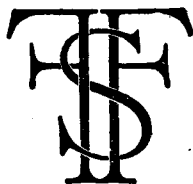


DET FORSTLIGE FORSØGSVÆSEN I DANMARK

THE DANISH FOREST EXPERIMENT STATION
STATION DE RECHERCHES FORÊSTIÈRES DE DANEMARK
DAS FORSTLICHE VERSUCHSWESEN IN DÄNEMARK

BERETNINGER UDGIVNE VED
DEN FORSTLIGE FORSØGSKOMMISSION

REPORTS — RAPPORTS — BERICHTE



BIND XXXIII

HÆFTE 4

INDHOLD

H. HOLSTENER-JØRGENSEN: Om lernedslemning på dansk moræne.
(About Clay Eluviation in a Danish Moraine Soil). S. 327—344.
(Beretning nr. 270).

BENT JAKOBSEN: Skovens betydning for landbrugets udvikling i
Danmark indtil ca. 1300. (The Influence of the Forest on the Agri-
cultural Development in Denmark until about 1300 A. D.). S. 345—396.
(Beretning nr. 271).

H. HOLSTENER-JØRGENSEN and H. BRYNDUM: Preliminary Results
of Experiments with Nitrogen Fertilization of Rather Old Norway
Spruce on Heathland Localities in Jutland. S. 397—401. (Beretning
nr. 272).

KØBENHAVN

TRYKT I KANDRUP & WUNSCH'S BOGTRYKKERI

1973

OM LERNEDSLEMNING PÅ DANSK
MORÆNE

ABOUT CLAY ELUVIATION IN A DANISH
MORAINÉ SOIL

AF

H. HOLSTENER-JØRGENSEN

I jordbundslitteraturen fra vore sydlige nabolande støder man ofte på omtale af lernedslemninger i jorden, både på løssaflejringer og på moræner. (Se for eksempel *Schlichting og Blume* 1961 og *Blume* 1964, hvor man kan finde yderligere litteraturhenvisninger).

Fælles for sådanne profiler er, at overfladelagene (A-horisonter) har mindre lerindhold end udgangsmaterialet (C-horisonter), og at der under A-horisonterne findes B-horisonter med et højere lerindhold end udgangsmaterialet. En sådan horisontering af jordbundsprofilen indicerer, at der har fundet en lernedslemning sted, og at processen muligvis stadig foregår.

Med *Blume* (1964) må man antage, at tre betingelser skal være opfyldt, for at en nedslemning kan finde sted:

- a) der skal være slembare stoffer,
- b) der skal være et perkolerende opslemningsmiddel og
- c) der skal være et poresystem, hvori processerne kan foregå.

ad a) Lermineraller med en diameter mindre end 0.15μ (*Blume* 1964) kan opslemmes eller danne kolloid opløsning, når jordens elektrolytindhold er tilstrækkelig lavt, det vil sige, når CaCO_3 -indholdet er udvasket, og Ca^{++} -ionerne for en stor del er udbyttet med H^+ - eller Al^{+++} -ioner. Heri ligger allerede, at lernedslemning finder sted under humide forhold.

ad b) Jorden må regelmæssigt gennemvaskes. Årsnedbøren må være større end den årlige fordampning.

ad c) På østdanske moræner har CaCO_3 -indholdet oprindeligt udgjort op mod 20 volumenprocent (*Fobian* 1966). Opløsning og udvaskning af CaCO_3 vil derfor alene medføre, at der opstår et poresystem i jorden. Hertil kommer, at der på den bevoksede jord opstår et system af porer bestående af gamle rodkanaler, ormegange med mere. Endelig bevirker den periodiske udtørring af en lerrig jord, at der kommer et system af tørkesvindrevner. *Blume* (1964) angiver, at nedslemning sker i porer (svindrevner) med ækvivalensdiametre på 20μ eller mere.

Afsætningen af de vandrende, peptiserede lermineraller kan enten ske derved, at transportstrømmen standser, eller ved at der under de ændrede kemiske betingelser i de dybere jordlag sker en koagulering. Man kan forestille sig, at ionbytningsprocesser spiller en rolle. En sådan afsætning af lermineraller er morfologisk erkendelig på svindrevnernes vægge i lerjorden. Disse har ofte en glinsende, brunlig overflade, som kommer til syne, når man bryder lerklumper mellem fingrene. På overfladen er der afsat lermineraller.

De gennemgåede betingelser for en lernedslemning synes alle at være til stede under danske forhold.

Det skal nævnes, at jorder med lernedslemning i tysksproget litteratur benævnes „Parabraunerde“, i fransksproget „sol lessivé“ og i engelsksproget (U.S.A.) „gray brown podzolic soils“.

Den lerberigede B-horisont kan blive mere eller mindre vandstandsende og vil i så fald ofte blive marmorert af oxydations-reduktionsprodukter. En sådan tekstur-B-horisont leder naturligvis straks tanken hen på det fænomen, som man i skovbruget gennem mange år har kendt under navnet leral. Der foreligger imidlertid ikke publiceret analytisk bekræftelse på, at leral er en tekstur-B.

METODOLOGI

Hvis udgangsmaterialet, som danner basis for jordbundsdannelsen, er teksturelt helt homogent, vil det relative lerindhold i forskellige dybder afspejle lernedslemningen. Sådanne homogene aflejringer antager man, kan findes i løssaflejringer.

Moræneaflejringer er ofte meget inhomogene (se *Holstener-Jørgensen* 1965 og 1967 og nærværende beretning). Det betyder, at selv om man står overfor en profil, som tilsyneladende stammer fra et ensartet udgangsmateriale, kan man ikke være sikker på, at et analytisk bestemt lermaksimum i en passende dybde skyldes lernedslemning. Det kan skyldes en vanskelig erkendbar teksturforskel i udgangsmaterialet.

I absolut homogene materialer er kvotienterne mellem kornstørrelsesklasser konstante og uafhængige af prøveudtagningsstedet. Det kan man udnytte, hvis man vil konstatere, om materialet er homogent. Tabel 1 giver nogle taleksempler til belysning af dette forhold.

Tabel 1. Taleksempler til belysning af arbejdsmetoder ved undersøgelser vedrørende lernedslemning.

Table 1. Working methods in investigating clay eluviation, illustrated with figures.

Eksempel	Fraktion				Sum	Kvotienter				
	a	b	c	Total		a/b	a/c	b/c	a+b/c	a/b+c
	Fin	Mellemfin	Grov							
	Fraction									
a	b	c	Total	a/b	a/c	b/c	a+b/c	a/b+c		
fine	medium	coarse								
Quotients										
1	g	40	60	50	150	0.67	0.80	1.20	2.00	0.36
	%	26.7	40.0	33.3	100.0	0.67	0.80	1.20	2.00	0.36
2	g	20	60	50	130	0.33	0.40	1.20	1.60	0.18
	%	15.4	46.1	38.5	100.0	0.33	0.40	1.20	1.60	0.18
3	g	40	40	50	130	1.00	0.80	0.80	1.60	0.44
	%	30.7	30.8	38.5	100.0	1.00	0.80	0.80	1.60	0.44

I tabellen er anført værdier for 3 kornstørrelsesklasser: en fin (a), en mellemfin (b) og en grov (c). Tallene er dels angivet som g, dels i % af totalmængden. Der er endvidere anført nogle kvotienter. Disse ændres ikke ved at gå fra absolut mål (g) til relativt mål (%). Ved teksturanalyser får man sine værdier i relative andele af den indvejede mængde jord.

Forestiller man sig nu, at man fjerner noget af den fine fraktion (a) [eksempel 1 → eksempel 2], reduceres kvotienten mellem denne fraktion og de øvrige fraktioner (a/b og a/c). Reduktionen er lige stor for begge kvotienter, i eksemplet halveres de. Kvotienten mellem b og c ændres derimod ikke.

Hvis man i naturen finder en teksturel lagfølge i overjorden (0—120 cm) som følger fra oven, idet lagene antages at være lige tykke:

lag I: eksempel 2

lag II: eksempel 1

lag III: 21.4 % a, 42.9 % b, 35.7 % c (= middelværdien mellem de absolutte værdier i eksempel 1 og eksempel 2),

så kan man med nogen sandsynlighed slutte, at der fra I er sket en ned-slemning af fraktion a. Det nedslemmede materiale er ophobet i lag II, og lag III er formentlig det upåvirkede eller næsten upåvirkede udgangsmateriale. Kvotienten b/c er lige stor (1.20) i alle tre lag, og det er derfor sandsynligt, at der er tale om et ensartet udgangsmateriale.

Eksempel 3 er taget med for at demonstrere, at b/c-forholdet ændres, hvis en af fraktionerne (her b) ændres. Eksempel 3 kan ikke antages at være det samme oprindelige materiale som i eksempel 1 og 2.

Kvotientsøjlen $a+b/c$ viser en mindre diskriminering end kvotientsøjlerne a/b og a/c og for den sags skyld $a/b+c$. Man må altså foretrække at arbejde med snævre kornklasser i kvotienttælleren, hvorimod kvotientnævnerne godt kan være brede klasser.

Hvis man arbejder med inhomogene materialer som danske moræner, kan man ved statistisk bearbejdning af et stort antal prøver fra et areal gøre sig håb om at nå til middelværdier med så små fejl, at de kan vise, om der er sket en lernedslemning på arealet. Hvis lernedslemning nemlig forekommer, er det sandsynligt, at det er et generelt fænomen, idet et givet areal har været udsat for nogenlunde samme biologiske (planter, dyr) og fysiske (klima) påvirkning siden istiden. Derimod vil man ikke føle sig synderlig overbevist om fænomenets forekomst, fordi en enkelt profil indicerer lernedslemning. Det kan bero på en tilfældig, passende fordeling af oprindelige teksturforskelle.

Til slut skal det nævnes, at man må forvente at finde en systematisk variation i de finere kornklasser på østdansk moræne. Så snart man passerer kalkgrænsen, kommer man ned i jordlag med et højere indhold af ler og

silt end de øvrige jordlag. CaCO_3 -indholdet, som kan udgøre 20 volumenprocent eller mere, har vist sig fortrinsvis at findes som ler og silt (*Jensen og Kjær, 1948*).

TIDLIGERE UNDERSØGELSER AF LERNEDSLEMNING I DANMARK

Forfatteren er bekendt med to publikationer, som handler om lernedslemning i danske moræner.

Schlichting og Blume (1961) har givet talmateriale (i figurform) fra tre profiler (bøgeskov på Gjorslev, Vemmetofte og Hesnæs). De opererer med kvotienter og konkluderer, at alle tre profiler må klassificeres som Parabraunerde med lernedslemning. De to profiler (Vemmetofte, Hesnæs) har meget ensartet udgangsmateriale (sandklasse kvotienterne), medens den tredje (Gjorslev) viser en klar lagdeling. De har benyttet dobbeltprøver (20 cm's horisontal afstand) til bestemmelse af variationsbredden indenfor den enkelte profil, og denne benyttes ved fastlæggelsen af sikkerheden. Fremgangsmåden er i orden, hvis der virkelig er tale om repræsentative profiler for de enkelte områder, men forfatteren betvivler, at det er tilfældet, og støtter sig på egne undersøgelsesresultater fra de samme geologiske områder (jævnfør nærværende beretning).

Fobian (1966) har givet talmateriale (også i figurform) fra tre profiler (Kallerup grusgrav, Nymølle grusgrav og Luxol Vejmaterialer ved Ros-

Tabel 2. Kornstørrelsesfordelinger i Fobians (1966) materiale og kvotienter mellem kornklasser. Aflæsning i mm på figurer.

Table 2. Grain size distributions in Fobian's (1966) material and quotients between grain classes. Read in mm on graphs.

Profil	dybde cm	Ton a < 2 μ mm	Schluff b 2 μ —60 μ mm	Sand c 0.06 mm—2 mm mm	sum	a b	b c
Profile	depth cm	Ton a < 2 μ mm	Schluff b 2 μ —60 μ mm	Sand c 0.06 mm—2 mm mm	total	a b	b c
1	10	3.5	14.0	26.2	43.7	0.25	0.53
	60	4.5	12.0	27.3	43.8	0.38	0.44
	110	12.0	8.7	23.2	43.9	1.37	0.38
	170	8.4	12.7	22.7	43.8	0.66	0.56
2	10	3.2	13.8	27.0	44.0	0.23	0.51
	45	7.2	10.0	26.7	43.9	0.72	0.37
	85	11.1	9.2	23.9	44.2	1.21	0.38
	180	9.0	12.0	22.9	43.9	0.75	0.52
3	10	3.0	9.8	30.8	43.6	0.31	0.32
	55	4.8	10.0	29.3	44.1	0.48	0.34
	80	10.0	9.0	24.6	43.6	1.11	0.37
	125	7.8	12.3	23.6	43.7	0.63	0.52
	205	5.8	12.0	26.2	44.0	0.48	0.46
	350	7.6	11.6	24.5	43.7	0.66	0.47

kilde). Afstanden mellem Roskilde og Kallerup er ca. 6.5 km, og Nymølle ligger omtrent midt mellem disse to punkter. *Fobian* bedømmer alene sit materiale på basis af lerindholdene. Disse viser da også en tilsyneladende ophobning i dybder omkring 80 cm til 110 cm (prøveudtagningsdybder). Han forudsætter herved en homogenitet i morænematerialet, som iøvrigt ikke påvises.

Forfatteren har foretaget aflæsninger på *Fobian's* tre figurer med kornstørrelsesfordelinger (standardafvigelse ved aflæsningen 0.4 %). Disse aflæsninger er benyttet til at danne de kvotienter, som er gengivet i tabel 2. Kolonnen Schluff/sand skulle kunne belyse profilernes ensartethed, som tilsyneladende ikke er helt god. Man hæfter sig navnlig ved, at profilerne 1 og 2 begge har højere kvotienter i 10 cm's dybde, end i de underliggende lag. Stigningen i de dybere lag hænger sammen med, at kalkgrænsen passerer.

Sammenfattende kan man sige om de citerede undersøgelser, at der vel er nogen indikation for, at lernedslemning har fundet sted på østdanske moræner. Der savnes dog en sikker påvisning af, at nedslemningen er generel for et areal med en naturlig inhomogenitet, og at indikationen ikke beror på tilfældige, gunstige lejningsforhold.

Det undersøgte areal.

I forbindelse med etableringen af et dræningsforsøg i ældre bøg på Vallø (*Holstener-Jørgensen*, 1968) var der lejlighed til en systematisk jordbundsbeskrivelse og prøveudtagning i drængrøfterne. Disse var i middel 150 cm dybe, og de havde en afstand på 10 m. Beskrivelser og prøveudtagninger foretoges på 9 profiler i hver af 2 parceller på nøjagtig 1.00 ha. Når der i det følgende gøres rede for teksturforholdene, er den ene parcel repræsenteret ved profil 1—profil 9, den anden ved profil 10—profil 18.

Teksturanalyserne er gennemført efter den af *Jensen og Kjær* (1948) beskrevne metode (dispergering med Natriumpyrofosfat, pipettering og sigtning) og under anvendelse af de samme definitioner. Organisk stof er bortbrændt med brintoverilte som beskrevet af *Aslyng* (1952).

pH-målinger er foretaget med glaselektrode. Der er målt i såvel vandig suspension (pH-H₂O) som efter suspension i 1 nKCl (pH-KCl).

ANALYSERESULTATERNE

Analyseresultaterne er samlet i tabel 3. Figurerne 1a og b viser lerindholdene i de enkelte profiler. Delfigurerne afslører en meget betydelig variation, som skyldes oprindelige teksturforskelle i morænenes sammensætning. Ganske enkelte profiler viser en systematisk variation, som kan tydes som tegn på en lernedslemning. Det gælder for eksempel profil 1. En sådan

Tabel 3. Oversigt over prøveudtagningsdybder og analyseresultater.
 Table 3. Sampling depths and results of analyses.

Profil	Dybde cm	pH		Kornstørrelsesfordeling			
		H ₂ O	KCl	0-2 μ %	2-20 μ %	20-200 μ %	> 200 μ %
Profile	Depth cm	pH		Grain size distribution			
		H ₂ O	KCl	0-2 μ %	2-20 μ %	20-200 μ %	> 200 μ %
1	10	5.2	3.7	15.4	14.4	48.2	22.0
	20	5.4	4.0	15.4	18.1	46.5	20.0
	40	6.2	4.4	20.2	15.6	47.2	17.0
	60	6.6	4.7	25.2	16.8	40.0	18.0
	80	6.7	5.0	22.9	15.6	44.5	17.0
	100	7.2	5.4	17.9	18.3	46.8	17.0
	120	7.0	5.5	13.8	14.1	51.1	21.0
2	10	4.5	3.3	12.5	16.3	49.2	22.0
	20	4.9	3.6	13.4	14.5	45.1	27.0
	30	5.9	3.8	17.9	10.2	38.9	33.0
	50	7.1	5.3	19.9	16.0	42.1	22.0
	70	8.3	6.9	17.3	12.8	43.9	26.0
	90	8.5	7.4	23.1	22.8	36.1	18.0
	110	8.5	7.1	7.7	19.2	39.1	34.0
	130	8.5	7.3	20.0	19.9	38.1	22.0
3	10	4.5	3.5	15.7	18.3	47.0	19.0
	30	6.1	4.4	21.8	16.7	42.5	19.0
	50	7.5	6.3	24.9	16.8	36.3	22.0
	70	8.3	6.8	19.9	23.1	38.0	19.0
	90	8.3	7.4	22.8	21.0	37.2	19.0
	110	8.4	7.5	19.0	18.5	42.5	20.0
	130	8.5	7.1	19.9	19.9	42.2	19.0
4	10	4.9	3.7	10.9	14.9	48.2	26.0
	30	5.8	3.9	19.7	14.3	43.0	23.0
	50	6.4	4.7	14.0	10.8	48.2	27.0
	70	6.3	4.6	23.5	14.2	41.3	21.0
	90	6.3	4.7	21.5	15.0	43.5	20.0
	110	7.8	6.6	20.9	21.2	38.9	19.0
	130	8.2	6.9	13.7	20.1	47.2	19.0
5	10	4.5	3.5	13.2	18.7	46.1	22.0
	30	4.7	3.4	16.8	15.3	45.9	22.0
	50	4.8	3.1	17.0	14.0	49.0	20.0
	70	5.9	4.0	9.8	11.8	56.4	22.0
	90	6.5	5.0	19.8	12.2	46.0	22.0
	140	8.4	6.8	21.8	22.7	36.5	19.0
6	10	5.2	4.0	10.2	11.0	57.8	21.0
	20	5.4	4.1	9.9	10.1	61.0	19.0
	50	6.9	5.9	2.5	3.1	79.4	15.0
	70	7.1	5.7	7.4	4.3	62.3	26.0
	110	8.3	6.7	34.0	30.0	26.0	10.0
	130	8.5	7.1	33.5	41.6	22.9	2.0
7	10	4.1	3.2	10.7	15.1	51.2	23.0
	20	4.7	3.9	9.3	14.6	53.1	23.0
	40	4.9	3.8	9.2	10.7	54.1	26.0
	80	7.8	6.8	17.0	21.0	42.0	20.0
	100	8.3	7.2	19.0	25.0	37.0	19.0
	140	8.2	7.2	20.8	21.0	37.2	21.0

Tabel 3 (fortsat).
Table 3 (continued).

Profil	Dybde cm	pH		Kornstørrelsesfordeling			
		H ₂ O	KCl	0-2 μ %	2-20 μ %	20-200 μ %	> 200 μ %
Profile	Depth cm	pH		Grain size distribution			
		H ₂ O	KCl	0-2 μ %	2-20 μ %	20-200 μ %	> 200 μ %
8	10	4.7	3.7	5.7	8.5	54.8	31.0
	20	5.2	3.8	5.5	5.7	50.8	38.0
	40	5.9	4.4	4.8	2.6	58.6	34.0
	80	8.1	7.0	8.8	6.4	46.8	38.0
	120	8.2	7.1	28.0	28.0	28.0	16.0
9	10	4.8	3.5	19.5	15.0	44.5	21.0
	30	7.2	6.0	20.6	15.4	43.0	21.0
	50	7.2	6.3	19.1	17.9	42.0	21.0
	70	7.2	5.5	19.0	18.8	39.2	23.0
	90	7.8	6.5	19.0	19.2	40.8	21.0
	110	8.0	6.7	19.2	18.8	41.0	21.0
10	10	4.9	3.8	14.8	15.7	45.5	24.0
	30	5.4	3.9	19.2	13.0	44.8	23.0
	50	7.1	5.3	18.3	13.9	44.8	23.0
	70	7.3	5.9	20.5	17.0	40.5	22.0
	90	8.2	6.8	17.2	28.8	35.0	19.0
	110	8.2	6.9	18.5	19.5	40.0	22.0
11	10	4.6	3.6	10.1	15.7	51.2	23.0
	40	5.1	3.8	16.3	10.7	53.0	20.0
	60	5.7	3.9	21.3	21.7	39.0	18.0
	80	6.1	4.3	23.0	17.0	40.0	20.0
	120	7.4	6.2	20.8	18.2	41.0	20.0
	140	7.9	6.8	19.7	18.1	42.2	20.0
12	10	4.7	3.6	11.8	15.2	51.0	22.0
	40	6.1	4.2	17.5	12.5	41.0	29.0
	60	6.9	5.3	13.0	12.5	43.5	31.0
	80	8.0	6.7	25.3	19.7	37.0	18.0
	120	8.5	7.2	19.9	20.3	38.8	21.0
	140	8.6	7.4	21.0	21.5	36.5	21.0
13	10	4.4	3.5	10.8	20.2	48.0	21.0
	20	4.4	3.7	14.8	17.7	46.5	21.0
	40	4.5	3.1	22.0	15.8	43.2	19.0
	80	5.9	3.9	25.5	14.5	40.0	20.0
	120	8.2	7.0	21.0	21.0	37.0	21.0
	160	8.3	7.2	22.9	23.1	33.0	21.0
14	10	6.9	6.1	19.9	16.1	43.0	21.0
	30	7.4	6.1	18.5	16.5	43.0	22.0
	70	7.8	6.4	18.5	18.7	40.8	22.0
	110	8.3	7.4	24.5	19.7	36.8	19.0
15	10	4.8	3.6	14.9	18.1	45.0	22.0
	20	5.4	3.9	22.0	18.0	40.0	20.0
	40	5.9	4.1	24.5	19.0	36.5	20.0
	60	6.7	4.8	20.2	15.6	42.2	22.0
	80	7.1	5.6	20.8	17.4	39.8	22.0
	100	7.3	6.2	19.8	17.2	41.0	22.0
	120	8.0	7.0	20.2	16.8	41.0	22.0

Tabel 3 (fortsat).
Table 3 (continued).

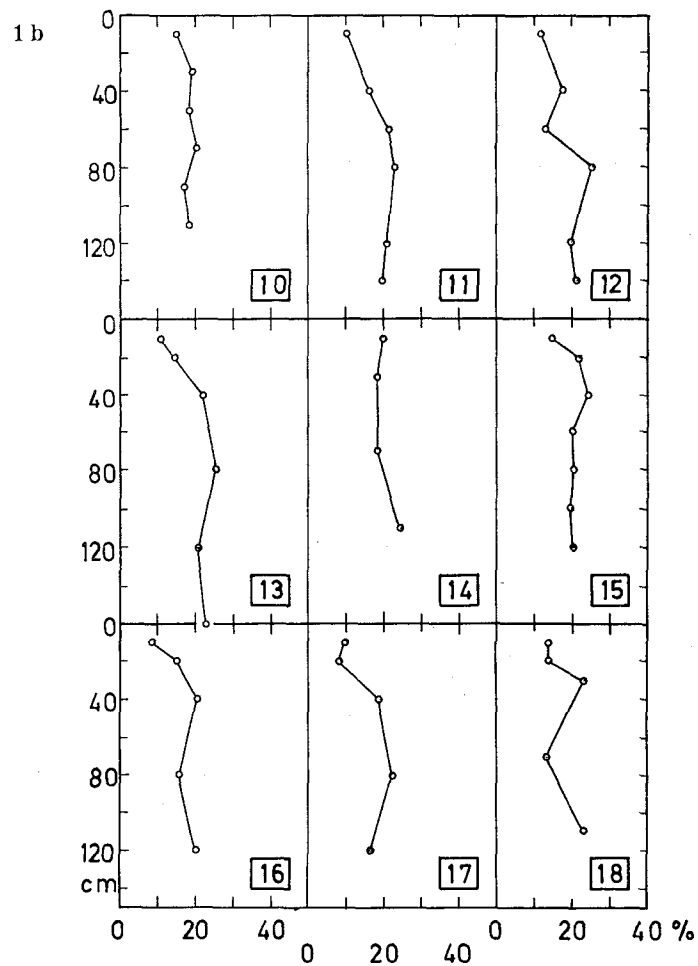
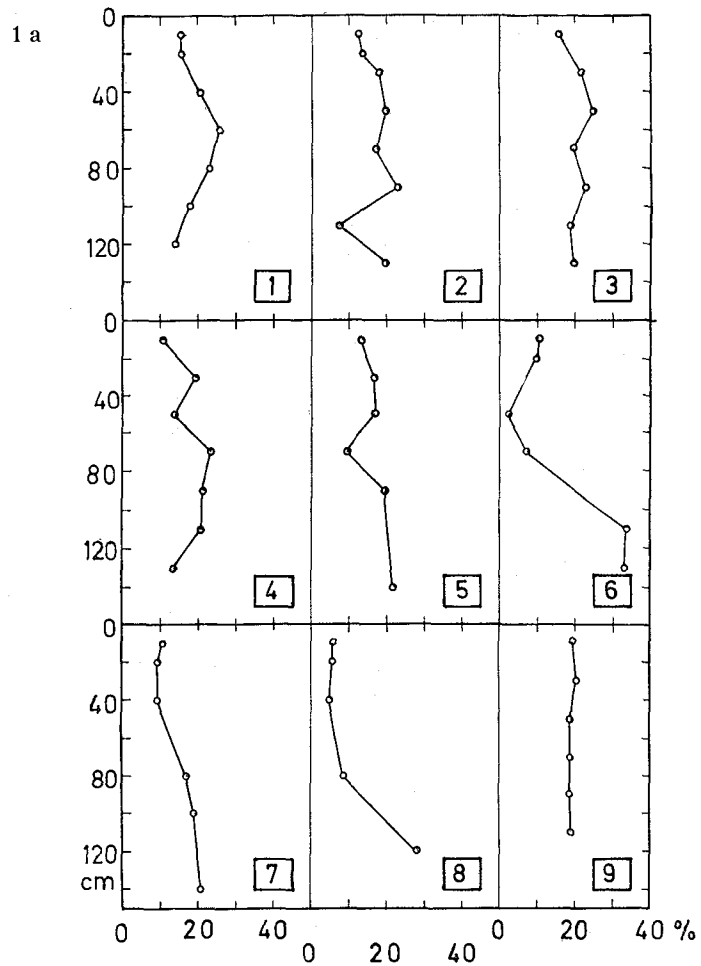
Profil	Dybde cm	pH		Kornstørrelsesfordeling			
		H ₂ O	KCl	0—2 μ %	2—20 μ %	20—200 μ %	> 200 μ %
Profile	Depth cm	pH		Grain size distribution			
		H ₂ O	KCl	0—2 μ %	2—20 μ %	20—200 μ %	> 200 μ %
16	10	4.2	3.4	8.4	30.6	44.0	17.0
	20	4.6	3.7	15.3	16.9	45.8	22.0
	40	6.2	4.4	20.6	13.4	44.0	22.0
	80	8.2	7.4	15.6	22.2	42.2	20.0
	120	8.6	7.4	20.0	22.0	38.0	20.0
17	10	3.7	3.0	9.8	20.0	48.2	22.0
	20	4.2	3.4	8.5	15.0	53.5	23.0
	40	4.9	3.4	18.8	10.2	58.0	13.0
	80	8.1	6.4	22.2	21.8	38.0	18.0
	120	8.3	6.9	16.3	19.7	42.0	22.0
18	10	4.4	3.5	13.8	21.2	43.0	22.0
	20	4.8	3.4	14.0	18.0	46.0	22.0
	30	5.5	3.6	23.3	16.7	39.0	21.0
	70	7.9	6.7	13.2	13.6	47.2	26.0
	110	8.2	6.8	23.0	19.0	39.0	19.0

tydning er imidlertid yderst problematisk, når man ved, hvor stor teksturvariationen iverdigt er (sammenlign med de nærmeste profiler 2, 4 og 5). Systematikken i profil 1 kan være forårsaget af rent tilfældige lejringsforhold af det generelt inhomogene materiale.

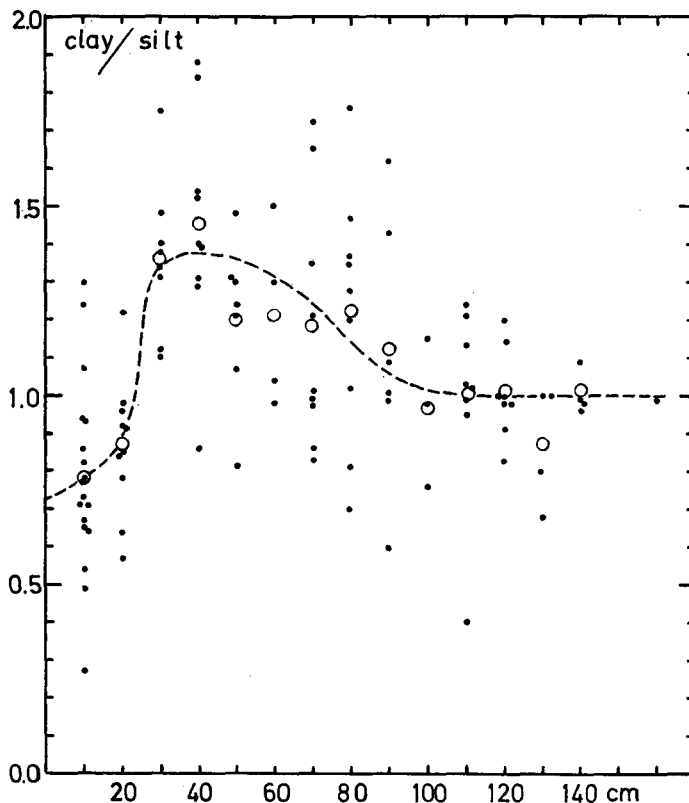
Figur 2 viser *ler/silt kvotienterne* i forskellige dybder. Ler er materialet, som er mindre end 2 μ , mens silt er materialet mellem 2 μ og 20 μ . Figuren viser, at forholdet er lavt i de øvre 20 cm. Derunder er der en stigning, og kvotienterne er gennemsnitlig høje i dybderne 30 cm til 80 cm (begge inklusive). Fra 90 cm og ned viser middelværdierne nærmest konstans omkring kvotienten 1.0. Det vil sige, at der er lige meget silt og ler, hvilket er normalt for danske moræner.

Der er en betydelig spredning i materialet. Bartlett-test (se Weber 1964) viser imidlertid, at varianserne for de enkelte dybder (10 cm, 20 cm,, 140 cm) kan antages at være lige store, og en variansanalyse viser, at der er signifikant forskel mellem dybderne (statistisk sikkerhed > 99.9 %).

Herefter må man konkludere, at såfremt der ikke kan påvises at være signifikant forskel i morænenes sammensætning i forskellige dybder, så viser figur 2, at der er sket en lernedslemning på arealet. Leret er vandret fra de øvre 30 cm og aflejret i dybden 30 til 80 cm. Derunder er morænen upåvirket af lervandringerne.



Figur 1 a og b. Lerindhold (%) i forskellige dybder (cm) i de 18 undersøgte profiler.
 Figs. 1 a and b. Clay content (%) at various depths (cm) in the 18 profiles investigated.



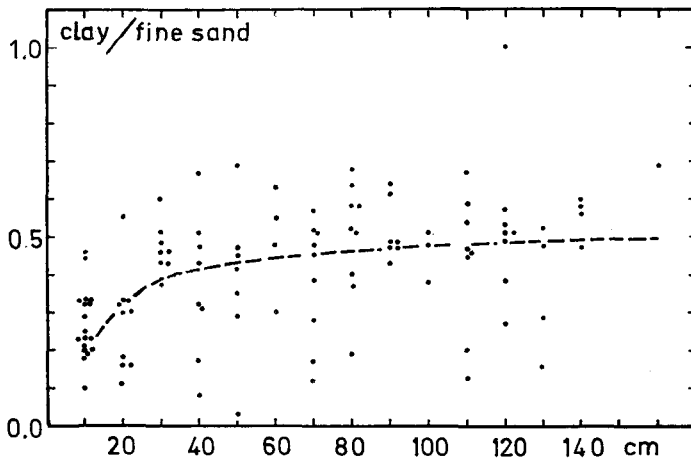
Figur 2. Ler/Silt (Clay/Silt) — kvotienter i de forskellige undersøgelsesdybder (cm) for samtlige 18 profiler. Cirklerne er middelværdierne for de enkelte 10 cm lag.

Fig. 2. Clay/silt quotients at each depth investigated (cm) for all 18 profiles. The circles are mean values for each layer of 10 cm.

ler/finsand-kvotienterne er afbildet i figur 3. Finsand er fraktionen mellem 0.02 mm og 0.2 mm. Figuren viser, at forholdet er lavt i de øverste 10—20 cm, og middelkurven, at der derefter sker en ret stærk stigning i de følgende 10—20 cm, som afløses af en svagere stigning, som fortsætter i resten af undersøgelsesdybden.

Spredningen er også betydelig i denne figur, og dybde-varianserne kan i henhold til et Bartlett-test ikke antages at være lige store (statistisk sikkerhed 95 % < s < 98 %). Imidlertid falder en enkelt kvotient helt udenfor det generelle spredningsbillede (kvotienten 1.0 i 120 cm's dybde i profil 8). Efter udskydning af denne værdi viser et Bartlett-test af dybdevarianserne ikke udslag (90 % < s < 95 %).

En variansanalyse efter udskydning af den nævnte værdi viser, at der er signifikant forskel mellem dybderne (statistisk sikkerhed $s > 99.9$ %).



Figur 3. Ler/Finsand (Clay/fine sand) — kvotienter i de forskellige undersøgelsesdybder (cm) for samtlige 18 profiler.

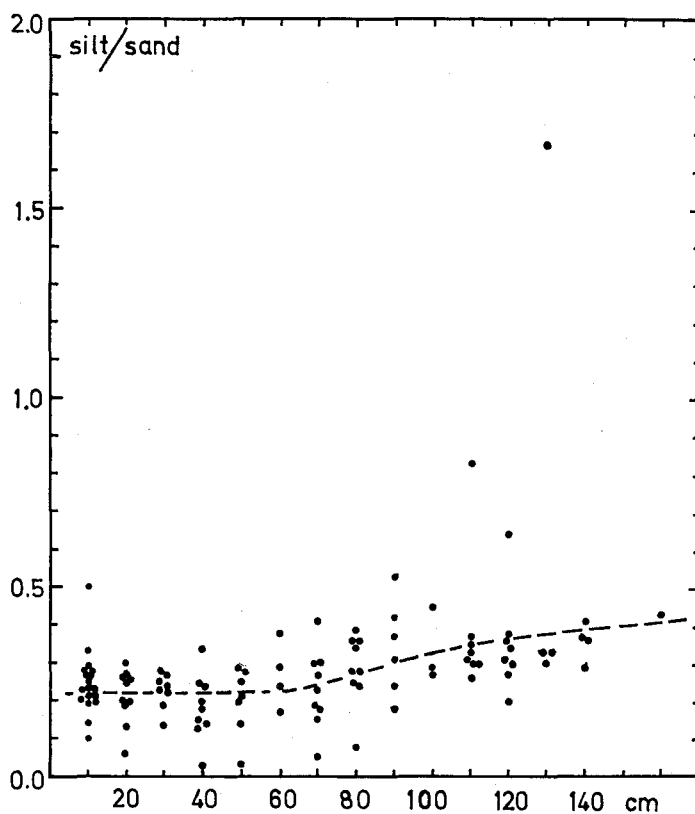
Fig. 3. Clay/fine sand quotients at each depth investigated (cm) for all 18 profiles.

Figur 3 er klart forskellig fra figur 2 og tyder ikke på, at der er sket en lernedslemning, som kan eftervises ved, at kvotienterne viser maksimum i 30—80 cm's dybde. Figur 3 skal imidlertid nok betragtes fra en lidt anden synsvinkel. Når kalkgrænsen i jorden passerer, stiger indholdet af ler (og silt), fordi CaCO_3 fortrinsvis forefindes i disse kornstørrelser.

Talværdierne i tabel 3 viser, at kalkgrænsen i nogle profiler passerer allerede i 70 cm's dybde ($\text{pH.H}_2\text{O} \geq 8.2$). Det betyder, at man får et jævnt stigende lerindhold i forhold til et konstant finsandindhold. Kvotientmaksimaet „bortfalder“. Denne udlægning af talmaterialet støttes af den følgende figur.

silt/sand-kvotienterne er vist i figur 4. Sand er i dette tilfælde alt materialet, som er større end 0.02 mm, men mindre end 2.0 mm. Figuren viser, at middelværdierne ligger nogenlunde konstant i de øverste 70 cm, derunder ser der ud til at være en jævn stigning.

Den betydelige spredning i denne figur skyldes først og fremmest kvotienterne fra en enkelt profil, nr. 6. I denne profil er kvotienterne i de enkelte prøveudtagningsdybder som følger: 10 cm = 0.14; 20 cm = 0.13; 50 cm = 0.03; 70 cm = 0.05; 110 cm = 0.83; 130 cm = 1.67. Sammenholdes disse værdier med figuren fremgår det, at en udskydning af profil 6 medfører en betydelig indsnævring af spredningsbæltet. Bartlett-test på hele materialet viser, at man ikke kan antage, at dybde-varianserne er lige store (statistisk sikkerhed $s > 99.9\%$). Udskydes profil 6 viser et Bartlett-test kun en statistisk sikkerhed på: $90\% < s < 95\%$. En variansanalyse efter



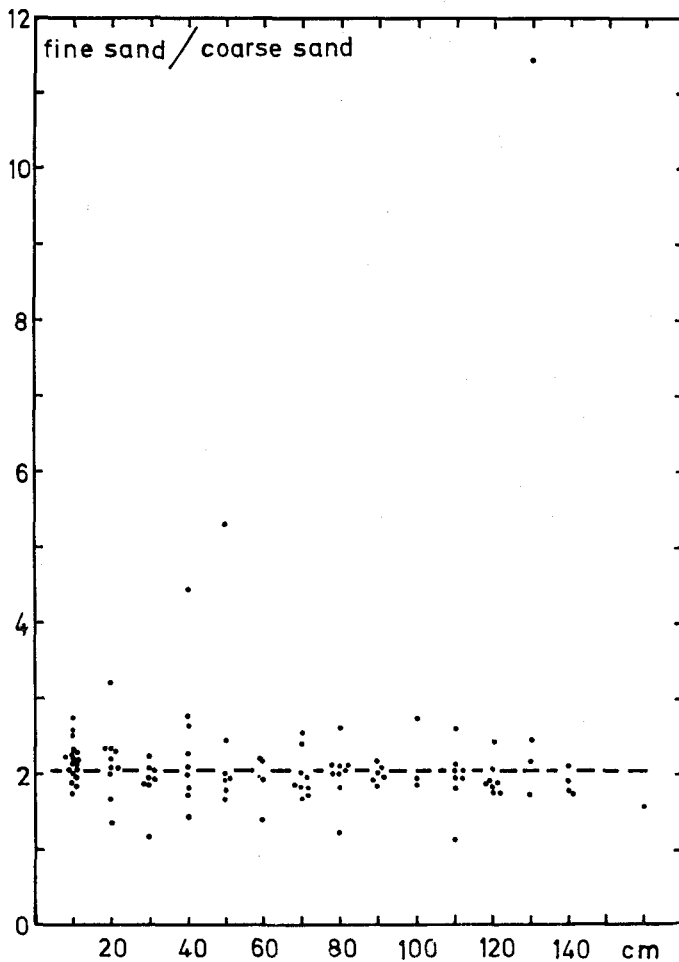
Figur 4. Silt/sand — kvotienter i de forskellige undersøgelsesdybder (cm) for samtlige 18 profiler.

Fig. 4. Silt/sand quotients at each depth investigated (cm) for all 18 profiles.

udskydning af profil 6 viser et signifikant udslag for dybder (statistisk sikkerhed $99\% < s < 99.9\%$).

Lernedslemningen vedrører partikler, som er væsentlig mindre end siltstørrelsen. Silt/sand-kvotienten må da i et homogent materiale forventes at være konstant ned gennem profilen. Gennemsnitsværdierne i figur 4 viser en sådan konstans i de øverste 70 cm. Stigningen i de dybere lag hænger sammen med CaCO_3 -indholdet i de dybere lag, som medfører et stigende siltindhold. Da lerindholdet samtidig stiger, kan man ved at sammenholde figur 2 (ler/silt) med figur 4 (silt/sand) se, at en resulterende figur må blive nogenlunde som figur 3 (ler/sand).

Finsand/grovsand-kvotienterne er afbildet i figur 5. I gennemsnit ser denne kvotient ud til at være konstant ned gennem profilerne. Der er imidlertid også i denne figur nogle værdier, som falder langt udenfor det gene-



Figur 5. Finsand/Grovsand (fine sand/coarse sand) — kvotienter i de forskellige undersøgelsesdybder for samtlige 18 profiler.

Fig. 5. Fine sand/coarse sand quotients at each depth investigated (cm) for all 18 profiles.

relle spredningsbillede. Det drejer sig om profil 6, 50 cm's dybde (kvotienten 5.3) og 130 cm's dybde (kvotienten 11.5), samt profil 17, 40 cm's dybde (kvotienten 4.5). Et Bartlett-test på det samlede materiale viser da også klart, at dybdevariationerne ikke kan antages at være ens (statistisk sikkerhed $s > 99.9\%$). Hvis de tre nævnte værdier udskydes, viser et Bartlett-test kun en statistisk sikkerhed på $80\% < s < 90\%$. En variansanalyse efter udskydning af de tre værdier viser, at der ikke er signifikant forskel mellem dybderne (statistisk sikkerhed $s < 80\%$).

DISKUSSION

De fremlagte resultater fra teksturundersøgelsen på Vallø sandsynliggør, at der er sket en lernedslemning i området. Morænenes inhomogene karakter har gjort det nødvendigt at arbejde med et stort antal prøver, for at demonstrere forholdet ved gennemsnitsdannelser for det undersøgte areal på 2 ha og for at sikre, at der er tale om statistisk sikre forskelle.

Lernedslemningen må have en indflydelse, såvel på jordens fysik som på dens kemiske egenskaber. Overjorden, hvorfra leret er forsvundet, bliver „lettere“. Dyrkningsteknisk er det vel nærmest en fordel på lermorænerne. Jordens porevolumen øges og afdræningsbetingelserne for overskudsvand bliver bedre.

På den anden side kan lerophobningen i den teksturelle B-horisont (B_t) medføre, at denne bliver mere eller mindre vandstandsende, fordi dens porevolumen formindskes, og dette har indflydelse på den vertikale afdræning fra overjorden. Under sådanne betingelser er den mest effektive, kunstige afvanding, som kan foretages, et tæt netværk af grunde grøfter, som alene sigter på hurtigst muligt at fjerne overskudsvand fra jorden over B_t -horisonten.

Lerophobningen i B_t -horisonten har muligvis vist sig ved en helt anden undersøgelse på et naboareal (200 m's afstand), hvor jorden består af samme moræneaflejringer. Ved nogle undersøgelser vedrørende årstidsvariationen i jordens vandindhold, forekom der fænomener, som kun kunne tydes som hysteresisfænomener (se figur 4, s. 62 hos *Holstener-Jørgensen, Eiselstein og Johansen, 1968*). Efter udtørring i vækstperioden 1966 viste det sig, at jorden i dybden 45 cm—125 cm ikke nåede op på det samme vandindhold som i foråret, før den havde været vandmættet i adskillige måneder. Lermaterialerne udviser sådanne hysteresisfænomener, og det er klart, at de nedslemmede partikler ($< 0.15 \mu$) i højere grad viser hysteresisfænomener end den oprindelige lerfraktion ($< 2 \mu$). B_t -horisonten indeholder forholds-mæssigt flere partikler $< 0.15 \mu$ end kurven i figur 2 antyder, fordi denne er baseret på vurderinger af materialet $< 2 \mu$ (jævnfør betragtninger vedrørende kvotienttælleren side 331).

I den nævnte beretning (*Holstener-Jørgensen og medarb. 1968*) skrives der (s. 69): „Der er grundlag for at opstille en nogenlunde velfunderet hypotese om, at der virkelig er tale om hysteresisfænomener, og at de på langt sigt påvirker jord-vandsystemet, specielt nær træerne, så man får strukturændringer, som måske alene kan forklare de velkendte leralforekomster i danske skove“.

Til denne hypotese må nu føjes lernedslemningens betydning. *Lerophobningen og hysteresisfænomenerne kan tilsammen forklare leralforekomsterne.*

Afsluttende bemærkninger:

Forud for bearbejdningen af materialer som det fremlagte går der altid en række diskussioner med mange forskellige mennesker, som bidrager til at arbejdet kommer igang. Særlig værdifulde og samtidig igangsættende har nogle diskussioner med professor, dr. agro. *Kj. Rasmussen* været. Tak.

SUMMARY

In two plots, each of 1 hectare, in a pipe drainage experiment on east-Danish moraine, the soil was investigated systematically until the depth of 150 cm. The investigation comprised 9 profiles in each plot, that is, a total of 18 profiles.

Table 3 brings together pH values and grain sizes, and Figs. 1 a and 1 b show the clay content at the investigated depths in each profile.

In a few profiles the clay content reaches a clear maximum at the depth of 50—100 cm (see, e.g., Profile 1). This may induce one to believe that there has been a vertical clay eluviation. As a matter of fact, the typical east-Danish moraine is texturally so little homogeneous as to make it reasonable to expect that from purely accidental causes there will be a number of instances of profiles with a clay-content distribution like the one mentioned above and that this due alone to original differences in texture.

Further, if in an area clay eluviation has taken place or is in progress, one should expect it to be found all over the area and not in a few profiles only. Any given area must have been exposed to approximately the same biological (plants, animals) and physical (climate) influences since the Glacial Epoch. So, if there has been or is in progress a vertical clay eluviation, this must be demonstrable by arithmetical means computed for a representative number of profiles in an area.

Fig. 2 shows the clay/silt quotients for each soil sample. There is a significant difference between the quotients at the various depths. There is a maximum at the depths between abt. 30 cm and abt. 80 cm, compare the inserted mean values and the adjusted curve.

Fig. 3 shows the clay/fine sand quotients. They show no maximum; nevertheless, the quotients are significantly lower in the upper layers and increase with the depth.

The silt/sand quotients in Fig. 4 are lower in the topmost 60 cm, where their average is the same, than in the layers deeper than 60 cm, where their average increases with the depth.

Finally, Fig. 5 shows that, at all the depths comprised by the investigation, the average of the fine sand/coarse sand quotients is the same (no significant differences).

Table 3 shows that in some profiles the CaCO_3 -limit is reached already at the depth of 70 cm ($\text{pH.H}_2\text{O} = 8.2$). In east-Danish moraines the CaCO_3 content is most often of the clay-silt order, and the clay/silt quotient is normally about 1.0. The average quotient changes found in Fig. 3 (clay/fine sand) and Fig. 4 (silt/sand) are therefore to be expected.

The author concludes that the fine sand/coarse sand quotients in Fig. 5 show the average textural composition of the material to be the same within each of the depths investigated.

Fig. 2 (the clay/silt quotients) shows that there has been and possibly still is in progress a vertical clay eluviation, which has resulted in a relatively low

clay content in the topmost 20—30 cm of the soil. The eluviated clay is found again at the depth of 30—80 cm.

An earlier investigation in an adjoining area proved that hysteresis phenomena occurred as a result of re-moistening of the soil at the depth of 45—125 cm (*Holstener-Jørgensen, Eiselstein and Johansen, 1968*).

These observations are supported by the fact that clay eluviation has been ascertained, and the two circumstances taken together may explain the frequent occurrence of clay-pan in soils like those investigated.

LITTERATUR

- Aslyng, H. C.*, 1958: Characterization of soils. Årsskr. Vet.-Landbohøjsk.: 20—56.
- Blume, H. P.*, 1964: Zum Mechanismus der Tonverlagerung — Transact. 8th Int. Congr. Soil Sci., Bucharest, V: 715—722.
- Fobian, A.*, 1966: Studie über Parabraunerden in Dänemark. — *Pedologie*, 16: 183—198.
- Holstener-Jørgensen, H.*, 1965: Tekstur og pH i fedt moræneler på Bregentved. (Texture and pH of fine-textured moraine clay at Bregentved). — *Forstl. Forsøgsv. Danm.*, 29: 299—308.
- Holstener-Jørgensen, H.*, 1967: Texture as a site factor on Danish moraine clay. 14. IUFRO-Kongress, Referate, II: 219—229.
- Holstener-Jørgensen, H.*, 1968: Foreløbige resultater af et dræningsforsøg i 90-årig bøg på moræneler med højtstående grundvand. (Preliminary results of a drainage experiment in 90-year-old beech on moraine clay with a high water-table). *Forstl. Forsøgsv. Danm.* 31: 1—11.
- Holstener-Jørgensen, H., Eiselstein, L. M., Johansen, M. B.*, 1968: A comparison of recordings of ground-water tables and soil-moisture measurements by neutron-scattering device on a clayey moraine with a high water table. (Sammenligning af grundvandspejlregistreringer og jordfugtighedsmålinger med neutron-scattering device på lermoræne med højtstående grundvand). *Forstl. Forsøgsv. Danm.* 31: 49—70.
- Jensen, S. Tovborg, Kjær, B.*, 1948: Undersøgelser over kornstørrelsesfordelingen i en række danske kalk- og mergelforekomster. (Particle-size distribution in ground limestone and marl from different parts of Denmark). Årsskr. Vet.-Landbohøjsk.: 148—165.
- Schlichting, E., Blume, H. P.*, 1961: Das typische Bodenprofil auf jungpleistozänem Geschiebemergel in der westbaltischen Klimaprovinz und seine grundsätzliche Deutung. — *Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenk.*, 95: 193—209.
- Weber, Erna*, 1964: Grundriss der biologischen Statistik. Jena. s. 1—582.