

# Glaciale smeltevandsaflejringer af Saale alder inden for bakkeøer: Basisdata fra Skovbjerg og Esbjerg bakkeøer



**Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse**  
Miljøministeriet

**Danmarks JordbrugsForskning**  
Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri



**Redaktion:** Vibeke Ernstsén

**Omslag:** Kristian Rasmussen

**Oplag:** 100

**Udgivelsesår:** 2005

ISBN 87-7871-160-6

© Miljøministeriet

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, GEUS

Øster Voldgade 10,

DK-1350 København K

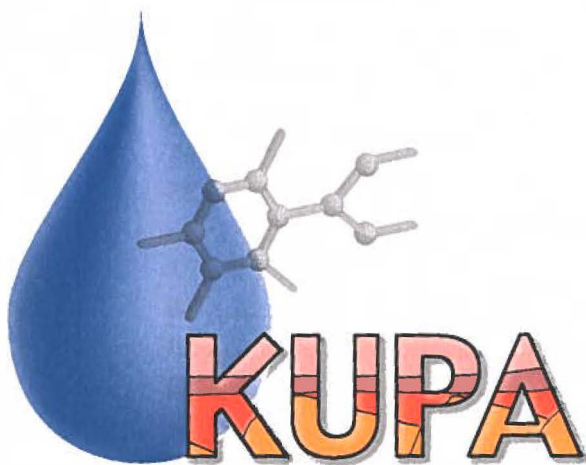
Telefon: 38 14 20 00

Telefax: 38 14 20 50

E-post: [geus@geus.dk](mailto:geus@geus.dk)

Internet: [www.geus.dk](http://www.geus.dk)

## **Glaciale smeltevandsaflejringer af Saale alder inden for bakkeøer: Basisdata fra Skovbjerg og Esbjerg bakkeøer**



**Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse**  
Miljøministeriet

**Danmarks JordbrugsForskning**  
Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri



## **KUPA rapport nr. 9**

# **Undersøgelse af smeltevandssand af Saale alder på bakkeø, basisdata fra Skovbjerg og Esbjerg bakkeø**

# Indhold

<b>1.</b>	<b>Indledning</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>Udpegning af lokaliteter og definition af feltundersøgelser</b>	<b>7</b>
2.1	Fuldt undersøgelsesprogram profiler.....	8
2.2	Placering af fuldt undersøgelsesprogram profilerne indenfor undersøgelsesmarkerne .....	8
2.2.1	Nr. Felding lokaliteten .....	8
2.2.2	Alle lokaliteten .....	10
2.2.3	Hjortkær lokaliteten.....	12
2.2.4	Sammenfatning af EM38-målingerne .....	14
<b>3.</b>	<b>Resultater fra fuldt undersøgelsesprogram profiler på smeltevandssand af Saale alder</b>	<b>15</b>
3.1	Pedologi .....	15
3.1.1	Nr. Felding lokaliteten .....	16
3.1.1.1	Jordbundsudvikling.....	16
3.1.2	Alle lokaliteten .....	19
3.1.2.1	Jordbundsudvikling.....	19
3.1.3	Hjortkær lokaliteten.....	22
3.1.3.1	Jordbundsudvikling .....	22
3.2	Geologi.....	25
3.2.1	Nr. Felding lokaliteten .....	25
3.2.2	Alle lokaliteten .....	27
3.2.3	Hjortkær lokaliteten.....	29
3.3	Fysiske, kemiske og mineralogiske undersøgelser .....	31
3.3.1	Lokaliteterne Nr. Felding, Alle og Hjortkær .....	31
3.3.1.1	Nr. Felding lokaliteten .....	31
3.3.1.2	Alle lokaliteten.....	33
3.3.1.3	Hjortkær lokaliteten .....	35
3.3.2	Sammenligning af fysiske, kemiske og mineralogiske egenskaber .....	37
3.3	Hydraulik .....	38
3.3.1	Udtagne prøver.....	38
3.3.1.1	Nr. Felding lokaliteten.....	38
3.3.1.2	Alle lokaliteten .....	39
3.3.2	Volumenvægt.....	39
3.3.3	Teksturanalyse på store kolonner .....	39
3.3.4	Vandretention .....	40
3.3.5	Mættet hydraulisk ledningsevne .....	43
3.3.6	Umættet hydraulisk ledningsevne.....	43
3.3.7	Anvendelighed af hydrauliske data .....	44
3.4	Mikrobiologi .....	45
3.4.1	Mikrobiel biomasse .....	46
3.4.2	Mikrobiel aktivitet .....	48

3.4.3	Mikrobiel diversitet .....	48
3.4.4	Sammenfatning .....	49
3.5	Pesticidspecifikke parametre .....	50
3.5.1	Pesticides binding .....	50
3.5.2	Pesticiders mineralisering .....	52
3.5.3	DT50 bestemmelse .....	56
3.6	Georadar .....	58
3.6.1	Nr. Felding lokaliteten .....	58
3.6.2	Alle lokaliteten .....	61
3.6.3	Hjortkær lokaliteten .....	64
3.6.4	Geologisk tolkning og sammenligning af georadarundersøgelserne.....	67
	<b>Referencer</b>	<b>68</b>
	<b>Appendiks 1</b>	<b>69</b>

## Forord

Heidi C. Barlebo (GEUS)

Denne basisdatarapport er udført som en del af projektet: Koncept for udpegning af pesticidfølsomme arealer, KUPA, der har til formål at tilvejebringe den nødvendige viden og hvis muligt udvikle en operationel metode til klassificering af arealer, som er særlig følsomme overfor pesticidnedsivning til grundvandet. Opgaven er stillet af det danske folketings for at støtte amterne i forbindelse med udpegningen, en opgave der er dem pålagt i forbindelse med gennemførelsen af Vandmiljøplan II og Drikkevandsudvalgets betænkning fra 1997. Undersøgelserne er udført i samarbejde mellem Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) og Danmarks JordbrugsForskning (DJF).

I KUPA-projektet er der indsamlet en større mængde data, der danner baggrund for udarbejdelsen af konceptet til udpegning af sandområder, der er særlig følsomme overfor pesticidnedsivning til grundvandet. Formålet med basisdatarapporterne er at dokumentere indsamlede data og præsentere datagrundlaget, der ligger til grund for konceptet (Nygaard, Red., 2004). Rapporterne er opdelt efter landskabselementer. I hver rapport præsenteres undersøgelseslokaliteterne indenfor det givne landskabselement sammen med de tilhørende data og observerede forhold af relevans for tolkningen af data. Denne basisdatarapport omhandler data indsamlet på undersøgelseslokaliteter med smeltevandssand af Saale alder indenfor Skovbjerg og Esbjerg bakkeøer.

Projektet er blevet fulgt af en styregruppe bestående af:

Alex Sonnenborg, GEUS (Bjarne Madsen 1/3 til 30/11, 2000)  
Per Rosenberg, GEUS (Bo Lindhardt 1/3-2000 til 1/3-2002)  
Peter Gravesen, GEUS  
Erik Nygaard, GEUS (Heidi C. Barlebo 1/3-2000 til 1/12 2002)  
Harald Mikkelsen, DJF (1/3-2000 til 1/10-2002)  
Jesper Waagepetersen, DJF  
Jørgen Jakobsen, DJF  
Christian Ammitsøe, Miljøstyrelsen  
Lærke Thorling, Århus Amt  
Poul Henning Petersen, Landbrugets Rådgivningscenter  
Jens Bastrup, Dansk vand- og spildevandsforening

Rapporten er udarbejdet med bidrag fra forfattere ved Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse og Danmarks JordbrugsForskning, og på baggrund af et datasæt etableret gennem et omfattende prøveindsamlings- og analysearbejde som er udført af et stort antal medarbejdere på institutionerne. Disse medarbejdere er i alfabetisk rækkefølge:

Ann Dorrit Steffensen, Anne Britze, Arne Helweg, Bjarne Hansen, Bo Vangsø Iversen, Bodil B. Christensen, Carsten Guvad, Carsten S. Jacobsen, Christen D. Børgesen, Christi R. Jensen, Ditte Kiel-Dürring, Egon Hansen, Finn Pilgaard Vinther, Heidi C. Barlebo, Henrik Vosgerau, Holger Nehmdal, Hubert de Jonge, Ingelise Møller, Jens Henrik Badsberg, Jim Rasmussen, Klaus Refslund, Lars Elsgaard, Lasse Gudmundsen, Lisbeth Løvig Nielsen, Marga Jørgensen, Marianne Schou, Martin Hansen, Michael Koppelgaard, Mogens H. Greve, Nina Jørgensen, Per Jensen, Per Nyegaard, Pernille Stockmarr, Pia Bach Jakob-

sen, Preben Olsen, René K. Juhler, Rikke W. Riis, Rune Johnsen, Spire Maja Kiersgaard, Stig T. Rasmussen, Svend . Olesen, Szymon Kopalski, Søren B. Torp, Søren Nielsen og Trine Henriksen, Ulla C. Brinch, Vibeke Ernsten.

Forfatterne, som er nævnt ved de enkelte kapitler, er i alfabetisk rækkefølge:

Bo V. Iversen, Carsten S. Jacobsen, Finn P. Vinther, Heidi C. Barlebo, Henrik Vosgerau, Ingelise Møller, Jim Rasmussen, Lars Elsgaard, Mogens H. Greve, Ole H. Jacobsen, René K. Juhler, Svend E. Olesen, Søren B. Torp, Ulla C. Brinch, Vibeke Ernsten

Retningslinier for indhold og koordinering af tekst er foretaget af projektgruppen bestående af:

Heidi C. Barlebo, GEUS

Vibeke Ernsten, GEUS

Carsten Suhr Jacobsen, GEUS

Henrik Vosgerau, GEUS (Peter Roll Jakobsen, GEUS, 1/8 til 31/10, 2001)

Ole Hørbye Jacobsen, DJF

Svend Elsnab Olesen, DJF



# 1. Indledning

Heidi C. Barlebo (GEUS) og Henrik Vosgerau (GEUS)

Som del af tilvejebringelse af nødvendig viden og om muligt udvikling af en metode til klassificering af arealer, som er særlig følsomme overfor pesticidnedsivning til grundvandet, er der i projektet foretaget en række detailundersøgelser. I den forbindelse er et stort antal undersøgelsesmarker udvalgt, hvor parametre, som menes at have betydning for udvaskningen af pesticider til grundvandet, undersøges. En del af de pesticidfølsomme parametre formodes at knytte sig til geologi og pedologi, hvorfor undersøgelsesmarkerne er udvalgt således, at de repræsenterer forskellige typer sandede jordarter. Endvidere er lokaliteterne valgt således, at de er beliggende indenfor forskellige typer landskabselementer. Ud fra denne udvælgelsesmetode vil det i en senere rapport blive vurderet, om resultaterne af de pesticidfølsomme parametre på punkt- eller markskala opnået på undersøgelsesmarkerne kan opskaleres til større områder som fx landskabselementer ved hjælp af jordarts- eller landskabselementtypen.

I KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002) er der gjort nærmere rede for hvilke typer kvartære jordarter og landskabselementer, der undersøges indenfor KUPA projektet. Nærværende rapport fremlægger basisdata opnået ved undersøgelser på smeltevandssand af Saale alder indenfor Skovbjerg og Esbjerg Bakkeøer. Bakkeøer er et landskabselement, der er typisk for Vestjylland og som udgør et istidslandskab skabt af de gletschere, der dækkede Jylland i næstsidste istid, Saale.

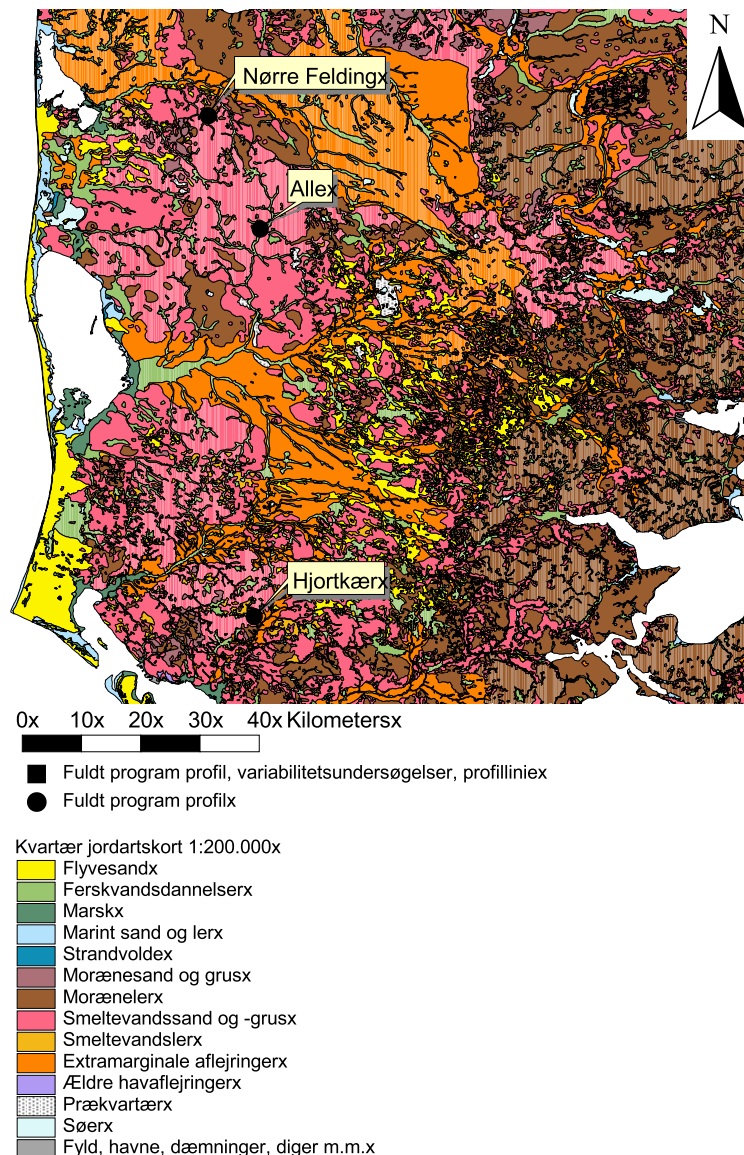
I undersøgelserne indsamles data fra den (vand-) umættede zone, dvs. fra jordoverfladen og ned til grundvandsspejlet. Der bestemmes sammenhørende værdier af hydrauliske, mikrobielle og stofspecifikke parametre, der er relateret til pedologiske, mineralogiske, kemiske og geologiske data. Beskrivelse af de anvendte undersøgelses- og analysemetoder er samlet i KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002).

Rapporten indledes i kapitel (2) med en oversigt over udpegede lokaliteter på Skovbjerg og Esbjerg bakkeøer og en definition af de udførte typer feltundersøgelser. Resultaterne fra fuldt undersøgelsesprogram profil opdelt på fagdiscipliner vises i kapitel (3). I kapitel (4) følger markvariationsundersøgelserne i form af resultaterne af geofysik undersøgelserne.

## 2. Udpegning af lokaliteter og definition af feltundersøgelser

Henrik Vosgerau (GEUS)

På Skovbjerg og Esbjerg bakkeøer er tre undersøgelsesmarker udvalgt, som er beliggende på smeltevandssand, og som endvidere opfylder de stillede krav til dybde af grundvandspejl, bedriftstype mm. (beskrevet nærmere i KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002)). De undersøgte marker benævnes Alle, Nørre Felding og Hjortkær. I fig. 2.1 er deres placering på Skovbjerg og Esbjerg bakkeøer vist.



**Figur 2.1.** Undersøgelsesmarkernes beliggenhed i Vestjylland med det Kvartære Jordartskort (1:200.000) som baggrund. Lokaliteterne Alle og Nørre Felding er beliggende på Skovbjerg bakkeø mens lokaliteten Hjortkær er beliggende på Esbjerg bakkeø.

## 2.1 Fuldt undersøgelsesprogram profiler

På alle 3 marker er der indledningsvist foretaget geofysiske EM38-målinger og georadarundersøgelser. Efterfølgende er der på hver af de 3 undersøgelsesmarker placeret et fuldt undersøgelsesprogram profil, som er sammensat af en udgravning og en boring der såvidt muligt går ned til grundvandsspejlet, således at hele den umættede zone er dækket ind. Udgravningen er generelt op til 1,7 m dyb med to profilvægge, der er ca. 10 meter lange, og som står vinkelret på hinanden.

Fra fuldt undersøgelsesprogram profilerne udtages generelt prøver i 5 dybder, der relaterer sig til forskellige jordhorisonter indenfor den umættede zone (se KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002)). Prøverne anvendes til analyse af tekstur, hydrauliske, mikrobiologiske, stofspecifikke og geokemiske parametre efter metoder angivet i KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002). På baggrund af fuldt undersøgelsesprogram profilerne er pedologien, geologien og geokemien beskrevet igennem den umættede zone.

## 2.2 Placering af fuldt undersøgelsesprogram profilerne indenfor undersøgelsesmarkerne

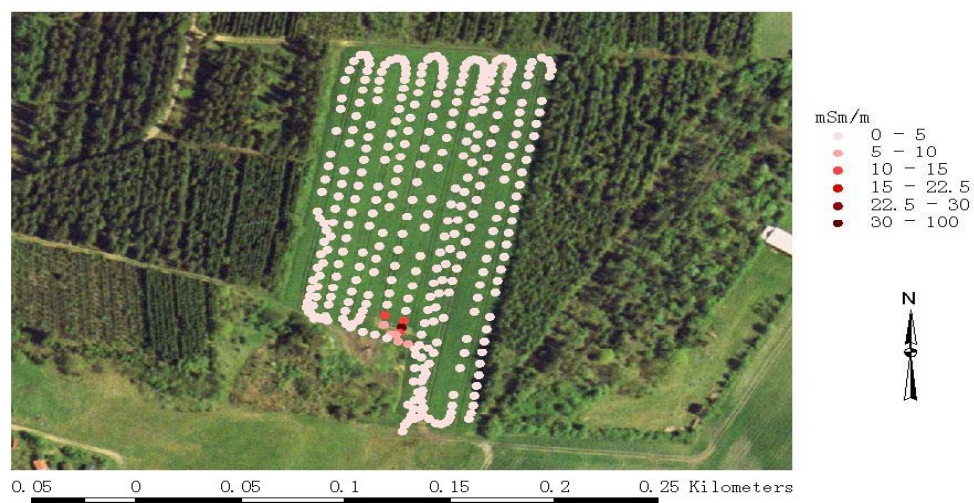
Søren B. Torp (DJF)

De udvalgte marker er indledningsvis blevet opmålt med EM38, således at disse målinger kunne anvendes til den nøjagtige placering af fuldt undersøgelsesprogram profilerne på alle 3 lokaliteter.

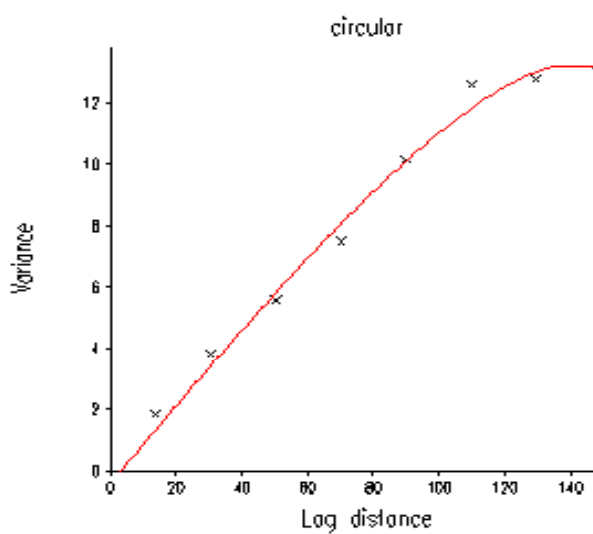
Efter at EM38 kortlægningen var gennemført og resultaterne indledningsvis bearbejdet, blev der udpeget en egnet lokalitet til placeringen af jordprofilet. Lokaliteten blev udpeget således at den, for smeltevandssand, havde typiske EM38-værdier. Lokaliteterne blev efterfølgende opsøgt for at få bekræftet, at lokaliteten var placeret på den rigtige jordart. I tabel 2.1 kan man se de statistiske parametre fra alle målingerne på alle smeltevandslokaliteterne på bakkeøen.

### 2.2.1 Nr. Felding lokaliteten

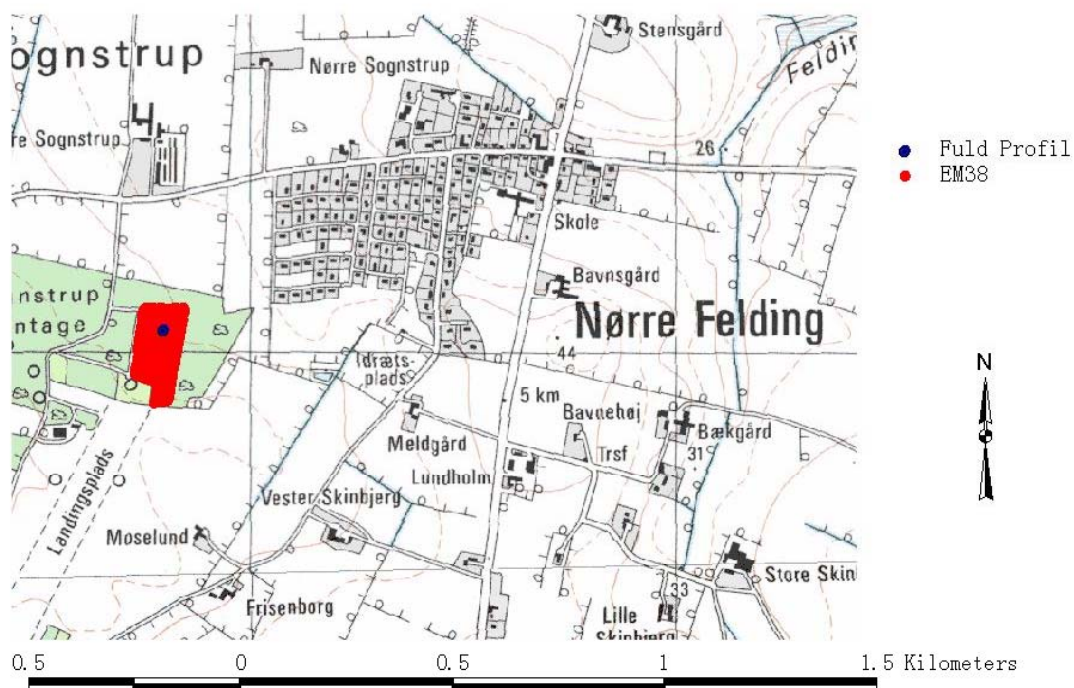
Resultater fra EM38-undersøgelsen fra Nr. Felding lokaliteten er vist på figur 2.2 og 2.3. Ud fra disse resultater er placeringen af udgravningen af fuldt undersøgelsesprogram profilet foretaget, figur 2.4.



**Figur 2.2.** Nr. Felding - resultater fra målinger med den elektromagnetiske EM38 sensor. Figuren viser målinger af jordens elektriske ledningsevne målt i millisiemens pr. meter.



**Figur 2.3.** Variogram af EM38-målingerne fra Nr. Felding lokaliteten. Punkterne er den eksperimentelle semivariance. Den røde linie er den bedst fittede cirkulære model med følgende parametre (defineret i KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002)): Range = 280 m, sill = 19,2 og nugget = 3,4.



**Figur 2.4.** Nr. Felding lokaliteten. Undersøgelsesmarkens geografiske placering ved Nr. Felding. Markens udstrækning er vist med rødt. Profilet er lavet ved det blå punkt.

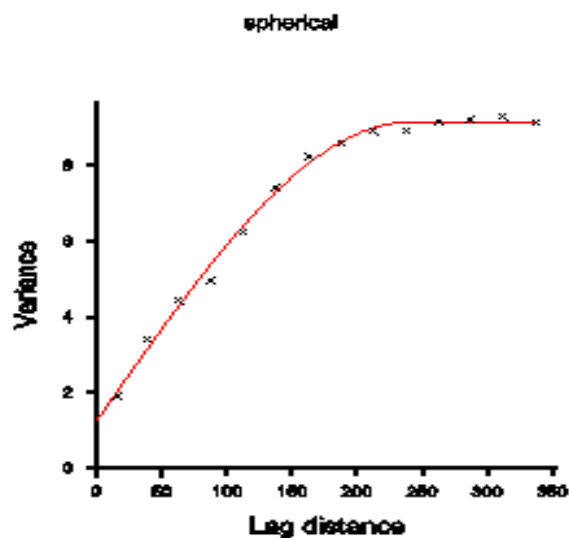
### 2.2.2 Alle lokaliteten

Resultater fra EM38-undersøgelsen fra Alle lokaliteten er vist på figur 2.5 og 2.6. Ud fra disse resultater er placeringen af udgravningen af fuldt undersøgelsesprogram profilet bestemt. Placeringen er angivet i figur 2.7.

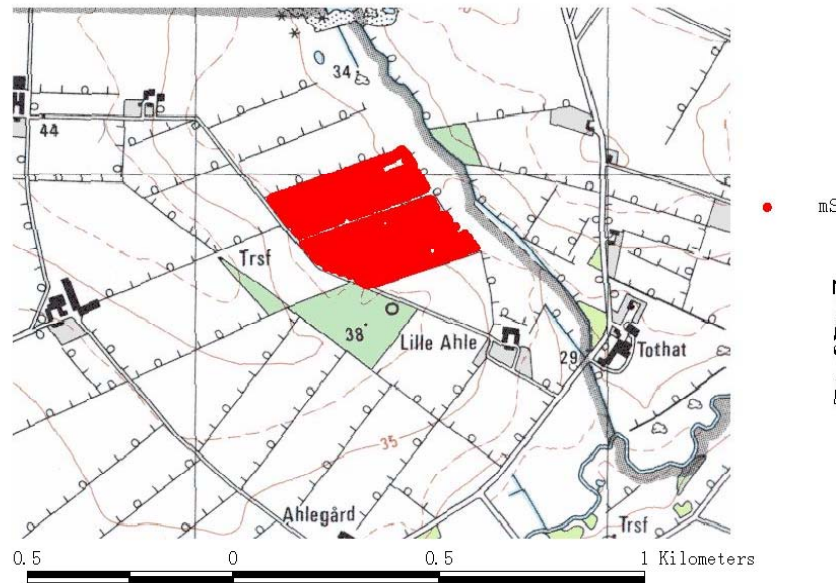


Fi

**Figur 2.5.** Alle – resultater fra målinger med den elektromagnetiske EM38 sensor. Figuren viser målinger af jordens elektriske ledningsevne målt i millisiemens pr. meter. Værdier i området 0-5 mS/m (lys) ses i det nordlige område, mens målinger på 5-10 (lyserød) dækker det største areal. Måleværdier > 10 ses i to lavtliggende områder og skyldtes forhøjet humusindhold i overjorden.



**Figur 2.6.** Variogram af EM38-målingerne fra Alle lokaliteten. Punkterne er den eksperimentelle semivariance. Den røde linie er den bedst fittede spheriske model med følgende parametre (defineret i KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002)): Range = 329 m, sill = 9,6 og nugget = 0,5.



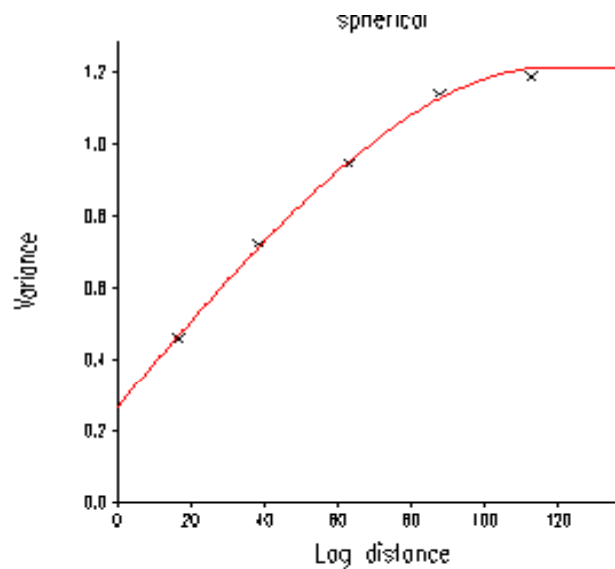
**Figur 2.7.** Alle lokaliteten. Undersøgelsesmarkens geografiske placering ved Nr. Felding. Markens udstrækning er vist med rødt. Profilet er lavet ved det blå punkt.

### 2.2.3 Hjortkær lokaliteten

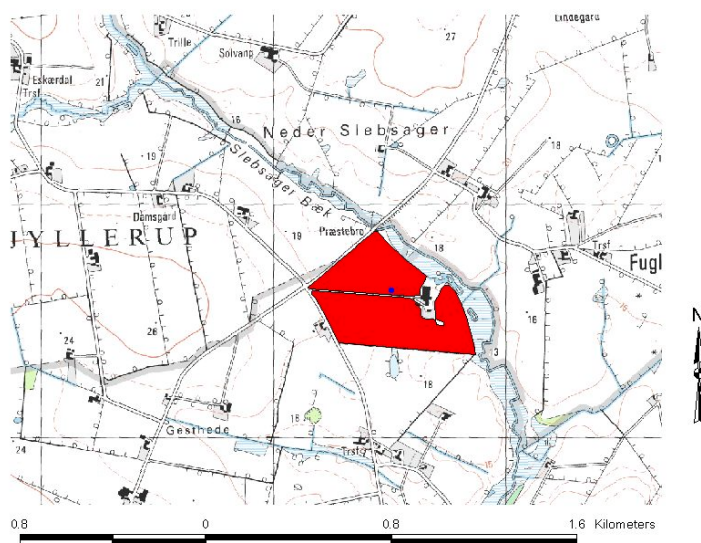
Resultater fra EM38-undersøgelsen af Hjortkær lokaliteten er vist på figur 2.8 og 2.9. Ud fra disse er placeringen af udgravningen af fuldt undersøgelsesprogram profilet bestemt. Placeringen er angivet i figur 2.10.



**Figur 2.8.** Hjortkær – resultater fra målinger med den elektromagnetiske EM38 sensor. Figuren viser målinger af jordens elektriske ledningsevne målt i millisiemens pr. meter. Omkring undersøgelsesprofilet (figur 2.10) findes måleværdier i intervallerne 5 – 10 og 10 – 15 millisiemens/meter.



**Figur 2.9.** Variogram af EM38-målingerne fra Hjortkær lokaliteten. Punkterne er den eksperimentelle semivariance. Den røde linie er den bedst fittede sphæriske model med følgende parametre (defineret i KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002)): Range = 100 m, sill = 18 og nugget = 1,8.



**Figur 2.10.** Hjortkær lokaliteten. Undersøgelingsmarkens geografiske placering nær ved Jyllerup. Markens udstrækning er vist med rødt. Undersøglesprofilen er placeret ved det blå punkt.



## 2.2.4 Sammenfatning af EM38-målingerne

I tabel 2.1 ses de statistiske parametre fra databehandlingen af EM38-målingerne.

**Tabel 2.1.** Tabellen summerer resultaterne fra den geostatistiske modellering af alle EM38 kortlægningerne af smeltevandssand på bakkeøen.

Lokalitet	Range	Sill	Nugget	Model
Nr. Felding DS	280	19,2	3,4	sfærisk
Alle	329	9,6	0,5	cirkulær
Hjortkær DS	280	19,2	3,4	cirkulær
Hvingel-Lomborg	180	1,1	0	m

### 3. Resultater fra fuldt undersøgelsesprogram profiler på smeltevandssand af Saale alder

Dette kapitel omhandler undersøgelsesresultaterne for den repræsentative jordprofil på hver af de tre marker, udpeget på morænesand på landskabelementet bakkeø. Undersøgelserne er dels foretaget i en vinkelret udgravning til ca. 1,7 meters dybde og dels i boringer. Proceduren er nærmere beskrevet i KUPA-rapport nr. 2 (Barlebo, 2000). Profilundersøgelserne omfatter en pedologisk og geologisk beskrivelse af de øvre jordlag. Desuden udtagning af repræsentative jordprøver i forskellige dybder til laboratorieundersøgelser. Der gennemføres fysiske, kemiske og biologiske analyser inklusiv teksturanalyser, mineralogi, hydraulisk ledningsevne, mineraliseringspotentiale, samt pesticidbindingskapacitet og – nedbrydningspotentiale.

#### 3.1 Pedologi

Søren Torp (DJF)

De pedologiske forhold samt de dominerende jordbundsdannende processer på undersøgelseslokaliteterne er beskrevet i det følgende. En detaljeret beskrivelse af de fysiske, kemiske og mineralogiske forhold på lokaliteterne findes beskrevet i kapitel 3.3.

Jorderne er bestemt efter det danske klassifikationssystem (Madsen, 1985) og det amerikanske Soil Taxonomy (USDA, 1999). Der henvises i øvrigt til KUPA rapport nr. 2 Metoderapport (Barlebo, 2000) med hensyn til profilgravning, beskrivelsesmetoder, analysemetoder m.m. Da den pedologiske og geologiske kornstørrelsesskala er lidt forskellig og da der dermed refereres til forskellige kornstørrelses er sammenhængen mellem de to kornstørrelsesbetegnelser vist i tabel 3.1.

**Tabel 3.1.** Pedologiske og geologiske kornstørrelsesbetegnelser for de anvendte kornstørrelsesfraktioner.

Kornstørrelsesfraktioner mm	Kornstørrelsesbetegnelse	
	Pedologi	Geologi
> 6,3	Grus/sten	Grus, sten, blokke
2 - 6,3		Grus      fint
1 – 2	Sand	groft
0,5 – 1		groft
0,2 - 0,5		groft mellem
0,125 - 0,2		fint mellem
0,063 - 0,125		fint
0,020 - 0,063	Silt	groft
0,002 - 0,020		fint-mellem
< 0,002	Ler	Ler

### 3.1.1 Nr. Felding lokaliteten

Jordbundsprofilen klassificeres efter det danske system (Madsen 1985) som en Typipodzol pga. den diagnostiske Bs-horisont.

#### 3.1.1.1 Jordbundsudvikling

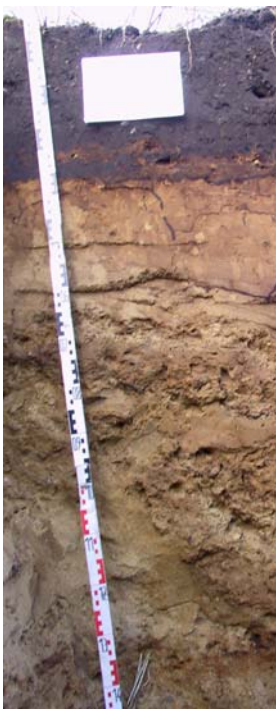
Jorden ved Nr. Felding har været påvirket af følgende forhold; podsolering og landbrugsdrift. Jordbundsgenesen i profilet er præget af podsolering, tabel 3.2.

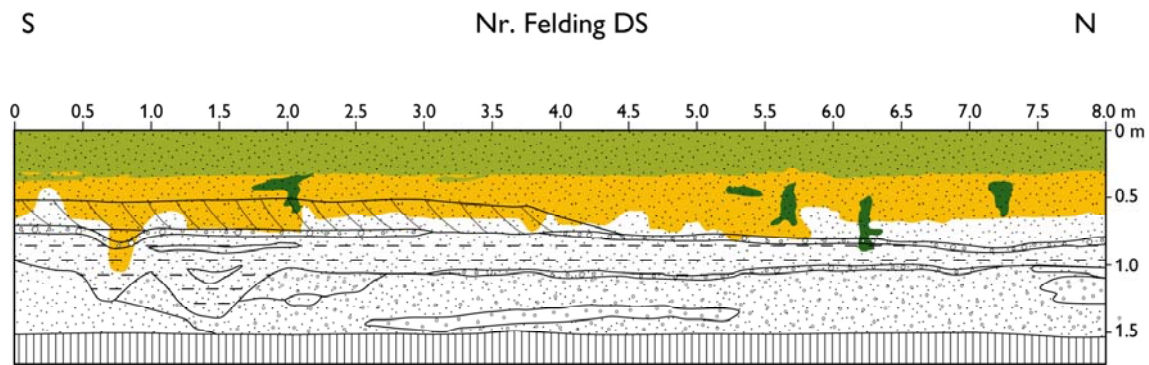
Den brune farve i Bs-horisonten er det synlige tegn på ophobning af sesquioxider. Af analyseresultaterne (tabel 3.5) ses det at det er indholdet af aluminium der er højest i Bs-horisonten. Forholdet mellem  $Fe_{\text{oxal}} + Al_{\text{oxal}}$  og  $Fe_{\text{DCB}} + Al_{\text{DCB}}$  indikerer en podsolering uden at den dog er så fremskreden at den opfylder FAO krav til en spodisk horisont. Betragter man de lange profilskitser, figur 3.1 og 3.3, kan man se at der findes moderat udviklede lodrette "skorstene" af Bhs-materiale fordelt spredt i profilet. Der er ikke udtaget prøver i Bhs-materialet.

Værdien for ODOE (optisk densitet) overstiger ikke 0,3 for Bs-horisonten. Den grænse bruges som et krav til en spodisk horisont i FAO (1998). I dette tilfælde viser det at flytningen og ophobningen af stoffer i podsoleringsprocessen primært omfatter jern og aluminium og i moderat omfang organiske forbindelser. Jordbundudviklingen må karakteriseres som podsolering, men den har også træk af forbruning.

Jorden må betegnes som værende veldrænet. Der findes en stærkt cementeret kontinuert ca. 1 cm tyk placic horisont i Bs-horisonten der kan have indflydelse på dræningen. Den nuværende landbrugsdrift med tilførsel af jordbrugskalk har hævet pH med 1.5 til 2 værdier i forhold til normale og uforstyrrede jorde på bakkeøen (Sundberg 1999).

**Tabel 3.2.** Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 291 ved Nr. Felding (DJF profil nr. 3157).

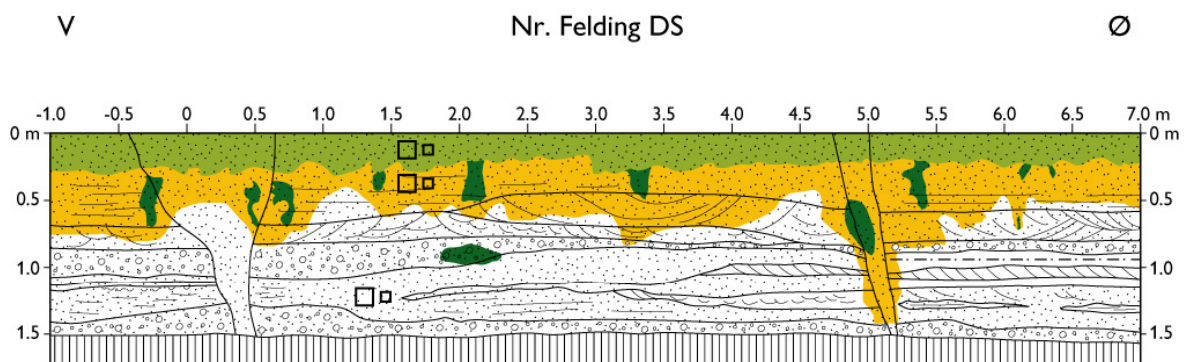
<b>Dansk jordklassifikation</b>	Typipodzol	<b>USDA jordklassifikation</b>	
<b>Udgangsmateriale</b>	Glaciale smeltevandsaflejringer	<b>Dræningsklasse</b>	Meget veldrænet jord
<b>UTM</b>	32 4711780 6241044	<b>Profil dybde</b>	160 cm
<b>Kote</b>	34 m	<b>Grundvandsdybde</b>	-
<b>Terrænform</b>	Storbakket moræne	<b>Vegetation</b>	Høstet afgrøde
<b>Landskabsform</b>	Bakkeø	<b>Beskriver</b>	Søren Torp & Steven Ashouti
<b>Hældning</b>	1 - 2 °	<b>Dato</b>	18-9-2001
<b>Bemærkninger</b>	Rødder set i 80 cm dybde; C-horisont: har lag af mere finkornet materiale som har en moderat grov struktur.		
	<b>Horisontbeskrivelse</b>		
	<p><b>Ap (0-35 cm)</b> Meget mørk brun (10YR 2/2 fugtig) siltet finsand; glaciale ferskvandsaflejringer; humusholdig, 1-7%; mindre end 5 vol %, små, 2,0-7,5 cm store sten, uforvitrede af tilstand og overvejende kantet af form og af blandede typer uden kalk; nogle fine rødder; fugtig, løs konsistens; svag, medium, subangulær struktur; abrupt jævn grænse.</p>		
	<p><b>Bs (35- 60 cm)</b> Mørk gullig brun (10YR 3/4 fugtig) siltet finsand; glaciale ferskvandsaflejringer; en del, 2-20% gullig brun (10YR 5/6 fugtig) afrundede store, større end 15 mm pletter, med tydelig kontrast og en klar, mindre end 2 mm grænse; humusfattig; mindre end 5 vol %, små, 2,0-7,5 cm sten, uforvitrede af tilstand og overvejende kantet af form og blandet af type uden kalk; nogle fine rødder; porer, 1-10/dm<sup>2</sup> som orme- og rodgange; meget svag, medium, subangulær struktur; fugtig, sprød konsistens; stærkt cementeret, kontinuert, og mindre end 1 cm tyk af placisk horisont; gradvis bølget grænse.</p>		
<p><b>C (60-160 cm)</b> Gullig brun (10YR 5/4 fugtig) siltet sand med bånd af grus (2 mm - 2 cm); glaciale ferskvandsaflejringer; få, mindre end 2%, afrundede store, større end 15 mm pletter, med tydelig kontrast og diffus, større end 2 mm grænse; humusfattig; 5-15 vol %, små, 2,0-7,5 cm sten, uforvitrede af tilstand og overvejende kantet af form og af blandet type uden kalk; strukturløs, fugtig, fugtig, sprød konsistens.</p>			



**Figur 3.1.** Profilskitse af S-N væggen i Nr. Felding DS. Farverne viser pedologien og stregerne geologien. En udførlig signaturforklaring findes i appendiks 1.



**Figur 3.2.** Sammensat billede af S-N profilvæg i udgravningen i Nr. Felding. Horisontudbredelsen kan ses på profilskitset i figur 3.1.



**Figur 3.3.** Profilskitse af V-Ø væg ved Nr. Felding. Farverne viser pedologien og stregerne geologien. Prøveudtagningssteder er indtegnet med kvadrater. En udførlig signaturforklaring findes i appendiks 1.



**Figur 3.4.** Foto af V-Ø væg ved Nr. Felding. Horisontudbredelse kan ses på profilskitset i figur 3.3.

### 3.1.2 Alle lokaliteten

Profilen klassificeres efter det danske system (Madsen 1985) som en Humuspodzol pga. den diagnostiske Bhs-horisont. Da der findes et svagt hærdnet al-lag i både Bhs- og Bs-horisonten er jorden en Svag hærdnet Humuspodzol. Profilen har et lithologisk teksturskift fra 132 cm, der er ligger for dybt til at indgå i navngivningen.

#### 3.1.2.1 Jordbundsudvikling

Jordbundsudviklingen ved Alle er påvirket af følgende forhold: Podsolering og al-lags dannelse, landbrugsdrift og jordbrugskalkning.

Jorden på dette sted i Alle udgøres af meget velsorteret groft mellemsand, tabel 3.6. Jorden er teksturelt opdelt i en grov mellemsandet overjord der når til ca. 125 cm's dybde, figur 3.5. og 3.7. Herunder findes et siltholdigt lerlag på ca. 25-50 cm's tykkelse.

Bhs-horisonten har været udsat for en forholdsvis moderat podsolering der kan erkendes ved forhøjede tal for jern og aluminium. I dag ses i Bs-horisonten enkelte lodret gående humusudfældninger, figur 3.5.-3.7, der kan antages at være rester af en tidligere overliggende og gemmen gående humusudfældningshorisont.

Analyseresultaterne for Ap-horisonten har moderat høje værdier for Fe og Al i Ap-horisonten, tabel 3.6. Det kan derfor antages at stoffer fra den spotdiske horisont med udfældninger af jern, aluminium og humus i dag er indeholdt og homogeniseret i Ap-horisonten.

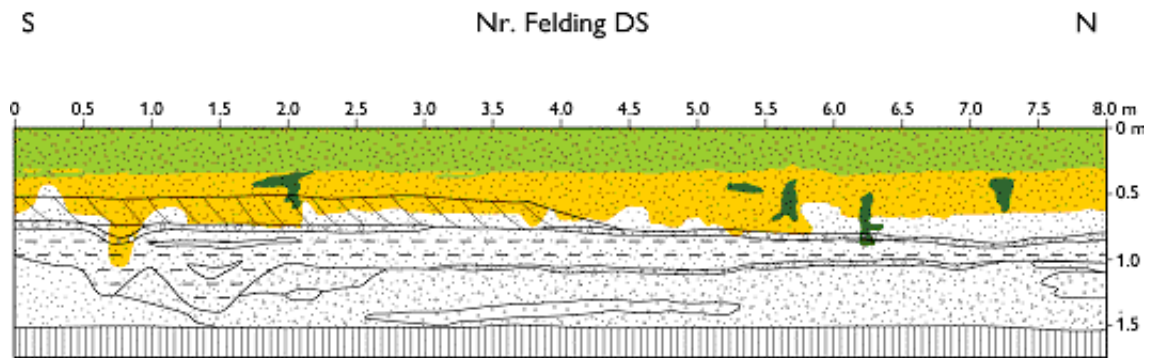
I jorden der er tegn på afblegning og grålige farver i de siltholdige dele af jorden. Anderledes hydrauliske forhold og dermed forskellige redox forhold tyder på lavt iltindhold i jorden i våde perioder. Vandstuvningen følger i store træk det lithologiske skift mellem det grove mellemsand og de silt- og lerholdige partier der kan ses på profilskitserne, figur 3.5 og 3.7. Jorden må derfor betegnes som moderat veldrænet (Madsen, 1988). Fra underkanten pløjelaget skærende Bs-horisonten sås som tidligere omtalt, enkelte spredte Bhs-horisonter, "skorstene", der kan være tegn på præferentiel vandstrømning i jorden. Disse Bhs-skorstene havde i nogen grad tilknytning til de silt rige partier i jorden. Oprindelsen til det rodede og kaotiske udseende fra 30-125 cm skal sandsynligt findes i krypturbationer og load castning under periglaciale forhold.

Landbrugsdriften har påvirket jorden og det ses især ved tilstedeværelsen af den homogene Ap-horisont (pløjelaget). Jorden har som følge af tilførsel af landbrugskalk en kunstig hævet pH. pH-værdien er faldende med dybden dvs. der er et omvendt pH-profil i modsætning til en naturlig jordbund. Jordens oprindelige og naturlige tilstand er en podsol med en lav surhedsgrad.

**Tabel 3.3.** Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 292 ved Alle (DJF profil nr. 3154).

<b>Dansk jordklassifikation</b>	Svag hærdnet Humuspodzol.	<b>USDA jordklassifikation</b>	
<b>Udgangsmateriale</b>	Smeltevandssand	<b>Dræningsklasse</b>	Meget veldrænet jord
<b>UTM</b>	32 483493 6221953	<b>Profil dybde</b>	200 cm
<b>Kote</b>	35 m	<b>Grundvandsdybde</b>	300 cm
<b>Terrænform</b>	Svagt kuperet	<b>Vegetation</b>	Brak
<b>Landskabsform</b>	Bakkeø	<b>Beskriver</b>	Søren Torp & Steven Ashouti
<b>Hældning</b>	1 - 3 °	<b>Dato</b>	17-9-2001
<b>Bemærkninger</b>	<p>En enkelt skorsten er overskåret; jordbundsprofilen har en rodet og kaotisk lithologi. Flydejord og kryoturbationer indtil 180 cm. Måske oparbejdet materiale f.eks. brunkul. Siltede/lerede områder med gley/jernpletter i 50-110 cm.</p> <p>I Bhs + Bs findes humusfyldte ormegange.</p> <p><b>Horisontbeskrivelse</b></p> <p><b>Ap (0-41 cm)</b> Sort (10YR 2/1 fugtig) siltet sand; glaciale ferskvandsaflejringer; humusholdig, 1-7%; mindre end 5 vol. %, små + mellemstore sten, uforvitrede af tilstand og overvejende afrundet af form og af blandede typer uden kalk; nogle fine rødde; svag, medium, subangulær struktur; fugtig, ikke klæbrig og abrupt jævn grænse.</p> <p><b>Bhs (41-60 cm)</b> Sort (7,5YR 2.5/2 fugtig) , med indblanding af brun (7,5YR 5/2 fugtig) sand; glaciale ferskvandsaflejringer; humusfattig; mindre end 5 vol. %, små + mellemstore sten, uforvitrede af tilstand og overvejende afrundet af form og blandede typer uden kalk; få fine rødde; svag, grov, angulær struktur; fugtig, meget sprød konsistens; svagt cementeret, kontinuert, og mere end 10 cm tyk pan af al-lag; meget lidt plettet af moderat tykke coatings af humus i rodgange; klar brudt grænse.</p> <p><b>Bs (60-70 cm)</b> Brunlig gul (10YR 6/8 fugtig) sand; glaciale ferskvandsaflejringer; humusfattig; mindre end 5 vol. %, små + mellemstore sten, uforvitrede af tilstand og overvejende afrundet af form og af blandede typer uden kalk; nogle fine rødde; porer, 1-10/dm<sup>2</sup> som orme- og rodgange; svag, medium, angulær struktur; fugtig, meget sprød; svagt cementeret, kontinuert, og mere end 10 cm tyk pan af al-lag; diffus irregulær grænse.</p> <p><b>C (126-132 cm)</b> Lys brunlig grå (10YR 6/2 fugtig) sand; og bånd af leret siltet sand; glaciale ferskvandsaflejringer; en del, 2-20 % brun (10YR 5/3 fugtig) brogede mellemstore, 5-15 mm pletter, med svag kontrast og klar, mindre end 2 mm grænse; humusfattig; mindre end 5 vol. %, små, 2,0-7,5 cm sten, uforvitrede af tilstand og overvejende afrundet af form og af bandede typer uden kalk; mindre end 5 vol. % bløde noder, afrundede, Fe- og Mn-oxider &amp; hydroxider (sorte), med en diameter mindre end 1 cm; strukturløs, fugtig, løs konsistens; gradvis irregulær grænse.</p> <p><b>2C (132-165 cm)</b> Meget mørk grålig brun (10YR 3/2 fugtig) siltet sand; med indblanding af leret siltet sand; issøaflejringer; humusfattig; mindre end 5 vol. % bløde noder, afrundede, Fe-oxider &amp; hydroxider (røde); med en diameter mindre end 1 cm; stærk, meget grov, pladestruktur; fugtig, meget fast konsistens; klar bølget grænse.</p> <p><b>3Ch (165-200 cm)</b> Meget mørk brun (10YR 2/2 fugtig) sand; issøaflejringer; humusholdig, 1-7%; strukturløs; fugtig, løs konsistens.</p>		

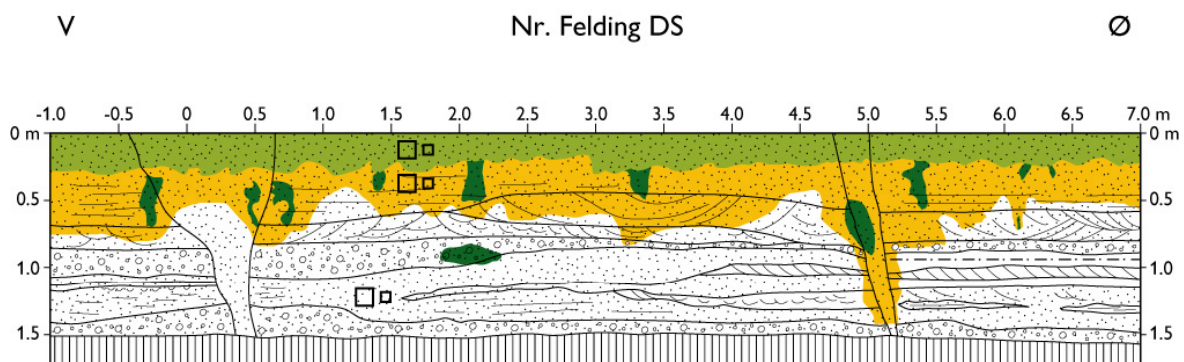




**Figur 3.1.** Profilskitse af S-N væggen i Nr. Felding DS. Farverne viser pedologien og stregerne geologien. En udførlig signaturforklaring findes i appendiks 1.



**Figur 3.2.** Sammensat billede af S-N profilvæg i udgravningen i Nr. Felding. Horisontudbredelsen kan ses på profilskitset i figur 3.1.



**Figur 3.3.** Profilskitse af V-Ø væg ved Nr. Felding. Farverne viser pedologien og stregerne geologien. Prøveudtagningssteder er indtegnede med kvadrater. En udførlig signaturforklaring findes i appendiks 1.



**Figur 3.4.** Foto af V-Ø væg ved Nr. Felding. Horisontudbredelse kan ses på profilskitset i figur 3.3.



### 3.1.3 Hjortkær lokaliteten

Jordbundsprofilen klassificeres efter det danske system (Madsen, 1985) som en Brunpodzol pga. den diagnostiske Bvs-horisont. Da den har en kontinuert fragipan med fast konsistens fra 39 til 65 cm er jorden en Fragipan Brunpodzol.

#### 3.1.3.1 Jordbundsudvikling

Jordbundsudviklingen ved Hjortkær er påvirket af følgende forhold: Forbruning, podsole-ring, fragipan dannelse, landbrugsdrift og jordbrugskalkning, tabel 3.4.


Jorden i Hjortkær er før den landbrugsmæssige udnyttelse fuldstændigt udvasket for karbonat, tabel 3.7. Siden forrige århundrede er der tilført karbonat ved mergling og jordbrugskalkning (De danske Kalk- og Mergelselskaber 1995). Det har hævet pH i de øverste jordlag og standset den igangværende initiale podsolering.

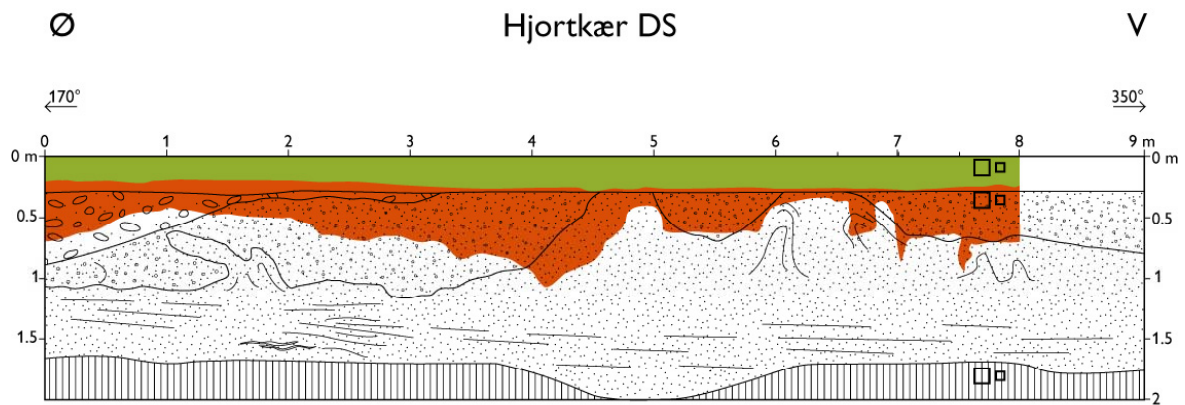
Indholdet af jern og aluminium i de øvre horisonter er forholdsvis højt for Ap-horisonten. Indholdet af frie jernoxider ( $Fe_{DCB}$ ) er højt for de tre øverste horisonter, mens det er lavere for Ap-horisonten og falder markant lavere for amorft jern ( $Fe_{oxalat}$ ) i de samme horisonter.

Tilstedeværelsen af en fragipan i smeltevandsaflejringer på bakkeøerne er ikke ualmindelig (Torp, 1995) og oprindelsen går tilbage til frost/tø- og våd/tørre-processer under et periglacialt miljø i slutningen af sidste istid (van Vliet og Langohr, 1981).

Variationen i horisonterne der delvist følger teksturelle og strukturelle grænser af geologisk oprindelse er typisk for vestjyske bakkeø jorder. Landbrugsdriften giver tilstedeværelsen af pløjelaget og den intensive kalkning af jorden har hævet pH-værdien i de øvre jordlag, tabel 3.7.

**Tabel 3.4.** Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 291 ved Hjortkær (DJF profil nr. 3168).

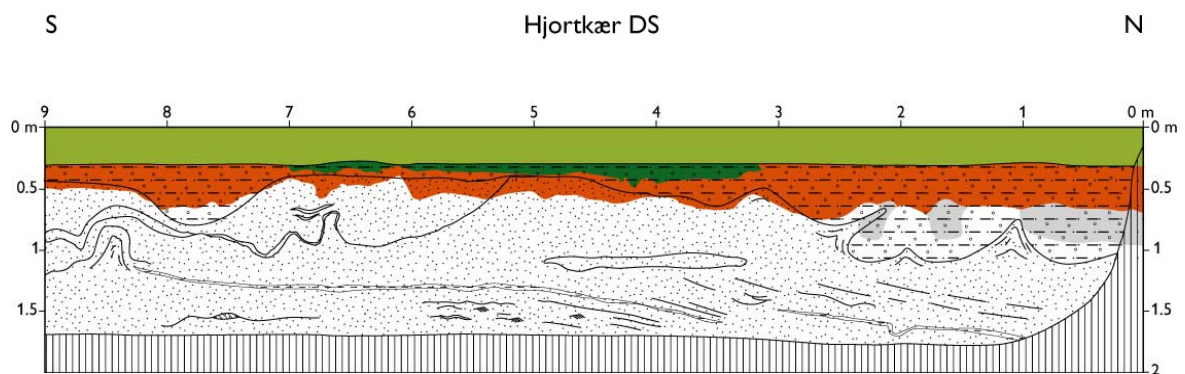
<b>Dansk jordklassifikation</b>	Fragipan Brunpodzol	<b>USDA jordklassifikation</b>	
<b>Udgangsmateriale</b>	Glaciale smeltevandsaflejringer	<b>Dræningsklasse</b>	Meget veldrænet jord
<b>UTM</b>	32 482512 6156634	<b>Profil dybde</b>	190 cm
<b>Kote</b>	17 m	<b>Grundvandsdybde</b>	-
<b>Terrænform</b>	Stor bakket	<b>Vegetation</b>	Høstet afgrøde
<b>Landskabsform</b>	Bakkeø	<b>Beskriver</b>	Søren Torp & Steven Ashouti
<b>Hældning</b>	1 - 3 °	<b>Dato</b>	15-11-2001
<b>Bemærkninger</b>	Flydejord over smeltevandssand: Rødder til 140 cm i kanal med præferentiel strømning. De brune vandrette bånd er beskrevet som coatings.		
	<b>Horisontbeskrivelse</b>		
	<b>Ap (0-31 cm)</b>		
	Meget mørk grålig brun (10YR 3/2 fugtig) siltet sand; glaciale ferskvandsaflejringer; humusholdig, 1-7%; mindre end 5 vol. %, små, 2,0-7,5 cm sten, en blanding af tilstand og en blanding af form og typer blandede med kalk; jordbrugskalket, overvejende pulver; hyppige fine rødder; porer, 1-10/dm <sup>2</sup> som orme- og rodgange; strukturløs, fugtig, løs konsistens; abrupt jævn grænse.		
	<b>Ap2 (31-39 cm)</b>		
	Meget mørk grålig brun (10YR 3/2 fugtig) siltet sand; glaciale ferskvandsaflejringer; humusholdig, 1-7%; mindre end 5 vol. %, små, 2,0-7,5 cm sten, af blandet tilstand og af blandet form og blandede typer uden kalk; hyppige fine rødder; porer, 1-10/dm <sup>2</sup> som orme- og rodgange; strukturløs, fugtig, løs konsistens; abrupt jævn grænse.		
<b>Bvs (39-65 cm)</b>			
Mørk gullig brun (10YR 3/6 fugtig) sand; med indblanding af grus (2 mm - 2 cm) glaciale ferskvandsaflejringer; humusfattig; 5-15 vol. %, små, 2,0-7,5 cm sten, en blanding af tilstand og en blanding af form og typer uden kalk; hyppige fine rødder; porer, 1-10/dm <sup>2</sup> som orme- og rodgange; moderat, grov, angulær struktur; fugtig, fast konsistens; kontinuert, fragipan som angulare blokke; klar bølget grænse.			
<b>2C (65-195 cm)</b>			
Bleg gul (5Y 7/3 fugtig) finsand; moræneaflejringer; få, mindre end 2% lys gullig brun (2,5Y 6/4 fugtig) vandret stribede mellemstore, 5-15 mm pletter, med fremtrædende kontrast og knivskarp grænse; humusfattig; meget få fine rødder; strukturløs; fugtig, meget sprød; svagt cementeret, stærkt diskontinuert, mindre end 50% cementeret, og mindre end 1 cm tyk af placisk horisont; plettet af moderat tykke coatings af lerminerale (+ sesquioxider) i mellem sandkornene.			



**Figur 3.9.** Profilskitse fra S-N væg ved Hjortkær. Farverne viser pedologien og stregerne den geologiske opmåling. Prøveudtagningssteder er indtegnet med kvadrater. En udførlig signaturforklaring findes i appendiks 1.



**Figur 3.10.** Sammensat billede af Ø-V profilvæg ved Hjortkær. Billedet er 9 meter langt og 1,2 meter højt.



**Figur 3.11.** Profilskitse af S-N profilvæg ved Hjortkær. Farverne viser pedologien og stregerne den geologiske opmåling. En udførlig signaturforklaring findes i appendiks 1.



**Figur 3.12.** Foto af Billede af S-N profilvæg ved Hjortkær. Profilet er 9 meter langt og ca. 1.3 meter dybt.

### **3.1.4 Jordbundens karakteristika, forskelle og ligheder ved de tre smeltevands bakkeølokaliteter**

Jordbundsudviklingen i Nr. Felding, Alle og Hjortkær kan sammenlignes ved at den alle steder befinder sig i en tilstand af podsolering. Udviklingsgraden af podsoleringen er dog forskellig på de tre lokaliteter. I Nr. Felding er der udviklet en Typipodzol med en moderat podsolering. I Alle er der udviklet en Svag hærdnet Humuspodzol der repræsenterer et mere modent stade i podsoldannelsen og jordbundsprofilen i Hjortkær udviser en svagere form for podsolering med træk af forbruning i B-horisonten

Den pedologiske udvikling i Alle er indvirket af de kaotiske forhold i de teksturelle og strukturelle lag der skyldtes kryoturbationer og forstyrrelser skabt i et periglaciale miljø under sidste istid. I Nr. Felding findes en kontinuert ca. 1 cm tyk placic-horisont og en kontinuert fragipan findes i Hjortkær. Alle tre jorder har kun svage tegn på vandpåvirkning og må betegnes som meget veldrænede. Alle jorder er helt udvaskede for et eventuelt oprindeligt kalkindhold. De tre bakkeø jorder er alle præget af landbrugsdriften ved tilstedeværelsen af et humusrigt og homogent pløjelag. Hævningen af pH ved mergling og kalkning har ændret pH-profilen til at have de største værdier i de øvre jordlag for Nr. Felding og for Alle. I Hjortkær udviser pH værdien kun svage udsving ned gennem jorden.

Den store horisontvariation på bakkeølokaliteterne er ikke overraskende og kan betegnes som typisk for bakkeøernes mangfoldige jordbundvariation.

## **3.2 Geologi**

Vibeke Ernsten (GEUS)

For de enkelte marker præsenteres geologien i boringen, der indgår i fuldt undersøgelsesprogrammet, i form af en geologisk log, hvor de gennemborede sedimenters lithologi, kornstørrelsesfordeling, sedimentære strukturer, forekomsten af kalk og karakteristiske farver fremgår. Det skal bemærkes at den pedologiske og geologiske kornstørrelsesskala er lidt forskellig, hvorfor de anvendte kornstørrelsesfraktioner i nogle tilfælde relaterer sig til forskellige kornstørrelsesbetegnelser i de pedologiske og geologiske afsnit (se tabel 3.1 i afsnit 3.1).

### **3.2.1 Nr. Felding lokaliteten**

Geologien i boringen på Nr. Felding lokaliteten fremgår af figur 3.13. Under muldlaget bliver veksende lag af fint-mellem og fint smeltevandssand almindeligt forekommende. I nogle lag forekommer desuden øget indhold af bl.a. silt, grus og sten. Farven beskrives som overvejende lys brungrå, med indslag af lys olivengrå i dybden 3,1-3,7 meter og 5,0-5,6 meter samt lys olivengrå fra 5,6-6,5 meter. På boringstidspunktet (20. september 2001) blev grundvandsspejlet registreret i 5,48 meter under terræn.

**BORERAPPORT**
**DGU arkivnr : 74. 1131**
**Borested** : Sognstrup Plantage, Nr. Felding

**Kommune** : Holstebro

KUPA, Bor. 291

**Amt** : Ringkøbing

**Boringsdato** : 20/9 2001

**Boringsdybde** : 8 meter

**Terrænkote** : 34,83 meter o. DNN

**Brøndbore** : Carl Bro A/S

**Prøver**
**MOB-nr** :

**- modtaget** :

**BB-journr** :

**- beskrevet** : 20/9 2001 af : B

**BB-bornr** : Nr. Felding

**- antal gemt** : 0

**Formål** : Undersøg./videnskab

**Kortblad** : 1115 IINV

**Datum** : ED50

**Anvendelse** : Sløjfet/opgivet bor

**UTM-zone** : 32

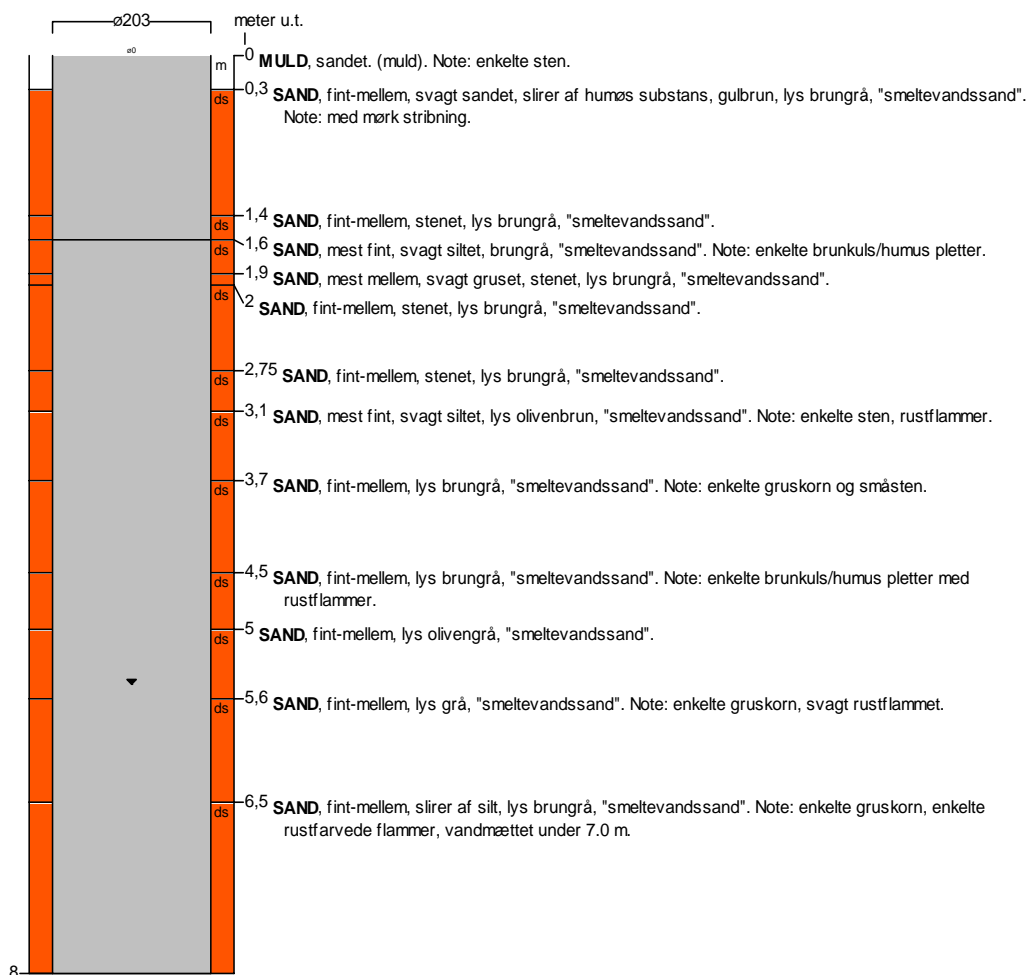
**Koordinatkilde** : GEUS

**Boremethode** :

**UTM-koord.** : 474792, 6241053

**Koordinatmetode** : KMS digitale kort

Indtag 1 (seneste)	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
(seneste)	5,48 meter u.t.	20/9 2001			


**Figur 3.13.** Geologiske forhold ved Nr. Felding, lokalitetsnr. 291 (DGU arkivnr. 74.1131).

### **3.2.2 Alle lokaliteten**

Geologien i boringen på Alle lokaliteten fremgår af figur 3.14. Under muldlaget findes veksende lag af gulbrunt fint og mellem smeltevandssand ned til 1,35 meter under terræn. Herefter følger et 0,3 meter tykt lag bestående af mørkebrunt silt med et svagt indhold af brunkul, der indikerer overgangen til brunt fint og mellem sand fra Miocæn, ofte glimmerholdigt, og med indhold af brunkul. På boringstidspunktet (17. september 2001) blev grundvandsspejlet registreret i 2,74.

**BORERAPPORT**
**DGU arkivnr : 84. 2601**
**Borested** : Hedevej/ Timringvej, Ahle

**Kommune** : Vinderup

KUPA, Bor. 292

**Amt** : Ringkøbing

**Boringsdato** : 17/9 2001

**Boringsdybde** : 5 meter

**Terrænkote** : 35,32 meter o. DNN

**Brøndbore** : Carl Bro A/S

**Prøver**
**MOB-nr** :

- modtaget :

**BB-journr** :

- beskrevet : 17/9 2002 af : G/AGR

**BB-bornr** :

- antal gemt : 0

**Formål** : Undersøg./videnskab

**Kortblad** : 1114 INV

**Datum** : ED50

**Anvendelse** : Sløjfet/opgivet bor

**UTM-zone** : 32

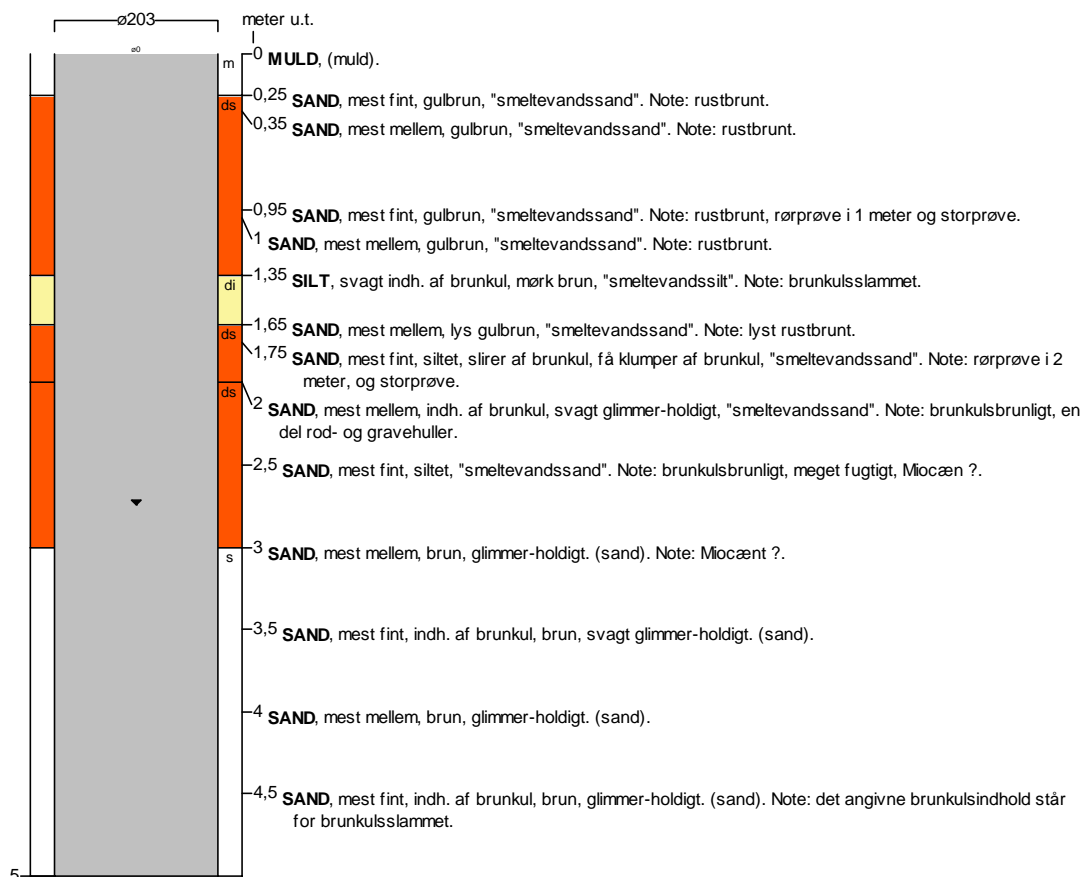
**Koordinatkilde** : GEUS

**Boremethode** :

**UTM-koord.** : 483500, 6221942

**Koordinatmethode** : KMS digitale kort

Indtag 1 (seneste)	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
	2,74 meter u.t.	17/9 2001			

**Notater** : Den lithologiske beskrivelse er udført i felten af Erik Nygård, en lille prøve for hver meter u. terræn. - indtastet i jupiter af AGR.

**Figur 3.14.** Geologiske forhold ved Alle, lokalitetsnr. 292 (DGU arkivnr. 84.2601)

### **3.2.3 Hjortkær lokaliteten**

Geologien i boringen på Hjortkær lokaliteten fremgår af figur 3.15. Under muldlaget forekommer overvejende fint smeltevandssand ned gennem boringen til 5 meters dybde, kun afbrudt af et siltholdigt lag fra 2,95 til 3,10 meter under terræn samt et lag af fint til mellem sand fra 3,4 til 4,2 meter under terræn. I nogle lag forekommer desuden øget indhold af bl.a. grus. Farven beskrives som lys brungrå fra 0,2 til 1,0 meter samt 2,7-2,95 meter og i resten af profilen ned til 4,2 meter under terræn som overvejende lys grå. I 4,2 meter's dybde er farven beskrevet som lys grøngrå. På boringstidspunktet (13. november 2001) blev grundvandsspejlet registreret i 3,67 meter under terræn.



**BORERAPPORT**
**DGU arkivnr : 122. 1709**
**Borested** : Egegård, Møllegårdsvej 24, Hjortkær  
 6818 Årre  
 KUPA, Bor. 293

**Kommune** : Helle  
**Amt** : Ribe

**Boringsdato** : 13/11 2001

**Boringsdybde** : 5 meter

**Terrænkote** : 17,43 meter o. DNN

**Brøndbore** : Carl Bro A/S

**MOB-nr** :

**BB-journr** :

**BB-bornr** :

**Prøver**

 - **modtaget** : 29/4 2002 **antal** : 5

 - **beskrevet** : 13/11 2001 **af** : ENY

 - **antal gemt** : 0

**Formål** : Undersøg./videnskab

**Kortblad** : 1113 IINV

**Datum** : ED50

**Anvendelse** : Sløjfet/opgivet bor

**UTM-zone** : 32

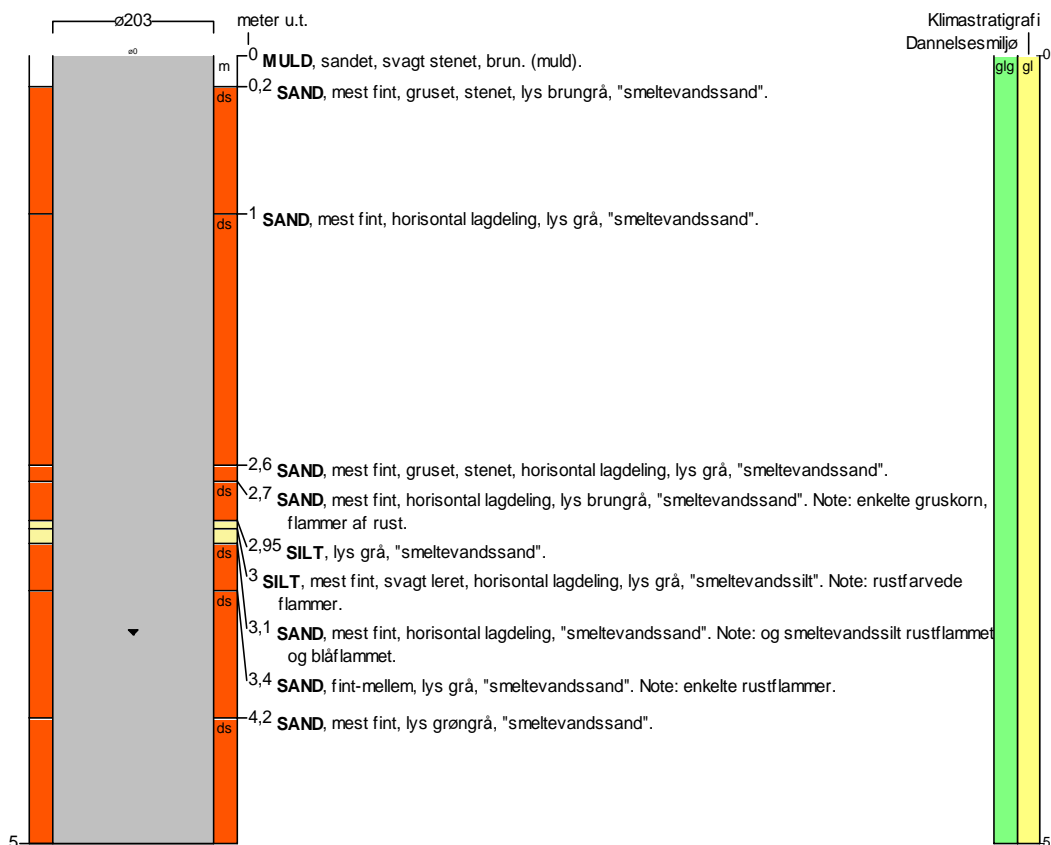
**Koordinatkilde** : GEUS

**Boremethode** : Snegleboring

**UTM-koord.** : 482493, 6156613

**Koordinatmethode** : KMS digitale kort

Indtag 1 (seneste)	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
	3,67 meter u.t.	13/11 2001			


**Aflejringsmiljø - Alder (klima-, krono-, litho-, biostratigrafi)**

meter u.t.

0 - 5 glacigen - glacial

**Figur 3.15.** Geologiske forhold ved Hjortkær, lokalitetsnr. 293 (DGU arkiv nr. 122.1709).

### 3.3 Fysiske, kemiske og mineralogiske undersøgelser

Vibeke Ernstsén (GEUS) og Søren Torp (DJF)

Fysiske, kemiske og mineralogiske forhold på de enkelte lokaliteter er søgt bestemt ved en række parametre, der enten direkte menes at have betydning for udbredelsen af pesticider eller også indgår i beskrivelsen af de pedologiske forhold på pågældende sted. Analyseprogrammet omfatter kornstørrelsesbestemmelse, indhold af organisk stof, pH-værdier målt i henholdsvis vand og calcium chlorid, jern- og aluminium-forbindelser er bestemt ved ekstraktion med henholdsvis natriumdithionit-natriumcitrat-natriumbicarbonat ( $Fe_{DCB}$  og  $Al_{DCB}$ ) og oxalat ( $Fe_{oxalat}$  og  $Al_{oxalat}$ ), optical density of oxalate extract (ODOE), ombyttelige kationer og sure brint-ioner, CEC, indhold af calciumcarbonat, mineralogisk sammensætning og overfladeareal. Analyserne er gennemført som enkeltbestemmelser. For en mere indgående beskrivelse af de anvendte analysemetoder henvises der til KUPA rapport nr. 2, Metoderapport (Barlebo et al. 2002). Prøverne der præsenteres i dette afsnit er analyseret efter et fuldt analyseprogram (se kapitel 2) og omfatter derfor maksimalt 5 prøver pr. lokalitet.

#### 3.3.1 Lokaliteterne Nr. Felding, Alle og Hjortkær

Analyseresultaterne for lokaliteterne Nr. felding, Alle og Hjortkær fremgår af tabellerne 3.5-3.7.

##### 3.3.1.1 Nr. Felding lokaliteten

Kornstørrelsesfordelingen i prøverne fra Nr. Felding er domineret af groft mellemsand (200-500  $\mu\text{m}$ ) med indhold på 47-77 %, tabel 3.5. Dertil kommer varierende mængder af primært groft sand (0,5-2 mm) og fint mellem sand (125-200  $\mu\text{m}$ ). Indholdet af ler (< 2  $\mu$ ) er med 5,6 % højest i Ap-horisonten og varierende i efterfølgende horisonter og lag mellem 1,0 % og 4,2 %. Indholdet af silt (2-63  $\mu\text{m}$ ) varierer ned gennem profilet, fra kun 2,2 % i C-horisonten til 17,7 % i 3,4 meters dybde. Kornstørrelsessammensætningen betyder at Ap-horisonten klassificeres som JB3 type mens den dybere del af profilen er klassificeret som JB1 type. Indholdet af organisk stof udgør 2,0 % C i Ap-horisonten hvorefter indholdet aftager markant til 0,3 % allerede i Bs-horisonten i 0,3-0,5 meters dybde og yderligere til 0,1 % C eller lavere i C-horisonten og de dybereliggende lag.

Samtlige undersøgte prøver fremstår kalkfrie. I Ap-horisonten er pH-værdien 6,18 (målt i  $CaCl_2$ ) og værdien ses at aftage gradvist med tiltagende dybde til 4,79, målt i 4,75 meters dybde. Opkalkningen bevirker at basemætningen når op på 61 % i Ap-horisonten, hvorefter den aftager til 26 % i Bs-horisonten og fra ca. 1 meters dybde og ned til 4,75 meter forbliver omkring 10 %. Kationombytningskapaciteten (CEC-værdien) er 18  $\text{cmol kg}^{-1}$  i Ap-horisonten, hvorefter den aftager til 6  $\text{cmol kg}^{-1}$  i Bs-horisonten og 1-3  $\text{cmol Kg}^{-1}$  i de efterfølgende prøver. Calcium er i alle dybder den mest dominerende base.

Den mineralogiske sammensætning er domineret af kvarts. Desuden forekommer feldspat i varierende mængder og sammensætning, samt glimmer i prøverne fra 1,25 og 2,25 meter og mørke mineraler (amfibol og pyrozen) i Ap-horisonten samt i prøverne fra 1,25 og 2,25 meter. Forvittrings- og jordbundsdannende processer kan erkendes i fordelingen af jern- og aluminiumoxider. Indholdet af jernforbindelser ( $Fe_{DCB}$ ) 4729 mg Fe  $\text{kg}^{-1}$  i Ap-horisonten og

2142 mg Fe kg<sup>-1</sup> i Bs horisonten, hvorefter indholdet aftager gradvist til 318 mg Fe kg<sup>-1</sup> i 4,75 meters dybde. Indholdet af aluminiumoxider (Al<sub>DCB</sub>) øges svagt fra Ap-horisonten (1618 mg Al kg<sup>-1</sup>) til Bs-horisonten (1815 mg Al kg<sup>-1</sup>) hvorefter det laveste indhold er målt i C-horisonten (320 mg Al kg<sup>-1</sup>) og den højeste værdi forekommer i 3,4 meters dybde (1157 mg Al kg<sup>-1</sup>). De mineralogiske egenskaber resulterer i en mørkegrå Ap-horisont og brune og/eller gule farvenuancer ned til 3,40 meter og ved lys grå i 4,75 meters dybde.

Det specifikke overfladeareal er omkring 3 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> i Bs-horisonten og i laget i 3,40 meters dybde. I de resterende dybder er den specifikke overflade bestemt til 0,7-1,5 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>.

**Tabel 3.5.** Analyseresultater for lokalitetsnr. 291 ved Nr. Felding (DJF profil nr. 3157 og DGU arkivnr. 74.1131).

KUPA nr.	Navn	Dybde cm	Kornstørrelsesfordeling (% af < 2mm fraktion)							% af totalprøve	
			<2	2-20	20-63	63-125	125-200	200-500	0.5-2	2-6,3	>6,3
			µm							mm	
16-1-1-686	Ap	5-25	5,6	5,3	3,0	9,5	15,3	47,2	10,6	3,6	2,4
16-1-2-687	Bs	30-50	4,1	1,9	5,7	9,5	3,3	67,0	8,0	2,2	11,4
16-1-3-688	C	100-120	1,0	0,9	1,3	1,3	2,9	56,9	35,6	6,3	7,9
16-1-4-689		340	4,2	5,3	12,4	16,4	9,9	47,6	4,0	0,4	0,1
16-1-5-690		475	1,5	0,9	1,8	4,2	12,3	76,9	2,3	0,4	0,1

KUPA nr.	JB-nr	Org. C %	pH (H <sub>2</sub> O) 1:1	pH (CaCl <sub>2</sub> ) 1:2,5	Fe <sub>oxalat</sub>	Al <sub>oxalat</sub>	Fe <sub>DCB</sub>	Al <sub>DCB</sub>	ODOE
					mg kg <sup>-1</sup>				
16-1-1-686	3	2,0	6,70	6,18	3829	1495	4729	1618	0,9916
16-1-2-687	1	0,3	6,60	5,71	1480	2190	2142	1815	0,1851
16-1-3-688	1	0,0	6,36	5,03	65	180	533	320	0,0109
16-1-4-689	1	0,1	5,69	4,54	182	1315	355	1157	0,0473
16-1-5-690	1	0,0	5,92	4,79	112	454	318	389	0,0150

KUPA nr.	Ombyttelige kationer cmol kg <sup>-1</sup>							Base- mætning %	CaCO <sub>3</sub> %
	Ca	Mg	K	Na	Baser total	H <sup>+</sup>	CEC total		
16-1-1-686	10,13	0,61	0,17	0,02	10,93	7,08	18,01	61	0
16-1-2-687	1,30	0,08	0,10	0,00	1,48	4,16	5,64	26	0
16-1-3-688	0,08	0,01	0,03	0,00	0,12	0,94	1,06	11	0

16-1-4-689	0,28	0,03	0,07	0,00	0,38	3,05	3,43	11	0
16-1-5-690	0,07	0,01	0,04	0,00	0,12	1,22	1,34	9	0

KUPA nr.	Mineralogisk sammensætning	Farve	Overfladeareal m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>
16-1-1-686	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider, K- og Na-Ca feldspat, spor af pyrozen	mørkegrå	0,7
16-1-2-687	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider, K- og Na-Ca feldspat	gulbrun	2,8
16-1-3-688	Domineret af kvarts, mindre mængder K- og Na-Ca feldspat, spor af Fe- og Al-oxider	lys gulbrun	0,9
16-1-4-689	Domineret af kvarts, mindre mængder Al-oxider K- og Na-Ca feldspat, spor af Fe-oxider, glimmer og pyrozen	svag gul	3,5
16-1-5-690	Domineret af kvarts, mindre mængder K- og Na-Ca feldspat, spor af Fe- og Al-oxider, glimmer og amfibol	lys grå	1,5

### 3.3.1.2 Alle lokaliteten

Kornstørrelsesfordelingen i prøverne fra Alle, med undtagelse af prøven fra 2,25 meters dybde, er domineret af groft mellemsand (200-500 µm) med indhold på 44-72 %, tabel 3.6. Dertil kommer varierende mængder af groft sand (0,5-2 mm), fint mellem sand (125-200 µm) og fint sand (63-125 µm). Indholdet af ler (< 2 µ) udgør mellem 2,1 og 7,2 %, med indhold på 4,2-4,5 % i Ap- og Bhs-horisonten. Indholdet af finsilt (2-20 µm) er lavt, under 7%, og indholdet af grovsilt (20-63 µm) varierer fra 1,4 % i Ap-horisonten til 17,5 % i C-horisonten, i 1,25 meters dybde. Kornstørrelsessammensætningen betyder at samtlige horisonter og lag, med undtagelse af C-horisonten, klassificeres som JB1 type mens C-horisonten klassificeres som JB3 type. Indholdet af organisk stof udgør 1,6 % C i Ap-horisonten hvorefter indholdet aftager markant til 0,6 % allerede i Bhs-horisonten i 0,4-0,6 meters dybde, for herefter at varierer mellem 0,1 % og 0,5 % C i de dybereliggende prøver.

Samtlige undersøgte prøver fremstår kalkfrie. I Ap-horisonten er pH-værdien 5,98 (målt i CaCl<sub>2</sub>) og værdien ses at aftage gradvist med tiltagende dybde til 4,34, målt i 2,25 meters dybde. Opkalkningen bevirker at basemætningen når op på 64 % i Ap-horisonten, hvorefter den aftager til 35 % i Bhs-horisonten og fra ca. 1 meters dybde aftager yderligere til 4 % i 2,25 meters dybde. Kationombytningskapaciteten (CEC-værdien) er 10 cmol kg<sup>-1</sup> i Ap-horisonten, hvorefter den aftager 7 cmol kg<sup>-1</sup> i Bhs-horisonten og 4-8 i de efterfølgende prøver. Calcium er i alle undersøgte dybder den mest almindeligt forekommende ombyttelig kation (base).

Den mineralogiske sammensætning er domineret af kvarts. Desuden forekommer feltspat, i varierende mængde og sammensætning, samt glimmer. Forvitnings- og jordbundsdannende processer kan erkendes i fordelingen af jern- og aluminiumoxider. Indholdet af jernforbindelser (Fe<sub>DCB</sub>) er 1534 mg Fe kg<sup>-1</sup> i Ap-horisonten og stiger til 2437 mg Fe kg<sup>-1</sup> i Bhs horisonten, hvorefter indholdet aftager til 272 mg Fe kg<sup>-1</sup> i 2,25 meters dybde, kun afbrudt af en stigning i indholdet til 1483 mg Fe kg<sup>-1</sup> i 1,25 meters dybde. Indholdet af aluminiumoxider (Al<sub>DCB</sub>) øges fra Ap-horisonten (424 mg Al kg<sup>-1</sup>) til Bhs-horisonten (1335 mg Al kg<sup>-1</sup>)

<sup>1)</sup> hvorefter indholdet aftager til 400-700 mg Al kg<sup>-1</sup> i de følgende prøver, med undtagelse af prøven fra 1,25 meter, hvor indholdet er markant højere (1126 mg Al kg<sup>-1</sup>). De mineralogiske egenskaber resulterer i en mørkegrå Ap-horisont og brune og/eller gule farvenuancer for de resterende dybder, med undtagelse af prøven fra C-horisonten, der beskrives ved en lysegrå farve.

Det specifikke overfladeareal er 1,6 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> i Bhs-horisonten og 3,5 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> i 1,25 meters dybde, hvor der samtidig er målt høje indhold af Fe<sub>DCB</sub> og Al<sub>DCB</sub>. I de resterende dybder er den specifikke overflade bestemt til 0,3-0,5 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>.

**Tabel 3.6.** Analyseresultater for lokalitetsnr. 292 ved Alle (DJF profil nr. 3154 og DGU arkivnr. 84.2601).

KUPA nr.	Navn	Dybde cm	Kornstørrelsesfordeling (% af < 2mm fraktion)							% af totalprøve	
			<2	2-20	20-63	63-125	125-200	200-500	0.5-2	2-6,3	>6,3
			µm							mm	
17-1-1-691	Ap	5-25	4,2	3,3	1,4	6,5	7,3	65,1	9,5	0,6	5,2
17-1-2-692	Bhs	40-60	4,6	3,4	10,8	14,3	7,5	55,9	2,4	0,1	0,1
17-1-3-693	C	85-105	2,1	0,9	5,9	4,3	12,2	70,7	3,7	0,0	1,2
17-1-4-694	C	125	7,2	6,8	17,5	13,0	2,1	44,1	8,6	0,0	0,7
17-1-5-695		225	3,1	0,9	4,8	30,9	4,7	17,7	37,0	0,0	0,0

KUPA nr.	JB-nr	Org. C %	pH (H <sub>2</sub> O) 1:1	pH (CaCl <sub>2</sub> ) 1:2,5	Fe <sub>oxalat</sub>	Al <sub>oxalat</sub>	Fe <sub>DCB</sub>	Al <sub>DCB</sub>	ODOE
					mg kg <sup>-1</sup>				
17-1-1-691	1	1,6	6,40	5,98	817	414	1534	424	n.d.
17-1-2-692	1	0,6	6,17	5,33	1845	1323	2437	1335	0,4283
17-1-3-693	1	0,1	6,20	5,09	342	401	475	444	0,0566
17-1-4-694	3	0,4	5,63	4,48	1070	1030	1483	1126	0,1997
17-1-5-695	1	0,5	5,30	4,34	269	680	272	746	0,1254

KUPA nr.	Ombyttelige kationer cmol kg <sup>-1</sup>							Base- mætning %	CaCO <sub>3</sub> %
	Ca	Mg	K	Na	Baser total	H <sup>+</sup>	CEC total		
17-1-1-691	6,00	0,27	0,15	0,05	6,47	3,70	10,17	64	0
17-1-2-692	2,39	0,16	0,05	0,00	2,60	4,74	7,34	35	0
17-1-3-693	0,12	0,01	0,01	0,00	0,14	1,55	1,69	8	0

17-1-4-694	0,29	0,03	0,06	0,00	0,38	4,38	4,76	8	0
17-1-5-695	0,11	0,01	0,02	0,00	0,14	3,64	3,78	4	0

KUPA nr.	Mineralogisk sammensætning	Farve	Overfladeareal m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>
17-1-1-691	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe-oxider og Na-Ca feltspat, spor af Al-oxider og glimmer	mørkegrå	0,3
17-1-2-692	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider og K og Na-Ca feltspat og spor af glimmer	brun	1,6
17-1-3-693	Domineret af kvarts, mindre mængder Na-Ca feltspat og glimmer, spor af Fe- og Al-oxider	lys grå	0,5
17-1-4-694	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider, K og Na-Ca feltspat og glimmer	lys gulbrun	3,5
17-1-5-695	Domineret af kvarts, mindre mængder glimmer, K og Na-Ca feltspat, spor af Fe- og Al-oxider	brun	0,4

### 3.3.1.3 Hjortkær lokaliteten

Kornstørrelsesfordelingen i prøverne fra Hjortkær er domineret af groft mellemsand (200-500 µm) med indhold på 42-76 %, tabel 3.7. Dertil kommer varierende mængder af groft sand (0,5-2 mm), fint mellem sand (125-200 µm) og fint sand (63-125 µm). Indholdet af ler (< 2 µ) udgør mellem 1,5 og 6,6 %, med indhold på 5,8 % og 6,6 % i Ap- og Bv-horisonten. Indholdet af finsilt (2-20 µm) aftager markant med dybden, fra 8,2 % i Ap-horisonten til 1,5 % i C-horisonten i ca. 2 meters dybde. Ligeledes indholdet af grovsilt (20-63 µm) aftager markant i C-horisonten. Kornstørrelsessammensætningen betyder at Ap- og Bv-horisonten klassificeres som JB3 type mens C-horisonten klassificeres som JB1 type. Indholdet af organisk stof udgør 1,8 % C i Ap-horisonten hvorefter indholdet aftager markant til 0,3 % i Bv-horisonten i 0,37-0,57 meters dybde og derefter bliver < 0,1 % C i C-horisonten.

Samtlige undersøgte prøver fremstår kalkfrie. I Ap-horisonten er pH-værdien 5,65 (målt i CaCl<sub>2</sub>) og værdien ses at aftage gradvist med tiltagende dybde til 4,19, målt i prøven fra 1,90-2,10 meter, for atter at stige til 5,2 i henholdsvis 2,25 meter og 3,35 meter. Opkalkningen bevirker at basemætningen når op på 56 % i Ap-horisonten, hvorefter den aftager til 22 % i Bv- og C-horisonten for atter at stige til omkring 30 % i 2,25 og 3,35 meters dybde, hvor forvittringsprocesserne har været mindre intense. Kationombytningskapaciteten (CEC-værdien) er 13 cmol kg<sup>-1</sup> i Ap-horisonten, hvorefter den først aftager til 7 cmol kg<sup>-1</sup> i Bv-horisonten og yderligere aftager til 1-2 cmol kg<sup>-1</sup> i de efterfølgende prøver. Calcium er i alle undersøgte dybder den mest almindeligt forekommende ombyttelig kation (base).

Den mineralogiske sammensætning er domineret af kvarts. Desuden forekommer feltspat, der i Ap-horisonten er af Na-Ca type (plagioclas), mens der i de øvrige prøver ses en nogenlunde ens fordeling af K- og Na-Ca-feltspat. Dertil kommer spor af glimmer og pyrozen i prøverne udtaget under Ap-horisonten. Forvittrings- og jordbundsdannende processer kan erkendes i fordelingen af jern- og aluminiumoxider. Indholdet af jernforbindelser (Fe<sub>DCB</sub>) er forholdsvis højt og stort set ens for de tre øverste horisonter (5436-5653 mg Fe kg<sup>-1</sup>) hvorefter indholdet aftager markant, til 323 og 955 mg Fe kg<sup>-1</sup> i henholdsvis 2,25 og 3,35 meter. Indholdet af aluminiumoxider (Al<sub>DCB</sub>) er højest i Ap-horisonten (3436 mg Al kg<sup>-1</sup>) og aftager

ned gennem Bv- og C-horisonten til 1432 mg Al kg<sup>-1</sup> hvorefter indholdet yderligere aftager til 290 mg Al kg<sup>-1</sup> i 3,35 meters dybde. De mineralogiske egenskaber resulterer i en mørk gråbrun Ap-horisont og brune og/eller gule farvenuancer for de resterende dybder.

Det specifikke overfladeareal i såvel Bv- og C-horisonten er forholdsvis høje, med henholdsvis 9,1 og 12,8 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup> mens resten af prøverne variere mellem 1,1 og 2,4 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>.

**Tablet 3.7.** Analyseresultater for lokalitetsnr. 293 ved Hjortkær (DJF profil nr. 3168 og DGU arkivnr. 122.1709).

KUPA nr.	Navn	Dybde cm	Kornstørrelsesfordeling (% af < 2 mm fraktion)						% af totalprøve		
			<2	2-20	20-63	63-125	125-200	200-500	0.5-2	2-6,3	>6,3
			µm						mm		
18-1-1-696	Ap	5-25	5,8	8,2	9,6	10,5	4,9	48,1	9,9	8,5	2,5
18-1-2-697	Bv	37-57	6,6	2,9	10,0	12,4	12,1	41,7	13,8	17,1	13,8
18-1-3-698	C	190-210	1,5	0,9	1,5	7,3	7,3	75,8	5,7	1,0	0,4
18-1-4-699		225	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
18-1-5-700		335	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

KUPA nr.	JB-nr	Org. C %	pH (H <sub>2</sub> O) 1:1	pH (CaCl <sub>2</sub> ) 1:2,5	Fe <sub>oxalat</sub>	Al <sub>oxalat</sub>	Fe <sub>DCB</sub>	Al <sub>DCB</sub>	ODOE
					mg kg <sup>-1</sup>				
18-1-1-696	3	1,8	6,37	5,65	3067	3078	5653	3436	1,3549
18-1-2-697	3	0,3	5,88	5,10	910	1843	5436	2082	0,1236
18-1-3-698	1	0,0	6,06	4,19	1200	1311	5442	1431	0,0673
18-1-4-699		n.d.	6,30	5,20	339	373	323	375	0,0404
18-1-5-700		n.d.	6,20	5,23	1269	268	955	290	0,0254

KUPA nr.	Ombyttelige kationer cmol kg <sup>-1</sup>							Base-mætning	CaCO <sub>3</sub>
	Ca	Mg	K	Na	Baser total	H <sup>+</sup>	CEC total	%	%
18-1-1-696	6,98	0,29	0,12	0,03	7,42	5,78	13,20	56	0
18-1-2-697	1,18	0,09	0,13	0,02	1,42	5,08	6,50	22	0
18-1-3-698	0,24	0,03	0,04	0,02	0,33	1,14	1,47	22	0
18-1-4-699	0,30	0,04	0,04	0,04	0,42	1,00	1,42	30	0
18-1-5-700	0,50	0,05	0,06	0,04	0,65	1,30	1,95	33	0

KUPA nr.	Mineralogisk sammensætning	Farve	Overfladeareal m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>
18-1-1-696	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider samt Na-Ca feltspat	mørk gråbrun	2,4
18-1-2-697	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider og K og Na-Ca feltspat, spor af glimmer	lys gulbrun	9,1
18-1-3-698	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider og K og Na-Ca feltspat, spor af pyrozen	lys gulbrun	12,8
18-1-4-699	Domineret af kvarts, mindre mængder K og Na-Ca feltspat, spor af Fe- og Al-oxider, glimmer og pyrozen	svag gul	1,1
18-1-5-700	Domineret af kvarts, mindre mængder K og Na-Ca feltspat, spor af Fe- og Al-oxider, glimmer og pyrozen	svag gul	1,6

### 3.3.2 Sammenligning af fysiske, kemiske og mineralogiske egenskaber

De undersøgte prøver er udtaget ned til 4,75 meter ved Nr. Felding, 2,25 meter ved Alle og 3,35 meter ved Hjortkær.

Kornstørrelsesfordelingen i prøverne fra tre lokaliteter er domineret af groft mellemsand (200-500 µm) med typiske indhold indenfor intervallet på 42-77 %. Dertil kommer varierende mængder af groft sand (0,5-2 mm), fint mellem sand (125-200 µm) og fint sand (63-125 µm). Indholdet af ler (< 2 µ) er forholdsvis højt i Ap-horisonterne, hvor det udgør mellem 4,2 og 5,8. Ved Alle og Hjortkær forbliver indholdet af ler højt (4,5-6,6 %) i den efterfølgende B-horizont. Under Ap- og/eller B-horisonterne varierer lerindholdet, fra 1 % til 7 %. Indholdet af silt (2-63 µm) varierer uregelmæssigt ned gennem profilerne, med indhold på 2 til 30 %. Kornstørrelsessammensætningen betyder at Ap-horizonten ved Nr. Felding samt Ap- og Bv-horizonten ved Hjorthøj klassificeres som JB3 type mens de resterende prøver klassificeres som JB1 type. Indholdet af organisk stof udgør mellem 1,6 % C og 2,0 % C i de undersøgte Ap-horisonterne. På samtlige lokaliteter aftager indholdet af organisk stof markant under Ap-horizonten, hvor indholdet bliver < 0,1 – 0,3 % C ved Nr. Felding og Hjortkær og 0,1-0,6 % C ved Alle.

Samtlige undersøgte prøver fremstår kalkfrie. pH-værdien (målt i CaCl<sub>2</sub>) varierer mellem 5,65 og 6,18 i Ap-horisonterne, hvorefter pH-værdien aftager ned tiltagende dybde og når ved Nr. Felding ned på 4,79 i en dybde af 4,75, ved Alle til 4,34 i en dybde af 2,25 meter og ved Hjortkær til 4,19 i 1,90-2,10 meter, hvorefter pH-værdien atter stiger til omkring 5,2 i 2,25 meter og 3,35, som følge af aftagende forvittringintensitet.

Basemætningen varierer mellem 56% og 64 % i Ap-horisonterne på de tre lokaliteter. I de efterfølgende horisonter og lag aftager basemætningen og når ned på ca. 10% ved Nr. Felding i dybdeintervallet 1,00 til 4,75 meter under terræn, til 4-8 % i dybdeintervallet 0,85-2,25 meter ved Alle og 22 % i ca. 2 meter ved Hjortkær. Ved Hjortkær stiger basemætningen atter til omkring 30 % som følge af aftagende forvittringsintensitet.

Kationombytningskapaciteten (CEC-værdien) varierer mellem 10 og 18 cmol kg<sup>-1</sup> i de undersøgte Ap-horisonter. I den efterfølgende B-horizont er CEC-værdien 6-7 cmol kg<sup>-1</sup>, hvorefter den aftager til 1-3 cmol kg<sup>-1</sup> ved Nr. Felding og Hjortkær og til 4-8 cmol kg<sup>-1</sup> ved Alle.



Den mineralogiske sammensætning af de undersøgte prøver er domineret af kvarts. Dertil kommer feltspat i varierende mængder og sammensætning bestemt ved bl.a. omfanget af forvitningsprocesser og dannelsesbetingelser. Desuden forekommer mindre mængder/spor af glimmer samt spor af mørke mineraler (amfibol og pyrozen) hvis udbredelse ligeledes er påvirket af forvitring og dannelsesbetingelser. Således er forekomsten af glimmer begrænset til de to dybe prøver, henholdsvis 3,40 og 4,75 meter, ved Nr. Feldning.

Omfanget af forvitnings- og jordbundsdannede processer erkendes ved Nr. Felding og Alle ved høje indhold ( $1534-4729 \text{ mg Fe kg}^{-1}$ ) af  $\text{Fe}_{\text{DCB}}$  i Ap- og B-horisonterne, hvorefter koncentrationen aftager markant, ned til  $300-400 \text{ mg Fe kg}^{-1}$ . Ved Hjortkær resulterer disse processer i indhold af  $\text{Fe}_{\text{DCB}}$  på omkring  $5500 \text{ mg Fe kg}^{-1}$  i A-, B- og C-horisonten, hvorefter koncentrationen når ned på samme niveau som ved Nr. felding og Alle. Koncentrationen af  $\text{Al}_{\text{DCB}}$  varierer mellem  $424$  og  $3436 \text{ mg Al kg}^{-1}$  i Ap-horisonterne, med den maksimale værdi ved Hjortkær. Herefter aftager koncentrationen ved Nr. Felding og Hjortkær og når et niveau på ca.  $350 \text{ mg Al kg}^{-1}$  i de dybere dele af profilerne, hvor værdien stiger fra Ap-horisonten til Bhs-horisonten ved Alle, før end niveauet når ned på  $400-700 \text{ mg Al kg}^{-1}$ .

Den mineralogiske sammensætning med forholdsvis høje indhold af organisk stof betyder at Ap-horisonterne ved Nr. Felding og Alle fremstår mørkegrå og ved Hjortkær gråbrun. Herunder fortsætter iltede farver med gul og brune farvenuancer gennem hele profilet ved Hjortkær, hvor det ved Nr. Felding ændres til en grå farve i en dybde af 4,75 meter og ved Alle afbrydes af en gråfarvet C-horison i ca. 1 meters dybde før end de iltede farver fortsætter.

Den specifikke overflade er bestemt til henholdsvis  $9,1$  og  $12,8 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$  i henholdsvis B- og C-horisonterne ved Hjortkær og omkring  $3 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$  i Bs-horisonten og i prøven fra 3,4 meters dybde ved Nr. Felding samt i prøven fra 3,5 meters dybde ved Alle. For de resterende prøver varierer den specifikke overflade mellem  $0,3$  og  $2,4 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ .

### 3.3 Hydraulik

Bo Vangsø Iversen (DJF) og Ole Hørbye Jacobsen (DJF)

#### 3.3.1 Udtagne prøver

Følgende prøver er blevet udtaget i relation til de hydrauliske målinger i det fulde undersøgelsesprogram.

##### 3.3.1.1 Nr. Felding lokaliteten

Der blev udtaget fem intaktprøver i store kolonner ( $20,0 \text{ cm}$  længde,  $20,0 \text{ cm}$  i indre diameter) samt fem intaktprøver i  $100\text{-cm}^3$  retentionsringe i henholdsvis Ap-, Bs- og C-horisonten, figur 3.3. Derudover blev der udtaget fem intaktprøver i  $100\text{-cm}^3$  retentionsringe i de to borer.

### 3.3.1.2 Alle lokaliteten

Der blev udtaget fem intaktprøver i store kolonner (20,0 cm længde, 20,0 cm i indre diameter) samt fem intaktprøver i 100-cm<sup>3</sup> retentionsringe i henholdsvis Ap-, Bhs- og C-horisonten, figur 3.5. Derudover blev der udtaget fem intaktprøver i 100-cm<sup>3</sup> retentionsringe i det grydeformede lertrug, i det siltede lag samt i de tre borer.

### 3.4.1.3 Hjortkær-lokaliteten

Der blev udtaget fem intaktprøver i store kolonner (20,0 cm længde, 20,0 cm i indre diameter) samt fem intaktprøver i 100-cm<sup>3</sup> retentionsringe i henholdsvis Ap-, Bv- og C-horisonten, figur 3.9. Desuden blev der udtaget fem intaktprøver i 100-cm<sup>3</sup> retentionsringe fra de to borer.

## 3.3.2 Volumenvægt

Tabel 3.8 viser værdierne for jordens volumenvægt ved de tre lokaliteter. Ser man bort fra borerne samt C-horisonten ved Hjortkær, viser værdierne et typisk forløb med de laveste værdier i den relativt løst bearbejdede, organisk-holdige Ap-horisont og med et stigende forløb i dybden. De højeste værdier ses for Bv-horisonten ved Hjortkær samt lertruget ved Alle.

**Tabel 3.8.** Volumenvægt (g/cm<sup>3</sup>) målt på 100-cm<sup>3</sup> retentionsringe (n=5).

Horisont	Nr. Felding			Alle		
	Prøvenummer	volumenvægt (g/cm <sup>3</sup> )	std.afv.	Prøvenummer	volumenvægt (g/cm <sup>3</sup> )	std.afv.
Ap	16-1-1-686	1,47	0,06	17-1-1-691	1,41	0,03
Bhs/Bs	16-1-2-687	1,57	0,05	17-1-2-692	1,54	0,05
C	16-1-3-688	1,74	0,07	17-1-3-693	1,67	0,02
boring	16-1-4-689	1,58	0,04	17-1-4-694	1,64	0,15
boring	16-1-5-690	1,54	0,03	17-1-5-695	1,43	0,14
boring	-	-	-	17-1-9-964	1,62	0,03
lertrug	-	-	-	17-1-9-962	1,70	0,07
siltet lag	-	-	-	17-1-9-963	1,61	0,09
	Hjortkær					
Ap	18-1-1-696	1,45	0,02			
Bv	18-1-2-697	1,72	0,04			
C	18-1-3-698	1,59	0,02			
boring	18-1-4-699	1,56	0,05			
boring	18-1-5-700	1,61	0,05			

## 3.3.3 Teksturanalyse på store kolonner

For nærmere at undersøge sammenhængen mellem den hydrauliske ledningsevne og teksturfordelingen og for undersøge variationen mellem de uforstyrrede prøver og prøven til tekstur samt kemiske analyser blev der på fire udvalgte store kolonner udtaget en delprøve til teksturbestemmelse, tabel 3.9. Der er god overensstemmelse mellem de gennemsnitlige prøver og de fire stikprøver fra kolonnerne. Stikprøven fra C-horisonten fra Alle indeholder dog lidt mere finsand end de gennemsnitlige prøver, tabel 3.6.

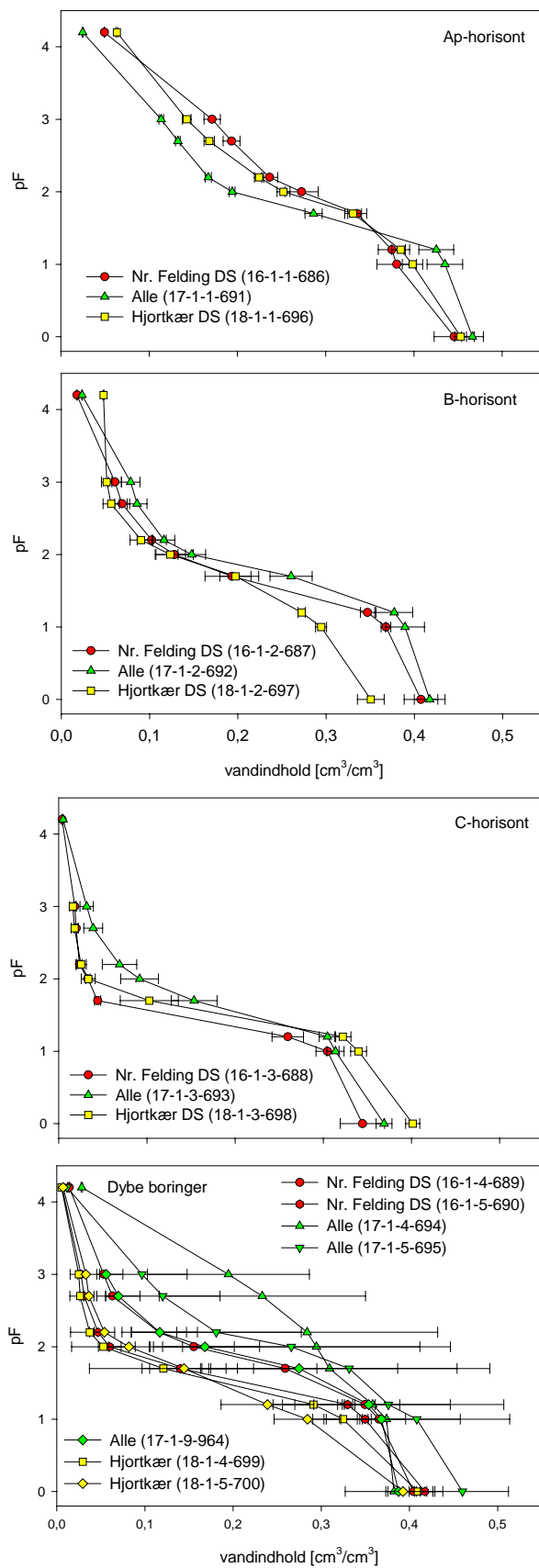
**Tabel 3.9.** Teksturfordelingen (g/100 g) på fire udvalgte prøver udtaget fra de store kolonner (g/100g).

Mark	Prøvenr.	Hori- sont	Prøve dybde (cm)	<2 $\mu$ m	2 –20 $\mu$ m	20 – 63 $\mu$ m	63 – 125 $\mu$ m	125 - 200 $\mu$ m
Nr. Felding	16-1-3-688a	C	100-120	2,1	0,9	2,8	2,7	9,8
Alle	17-1-1-691a	Ap	5-25	4,6	3,4	7,2	13,1	13,4
Alle	17-1-3-693a	C	85-105	3,6	1,4	11,2	14,4	24,0
Hjortkær	18-1-3-698a	C	190-210	2,0	0,9	1,0	8,9	16,3

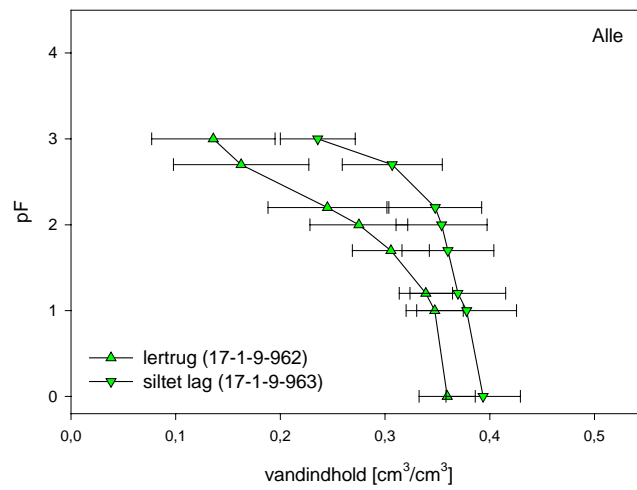
Mark	Prøvenr.	Hori- sont	Prøve dybde (cm)	200 – 500 $\mu$ m	500 $\mu$ m - 2 mm	2 - 6.3 mm	>6.3 mm	humus	JB- nr.
Nr. Felding	16-1-3-688a	C	100-120	65,6	16,0	5,7	5,6	0,1	1
Alle	17-1-1-691a	Ap	5-25	51,6	4,0	0,2	0,0	2,7	1
Alle	17-1-3-693a	C	85-105	43,4	1,8	0,1	0,0	0,2	1
Hjortkær	18-1-3-698a	C	190-210	66,0	4,8	0,2	0,0	0,1	1

### 3.3.4 Vandretention

Resultaterne for vandretention er vist på figur 3.16. I Ap-horisonten ses et relativt jævnt afdræningsforløb, hvorimod B- og C-horisonten udviser en mere eller mindre kraftig afdræning fra pF 1,2 til pF 1,7. Målingerne fra Bv-horisonten ved Hjortkær afviger en smule fra de resterende lokaliteter, hvorimod retentionsforløbene for de andre lokaliteter har meget enslydende forløb i B- og C-horisonterne. For boringernes vedkommende afviger Alle fra de to andre lokaliteter ved at have et mere jævnt afdræningsforløb samt en høj variation inden for de enkelte dybder. Det jævne afdræningsforløb for Alle (17-1-4-694) kan dog også forklares ved en mere ligelig teksturfordeling set i forhold til de to andre lokaliteter. Den store variation i forbindelse med de dybe boringer skyldes sandsynligvis en høj variation i den 50 cm lange intakte prøve, der blev udtaget i forbindelsen med boringen, hvorfra retentionsringene blev udtaget. Retentionsmålingerne for lertruget og det siltede lag ved Alle, figur 3.17, viser begge et typisk forløb for en finkornet jord med en høj vandholdningskapacitet.



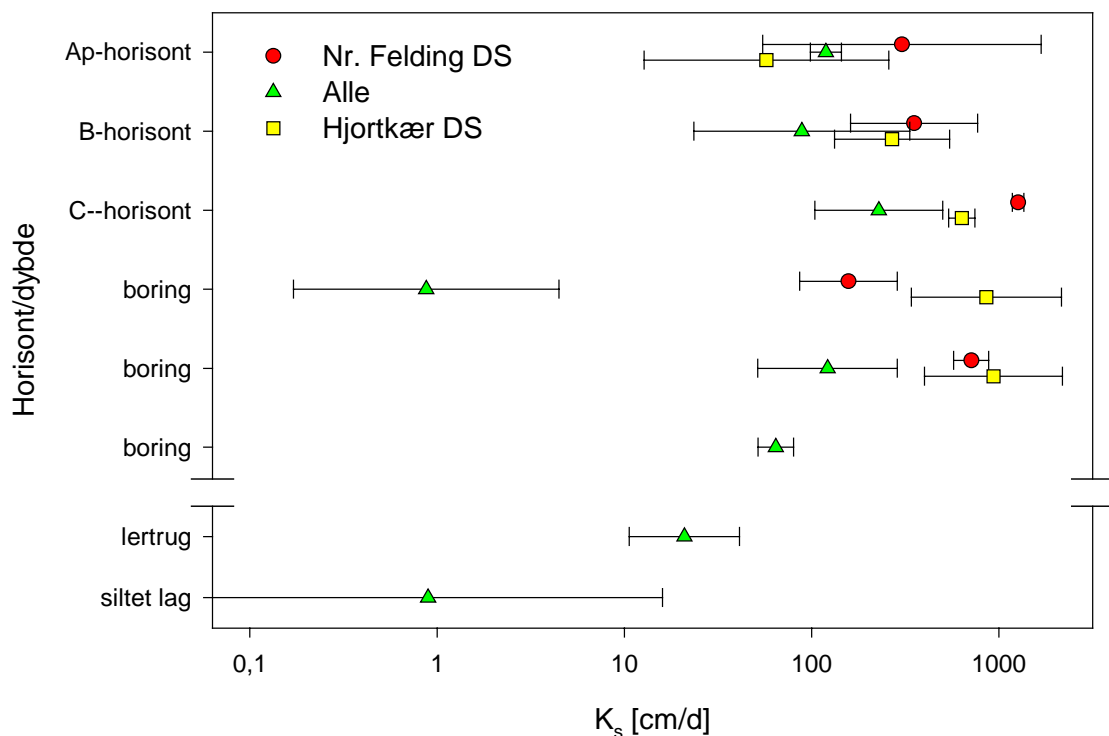
**Figur 3.16.** Data for vandretention målt på intakte 100-cm<sup>3</sup> prøver (n = 5). Fejllinjerne viser ±1 standardafvigelse.



**Figur 3.17.** Data for vandretention i relation til undersøgelse af præfentiel strømning ved Alle målt på intakte 100-cm<sup>3</sup> prøver (n = 5). Fejllinjerne viser ±1 standardafvigelse

### 3.3.5 Mættet hydraulisk ledningsevne

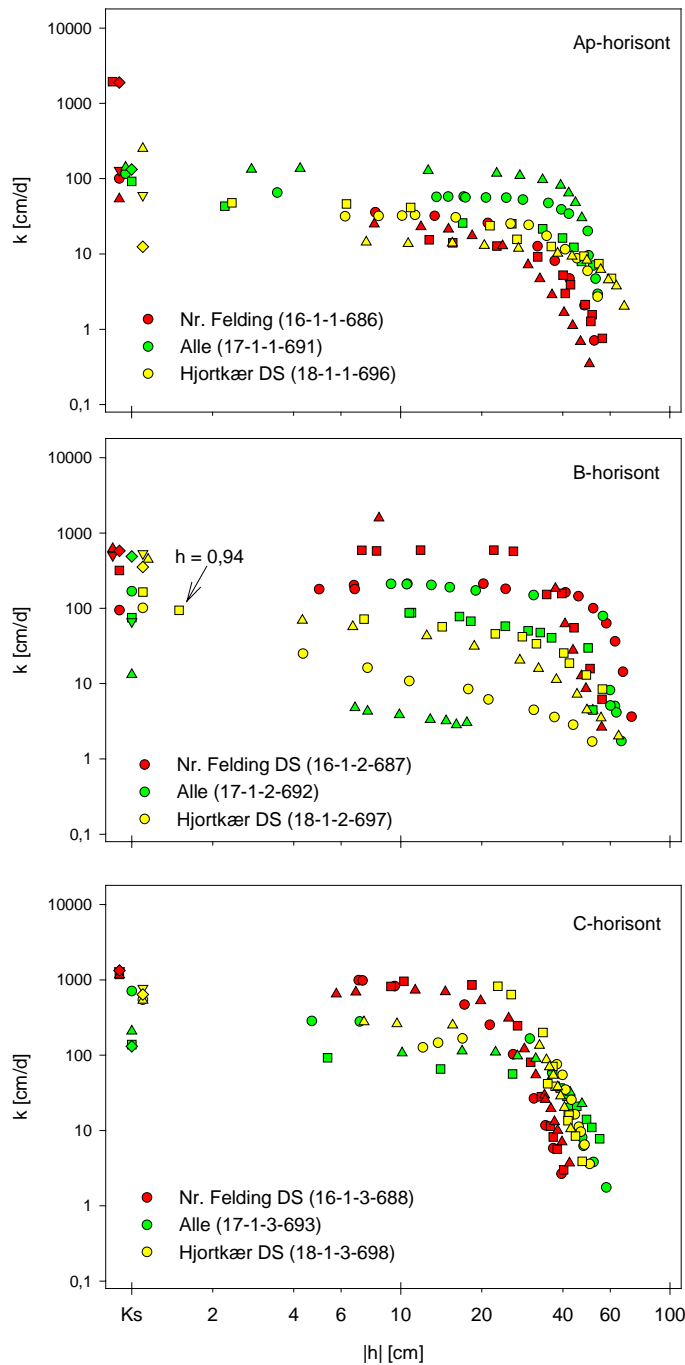
Figur 3.18 viser værdierne for den mættede hydrauliske ledningsevne målt ned gennem profilet. I Ap-horisonten ses der store variationer for Nr. Felding og Hjortkær. Specielt i C-horisonten og i boringerne ser der ud til at være signifikante forskelle i mellem de tre lokaliteter. De mere lerede lag udviser som forventet lave værdier (øverste boring, lertrug og siltet lag).



**Figur 3.18.** Mættet hydraulisk ledningsevne ( $K_s$ ,  $n = 5$ ) målt på store kolonner med undtagelse af boringerne samt "lertrug" og "siltet lag" ved Alle, hvor  $K_s$  blev målt på små 100 cm<sup>3</sup> retentionsringe. Fejllinjerne viser  $\pm 1$  standardafvigelse.

### 3.3.6 Umættet hydraulisk ledningsevne

Resultaterne af målingerne af den umættede hydrauliske ledningsevne er vist på figur 3.19. Enkeltmålingerne er her plottet og sammenlignet med enkeltmålingerne af den mættede hydrauliske ledningsevne. Bortset fra B-horisonten, hvor målinger ligger relativt spredt er der en pæn overensstemmelse mellem de tre lokaliteter. Med undtagelse enkelte af målingerne i Ap-horisonten ser der ikke ud til at vandtransporten ved fuld mætning i en dominerende grad foregår ved præferentiel strømning gennem jordens store porer.



**Figur 3.19.** Enkeltmålinger af mættet ( $K_s$ ) og umættet ( $k(h)$ ) hydraulisk ledningsevne. Alle målinger er udført på store kolonner. Alle Ap: Grøn firkant

### 3.3.7 Anvendelighed af hydrauliske data

De hydrauliske datas anvendelighed og usikkerhed er i høj grad relateret til det udtagne jordvolumens repræsentativitet for jordtypen. Målinger af vandretention er den hydrauliske måling, der er mindst følsom overfor prøvestørrelsen. For målinger af den umættede og mættede hydrauliske ledningsevne stiger betydningen af prøvestørrelsen. Målinger af den mættede hydrauliske ledningsevne er den måling, der er mest følsom overfor den valgte prøvestørrelse, da denne måling indbefatter målinger på det totale udsnit af jordens porer

og dermed også indbefatter jordens største porer. Såfremt den valgte prøvestørrelse er for lille stiger usikkerheden for, at prøven ikke indeholder et repræsentativt udsnit af jordens porer. Sandede jorde har dog generelt en ringe struktur og dermed et ringe indhold af store porer (makroporer). Derfor må det antages, at de anvendte prøvestørrelser i forbindelse med målingerne på bakkeø DS har været repræsentative for jordtypen.

Vandretentionsmålingerne dækker området fra fuld mætning til planternes visnegrænse (pF 4,2). Målinger af den mættede og umættede hydrauliske ledningsevne dækker det nærmættede områder fra fuldmætning til ca. pF 2 (100 cm vandsøjle), der er det område, hvor dynamikken i den hydrauliske ledningsevne er størst.

### 3.4 Mikrobiologi

Finn P. Vinther (DJF), Lars Elsgaard (DJF), Ulla Catrine Brinch (GEUS) og Carsten Suhr Jacobsen (GEUS)

På prøver fra de tre lokaliteter – Nr. Felding, Alle og Hjortkær - er der gennemført målinger af mikrobiologiske parametre, tabel 3.10 Substrat induceret respiration (SIR), der giver et udtryk for den let tilgængelige biomasse samt den heraf afledte parameter mikrobiel biomasse kulstof (mb-C), der giver et udtryk for den samlede mikrobielle biomasse i jorden. Der er endvidere bestemt antal dyrkbare bakterier på to agarmedier. Dels er de talt på mediet 1/300 TSA, der giver gode vækstvilkår for en bred vifte af forskellige bakterier. Dels er bakterier talt på Goulds S1, der kun giver gode vækstforhold for bakterier der hører til *Pseudomonas* sp. bakterier, og hermed en gruppe af bakterier med et bredt substratvalg, herunder mange pesticider. Disse fire mål er forskellige udtryk for den potentielle mikrobielle aktivitet. Derudover er der bestemt mikrobiel aktivitet med tre forskellige metoder, bl.a. ved måling af hydrolyse af fluorescein diacetat (FDA) samt acetatmineralisering og specifik mikrobiel aktivitet i form af arylsulfatase aktivitet (ASA). Endelig er der opnået et udtryk for hvor mange forskellige stoffer den samlede mikrobielle population kan omsætte (funktionel diversitet) ved hjælp af et kommercielt testkit (Biolog).

**Tablet 3.10.** Undersøgte prøver fra Nr. Felding, Alle og Hjortkær

Dybde	Nr. Felding			Alle			Hjortkær		
		cm	Prøvenr.		cm	Prøvenr.		cm	Prøvenr.
Dybde 1	Ap	5-25	16-1-1-686	Ap	5-25	17-1-1-691	Ap	5-25	18-1-1-696
Dybde 2	B	30-50	16-1-2-687	B	40-60	17-1-2-692	B	37-57	18-1-2-697
Dybde 3	C	100-120	16-1-3-688	C	85-105	17-1-3-693	C	190-210	18-1-3-698
Dybde 4		340	16-1-4-689	C	125	17-1-3-694		225	18-1-4-699
Dybde 5		475	16-1-5-690		225	17-1-3-695		335	18-1-5-700



### 3.4.1 Mikrobiel biomasse

Den substrat inducerede respiration blev på de to lokaliteter Nr. Felding og Hjortkær målt til 4,1-6,0  $\mu\text{L CO}_2 \text{ g}^{-1}$  tør jord  $\text{t}^{-1}$  i Ap-horizonten med den højeste værdi i Hjortkær, tabel 3.11-I). I Ap horisonten findes tilsvarende at antallet af dyrkbare bakterier på 1/300 TSA er højere i Hjortkær end for de to andre profiler, mens antallet af *Pseudomas* sp er lavere. I Hjortkær profilens dybde 4 og 5 findes et meget højt antal dyrkbare bakterier på 1/300 TSA.

Endvidere finder vi, at den mikrobielle aktivitet er betydeligt lavere i B- og C-horisonterne end i Ap-horizonten. Mikrobiel biomasse C i alle tre profiler (tabel 3.11- II) aftager også med dybden. Dyrkbare bakterier på 1/300 TSA (tabel 3.11-III) samt dyrkbare *Pseudomonas* sp. bakterier ( tabel 3.11-IV) aftager også med dybden i profilerne Nr. Felding og Alle. Dybde 4 og 5 i Hjortkær er kun analyseret for dyrkbare bakterier og vi finder næsten lige så højt antal dyrkbare bakterier på 1/300 TSA som i Ap og B horisonten.

**Tabel 3.11.** Mikrobiel biomasse: Substrat induceret respiration (I), beregnet mikrobiel biomasse kulstof (II), dyrkbare bakterier på 1/300 TSA (III) samt dyrkbare *Pseudomonas* sp. (IV) i profilerne i Nr. Felding, Alle og Hjortkær.

I	$\mu\text{L CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ tør jord t}^{-1}$					
	Nr. Felding		Alle		Hjortkær	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	4,1	0,1	nd	nd	6,0	0,2
Dybde 2	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	0,1
Dybde 3	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-
Dybde 4	<0,5	-	<0,5	-	nd	Nd
Dybde 5	<0,5	-	<0,5	-	nd	Nd
Dybde 6	<0,5	-	nd	nd	nd	Nd

II	Biomasse C, $\mu\text{g g}^{-1} \text{ tør jord}$					
	Nr. Felding		Alle		Hjortkær	
Dybde	gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	181	17	nd	nd	258	21
Dybde 2	<30	-	<30	-	<30	-
Dybde 3	<30	-	<30	-	<30	-
Dybde 4	<30	-	<30	-	nd	Nd
Dybde 5	<30	-	<30	-	nd	Nd
Dybde 6	<30	-	nd	nd	nd	Nd

III	Dyrkbare bakterier på (1/300 TSA) $\text{g}^{-1} \text{ tør jord}$					
	Nr. Felding		Alle		Hjortkær	
Dybde	gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	$2.5 \times 10^6$	$5.7 \times 10^5$	$2.4 \times 10^6$	$8.4 \times 10^5$	$7.8 \times 10^6$	$2.9 \times 10^6$
Dybde 2	$1.1 \times 10^4$	$6.2 \times 10^3$	$5.0 \times 10^5$	$1.8 \times 10^5$	$7.9 \times 10^5$	$4.1 \times 10^5$
Dybde 3	<1000		$1.1 \times 10^3$	$1.4 \times 10^3$	nd	Nd
Dybde 4	<1000		$8.2 \times 10^3$	$1.8 \times 10^3$	$6.2 \times 10^5$	$2.6 \times 10^5$
Dybde 5	<1000		$3.8 \times 10^3$	$1.6 \times 10^3$	$1.9 \times 10^6$	$9.1 \times 10^5$

IV	<i>Pseudomonas</i> sp. bakterier (Goulds S1) $\text{g}^{-1} \text{ tør jord}$					
	Nr. Felding		Alle		Hjortkær	
Dybde	gns	Std	Gns	Std	gns	Std
Dybde 1	$4.4 \times 10^4$	$9.8 \times 10^3$	$4.7 \times 10^4$	$1.9 \times 10^4$	<100	-
Dybde 2	<100	-	<100	-	<100	-
Dybde 3	<100	-	<100	-	nd	-
Dybde 4	<100	-	<100	-	<100	-
Dybde 5	<100	-	<100	-	<100	-

### 3.4.2 Mikrobiel aktivitet

Den mikrobielle aktivitet bestemt som måling af FDA blev i Ap-horisonten for Nr. Felding målt til 47  $\mu\text{g}$  fluorescein  $\text{g}^{-1}$  tør jord  $\text{t}^{-1}$ , tabel 3.12. Aktiviteten falder betydeligt med dybden, hvilket også gælder for lokaliteterne Alle og Nr. Felding. Generelt er aktiviteten i de dybere jordlag mindre end 0,5  $\mu\text{g}$  fluorescein  $\text{g}^{-1}$  tør jord  $\text{t}^{-1}$ . En undtagelse er dog dybde 2 i Alle, hvor aktiviteten er 23  $\mu\text{g}$  fluorescein  $\text{g}^{-1}$  tør jord  $\text{t}^{-1}$ .

**Tabel 3.12.** Hydrolyse af fluorescein diacetat i profiler i Nr. Felding, Alle og Hjortkær.

Dybde	$\mu\text{g}$ fluorescein $\text{g}^{-1}$ tør jord $\text{t}^{-1}$					
	Nr. Felding		Alle		Hjortkær	
	gns	std	gns	std	Gns	Std
Dybde 1	46,7	9,0	nd	nd	nd	-
Dybde 2	1,4	0,3	22,8	3,4	<0,5	-
Dybde 3	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-
Dybde 4	0,7	0,7	<0,5	-	nd	Nd
Dybde 5	<0,5	-	nd	nd	nd	Nd

Mikrobiel aktivitet bestemt som ASA varierer i Ap-horisonten på de tre lokaliteter mellem 7 og 34  $\mu\text{g}$  NP  $\text{g}^{-1}$  tør jord  $\text{t}^{-1}$  med signifikant lavest aktivitet i Alle og mellem <0.5 og 1,0  $\mu\text{g}$  NP  $\text{g}^{-1}$  tør jord  $\text{t}^{-1}$  i de dybere jordlag, tabel 3.13.

**Tabel 3.13.** Arylsulfatase aktivitet i profilerne i Nr. Felding, Alle og Hjortkær.

Dybde	$\mu\text{g}$ NP $\text{g}^{-1}$ tør jord $\text{t}^{-1}$					
	Nr. Felding		Alle		Hjortkær	
	gns	std	Gns	std	Gns	Std
Dybde 1	33,9	2,3	7,2	1,1	30,6	2,0
Dybde 2	0,9	0,7	1,0	0,3	<0,5	-
Dybde 2	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-
Dybde 4	<0,5	-	<0,5	-	nd	Nd
Dybde 5	<0,5	-	0,6	0,6	nd	Nd

### 3.4.3 Mikrobiel diversitet

Undersøgelser af bakteriepopulationernes metaboliske egenskaber er foretaget vha. Biolog Ecoplates, som indeholder 31 forskellige C-kilder, og på basis heraf er index med relation til den funktionelle diversitet beregnet. Index er beregnet for analyser, hvor Ecopladerne gennemsnitlige farveudvikling (AWCD) overstiger en nedre grænse på 0,1. På basis af de beregnede index er eventuelle forskelle i bakterie-populationernes evne til at udnytte de forskellige substrater vurderet, tabel. 3.14.

Resultaterne af disse undersøgelser antyder, at evnen til at udnytte forskellige substrater (Richness) i Nr. Felding falder i dybde 2 fore derefter at stige igen i dybde 3. Samme forhold gælder for den relative fysiologiske diversitet, J', tabel 3.14. Denne tendens afviger fra det mønster der er fundet for andre profilanalyser og kan ikke umiddelbart tolkes som et mikrobiologisk fænomen. I Alle ses en tilsvarende tendens til at jordlaget i dybde 3 har en højere richness og diversitet end jordlaget i dybde 2, tabel 3.14.

**Tabel 3.14.** Gennemsnitlig farveudvikling (I), richness (II) og funktionel diversitet (III) i profilerne i Nr. Felding, Alle og Hjortkær. Richness (S) = substratudnyttelsen (maks. 31). Relativt diversitets indeks (J') = Shannon-Weaver diversitetsindeks i forhold til maks. diversitets indeks på 3,43.

I	Gennemsnitlig farveudvikling (AWCD)					
	Nr. Felding		Alle		Hjortkær	
Dybde	gns	std	Gns	std	gns	Std
Dybde 1	0,53	0,01	nd	nd	nd	Nd
Dybde 2	0,25	0,03	0,44	0,05	nd	Nd
Dybde 3	0,32	0,01	0,45	0,03	nd	Nd

II	Richness (S)					
	Nr. Felding		Alle		Hjortkær	
Dybde	gns	std	Gns	std	gns	Std
Dybde 1	24,0	0,0	nd	nd	nd	Nd
Dybde 2	14,0	1,0	19,3	1,2	nd	Nd
Dybde 3	24,3	0,6	24,7	0,6	nd	Nd

III	Relativt diversitets indeks (J')					
	Nr. Felding		Alle		Hjortkær	
Dybde	gns	std	Gns	std	gns	Std
Dybde 1	0,88	0,01	nd	nd	nd	Nd
Dybde 2	0,69	0,04	0,81	0,01	nd	Nd
Dybde 3	0,84	0,00	0,87	0,01	nd	Nd

### 3.4.4 Sammenfatning

Den mikrobielle biomasse og aktivitet aftager væsentligt med dybden og er generelt en størrelsesorden lavere i de dybere jordlag end i Ap-horisonten. Tilsvarende falder antallet af dyrkbare bakterier på såvel det generelle medie som det specifikke *Pseudomonas* sp. medie (tabel 3.11 - tabel 3.13). I profilen fra Hjortkær finder vi et højt antal dyrkbare bakterier på 1/300 TSA i dybde 4 og 5, disse jordprøver er ikke analyseret for de øvrige biomasse – eller aktivitets mål. Målinger af substratudnyttelse med Biolog Ecoplates (Richness) viser dog ikke et entydigt billede hvad dybdeprofilen angår.

Sammenlignes de tre lokaliteter kan det konstateres, at Nr. Felding og Hjortkær er rimeligt sammenlignelige. For Alle er der færre data for Ap horisonten, men enzymaktiviteten (ASA) er her lavere end i de to øvrige lokaliteter.

### 3.5 Pesticidspecifikke parametre

Carsten Suhr Jacobsen (GEUS), Ulla Catrine Brinch (GEUS); Jim Rasmussen (GEUS) og René K. Juhler (GEUS)

På prøver fra de tre lokaliteter - Nr. Felding, Alle og Hjortkjær - er der gennemført undersøgelser af pesticid specifikke parametre, tabel 3.15:

- Kd-værdien, der er et udtryk for hvor stærkt pesticidet bindes til jorden, jo højere Kd værdi des mindre pesticid, er der tilstede i jordvæsken.
- M64d – hvor meget af det <sup>14</sup>C (tilsat som pesticid), der er genfundet som <sup>14</sup>C-CO<sub>2</sub> efter 64 dage. Jo højere M64d værdi des mere af det tilsatte pesticid er fuldstændigt nedbrudt (mineraliseret).
- DT50 – hvor mange dage det tager, før 50% af det tilsatte pesticid ikke kan genfindes.

**Tabel 3.15** Undersøgte prøver fra Nr. Felding, Alle og Hjortkjær.

Dybde	Nr. Felding		Alle			Hjortkjær			
		Dybde cm	Prøvenr.		Dybde cm	Prøvenr.		Dybde cm	Prøvenr.
Dybde 1	Ap	5-25	16-1-1-686	Ap	5-25	17-1-1-691	Ap	5-25	18-1-1-696
Dybde 2	Bs	30-50	16-1-2-687	Bs	40-60	17-1-2-692	Bv	37-57	18-1-2-697
Dybde 3	C	100-120	16-1-3-688	C	85-105	17-1-3-693	C	190-210	18-1-3-698
Dybde 4		340	16-1-4-689	C	125	17-1-4-694		225	18-1-4-699
Dybde 5		475	16-1-5-690		225	17-1-5-695		335	18-1-5-700

#### 3.5.1 Pesticides binding

Pesticidets binding til jordbestanddele måles som Kd værdien, bestemt som pesticidets fordelingskoefficient mellem den faste fase og jordvandet. Kd værdierne for MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat bestemt på Nr. Felding, Alle og Hjortkjær lokaliteterne er vist i tabel 3.16.

**Table 3.16.** Kd værdier for MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat bestemt på Nr. Felding, Alle og Hjortkjær lokaliteterne.

	Kd værdi MCPA					
	Nr. Felding		Alle		Hjortkjær	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	1,8	0,16	2,0	0,10	3,5	0,43
Dybde 2	0,48	0,01	1,2	0,01	0,48	0,01
Dybde 3	0,13	0,01	0,38	0,01	0,56	0,002
Dybde 4	0,46	0,01	3,7	0,06	0,09	0,01
Dybde 5	0,17	0,01	44	2,2	0,11	0,004

	Kd værdi methyltriazinamin					
	Nr. Felding		Alle		Hjortkjær	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	22	6,6	15	2,7	32	1,4
Dybde 2	10	0,36	28	1,1	204	12
Dybde 3	3,8	0,39	3,5	0,16	1128	207
Dybde 4	377	19	114	2,1	6,4	0,24
Dybde 5	44	2,2	72	0,65	11	0,9

	Kd værdi Metribuzin					
	Nr. Felding		Alle		Hjortkjær	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	1,1	0,09	1,02	0,02	1,5	0,03
Dybde 2	0,10	0,01	0,26	0,01	0,19	0,001
Dybde 3	0,02	0,01	0,03	0,01	0,24	0,012
Dybde 4	0,10	0,01	0,22	0,004	0,02	0,002
Dybde 5	0,03	0,01	2,5	0,06	0,02	0,01

	Kd værdi glyphosat					
	Nr. Felding		Alle		Hjortkjær	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	319	85	103	8,2	1285	124
Dybde 2	2354	151	1972	82	2109	142
Dybde 3	870	65	640	2,6	1321	54
Dybde 4	1414	53	1284	72	868	10
Dybde 5	1213	118	452	51	1304	44

I forbindelse med registrering af de fire stoffers bindingsforhold til jord har vi i projektet anvendt radioaktive isotoper. Da radioaktive isotopers renhed aldrig kan være 100%, skal vi gøre opmærksom på, at alle Kd værdier for metyltriazinamin og MCPA, der er under 0.1 og over 15 ikke er kvantitative. Tilsvarende er alle Kd værdier under 0,1 og over 7 for metribuzin samt under 0,1 og over 160 for glyphosat ikke kvantitative. Disse værdier anvendes derfor ikke ved yderligere modellering i projektet, men er medtaget her med angivelse af statistisk usikkerhed, fordi de alligevel giver en nyttig information om variationen i stoffernes eller deres metabolitters bindingsforhold.

MCPA bindes meget varierende i de tre profiler. Stoffet bindes i overjorden med Kd værdier mellem 1,8 (Nr. Felding) og 3,5 (Hjortkjær). MCPA's sorption falder med dybden i de to profiler Nr. Felding og Hjortkjær, mens MCPA's sorption i de to nederste lag i profilen fra Alle er højere end i overjorden.

Methyltriazinamin bindes generelt stærkt og i underjordene i nogle jorde endda langt stærkere end MCPA med Kd værdier mellem 3,5 og 1128. I overjorden ligger værdierne mellem 15 og 32, mens sorptionen i underjords horisonterne udviser større variation.

Metribuzins bindingsmønster minder om MCPA med de højeste Kd værdier (mellem 1 og 1,5) for overjordene fra de tre lokaliteter. Metribuzins binding til underjorde er i de fleste tilfælde lav mellem 0,02 og 0,24. Der er dog en enkelt undtagelse hvor Kd værdien er meget højere, nemlig 2,5, som er fundet i dybde 5 i Alle. I samme prøve som vi finder en høj Kd værdi for MCPA.

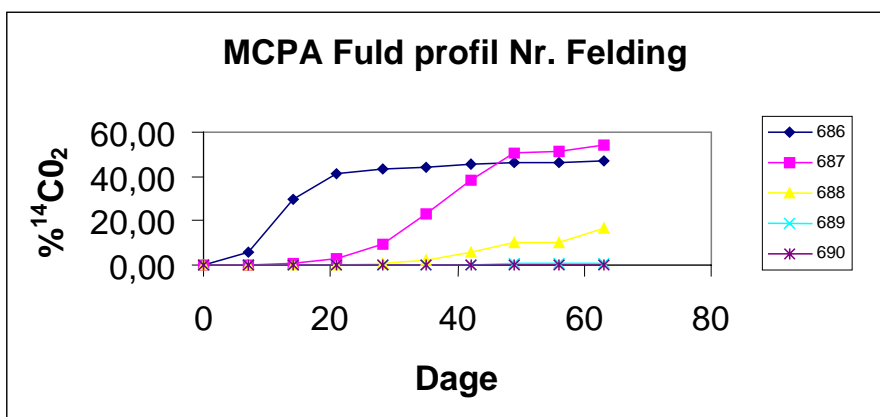
Glyphosat bindes stærkt til alle jorde, med den højeste Kd værdi på 2354 i dybde 2 i profilet fra Nr. Felding.

Generelt viser denne landskabselemne type det forventede billede med høj sorption for stofferne glyphosat og methyltriazinamin, og lav sorption for MCPA og metribuzin. En enkelt jordprøve (dybde 5 Alle) udviser en markant højere sorption af både MCPA og metribuzin end vi ellers har fundet .

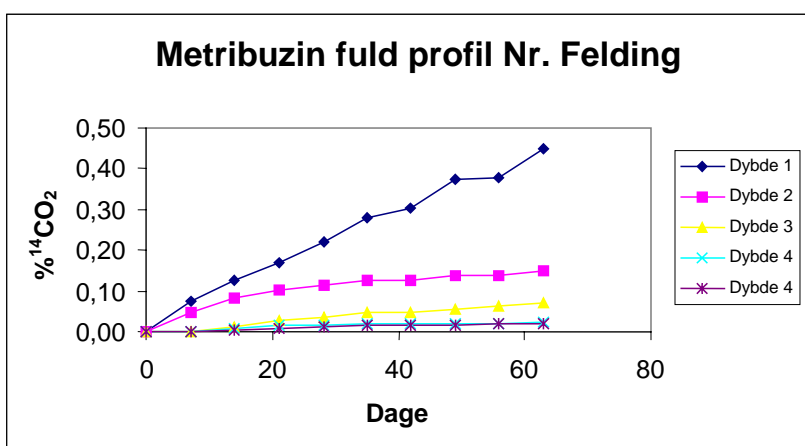
### **3.5.2 Pesticiders mineralisering**

I tabel 3.23. er der opgivet 64 dages akkumuleret mineralisering, der er udtryk for hvor meget af det tilsatte  $^{14}\text{C}$ -pesticid, der er fuldstændigt omdannet til  $^{14}\text{CO}_2$  på 64 dage.

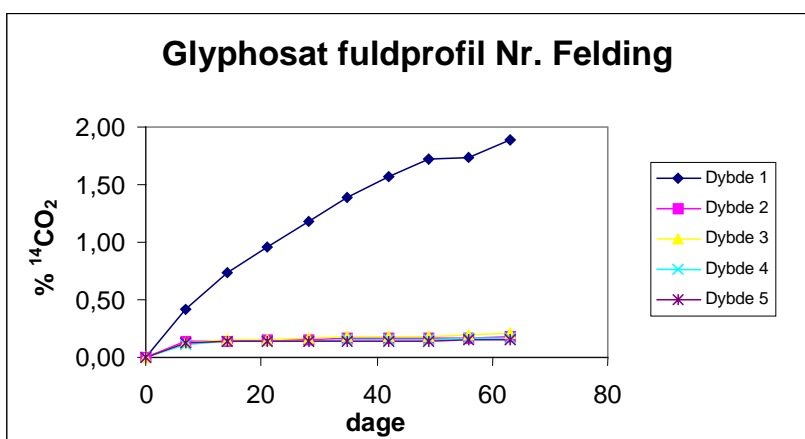
På figur 3.20, figur 3.21, figur 3.22 og figur 3.23 er vist eksempler på typiske forløb for mineraliseringen af MCPA, methyltriazinamin, glyphosat og metribuzin. MCPA's mineralisering er typisk vækstrelateret hvilket blandt andet i dybde 1 fører til et sigmoidt kurveforløb. Metribuzin, methyltriazinamin og glyphosat mineraliseres typisk med et forløb der minder om en ret linie. I forbindelse med registrering af de fire stoffers mineraliseringsforhold har vi i projektet anvendt radioaktive isotoper. Da radioaktive isotopers renhed aldrig kan være 100%, skal vi gøre opmærksom på, at alle M64 værdier, der er akkumuleret til under 1,6 % ikke er kvantitative. Disse data anvendes derfor ikke ved yderligere modellering i projektet, men er medtaget her, fordi de alligevel giver en nyttig information om variationen i stofferne eller deres metabolitters mineralisering.



**Figur 3.20.** Akkumuleret MCPA mineralisering i fem dybder fra Nr. Felding. I denne profil ser vi en hurtig mineralisering af MCPA i overjorden (prøve 686). I jorden fra dybde 2 (687) ser vi en initialt langsommere mineralisering af MCPA end i overjorden selvom den endelige mineraliseringsværdi er højere i dybde 2.

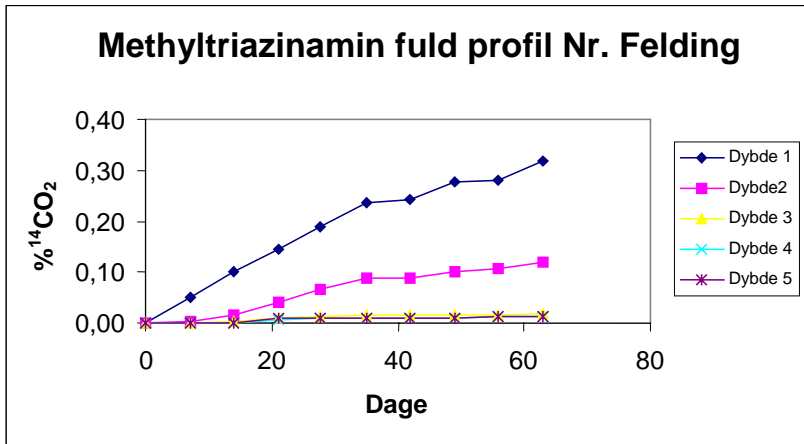


**Figur 3.21.** Akkumuleret metribuzin mineralisering i fem dybder fra lokalitetsnr. 110 (Stubkær). Bemærk at mineraliseringen er meget lav i alle prøver.



**Figur 3.22.** Akkumuleret glyphosat mineralisering i fem dybder fra Nr. Felding. Bemærk at mineraliseringen er væsentlig højere i overjorden end i de fire andre dybder, selvom den er stadig er lav (under 2% på 63 dage).





**Figur 3.17.** Akkumuleret methyltriazinamin mineralisering i fem dybder fra Nr. Felding. Bemærk at mineraliseringen er lav i alle jorde.

**Table 3.17.** Værdier for 64 dages akkumuleret mineralisering for MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat bestemt på Nr. Felding, Alle og Hjortkjær lokaliteterne.

	M64d værdi MCPA		
	Nr. Felding	Alle	Hjortkjær
Dybde	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	47	40	48
Dybde 2	55	50	64
Dybde 3	17	0,46	nd
Dybde 4	0,72	nd	0,78
Dybde 5	0,11	0,16	2,8

	M64d værdi Methyltriazinamin		
	Nr. Felding	Alle	Hjortkjær
Dybde	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	0,32	0,14	0,19
Dybde 2	0,12	0,07	0,04
Dybde 3	0,02	0,05	nd
Dybde 4	0,01	nd	0,02
Dybde 5	0,01	0,03	0,01

	M64d værdi Metribuzin		
	Nr. Felding	Alle	Hjortkjær
Dybde	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	0,45	0,19	0,47
Dybde 2	0,15	0,25	0,21
Dybde 3	0,07	0,05	nd
Dybde 4	0,02	nd	0,12
Dybde 5	0,02	0,06	0,11

	M64d værdi glyphosat		
	Nr. Felding	Alle	Hjortkjær
Dybde	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	1,9	4,9	0,65
Dybde 2	0,17	0,14	0,16
Dybde 3	0,21	0,30	nd
Dybde 4	0,17	nd	1,3
Dybde 5	0,15	0,09	0,26

Mineraliseringen af MCPA forløber generelt hurtigere og til et højere niveau end mineraliseringen af de andre stoffer. Mineralisering af MCPA i dybde 2 fra alle tre lokaliteter, når et højt niveau indenfor den undersøgte periode, men en nærmere analyse af mineraliseringsforløbet viser, at mineraliseringskurvens stejle forløb kommer på et senere tidspunkt end i overjorden de samme steder. Vi har i andre tilfælde set at den samlede mineralisering af stofferne er lav i jorde med højt indhold af organisk stof. Dette kan betyde, at stofferne

ellers deres nedbrydningsprodukter kan bindes til den organiske fraktion og dermed være utilgængelig for mikroorganismernes nedbrydning.

Mineralisering af stofferne methyltriazinamin og metribuzin er i alle prøver meget lav (under 1%) og disse to stoffers mineralisering i de dybe lag er nærmest ikke eksisterende.

Mineraliseringen af glyphosat er lav varierende fra 0,65 – 4,9 % i overjordsprøverne. I profilerne Nr. Felding og Alle, falder mineraliseringen af glyphosat ned gennem profilet. For profilen fra Hjortkær ses ingen forskel på over- og underjorde, ej heller er der nogen systematisk stigning eller fald gennem profilet.

### 3.5.3 DT50 bestemmelse

Ved DT50 bestemmelserne er der gennemført analyse af hvor lang tid det tager før der kun kan genfindes 50% af det tilsatte pesticid. Bestemmelsen udføres ved en LC-MS/MS baseret analyse af jordekstrakter. DT50 værdien tolkes som halveringstiden for pesticidets forsvinding. DT50 værdierne for MCPA, methyltriazinamin og metribuzin bestemt på Astrup, Nr. Felding DS, Alle, og Hjortkær DS lokaliteterne er vist i tabel 3.18. For glyphosat er der ikke bestemt DT50 men data for mineralisering er etableret (se særligt afsnit).

**Tabel 3.18.** DT50 værdier for MCPA, methyltriazinamin og metribuzin bestemt på Nr. Felding, Alle og Hjortkær lokaliteterne.

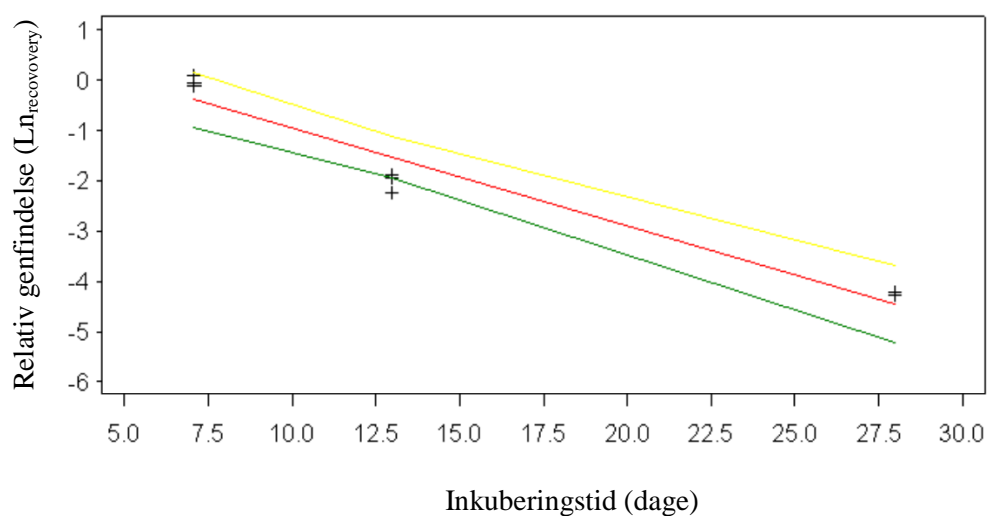
	DT50 værdi for MCPA		
	Nr. Felding	Alle	Hjortkær
Dybde 1	13	4	4
Dybde 2	17	8	3
Dybde 3	-	-	-
Dybde 4	-	-	-
Dybde 5	-	-	-
Dybde 6	-	-	-

	DT50 værdi for Methyltriazinamin		
	Nr. Felding	Alle	Hjortkær
Dybde 1	-	-	43
Dybde 2	>	>	-
Dybde 3	-	-	-
Dybde 4	-	-	-
Dybde 5	-	-	-
Dybde 6	-	-	-

	DT50 værdi for Metribuzin		
	Nr. Felding	Alle	Hjortkær
Dybde 1	177	121	80
Dybde 2	>	190	-
Dybde 3	-	-	-
Dybde 4	-	-	-
Dybde 5	-	-	-
Dybde 6	-	-	-

Der er i enkelte tilfælde ekstrapoleret ud over det tidsinterval, som forsøget dækker. I ekstreme tilfælde (d.v.s. hvor der er ingen eller en næppe detekterbar forsvinding) er  $DT_{50}$  værdien angivet som ">".

Der ses en generel tendens til hurtigst forsvinding af MCPA i de undersøgte over- og underjorde. Det ses desuden at metribuzin i overjorde forsvinder langsommere end MCPA, og i underjordene er methyltriazinamin og metribuzin generelt stabile. Et eksempel på sammenhængen mellem inkuberingstiden og forsvindingen af stoffet MCPA kan ses i figur 3.24.



**Figur 3.24.** Sammenhæng mellem inkuberingstid ( $t$ , dage) og forsvinding af MCPA i Hjortkær DS dybde 1 (målt som relativ genfindelse, logaritmeret). Den lineære regressionslinje og øvre og nedre grænse for 95% konfidensintervallet er angivet. Ud fra hældningen på regressionslinjen kan  $DT_{50}$  beregnes ved  $DT_{50} = \ln(2)/k$  som i dette eksempel bliver 3,6 dage.

## 3.6 Georadar

Ingelise Møller (GEUS)

Der er udført georadarundersøgelser på alle tre undersøgelsesmarker i forbindelse med udpegningen af placeringen af fuldtprogramprofilerne. Der er anvendt et georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz, desuden er der på Alle og Hjortkær markerne også anvendt et 200 MHz georadarsystem.

Beskrivelse af georadarmetoden kan findes i KUPA rapport nr. 1 (Møller, 2001) og beskrivelse af måleprocedure og optageparametre findes i KUPA rapport nr. 2, Metoderapport (Barlebo et al. 2002). Processeringen af georadarprofilerne omfatter et dewow-filter, low-pass-filter og migration samt skalering, der kompenserer for geometrisk spredning og eksponentielt henfald af signal (SEG gain).

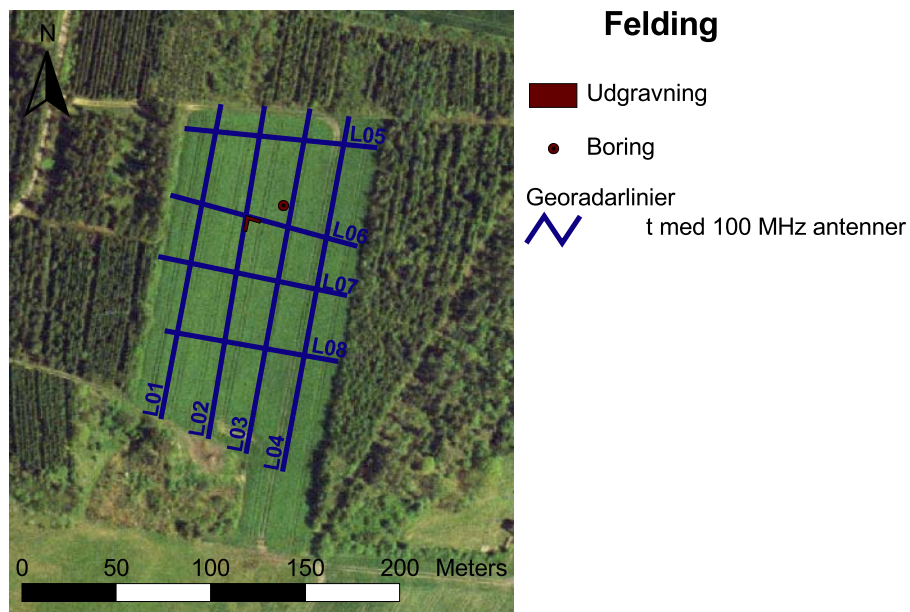
Georadardata præsenteres her grafisk. Data bruges kvalitativt og visuelt i en tolkning af geologiske strukturer. Tolkninger af lithologi baserer sig på penetrationsdybder og korrelation med lithologiske data fra udgravning og borerer.

### 3.6.1 Nr. Felding lokaliteten

Nr. Felding undersøgelsesmark er undersøgt med georadar i et groft net af linier; i alt 8 linier er målt med et georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz, figur 3.25. I figur 3.26 vises udsnit af det N-S-orienterede georadarprofil L02 og det Ø-V-orienterede georadarprofil L06. Georadarprofilets refleksionsmønstre veksler mellem områder med horisontale til subhorisontale refleksioner og hældende refleksioner med moderat (20–50 m) kontinuitet og områder med korte brudte refleksioner, som både kan være subhorisontale og hældende, hvilket giver refleksionsmønsteret et hummocky udseende.

I de øvrige georadarprofiler ses lignende refleksionsmønstre, dog er der områder, hvor de horisontale til subhorisontale refleksioner er mere udtalte. Desuden kan der i flere af georadarprofilerne ses en horisontal refleksion med større kontinuitet beliggende i ca. 100 ns. Penetrationsdybden varierer mellem 150 ns og 300 ns (~ 4,5–9 m u.t.) med den dominerende penetrationsdybde på 250 ns (~ 7,5 m u.t.).

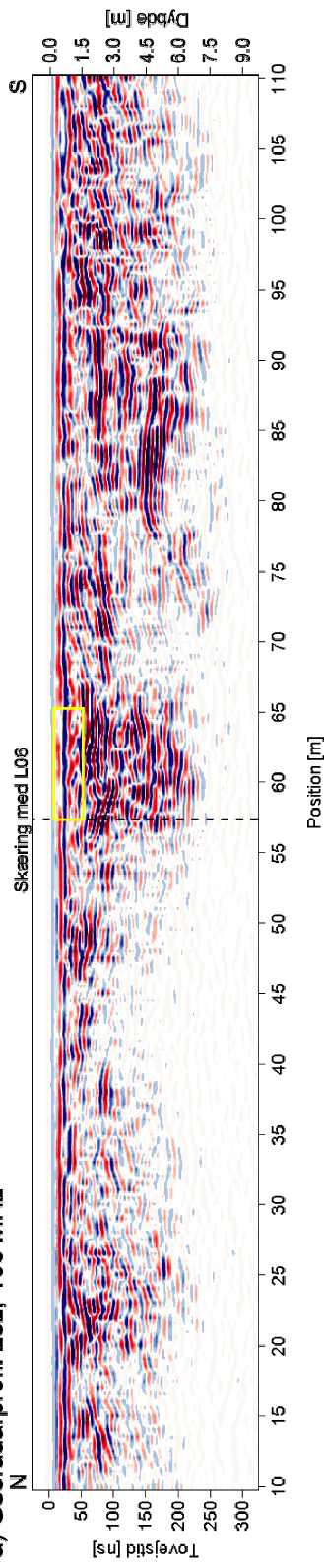
En sammenligning af georadarprofiler og de geologiske profiler opmålt i udgravningen (figur 3.1 og 3.3) viser, at der ikke er modstrid mellem de to typer af profiler. Det er ikke muligt direkte at korrelere lagsekvenser og refleksioner. I boreren (figur 3.13) er grundvandsspejlet pejlet til 5,48 m u.t.. Hvis den horisontale refleksion beliggende i 100 ns tolkes som en refleksion af grundvandsspejlet, er udbredeshastighed i sedimenterne over grundvandsspejlet 0,11 m/ns i stedet for 0,06 m/ns, som er anvendt i dybdekonvertering vist i figur 3.26.



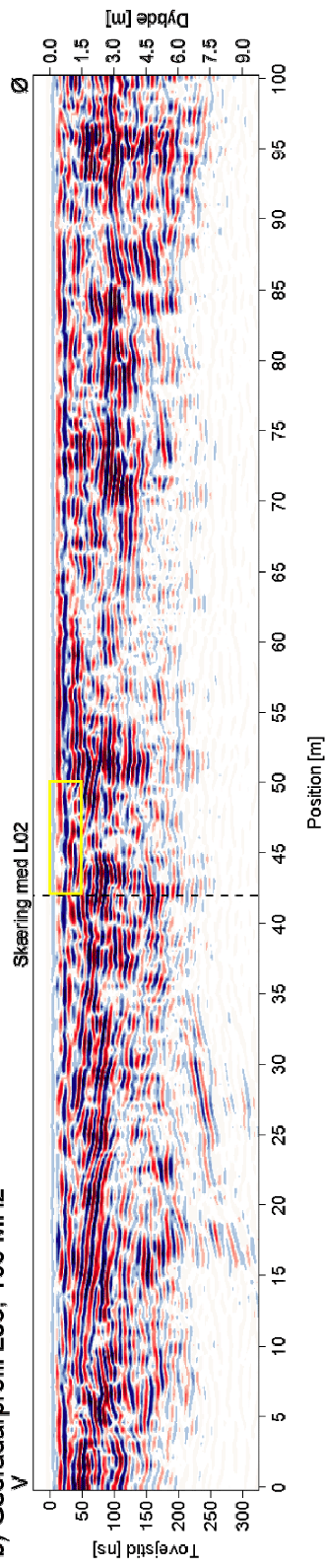
**Figur 3.25.** Nr. Felding undersøgelsesmark. Udgravning, boring og georadarlinier er markeret.

### Nr. Felding

a) Georadarprofil L02, 100 MHz



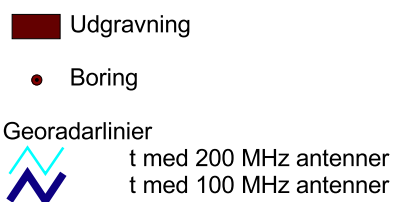
b) Georadarprofil L06, 100 MHz



**Figur 3.26.** Georadarprofiler. a) Udsnit af N-S-orienteret georadarprofil L02 og b) udsnit af Ø-V-orienteret georadarprofil L06, målt med georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz. Skæringspunktet mellem de to linier er markeret med de lodrette stiplede linier og de gule bokse markerer den omtrentlige placering af de pedologiske/geologiske figur 3.1 og figur 3.3). Georadarprofillet er tid-dybde konverteret med en bølgebreddehastighed på 0,06 m/ns.

### 3.6.2 Alle lokaliteten

Alle undersøgelsesmark er undersøgt med georadar i et groft net af linier; i alt 7 linier er målt med et georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz og 5 linier er målt med et 200 MHz georadarsystem (figur 3.27). I figur 3.28 vises udsnit af det N-S-orienterede georadarprofil L03 og det Ø-V-orienterede georadarprofil L07. Georadarprofil-udsnittenes refleksionsmønstre domineres af kontinuerte planparallelle refleksioner, der i de N-S-orienterede linier hælder mod N og i de Ø-V-orienterede linier er subhorisontale eller svagt ondulerende. I de øverste 1,5–2 m u.t. er refleksionsmønstret mere varieret. Det veksler mellem områder med de meget kontinuerte refleksioner, områder med subhorisontale eller hældende refleksioner med varierende kontinuitet, og områder med korte brudte refleksioner med hummocky præg.



**Figur 3.27.** Alle undersøgelsesmark. Udgravning, boring og georadarlinier er markeret.

I de øvrige georadarprofiler ses lignende refleksionsmønstre; domineret af planparallelle refleksioner, som i den vestligste del af området har en svag tilsyneladende østlig hældning. Denne tilsyneladende hældning er måske ikke reel, men skyldes en manglende kor-



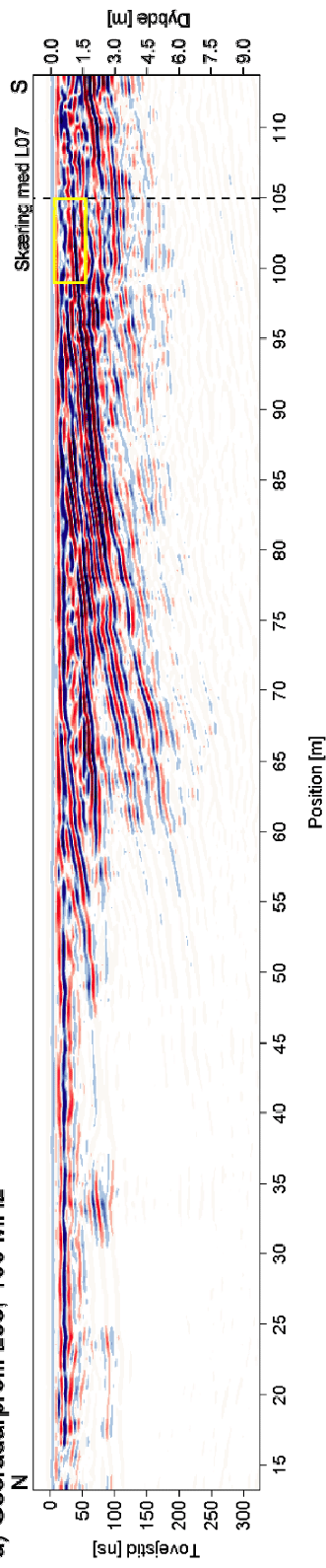
reaktion for topografi. Undersøgelsesmarken er placeret på en bakkekam, som har så lille et relief, at det ikke er gengivet i de geodætiske korts højdekurver.

Penetrationsdybden varierer mellem 50 ns og 300 ns (~ 1,5–9 m u.t.) med den dominerende penetrationsdybde på 150–200 ns (~ 4,5–6 m u.t.). I de N-S-orienterede georadarprofiler hælder penetrationsdybden mod nord og skifter i spring fra relativ stor penetrationsdybde til relativ lille penetrationsdybde, hvor en overfladenær markant refleksion dæmper signalet meget. I de Ø-V-orienterede linier følger penetrationsdybden de planparallelle refleksioners forløb, hvilket indikere, at det er bestemte lag, der primært svækker signalet.

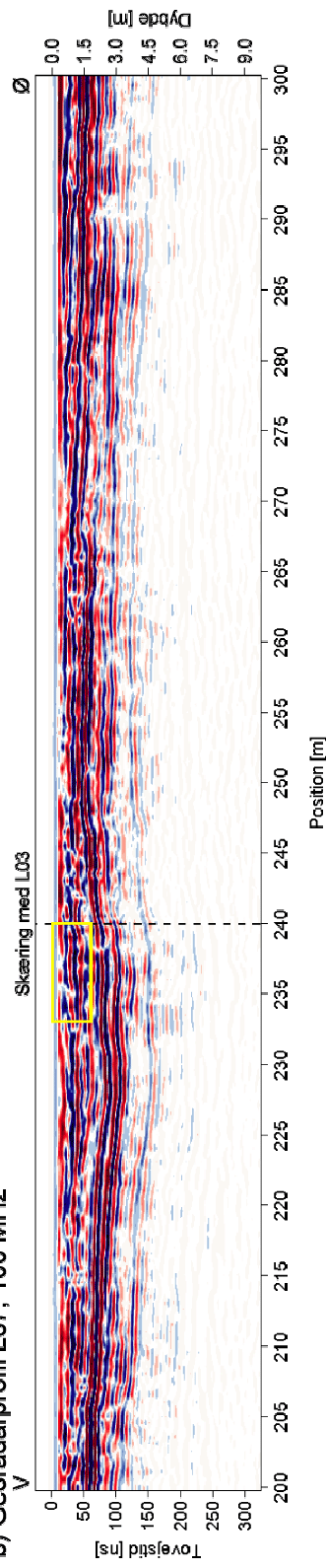
En sammenligning af georadarprofiler og de geologiske profiler opmålt i udgravningen (figur 3.5 og 3.7) viser, at forløbet af et tyndt lerlag observeret i udgravningen er i overensstemmelse med forløbet af refleksionerne ved udgravningen.

## Alle

a) Georadarprofil L03, 100 MHz



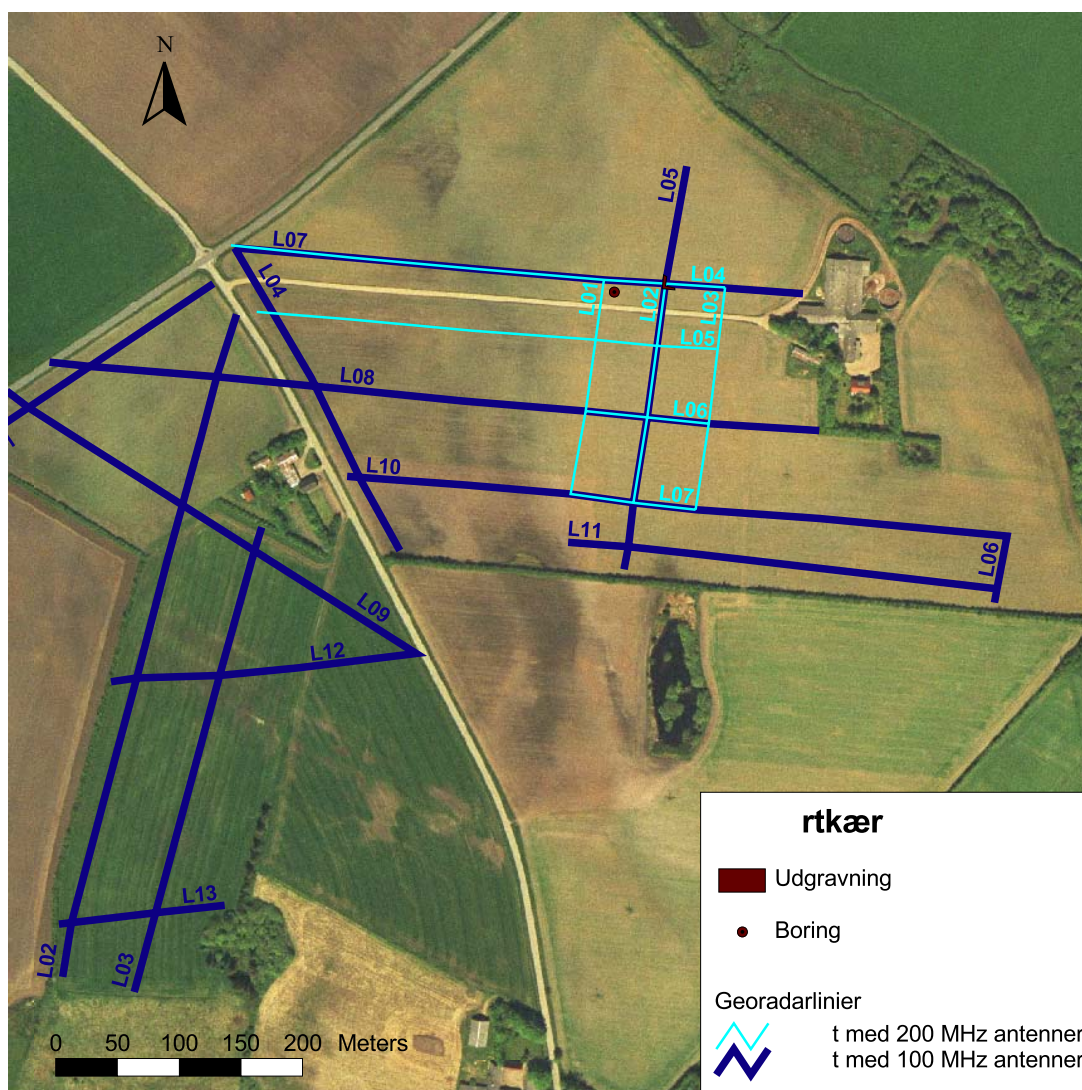
b) Georadarprofil L07, 100 MHz



**Figur 3.28.** Georadarprofiler. a) Udsnit af N-S-orienteret georadarprofil L03 og b) udsnit af Ø-V-orienteret georadarprofil L07, målt med georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz. Skæringspunktet mellem de to linier er markeret med de lodrette stiplede linier og de gule bokse markerer den omtrentlige placering af de pedologiske/geologiske profiler (figur 3.5 og 3.7). Georadarprofilen er tid-dybde konverteret med en bølgebreddehastighed på 0,06 m/ns.

### 3.6.3 Hjortkær lokaliteten

Placeringen af georadarundersøgelserne på Hjortkær undersøgelsesmark er vist i figur 3.29. Smeltevandssandsaflejringerne er formodentlig primært beliggende på markerne øst for landevejen, derfor er det kun georadarprofilerne beliggende øst for landevejen, der behandles i denne rapport. Georadarprofilerne vest for landevejen omtales i KUPA rapport nr. 5 om morænesand af Saale alder indenfor bakkeøer. Undersøgelsesmarkerne både for morænesands- og smeltevandssandsaflejringerne er dækket af et groft net af i alt 13 linier målt med et georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz. Derudover er et område øst for landevejen med overvejende smeltevandssandsaflejringer også dækket af et tættere net på 7 linier målt med et georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 200 MHz.



**Figur 3.29.** Hjortkær undersøgelsesmark. Udgravning, boring og georadarlinier er markeret.

I figur 3.30 vises udsnit af det N-S-orienterede georadarprofil L05 og det Ø-V-orienterede georadarprofil L07. Georadarprofiludsnittenes refleksionsmønstre veksler mellem områder med subhorisontale refleksioner, som kan være svagt bølgeformede med lille til moderat kontinuitet, områder med hældende eller trugformede refleksioner med lille kontinuitet og områder, hvor refleksionsmønsteret har et hummocky udseende.

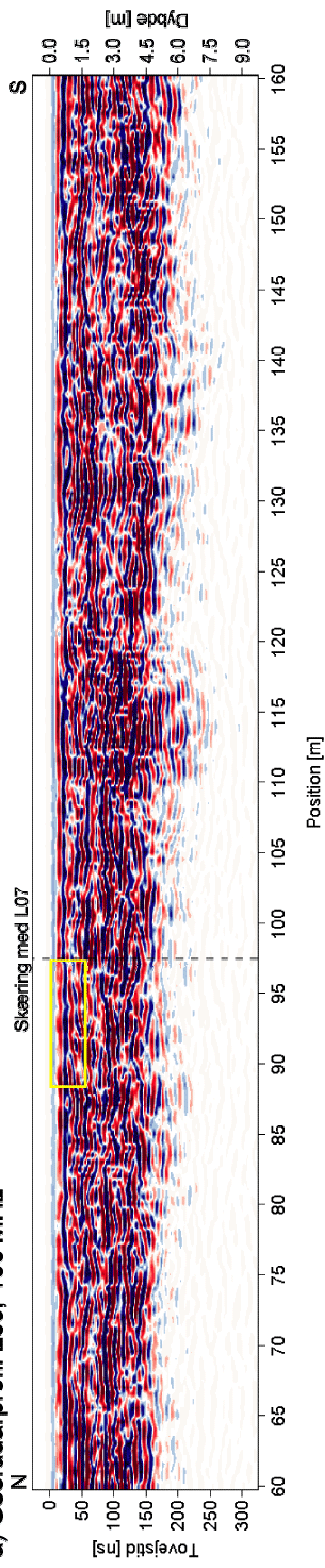
I de øvrige georadarprofiler ses lignende refleksionsmønstre, dog er der områder, hvor refleksionsmønstre med hummocky præg er dominerende. I nogle af georadarprofilerne ses en enkelt mere horisontal refleksion med større kontinuitet beliggende i ca. 50 ns. Desuden er der områder, hvor en zone af refleksioner beliggende i ca. 200 ns er mere kontinuerede og har lidt kraftige amplitude.

Penetrationsdybden ligger generelt på 200–250 ns (~ 6–7,5 m u.t.), dog aftager penetrationsdybden brat til ca. 50 ns i en del af området beliggende umiddelbart øst for landevejen og i tilstødning til det morænesandsdominerede område mod vest.

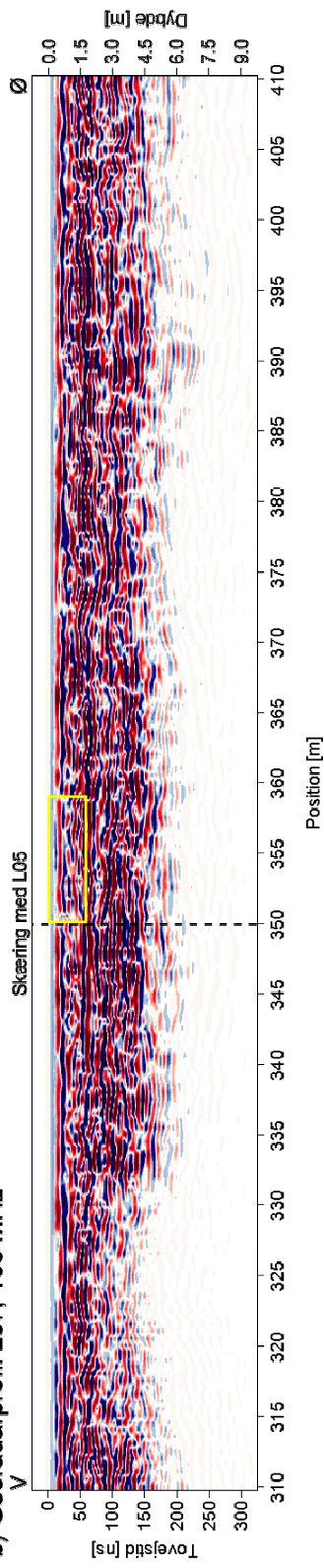
I en sammenligning af georadarprofiler og de geologiske profiler opmålt i udgravningen (figur 3.9 og figur 3.11) er det ikke muligt direkte at korrelere lagsekvenser og refleksioner. I boringen (figur 3.15) er grundvandsspejlet pejlet til 3,67 m u.t.. Hvis den horisontale refleksion beliggende i ca. 50 ns tolkes som en refleksion af grundvandsspejlet, er udbredelsehastighed i sedimenterne over grundvandsspejlet ca. 0,12 m/ns i stedet for 0,06 m/ns, som er anvendt i dybdekonvertering vist i figur 3.30.

## Hjortikær

a) Georadarprofil L05, 100 MHz



b) Georadarprofil L07, 100 MHz



**Figur 3.30.** Georadarprofiler. a) Udsnit af N-S-orienteret georadarprofil L05 og b) udsnit af Ø-V-orienteret georadarprofil L07, målt med georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz. Skæringspunktet mellem de to linier er markeret med de lodrette stiplede linier og de gule bokse markerer den omtrentlige placering af de pedologiske/geologiske profiler (figur 3.9 og 3.11). Georadarprofilen er tid-dybde konverteret med en bølgebreddehastighed på 0,06 m/ns.

### 3.6.4 Geologisk tolkning og sammenligning af georadarundersøgelserne

Georadarprofilerne på Nr. Felding og Hjortkær undersøgelsesmarker har overvejende de samme typer af refleksionsmønstre. På begge lokaliteter observeres områder med horisontale til subhorisontale eller hældende refleksioner med lille til moderat kontinuitet veksellende med områder med refleksionsmønstre med hummocky præg. Disse refleksionsmønstre er karakteristiske for smeltevandsaflejring.

Refleksionsmønstrene observeret i georadarprofilerne indsamlet på Alle undersøgelsesmark er væsentligt forskellige fra refleksionsmønstrene observeret på de to ovennævnte lokaliteter. Georadarprofilerne domineres af planparallelle refleksioner med meget stor kontinuitet. Sådanne kontinuerede refleksioner indikerer, at sedimenterne er vandaflejret fra suspension.

I udgravningerne og borerne på Nr. Felding og Hjortkær undersøgelsesmarker (figur 3.1, 3.3, 3.9, 3.11, 3.13 og 3.15) er der observeret smeltevandssand. Dette er i god overensstemmelse med de typer af refleksionsmønstre, der er set i georadarprofilerne. På Hjortkær undersøgelsesmarker er der vest for fuldtprogramprofilet et område med meget ringe penetrationsdybde. Her må man formode, at der findes et lerlag lige under terrænoverfladen.

I udgravningen på Alle undersøgelsesmark (figur 3.5 og 3.7) er der observeret tynde lerlag samt sandede aflejring, hvis sedimentstrukturer indikerer, at sandet er aflejret i et søbassin. I boringen er der overvejende truffet sandede aflejring tolket som smeltevandsaflejring indtil 3 m u.t. og fra 1,35 m u.t. har sandet et vekslende indhold af brunkul. Det er dog vanskeligt at bedømme, hvor grænsen mellem smeltevandssand med omlejret miocænt materiale og det miocæne sand ligger. I omkringliggende borer er der også påvist terrænnære miocæne aflejring. Sammenholdt med disse geologiske observationer understøtter georadarprofilerne to tolkningsmodeller: 1) De planparallelle refleksioner tolkes som lag aflejret i et søbassin, hvor aflejringerne delvist består af omlejrrede miocæne sediment, og hvis udstrækning mindst er på størrelse med undersøgelsesmarken. 2) De planparallelle refleksioner tolkes som miocæne aflejring kun overlejret af et tyndt lag af kvartære søsedimenter. I georadarprofilerne er der ikke observeret en refleksion eller refleksionsmønstre, der afspejler en erosionsgrænse mellem miocæne og kvartære sediment, hvilket måske gør den førstnævnte tolkningsmodel mest plausibel.

## Referencer

Barlebo, H.C. (Red.), 2002: Barlebo, H.C., Brinch, U.C., Elsgaard, L., Ernstsen, V., Greve, M.H., Iversen, B.V., Jacobsen, C.S., Jacobsen, O.H., Jakobsen, P.R., Juhler, R.K., Møller, I., Nygaard, E., Olesen, S.E., Torp, S., Vinther, F.P. og Vosgerau, H.: Undersøgelser- og analysemetoder i forbindelse med undersøgelser af sandlokaliteter: Hvilke metoder er anvendt, og hvilke overvejelser er gjort? Koncept for Udpegning af Pesticidfølsomme Arealer, Projektrapport nr. 2, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse og Danmarks JordbrugsForskning, 62 s.

De danske Kalk- og Mergelselskaber 1995. De danske Kalk- og Mergelselskaber, kalk og mergel gennem tiderne.

Loll, P, Moldrup, P, Schjønning, P. og H. Riley. 1999. Predicting saturated hydraulic conductivity from air permeability: Application in stochastic water infiltration modeling. *Water Resources Research* 35:2387-2400.

Madsen, H. B. og N. H. Jensen. 1985. Jordprofilundersøgelsen – Landbrugsministeriet, Arealdatakontoret Vejle.

Møller, I., 2001: Geofysik i umættet zone: En vurdering af metoder og instrumentsystemers egnethed til kortlægning af den umættede zone. Koncept for Udpegning af Pesticidfølsomme Arealer (KUPA), Rapport nr. 1, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse og Danmarks JordbrugsForskning, 85 s.

Nygaard, E. (Red.), 2004: Brinch, U.C., Børgesen, C.D., Christensen, P., Elsgaard, L., Ernstsen, V., Greve, M.H., Hag, M.P., Hansen, B.S., Helweg, A., Iversen, B.V., Jacobsen, C.S., Jacobsen, O.H., Jacobsen, O.S., Jacobsen, P.R., Juhler, R.K., Keur, P.v.d., Linde, K.M., Møller, I., Nygaard, E., Olesen, S.E., Rasmussen, J., Rasmussen, S.T., Rosenberg, P., Torp, S.B., Ullum, M., Vinther, F.P., Vosgerau, H. og Aamand, J.: Særligt pesticidfølsomme sandområder: Forudsætninger og metoder for zonerings. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse og Danmarks JordbrugsForskning, 319 s.

Sundberg, P.S. (red.), I. Callesen, M. H. Greve og K. Raulund-Rasmussen, 1999: Danske jordbundsprofiler. - Ministeriet for Fødevarer, landbrug og Fiskeri, Danmarks JordbrugsForskning.

Torp, S. 1995. Landskabsrekonstruktion omkring Nr. Felding Kirke, en undersøgelse af pedologi, geologi og kulturlandskab i Nr. Felding Sogn. Upubliceret specialrapport, Geologisk Institut, Aarhus Universitet.


Van Vliet, B. og Langohr, R., 1981. Correlation between Fragipans and Permafrost with special reference to Silty Weichselian Deposits in Belgium and Northern France. – *Catena*, 8:137-154.

# Appendiks 1

Forklaring af signaturer for geologi/pedologi som er benyttet i profiloptyegnelserne.








## Legende

### Pedologi







	Ap
	Bhs
	Bv
	Bs
	Bc
	C
	C(g)
	Cg

### Geologi

#### Lithologi

	Morænesand
	Grus
	Spredte gruspartikler
	Sand
	Siltet sand
	Silt
	Ler

#### Strukturer

	Laggrænser
	Krydslejringer
	Krydslamination
	"Forstyrret" lamination
	Strukturløs
	Ej blotlagt

### Prøver

<input type="checkbox"/>	Stor kolonne
<input type="checkbox"/>	Rententionsring

DK03.03-076-HV



**Denne rapport er et resultat af projektet: Koncept for Udpegning af Pesticidfølsomme Arealer, KUPA, der har til formål at tilvejebringe den nødvendige viden til at udvikle et operationelt koncept til klassificering af arealer, som er særlig følsomme overfor pesticidnedsivning til grundvandet.**

**For at kunne vurdere muligheden for klassificering af sandområder er der foretaget feltundersøgelser af pedologi, geologi, mineralogi, hydraulik, geokemi, mikrobiologi og stofkemi på lokaliteter grupperet efter landskabselementtype. For hver landskabselementtype er der på tre marker lavet undersøgelser ned til grundvandsspejlet. Afrapporteringen af data fra hvert landskabselement er samlet i en selvstændig basisdatarapport. Datarapporterne er nummereret 3–10.**

