



Statens  
Planteavlfsforsøg

---

Beretning nr. S 1870

Statens  
Planteværnscenter  
Lottenborrevej 2  
2800 Lyngby, 02-872510

## Den mineralske sammensætning af jorde fra danske forsøgsstationer

The constituent composition of soils from  
Danish State Agricultural Research Stations

Jens Peter Møberg  
Kemisk Institut  
Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole  
og  
Jørgen Dissing Nielsen  
Statens Planteavlfs-Laboratorium

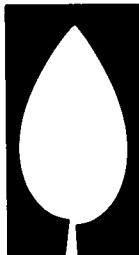
---

Tidsskrift for Planteavl Specialserie

---

København 1986





Statens  
Planteavlfsforsøg

---

Beretning nr. S 1870

# Den mineralske sammensætning af jorde fra danske forsøgsstationer

The constituent composition of soils from  
Danish State Agricultural Research Stations

Jens Peter Møberg  
Kemisk Institut  
Den kgl. Veterinær- og Landbohøjskole  
og  
Jørgen Dissing Nielsen  
Statens Planteavlfs-Laboratorium

Tidsskrift for Planteavlfs Specialserie

---

København 1986



<u>Indholdsfortegnelse</u>	side
1. Resumé.....	4
2. Summary.....	4
3. Indledning.....	5
4. Materiale og Metoder.....	6
5. Resultater og Diskussion.....	6
6. Erkendtlighed.....	10
7. Litteratur.....	11
8. Figurer 1-12: Generel information vedrørende de undersøgte jorde, samt deres gennemsnitlige mineralogiske sammensætning.	13
9. Tillæg.....	29
a. Oversigt over analysemetoder brugt. Beskrivelse af og kommentarer til analysemetoderne brugt.	
b. Beregningseksempel.	
c. Tabeller.	

Tabel 1: Totalkemisk sammensætning af mineraler - i typeform -, der er mere eller almindelige udbredte i jordes ler- og siltfraktioner.

Tabel 2: Forskellige typemineralers procentiske vægttab ved opdeling i forskellige temperaturintervaller.

Tabel 3: Forskellige typemineralers kation-adsorptionskapacitet.

## 1. Resumé

Den normative mineralogiske sammensætning af sand-, silt- og lerfraktionerne i jordprofiler fra de danske forsøgsstationer er bestemt og resultaterne angivet i form af diagrammer (fig. 1-12).

Resultaterne af undersøgelsen viser, at nedbrydningen af de mindre stabile primær- og sekundärmineraler er mest fremskreden i de mere sandede jorde, hvor nedbøren er højest. Undersøgelsen viser også, at der er forskel på den lermineralogiske sammensætning i de mere lerrige jorde dannet på moræne fra de senere stadier af Weichselistiden. Resultaternes edafologiske og pedologiske betydning er kort belyst ved hjælp af et par eksempler.

De benyttede analysemetoder er skitseret og beregningen af den normative mineralogiske sammensætning af en af jordprøvernes lerfraktioner er gennemgået mere detaljeret i tillægget.

Nøgleord: Jordbundsmineraler, forsøgsstationer, jordbundsklassificering, leranalyse.

## 2. Summary

An investigation has been carried out in order to determine the normative constituent composition of the sand, silt, and clay fractions in representative soils from the Danish State Agricultural Research Stations.

The results show, that there is a substantial difference in constituent composition between the sandy soils in areas having a high amount of precipitation compared to the more loamy soils in areas with a lower precipitation. The first ones have a higher content of variable charge constituents and layer silicate clay minerals deficient in Mg, Fe, and Al when compared to the latter soils. Even among the more loamy soils developed on morainic material from the later stages of the Weichselian Glacial age the difference in constituent composition is so substantial, that differences in these soils edaphological and ecological properties may be expected.

Finally, a classification of one of the soils on the serie niveau according to the Soil Taxonomy System has been suggested.

The appendix include an example of how to determine the norma-

tive mineralogical composition of one of the soils included in the study..

Key words: Soil minerals; clay analysis; soil classification;  
Danish Agricultural Research Stations.

### 3. Indledning

I forbindelse med de undersøgelser, denne artikels forfattere for tiden foretager for edafologisk og pedologisk at karakterisere jordene fra en række danske forsøgsstationer, er der udført analyser for at vurdere disse jordes mineralogiske sammensætning. - I denne artikel indebærer begrebet mineraler også de mere dårligt kystallinske til amorfne uorganiske bestanddele i jorden -. En sådan bestemmelse skulle gøre det muligt, at basere de resultater, der opnås ved mark- og karforsøgene på de forskellige stationer, på et bedre grundlag.

Ved hjælp af et grundigere kendskab til jordenes mineralogiske sammensætning er det f.eks. muligt at vurdere visse af disse jordes indbyrdes ligheder og forskelle, især når det drejer sig om karaktertræk som K-fastlæggelse og -frigørelse, P-sorption og -fastlæggelse, fastlæggelse og mere eller mindre inaktivering af forskellige sprøjtemidler, tungmetaller, osv.

Undersøgelsen gør det desuden muligt at afslutte - og i et par tilfælde at revidere - den klassificering af disse stationers jorde, der tidligere er beskrevet (8, 9).

Det skal understreges, at undersøgelsen må betragtes som "normativ", dvs. de mineraler, der er brugt som måleprøver (normer) ved analyserne, er veldefinerede typemineraler. I nogle tilfælde svarer disse typemineraler ikke særligt vel til de mineraler i jorden, de bliver brugt som "normer" for. Som det fremgår af det følgende, gælder dette ikke mindst for lermineralerne i de forholdsvis stærkt forvitrede jorde.

Af hensyn til ikke-specialister indeholder denne artikel et tilleg, hvori der er gjort nærmere rede for de analyse- og beregningsmetoder, der er blevet benyttet. Detaljer er dog ikke medtaget, når det gælder de enkelte analyser.

#### 4. Materiale og metoder

De jorde, der er inddraget i undersøgelsen, er fra følgende 11 danske forsøgsstationer: Roskilde, Flakkebjerg, Årslev, Rønhave, Askov, Foulum, Hornum, Tylstrup, Borris, St. Jyndevad og Højer. De er, så vidt forholdene tillod det, valgt, så de, så godt som det er muligt, repræsenterede disse stationers jorde.

Resultaterne af jordprofilbeskrivelsen i felten og af de almindelige kemiske og fysiske undersøgelser i laboratoriet, samt af klassificeringen er tidligere publiceret (8, 9).

Mineralogiske analyser af danske jordes sand- og lerfraktioner er tidligere udført ved Laboratoriet for Uorganisk Kemi og Agrikulturturkemisk Laboratorium ved KVL. De to afdelinger indgår nu i Kemisk Institut, KVL. Blandt disse undersøgelser skal der her henvises til (1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13). De metoder, der er blevet benyttet ved henværende undersøgelse er beskrevet i nærmere detaljer i Møberg's og Petersen's publication (7), her er kun medtaget et kort sammendrag.

Sandets normative mineralogiske sammensætning blev bestemt ved hjælp af mikroskop og røntgendiffraktometriske analyser (RDA) efter magnetisk separation af 50-125  $\mu\text{m}$  sigteprøven. Siltens normative mineralogiske sammensætning blev bedømt semikvantitativt ved hjælp af RDA; mens lerets normative mineralogiske sammensætning blev beregnet udfra resultaterne af den totalkemiske analyse (TKA), den termogravimetriske analyse (TGA), kationadsorptionskapacitetsbestemmelse (CEC) og RDA på uorienterede og orienterede pulveranalyser. For detaljer se Møberg og Petersen (7).

En grundigere beskrivelse af analyse- og specielt beregningsmetoderne benyttet ved undersøgelsen er givet i tillægget (se side 27).

#### 5. Resultater og diskussion

Resultaterne af de normative mineralogiske undersøgelser er samlet i fig. 1-12 (se side 15-26). For oversigtens skyld er der for hver jord medtaget nogle generelle oplysninger, herunder bl.a. klassificering ifølge Soil Taxonomy Systemet.

Visse generelle træk går igen i de jorde, hvor der er sket en vis pedologisk udvikling - dvs. i alle jordene undtagen i de fra Højer Forsøgsstation -. I disse jordes sand- og lerfraktioner falder kvartsindholdet med jorddybden, mens glimmer- og chlorit/kaolinitindholdet i siltfraktionen stiger med jorddybden. I lerfraktionen falder både kvarts- og vermiculitindholdet, mens illitindholdet stiger med jorddybden. Som det bl.a. kan ses i Borrisjorden, er der enkelte undtagelser til disse generelle træk.

Her kun nogle enkelte kommentarer til disse træk, da en dybere-gående diskussion af årsagerne til denne udvikling falder udenfor rammerne af denne artikel.. Det højere kvartsindhold i overjordens sandfraktion end i underjordens skyldes, at kvartsen er mere vejr-bestandig end de fleste andre mineraler i jorden. Det skal her bemærkes, at gennemgående viste resultaterne af denne undersøgelse et lavere indhold af kvarts og et højere indhold af feldspat i danske jorde, end de bl.a. Tovborg Jensen og Krogh Andersen (10) fandt. En af årsagerne til uoverensstemmelsen kunne være forskel i analysemetode benyttet i de to tilfælde. En grundigere undersøgelse af disse forskelle er planlagt.

Det stigende indhold af glimmer og illit i silt- og lerfraktionerne med jorddybden skyldes nok disse mineralers mindre forvitningsbestandighed i forhold til f.eks. de andre lagdelte silikatmineraler. Ved forvitring af disse mineraler dannes der ofte i første omgang vermiculit. Det, plus en vis nedslemning af smectit i en hel del af de undersøgte jorde, kan være årsag til det højere vermiculitindhold i overjorden end i underjorden. Dvs. der kan både være tale om en relativ og en absolut forøgelse af vermiculit i de øverste horisonter af sådanne jorde.

Visse generelle træk kan også observeres, når de forskellige jordes mineralsammensætning sammenlignes.

I lerfraktionen for eksempel viser det sig, at de mere sandede jorde i de mere nedbørsrige dele af Danmark - St. Jyndevad, Tylstrup, Borris og Hornum - har det højeste indhold af Al-holdige Fe-oxidhydroxider. Både den mere sandede tekstur og den højere nedbør gør, at mineralforvitningshastigheden og dermed frigørelsen af Al, Fe og baser er ganske høj i disse jorde. Mens baserne udvaskes ret

hurtigt, forbliver det meste af det frigjorte Al og Fe som oxidhydroxider og metal-organokomplekser i jordprofilen. Det relativt høje indhold af vermiculit og i visse tilfælde også smectit i de øvre horisonter i ovennævnte jorde, tyder også på en kraftig forvitring, da disse mineraler må betragtes som en slags "slutprodukt", når det drejer sig om de lagdelte silikatlermineraler i disse jorde. På grund af dannelse af organiske komplekser og nedvaskning er Al-aktiviteten så lav i disse jordes øvre horisonter, at der ikke synes at finde en nydannelse af kaolinit sted ved forvitringen af 2:l lags mineralerne.

At forvitringen er kraftig fremgår ved, - omend ikke direkte af figurerne, så dog af resultaterne af de analyser, der ligger til grund for disse -, at de øverste horisonter i de ovennævnte jorde har et lavt indhold af K, Mg, Fe og Al i forhold til de mineraler, RDA og CEC bestemmelserne indikerer er tilstede i lerfraktionen. Herved kan også det høje vægtab i intervallet 110-350°C, der blev målt i prøverne fra disse jordes øvre horisonter, måske forklares. Mineraler, der ved RDA viser sig at være 2:l lags silikatlermineraler, men som ved TKA viser sig at have et noget lavere indhold af Mg, Fe og Al end svarende til typemineralerne, må forventes at være meget finkrystallinske med stor overflade. Sådanne mikrokrystallinske mineraler må forventes at være langt mere hydratiserede end de typemineraler, de normalt sammenlignes med. Den normalt benyttede forbehandling af lerfraktionen før RDA på orienterende prøver kan også forårsage, at de mikrokrystallinske mere specifikke lagdelte silikatlermineraler giver reflektioner, der svarer til smectit og vermiculit.

I morænejordene fra Weichselistiden viser figurerne, at smectitindholdet er noget højere og illitindholdet noget lavere i Rønhave, Askov og Årslevjordene end i Roskilde, Flakkebjerg og Foullumjordene. (I denne forbindelse er det værd at lægge mærke til, at den mineralogiske analyse støtter teorien om, at Askovjorden er dannet på moræne fra Weichselistiden fremfor på moræne fra Saaleistiden). Årsagerne til forskellen er ikke klare; men måske skyldes det en vis forskel i udgangsmaterialets sammensætning.

Alle de undersøgte jorde indeholder en del kaolinit. I Borris,

Hornum og St. Jyndevadjordene stiger innehoidet med dybden. Selvom en sådan nydannelse af kaolinit ikke er påvist, så er en forøgelse af kaolinit med dybden i disse jorde ikke helt usandsynlig.

Selvom aflejringsbetingelserne nok har været forskellige for jorden i Margrethe-Kog i fohold til jorden i Ny Frederikskog er det tankevækkende at sammenligne den mineralogiske sammensætning i de to jorde. Generelt er billedet som følger. Jorden i Ny Frederikskog har et lavere illit- og kvartsindhold og et højere vermiculit-, smectit- og kaolinitindhold i lerfraktionen end jorden i Margrethe-Kog. På den anden side, indeholder Ny Frederikskogjordens siltfraktion en del mere glimmer og chlorit/kaolinit end den samme størrelsesfraktion i Margrethe-Kogjorden.

I de svagest forvitrede jorde, dvs. Roskilde, Flakkebjerg og jordene fra de to kog ved Højer, indeholder siltfraktionen en hel del glimmer, chlorit/kaolinit og amphiboler/pyroxener (nok mest hornblende). I de mere stærkt forvitrede jorde, såsom Borris, St. Jyndevad og Hornum, er de samme mineraler næsten helt forsvundet i den samme fraktion, i de øvre horisonter ialtfald.

I sandet udgør kvartsen generelt halvdelen til over 80 % af fraktionen, mens feldspaterne udgør det meste af resten. De mere eller mindre magnetiske fraktioner udgør kun 1-3 %. I alle jordene er de dominerende magnetiske fraktioner amphiboler/pyroxener (mest hornblende og augit), magnetit/ilmenit, glauconit og glimmer. Det mest bemærkelsesværdige her er nok det relative høje innehold af disse magnetiske mineraler i St. Jyndevadjorden. Lettere forståeligt er det relativ høje innehold af disse mineraler i Margrethe-Kogjorden.

På grund af forskel i tekstur og af- og pålejringsforhold kan Tylstrupjorden ikke direkte sammenlignes med kogjordene ved Højer. Men det er dog værd at lægge mærke til det lavere illit-, glimmer og chlorit/kaolinitindhold i henholdsvis ler- og siltfraktionen i denne jord. Til gengæld har den et højere vermiculit og oxidhydroxidindhold i lerfraktionen end kogjordene. En del, omend ikke hele forskellen i mineralogisk sammensætning mellem disse jorde kan forklares ved, at de jordbundsudviklende processer har præget Tylstrupjorden langt mere end de to jorde fra Højer.

Rent edafologisk kan der drages adskillige slutsninger fra undersøgelsen. Her skal kun fremdrages et par af de mere vigtige.

Den organiske fraktions størrelse i forhold til lerfraktionen samt det ret høje indhold af oxidhydroxider og af meget findelte, lagdelte silikatlermineraler med stor overflade i de øvre horisonter af de mere sandede jorde gør, at en betydelig del af disse jordes ladninger er variable. Derved kommer reaktionstallets høje til at spille en rolle for disse jordes sorption af plantenæringsstoffer, sprøjtemidler, tunge metaller, m.v. De meget findelte 2:1 lags silikatlermineraler har nok også en større evne til at binde f.eks. K og Mg i mere tungt tilgængeligt form end de mindre stærkt forvitrede mineraler af samme type.

I de mere lerrige morænejorde fra Roskilde, Flakkebjerg, Årslev og Rønhave spiller forskellene i lerfraktionens sammensætning en vis rolle. Blandt andet, vil det højere illitindhold og lavere vermiculit- og/eller smectitindhold i Roskilde og Flakkebjergjordene i forhold til jordene fra Årslev og Rønhave kunne forårsage en forskel i frigørelse og binding af K og frigørelse af visse mikronæringsstoffer. Frigørelsen af K må forventes at være størst i de to førstnævnte jorde, mens en vis K-binding måske endda kan forventes i Årslevjorden ved kraftig K-gødskning. Årslev og Rønhavejordene har på den anden side en højere kationadsorptionskapacitet.

Jordbundsklassifikationsmæssigt egner det her samlede materiale sig til at påbegynde klassificeringen af danske jorde på serieniveau ifølge Soil Taxonomy Systemet. Noget, der ikke endnu er påbegyndt her i landet. F.eks. kunne Roskilde og Flakkebjergjordene danne grundlag for en serie, der kunne omfatte en ret stor del af de mere veldrænede sjællandske bundmorænejorde. En definition af denne serie, der f.eks. kunne benævnes Roskildeserien, kunne lyde som følger: Roskildeserien omfatter alle moderat veldrænede og veldrænede, fine loamy, mixed, mesic Agrudalfs med en kalkholdig C horisont og med betydelig regnormeaktivitet i den øverste meter eller mere i jordprofilen.

## 6. Erkendtlighed

Forfatterne takker hørmed Superfos for økonomisk støtte til gen-

nemførelse af ovennævnte projekt.

#### 7. Litteratur

1. Jensen, E. 1955. The mineralogical composition of the finegrained fractions of some typical Danish agricultural soils. Royal Vet. - and Agric. College Yearbook 1955, 13-32.
2. Krogh Andersen, E. & Tovborg Jensen, A. 1961. The minerals present in sands from Danish soils and subsoils III. Royal Vet. - and Agric. College Yearbook 1961, 1-30.
3. Lindgreen, H. & Rasmussen, K. 1978. A microcrystalline Danish soil clay investigated by diffraction, spectroscopic, thermal, chemical dissolution and adsorption methods, Royal Vet. - and Agric. College Yearbook 1978, 103-137.
4. Møberg, J.P. 1975. Mineralogical composition of a Danish soil developed on young morainic material. Royal Vet. - and Agric. College Yearbook 1975, 91-111.
5. Møberg, J.P. 1976. A chemical and physicochemical investigation of two Danish podzol profiles. Royal Vet. - and Agric. College Yearbook 1976, 112-132.
6. Møberg, J.P. 1982. Mineralogical composition and some physicochemical properties of two clay soils developed in material deposited during the Saalian Glacial Phase. Acta Agric. Scand. 32, 289-298.
7. Møberg, J.P. & Petersen, L. 1982. Øvelsesvejledning til Geologi og Jordbundslære II. (Rev. udgave). De studerendes Råd. KVL, København.
8. Nielsen, J.D. & Møberg, J.P. 1984. The influence of K-depletion on mineralogical changes in pedons from two field experiments and in soils from four pot experiments. Acta Agric. Scand. 34, 391-399.
9. Nielsen, J.D. & Møberg, J.P. 1985. Klassificering af jordprofiler fra forsøgsstationer i Danmark. Tidsskr. Planteavl 89, 157-168.

10. Rasmussen, K. & Tovborg Jensen, S. 1960. Investigation of potash and potash release in Danish soils. Royal Vet. - and Agric. College Yearbook 1960. 88-122.
11. Tovborg Jensen, A. & Krogh Andersen, E. 1955. The minerals present in sands from Danish soils and subsoils. Royal Vet. - and Agric. College Yearbook 1955, 1-12.
12. Tovborg Jensen, A. & Krogh Andersen, E. 1956. The minerals present in sands from Danish soils and subsoils II. Royal Vet. - and Agric. College Yearbook 1956, 1-12.
13. Tovborg Jensen, A. & Flyge, H. 1966. The minerals present in sands from Danish soils and subsoils IV. Heavy minerals in the sand fraction. Royal Vet. - and Agric. College Yearbook 1966. 118-128.

8. Figurerne 1-12

Generelle oplysninger vedrørende de enkelte jordens lokalitet, klima, udgangsmateriale, klassificering, m.v. samt beregnet protisk normativ mineralogisk sammensætning af ler-, silt- og sandfraktionerne ned gennem de enkelte jordprofiler. Usikkerheden på de angivne værdier er ikke medtaget, men kommenteret i tillægget.

Søjlerne angiver indholdet af følgende mineraler:

- |                 |  |
|-----------------|--|
| I lerfaktionen: | (1) Kvarts<br>(2) Ca-Na-feldspat<br>(3) K-feldspat<br>(4) Illit<br>(5) Vermiculit<br>(6) Chlorit<br>(7) Smectit<br>(8) Kaolinit<br>(9) Al-Fe-oxidhydroxider<br>(10) Hornblende<br>(11) Interstratificerede   |
| I siltfaktionen | (1) Kvarts<br>(2) Ca-Na-feldspat<br>(3) K-feldspat<br>(4) Glimmer<br>(5) Chlorit/Kaolinit<br>(6) Hornblende  |
| I sandfaktionen | (1) Kvarts<br>(2) Ca-Na-felspat<br>(3) K-feldspat<br>(4) Glimmer<br>(5) Amfiboler/Pyroxener<br>(6) Glauconit<br>(7) Magnetit/Ilmenit<br>(8) Granat<br>(9) Hematit/Goethit<br>(10) Tormalin/Zircon<br>(11) Kyanit/Sillimanit<br>(12) Monazit<br>(13) Epidot |

p: tilstede

s: mindre end 0,01 %

f: 0,01-0,1 %

n: 0,1-1,0 %

8. Figures 1-12

General information about each soil: location, climate, parent material, classification, etc. The percentage normative constituent composition presented in form of columns. The columns - from left to right - illustrate the content of the following constituents:

In the clay fraction:

- (1) Quartz
- (2) Ca-Na-feldspars
- (3) K-feldspars
- (4) Illit
- (5) Vermiculite
- (6) Chlorite
- (7) Smectite
- (8) Kaolinite
- (9) Al-Fe-oxyhydroxides
- (10) Hornblende
- (11) Interstratified

In the silt fraction:

- (1) Quartz
- (2) Ca-Na-feldspars
- (3) K-feldspars
- (4) Mica
- (5) Chlorite/Kaolinite
- (6) Hornblende

In The sand fraction:

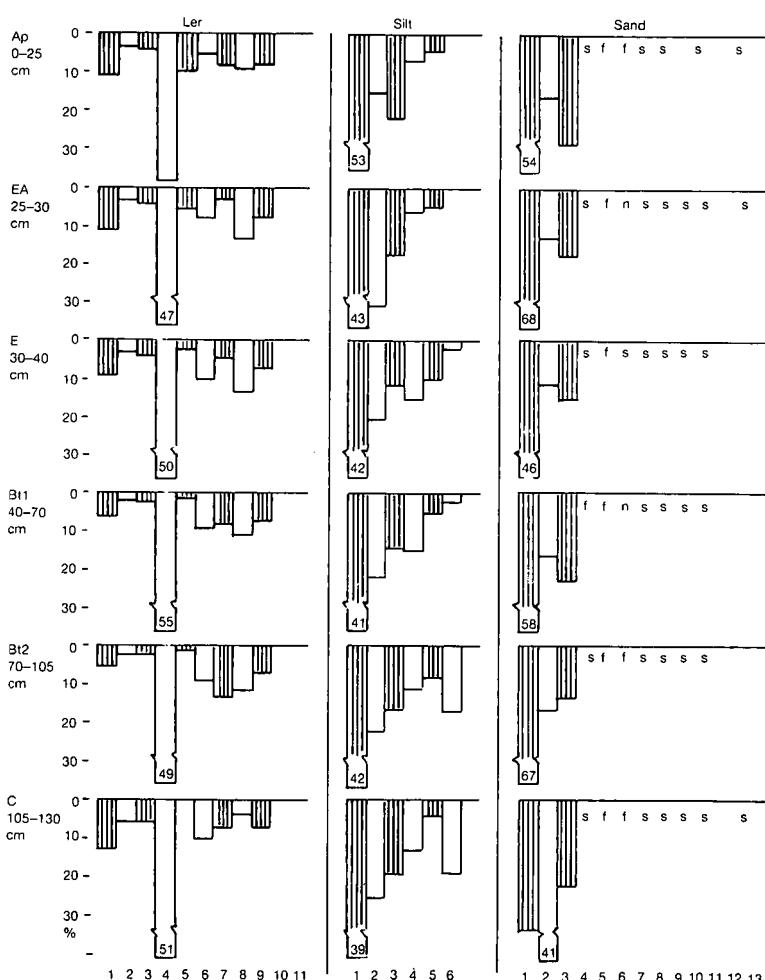
- (1) Quartz
- (2) Ca-Na-feldspars
- (3) K-feldspars
- (4) Mica
- (5) Amphiboles/Pyroxens
- (6) Glaucanite
- (7) Magnetite/Ilmenite
- (8) Garnet
- (9) Hematite/Goethite
- (10) Tourmaline/Zircon
- (11) Kyanite/Sillimanite
- (12) Monazite
- (13) Epidote

p: present

S: less than 0.01 %

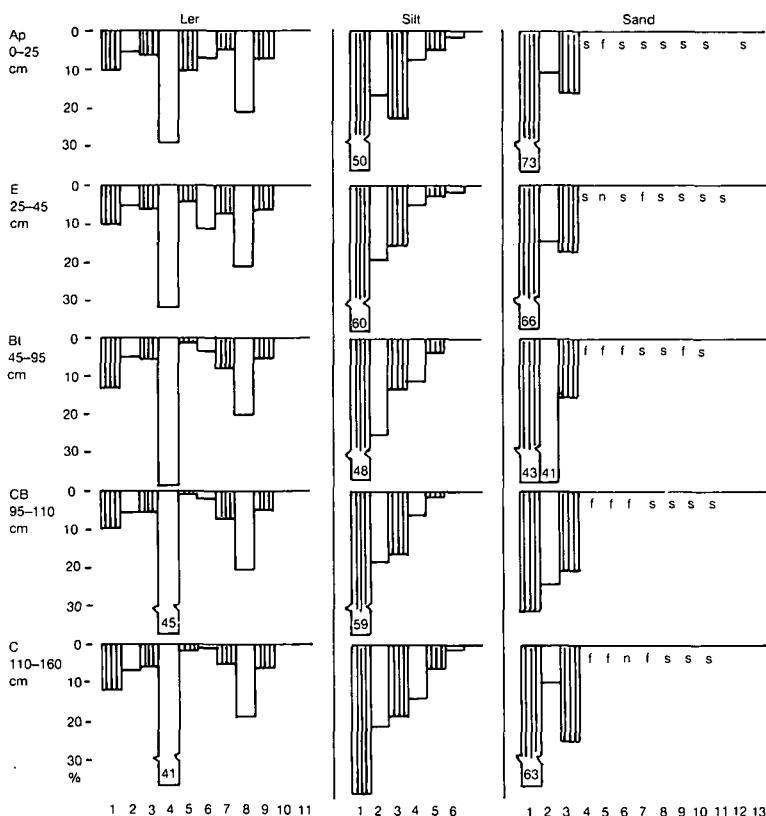
f: 0.01-0.1 %

n: 0.1-1.0 %

**Figur 1. Roskilde Forsøgsstation****Beskrivet:** d. 9.11.1983 a : J.P. Mæberg og J. Dissing Nielsen**Kote:** ca. 48 m.**Lokalitet:** Roskilde Forsøgsstation, i forsøgsparcel A-0, fem m fra forsøgsparcel A-1, ca. 15 m fra Ledreborg Alle. Kort koordinater: 32 U UB 9205 6845.**Klima:** Årlig middelnedbør: ca. 630 mm; årlig middeltemperatur: 8,0°C; jordbundsfugtighedsforholdene: udic.; jordbundstemperaturforholdene: mesic.**Geologi og geomorfologi:** Bundenorene fra Weichselstidens seneste fremstød over Midtjylland.**Landskabsform:** Meget svag skrånende, 1-2% gradient.**Jordbrugeform og vegetation:** Kultivert, vekseldrift.**Drenning:** Veldrenet.**Erosion:** Ingen**Klasseifikation:** Typic Agrudalf, fine loamy, mixed, mesic.

Figur 2. Flakkebjerg UkrudtsforsøgsstationBeskrivet: d. 21.10.1983 af: J.P. Møberg og J. Dissing NielsenKote: ca. 32 m.Lokalitet: Flakkebjerg Ukrudtsforsøgsstation, på den østlige side  
og på grænsen mellem forsøgsparcel B4 og B5.

Kort koordinater: 32 U PC 5172 3360.

Klima: Årlig middelnedbør: ca. 630 mm; årlig middeltemperatur:  
 $8,1^{\circ}\text{C}$ ; jordbundsugtighedsforholdene: *udic.*; jordbundstemperaturforholdene: *mesic*.Geologi og geomorfologi: Bundmoræne fra Weichselistidens sidste  
fremstød op i Storebælt.Landskabsform: Svagt kuperet, med 1-2% gradient.Landbrugsform og vegetation: Kultiveret, vekseldrift.Drenning: Moderat veldrenet.Erosion: Ingen.Klassifikation: Typic Agrudalf, fine loamy, mixed, mesic.

**Figur 3. Årslev Forsøgsstation**

Beskrevet: d. 9.6. 1982 af: J. Dissing Nielsen og J.P. Møberg.

Kote: ca. 51 m.

Lokalitet: På Årslev Forsøgsstation, nær forsøgsparcel nr. 84,  
22m øst for lehegnet, 1 m fra stien.

Kort koordinater: 32 U NG 9348 3013.

Klima: Årlig middelnedbør: ca. 610 mm (1930-60); årlig middel-  
temperatur: 7,9°C; jordbundsfugtighedsforholdene: udic.;  
jordbundstemperaturforholdene: mesic.

Geologi og geomorfologi: Bundmorne fra en af Weichselistidens  
stilstandseprioder under tilbagetrækningen.

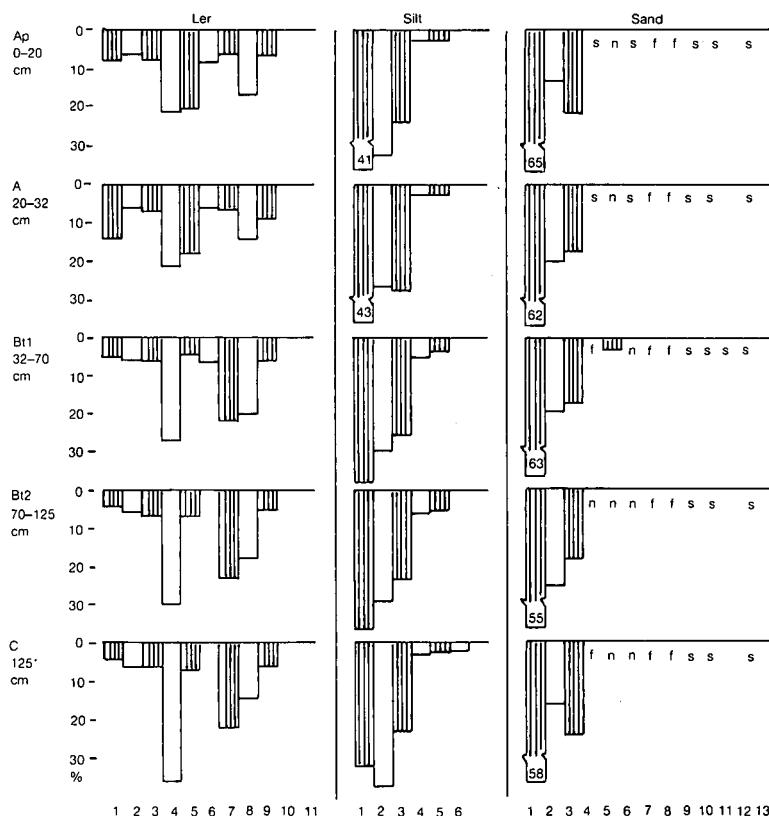
Landskabsform: Næsten fladt, med 0-2% gradient.

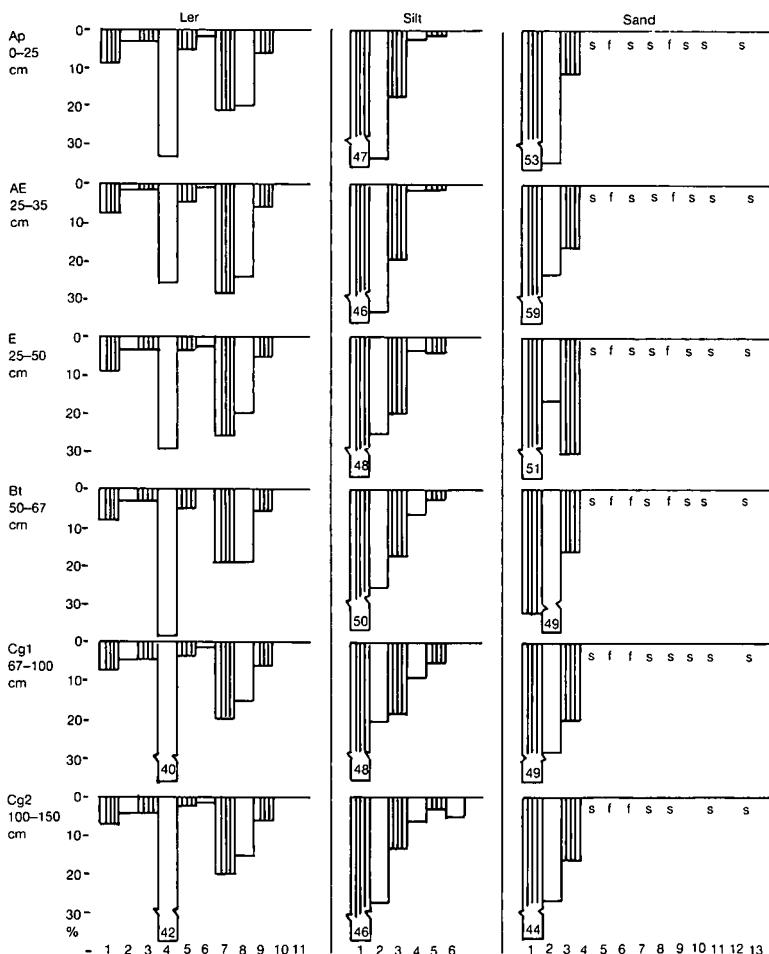
Jordbruksform og vegetation: Kultiveret, vekseldrift.

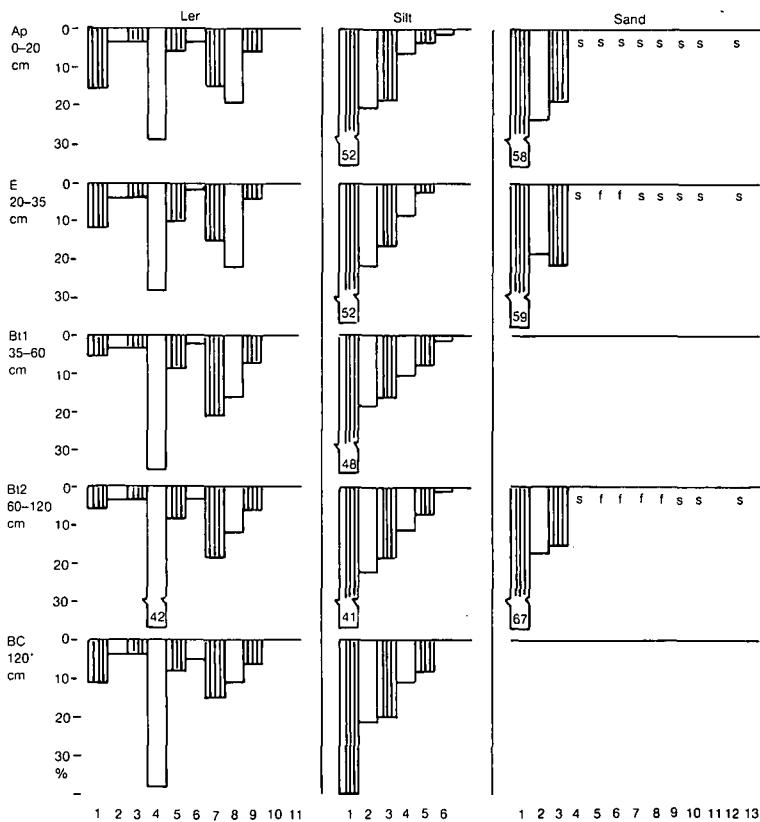
Drenning:

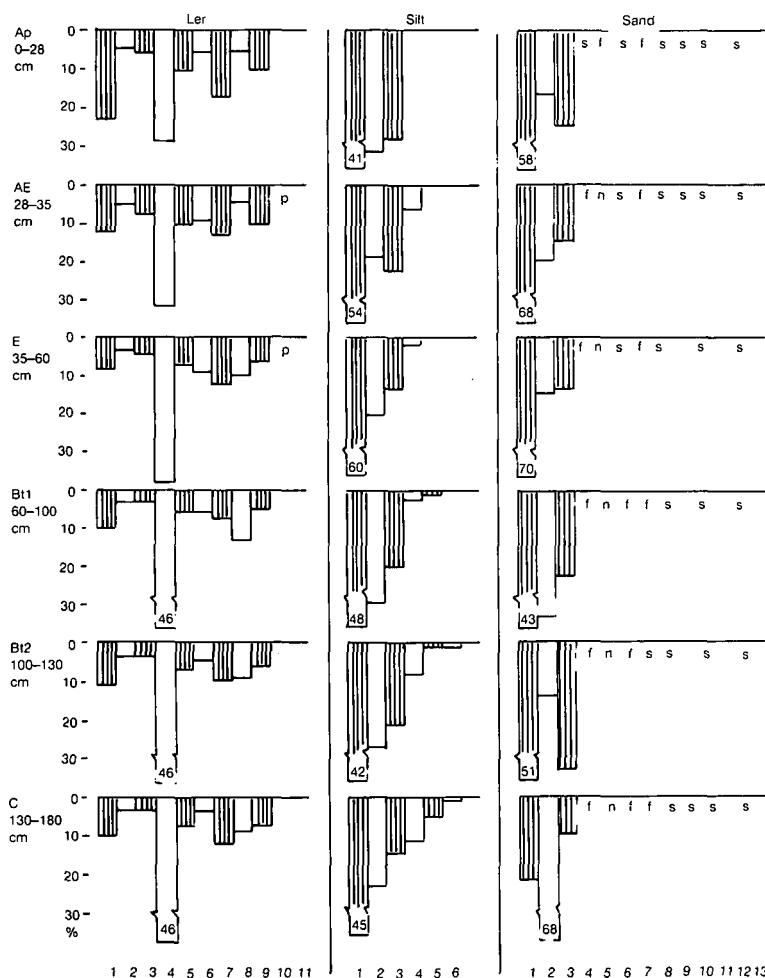
Erosion: Ingen.

Klassifikation: Typic Agrudalf, fine loamy, mixed, mesic.



**Figur 4. Rønhave Forsøgsstation****Beskrevet:** d. 14.10.1984 af: J.P. Møberg og J. Dissing Nielsen**Kote:** ca. 19 m.**Lokalitet:** Rønhave Forsøgsstation, 32 U NF 4925 9035.**Klima:** Årlig middelnedbør: ca. 700 mm; årlig middeltemperatur: 8,6°C; jordbundsfugtighedsforholdene: udic.; jordbunds-temperaturforholdene: mesic.**Geologi og geomorfologi:** Bundmørne fra Weichselistidens seneste fremstød gennem Østersøen og Lillebælt.**Landskabsform:** Svægt kuperet, svagt skrånende mod øst, 1-2% gradiert.**Jordbrugsform og vegetation:** Kultiveret, vekseldrift.**Drenning:** Moderat veldrenet.**Erosion:** Ingen.**Klassifikation:** Typic Agrudalf, coarse loamy, mixed, mesic.

Figur 5. Askov ForsøgsstationBeskrevet: d. 9.6.1982 af: J. Dissing Nielsen og J.P. Møberg.Kote: ca. 63 m.Lokalitet: På Askov Forsøgsstation, nær forsøgsled nr. 2-9301, mark B, 20 m fra den femte række.Kort koordinater: E  $9^{\circ}06'20''$  N  $55^{\circ}28'25''$ .Klima: Årlig middelnedbør: 791 mm (1930-60); årlig middeltemperatur:  $7,7^{\circ}\text{C}$ ; jordbundsfugtighedsforholdene: udic.; jordbundstemperaturforholdene: mesic.Geologi og geomorfologi: Endemoræne fra Weichselistidens hovedfremstød.Landskabsform: Fladt, med 0-2% gradient.Jordbruksform og vegetation: Kultiveret, før tiden under græs.Dræning: Ufuldstændigt drænet under naturlige forhold, jorden er kunstig drænet.Erosion: Ingen.Klassifikation: Typic Hapludalf, fine loamy, mixed, mesic.

figur 6. Statens Husdyrbrugsforsøgscenter, Fouium.Beskrevet: 22.6.1983 af: J.P. Møberg og J. Dissing NielsenKote: 53 mLokalitet: Ved den meteorologiske station på Statens Husdyrbrugs-forsøgsstation, Fouium.Kort koordinater:  $9^{\circ}34'04''$   $56^{\circ}29'41''$ .Klima: Årlig middelnedbør: ca. 770 mm; årlig middeltemperatur:  $7,7^{\circ}\text{C}$ ; jordbundsfugtighedsforholdene: udic.; jordbundstemperaturforholdene: mesic.Geologi og geomorfologi: Bundmorene fra Weichselistidens fra nord over det nordlige Midtjylland.Landskabsform: Svagt kuperet, ca. midt på en sydvestvendt skråning med 3-4% gradient.Jordbrugsform og vegetation: Kultiveret, vekseldrift.Drenæring: Veldrænet.Erosion: Ingen.Klassifikation: Typic Hapludult, coarse loamy, mixed, mesic.

Figur 7. Hornum Forsøgsstation.

Beskrevet: d. 21.6.1983 af: J.P. Møberg og J. Dissing Nielsen.

Kote: ca. 30 m.

Lokalitet: På Hornum Forsøgsstation, i forsøgsparcel nr. 2, øst  
for vejen, nær jernbanen.

Kort koordinater: 32 V NH 2685 9930.

Klima: Årlig middelnedbør: ca. 830 mm; årlig middeltemperatur: 7,5°C; Jordbundsfugtighedsforholdene: udic.; jordbunds-temperaturforholdene: mesic.

Geologi og geomorfologi: Bundmoræne fra Weichselistidens fremstød fra nord over det nordlige Midtjylland.

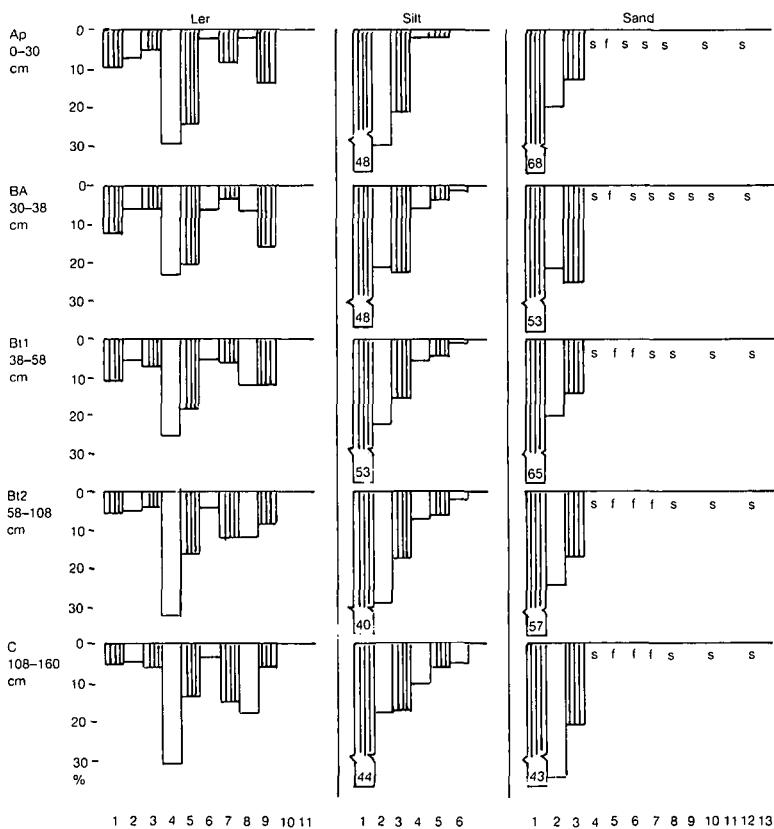
Landskabsform: Fladt, med 0-2% gradient.

Jordbruksform og vegetation: Kultiveret, stedsegrønne planter.

Drawing: Veldrænet.

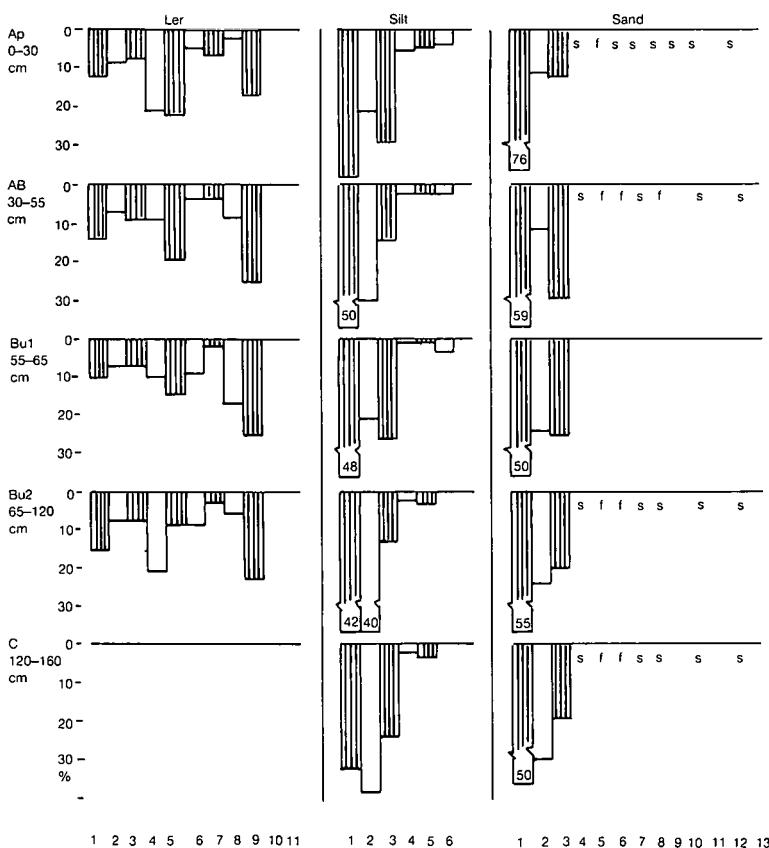
Erosion: None.

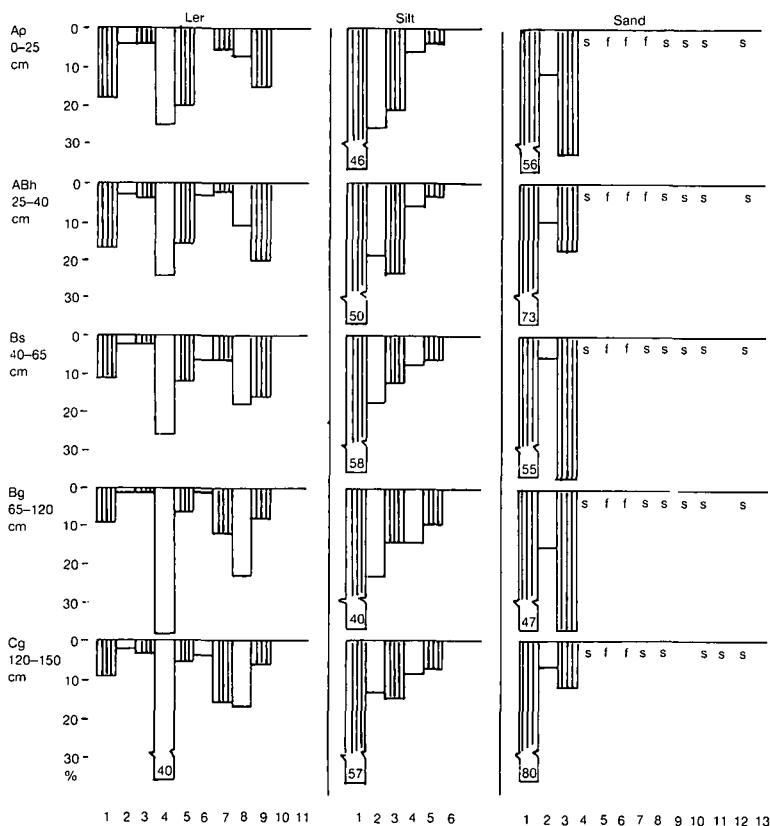
Klassifikation: Typic Haplumbret, coarse loamy, mixed, mesic.



Figur 8. Tylstrup Forsøgsstation.Beskrevet: d. 21.6.1983 af: J.P. Møberg og J. Dissing Nielsen.Kote: ca. 13 mLokalitet: På Tylstrup Forsøgsstation i hjørnet af forsøgsparcel  
nr. A3.

Kort koordinater: 32 V NJ 5763 3860.

Klima: Årlig middelnedbør: ca. 730 mm; årlig middeltemperatur:  
7,5°C; jordbundsfugtighedsforholdene: udic.; jordbunds-  
temperaturforholdene: mesic.Geologi og geomorfologi: Marine aflejringer fra Stenalder tiden. I  
ca. 60 cm dybde var der en afblæsningsflade, så derover  
er der vindpålejringer.Landskabsform: Fladt.Jordbruksform og vegetation: Kultiveret, vekseldrift.Drenning: Veldrænet.Erosion: Potentiel vinderosion.Klassifikation: Typic Udipsamment, mixed, mesic.

Figur 9. Borris Forsøgsstation.Beskrevet: d. 22.6.1983 af: J.P. Møberg og J. Dissing Nielsen.Kote: ca. 25 m.Lokalitet: På Borris Forsøgsstation, ca. 50 m fra Bækkesøens sydvestlige rand, ned mod Skjernådalen.Kort koordinater:  $8^{\circ}37'14''$   $55^{\circ}57'29''$ .Klima: Årlig middelnedbør: ca. 830 mm; årlig middeltemperatur:  $7,8^{\circ}\text{C}$ ; jordbundsfugtighedsforholdene: udic.; jordbundstemperaturforholdene: mesic.Geologi og geomorfologi: På Borris Bakkeø, morene fra Sealeistiden.Landskabsform: Fladt.Jordbrugsform og vegetation: Kultiveret, vekseldrift.Dræning: Moderat veldrænet.Erosion: Ingen.Stenetenhed: Enkelte større og mindre sten.Klassifikation: Typic Haplorthod, sandy, mixed, mesic.

Figur 10. Store Jyndevad Forsøgsstation

Beskrevet: d. 20.6.1983 af: J.P. Møberg og J. Dissing Nielsen.

Kote: Ca. 16 m.

Lokalitet: I det nordøstlige hjørne af det trekantede forsøgsområde på Store Jyndevad forsøgsstation.

Kort koordinater: 32 U NF P845 8398.

Klima: Årlig middelnedbør: ca. 870 mm; årlig middeltemperatur: 7,9°C; jordbundsfugtighedsforholdene: udic.; jordbundstemperaturforholdene: mesic.

Geologi og geomorfologi: Smeltevandsflade fra Weichselistidens hovedfremstød.

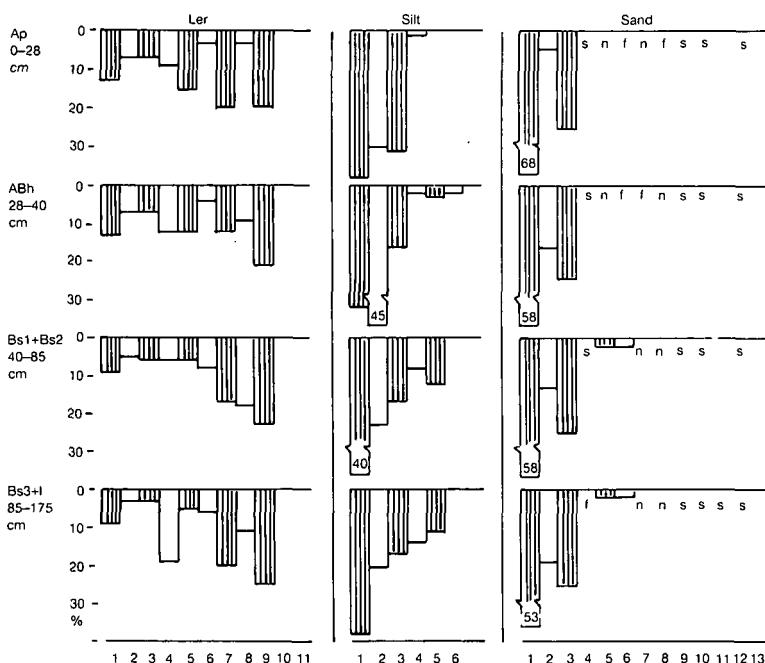
Landskabsform: Fladt.

Jordbruksform og vegetation: Kultiveret, vekseldrift.

Dræning: Veldrænet.

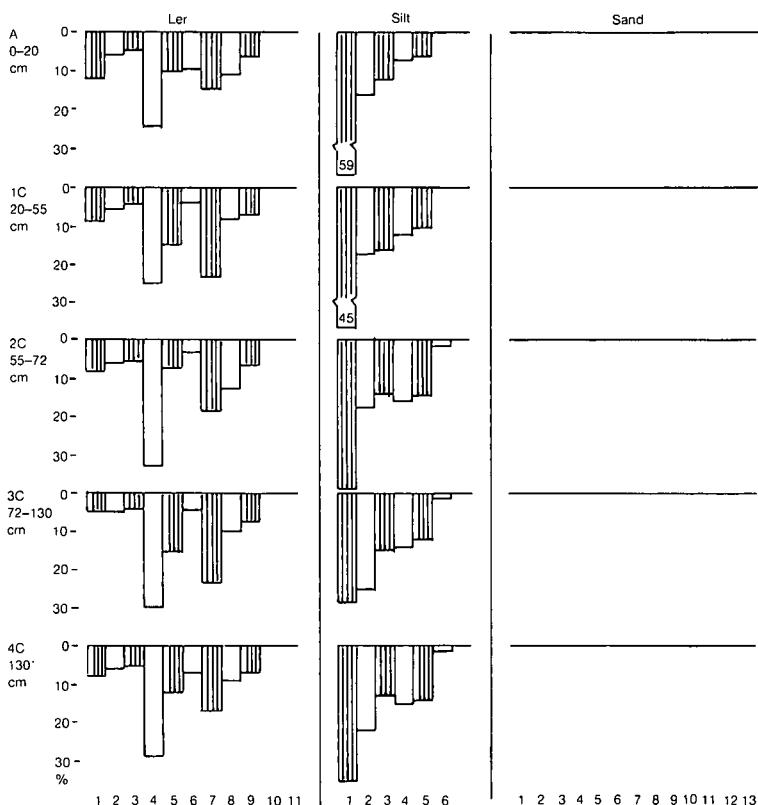
Erosion: Potentiel vinderosion.

Klassifikation: Typic Haplorthod, sandy, mixed, mesic.



**Figur 11. Ny Frederiks kog, Højer****Beskrevet:** d. 8.6.1982 af: J. Dissing Nielsen og J.P. Møberg**Kote:** ca. 2 m.**Lokalitet:** I Ny Frederiks kog, Statens Marskforsøg, Højer. (Parcel A9, 2. række, 6 m fra drængreft).

Kort koordinater: 32 U MF 7985 8977.

**Klima:** Årlig middelnedbør: 702 mm (1930-60); årlig middeltemperatur:  $8,1^{\circ}\text{C}$ ; jordbunds fugtighedsforholdene: aquic hvis ikke drænet; jordbundstemperaturforholdene: mesic.**Geologi og geomorfologi:** Marine aflejringer (inddæmmet i 1861).**Landskabsform:** Fladt.**Jordbruksform og vegetation:** Kultiveret, vekseldrift.**Dræning:** Meget dårligt drænet under naturlige forhold.**Erosion:** Ingen.**Klassifikation:** Mollie Fluvéquent, fine loamy over coarse loamy, mixed, mesic, calcareous.

**figur 12. Mørgrethe-Kog, Højer.**

Beskrevet: d. 8.6.1982 af: J. Dissing Nielsen og J.P. Møberg.

Kote: ca. 2 m.

Lokalitet: I Margrethe-Kog ved Statens Marskforsøg, Højer, ca. 300 m vest for det gamle havdige.

Kort koordinater: 32 U MF 7880 8990.

Klima: Årlig middelnedbør: 702 mm (1930-60); Årlig middeltemperatur:  $8,1^{\circ}\text{C}$ ; jordbundsfugtighedsforholdene: aquic; jordbundstemperaturforholdene: mesic.

Geologi og geomorfologi: Marine aflejringer (inddæmmet i 1980).

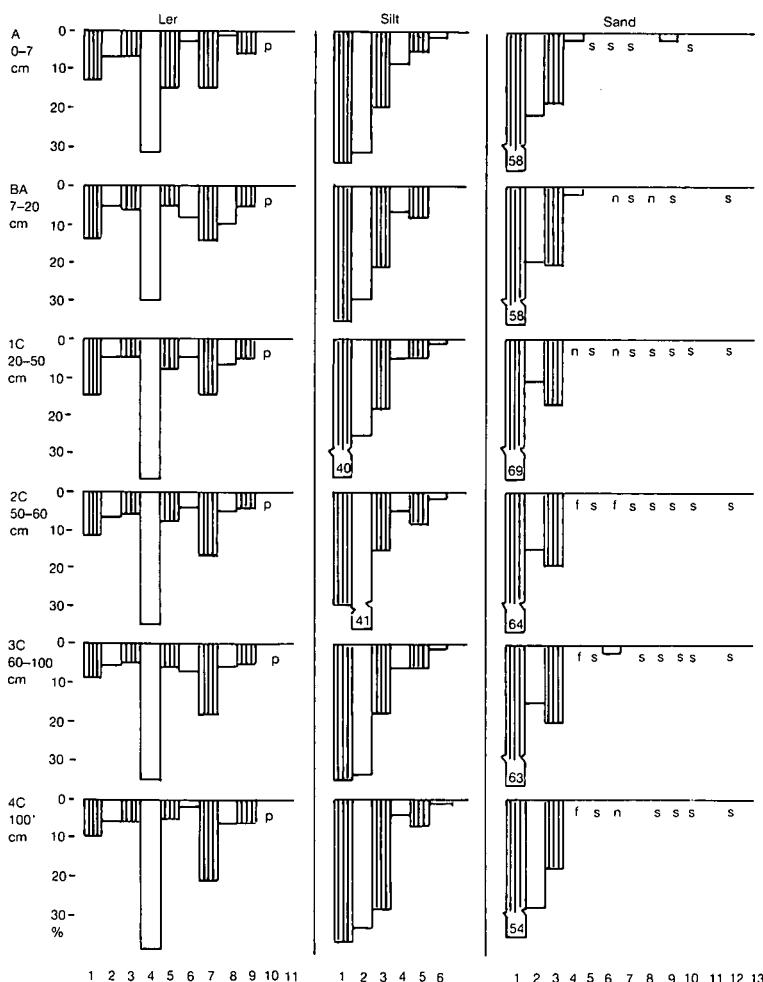
Landskabsform: Fladt.

Jordbruksform og vegetation: Græsning, naturlige, salttolerante græsarter.

Drenning: Meget dårligt drenet.

Erosion: Ingen.

Klassifikation: Typic Fluvaquent, fine loamy over sandy, mixed, mesic, calcareous.



## 9. Tillæg

### Analyse- og beregningsmetoder

For at give ikke-specialister et indblik i de ret komplicerede analyser og beregninger, der er foretaget, og et grundlag for at vurdere den usikkerhed, nogle af resultaterne nødvendigvis må være behæftet med, vil analyseforløbet blive skitseret, og et eksempel på beregningen af den normative mineralogiske sammensætning blive gennemgået. Dette vil ske, dels ved hjælp af et oversigtsskema, dels ved en lidt mere detaljeret beskrivelse af og formålet med hver af bestemmelserne, og dels ved beregning af en af jordprøvernes normative mineralogiske sammensætning i lerfraktionen.

#### 9a. Analysegangen for den mineralogiske analyse

##### På den luftørrede finjordsfraktion foretages:

- (1) Fjernelse af eventuelt  $\text{CaCO}_3$ .
- (2) Fjernelse af organisk stof.
- (3) Opdeling i sand-, silt- og lerfraktioner.

##### På sandfraktionen foretages:

- (1) Opdeling af forskellige mere eller mindre magnetiske fraktioner og i en ikke-magnetisk fraktion.
- (2) Mikroskopisk analyse af de forskellige fraktioner.
- (3) Røntgendiffraktometrisk analyse (RDA) på en uorienteret prøve.

##### På siltfraktionen foretages:

- (1) RDA på den pulveriserede uorienterede prøve.

##### På lerfraktionen

###### A: På en $\text{NH}_4^+$ -mættet del af lerprøven foretages:

- (1) Totalkemisk analyse (TKA).
- (2) Termogravimetrisk analyse (TGA).
- (3) Kationadsorptionsbestemmelse (CEC).
- (4) RDA på en uorienteret pulverprøve.
- (5) Ekstraktion af Si-Al-oxidhydroxider ved behandling med  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; og af de Al-holdige Fe-oxidhydroxider ved behandling med Na-citrat, Na-hydrogencarbonat, Na-dithionitopløsning (CBD). Efter

disse to behandlinger forventes prøven at være oxidhydroxidfri.

B: På en Mg-mættet,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -CBD-behandlet del af lerprøven foretages:

(1) RDA på den orienterede pulverprøve før og efter behandling med glycerol.

C: På en K-mættet,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -behandlet del af lerprøven foretages:

(1) RDA på en orienteret pulverprøve før og efter ophedning til  $550^{\circ}\text{C}$ .

De enkelte punkter i denne analysegang skal omtales lidt nærmere i det følgende.

Hvis prøven indeholder  $\text{CaCO}_3$  behandles den med en eddikesyre- $\text{NH}_4$ -acetat stødpudeopløsning ved pH 5 for at undgå interferens senere i analysegangen. F.eks. vil  $\text{CaCO}_3$  ved behandling med  $\text{H}_2\text{O}_2$  forårsage dannelsen af tungtopløseligt Ca-oxalat. Normalt er det nødvendigt at behandle prøver fra alle Ap horisonter, der er kalket, samt prøver, der stammer fra dybereliggende horisonter i jorde udviklet på kalkholdigt moræne.

Det er også nødvendigt at fjerne det organiske stof fra alle jordprøver for at undgå interferens. Det vil f.eks. interferere ved TKA, TGA og RDA. Det organiske stof, i altfald den mere velomsatte del, fjernes ved behandling med  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

Sandet separeres fra silten og leret ved slemning; mens leret udkilles fra silten ved hjælp af en såkaldt partikelstørrelsesfordelingscentrifuge. Ved sigtning af sandet udkilles størrelsesfraktionerne  $250-125 \mu\text{m}$  og  $125-50 \mu\text{m}$ . Hvis  $250-125 \mu\text{m}$  fraktionen udgør 25-30 % eller mere af hele sandfraktionen, bruges kun denne ved den mineralogiske undersøgelse af sandfraktionen. Ellers bruges både denne og  $125-50 \mu\text{m}$  fraktionen.

Ved brug af en isomagnetisk separator separeres den eller de to ovennævnte fraktioner i en række mere eller mindre magnetiske fraktioner og i en ikke-magnetisk fraktion.

Indholdet af de forskellige almindeligvis forekommende mineraler i de mere eller mindre magnetiske fraktioner anslås ved hjælp af et mikroskop med påfaldende lys.

En del af den ikke-magnetiske fraktion pulveriseres og bruges

til en uorienteret RDA. På RDA-diagrammet bestemmes mængdeforholdet mellem kvarts, K-feldspat og Ca-Na-feldspat i prøven. I denne forbindelse skal det nævnes, at det har vist sig, at mikroklin og oligoklas er langt de mest almindelige K- og Ca-Na-feldspater i sandfraktionen i danske såvel som i jorde fra andre dele af verden. Udfra de målte arealer af K-feldspat og Ca-Na-feldspat RDA-toppe ved henholdsvis 0,324 nm og 0,319-0,320 nm og kvartstoppen ved 0,426 nm anslås nu forholdet mellem disse mineralers indhold i den pulveriserede sandprøve; idet RDA på blandinger af kvarts, mikroklin, oligoklas i ren form i forskellige forhold har vist, at intensiteten af mikroklins top ved 0,324 nm, oligoklas top ved 0,319-0,320 nm og kvartsens top ved 0,426 nm giver et direkte mål for mængdeforholdet af disse mineraler i en blandingsprøve. Usikkerheden på reproducerbarheden ligger på omkring 5-10 relative %. Feldspatindholdene fundet ved denne metode ligger noget over de, der er fundet af bl.a. Tovborg Jensen og Krogh Andersen (10), der brugte en anden metode til bestemmelsen.

Siltfraktionens mineralogiske sammensætning blev ved undersøgelsen bedømt udelukkende ved hjælp af RDA, og kan derfor betragtes som semikvantitativ. Bestemmelsen er baseret på samme princip som beskrevet før. På grund af, at både glimmer og chlorit/kaolinit ofte er tilstede i siltfraktionen fra danske jorde, inddrages disse i skønnet på lignende måde. Trods den ret store kvantitative usikkerhed er metoden dog brugt ved denne undersøgelse, da reproducerbarheden er ganske god - 5-10 relative % -; så sammenligningsmæssigt kan undersøgelsen være af ganske stor værdi. Den normative mineralogiske sammensætning af siltfraktionen kan bestemmes med langt større nøjagtighed, hvis en del af de analysemetoder, der benyttes ved analyse af lerfraktionen bliver benyttet. Af tids- og resourcemæssige grunde blev de dog ikke udført på siltfraktionen ved denne undersøgelse.

En række analysemetoder blev benyttet ved bestemmelsen af lerfraktionens normative mineralogiske sammensætning; thi kun ved at kombinere resultaterne af en række forskellige analysemetoder er det muligt at få et nogenlunde sikkert øver over denne fraktions mineralogiske sammensætning.

Efter mætning med  $\text{NH}_4^+$ -ioner oploses en mindre portion af leret ved hjælp af flussyre og kongevand i et teflonbæger. Før måling af de metalliske elementer, hvis indhold overstiger ca. 0,1 % i denne oplosning, stabiliseres den ved tilslætning af borsyre. Målingen af de forskellige elementer foretages ved hjælp af atomabsorptionspektrofotometer (AAS) og flammeemissionspektrometer (FES). Udrykt som oxider bør den procentiske sum af disse metalliske elementer sammen med procent glødetab give ca. 99 %. Som vist senere ved beregningen spiller resultaterne af denne TKA en nøglerolle ved beregningen af den normative mineralogiske sammensætning af lerfraktionen.

Den termogravimetriske analyse (TGA) - hvor lerets vægtab bestemmes i intervallerne: lufttør- $110^\circ\text{C}$ ;  $110-350^\circ\text{C}$ ;  $350-550^\circ\text{C}$ ; og  $550-950^\circ\text{C}$  ved trinvis opvarmning - benyttes både til bestemmelse af glødetabet og til at få et, af de andre analyser uafhængigt, groft skøn over den mineralogiske fordeling i prøven. F.eks. har oxidhydroxiderne langt det største vægtab i temperaturintervallet  $110-350^\circ\text{C}$ ; kaolinit sit hele vægtab i intervallet  $350-550^\circ\text{C}$ ; mens chlorits vægtab navnlig sker i intervallet  $550-950^\circ\text{C}$ . De andre lermineralers vægtab er mere fordelt over de forskellige temperaturintervaller.

Kationadsorptionskapaciteten (CEC) er en anden, af de andre analyser uafhængig bestemmelse af vigtighed ved beregningen af lerfraktionens normative mineralogiske sammensætning. Den bestemmes ved undersøgelsen kun på den  $\text{NH}_4^+$ -mættede prøve, selvom en CEC-bestemmelse på den oxidhydroxidfri lerfraktion også kan give værdifulde oplysninger.

Ved hjælp af et uorienteret pulver RDA på den  $\text{NH}_4^+$ -mættede ler er det muligt at få et skøn over mængdeforholdet mellem Ca-Na-feldspat- og K-feldspatindholdet i lerprøven. Forholdet mellem indholdet af de to typer feldspat vurderes som beskrevet tidligere. Bestemmelsen af dette forhold spiller en vigtig rolle for beregningen af lerfraktionens normative mineralogiske sammensætning, som det vil fremgå af det følgende.

En del af leropslemningen ekstraheres med en  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -oplosning og med CBD for at få bestemt lerprøvens indhold af  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -ekstra-

herbare Al-Si-oxidhydroxider og de CBD-ekstraherbare Al-holdige Fe-oxidhydroxider.

Størstedelen af det  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  - CBD-behandlede ler mættes med Mg-ioner. Som nævnt, kan en del af det Mg-mættede oxidhydrocidfri ler bruges til bestemmelse af denne fraktions CEC. En del bruges til orienteret pulver RDA både på en Mg-mættet lufttør prøve og en Mg-mættet glycerolbehandlet prøve. Orienteringen gør, at diffraktionsintensiteten af de lagdelte mineraler forøges kraftigt. Dette gør det lettere at identificere de lagdelte silikatmineraler i prøven. Glycerolbehandlingen gør, at de kvældende lermineralers - dvs. hovedsageligt smectit - lagafstand skifter fra ca. 1,4 nm til ca. 1,77 nm. Denne behandling gør det dermed muligt kvalitativt at bestemme, om der er smectit i en prøve.

En mindre del af den  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -CBD-behandlede prøve mættes med K-ioner. Ved RDA på henholdsvis den orienterede lufttørre K-mættede pulverprøve og på den samme prøve efter ophedning til  $550^{\circ}\text{C}$  er det muligt kvalitativt at bestemme, om der er kaolinit og chlorit i prøven. Ved ophedning til  $550^{\circ}\text{C}$  afgiver kaolinit sit krystalvand og dets top ved 0,72 nm forsvinder. Samtidig med uddrives vandet i smectiternes og vermiculits mellemlag, så deres lagafstand skrumper ind, og deres toppe falder sammen med illit. På grund af tilstede-værelse af gibbsit og/eller brucitkæder i chlorits mellemlag, vil dette mineral bibe holde sin top ved 1,4 nm og sin 2. ordens top ved ca. 0,72 nm. Ved alle behandlinger vil illits top ligge ved ca. 1,0 nm. Så ud fra ovennævnte RDA på oxidhydrocidfri, orienterede lerprøver er det muligt kvalitativt at bestemme om prøven indeholder smectit, chlorit, illit og kaolinit. Kun hvis chlorit ikke er tilstede er det muligt utvetydigt at bestemme om vermiculit er tilstede eller ikke.

#### 9b. Beregningseksempel

Følgende eksempel viser, hvordan den normative mineralogiske sammensætning i lerfraktionen fra Bt2 horisonten i jorden fra Roskilde er beregnet. Tabel 1, 2, 3 indeholder de normative værdier, der er blevet benyttet ved beregningen.

Ved beregningen benyttes normalt skemaet på side 34. I kolonnen

indeholder også et semikvantitativt skøn af forholdet mellem indholdet af Ca-Na-feldspat og K-feldspat baseret på forholdet mellem intensiteten af disse mineralers diffrafaktionstoppe ved henholdsvis 0,319-0,320 nm og 0,324 nm.

I kolonnen mærket "Total" er anført det beregnede procentiske indhold af de forskellige mineraler, der er tilstede i lerprøven.

Den første linje i selve beregningsskemaet indeholder resultater af TKA, TGA og CEC. På den følgende linje er resultaterne af Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-CBD-ekstraktionerne samt de udfra beregnede oxidhydroxidindhold, vægttab, og CEC anført. I eksemplet her forudsættes det ved beregningen, at det ekstraherede Si er tilstede i form af Si<sub>4</sub>(OH)<sub>10</sub>O<sub>3</sub>; Al i form af Al(OH)<sub>3</sub> og Fe som vandholdigt goethit (FeOOH, H<sub>2</sub>O); Ti som anatas (TiO<sub>2</sub>) og Mn som pyrolucit (MnO<sub>2</sub>). Havde det været muligt at observere f.eks. goethits og/eller hematits diffrafaktionstoppe ved hjælp af RDA på den uorienterede pulverprøve, burde goethits og/eller hematits sammensætninger have været brugt ved beregningen.

Det ved TKA bestemte Na-Ca forudsættes at høre til Ca-Na-feldspat, selvom illit kan indeholde mindre mængder af disse elementer, og Na kan være tilstede i mikroklin. Indholdet af Ca-Na-feldspat beregnes udfra henholdsvis albts og anorthits sammensætning.

På grundlag af forholdet mellem Ca-Na-feldspats og K-feldspats diffrafaktionstoppe ved henholdsvis 0,319-0,320 nm og 0,324 nm beregnes nu K-feldspatindholdet. Udfra indholdet af K-feldspat beregnes mængden af de forskellige oxider, dette indhold omfatter.

Det tiloversblevne K<sub>2</sub>O henregnes til illit, der er et dioctahedrisk mineral, hvis indhold af metalelementer kan variere en del. På grund af, at der på dette trin i beregningen ikke er store mængder Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tilovers, benyttes sammensætningen, der er angivet for Fe-Mg-illit, som norm ved beregningen.

Da hverken kvarts eller kaolinit indeholder Fe eller Mg, må resten af disse oxider tilhøre det ved RDA fundne vermiculit, chlorit og smectit. Tillige må størstedelen af den resterende CEC fordeles mellem disse tre mineraler, da kaolinitets CEC er ret lav og kvart-sens CEC normalt forventes at ligge nær nul.

Vægttabet over de 550°C må også skyldes de tre mineraler, da

kaolinit som nævnt ikke tabet i vægt i intervallet 550-950°C.

Ved beregningen er der desuden taget hensyn til følgende antagelser i forbindelse med fordelingen af vermiculit, chlotit og smectit: (a) At smectit ligesom det tilstede værende illit indeholder en del Fe i octaederlaget. (b) At chloriten, på grund af, at det må forventes, at den er formet ved omdannelse af biotit, og fordi den i Roskildejorden kun er forvitret i begrænset omfang, stadig er trioctaedrisk, dog med et mellemlag delvis udfyldt af  $\text{Al}(\text{OH})_3$ . (c) At vermiculit normalt er dioctaedrisk i jorden, undtagen hvor udgangsmaterialet indeholder makrokristallinsk vermiculit, og jorden kun har været utsat for forvitring i ringe grad. Her i Roskildejorden må vermiculitten derfor forventes at være dioctaedrisk.

Når fordelingen af de tre mineraler er gennemført på grundlag af ovennævnte forudsætninger, beregnes kaolinitindholdet udfra det resterende  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , da kvarts ikke indeholder Al. Til slut regnes resten af  $\text{SiO}_2$  til kvarts.

Hvis balancen til slut i alle kolonner viser nul eller er meget nær på nul, må det forventes at troværdigheden af den normative fordelingsberegnning er ganske god. Den relative usikkerhed på reproducbarheden ligger på omkring 5-10 %. Derimod er usikkerheden på den beregnede mineralfordeling ukendt, da dammenligningen, som allerede nævnt, er baseret på brug af veldefinerede typemineraler - derfor brugen af begrebet "normativ mineralogisk sammensætning" -. Der er f.eks ingen tvivl om, at disse typemineralers sammensætning ikke stemmer særligt godt overens med mineralernes sammensætning i de Spodosols (Podzols), denne undersøgelse omfatter. Ja selv i de øverste horisonter i Hornum- og Tylstrupjordene må uoverensstemelsen mellem de identificerede mineraler og de ved beregningen brugte typemineraler forventes at være ganske betydelig. Disse forhold bør tages i betragtning ved vurdering af de resultater, der er anført i fig. 1-12.

Profil: Roskilde Forsøgsstation  
Horisont: Bt2

Beregning af lerfraktionens normative sammensætning (i procent)

Profile: Roskilde Experimental Station    Computation of the percentage normative constituent composition  
of the soil clay fraction from the Bt2 horizon of the Roskilde  
soil.

Mineral	RDA	Total	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	110- 350- 550-			CEC
											250°	550°	950°	
(Målte værdier)		98,6	48,43	22,47	10,67	2,68	0,15	3,71	0,10	0,78	0,10	1,9	4,3	3,3
Oxidhydroxider		7,0	0,40	0,54	4,07					0,78	0,10	0,9	0,1	1
Rest		91,6	48,03	21,93	6,60	2,68	0,15	3,71	0,10	-	-	1,0	4,2	3,3
Na-feldspat	{}	0,9	0,62	0,18					0,10					
Rest		90,7	47,41	21,75	6,60	2,68	0,15	3,71	-	-	-	1,0	4,2	3,3
Ca-feldspat	{}	0,8	0,32	0,27			0,15							
Rest		89,9	47,09	21,48	6,60	2,68	-	3,71	-	-	-	1,0	4,2	3,3
K-feldspat	1,1	1,9	1,23	0,35				0,32						
Rest		88,0	45,86	21,13	6,60	2,68	-	3,39	-	-	-	1,0	4,2	3,3
Fe-Mg-illit	xxx	49,1	24,45	12,08	3,83	1,08	-	3,39	-	-	-	0,9	2,2	1,1
Rest		38,9	21,41	9,05	2,77	1,60	-	-	-	-	-	0,1	2,0	2,2
Vermiculit	(x)	1,0	0,49	0,25	0,10	0,02	-	-	-	-	-		0,1	1
Rest		37,9	20,92	8,80	2,67	1,58	-	-	-	-	-	0,1	2,0	2,1
½ Al-trioct. chlorit	x	9,0	3,73	1,81	1,77	0,90	-	-	-	-	-		1,1	3
Rest		28,9	17,19	6,99	0,90	0,68	-	-	-	-	-	0,1	2,0	1,0
Fe-holdigt montmorill.	x	13,0	8,15	2,16	0,88	0,59	-	-	-	-	-	0,6	0,3	0,4
Rest		15,9	9,04	4,83	0,02	-0,09	-	-	-	-	-	-0,5	1,7	0,6
Kaolinit	x	13,1	6,09	4,83	-	-	-	-	-	-	-		1,8	1
Rest		2,8	2,95	-	0,02	-0,09	-	-	-	-	-	-0,5	-0,1	0,6
Kvarts	x	2,9	2,95											
Rest		-0,1	-	-	0,02	-0,09	-	-	-	-	-	-0,5	-0,1	0,6

Jabel 1. Totalkemisk sammensætning af mineraler (her i typeform), der er mere eller almindelig udbredte i jordes ler- og siltfraktioner - udtrykt i procent oxider -.

Table 1. The total chemical composition of constituents used as norms for computing the constituent composition of the soil clay fraction.

Mineral	<u>SiO<sub>2</sub></u>	<u>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></u>	<u>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></u>	<u>MgO</u>	<u>CaO</u>	<u>K<sub>2</sub>O</u>	<u>Na<sub>2</sub>O</u>
<u>Primære mineraler</u>							
Kvarts	100,00	-	-	-	-	-	-
K-feldspat (1)	64,7	18,4	-	-	-	16,9	-
Na-feldspat (1)	68,7	19,5	-	-	-	-	11,5
Ca-feldspat (1)	43,2	36,6	-	-	20,2	-	-
Hornblende	49,2	9,8	14,3	13,2	7,6	-	3,9
<u>1:1 lags silikatmineraler</u>							
Kaolinit	46,5	36,6	-	-	-	-	-
Halloysit	44,2	37,5	-	-	-	-	-
Hydratiseret halloysit	40,8	34,6	-	-	-	-	-
<u>2:1 lags silikatmineraler</u>							
Fe-Mg-dioct. illit (2)	49,8	24,6	7,8	2,2	-	6,9	-
Fe-hold. dioct. illit (2)	47,8	21,8	12,1	2,5	-	6,9	-
Fe-rig dioct. illit (2)	46,6	18,9	16,2	2,9	-	6,8	-
Dioct. vermiculit	49,3	25,4	9,9	2,0	-	-	-
Al-dioct. chlorit	38,1	34,9	11,7	3,0	-	-	-
Al-dioct. chlorit	41,6	32,8	12,3	3,1	-	-	-
Al-dioct. chlorit	47,4	25,7	15,4	3,4	-	-	-
Al-trioct. chlorit	41,4	20,1	19,7	10,0	-	-	-
Mg-montmorillonit	65,2	20,8	-	5,5	-	-	-
Fe-holdigt montmorillonit	62,7	16,6	6,8	4,5	-	-	-
Fe-rig montmorillonit	61,4	13,0	12,2	4,1	-	-	-
Nontronit	54,1	7,9	26,6	2,5	-	-	-
Beidellit	57,7	28,6	4,2	1,1	-	-	-
Saponit	48,5	13,7	9,6	21,7	-	-	-
<u>Hydroxider - oxidhydroxider - oxider</u>							
Gibbsit	-	65,4	-	-	-	-	-
Al-rig allophan	25,7	43,6	-	-	-	-	-
Si-rig allophan	36,4	30,9	-	-	-	-	-
Imogolit	30,3	51,5	-	-	-	-	-
Goethit (3)	-	-	89,9	-	-	-	-
Hydratiseret goethit (3)	-	-	85,5	-	-	-	-
Ferrihydrit (3)	-	-	83,1	-	-	-	-
Ikke-hydrtatiseret ferrihydroxid	-	74,7	-	-	-	-	-
Maghemit (3)	-	-	100,0	-	-	-	-
Hematit (3)	-	-	100,0	-	-	-	-
Polymer silica-type	72,7	-	-	-	-	-	-
				<u>MnO<sub>2</sub></u>	<u>TiO<sub>2</sub></u>		
Pyrolucit				100,0			
Anatas (4)				100,0			

(1) Na-og Ca-feldspater danner ofte faste oplosninger (Plagioklaser) og K-feldspat indeholder ofte mindre mængder af Na.

(2) Indeholder ofte spor af Ca, Na og Ti.

(3) Kan indeholde op til ca. 25 molprocent Al.

(4) Kan indeholde en del Fe(II).

Tabel 2. Forskellige typemineralers procentiske vægttab ved ophejning i temperaturintervallerne: 110-350°C, 350-550°C og 550-950°C.

Table 2. The weight loss in the temperature intervals 110-350°C, 350-550°C, and 550-950°C of constituents used as norms for the computation of the constituent composition of the soil clay fraction.

Mineral	110-350°	350-550°	550-950°	Glødetab(1)
<u>Primære mineraler</u>				
Hornblende (2)				
<u>1:1 lags silikatmineraler</u>				
Kaolinit	-	14,0	-	14,0
Halloysit	(2,6)	(15,0)	(2,0)	19,6
Hydratiseret halloysit	12,2	12,3	-	24,5
<u>2:1 lags silicatmineraler</u>				
Fe-Mg-dioct. illit	(2,0)	4,6	2,2	8,8
Fe-holdigt illit	2,1	4,4	2,3	8,8
Fe-rig illit	2,0	4,3	2,3	8,6
Dioct. vermiculit	(4,1)	3,1	6,2	13,4
Al-dioct. chlorit	(0,5)	(0,6)	11,2	12,3
$\frac{2}{3}$ Al-dioct. chlorit (2)				10,2
$\frac{1}{2}$ Al-dioct. chlorit (2)				8,1
$\frac{1}{2}$ Al-trioct. chlorit (2)				8,9
Mg-montmorillonit	3,4	2,1	3,0	8,5
Fe-holdigt mintmorillonit	(4,6)	(2,1)	(2,7)	9,4
Fe-rig montmorillonit	(4,7)	(2,0)	(2,5)	9,2
Nontronit	3,7	3,2	2,0	8,9
Beidellit	3,2	2,2	3,0	8,4
Saponit	(2,4)	(1,8)	2,3	6,5
<u>Hydroxider - oxidhydroxider - oxider</u>				
Gibbsit	31,2	3,4	-	34,6
Al-rig allophan (3)				30,8
Si-rig allophan (3)				32,7
Imogolit (3)				18,2
Goethit	10,1	-	-	10,1
Hydratiseret goethit	14,5	-	-	14,5
Ferrihydrit	16,9	-	-	16,9
Ikke-hydratiseret ferrihydrox.	25,3	-	-	25,3
Maghemit	-	-	-	-
Hematit	-	-	-	-
Polymer silica-type				27,3

(1) Er den teoretisk beregnede værdi.

(2) Vægttabet i de forskellige intervaller kendes ikke med sikkerhed. Ved beregningen forventes vægttabfordelingen at være som for Al-dioct. chlorit.

(3) Vægttabet i de enkelte intervaller kendes ikke med sikkerhed. Ved beregningen benyttes gibbsits vægttabfordeling.

Tabel 3. Forskellige typemineralers kationadsorptionskapacitet ved pH 8 (i mækv. pr. 100 g mineral).

Table 3. The cation exchange capacity of constituents used as norms for computing the constituent composition of the soil clay fraction.

Mineral	Gennemsnits-verdi	Spredning
<u>1:1 lags silicatmineraler</u>		
Kaolinit	7	5-10
Halloysit	7	5-10
Hydratiseret halloysit	10	7-12
<u>2:1 lags silicatmineraler</u>		
Fe-Mg-dioct. illit	30	20-40
Fe-holdigt illit	30	20-40
Fe-rig illit	30	20-40
Dioct. vermiculit	150	120-180
Al-dioct. chlorit	30	20-40
$\frac{1}{2}$ Al-dioct. chlorit	(30)	(20-40)
$\frac{1}{2}$ Al-dioct. chlorit	(30)	(20-40)
$\frac{1}{2}$ Al-trioct. chlorit	(30)	(20-40)
Mg-montmorillonit	100	80-120
Fe-holdigt montmorillonit	100	80-120
Fe-rig montmorillonit	100	80-120
Nontronit	100	80-120
Beidellit	100	80-120
Saponit	100	80-120
<u>Hydroxider - oxidhydroxider - oxider</u>		
Gibbsit	< 5	(0-10)
Al-rig allophan	(70)	(50-110)
Si-rig allophan	(70)	(50-110)
Imogolit	(70)	(50-110)
Goethit	10	(0-20)
Hydratiseret goethit	(20)	(10-40)
Ferrihydrit	(30)	(20-50)
Maghemit	< 5	0-10
Hematit	< 5	0-10
Polymer silica-type	?	

- - - - -

Værdierne i parenteserne er usikre, idet disse mineralers CEC afhænger af kontaminationsgraden og af hydratiseringen.









