	35,7	36,6	35,4	34,1
1965	12,3	15,4	24,1	23,7	29,8	17,9	21,2

Hovedtabel 3

Bederoer, hkg tørstof pr. ha

	1	2	3	4	5	6	7
	ubehandlet	10 t gips	Rt 8,3	20 t supf.	30 t kalk 20 t gips	30 t kalk 10 t gips	20 t gips
<i>Rod</i>							
1959	69,1	76,5	81,0	82,6			
1962	56,2	56,8	64,4	60,4	60,4	60,7	65,1
1963	60,0	71,0	98,4	103,0	104,2	88,4	113,2
1966	52,0	50,4	67,4	61,9	71,9	69,1	57,0
<i>Top</i>							
1959	34,1	35,6	34,7	37,0			
1962	22,4	24,1	26,2	25,5	24,5	22,7	26,5
1963	11,3	13,3	17,7	19,5	22,1	17,5	22,8
1966	15,3	15,2	20,0	20,3	21,3	17,1	18,2

Hovedtabel 4

Jordbundsanalyser

0-20 cm dybde	År	1	2	3	4	5	6	7
		ubehandlet	10 t gips	Rt 8,3	20 t supf.	30 t kalk 20 t gips	30 t kalk 10 t gips	20 t gips
Rt	1957	7,1	7,1	7,7	7,0			
	1960	6,9	6,9	7,6	7,2			
	1962	7,1	7,1	7,8	7,2	7,7	7,7	7,0
	1966	7,0	7,1	7,7	7,1	7,7	7,7	6,9
Ft	1957	7,4	6,4	7,0	20,4			
	1960	—	—	—	—			
	1962	10,7	10,6	10,3	21,8	11,1	10,8	10,5
	1966	10,0	9,8	10,1	18,2	9,9	9,8	8,3
Kt	1957	17,0	14,8	15,2	14,9			
	1960	—	—	—	—			
	1962	19,2	19,6	17,9	16,9	18,2	19,8	19,4
	1966	18,3	19,1	17,7	18,4	18,8	20,5	19,0
Na me/100 g	1960	1,75	1,12	0,88	0,74			
	1962	1,06	0,94	0,83	0,75	0,89	0,95	0,50
	1966	1,10	1,06	0,73	0,82	0,69	0,93	0,70
Mg »	1960	4,29	4,48	3,08	2,93			
	1962	3,98	3,51	3,36	3,08	3,80	4,04	3,28
	1966	5,07	4,68	3,96	3,90	4,11	4,57	3,66
Ca »	1960	11,04	11,56	17,25	14,61			
	1962	14,61	14,57	22,26	15,42	22,64	22,16	16,03
	1966	17,33	17,13	21,42	18,39	20,24	21,32	18,26
Omb.kap. »	1962	29,5	29,0	29,6	29,4	29,9	32,0	29,4
	1966	36,9	37,0	35,3	34,7	35,1	36,5	35,3
20-40 cm dybde								
Rt	1960	6,5	6,8	7,2	6,6			
	1966	6,5	6,3	6,9	6,4	7,1	7,2	6,3
Ft	1966	6,7	5,3	4,4	5,7	6,2	6,3	4,6
Kt	1966	31,2	30,2	26,1	24,3	31,6	31,3	24,9
Na me/100 g	1960	2,79	2,36	1,92	1,72			
	1966	2,82	2,47	2,28	1,94	1,98	2,35	1,82
Mg »	1960	8,05	6,81	5,93	6,94			
	1966	8,68	8,31	7,55	6,50	8,10	7,88	6,98
Ca »	1960	7,72	9,09	10,80	9,64			
	1966	10,72	10,50	13,34	10,86	15,37	14,49	10,20
Omb.kap. »	1966	34,7	31,8	29,2	30,4	32,1	31,5	32,1