2005-10153

Koncept for Udpegning af Pesticidfølsomme Arealer, Rapport nr. 4

Ekstramarginale smeltevandsaflejringer af Sen Weichsel alder inden for alluvialkeglen: Basisdata fra Karup og Tinglev hedesletter

Dan marks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Miljøministeriet

Dan mar ks jordbru gsForsknin g Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri



Redaktion: Søren Torp *Omslag*: Kristian Rasmussen *Oplag*: 100 *Udgivelsesår*: 2005

ISBN 87-7871-154-1

© 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 Internet: www.geus.dk Koncept for Udpegning af Pesticidfølsomme Arealer, Rapport nr. 4

Ekstramarginale smeltevandsaflejringer af Sen Weichsel alder inden for alluvialkeglen: Basisdata fra Karup og Tinglev hedesletter



Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse Miljøministeriet

Danmarks JordbrugsForskning Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri



Undersøgelse af smeltevandsaflejringer indenfor alluvialkegler: Basisdata fra undersøgelser på Karup og Tinglev hedeslette

Indhold

Fc	orord		5
1.		Indledning	7
2.		Udpegning af lokaliteter og definition af feltundersøgelser	9
	2.1	Fuldt undersøgelsesprogram profiler	9
	2.2	Markvariationsundersøgelser	9
	2.3	Reduceret undersøgelsesprogram profiler (profillinie)	. 12
	2.4	Oversigt over placering af undersøgelser	. 12
	2.5	Placering af fuldt undersøgelsesprogram profilerne indenfor	
		undersøgelsesmarkerne	. 14
	2.5.1	Stubkær lokaliteten	. 14
	2.5.2	Frederiks lokaliteten	. 16
	2.5.3	Mjøls lokaliteten	. 18
3.		Resultater fra fuldt undersøgelsesprogram profiler på Alluvialkeglen	20
	3.1	Pedologi	. 20
	3.1.1	Stubkær lokaliteten	. 21
	3.1.1.1	Jordbundsudvikling	. 21
	3.1.2	Frederiks lokaliteten	. 25
	3.1.2.1	Jordbundsudvikling	. 25
	3.1.3	Mjøls lokaliteten	. 28
	3.1.3.1	Jordbundsudvikling	. 28
	3.1.4	Pedologiske karakteristika, forskelle og ligheder på de tre	
		Alluvialkegle jorder	. 31
	3.2	Geologi	. 31
	3.2.1	Stubkær lokaliteten	. 31
	3.2.2	Frederiks lokaliteten	. 34
	3.2.3	Mjøls lokaliteten	. 36
	3.2.4	Sammenligning af sedimentologien på de tre undersøgelsesmarker	
		samt tolkning af aflejringsmiljø	. 38
	3.3	Fysiske, kemiske og mineralogiske undersøgelser	. 39
	3.3.1	Stubkær lokaliteten	. 39
	3.3.2	Frederiks lokaliteten	. 42
	3.3.3	Mjøls lokaliteten	. 45
	3.3.4	Sammenligning af fysiske, kemiske og mineralogiske egenskaber	. 48
	3.4	Hydraulik	. 49
	3.4.1	Udtagne prøver	. 49
	3.4.1.1		. 49
	3.4.1.2	Frederiks lokaliteten	. 49
	3.4.1.3	NJØIS IOKAIIteten	. 49
	3.4.2	Volumenvægt	. 49
	3.4.3	I eksturanalyse på store kolonner	50

	3.4.4	Vandretention	51
	3.4.5	Mættet hydraulisk ledningsevne	53
	3.4.6	Umættet hydraulisk ledningsevne	54
	3.4.7	Anvendelighed af hydrauliske data	56
	3.5	Mikrobiologi	57
	3.5.1	Mikrobiel biomasse	57
	3.5.2	Sammenfatning	. 59
	3.6	Pesticid specifikke parametre	. 59
	3.6.1	Pesticidets binding	. 60
	362	Pesticiders mineralisering	62
	3.6.3	DT50 bestemmelse	
	0.010		
4.		Resultater af markvariationsundersøgelser	68
	4.1	Geofysik	68
	4.1.1	EM38	68
	4.1.1.1	Stubkær	68
	4.1.1.2	Sammenfatning af EM38-målingerne på alluvialkeglen	68
	4.1.2	Georadar	. 69
	4.1.2.1	Stubkær	70
	4122	Miøls	73
	4123	Geologisk tolkning samt sammenligning af georadarundersøgelserne på	
		alluvialkeglen	75
	4.2	Prøveudtagningssteder	76
	4.3	Teksturanalyser	76
	4.4	Hydraulik	81
	4.5	Mikrobiologi	84
	4.5.1	Analyser	84
	4.5.2	Variation	84
	4.5.3	Markvariation	85
	4.5.4	Resultater af enkeltanalyser	88
	4.5.5	Sammenfatning	88
	4.6	Pesticid specifikke parametre	89
	4.6.1	Mineralisering	89
	4.6.2	Sorption af pesticider	95
	4.6.3	Sammenfatning	100
_			
5.		Resultater at protillinieundersøgelser	101
	5.1	Geofysik	101
	5.1.1	EM38	101
	5.1.2	Georadar	102
	5.2	Pedologi	111
	5.2.1	Ruskær lokaliteten	111
	5.2.1.1	Jordbundsudvikling	111
	5.2.2	Søbjerg lokaliteten	112
	5.2.2.1	Jordbundsudvikling	113
	5.2.3	Nørlund lokaliteten	114
	5.2.3.1	Jordbundsudvikling	115
	5.2.4	Nedre Julianehede lokaliteten	117

5.2.4.1 Jordbundsudvikling	117			
5.3 Geologi	119			
5.4 Fysiske, kemiske og mineralogiske undersøgelser	124			
5.4.1 Lokaliteterne Ruskær, Søbjerg, Nørlund og Nedre Julianehede	124			
5.4.2 Ruskær lokaliteten	124			
5.4.2.1 Søbjerg lokaliteten	126			
5.4.2.2 Nørlund lokaliteten	128			
5.4.1.4 Nedre Julianehede lokaliteten	130			
5.4.3 Sammenligning af fysiske, kemiske og mineralogiske egenskaber	132			
5.5 Hydraulik	133			
5.5.1 Volumenvægt	133			
5.5.2 Vandretention	133			
5.5.3 Mættet hydraulisk ledningsevne	135			
5.5.4 Anvendelighed af hydrauliske data	136			
5.6 Mikrobiologi	136			
5.7 Stofspecifikke parametre	138			
5.7.1 Pesticidernes binding	138			
5.7.2 Stoffernes mineralisering	139			
Referencer	142			
Appendiks 1	143			
Appendiks 2				
Appendiks 3 1				

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 folketing 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 tolkning af data. Denne basisdatarapport omhandler data indsamlet på undersøgelseslokaliteter med smeltevandssand indenfor alluvialkegler på Karup og Tinglev hedesletter.

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, Christina R. Jensen, Ditte Kiel-Düring, 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 Jakobsen, Preben Olsen, René K. Juhler, Rikke W. Riis, Rune Johnsen, Spire Maja Kiersgaard, Stig T. Rasmussen, Svend E. Olesen, Szymon Kopalski, Søren B. Torp, Søren Nielsen og Trine Henriksen, Ulla C. Brinch, Vibeke Ernstsen.

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 Ernstsen.

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

Heidi C. Barlebo, GEUS Vibeke Ernstsen, GEUS Carsten Suhr Jacobsen, GEUS Henrik Vosgerau, GEUS (Peter Rolle 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 (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 ekstramarginale smeltevandsaflejringer indenfor alluvialkegler på Karup og Tinglev hedeslette.

Ved ekstramarginale aflejringer forstås smeltevandssand, -grus, -silt og -ler, der er aflejret ude foran isranden i Senglacial tid. Karup og Tinglev hedeslette er indledningsvis forsøgt opdelt i alluvialkegler, proximale og distale smeltevandssletter, hvor der gælder, at alluvialkeglen er dannet ved isranden og den distale del af smeltevandssletten længst væk fra denne. Dette afspejler sig blandt andet i en generel faldende kornstørrelsesfordeling fra alluvialkeglen til den distale del af smeltevandssletten, en kornstørrelseskarakteristik som kan have betydning for graden af udvaskning af pesticider til grundvandsspejlet. Inddelingen af hedesletterne er sket på baggrund af eksisterende data i form af geomorfologiske kort, jordartskort og geologiske boredata indenfor hedesletterne. På kortmateriale med højdekurver kan alluvialkeglen erkendes morfologisk ved højdekurvernes rolige konformt buede forløb. Højdekurverne angiver at terrænet hælder væk fra alluvialkeglens toppunkt, der markerer, hvor smeltevandsfloderne havde deres udløb fra gletscheren. På smeltevandssletten er terrænoverfladens hældning væk fra isranden lille i forhold til på alluvialkeglen. På kortmateriale adskiller smeltevandssletten sig således fra alluvialkeglen ved at afstanden mellem højdekurverne er større og kurverne har et mere slynget forløb. Grænserne mellem hedeslettens landskabselementer kan dog være noget diffuse. Dette er specielt tilfældet mellem den proximale og distale del af smeltevandssletten, hvor overgangen, morfologisk betragtet, ses ved en gradvis forøgelse af afstanden mellem højdekurverne.

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 (2002).

Rapporten indledes i kapitel (2) med en oversigt over udpegede lokaliteter på alluvialkegler på Karup og Tinglev hedesletter og en definition af de udførte typer feltundersøgelser. Resultaterne

fra fuldt undersøgelsesprogram profil opdelt på fagdiscipliner vises i kapitel (3). Herefter følger resultaterne fra markvariationsundersøgelserne i kapitel (4) og til sidst resultaterne fra profillinieundersøgelserne i kapitel (5).

2. Udpegning af lokaliteter og definition af feltundersøgelser

Henrik Vosgerau (GEUS)

I alt er tre alluvialkegler blevet udpeget på baggrund af eksisterende data fordelt således at to af keglerne er beliggende indenfor Karup hedeslette og den sidste indenfor Tinglev hedeslette. På hver af alluvialkeglerne er en undersøgelsesmark udvalgt som opfylder de stillede krav indenfor KUPA projektet med hensyn til dybde til grundvandsspejl, bedriftstype mm. (beskrevet nærmere i KUPA rapport nr. 2 (2002)). Markerne på Karup hedeslette benævnes Stubkær og Frederiks, mens marken på Tinglev hedeslette benævnes Mjøls. I fig. 2.1. og 2.2. er undersøgelsesmarkernes placering angivet på henholdsvis Karup og Tinglev hedeslette med det Kvartære Jordartskort og et kort med højdekurver som baggrund. På kortet med højdekurver er endvidere markeret omridset af alluvialkegler, proximale og distale smeltevandssletter udpeget på baggrund af eksisterende data.

2.1 Fuldt undersøgelsesprogram profiler

På alle 3 marker er der indledningsvist foretaget geofysiske EM38-målinger. Efterfølgende er der på hver af de 3 undersøgelsesmarker placeret et *fuldt undersøgelsesprogram profil*, som generelt er sammensat af en udgravning og en boring 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 som standard prøver i 5 dybder, der relaterer sig til forskellige jordhorisonter indenfor den umættede zone (se KUPA rapport nr. 2 (2002)). Prøverne anvendes til analyse af tekstur, hydrauliske, mikrobiologiske, stofspecifikke og geokemiske parametre efter metoder angivet i KUPA rapport nr. 2 (2002). På baggrund af fuldt undersøgelsesprogram profilerne er pedologien, geologien og geokemien beskrevet igennem den umættede zone.

2.2 Markvariationsundersøgelser

På Stubkær marken er der endvidere foretaget markvariabilitetsundersøgelser, hvilket indebærer, at der er lavet ca. 50 små udgravninger hen over marken, hvori der i topjorden er foretaget målinger og udtaget prøver til bestemmelse af variationen på markskala indenfor pedologi, tekstur, hydraulik (luftpermeabilitet), stofspecifikke parametre (sorption og stofmineralisering) og mikrobiologi (bakteriel karakterisering). På alle 3 marker er variationen endvidere undersøgt i form af geofysiske EM38-målinger og på Stubkær og Mjøls mark ligeledes i form af georadarmålinger.



Figur 2.1. Undersøgelsesmarkernes beliggenhed på Karup hedeslette med henholdsvis det Kvartære Jordartskort (1:200.000) og et kort med højdekurver som baggrund. Ækvidistancen mellem højdekurverne er 5 m. Lokaliteterne er beliggende indenfor den del af de ekstramarginale aflejringer, der skønnes at indgå i alluvialkegler. Omridset af alluvialkegler, proximale og distale smeltevandssletter udpeget på baggrund af eksisterende data er markeret på kortet med højdekurver. Store dele af disse landskabselementer er gennemskåret af erosionsdale og –kløfter, som er dannet på et senere tidspunkt end de omtalte landskabselementer. De markerede landskabselementer angiver, hvor terrænoverfladen af de oprindelige landskabselementer er bevaret, og det er inden for disse arealer, at undersøgelsesmarkerne er udvalgt.



Figur 2.2. Undersøgelsesmarkens beliggenhed på Tinglev hedeslette med henholdsvis det Kvartære Jordartskort (1:200.000) og et kort med højdekurver som baggrund. Ækvidistancen mellem højdekurverne er 5 m. Lokaliteten er beliggende indenfor den del af de ekstramarginale aflejringer, der skønnes at indgå i alluvialkegler. Omridset af alluvialkegle, proximale og distale smeltevandssletter udpeget på baggrund af eksisterende data er markeret på kortet med højdekurver. Landskabselementerne kan være gennemskåret af erosionsdale og –kløfter, som er dannet på et senere tidspunkt end de omtalte landskabselementer. Undersøgelsesmarken er udvalgt således, at den er beliggende i et område, hvor terrænoverfladen af den oprindelige alluvialkegle er bevaret.

2.3 Reduceret undersøgelsesprogram profiler (profillinie)

I tilknytning til Stubkær mark er der udført en profillinie, som består af fire boringer, der sammen med fuldt undersøgelsesprogram profilet på Stubkær mark, danner en ca. 9 km lang, ØSØ-VNV gående linie gennem alluvialkeglen. I hver af de fire boringer, der indgår i profillinien, er tekstur, hydrauliske, mikrobielle og stofspecifikke parametre blevet bestemt i op til 5 dybder og der er udført geokemiske og geologiske profilbeskrivelser. Undersøgelserne og profilbeskrivelserne, der knytter sig til boringerne i profillinierne, benævnes *reduceret undersøgelsesprogram* og er mindre detaljerede end i fuldt undersøgelsesprogram profilerne, idet ikke så mange parametre bestemmes (se KUPA rapport 2 (2002)). Langs dele af profillinien er der endvidere lavet geofysiske undersøgelser i form af EM38- og georadarundersøgelser.

2.4 Oversigt over placering af undersøgelser

Fig. 2.3. viser placeringen af fuldt undersøgelsesprogram profil på Stubkær mark, reduceret undersøgelsesprogram profiler (der indgår i profillinien) samt udstrækning af områder, hvor der er lavet markvariabilitetsundersøgelser og EM38-målinger.



Figur 2.3. Placering af fuldt program profil på Stubkær mark, reduceret program profiler (der indgår i profillinien) samt udstrækning af områder, hvor der er lavet markvariabilitetsundersøgelser og EM38-målinger. Vist med henholdsvis 1 cm kort (1:100.000), Kvartær Jordartskort (1:25.000) og Jordklassificeringskort (1:200.000) som baggrund. Det fremgår af det kvartære jordartskort at det viste område kun delvis er systematisk karteret. På 1 cm kortet er profilernes KUPA lokalitetsnumre angivet, hvortil knytter sig følgende stednavne: 110: Stubkær (DGU arkiv nr. 86. 1907); 111: Nedre Julianehede (DGU arkiv nr. 86. 1906); 112: Nørlund (DGU arkiv nr. 86. 1905); 113: Søbjerg (DGU arkiv nr. 86. 1904); 114: Ruskær (DGU arkiv nr. 85. 2277).

2.5 Placering af fuldt undersøgelsesprogram profilerne indenfor undersøgelsesmarkerne

Mogens H. Greve (DJF) og Søren B. Torp (DJF)

De udvalgte marker er indledningsvis blevet opmålt med EM38 sensoren (Møller 2001), således at disse målinger kunne anvendes til placeringen af fuldt undersøgelsesprogram profilet på alle 3 lokaliteter. Målingerne blev desuden anvendt til placering af den delmark i Stubkær, som skulle anvendes til markvariabilitetsundersøgelsen.

Efter at EM38-kortlægningen var gennemført og resultaterne bearbejdet indledningsvis, blev der udpeget en egnet lokalitet til placeringen af udgravningen. Lokaliteten blev udpeget således at den havde, for smeltevandssand, typiske EM38-værdier. Lokaliteterne blev efterfølgende opsøgt for at få bekræftet, at de var placeret på den rigtige jordart.

På Mjøls lokaliteten blev EM38-målingerne suppleret med en georadarundersøgelse. Resultaterne af denne indgik i den endelige udpegning af udgravningens placering og udgravningsvæggene blev placeret langs et vinkelret sæt af georadarlinier. Georadarundersøgelserne er præsenteret i afsnit 4.1.2 i kapitlet om resultater af markvariationsundersøgelser.

2.5.1 Stubkær lokaliteten

Resultater fra EM38-undersøgelsen af Stubkær lokaliteten er vist på fig. 2.4. og 2.5. Ud fra disse er placeringen af udgravningen af fuldt undersøgelsesprogram profilet og markvariationsundersøgelserne bestemt (fig. 2.6.).



Figur 2.4. Resultater fra målinger med EM38 sensoren ved Stubkær lokaliteten. Figuren viser målinger af jordens elektriske ledningsevne målt i millisiemens/meter. Det største område viste måleværdier 0-5 mSm/m (lys). Måleværdier på 5-10 mSm/m fandtes kun få steder (rød).



Figur 2.5. Variogram af EM38-målingerne fra Stubkær lokaliteten. Punkterne er det eksperimentelle semivariance. Den røde linie er den bedst fittede Spheriske model med følgende parametre (defineret i KUPA rapport nr. 2 (2002)): Range = 200 m, sill = 0,43 og nugget= 0,24.



Figur 2.6. Stubkær lokalitetens geografiske placering. Med rødt er markeret det areal, der er opmålt med EM38 sensoren. Den aflange sorte rektangel markerer arealet, hvor der er lavet markvariationsundersøgelser. Punktet inden for den sorte rektangel viser placering af udgravning af fuldt undersøgelsesprogram profilet.

2.5.2 Frederiks lokaliteten

Resultater fra EM38-undersøgelsen af Frederiks lokaliteten er vist på fig. 2.7. og 2.8. Ud fra disse er placeringen af udgravningen af fuldt undersøgelsesprogram profilet og markvariationsundersøgelserne bestemt (fig. 2.9.).



Figur 2.7. Resultater fra målinger med EM38 sensoren ved Frederiks lokaliteten. Figuren viser målinger af jordens elektriske ledningsevne målt i millisiemens/meter. Det største område viste måleværdier 0-5 mSm/m (lys). Måleværdier på 5-10 og 10-15 mSm/m er kun målt få steder (lyserød og rød).



Figur 2.8. Variogram af EM38-målingerne fra Frederiks lokaliteten. Punkterne er det eksperimentelle semivariance. Den røde linie er den bedst fittede Spheriske model med følgende parametre (defineret i KUPA rapport nr. 2 (2002)): Range = 37 m, sill = 0,7 og nugget= 0,26.



Figur 2.9. Undersøgelsesmarkens geografiske placering nordøst for Frederiks. Med rødt er markeret det areal, der er opmålt med EM38 sensoren. Punktet her inden for viser placering af udgravning af fuldt undersøgelsesprogram profilet.

2.5.3 Mjøls lokaliteten

Resultater fra EM38-undersøgelsen af Mjøls lokaliteten er vist på fig. 2.10. og 2.11. Ud fra disse er placeringen af udgravningen af fuldt undersøgelsesprogram profilet og markvariationsundersøgelserne bestemt (fig. 2.12.).



Figur 2.10. Resultater fra målinger med EM38 sensoren ved Mjøls lokaliteten. Figuren viser målinger af jordens elektriske ledningsevne målt i millisiemens/meter. Den største del af området viser måleværdier på 5-10 mSm/m (lyserød). Måleværdier på 0-5 mSm/m (lys) findes spredt over marken og især på den nordlige del af den vestlige delmark. Det blå punkt angiver placering af udgravning af fuldt undersøgelsesprogram profilet.



Figur 2.11. Variogram af EM38-målingerne ved Mjøls lokaliteten. Punkterne er det eksperimentelle semivariance. Den røde linie er den bedst fittede Spheriske model med følgende parametre (defineret i KUPA rapport nr. 2 (2002)): Range = 190 m, sill = 1,6 og nugget= 0,58.



Figur 2.12. Mjøls lokalitetens geografiske placering vest for Rødekro. Med rødt er markeret det areal, der er opmålt med EM38 sensoren. Udgravningen, i tilknytning til fuldt undersøgelsesprogram profilet, er lavet ved det blå punkt.

3. Resultater fra fuldt undersøgelsesprogram profiler på Alluvialkeglen

I dette kapitel vises undersøgelsesresultaterne for den repræsentative jordprofil på hver af de tre marker, udpeget på landskabselementet Alluvialkeglen. Undersøgelserne gennemføres dels i en V-formet udgravning til 1-2 meters dybde, dels i boringer, jf. KUPA rapport nr. 2 (2002). Profilundersøgelserne omfatter pedologisk beskrivelse af de øvre jordlag og geologisk beskrivelse indtil maximalt 10 meters dybde, samt udtagning af repræsentative jordprøver i forskellige dybder til laboratorieundersøgelser. På disse 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 (1999). I øvrigt skal der henvises til KUPA rapport nr. 2, Metoderapport (2002) med hensyn til profilgravning, beskrivelsesmetoder, analysemetoder m.m. 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.).

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

Tabel 3.1. Pedologiske og geologiske kornstørrelsesbetegnelser for de anvendte kornstørrelses

 fraktioner.

3.1.1 Stubkær lokaliteten

Jordbundsprofilet på Stubkær lokaliteten er udviklet i et ensartet sandet udgangsmateriale aflejret af smeltevandet under Weichsel istiden. Profilet er gravet på alluvialkeglen der er svagt skrånende mod vest. Jorden er yderst veldrænet uden tegn på vandstuvning.

Profilet klassificeres efter det danske system som en Typipodsol da der kun findes en diagnostisk Bs-horisont (Madsen 1985). Horisonten er kun pletvist svagt hærdnet (< 50% al-lag) hvilket ikke vurderes som nok til et suffiks i navngivningen. Efter det amerikanske klassifikationssystem bliver jorden en Spodic Udisamment (Soil Taxonomy 1999).

3.1.1.1 Jordbundsudvikling

De grovsandede smeltevandsaflejringer i dette profil har været domineret af 2 hovedprocesser: podsolering og landbrugsdrift. Vinderosion er en tredje mulig proces der kan have haft indflydelse på topjordens kornstørrelsessammensætning.

Podsoleringen ses ved tilstedeværelsen af den rødbrune jern- og aluminiumholdige Bs-horisont (tabel 3.2.). Iblanding i Bs-horisonten af mindre lodret-gående Bh-skorstene umiddelbart under pløjelaget peger ligeledes på en podsoljord (Bh: humusberiget horisont). Homogeniseringen af de øverste jordlag ved dyrkning har fjernet podsollens naturlige øverste O-, E- og til dels Bh-horisonter. Det er ikke muligt at fastslå hvorvidt der er tale om en kraftig udviklet humuspodsol, en mindre udviklet sesquipodsol eller en almindelig Typipodsol, idet der ikke er lavet kemiske analyser på materiale fra Bhs-horisonten. Pløjelaget er humusrigt med 3,7% C.

Det høje forhold mellem jern og aluminium (Fe+Al_{oxalat} og Fe+Al_{DCB}) i pløjelaget og tilstedeværelsen af tunger af Bhs-horisont tyder på en humuspodsol. At det højeste Fe og Al indhold findes i Ap-horisonten må tilskrives opblanding i pløjelaget fra et tidligere eksisterende al-lag og for Fe_{DCB} ligeledes forvitring af primærmineraler. Kompleksbinding til humusstofferne fastholder jern og aluminium i horisonten. Ellers er jern- og aluminiumindholdet generelt faldende nedefter, hvilket også ses tydeligt på farven.

Landbrugsdriften med hævning af pH ved opkalkning har stoppet den naturlige jordbunddannelse (podsolering), der kun forløber ved forholdsvis lav pH.



Figur 3.1. V-formet pedologisk udvikling og geologisk struktur. Målestokken kan ses på profilskitsen fig. 3.2. Se i øvrigt omtale i teksten.

På profilskitserne (fig. 3.2. og 3.3.) ses tunger af Bhs-horisont der rækker fra underkanten af pløjelaget og ned i den underliggende Bs-horisont. Enkelte steder når Bhs-tungerne ned i Chorisonten som på profilvæggen Stubkær Ø-V ved 4,5-5 meter hvor jordbundshorisonterne er dybt udviklet og ses som en V-formet tunge til ca. 1,8 meters dybde (fig. 3.2. – 3.3.). Der ses dog kun strukturelle ændringer i jordens øverste 30-120 cm. Den pedologiske udvikling går dog endnu dybere til 180 cm. Horisonten er sandsynligvis dannet ved at stoffer fra podsoleringsprocessen er ført med vandet ved præferentiel strømning dybere ned og blevet afsat her.

Den øverste horisonts høje stenindhold kan skyldtes fjernelse af finere materiale ved gentagne episoder af sandflugt eller jordfygning. Vinderosion kan ligeledes have påvirket jorden allerede under istiden, men processen kan også have være aktiv i dag, efter menneskets opdyrkning af jorden.

Tabel 3.2. Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 110 ved Stubkær (DJF profil nr. 3134).

Stubkær – DJF Profil nr. 3134			
Dansk jordklassi- fikation	Typipodsol	USDA jordklassifi- kation	Spodic Udipsamment
Udgangsmateriale	Smeltevandssand	Profil dybde	170 cm
UTM	32 513889 6228619	Dræningsklasse	Meget veldrænet
Landskabsform	Hvedeslette	Grundvandsdybde	>300 cm
Kort blad	1214 IV NV	Vegetation	Høstet afgrøde
Kote	68 m	Max. rod dybde	90 cm
Topografi	Fladt	Beskriver	Søren Torp
Hældning	0-1 gr.	Dato	21. 3. 2001
Bemærkninger	Ingen		·

Profilbeskrivelse

Feltbeskrivelse

Ap (0-28 cm)



Sort (10YR 2/1 fugtig) grovsand til grus (0,2-2 cm); 1-7% humus; medium kolumnar struktur; svagt klæbrig og svagt plastisk konsistens; der er <5 vol.%, 2,0-7,5 cm store sten af en blanding, der er uforvitrede og som lithologisk er af blandet type uden kalk; få store rødder; 1-10 porer pr. dm² som orme- og rodgange; horisontgrænsen er abrupt og jævn.

Bs (28-90 cm)

Mørk gullig brun (10YR 4/4 fugtig) grovsand; der er horisontindblanding af farven sort (7,5YR 2,5/1 fugtig); der er teksturelle bånd af grus (0,2-2 cm) af farven rød (2,5YR 4/6 fugtig); humusfattig; strukturløs; fugtig ikke klæbrig konsistens; meget lidt plettet af moderat tykke coatings i mellem sandkornene, coatings består af humus; der er <5 vol.%, sten med en diameter på 2,0-7,5 cm overvejende af afrundet form, det er en blanding mht. lithologi; >10 cm tyk stærkt diskontinuert, <50% svagt cementeret alag; få fine rødder; horisontgrænsen er klar og jævn.

C (90-180 cm)

Brunlig gul (10YR 6/6 fugtig) grovsand; der er teksturelle bånd af farven stærk brun (7,5YR 5/8 fugtig) grus (2 mm-2 cm) ; <2% pletter af farven mørk rødlig brun (2,5YR 3/4 fugtig); pletterne er >15 mm i diameter, afrundede med en >2 mm grænse og en fremtrædende kontrast; humusfattig; strukturløs; fugtig ikke klæbrig konsistens; der er <5 vol.%, diameter 2,0-7,5 cm sten af overvejende afrundet form, der er en blanding og som lithologisk er blandede typer uden kalk; <5 vol.%, >1 cm, hårde, irregulære, noduler, der består af røde Fe-oxider & -hydroxider.



Figur 3.2. Skitse af øst-vest profilvæg ved Stubkær. Se omtale i teksten. Optegnelse af geologiske strukturer (sort) og pedologiske horisonter (farver). Signaturforklaring findes i appendiks 1.



Figur 3.3. Foto af øst-vest profilvæg ved Stubkær. Fotoudsnittet udgør ca. 7 meter i længden og tilsvarer profilskitsen fig. 3.2. Fotoet kan enkelte steder være en smule forvrænget.



Figur 3.4. Skitse af syd-nord profilvæg ved Stubkær. Optegnelse af geologiske strukturer (sort) og pedologiske horisonter (farver). Prøvetagningsfelterne er indtegnet. Signaturforklaring findes i appendiks.

3.1.2 Frederiks lokaliteten

Jordbundsprofilet er klassificeret efter Madsen (1985) og tilstedeværelsen af en diagnostisk Bshorisont gør jorden til en Podsol på ordensniveau. Da der desuden findes en Bh-horisont, som dog er tynd i forhold til resten af B-horisonten, er jorden en Typipodsol. Klassificeret efter det amerikanske Soil Taxonomy (1999) bliver jorden en Humic Psammentic Dystrudept.

3.1.2.1 Jordbundsudvikling

Jordbundsudviklingen ved Frederiks er foregået i et sediment med næsten den samme kornstørrelsesfordeling som ved Stubkær. Udviklingen af horisonter har ligeledes været den samme (tabel 3.3.). Tilstedeværelsen af de diagnostiske horisonter Bs og Bhs under pløjelaget viser at jorden har gennemgået de podsollerende processer. Denne proces må antages at være ophørt med den nuværende dyrkningspraksis.

På de store profilskitser kan det ses at horisont-sammensætningen varierer hen gennem profilet og at der optræder en overgangs horisont BC. Det observeret at BC-horisonten nogle steder var sammenfaldende med områder med en mere siltrig kornstørrelsesfordeling. Desuden kan det nævnes at BC-horisonten for en mindre del bestod af en hård og blokket fragipan. Fragipanens sprøde hærdning skyldtes sandsynligvis periglaciale frost/tø-processer (van Vliet & Langohr 1981) i senglacial tid.

Kationfordelingen viser samme mønster som ved Stubkær med høje værdier for calciumionen på grund af tilførsel af jordbrugskalk. Roddybden på denne sandede jord er meget begrænset, idet der kun blev observeret rødder indtil ca. 42 cm's dybde.

Frederiks DJF profil nr. 3136				
Dansk jordklassi-	Typipodsol	USDA jordklassifi-	Humic psammentic	
fikation		kation	Dystrudept	
Udgangsmateriale	Smeltevandssand	Profil dybde	170 cm	
UTM	32 516923 6245658	Dræningsklasse	Meget veldrænet	
Landskabsform	Hvedeslette	Grundvandsdybde	>170 cm	
Kort blad	1215 II NØ Dollerup	Vegetation	Høstet afgrøde	
Kote	72 m	Max. rod dybde	-	
Topografi	Fladt	Beskriver	Søren Torp	
Hældning	0-2 gr.	Dato	26. 3. 2001	
Bemærkninger	Ingen			

Tabel 3.3. Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 115 ved Frederiks (DJF profil nr. 3136).

Feltbeskrivelse



Ap (0-30 cm) sort (10YR 2/1 fugtig) sand; 1-7% humus; fugtig konsistens; der er <5 vol.%, 2,0-7,5 cm sten af overvejende afrundet form, der er uforvitrede og som lithologisk er blandede uden kalk; hyppige fine rødder; 1-10 porer pr. dm^2 som orme- og rodgange; horisontgrænsen er abrupt og jævn.

Bhs (30-42 cm) sort (5YR 2,5/1 fugtig) sand; 2-20% pletter af farven gullig brun (10YR 5/4 fugtig); pletterne er >15 mm i diameter, kantede med en <2 mm grænse og fremtrædende kontrast; humusfattig; svag meget grov subangulær struktur; fugtig klæbrig konsistens; meget lidt plettet af tykke coatings i rodgange, coatings består af humus; er ikke kalkholdig; der er <5 vol.%, diameter 2,0-7,5 cm sten af overvejende afrundet form, der er uforvitrede og som lithologisk er blandede typer uden kalk; nogle fine rødder; 1-10 porer pr. dm² som orme- og rodgange; horisontgrænsen er klar og brudt.

Bs (42-130 cm) mørk gullig brun (10YR 4/6 fugtig) sand-siltet sand; <2% pletter af farven rødlig gul (7,5YR 6/8 fugtig); pletterne er >15 mm, afrundede med en diffus, >2 mm grænse og tydelig kontrast; humusfattig; fugtig ikke klæbrig konsistens; der er <5 vol.%, diameter 2,0-7,5 cm sten af overvejende afrundet form, der er uforvitrede og som lithologisk er blandede uden kalk; <5 vol.%, diameter <1 cm, hårde, afrundede, noduler, der består af røde Fe-oxider & -hydroxider; horisontgrænsen er klar og jævn.

BC (Indblanding i Bs); stærk meget grov angulær struktur; fugtig meget klæbrig konsistens; plettet af tynde rød gule (7.5YR 6/8 f) coatings i mellem sandkornene, coatings består af lermineraler (+ sesquioxider); stærkt diskontinuert <50% er hårdt, angulært blokket fragipan.

C (130-160 cm) rødlig brun (2,5YR 5/4 fugtig) grovsand; <2% pletter af farven mørk brun (10YR 3/3 fugtig); pletterne er <5 mm i diameter, vandret stribede med en klar, >2 mm grænse og tydelig kontrast; humusfattig; fugtig ikke klæbrig konsistens.

Afstanden er 10 cm mellem rød/hvid på stok.



Figur 3.5. Skitse af øst-vest profilvæg ved Frederiks. Se omtale i teksten. Optegnelse af geologiske strukturer (sort) og pedologiske horisonter (farver). Signaturforklaring findes i appendiks 1.



Figur 3.6. Foto af øst-vest profilvæg ved Frederiks. Fotoudsnittet udgør ca. 2 meter i længden, de rød/hvide streger er 10 cm.



Figur 3.7. Skitse af syd-nord profilvæg ved Frederiks. Optegnelse af geologiske strukturer (sort) og pedologiske horisonter (farver). Prøvetagningsfelterne er indtegnet. Signaturforklaring findes i appendiks.

3.1.3 Mjøls lokaliteten

Profilet klassificeres i det danske system (Madsen 1985) som en Sesquipodsol på grund af tilstedeværelsen af en diagnostisk Bs-horisont. Indenfor en varierende tykkelse på 1 –10 cm er Bshorisonten svagt hærdnet (har et svagt udviklet al-lag) og dermed klassificeres som en Svagt Hærdnet Sesquipodsol. Efter det amerikanske system Soil Taxonomy (1999) klassificeres jorden som en Humic Psammentic Dystrudept.

3.1.3.1 Jordbundsudvikling

Ligesom de to øvrige alluvialkegle lokaliteter er jordbundsudviklingen også ved Mjøls foregået i grovsandede glaciofluviale sedimenter. De øverste to mest udbredte horisonter, Ap- og Bshorisonten har en hovedsagelig vandret grænse til underliggende (fig. 3.8.). Overgangshorisonten BC følger teksturelle forskelle og er dybere udbredt i den ene ende af profilvæggene end i den anden. I den ene profilvæg findes en Ap2-horisont der langsomt kiler ud. Det viser at terrænet er udjævnet gennem tiden ved jordbearbejdning eller omlejring af materiale ved f.eks. jordfygning. Som i de andre to alluvialkegleprofiler er tungerne af Bhs-horisont der går fra underkanten af pløjelaget ned i Bs-horisonten vidne om en tidligere fuldt udviklet podsol-jordbund på stedet. De øvre podsol horisonter er også her indeholdt i det nuværende pløjelag. Bs-horisonten indeholder et svagt cementeret al-lag bestående af < 5% 1 cm store hårde, røde jernnoduler.

Jorden er ligesom ved de to andre lokaliteter meget veldrænet. Enkelte steder i BC-horisonten findes større blege udvaskede pletter bestående af E-horisont.

I C-horisonten findes enkelte områder med jernudfældninger der er dannet ved at det nedtrængende vand nogle steder hæmmes på sin vej pga. teksturelle forskelle i sedimentet og at jernet derved udfældes (fig. 3.10.).

Fra analyseresultaterne (tabel 3.7.) ses det at Fe og Al har de højeste værdier i de øvre horisonter, som tegn på at der har forgået en podsolering. ODOE værdien for Bs-horisonten er på 0,4357 (spodisk krav >0,25) og det viser at der har været en transport og udfældning af humusstoffer til horisonten. Indholdet af jern og aluminium bestemt ved $\frac{1}{2}$ Fe + Al ligger lige under 0,50 som er Soil Taxonomy krav til en diagnose for spodiske horisonter. pH(H₂O) ligger over de 5,9 som udgør grænsen til spodiske horisonter. Da jordens pH er hævet ved mergling og opkalkning vil en naturlig jord overholde grænserne, da kun to af de omtalte krav skal overholdes. Der er ingen tvivl om at jordens naturlige tilstand er en podsol. Den naturlige jordbundsudvikling må anses som stoppet pga. den nuværende dyrkningspraksis med hævning af pH ved jordbrugskalkning.

Mjøls – DJF Profil nr. 3165				
Dansk jordklassi- fikation	Svagt hærdnet Sesquipodsol	USDA jordklassifi- kation	Humic Psammentic Dystrudept	
Udgangsmateriale	Smeltevandssand Profil dybde		180 cm	
UTM	32 518721 6102394	Dræningsklasse	Meget veldrænet	
Landskabsform	Alluvialkegle	Grundvandsdybde	4,5 m	
Kort blad	1212 III SØ Åbenrå	Vegetation	Stub	
Kote	43 m	Max. rod dybde	70 cm	
Topografi	Fladt	Beskriver	Søren Torp	
Hældning	0 – 1 gr. Dato		12.11.2001	
Bemærkninger	Enkelte rødder til 70 cm			

Tabel 3.4. Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 116 ved Mjøls (DJF profil nr. 3165).

Profilbeskrivelse



Feltbeskrivelse

Ap (0-30 cm) Sort (10YR 2/1 f) grovsand; humusholdig, 1-7%; meget svag medium subangulær struktur; fugtig ikke klæbrig konsistens; der er mindre end 5 vol.% små, 2,0-7,5 cm store sten af overvejende afrundet form, der er uforvitrede og som lithologisk består af blandede typer uden kalk; hyppige fine rødder; porer 1-10/dm2 som orme- og rodgange; horisontgrænsen er abrupt og jævn.

Bs (30-65 cm) Mørk brunt (7.5YR 3/4 f) grovsand; humusfattig; svag medium angulær struktur; fugtig ikke klæbrig konsistens; meget lidt plettet af tykke meget mørk brune (7.5YR 2.5/2 f) coatings i rodgange, coatings består af humus; der er mindre end 5 vol.% små, 2,0-7,5 cm sten af overvejende afrundet form, der er uforvitrede og som lithologisk består af blandede uden kalk; mindre end 5 vol.%, diameter større end 1 cm, hårde, irregulære, noduler, der består af Fe-oxider & hydroxider (røde); 1– 10 cm tyk kontinuert, svagt cementeret al-lag; nogle fine rødder; porer 1-10/dm2 som orme- og rodgange; horisontgrænsen er abrupt og bølget.

2BC (65-165 cm): Gullig brunt (10YR 5/6 f) grovsand med indblanding af lys oliven brunt (2.5Y 5/6 f) grus (2 mm - 2 cm); humusfattig; strukturløs; fugtig ikke klæbrig konsistens; meget lidt plettet af tykke sorte (10YR 2/1 f) coatings i rodgange, coatings består af humus; der er 5-15 vol.% små, 2,0-7,5 cm store sten af overvejende afrundet form, der er uforvitrede og som lithologisk består af blandede typer uden kalk; mindre end 5 vol.%, diameter større end 1 cm, bløde + hårde, afrundede, noduler, der består af Fe-oxider & hydroxider (røde); 1-10 cm tykt kontinuert, svagt cementeret al-lag; horisontgrænsen er abrupt og jævn.

3C (165-180 cm): Lys gråt (2.5 7/2 f) grovsand; humusfattig; strukturløs; fugtig ikke klæbrig konsistens; der er mindre end 5 vol.% små, 2,0-7,5 cm store sten af overvejende afrundet form, der er uforvitrede og som lithologisk består af blandede typer uden kalk.



Figur 3.8. Skitse af sydsydøst-nordnordvest profilvæg ved Mjøls. Se omtale i teksten. Optegnelse af geologiske strukturer (sort) og pedologiske horisonter (farver). Prøvetagningsfelterne er indtegnet som sorte kvadrater. Signaturforklaring findes i appendiks.



Figur 3.9. Foto af nordnordvest-sydsydøst profilvæg ved Mjøls. Fotoudsnittet udgør ca. 10 meter.



Figur 3.10Fejl! Ukendt argument for parameter.. Skitse af østnordøst-vestsydvest profilvæg ved Mjøls. Se omtale i teksten. Optegnelse af geologiske strukturer (sort) og pedologiske horisonter (farver). Prøvetagningsfelterne er indtegnet som sorte kvadrater. Signaturforklaring findes i appendiks.



Figur 3.11. Foto af østnordøst-vestsydvest profilvæg ved Mjøls. Fotoudsnittet udgør ca. 10 meter. Fotoet er en smule forvrænget.

3.1.4 Pedologiske karakteristika, forskelle og ligheder på de tre Alluvialkegle jorder

Den jordbund vi i dag finder på de tre lokaliteter er en reminiscens fra den oprindelige hedepodsol. Den nuværende horisontsammensætning viser tydeligt at der har været en fuldt udviklet podsol på hver af lokaliteterne. I dag er de øverste horisonter fra den ideelle og oprindelige podsol dog indeholdt og delvist omdannet i det nuværende dyrkningslag i toppen. Med den hævede pH ved jordbrugskalkning er de podsolerende processer, der foregår ved lav pH, sandsynligvis stoppet eller stærkt nedsatte.

Podsoleringsgraden på lokaliteterne har tilsyneladende været forskellig, idet de horisonter der er fundet under pløjelaget (Bs-, Bhs- og Bh-horisonter) indikerer en moderat forskellig modenhed og udviklingsgrad.

3.2 Geologi

Henrik Vosgerau (GEUS) og Vibeke Ernstsen (GEUS)

Beskrivelsen af geologien i udgravningerne fokuserer på lithologien og de primære sedimentære strukturer, der anvendes til at inddele sedimenterne i sedimentære facies. Ved sedimentære facies forstås en inddeling af sedimenter i særegne enheder karakteriseret ved blandt andet deres kornstørrelsesfordeling, sorteringsgrad og sedimentære strukturer, som beskrevet nærmere i KUPA rapport nr. 2, Metoderapport (Barlebo et al. 2002). Generelt er det dog kun muligt at erkende de primære sedimentære strukturer i c-horisonten, da jordbundsudvikling har udvisket strukturerne i den øvre del af udgravningerne. For de enkelte marker præsenteres geologien i boringen, der indgår i fuldt undersøgelsesprogram, 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 Stubkær lokaliteten

Sedimenterne domineres af gruslag og grusede sandlag (fig. 3.4). Gruslagene er op til 30 cm tykke og har erosive undergrænser. Lagene indeholder klastunderstøttede sten, der har diametre på op til 15 cm. Enkelte opgravede blokke under udførelsen af udgravningen viser, at klasterne kan have diametre på op til 35 cm. Stedvis er stenene i gruslagene imbrikerede, idet mere eller mindre flade sten er taglagte og hælder i en østlig retning. I det øverste grusede lag forekommer linser af strukturløs eller skrålejret sand. Gruslagene er generelt strukturløse (facies Gd) bortset fra den stedvise imbrikation. Sandlagene består af gruset, groft sand med spredte sten.

Sandlagene er planar skrålejrede (facies Sp) med foresets, der hælder i en vestlig retning og stedvis er grusede. Enkelte steder er sedimenterne overpræget af periglaciale fænomener. Dette gælder eksempelvis ved ca. 4 m på det Ø-V orienterede profil, hvor en iskilesprække har sat sit tydelige præg på jordbundsudviklingen (se fig. 3.2. og fig. 3.3.). Iskilen gennemskærer profilvæg-

gens nedre del og kan endvidere følges langs udgravningens bund og op ad profilvæggen overfor. Opad i profilvæggen går issprækken over i en grydelignede struktur, som i den indre del domineres af fint til mellemkornet sand, hvorimod sten og grus er koncentreret langs dens kant. Sedimenterne i udgravningen er kalkfrie.

Geologien i boringen på Stubkær mark (DGU arkivnr. 86.1907) er beskrevet i fig. 3.12. Boringen der dækker de øverste 7 meter viser øverst et muldlag, hvorefter vekslende lag af fint og mellem kornet smeltevandssand bliver almindelige. En del af sandlagene er gruset til stærkt gruset og med indhold af sten. De gennemborede lag fremstår ved iltede farver eller ved mineralernes egne farver og forbliver kalkfrie i hele profilet. Grundvandsspejlet blev ikke antruffet under borearbejdet.



Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse

BORERAPPORT

DGU arkivnr: 86.1907



Figur 3.12. Geologiske forhold ved Stubkær, lokalitetsnr. 110 (DGU arkivnr. 86.1907)
3.2.2 Frederiks lokaliteten

Sedimenterne består i udgravningens nedre del (svarende til C-horisonten og dele af Bhorisonten) af vekslende strukturløse sandlag, der er grovkornede og grusede, mellemkornede eller fint til mellemkornede. Endvidere ses enkelte gruslag med klastunderstøttede sten (facies Gd), der har diametre på op til 6 cm. Sedimenterne fremstår med et kaotisk udseende, idet lagene mange steder er skråtstillede og har ondulerende laggrænser (fig. 3.5. og fig. 3.7.). I den øvre del af udgravningen består BS-horisonten i store træk af mellem- og grovkornet sand, der er svagt gruset til gruset med spredte småsten. BC-horisonten domineres af ukonsoliderede diamiktaflejringer (facies Dmh) bestående af sand, der er siltet og gruset med spredte matrixunderstøttede småsten. Stedvis indeholder diamiktaflejringerne velsorterede sedimenter i form af silteller siltet finsandsaflejringer. Sedimenterne er i den øvre del af udgravningen mange steder overpræget af periglaciale fænomener i form af grydelignende strukturer som beskrevet i udgravningen fra Stubkær. En større grydestruktur, der har sat sit tydelige præg på jorbundsudviklingen, ses således fra ca. 3.5-5.5 m på det Ø-V orienterede profil (fig. 3.5.). Sedimenterne i udgravningen er kalkfrie.

Geologien i boringen på Frederiks mark (DGU arkivnr. 66.1827) er beskrevet i fig. 3.13. Boringen til 10.2 m u.t. viser, at det hovedsageligt er vekslende lag af fint-mellem, mellem og mellem-groft smeltevandssand, der er gennemboret. Sandlagene indeholder grus og sten i varierende mængde. Sedimenterne fremstår iltede. Grundvandsspejlet blev ikke antruffet under brearbejdet.



Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse

Udskrevet 22/7 2003 Side 1

BORERAPPORT

DGU arkivnr: 66. 1827





3.2.3 Mjøls lokaliteten

Sedimenterne består i udgravningens nedre del af trugskrålejret sand (facies St), der er grovkornet og gruset eller mellem- til grovkornet (fig. 3.8. og fig. 3.10.). Foresets i det trugskrålejrede sand hælder generelt mod VSV. Sandaflejringerne overlejres erosivt af et gruslag, der varierer i tykkelse fra 0,2–1,2 m og som lateralt strækker sig gennem begge de opmålte profilvægge. Gruslaget indeholder klastunderstøttede sten med diametre på op til 7 cm. Endvidere ses enkelte afrundede lerklaster samt få lerslirer. Gruslaget er generelt strukturløst (facies Gd), men enkelte steder ses en svag lagdeling. Mellem gruslaget og A-horisonten, der udgør toppen af profilvæggene, består sedimenterne af mellem- til grovkornet sand, der er svagt gruset. Jordbundsudviklingen har udvisket de primære sedimentære strukturer i disse sedimenter. Sedimenterne i udgravningen er kalkfrie.

Geologien i boringen på Mjøls mark (DGU arkivnr. 160.1470) er beskrevet i fig. 3.14. Boringen er gennemført til 6 meter under terræn og består af usorteret gruset smeltevandssand, der overalt fremstår iltet og kalkfrit. Grundvandsspejlet blev registreret i 4,5 meters dybde på boringstidspunktet (11. december 2001).



Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 160. 1470



meter u.t.

0 - 6 glacigen - glacial



3.2.4 Sammenligning af sedimentologien på de tre undersøgelsesmarker samt tolkning af aflejringsmiljø

I tabel 3.5. er vist typen af facies og den arealmæssige fordeling af disse opmålt på profilvægge inden for udgravningerne på de tre undersøgelsesmarker.

Tabel 3.5. Udbredelse af facies i opmålte profilvægge fra udgravninger inden for de tre undersøgelsesmarker. Fordelingen baserer sig på en arealmæssig opmåling (i m²) af de sedimentære facies fra C-horisonten og nogle tilfælde også B-horisonten.

	Stubkær	Frederiks	Mjøls
	(Totale areal: 22 m ²)	(Totale areal: 19 m ²)	(Totale areal: 26 m ²)
Gd: homogen eller dårligt lagdelt grus	27%	3%	46%*
St: trug krydslejret sand	30%		37%*
Sp: planar krydslejret sand	12%*		
SI: lavvinklet krydslejret sand	3%		
S: Sand hvori primære strukturer ikke kan erken-	28%*	65%*	16%
des p.g.a. jordbundsudvikling eller lignende			
Dmh: homogen, matrix-understøttet diamikt		30%	
Fh: ringe sorteret ler og silt		2%	1%

*Facies hvorfra der er udtaget prøver til analyser

Sedimenterne i udgravningerne ved de tre undersøgelsesmarker domineres af gruslag og grovkornede sandlag. Dog udgør mængden af grusaflejringer (facies Gd i tabel 3.5.) kun en lille andel i udgravningen ved Frederiks i forhold til i udgravningerne ved de to øvrige lokaliteter. Endvidere skiller Frederiks sig ud fra de to øvrige lokaliteter ved, at der forekommer diamiktaflejringer (facies Dmh) i udgravningens øvre del. Sedimenterne i udgravningerne ved Frederiks og Stubkær er overpræget af periglaciale fænomener i form af iskiler og grydestrukturer. Disse indgår muligvis som en del af et større iskilesystem (polygonjord) dannet som et resultat af den årlige optøning og frysning af overfladen over lag med permafrost. I boringerne fra de tre lokaliteter har sedimenterne generelt en lidt finere kornstørrelse end i udgravningerne idet de domineres af fintmellem og mellemkornet smeltevandssand. Mange af sandlagene er dog grusede og indeholder sten.

Sedimenternes grove kornstørrelser i udgravningerne og til dels i boringerne ved de tre undersøgelsesmarker vidner om kraftige energiforhold i smeltevandsfloderne på aflejringstidspunktet. Orienteringen af de imbrikerede sten, der stedvis ses i gruslagene i udgravningen ved Stubkær, indikerer, at stenene blev aflejret af smeltevand, der strømmede i en vestlig retning. Gruslagene, der generelt er strukturløse, tolkes til at være dannet som langsbanker (tykke lag) eller residualkonglomerater (tynde lag) i flettede smeltevandsfloder. Orienteringen af foresets i det trug- og planar skrålejret sand viser ligeledes, at aflejringen er sket i smeltevand, der strømmede i en vestlig retning. Det trug og planar skrålejrede sand tolkes til at være dannet af migrerende banker, i de flettede smeltevandsfloder.

Diamiktaflejringerne, der ses i den øvre del af udgravningen ved Frederiks, er ukonsoliderede og indeholder stedvis velsorterede silt- og sandaflejringer. Diamiktaflejringerne kan være dannet som flydejord i det periglaciale miljø. En hurtig aflejring af flydejord henover underliggende vandmættede sedimenter kan være årsagen til, at smeltevandsaflejringerne nederst i udgravningen ved Frederiks er så forstyrrede, at de primære sedimentære strukturer ikke kan erkendes.

3.3 Fysiske, kemiske og mineralogiske undersøgelser

Vibeke Erntsen (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 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 specifikt overfladeareal. Samtlige analyser er udført 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.

Analyseresultaterne for lokaliteterne Stubkær, Frederiks og Mjøls fremgår af tabellerne 3.6.-3.8.

3.3.1 Stubkær lokaliteten

Indholdet af ler i de øverste 3 horisonter varierer mellem 2,0 og 5,2% og indholdet er generelt aftagende fra Ap horisonten og ned til den dybeste sedimentprøve udtaget i 6,50 meters dybde, tabel 3.6.

Den dominerende kornstørrelsesfraktion er groft mellemsand (200-500 μ m) og grovsand (0,5-2 mm) med tilsammen 52-69%. Fra 3.5 meters dybde bliver sedimenterne gradvis mere finkornede, idet indholdet af finsand (125-200 μ m) og mellemsand (200-500 μ m) stiger samtidig med at indholdet af grovsand halveres. Det højere indhold af ler i Ap horisonten bevirker at den klassificeres som JB3-type mens de øvrige hører til JB1 klassen. Indholdet af organisk stof er størst i Ap horisonten (3,86% C) hvorefter indholdet aftager til 0,35% C i prøven fra 32-52 cm dybde og når et niveau på <0.01-0.01% C i øvrige dybder.

Alle undersøgte prøver fremstår i dag kalkfrie og med forholdsvis lave pH-værdier i de dybder hvor virkningen af landbrugsdriften med tilførsel af kalk ikke kan erkendes. Således ligger pH-værdien (målt i CaCl₂) på omkring 4 i prøver fra 3,5 og 6,5 meter, mens den for jordhorisonterne ligger i nærheden af 6.

Samtidig med tilførsel af kalk ses en stigning i basemætningsgraden for de to øverste Ap og Bs horisonter til mellem 19 og 38%, fra kun 8% i dybden 6,5 meter. Ombyttelige brintioner udgør således i samtlige dybder den overvejende del (62-92%) af de adsorberede kationer. CEC-værdien er 27 cmol kg⁻¹ i Ap horisonten hvorefter værdien aftager til 5 cmol kg⁻¹ eller lavere værdier.

Den mineralogiske sammensætning er i alle undersøgte dybder domineret af kvarts. I de øverste horisonter har forvitringsprocesser bevirket et fald i indholdet af såvel K-, Na-Ca feltspat samt glimmer. Stigende indhold af disse mineraler erkendes med stigende dybde. En fremskredne forvitring kan ligeledes erkendes ved betydelige indholdet af jernoxider (Fe_{oxalat} og Fe_{DCB}) i de øverste 3 horisonter samt en generel tendens til aftagende værdier med tiltagende dybde. Samme udvikling kan erkendes i fordelingen af aluminiumsoxider (Al_{oxalat} og Al_{DCB}). De mineralogiske egenskaber resulterer i en sort farve for Ap horisonten som følge af tilstedeværende organisk stof, iltede brunlige farver ned til 3.5 meters dybde, hvor farven af primærpartikler slår igennem ved en grålig farve.

Det samlede overfladeareal er generelt lavt, mellem 0,3 og 1,9 m²g⁻¹ med den højeste værdi for Bs horisonten. De lave overfladearealer skyldes bl.a. det lave indhold af fine partikler.

				Kornstø	ı)	% af totalprøve					
KUPA nr.	Navn	Dybde	<2	2-20	20-63	63-125	125- 200	200- 500	0.5-2	2-6,3	>6,3
		cm			μι	m				mm	
4-1-1- 240	Ар	5-25	5,2	2,8	9,7	7,9	8,6	37,7	14,3	6,7	6,7
4-1-2- 241	Bs	32-52	3,0	0,9	1,0	0,8	3,3	32,3	36,6	11,3	11,3
4-1-3- 242	С	125-145	2,0	0,9	1,0	0,8	2,2	30,3	31,8	14,0	14,0
4-1-4- 243		350	1,5	1,0	1,4	4,4	17,8	52,6	21,3	1,5	2,0
4-1-5- 244		650	1,0	1,0	1,5	3,0	20,4	54,4	18,7	1,0	1,3

Tabel 3.6. Analyseresultater for lokalitetsnr. 110 ved Stubkær (DJF profil nr. 3134 og DGU arkiv nr. 86.1907).

Tabel 3.6. fortsat

KUPA	JB-nr	Org. C	pН	рН	Fe _{oxalat}	Al _{oxalat}	Fe _{DCB}	AI _{DCB}	ODOE
nr.			(H ₂ O)	(CaCl ₂)					
		%	1:1	1:2,5		mg k	(g ⁻¹	<u> </u>	
4-1-1- 240	3	3,86	5,82	5,82	4291	2524	5708	2670	1,3174
4-1-2- 241	1	0,35	6,11	6,03	855	1408	3287	1257	0,2221
4-1-3- 242	1	0,01	5,76	5,62	221	441	2695	437	0,0123
4-1-4- 243	1	0,0	4,95	4,22	573	201	1646	216	0,0128
4-1-5- 244	1	0,01	5,50	3,91	448	145	855	137	n.d.

KUPA nr.			Om	byttelige k cmol kg	ationer			Base mætning	CaCO ₃
	Ca	Mg	К	Na	Baser	H⁺	CEC		
					total		total	%	%
4-1-1- 240	9,31	0,55	0,28	0,05	10,19	16,92	27,11	38	0
4-1-2- 241	0,80	0,07	0,04	0,00	0,91	3,83	4,74	19	0
4-1-3- 242	0,08	0,01	0,02	0,00	0,11	1,12	1,23	9	0
4-1-4- 243	0,13	0,02	0,04	0,12	0,31	1,08	1,39	22	0
4-1-5- 244	0,04	0,00	0,02	0,00	0,06	0,73	0,79	8	0

KUPA	Mineralogisk sammensætning	Farve	Overfladeareal
Nr.			$m^2 g^{-1}$
4-1-1- 240	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider, K- og Na-Ca feltspat og spor af glimmer	sort	1,0
4-1-2- 241	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider, f glimmer og K- og Na-Ca feltspat	mørkebrun	1,9
4-1-3- 242	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider, K- og Na-Ca feltspat	meget svag brun	1,1
4-1-4- 243	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider, K- og Na-Ca feltspat	meget svag brun	1,5
4-1-5- 244	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider, K- og Na-Ca feltspat og glimmer	lys grå	0,3

3.3.2 Frederiks lokaliteten

Kornstørrelsesfordelingen viser at jordbundshorisonterne kan inddeles i to hovedgrupper, hvor den ene gruppe omfatter de to øverste og den anden gruppe de to nederste horisonter. De to øverste horisonter indeholder omkring 6% ler og 18-31% silt, mens de efterfølgende to horisonter indeholder mellem 1,5-3,1% ler og mindre end 5% silt. De efterfølgende lag er ligeledes karakteriseret ved lave indhold af ler og silt. Mellemsand er hyppigt forekommende i alle dybder og indholdet er stigende med tiltagende dybde indtil 6,5 meter. Her falder indholdet af mellemsand samtidig med at indholdet af groft sand øges betydeligt, til 48%. Efter JB-klassifikationen henhører Ap horisonten til type 3, Bhs til type 4 og de resterende horisonter/lag til type 1.

Indholdet af organisk stof er højest i Ap horisonten (2,79% C) hvorefter indholdet aftager markant til 0,05% C eller lavere værdier i en dybde af 1,3 meter.

Landbrugsdriften har påvirket jordens egenskaber, ved bl.a. jordens surhed og basemætningsgrad. De højeste pH-værdier (målt i CaCl₂) på omkring 5,5 forekommer fra overfladen og ned til 1,3 meter, hvorefter pH-værdien aftager til 4,65 i 6,5 meters dybde. Tilførsel af kalk betyder at basemætningen er omkring 46% i Ap horisonten hvorefter den kraftige forvitring og udvaskning på denne lokalitet betyder lave basemætningsprocenter (6-10%) ned til 1,3 meters dybde hvorefter intensiteten af forvitringsprocesserne aftager samtidig med at basemætningen stiger og når 35% i 6,5 meters dybde. CEC-værdien er 19 cmol kg⁻¹ i Ap horisonten hvorefter den aftager til 10 cmol kg⁻¹ i Bhs horisonten for atter at aftage til 1-2 cmol kg⁻¹ i de følgende horisonter og lag.

Mineralsammensætningen på denne lokalitet er domineret af kvarts med mindre mængder jernog aluminiumoxider og feltspat. Aluminiumoxider (Al_{oxalat} og Al_{DCB}) forekommer primært i Ap og Bhs horisonterne, hvor forvitringsprocesserne har været mest intense. Disse processer har ligeledes påvirket omdannelsen og fordelingen af såvel K- som Na-Ca feltspat. Således indeholder Ap horisonten ubetydelige mængder K-feltspat, mens dybereliggende lag indeholder mindre mængder af såvel K-feltspat som Na-Ca-feltspat. Indholdet stiger gradvist ned til 6,5 meters dybde. Samme udvikling ses for glimmer mineralerne, der trods generelt lave koncentrationer ses at stige med tiltagende dybde.

Det specifikke overfladeareal er størst for Bhs og Bs horisonterne med værdier på henholdsvis 3,6 og 1,4 m²g¹. For de resterende horisonter og lag er det specifikke overfladeareal mindre end $1 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ og afspejler også her det høje indhold af grove partikler.

				Kornst	ørrelsesfor	deling (%	af < 2mr	n fraktion)	% af t	otalprøve
KUPA Nr.	Navn	Dybde	<2	2-20	20-63	63-125	125- 200	200- 500	0.5-2	2-6,3	>6,3
		cm			μΙ	m				mm	
5-1-1- 265	Ар	5-25	6,3	7,2	10,4	9,2	7,2	34,4	15,7	5,6	8,9
5-1-2- 266	Bhs	35-55	6,7	7,3	30,5	18,5	4,8	20,9	7,5	5,1	8,9
5-1-3- 267	Bs	110-130	1,5	0,9	1,0	2,5	11,4	68,4	12,9	3,0	6,8
5-1-4- 268	С	160	3,1	0,9	3,1	4,3	7,8	67,0	11,2	2,0	0,0
5-1-5- 269		350	1,0	0,9	1,1	1,9	4,7	68,5	21,9	5,0	2,6
5-1-6- 900		650	1,0	0,9	1,1	0,9	3,7	44,3	48,0	9,5	13,0
					D	_					0005

Tabel 3.7. Analyseresultater for lokalitetsnr. 115 ved Frederiks (DJF profil nr. 3136 og GEUS boring arkivnr. 66.1827)

KUPA	JB-nr	Org. C	pН	PH	Fe _{oxalat}	Al _{oxalat}	Fe _{DCB}	Al _{DCB}	ODOE
Nr.			(H ₂ O)	$(CaCl_2)$					
		%	1:1	1:2,5		mg k	(g ⁻¹		
5-1-1- 265	3	2,79	5,54	5,55	3367	1426	3982	1628	0,7548
5-1-2-									
266	4	0,77	5,63	5,54	1077	2782	2317	2859	0,2429
5-1-3- 267	1	0,05	5,65	5,52	734	623	1740	404	n.d.
5-1-4- 268	1	0,02	5,25	5,18	511	457	1593	309	0,0221
5-1-5- 269	1	0,0	5,61	4,44	371	232	1005	154	0,0313
5-1-6- 900	1	0,0	5,91	4,65	421	99	1316	80	0,0253

Tabel 3.7. fortsat

KUPA			Om	byttelige k	ationer			Base-	
Nr.				cmol kg	1			mætning	CaCO ₃
	Са	Mg	К	Na	Baser	H⁺	CEC		
					Total		total	%	%
5-1-1-	8,04	0,40	0,10	0,04	8,58	10,02	18,60	46	0
265									
5-1-2- 266	0,89	0,05	0,10	0,01	1,05	9,37	10,42	10	0
5-1-3- 267	0,08	0,01	0,01	0,00	0,10	1,50	1,6	6	0
5-1-4- 268	0,31	0,04	0,04	0,00	0,39	1,64	2,03	19	0
5-1-5- 269	0,08	0,01	0,03	0,05	0,17	0,91	1,08	16	0
5-1-6- 900	0,29	0,07	0,02	0,00	0,38	0,70	1,08	35	0

KUPA	Mineralogisk sammensætning	Farve	Overfladeareal
Nr.			m ² g ⁻¹
5-1-1- 265	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider, spor af K- og Na-Ca feltspat	meget mørkegrå	0,6
5-1-2- 266	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider, K- og Na-Ca feltspat, spor af glimmer	svag brun	3,6
5-1-4- 268	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe-oxider, K- og Na- Ca feltspat, spor af Al-oxider og glimmer	meget svag brun	1,4
5-1-5- 269	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe-oxider, K- og Na- Ca feltspat og glimmer , spor af Al-oxider	meget svag brun	0,8
5-1-6- 900	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe-oxider, K- og Na- Ca feltspat og glimmer, spor af Al-oxider	lys gulbrun	0,9

3.3.3 Mjøls lokaliteten

Lerprocenten er faldende nedad gennem jordbundsprofilet, fra 5,7% i Ap horisonten til 2,6% i 1,40 meters dybde (C-horisonten) og stigende til 5,1% i det dybereliggende lag i 3,5 meter. Groft mellemsand (200-500 μ m) og grovsand (0,5-2 mm) er de dominerende fraktioner (80-90%) og for begge fraktioner ses en svagt stigning i begge fraktioner med tiltagende dybde. Især C-horisonten og prøven fra 3,5 meters dybde er ekstremt velsorteret, og her udgør groft mellemsand og grovsand tilsammen mere end 89%. Det højere indhold af bl.a. ler i Ap horisonten, samt i laget fra 3.5 meter, gør disse til JB3 type, mens de øvrige tilhører JB1 kategorien. Indholdet af organisk stof er højest i Ap horisonten (1,90% C), hvorefter indholdet aftager markant ned til 1,43 meter (0,25% C) og yderligere til <0,1% C i 3,5 meters dybde.

De undersøgte horisonter og lag fremstår kalkfrie. Landbrugsdriften med hyppig tilførsel af kalk har bevirket en stigning i jordens pH-værdi til ca. 5.5 (målt i CaCl₂) i de øverste 1,43 meter (BC-horisonten) hvorefter værdien aftager til 4,30 i 3,50 meters dybde som følge af naturlige forsuringsprocesser. Som følge af opkalkningen er calcium den mest almindelige ombyttelige base i de 3 øverste horisonter, hvor basemætningen ligeledes er forholdsvis høj (22-43%) sammenlignet med dybere lag. Ombyttelig surhed udgør dog fortsat den overvejende del af ombytningskapaciteten (CEC-værdien) på denne lokalitet. I prøven fra 3,50 meter stiger andelen af ombytteligt calcium og basemætningen er her beregnet til 30%. CEC-værdien er 16 cmol kg⁻¹ i Ap horisonten hvor CEC-værdien er målt til 2 cmol kg⁻¹.

Mineralogien er i samtlige undersøgte horisonter/lag domineret af kvarts. Indholdet af feltspat stiger med tiltagende dybde og kan kun erkendes i lille mængde i Ap horisonten og kun som spor i Bs horisonten og i mindre mængde fra BC horisonten. Glimmer findes i Bs horisonten og dybere horisoner/lag. Indholdet af jernoxider (Fe_{DCB}) er højt (3299-4066 mg Fe kg⁻¹) i de øverste 3 horisonter (Ap og B horisonter) hvor forvitringen har været mest intensiv og hvor de herskende pH-værdier har været betydelig lavere end de der måles i dag. Ved aftagende forvitringsintensitet aftager indholdet af Fe_{DCB} og i C-horisonten er mængden omtrent halveret i forhold til de overliggende horisonter. I prøven fra 3,50 meter stiger indholdet af Fe_{DCB} markant til omkring 7000 mg Fe kg⁻¹. Den markante stigning i indholdet af Fe_{DCB} kan skyldes såvel intense forvitringsprocesser i et forholdsvis surt miljø gennem en årrække, såvel som at prøven er udtaget i en zone tæt på grundvandsspejlet. Da boringen blev udført (12. november 2001) blev grundvandsspejlet målt i en dybde af 4,5 meter og må på dette tidspunkt forventes at ligge dybere end hen på foråret hvor jorden er maximalt vandmættet. I forbindelsen med en vandmætning synes der således at have foregået en tilførsel og udfældning af jernoxider.

En opkoncentrering af jernoxider kendes fra hydromorfe jorde, de såkaldte gleyjorde, hvor der i forbindelse med en ret konstant vandstand tilføres, sker en iltning af opløst ferrojern og dermed udfældning af jernoxider. Ligeledes i temporært vandmættede jorde/sedimenter vil der kunne ske en omplacering af jernoxider i forbindelse med dannelse af periodisk reducerede miljøer, hvorved jernet mobiliseret for siden at blive oxideret under mere iltede forhold. Den grå farve der karakteriserer 3C horisonten samt grundvandsspejlets beliggenhed på denne lokalitet sandsynliggør flere mulige processer for dannelsen af de høje indhold af Fe_{DCB}. Selv om det på baggrund af den nuværende hydrologiske situation på lokaliteten synes muligt at forklare fordelingen af jernoxider kan det dog ikke udelukkes at tidligere hydrologiske forhold kan have bidraget til den nuværende fordeling af jern. I forbindelse med den hidtidige jordbundsdannelse er der sket en berigelse af aluminium (Al_{oxalat} og Al_{DCB}) i Bs horisonten fra de overliggende horisont. Under Bs horisonten aftager indholdet gradvist ned til den nederste prøve i 3,50 meters dybde.

Den mineralogiske sammensætning giver anledning til en meget mørkegrå farve i Ap horisonten, hvorefter farven ændres til brune og svagt brunlige farvenuancer. Det specifikke overfladeareal er lavt, < 1 m² g⁻¹ i Ap horisonten hvorefter det stiger til omkring 2 m² g⁻¹ i de underliggende B og C horisonter og når et maksimalt indhold på 8 m² g⁻¹ i det laget karakteriseret ved forholdsvis høje indhold af jernoxider i 3,50 meter.

				Kornstø	ı)	% af totalprøve					
KUPA	Navn	Dybde	<2	2-20	20-63	63-125	125- 200	200-	0.5-2	2-6,3	>6,3
Nr.							200	000			
		cm			μι	n				Mm	
6-1-1-	Ap	5-25	57	6.3	49	6.9	47	48.9	194	62	18.2
270	I	0 20	0,1	0,0	1,0	0,0	.,.	10,0	10,1	0,2	10,2
6-1-2-	Bs	35-55	46	39	52	35	52	33.8	42 7	12 5	76
271		00 00	4,0	0,0	0,2	0,0	0,2	00,0	<i>τ∠</i> , <i>ι</i>	12,0	7,0
6-1-3-	BC	123-1/3	3.8	1.0	2.8	1 /	1.0	36.2	53 /	24.6	20.6
272	20	120-140	0,0	1,0	2,0	1,7	1,0	50,2	55,4	24,0	20,0
6-1-4-	С	120-140	2,6	0,9	2,1	2,9	8,6	38,8	44,0	15,9	0,6
213											
6-1-5- 274		350	5,1	1,4	2,5	1,9	2,5	22,4	64,2	17,7	25,2

Tabel 3.8. Analyseresultater for lokalitetsnummer 116 ved Mjøls (DJF profil nr. 3165 og DGU arkivnr. 160.1470)

Tabel 3.8. fortsat

KUPA	JB-nr	Org. C	рН	рН	Fe _{oxalat}	Al _{oxalat}	Fe _{DCB}	Al _{DCB}	ODOE
Nr.			(H ₂ O)	$(CaCl_2)$					
		%	1:1	1:2,5		mg k	kg⁻¹		
6-1-1-		4.00		= 10			0004		
270	3	1,90	5,95	5,40	2628	1498	3394	1419	0,6015
6-1-2-									
271	1	0,66	6,45	5,52	2194	3601	3299	3206	0,4357
6-1-3-		0.05	0.40	= 10	170.4	00.40	1000	0700	0.4.407
272	1	0,25	6,49	5,49	1764	2248	4066	2702	0,1437
6-1-4-									
273	1	0,06	6,40	4,70	1692	762	1966	714	0,0239
6-1-5-	з	~0.1	5 52	4 30	5127	710	7079	587	0.0614
274	5	\U ,1	0,02	7,50	5121	710	1019	557	0,0014

KUPA			Om	byttelige ka	ationer			Base-	
Nr.				cmol kg ⁻	1			mætning	CaCO₃
	Са	Mg	К	Na	Baser	H⁺	CEC		
					total		total	%	%
6-1-1-	6 1 2	0.12	0.50	0.02	6 79	0 0 /	15.60	42	0
270	0,12	0,13	0,50	0,03	0,70	0,04	15,62	43	0
6-1-2-	2.10	0.00	0.27	0.17	0.71	6 72	0.44	20	0
271	2,10	0,09	0,27	0,17	2,71	0,73	9,44	29	0
6-1-3-	0.07	0.06	0.10	0.05	1 10	4.09	5.26	22	0
272	0,97	0,06	0,10	0,05	1,10	4,00	5,20	22	0
6-1-4-	0.16	0.02	0.02	0.02	0.24	1 0 4	1 50	15	0
273	0,16	0,02	0,03	0,03	0,24	1,34	1,50	10	0
6-1-5- 274	1,71	0,19	0,07	0,04	2,01	4,60	6,61	30	0

KUPA	Mineralogisk sammensætning	Farve	Overfladeareal
Nr.			$m^2 g^{-1}$
6-1-1- 270	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider, feltspat og spor af glimmer	meget mørkegrå	0,7
6-1-2- 271	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider, K- og Na-Ca feltspat, spor af glimmer	brun	1,9
6-1-3- 272	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider, K- og Na-Ca feltspat, spor af glimmer	svag brun	2,3
6-1-4- 273	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe-oxider, K- og Na- Ca feltspat og glimmer, spor af Al-oxider	svag brun	2,2
6-1-5- 274	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe-oxider, K- og Na- Ca feltspat og glimmer, spor af Al-oxider	svag brun	7,9

3.3.4 Sammenligning af fysiske, kemiske og mineralogiske egenskaber

På alle de 3 undersøgte lokaliteter - Stubkær, Frederiks og Mjøls - er indholdet af ler generelt lavt, ofte under 5%. Indholdet af ler er ofte højest i Ap horisonten, hvorefter indholdet aftager i de underliggende dybere horisonter og lag. Det forholdsvis høje lerindhold kan bl.a. skyldes intense forvitringsprocesser. Kornstørrelsesfordelingen viser at sedimenterne er velsorteret med fraktionerne groft mellemsand (200-500 μ m) og groft sand (500-2000 μ m) som de mest almindelige. Indslag af grus og sten er desuden almindeligt forekommende og er en indikator for det energirige miljø som sedimenterne er aflejret i, tæt på Weichsel-isens hovedopholdslinie. Det lave indhold af ler kombineret med det høje indhold af groft sand betyder at JB1 typen er mest almindelige type under Ap horisonten. Ap horisonten er dog på samtlige lokaliteter bestemt til JB3 type.

Indholdet af organisk stof er forholdsvis højt i Ap, hvor det ved Stubkær og Frederiks på Karup hedeslette er henholdsvis 3,86 og 2,79% C og ved Mjøls på Tinglev hedeslette er 1,90% C. Indholdet af organisk stof aftager markant indenfor den øverste 1-1,5 meter, hvorefter indholdet typisk er lavere end 0,05% C.

De undersøgte sedimenter er kalkfrie og bufferkapaciteten er delvis opbrugt, således at der normalt måles pH-værdier (bestemt i CaCl₂) under 5, i sedimenter under 1,5-2 meters dybde. Den laveste pH-værdi er målt ved Stubkær med en pH-værdien på 3,91 i 6,50 meters dybde. Samtidig med de lave pH-værdier er også basemætningen lav, typisk under 10%. I jordbundshorisonterne er pH-værdien normalt højere som følge af hyppig tilførsel af jordbrugskalk. Landbrugsdriften ses ikke blot ved stigende pH-værdier, men også i stigende basemætningsgrad. Dog er brint (brintsurheden) stadig den mest almindelige ombyttelige kation. På alle tre lokaliteter er den højeste CEC-værdi målt i Ap horisonten, (16-27 cmol kg⁻¹), hvorefter den ved Frederiks og Mjøls aftager til ca. 10 cmol kg⁻¹ i den efterfølgende Bhs/Bh horisont for yderligere at aftage til 2-7 cmol kg⁻¹. Ved Stubkær er CEC-værdien under Ap horisonten 1-5 cmol kg⁻¹.

De mineralogiske analyser viser at kvarts er det mest dominerende mineral. Hertil kommer bl.a. K- og Na-Ca feltspat samt glimmer. Forekomsten ses tydeligt påvirket af forvitringsintensiteten, hvorfor forekomsten af disse mineraler ofte ses at stige ved tiltagende dybde. Forvitringsintensiteten påvirker ligeledes fordelingen af jern (Fe_{DCB} og Fe_{oxalat}) og aluminium (Al_{DCB} og Al_{oxalat}) ved markant højere værdier i de overfladenære horisonter. Specielt for jern (Fe_{DCB} og Fe_{oxalat}) synes der ligeledes at være sket en stigning i indholdet i den sedimentprøve fra Mjøls der er udtaget tæt ved det nuværende grundvandsspejl.

Det lave indhold af fine partikler er medvirkende til at det specifikke overfladeareal normalt er under 1 m² g⁻¹ i Ap- og C horisonter samt dybere lag. I B-horisonterne er det specifikke overfladeareal typisk højere end 2 m² g⁻¹ og når for den veludviklede Bhs horisont ved Frederiks et overfladeareal på 3,6 m² g⁻¹. Ligeledes synes den store forekomst af jernoxider i prøven fra 3,5 meter ved Mjøls at øge overfladearealet, hvor der blev målt et specifikt overfladeareal på 7,9 m² g⁻¹.

3.4 Hydraulik

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

3.4.1 Udtagne prøver

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

3.4.1.1 Stubkær lokaliteten

Der blev udtaget fem intaktprøver i store kolonner (20,0 cm længde, 20,0 cm i indre diameter) samt fem intaktprøver i 100-cm³ retentionsringe i henholdsvis Ap-, Bs- og C-horisonten (fig. 3.4.). Der blev ikke udtaget prøver fra de dybe boringer.

3.4.1.2 Frederiks lokaliteten

Der blev udtaget fem intaktprøver i store kolonner (20,0 cm længde, 20,0 cm i indre diameter) samt fem intaktprøver i 100-cm³ retentionsringe i henholdsvis Ap-, Bhs- og BC-horisonten (fig.3.7.). Derudover blev der udtaget fem retentionsringe i C-horisonten samt fem retentionsringe i et siltet trug (fig. 3.7.). Der blev ikke udtaget prøver fra de dybe boringer.

3.4.1.3 Mjøls lokaliteten

Med undtagelse af BC-horisonten, hvor der kun blev udtaget fire store kolonner, blev der udtaget fem intaktprøver i store kolonner (20,0 cm længde, 20,0 cm i indre diameter) samt fem intaktprøver i 100-cm³ retentionsringe i henholdsvis Ap-, Bs-, BC, og C-horisonten (fig. 3.8. og 3.10.). Der blev udtaget prøver fra en dyb boring, hvorfra der blev udtaget 5 retentionsringe.

3.4.2 Volumenvægt

Tabel 3.9. viser værdierne for jordens volumenvægt ved de tre lokaliteter. Værdierne viser et typisk forløb med de laveste værdier i den relativt løst bearbejdede, organisk-holdige Ap-horisont og med et stigende forløb i dybden.

		Stubkær		F	Frederiks			
	Prøve-	Volumen	std.afv.	Prøve-	volumen-	std.afv.		
Horisont	nummer	vægt		nummer	vægt			
		(g/cm ³)			(g/cm ³)			
Ар	4-1-1-240	1.33	0.07	5-1-1-265	1.27	0.03		
Bhs/Bs	4-1-2-241	1.50	0.04	5-1-2-266	1.31	0.06		
siltet trug	-	-	-	5-1-9-952	1.58	0.06		
BC	-	-	-	5-1-3-267	1.52	0.05		
С	4-1-3-242	1.62	0.03	5-1-4-268	1.49	0.05		
Boring	-	-	-	-	-	-		
		Mjøls						
Ар	6-1-1-270	1.42	0.02					
Bhs/Bs	6-1-2-271	1.52	0.09					
siltet trug	-	-	-					
BC	6-1-3-272	1.57	0.05					
С	6-1-6-908	1.58	0.04					
Boring	6-1-4-273	1.45	0.01					

Tabel 3.9. Volumenvægt (g/cm³) målt på 100-cm³ retentionsringe (n=5).

3.4.3 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. Der er nogen forskel mellem de gennemsnitlige prøver og de fire stikprøver fra kolonnerne, men dog generelt ikke mere end 1 procent på lerindholdet (tabel 3.10.).

Tabel 3.10. Teksturfordelingen (g/100 g) på fire udvalgte prøver udtaget fra de store kolonner (g/100g).

Mark	Prøvenr.	Hori- sont	Prøve dybde (cm)	<2µm	2 –20µm	20 – 63µm	63 – 125μm	125 - 200μm
Stubkær	4-1-3-242a	С	125-145	3,1	0,9	1,2	1,7	8,3
Frederiks	5-1-1-265a	Ар	5-25	5,6	4,9	16,0	10,1	7,0
Mjøls	6-1-3-272a	BC	123-143	3,0	0,9	1,2	0,8	1,3
Mjøls	6-1-6-908a	С	120-140	1,0	1,0	1,8	1,4	3,3

Mark	Prøvenr.	Hori- sont	Prøve dybde (cm)	200 – 500μm	500 μm - 2 mm	2 - 6.3 mm	>6.3 mm	humus	JB-nr.
Stubkær	4-1-3-242a	С	125-145	39,7	44,5	6,6	5,6	0,6	1
Frederiks	5-1-1-265a	Ар	5-25	31,8	19,1	5,0	3,1	5,5	3
Mjøls	6-1-3-272a	BC	123-143	33,0	59,3	19,1	19,3	0,4	1
Mjøls	6-1-6-908a	С	120-140	63,9	27,5	1,2	0,6	0,1	1

Tabel 3.10. fortsat

3.4.4 Vandretention

Resultaterne for vandretention er vist på fig. 3.15. I de nedre horisonter (B, BC og C) afdrænes jorden kraftigt fra pF 1.0 med undtagelse af Bhs-horisonten ved Frederiks, der udviser en mere jævn afdræning meget lig forløbet i Ap-horisonten. Horisontens afvigende afdræningsforløb skyldes sandsynligvis, at denne horisont har et markant højere indhold af silt og en mere ligelig teksturfordeling sammenlignet med den tilsvarende horisont ved de to andre lokaliteter (tabel 3.10.) resulterende i en mere ligelig porestørrelsesfordeling. Afdræningsforløbet i de grovsandede, dybereliggende horisonter (BC og C) viser for alle lokaliteter et meget stejlt afdræningsforløb, hvor jorden er kraftig afdrænet fra pF 1.7. Retentionsforløbet for det siltede trug ved Frederiks viser et forløb med en høj vandholdningskapacitet indtil omkring pF 2.



Figur 3.15. Data for vandretention målt på intakte 100-cm3 prøver (n = 5). Fejllinjerne viser ± 1 standardafvigelse

Figur 3.15. fortsat



3.4.5 Mættet hydraulisk ledningsevne

Fig. 3.16. viser værdierne for den mættede hydrauliske ledningsevne målt ned gennem profilet. Generelt er værdierne høje (større end 1000 cm/d), hvilket er et udtryk for jordens grovsandede tekstur. De højeste værdier er målt for B-horisonten ved Stubkær, hvilket også er den horisont, der sammen med C-horisonten samme sted har det højeste indhold af grovsand (>90%). Det siltede trug skiller sig markant ud fra de andre horisonter. Ligeledes skiller Ap-horisonten ved Stubkær sig markant ud fra Ap-horisonten ved de to andre lokaliteter. Generelt er der en tendens til, at variationen mellem målingerne falder med dybden.



Figur 3.16. Mættet hydraulisk ledningsevne (K_s, n = 5) målt på store kolonner med undtagelse af "siltet trug" og C-horisont ved Frederiks samt boringer for samtlige lokaliteter, hvor K_s blev målt på små retentionsringe. Fejllinjerne viser ± 1 standardafvigelse.

3.4.6 Umættet hydraulisk ledningsevne

Resultaterne af målingerne af den umættede hydrauliske ledningsevne er vist på fig. 3.17. Enkeltmålingerne er her plottet og sammenlignet med enkeltmålingerne af den mættede hydrauliske ledningsevne. I Ap- og B-horisonten skiller målingerne fra Stubkær sig ud sammenlignet med de to andre lokaliteter. I Ap- og B-horisonterne ved Frederiks ses en markant forskel mellem den nær-mættede og mættede hydrauliske ledningsevne, hvilket er et tegn på, at vandstrømningen i mættet tilstand i høj grad foregår ved præferentiel strømning gennem jordens markoporer/grovporer. En lignende markant forskel ses ligeledes for Ap-horisonten ved Mjøls. Målinger for de dybereliggende horisonter (BC og C) viser med undtagelse af målinger på en enkelt prøve et meget stejlt forløb op mod den mættede hydrauliske ledningsevne.



Figur 3.17. Enkeltmålinger af mættet (Ks) og umættet (k(h)) hydraulisk ledningsevne. Alle målinger er udført på store kolonner med undtagelse af C-horisonten ved Frederiks. Forskellige symboler viser målingerne på hver enkelt kolonne.

Figur 3.17. fortsat



3.4.7 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 Alluvialkeglen 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.

3.5 Mikrobiologi

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

På prøver fra de tre lokaliteter - Stubkær, Frederiks og Mjøls (tabel 3.11.) - er der gennemført målinger af mikrobiologiske parametre. 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 flourescein 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).

Dybde	Stubkær				Frede	riks	Mjøls		
		cm	Prøvenr.		Cm	Prøvenr.		cm	Prøvenr.
Dybde 1	Ар	5-25	4-1-1-240	Ар	5-25	5-1-1-265	Ар	5-25	6-1-1-270
Dybde 2	В	40-60	4-1-2-241	В	40-60	5-1-2-266	В	35	6-1-2-271
Dybde 3	С	95-115	4-1-3-242	С	110-	5-1-3-267	С	50-70	6-1-3-272
					130				
Dybde 4	С		4-1-4-243	С	100-	5-1-4-268	С	120-	6-1-4-273
					150			170	
Dybde 5	С		4-1-5-244	С		5-1-5-269	С		6-1-5-274

Tabel 3.11. Undersøgte prøver fra Stubkær, Frederiks og Mjøls

3.5.1 Mikrobiel biomasse

Den substrat inducerede respiration blev på de tre lokaliteter målt til 4,7-6,7 μ L CO₂ g⁻¹ tør jord t⁻¹ i Ap-horisonten med den højeste respiration i Stubkær (tabel 3.12.-I). Antallet af dyrkbare bakterier adskiller ikke Ajstrup fra de to andre lokaliteter.

Endvidere finder vi, at den mikrobielle aktivitet er betydeligt lavere i B- og C-horisonterne end i Ap-horisonten. Mikrobiel biomasse C (tabel 3.12.-II), dyrkbare bakterier på 1/300 TSA (tabel 3.12-III) samt dyrkbare *Pseudomonas* sp. bakterier (tabel 3.12.-IV) aftager også med dybden.

Tabel 3.12. 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 Stubkær, Frederiks og Mjøls.

1	μL CO ₂ g ⁻¹ tør jord t ⁻¹								
I	Stub	okær	Fred	eriks	Mjøls				
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std			
Dybde 1	6.7	0.6	4.7	0.3	5.8	1.1			
Dybde 2	<0.5	-	0.8	0.3	0.6	0.2			
Dybde 3	<0.5	-	<0.5	-	<0.5	-			
Dybde 4	Nd	Nd	<0.5	-	<0.5	-			

	Biomasse C, µg g⁻¹ tør jord								
11	Stub	okær	Fred	leriks	Mjøls				
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std			
Dybde 1	289	26	204	12	251	47			
Dybde 2	<30	-	47	12	38	6			
Dybde 3	<30	-	<30	-	<30	-			
Dybde 4	Nd	Nd	<30	-	<30	-			

ш	Dyrkbare bakterier på (1/300 TSA) g ⁻¹ tør jord								
	Stub	okær	Fred	eriks	М	Mjøls			
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std			
Dybde 1	2.9x10 ⁶	2.2x10 ⁶	6.1x10 ⁶	2.0x10 ⁶	2.5x10 ⁷	2.5x10 ⁶			
Dybde 2	4.4x10 ⁵	1.9x10 ⁵	1.2x10 ⁶	2.1x10 ⁵	1.3x10 ⁷	3.0x10 ⁶			
Dybde 3	nd	Nd	nd	nd	<100	-			
Dybde 4	180	440	5.6x10 ⁴	1.9x10 ⁴	<100	-			
Dybde 5	<100	-	1.1x10 ⁶	2.4x10 ⁵	2.9x10 ⁵	1,4x10 ⁴			

IV	Pseudomonas sp. Bakterier (Goulds S1) g ⁻¹ tør jord								
IV	Stub	okær	Fred	eriks	Mjøls				
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std			
Dybde 1	1.3x10 ⁵	3.8x10 ³	1.3x10 ⁵	1.5x10 ⁴	9.1x10 ⁴	1.5x10 ⁴			
Dybde 2	< 100	-	3.1x10 ⁴	3.8x10 ³	4.6x10 ⁴	8.4x10 ³			
Dybde 3	nd	Nd	<100	-	<100	-			
Dybde 4	<100	-	<100	-	<100	-			

V	Relativt diversitets indeks (J')								
v	Stub	okær	Fred	eriks	Mjøls				
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std			
Dybde 1	0.91	0.00	0.88	0.01	nd	Nd			
Dybde 2	0.84	0.00	0.85	0.03	nd	Nd			
Dybde 3	0.81	0.01	-	-	nd	Nd			
Dybde 4	Nd	nd	-	-	nd	Nd			

Tabel 3.12. fortsat

3.5.2 Sammenfatning

Den mikrobielle biomasse og aktivitet aftager væsentligt med dybden og er generelt en størrelsesorden lavere i B- og C-horisonterne end i Ap-horisonten. Tilsvarende falder antallet af dyrkbare bakterier på såvel det generelle medie som det specifikke *Pseudomonas* sp. medie (tabel 3.12. I-V). Målinger af substratudnyttelse med Biolog Ecoplates (Richness) indikerer, at bakteriepopulationer i de dybere jordlag kan udnytte lidt færre substrater end populationerne i Ap-horisonten (tabel 3.12. - V).

Sammenlignes de tre lokaliteter kan det konstateres, at Frederiks tilsyneladende adskiller sig fra de to andre idet aktiviteten i B horisonten generelt er højest i Frederiks. Data fra A horisonten viser ingen betydende forskelle mellem de tre lokaliteter. Antallet af dyrkbare bakterier og antallet af *Pseudomonas* sp. bakterier er imidlertid ikke forskellige mellem Ajstrup og de andre lokaliteter.

3.6 Pesticid specifikke parametre

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

På prøver fra de tre lokaliteter - Stubkær, Frederiks og Mjøls (tabel 3.13.) - er der gennemført undersøgelser af pesticid specifikke parametre:

- 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 ¹⁴C (tilsat som pesticid), der er genfundet som ¹⁴C-CO₂ 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.

Dybde	Stubkær			Frederiks			Mjøls		
		Cm	Prøvenr.	Cm	Prøvenr.		Cm	Prøvenr.	
Dybde 1	Ар	5-25	4-1-1-240	5-25	5-1-1-265		5-25	6-1-1-270	
Dybde 2	Bs	32-52	4-1-2-241	35-55	5-1-2-266		35-55	6-1-2-271	
Dybde 3	С	125-	4-1-3-242	110-	5-1-3-267		123-	6-1-3-272	
		145		130			143		
Dybde 4		300	4-1-4-243	160	5-1-4-268		100-	6-1-4-273	
							145		
Dybde 5		600	4-1-5-244	300	5-1-5-269		120-	6-1-6-908	
							140		
Dybde 6			-	600	5-1-6-900		300-	<mark>6-1-5-274</mark>	
							400		

Tabel 3.13. Undersøgte prøver fra Stubkær, Frederiks og Mjøls.

3.6.1 Pesticidets 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 Stubkær, Frederiks og Mjøls lokaliteterne er vist i tabel 3.14.

Tabel 3.14. Kd værdier for MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat bestemt på Stubkær, Frederiks og Mjøls lokaliteterne.

			Kd vær	di MCPA			
	Stub	kær	Fred	eriks	Mjøls		
Dybde	Gns Std		Gns	Std	Gns	Std	
Dybde 1	6,7	0,3	5,9	0,8	2,3	0,01	
Dybde 2	2,1	0,2	3,1	0,1	0,72	0,001	
Dybde 3	0,08	0,02	0,30	0,004	0,25	0,02	
Dybde 4	0,10	0,03	0,27	0,03	0,19	0,01	
Dybde 5	0,13	0,01	0,10	0,01	0,11	0,02	
Dybde 6	-	-	0,07	0,01	-	-	

Tabel 3.14. fortsat

	Kd værdi methyltriazinamin					
	Stub	kær	Fred	eriks	М	jøls
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	34	0,8	20	0,59	9,7	0,16
Dybde 2	7,0	0,5	94	4,1	3,1	0,06
Dybde 3	5,9	1,5	12	0,92	3,5	0,30
Dybde 4	54	16	123	13	19	3,6
Dybde 5	13	0,8	34	4,8	4,1	0,19
Dybde 6	-	-	39	11	-	-

	Kd værdi Metribuzin					
	Stub	kær	Fred	eriks	М	jøls
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	2,3	0,06	1,7	0,01	1,1	0,02
Dybde 2	0,17	0,02	0,31	0,01	0,16	0,002
Dybde 3	0,02	0,004	0,05	0,01	0,04	0,01
Dybde 4	0,05	0,004	0,08	0,01	0,03	0,004
Dybde 5	0,04	0,007	0,05	0,003	0,01	0,003
Dybde 6	-	-	0,05	0,02	-	-

	Kd værdi glyphosat					
	Stub	kær	Fred	eriks	М	jøls
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	1858	40	1091	60	412	10
Dybde 2	929	41	2034	153	2135	140
Dybde 3	941	41	903	57	1643	44
Dybde 4	1511	59	1069	95	1344	12
Dybde 5	1743	150	1071	24	847	70
Dybde 6	-	-	1196	121	-	-

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 generelt svagt. Stoffet bindes stærkest i overjorden med Kd værdier mellem 2,3 (Mjøls) og 6,7 (Stubkær). MCPA's sorption falder med dybden.

Methyltriazinamin bindes generelt stærkt og i underjordene i nogle jorde endda langt stærkere end MCPA med Kd værdier mellem 3 og 123. I overjorden ligger værdierne mellem 10 og 34, mens sorptionen i underjords horisonterne udviser større variation. Den laveste sorption ses i Mjøls profilet (Kd fra 3 – 19), mens den største sorption er i Frederiks (Kd fra 12 – 123).

Metribuzins bindingsmønster minder om MCPA med de højeste Kd værdier (mellem 1 og 2) for overjordene fra de tre lokaliteter. Metribuzins binding til underjorde er i alle tilfælde lav med den højeste værdi på 0,3 (Dybde 2 Frederiks) og den laveste på 0,01 (Dybde 5 Mjøls).

Glyphosat bindes stærkt til alle jorde, med den højeste Kd værdi på 2135 i dybde 2 fra Mjøls.

Generelt viser Alluvial det forventede billede med høj sorption for stofferne glyphosat og methyltriazinamin, og lav sorption for MCPA og metribuzin.

3.6.2 Pesticiders mineralisering

I tabel 3.15. er der opgivet 64 dages akkumuleret mineralisering, der er udtryk for hvor meget af det tilsatte ¹⁴C-pesticid, der er fuldstændigt omdannet til ¹⁴CO₂ på 64 dage.

På fig. 3.18., fig. 3.19., fig. 3.20. og fig. 3.21. 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 stoffernes eller deres metabolitters mineralisering.



MCPA fuld profil Stubkær

Figur 3.18. Akkumuleret MCPA mineralisering i fem dybder fra lokalitetsnr. 110 (Stubkær). Bemærk specielt i denne profil ser vi en lavere endelig mineralisering af MCPA i overjorden end i jord fra dybde 2 og 3 til trods for at vi ser en hurtigere start mineralisering.



Figur 3.19. Akkumuleret metribuzin mineralisering i fem dybder fra lokalitetsnr. 110 (Stubkær). Bemærk at mineraliseringen er meget lav i alle prøver.



Glyphosat fuld profil Stubkær

Figur 3.20. Akkumuleret glyphosat mineralisering i fem dybder fra lokalitetsnr. 110 (Stubkær). Bemærk at mineraliseringen er lav i alle jorde.



Metyltriazinamin fuld profil Stubkær

Figur 3.21. Akkumuleret methyltriazinamin mineralisering i fem dybder fra lokalitetsnr. 110 (Stubkær). Bemærk at mineraliseringen er lav i alle jorde.

	M64d værdi MCPA				
	Stubkær	Frederiks	Mjøls		
Dybde	Gns	Gns	Gns		
Dybde 1	26	39	30		
Dybde 2	44	62	44		
Dybde 3	57	5,4	Nd		
Dybde 4	0,13	3,5	3,3		
Dybde 5	0,12	0,17	Nd		
Dybde 6	-	0,52	2,4		

Tabel 3.15. Værdier for 64 dages akkumuleret mineralisering for MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat bestemt på Stubkær, Frederiks og Mjøls lokaliteterne.

	M64d værdi Methyltriazinamin				
	Stubkær	Frederiks	Mjøls		
Dybde	Gns	Gns	Gns		
Dybde 1	0,13	0,30	0,21		
Dybde 2	0,08	0,09	0,10		
Dybde 3	0,04	0,02	nd		
Dybde 4	0,04	0,02	0,01		
Dybde 5	0,03	0,01	nd		
Dybde 6	-	0,03	0,02		

	M64d værdi Metribuzin				
	Stubkær	Frederiks	Mjøls		
Dybde	Gns	Gns	Gns		
Dybde 1	0,25	0,40	0,04		
Dybde 2	0,07	0,15	0,01		
Dybde 3	0,07	0,07	Nd		
Dybde 4	0,27	0,03	0,01		
Dybde 5	0,02	0,03	nd		
Dybde 6	-	0,06	0,05		

	M64d værdi glyphosat			
	Stubkær	Frederiks	Mjøls	
Dybde	Gns	Gns	Gns	
Dybde 1	1,0	1,5	0,42	
Dybde 2	0,18	0,31	0,02	
Dybde 3	0,53	0,28	nd	
Dybde 4	0,19	0,07	0,44	
Dybde 5	0,12	0,23	Nd	
Dybde 6	-	1,5	2,4	

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 og dybde 3 fra Stubkær, når et højt niveau indenfor den undersøgte periode, men en nærmere analyse af mineraliseringsforløbet viser, at mineraliseringkurvens 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 ære 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 - 2,4%. Der ses ingen forskel på over- og underjorde, ej heller er der nogen systematisk stigning eller fald gennem profilet.

3.6.3 DT50 bestemmelse

DT50 bestemmelsen udføres ved en direkte kemisk analyse af jordekstrakter på LC-MS/MS. DT50-værdien tolkes som halveringstiden for pesticidets forsvinding. DT50-værdierne for MCPA, triazin amin og metribuzin bestemt på Stubkær, Fredriks og Mjøls lokaliteterne er vist i tabel 3.16. Glyphosat er kun bestemt ved mineralisering.

	DT50 værdi for MCPA			
	Stubkær	Fredriks	Mjøls	
Dybde 1	26	4	7	
Dybde 2	13	2	13	
Dybde 3	12	-	-	
Dybde 4	>	-	-	
Dybde 5	>	-	-	

Tabel 3.16. DT50 værdier for MCPA, methyltriazinamin og metribuzin bestemt på Stubkær, Fredriks og Mjøls lokaliteterne.

	DT50 værdi for Methyltriazinamin			
	Stubkær	Fredriks	Mjøls	
Dybde 1	87	>	104	
Dybde 2	61	>	159	
Dybde 3	43	-	-	
Dybde 4	132	-	-	
Dybde 5	153	-	-	

	DT50 værdi for Metribuzin			
	Stubkær	Fredriks	Mjøls	
Dybde 1	42	43	81	
Dybde 2	>	124	255	
Dybde 3	>	-	-	
Dybde 4	>	-	-	
Dybde 5	>	-	-	

Der er i enkelte tilfælde ekstrapoleret ud over det tidsinterval, som forsøget dækker (DT50 følges med regelmæssige prøveudtagninger i op til 140 dage, se KUPA rapport nr. 2, Metoderapport 2002 for yderligere detaljer). DT50 værdierne bestemmes i praksis ud fra hældningskoefficienten k (se fig 3.18). For meget langsomme forsvindinger af pesticiderne er det behæftet med stor usikkerhed at ekstrapolere en relativ stor DT50 værdi. I sådanne ekstreme tilfælde (d.v.s. hvor der observeres ingen eller en næppe detekterbar forsvinding) er DT₅₀-værdien angivet som ">". For øvrige målinger kan usikkerheden på DT50 målingerne bedst beskrives ved standardafvigelsen på den målte k-værdi. Den gennemsnitlige standardafvigelse for k-værdier på alluivial (alle stoffer, alle dybder) var 9%. Værdien er beregnet på baggrund af data, hvor DT50 ligger indenfor forsøgesperioden "

Der ses en tendens til hurtigst forsvinding af MCPA. Metribuzin er generelt stabilt i de dybere jordlag undersøgt på Stubkær. Et eksempel på sammenhængen mellem inkuberingstiden og forsvindingen af stoffet MCPA kan ses i fig. 3.1.



Inkuberingstid (t, dage)

Figur 3.22. Sammenhæng mellem inkuberingstid (t, dage) og forsvinding af MCPA i Stubkær dybde 1 (målt som relativ genfindelse, logaritmeret). Den lineære regressionslingning og linier for 95% konfidensintervallet er angivet. Ud fra hældningen på regressionslinien (k=-0,0266) kan DT_{50} beregnes ved DT_{50} = ln(2)/k som i dette eksempel bliver 26 dage.

4. Resultater af markvariationsundersøgelser

I dette kapitel præsenteres resultater af variabilitetsundersøgelser på de marker, hvor de detaljerede profilundersøgelser er gennemført, jf. kapitel 3. Variabilitetsundersøgelserne skal således bruges til vurdering af markernes variabilitet for de målte parametre, herunder om resultaterne af profilundersøgelserne er repræsentative for markerne.

Der omtales spatiale geofysiske undersøgelser i form af EM38- og georadarmålinger, teksturanalyser, jordhydrauliske parametre, forskellige mikrobiologiske parametre, samt mineralisering og sorption for specifikke pesticider.

4.1 Geofysik

I det følgende vises resultaterne fra de geofysiske undersøgelser, der er udført på undersøgelseslokaliteterne. På alluvialkeglen er der udført EM38- og georadarmålinger. Metoderne vil ikke blive beskrevet i denne rapport, i stedet henvises til KUPA rapport nr. 2, Metoderapport (2002).

4.1.1 EM38

Mogens H. Greve (DJF) og Søren Torp (DJF)

EM38 kortlægning udføres ved at sensoren, monteret på en kunststofslæde, trækkes over marken vha. en firehjulet motorcykel. Målinger fra sensoren og et GPS-system flettes og lagres i en computer, som er monteret på motorcyklen. Målefrekvensen kan defineres efter behov og udløses efter et fast tidsinterval (op til 10 målinger pr sek.) eller efter afstanden mellem de enkelte målepunkter (mindst 1 m). På markerne køres i parallelle linier med maksimalt 20 meters afstand. I videst mulig omfang benyttes eksisterende kørespor. Afhængig af afstanden mellem sporene og målefrekvensen registreres der 60–200 målinger per ha.

4.1.1.1 Stubkær

Resultater fra EM38-undersøgelsen af Stubkær lokaliteten er vist på fig. 4.1. De største områder viser måleværdier på 0–2 mSm/m (lys) og 2–10 mSm/m (lyserød).

4.1.1.2 Sammenfatning af EM38-målingerne på alluvialkeglen

EM38-målingerne på alluvialkeglen er meget lave med et gennemsnit i de 3 områder mellem 2,1 til 6,4, hvilket afspejler det meget lave lerindhold i det geologiske udgangsmateriale. Variansen i målingerne er meget lave og modelleringen af de eksperimentelle variogrammer bliver derved noget usikker. Range på alluvialkeglen ligger for Stubkær og Mjøls på omkring 200 meter og ved Frederiks på ca. 40 meter (tabel 4.1.).

Det er karakteristisk, at man på hedesletten enten finder aflejringer med en meget lang range (>200 meter) og/eller en meget kort range, ofte under 20 meter. Målingerne falder således ind i dette mønster.



Figur 4.1. Fladeopmåling med EM38 omkring lokaliteten ved Stubkær. De forskellige farver angiver variation i den elektriske ledningsevne målt i mSm/m.

Lokalitet	Mean	Range	Sill	Nugget	Model
Stubkær	2,1	197	0,2	0,24	Sfærisk
Frederiks	4,5	37	0,44	0,26	Sfærisk
Mjøls	6,5	195	1,1	0,54	Sfærisk

4.1.2 Georadar

Ingelise Møller (GEUS)

Stubkær variabilitetsmark og Mjøls undersøgelsesmark er kortlagt med georadar. Georadarundersøgelsen på Mjøls undersøgelsesmark er udført i forbindelse med udpegningen af placeringen af fuldtprogramprofilet. Georadarundersøgelsen på Stubkær variabilitetsmark blev udført knap et år efter feltundersøgelserne. Frederiks undersøgelsesmark er ikke kortlagt med georadar. 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 (2002). Processeringen af georadarprofilerne omfatter et dewow-filter, lowpass-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 boringer.

4.1.2.1 Stubkær

Variabilitetsmarken er undersøgt med georadar i et groft net af linier, i alt 7 linier målt med et georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz, deraf er de 4 linier også delvist målt med et georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 200 MHz (fig. 4.2). Desuden er der med genradarsystemet med 200 MHz antenner som på profillinielokaliteterne målt 4 linier placeret i et kryds, der er orienteret således, at profilerne ligger parallelt og vinkelret på den formodede overordnede palæostrømretning.



Figur 4.2. Stubkær variabilitetsmark. Udgravning, boring, variationshuller og georadarlinier er markeret.

I fig. 4.3. vises udsnit af NØ-SV-orienterede georadarprofiler L02 (100 MHz) og L02 (200 MHz) sammen med en stregtegning af profilet konstrueret ved brug af begge georadarprofiler. Profilet domineres af horisontale til subhorisontale refleksioner med en lille til moderat kontinuitet (~ 5–30 m). Der er sekvenser med svagt hældende refleksioner og sekvenser, hvor refleksionerne har et hummocky udseende. Georadarprofilet gennemskæres af en kraftig kontinuert refleksion i ca. 100 ns (~ 3 m u. t.).

Fig. 4.4. viser udsnit af georadarprofilerne L05 (100 MHz) og L03 (200 MHz), som er målt vinkelret på profilerne L02 (100 MHz) og L02 (200 MHz). Refleksionsmønstrene i profilet afviger ikke meget fra profilet i fig. 4.3.; det domineres ligeledes af horisontale til subhorisontale refleksioner, dog med en lidt større kontinuitet.

I de øvrige georadarlinier ses tilsvarende refleksionsmønstre. Der er en tendens til, at de NV-SØ orienterede profiler har refleksioner med en lidt større kontinuitet og at de horisontale til subhorisontale refleksioner er altdominerende. Der er generelt en penetrationsdybde på 300-350 ns (~ 9–10,5 m u. t.) og 200-250 ns (~ 6–7,5 m u. t.) for georadarsystemer med henholdsvis 100 MHz og 200 MHz antenner. Der er dog områder i den sydlige del af marken, hvor penetrationsdybden falder til henholdsvis 200–250 ns (100 MHz) og 150 ns (200 MHz).



Figur 4.3. Nordøst-sydvest-orienteret georadarprofil. a) Udsnit af linie L02, målt med georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz. b) Udsnit af linie L02, målt med georadarsystem med 200 MHz antenner. c) Stregtegning af profilet, sammenstillet fra begge georadarprofiler. Skæringspunktet med linierne L05 (100 MHz) og L03 (200MHz) i fig. 4.4. er længst mod nordøst (til venstre i profilet). Georadarprofilerne er tid-dybde konverteret med en bølgeudbredelseshastighed på 0,06 m/ns.

Stubkær



Figur 4.4. Nordvest-sydøst-orienteret georadarprofil. a) Udsnit af linie L05, målt med georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz. b) Linie L03 målt med georadarsystem med 200 MHz antenner. c) Stregtegning af profilet, sammenstillet fra begge georadarprofiler. Skæringspunktet med linierne L02 (100 MHz) og L02 (200MHz) i fig. 4.3. er længst mod sydøst (til højre i profilerne). Georadarprofilerne er tid-dybde konverteret med en bølgeudbredelseshastighed på 0,06 m/ns.

4.1.2.2 Mjøls

Placeringen af georadarundersøgelserne er vist i fig. 4.5. Der er først kørt nogle få rekognoscerende linier med et georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz. Linierne er orienteret parallelt og vinkelret på den formodede overordnede palæostrømretning. På baggrund af disse rekognoscerende linier er der placeret to net af linier målt med et georadarsystem med 200 MHz antenner.

Fig. 4.6. viser georadarprofil L05A fra det nordlige net af georadarlinier. Omkring position 25 m blev udgravningen placeret. Det viste sig, at de skråtstillede refleksioner, som ses i georadarprofilet, kan relateres til strukturer, der er dannet ved tilbagefyldning ved tidligere grusgravning. Ud-

gravningen blev derfor flyttet ned i det sydlige net af georadarlinier. Fig. 4.7. viser georadarprofilerne L04B og L07B langs hvilke udgravningen er placeret.

Profilerne domineres af horisontale til subhorisontale refleksioner, desuden er der hældende refleksioner, hvoraf nogle har kanalform. Penetrationsdybden er generelt 100–125 ns (~ 4,5-5,6 m u. t.) for profiler målt med et georadarsystem med 200 MHz antenner.

En sammenligning af georadarprofiler og de geologiske profiler opmålt i udgravningen (fig. 3.8. og 3.10.) viser, at de hældende refleksioner i georadarprofilet kan korreleres med laggrænser mellem sand og grussekvenser.







Figur 4.6. Georadarprofil L05A, målt med georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 200 MHz. Georadarprofilet, ved hvilken den forkastede udgravning var placeret, viser strukturer, som kan relateres til tilbagefyld ved tidligere grusgravning. Georadarprofilet er tid-dybde konverteret med en bølgeudbredelseshastighed på 0,09 m/ns.

Mjøls



Figur 4.7. Georadarprofiler a) L04B og b) L07B, målt med georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 200 MHz. De lodrette stiplede linier angiver skæringspunktet mellem de to linier. De gule bokse markerer placeringen af de pedologiske/geologiske profiler, som er opmålt i udgravningen (fig. 3.8. og 3.10.). Georadarprofilerne er tid-dybde konverteret med en bølgeud-bredelseshastighed på 0,09 m/ns.

4.1.2.3 Geologisk tolkning samt sammenligning af georadarundersøgelserne på alluvialkeglen

Refleksionsmønstrene i georadarprofilerne i undersøgelserne både på Stubkær og Mjøls undersøgelsesmarker domineres af horisontale til subhorisontale refleksioner af lille til moderat kontinuitet. Desuden er der sekvenser med svagt hældende refleksioner. Derudover ses der i georadarprofilerne på Mjøls undersøgelsesmark refleksioner med udpræget kanalform.

Penetrationsdybden på Stubkær undersøgelsesmark er større end penetrationsdybden på Mjøls undersøgelsesmark, selvom vurderinger af bølgeudbredelseshastigheden viser, at denne er større (~ 0,09 ns) på Mjøls undersøgelsesmark end på Stubkær undersøgelsesmark (~ 0,06 ns). Det er ikke muligt, ud fra de givne geologiske data på de to lokaliteter, at forklare denne forskel.

Refleksionsmønstret med horisontale til subhorisontale refleksioner indikerer, at sedimenterne overvejende er aflejret i horisontale lag.

Sammenholdt med de geologiske data, der vidner om, at sedimenterne er aflejret i energirige flettede smeltevandsfloder (jf. afsnit 3.2.4), afspejler georadarprofilerne, at det må være den

overordnede lagdeling af vekslende sand og gruslag, der giver anledning til de horisontale og subhorisontale refleksioner i georadarprofilerne. De hældende refleksioner kan tolkes som delvist bevarede storskala skrålejringer, eller bevarede erosionsflader f.eks. i forbindelse med kanalløb.

4.2 Prøveudtagningssteder

Der blev udtaget jordprøver i to udtagningsdybder i 48 prøvepunkter fordelt over marken som vist på fig. 4.8.



Figur 4.8. Prøveudtagningssteder på variationsmarken ved Stubkær.

4.3 Teksturanalyser

I dette kapitel fremlægges resultater fra analyserne i markvariationspunkterne for ler, kulstof og sand (fig. 4.9. - 4.14.). Foruden oversigtsfigurerne (boblediagrammer) findes analyseresultaterne i tabelform i appendiks 2. I appendiks 2 kan man bl.a. se de enkelte kornstørrelsesfraktioner 63 ym – 2 mm der er summeret i de følgende figurer.

Lerprocentfordelingen i dybde 1 er meget homogen og ligger mellem 4,1 og 6,2 (fig. 4.9.). I dybde 2 ses et fald i lerprocenten til mellem 2 og 3% (fig. 4.10.). Dette gælder over hele marken undtagen i en 4-5 punkter, som det ses på cirkeldiagrammet.

Kulstofvariationen i dybde 1 ligger mellem 1,31 og 3,68% (fig. 4.11.). De højeste kulstofværdier findes grupperet i tre områder. I dybde 2 findes kulstof i intervallet 0,07 – 0,94% (fig. 4.12.). Som

forventet er der et lavere indhold af kulstof her. De få punkter der har et forhøjet kulstofindhold ligger stadig lavere end de laveste i det oven over liggende pløjelags mindste værdier.

Sandfraktionen udgør en høj andel af den samlede kornstørrelsesfordeling af ler, silt og sand. For dybde 1 udgør sand 83,9 – 90,7% (appendiks 2). Af cirkeldiagrammet ses den meget homogene og velsorterede fordeling (fig. 4.13.). I dybde 2 udgør sandet 70,3 – 94,5%, dvs. en lidt højere spredning end i pløjelaget (fig. 4.14.).

Her skal igen henvises til appendiks 2 for den samlede tabel over kornstørrelsesfordelingen for sand.



Figur 4.9. Lerprocent I pløjelagsdybde (1). Største og mindste cirkel repræsenterer henholdsvis 4,1 og 6,2% ler.



Figur 4.10. Lerprocent I dybde 2. Største og mindste cirkel repræsenterer henholdsvis 2,0 og 5,1% ler.



Figur 4.11. Kulstofprocent l pløjelagsdybde (1). Største og mindste cirkel repræsenterer henholdsvis 1,51 og 3,68% kulstof.



Figur 4.12. Kulstofprocent I dybde 2. Største og mindste cirkel repræsenterer henholdsvis 0,07 og 0,94% kulstof.



Figur 4.13. Sandprocent I pløjelagsdybde (1). Største og mindste cirkel repræsenterer henholdsvis 83,9 og 90,7 sand.









Overfladens lerindhold i %

4.4 Hydraulik

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

I Ap- og B-horisonten blev *in situ* luftpermeabiliteten målt i det udlagte grid. Luftpermeabilitetsværdierne blev derefter omsat til værdier for den mættede hydrauliske ledningsevne ud fra en kendt relation (Loll et al., 1999). Punktmålinger for den mættede hydrauliske ledningsevne (logtransformerede) er vist på fig. 4.16. og 4.17. for Ap- og B-horisonten. Umiddelbart er der vanskeligt at se noget system i den rumlige variabilitet i området. Som tilfældet var for målingerne i det fulde profil er målingerne i B-horisonten generelt højere end målingerne i Ap-horisonten. Som det fremgår af fig. 4.17. mangler en del af målingerne i B-horisonten. Målingerne i disse punkter blev umuliggjort pga. et højt indhold af sten.

Nøjagtigheden i forbindelse med estimeringen af den mættede hydrauliske ledningsevne ud fra målinger af in situ luftpermeabilitet er forbundet med flere faktorer såsom grænsebetingelser, jordens vandindhold samt den fundne relationen mellem luftpermeabiliteten og den mættede hydrauliske ledningsevne. På trods af ovennævnte faktorer må metoden sammenlignet med de traditionelle tidskrævende målinger af den mættede hydrauliske ledningsevne anses som værende anvendelig, da den er hurtig og derved giver mulighed for at danne sig et indblik i den rumlige variation af den mættede hydrauliske ledningsevne i et område.



Figur 4.16. Mættet hydraulisk ledningsevne (cm/d) i Ap-horisonten for markvariationsundersøgelserne ved Stubkær (logtransformerede værdier).



Figur 4.17. Mættet hydraulisk ledningsevne (cm/d) i B-horisonten for markvariationsundersøgelserne ved Stubkær (logtransformerede værdier).

4.5 Mikrobiologi

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

4.5.1 Analyser

I markvariationsundersøgelsen er der målt følgende mikrobiologiske parametre: Basal *in situ* respiration samt substrat induceret respiration (SIR). Der er talt bakterier på 1/300 TSA og Goulds S1. Generel mikrobiel aktivitet er bestemt i form af hydrolyse af flourescein diacetat (FDA) samt specifik mikrobiel aktivitet i form af arylsulfatase aktivitet (ASA).

4.5.2 Variation

En reel rumlig variation forudsætter at variationen i marken er større end variationen på den pågældende analyse.

De enkelte analyser er, bortset fra basal *in situ* respiration, foretaget med 3-4 gentagelser og variations koefficienterne ($CV = (SD/Gns)^*100$) for analyserne er vist i tabel 4.2.

Analyse	Antal gantagolsor	Variations koefficient (CV)		
	Antal gentageisei	Range	Gens.	
Basal in situ respiration*	1*	-	37	
Substrat induceret respiration	3	2 - 107	18	
Arylsulfatase aktivitet	4	1 - 74	14	
Flourescein diacetat hydrolyse	3	0-15	5	
Generelt dyrkbare bakterier	3	5 - 111	28	
Pseudomonas på Goulds1	3	10-173	51	

Tabel 4.2. Variation på analyser (vedr. enheder se appendiks 3).

* Variationen på denne analyse er beregnet på baggrund af 25 målinger indenfor et 2x2 m kvadrat.

Målingerne er foretaget i 48 punkter, dvs. med 48 gentagelser, og simple statistiske parametre for de enkelte analyser er vist i tabel 4.3.

Sammenlignes analysevariationen med variationen i marken, vil man se at sidstnævnte for alle analysers vedkommende er størst, hvilket antyder at der er tale om en reel rumlig variation i marken. Endvidere bemærkes, at variationen i dybde 2 er væsentlig større end i dybde 1. Dette hænger sammen med, at der i dybden generelt er målt meget lav aktivitet, i mange tilfælde var aktiviteten 0, hvorved få prøver med lidt højere aktivitet bidrager til en stor variation.

Analyse	Dybde 1				
	Min	Max	Gns	Std	CV
Basal in situ respiration	0.07	1.29	0.35	0.30	87
Substrat induceret respiration	2.0	7.8	3.7	1.2	33
Arylsulfatase aktivitet	9.2	31.8	20.7	5.9	27
Flourescein diacetat hydrolyse	5.3	54.6	26.5	11.5	44
Kolonier på 1/300 TSA	1,7x10 ⁵	8,7x10 ⁶	2,0x10 ⁶	2,2x10 ⁶	110
Kolonier på Goulds S1	1,2x10 ²	1,6x10 ⁵	3,0x10 ⁴	4,2x10 ⁴	140
	Dybde 2				
Substrat induceret respiration	0.2	1.2	0.4	0.2	45
Arylsulfatase aktivitet	0	1.8	0.3	0.4	150
Flourescein diacetat hydrolyse	0	8.5	1.4	2.0	138
Kolonier på 1/300 TSA	2,2x10 ⁶	3,6x10 ²	4,9x10 ⁵	7,2x10 ⁵	147
Kolonier på Goulds S1	9,1x10 ²	<100	7,1x10 ¹	1,9x10 ²	270

Tabel 4.3. Variation i marken (vedr. enheder se appendiks 3).

4.5.3 Markvariation

Der er altså tale om en betydelig markvariation med variationskoefficienter på mere end 100% for begge dybder (tabel 4.3.). For at få et indtryk af hvorledes variationen fordeler sig over marken, er der i fig. 4.18. til 4.20. vist den relative fordeling af de målte mikrobiologiske parametre hen over marken efterfulgt af absolutte værdier i de 48 målepunkter (appendiks 3).

Tilsvarende er variationen i mineraliseringen af acetat fundet meget begrænset, og der medtages ikke data for acetatmineralisering i tabelformat. Mineralisering af acetat viser, at der findes mikroorganismer, der er levedygtige i alle punkter i begge jorddybder (fig. 4.20).



Figur 4.18. Relative værdier af arylsulfatase aktivitet (ASA) og hydrolyse af fluorescein diacetat (FDA) fra dybde 1 Stubkær.



Figur 4.19. Relative værdier af substrat induceret respiration (SIR) og basal in situ respiration (IRGA) fra dybde 1 Stubkær. Data for IRGA dækker kun den nord-østlige del af marken.



Figur 4.20. Relative værdier af arylsulfatase aktivitet (ASA), hydrolyse af fluorescein diacetat (FDA) og substrat induceret respiration (SIR) i dybde 2 Stubkær. Diagrammerne er vejledende, da hovedparten af de målte værdier ligger på niveau med metodernes detektionsgrænser.



Figur 4.21. Relative værdier af dyrkbare bakterier på et generelt medie (1/300 TSA agar) i dybde 1 (til venstre) og i dybde 2 (til højre) i Stubkær.



Figur 4.22. Relative værdier af *Pseudomonas* sp bakterier på Goulds S1 agar i dybde 1 (til venstre) og dybde 2 (til højre). I dybde 2 er der kun meget få værdier medtaget da antallet af kolonier på Goulds S1 agar ofte var under detektionsgrænsen.

4.5.4 Resultater af enkeltanalyser

Resultater af enkeltanalyser fra de 48 punkter i Stubkær er vist i appendiks 3.

4.5.5 Sammenfatning

Sammenfattende kan det konkluderes, at der er en betydelig rumlig variation i de mikrobiologiske parametre hen over marken i Stubkær, med variationskoefficienter op til 87% for dybde 1 og over 100% for dybde 2. Dybde 2 er ligesom det blev fundet i det "fulde profil" kendetegnet af væsentlig lavere mikrobiel aktivitet end dybde 1, og enkelte målepunkter med højre aktivitet - "hot spots" - bidrager til en stor variation. Generelt synes den nord-øst gående transekt i Stubkær ikke at være karakteriseret af tydelige områder med høje eller lave værdier for de mikrobielle parametre.

4.6 Pesticid specifikke parametre

Carsten Suhr Jacobsen (GEUS), Jim Rasmussen (GEUS) og Ulla Catrine Brinch (GEUS)

4.6.1 Mineralisering

For Stubkær marken dybde 1 og 2 er der i 9 punkter undersøgt mineralisering af stofferne MCPA, methyltriazinamin, glyphosat, og metribuzin. Desuden er der i 48 punkter fra overjorden undersøgt mineralisering af MCPA og methyltriazinamin. De enkelte mineraliseringsforløb er fulgt i 64 dage (appendiks 4), og den akkumulerede mineralisering er angivet som funktion af tiden. Nedenstående boblediagrammer (fig. 4.23. til 4.30.) viser den akkumulerede mineralisering ved dag 64 for de undersøgte stoffer.

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 stoffernes eller deres metabolitters mineralisering.



Figur 4.23.a. Mineralisering af MCPA i overjord fra Stubkær, kørsel med 48 prøver.



Figur 4.23.b. Mineralisering af MCPA i overjord fra Stubkær, de 9 udvalgte prøver fra kørsel med 48 prøver.



Figur 4.23.c. Mineralisering af MCPA i overjord fra Stubkær, separat kørsel med 9 prøver.



Figur 4.24. Mineralisering af MCPA i underjord (dybde 2) fra Stubkær.

Det ses af den akkumulerede mineralisering af MCPA i jorden dybde 1, at der i alle punkter er sket en betydelig mineralisering (fig. 4.23.a+b+c). hvilket også ses for dybde 2. Der er ikke forskel på variationsbredden mellem over- og underjord. Reduktionen af prøveserien fra 48 til 9 punkter betyder for MCPA, at den relative variation vokser for mineraliseringen, men variationsbredden fra kørslen med 48 prøver bevares ved 9 prøver. Dette betyder, at reduktionen i prøveserien ikke medfører en dårligere beskrivelse af variationen på marken.

I overjorden ligner næsten alle mineraliseringsforløb hinanden, hvor der efter få dage er en stærkt stigende mineraliseringsrate. I modsætning til dette, er der stor forskel på hvornår mineraliseringen sker i underjordene, generelt ses den stigende mineraliseringsrate senere end i overjorden.



Figur 4.25.a. Mineralisering af methyltriazinamin i overjord fra Stubkær, kørsel med 48 prøver.



Figur 4.25.b. Mineralisering af methyltriazinamin i overjord fra Stubkær, de 9 udvalgte prøver fra kørsel med 48 prøver.



Figur 4.25.c. Mineralisering af methyltriazinamin i overjord fra Stubkær, separat kørsel med 9 prøver.



Figur 4.26. Mineralisering af methyltriazinamin i underjord (dybde 2) fra Stubkær.

Methyltriazinamin mineraliseres kun i ringe grad. Der er større variation i mineraliseringen af methyltriazinamin i underjorden (fig. 4.26.) sammenlignet med overjordsprøverne (fig. 4.25.a+b+c). Reduktionen af prøveserien fra 48 til 9 prøver betyder også for methyltriazinamin, at variationsbredden bevares, hvilket betyder at beskrivelsen af variationen ikke forringes væsentligt.



Figur 4.27. Mineralisering af glyphosat i overjord fra Stubkær



Figur 4.28. Mineralisering af glyphosat i underjord (dybde 2) fra Stubkær

Mineraliseringen af glyphosat er varierer meget både i over- og underjord (fig. 4.27. og 4.28.). Den samlede mineralisering er højest i overjord, hvor den højeste værdi er 1,2% og den laveste 0,4%. I underjorden er den højeste værdi er 0,44% og laveste er 0,16%.



Figur 4.29. Mineralisering af metribuzin i overjord fra Stubkær.



Figur 4.30. Mineralisering af metribuzin i underjord (dybde 2) fra Stubkær.

Mineraliseringen af metribuzin er meget lav i både over- og underjord (fig. 4.29. og 4.30.). I løbet af 9 uger omsættes i overjorden kun op til 0,26% fuldkommet. Metribuzin mineraliseringen varierer mindre i overjorden end i underjorden.

Der er forskel på hvordan de enkelte stoffer mineraliseres. Dette følger i det store og hele det billede vi fik under fuld profil prøverne (kapitel 3). I overjorden ses generelt en mindre variation end i underjorden. For stofferne metribuzin, methyltriazinamin og glyphosat er der høj variation i både over- og underjorde, mens der for stoffet MCPA er en lavere variation i over- og underjord-sprøver.

For methyltriazinamin, glyphosat og metribuzin er den samlede mineralisering i flere tilfælde under 1,6%. Som bemærket ovenfor, skal man være meget varsom med at tolke på en variation på værdier under 1,6%.

4.6.2 Sorption af pesticider

Sorptionen af pesticiderne methyltriazinamin og MCPA er bestemt i 48 punkter i over- og underjord, mens glyphosat og metribuzin er bestemt i 9 punkter for over- og underjord. Nedenstående boblediagrammer (fig. 4.31. til 4.38.) viser sorptionen for de undersøgte stoffer. 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, fordi de alligevel giver en nyttig information om variationen i stoffernes eller deres metabolitters bindingsforhold.



Figur 4.31. Sorption af MCPA til overjord fra Stubkær.



Figur 4.32. Sorption af MCPA til underjord (dybde 2) fra Stubkær.

MCPA sorption til overjorden varierer meget (fig. 4.31.) og variationen i underjorden er endnu større. Sorptionen er størst i overjorden, hvor Kd værdierne spænder fra 3 til godt 18. I underjorden spænder Kd fra et meget lavt niveau på 0,2 til 6,8, som er at sammenligne med sorptionen i overjord.



Figur 4.33. Sorption af methyltriazinamin



Figur 4.34. Sorption af methyltriazinamin til underjord (dybde 2) fra Stubkær.

Methyltriazinamin har generelt en højere sorption end MCPA. Der ses det samme billede som for MCPA med den største variationsbredde i underjorden. Variationen er dog høj både i over- og underjord (fig. 4.33. og 4.34.).



Figur 4.35. Sorption af glyphosat til overjord fra Stubkær.



Figur 4.36. Sorption af glyphosat til underjord (dybde 2) fra Stubkær.

Sorptionen af glyphosat er betydeligt højere end det ses for de øvrige stoffer, samtidig er variationen specielt i underjorden mindre (fig. 4.36.).



Figur 4.37. Sorption af metribuzin i overjord fra Stubkær.



Figur 4.38. Sorption af metribuzin i underjord (dybde 2) fra Stubkær.

Metribuzin sorberes kun i ringe grad (fig. 4.37. og 4.38.), sorptionen er højest i overjorden uden der dog er tale om en stor sorption. I underjorden er der en relativt stor variationsbredde på sorptionen med Kd værdier fra 0,02 til 0,32, hvilket dog er at betragte som meget lav binding.

Sorptionen af de fire stoffer varierer alle meget på markskala. Den største variation ses i underjorden, hvor der er særlig stor variation for de tre stoffer MCPA, metribuzin og triazinamin. Glyphosats sorption varierer også meget, men sorptionen er i alle tilfælde væsentligt højere end det ses for de øvrige stoffer.

4.6.3 Sammenfatning

Mineraliseringens størrelse og forløb ligner for alle fire stoffer det, der er beskrevet i fuld profil undersøgelsen. MCPA mineraliseres i stor udstrækning, mens glyphosat, methyltriazinamin og metribuzin ikke mineraliseres i særlig grad. Stoffernes sorption fordeler sig også som det blev set for fuld profil undersøgelsen, hvor glyphosat og methyltriazinamin har høj sorption, mens MCPA og metribuzin har en lav sorption, der i underjord er meget lav.

Generelt ses den største variation på markskala i underjorden for både mineralisering og sorptionsundersøgelser. Det gælder at variationen er mindst for de stoffer, hvor der sker noget, enten ved mineralisering af MCPA eller ved sorption af glyphosat. Variationen i både sorption og mineralisering er betydelig for methyltriazinamin og metribuzin.

5. Resultater af profillinieundersøgelser

I nærværende kapitel præsenteres resultaterne af de undersøgelser, som knytter sig til profillinien. Profillinien består af fire boringer, der sammen med fuldt undersøgelsesprogram profilet på Stubkær lokaliteten danner en ca. 9 km lang, ØSØ-VNV gående linie gennem alluvialkeglen. I hver af de fire boringer, der indgår i profillinien, er tekstur, hydrauliske, mikrobielle og stofspecifikke parametre blevet bestemt i op til 5 dybder og der er udført geokemiske og geologiske profilbeskrivelser. Undersøgelserne og profilbeskrivelserne, der knytter sig til boringerne i profillinierne, benævnes *reduceret undersøgelsesprogram* og er mindre detaljerede end i fuldt undersøgelsesprogram profilerne, idet ikke så mange parametre bestemmes (se KUPA rapport nr. 2 (2002)). Langs dele af profillinien er der endvidere lavet geofysiske undersøgelser i form af EM38- og georadarundersøgelser.

5.1 Geofysik

I dette afsnit beskrives resultaterne af EM38- og georadarundersøgelserne. EM38 er en geofysisk metode som viser den gennemsnitlige elektriske ledningsevne i jorden, ned til ca. 1,5 meter. Målingerne er under danske forhold stærkt korreleret til jordens lerindhold. Georadarmetoden viser først og fremmest sedimenternes lagdeling og er derfor god til tolkning af det geologisk miljø hvorunder sedimenterne er aflejret. For mere detaljeret beskrivelse af metoderne henvises til KUPA rapport nr. 2, Metoderapport (2002). Ved at anvende EM38 og georadar langs transekter får man information om den overordnede variation af jordtyperne på landskabsskala på alluvial-keglen.

5.1.1 EM38

Søren Torp (DJF) og Mogens Greve (DJF)

På alle 4 transektlokaliteter er der udført EM38-målinger i to på hinanden vinkelrette transekter (fig. 5.1.). Transekterne er mellem 220 og 600 meter lange for alluvialkegleafsnittet. Enkelte steder har det på grund af hegn eller andre arronderingsmæssige forhold været umuligt at lægge transekterne vinkelrette på hinanden. Transekten ved Ruskær er 220 x 420 meter lang. Transekten ved Søbjerg er 310 x 530 meter lang. Transekten ved Nørlund er 520 x 570 meter lang. Transekten ved Nedre Julianehede er 550 x 600 meter lang.

Kortlægningen er udført ved, at sensoren i en dertil indrettet holder, er ført håndholdt i en bestemt højde over marken til fods. I en rygsæk findes datalogger, GPS og antenne. Afhængig af bevægelseshastigheden og med en målefrekvens på 1 per sekund, registreres der ca. en måling per 1 til 1,5 meter.



Figur 5.1. Oversigt over placeringen af de 8 transekter på alluvialkeglen mellem Nedre Julianehede og Ruskær.

I tabel 5.1 findes resultaterne fra de statiske beregninger fra de geofysiske målinger på alluvialkeglen.

Lokalitet	Range	Sill	Nugget	Model
Ruskær	9,5	5,7	0,3	sfærisk
Søbjerg	6,8	1,4	0,4	sfærisk
Nørlund	9,9	0,5	0,2	sfærisk
Nedre Julianehede	29,5	0,9	0,7	sfærisk

Tabel 5.1	. Statistiske	data fra	transekterne	på	alluvialkeglen	_
	. Otationolio	uutu nu	lanoontorno	pu	anaviancegion	٠

5.1.2 Georadar

Ingelise Møller (GEUS)

Et område ved hver boring langs profillinien (fig. 2.3.) er undersøgt med et georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 200 MHz. Der er målt to sæt af parallelle linier placeret parallelt og vinkelret på den formodede overordnede palæostrømretning (fig. 5.2.). Det var ikke praktisk muligt at lave et langt geordarprofil langs profillinien, dels på grund af de mange fysiske forhindringer som læhegn, grøfter og åer, dels på grund af den forholdsvis store afstand mellem boringerne. Georadarundersøgelsen er udført i marts 2002 ca. et halvt år efter borekampagnen september 2001.



Figur 5.2. Placering af georadarlinier ved profillinieboringerne Nedre Julianehede (111), Nørlund (112), Søbjerg (113) og Ruskær (114) samt variabilitetsmarken Stubkær (110).

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 (2002). 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 boringer.

Fig. 5.3. viser georadarprofiler, som går igennem Nedre Julianehede boringen (fig. 5.11.). Georadarprofilerne domineres af horisontale til subhorisontale refleksioner med lille kontinuitet, desuden er der områder med svagt hældende refleksioner og områder, hvor refleksionsmønstret har et 'hummocky' udseende. Georadarprofilerne domineres yderligere af zoner, hvor refleksionerne har større kontinuitet og kraftigere amplitude. Disse zoner er hovedsagelig horisontale til subhorisontale, dog hælder enkelte af dem i en tilsyneladende sydlig eller vestlig retning med et relief på op til 3 m over 20–60 m. Penetrationsdybden ligger på den sydlige mark generelt på 250–300 ns (~ 7,5–9 m u. t.), dog falder den enkelte steder til ca. 200 ns (~ 6 m u. t.), medens den på den nordlige mark er omkring 350 ns (~ 10,5 m u. t.). Ved sammenligning med boredataene kan zonerne med refleksioner med kraftigere amplitude sandsynligvis korreleres med de mere grovkornede smeltevandssandsekvenser (mellemkornet eller mellem- og grovkornet sand, som også er gruset).

Fig. 5.4. viser georadarprofiler, som går igennem Nørlund boringen (fig. 5.10.). Georadarprofilerne domineres af horisontale til subhorisontale refleksioner med lille kontinuitet. Ligeledes er der områder med svagt hældende refleksioner og områder, hvor refleksionsmønstret har et 'hummocky' udseende. Georadarprofilerne domineres også yderligere af zoner, hvor refleksionerne har større kontinuitet og kraftigere amplitude. Disse zoner er hovedsagelig horisontale til subhorisontale, dog har enkelte af dem kanalform med en tilsyneladende bredde på ca. 20 m. Penetrationsdybden ligger generelt på 300–350 ns (~ 9–10,5 m u. t.), dog falder den i den sydligste del til ca. 250 ns (~ 6 m u. t.). Ved sammenligning med boredataene er det ikke muligt at korrelere refleksioner med kraftig amplitude til bestemte lagsekvenser i boringen.

Fig. 5.5. viser georadarprofiler, som ligger ved Stubkær boringen (fig. 3.12.). Georadarprofilerne domineres af horisontale til subhorisontale refleksioner med lille kontinuitet. Ligeledes er der områder med svagt hældende refleksioner og områder, hvor refleksionsmønstret har et 'hummocky' udseende. Georadarprofilerne domineres yderligere af to til tre zoner, hvor de horisontale til subhorisontale refleksioner har større kontinuitet og kraftigere amplitude. Penetrationsdybden ligger generelt på 250–300 ns (~ 7,5–9 m u. t.). Ved sammenligning med boredataene er det ikke muligt at korrelere refleksioner med kraftig amplitude til bestemte lagsekvenser i boringen.

Fig. 5.6. viser georadarprofiler, som går igennem Søbjerg boringen (fig. 5.9.). Georadarprofilerne domineres af horisontale til subhorisontale refleksioner med lille kontinuitet. Ligeledes er der områder med svagt hældende refleksioner og områder, hvor refleksionsmønstret har et 'hummocky' udseende. Georadarprofilerne domineres også yderligere af zoner, hvor refleksionerne har større kontinuitet og kraftigere amplitude.

Disse zoner er hovedsagelig horisontale til subhorisontale, dog hælder de dybereliggende zoner i de østlige profiler i en tilsyneladende østlig retning med et relief på op til 3–5 m over 100–150 m. Penetrationsdybden ligger generelt på 250–300 ns (~ 7,5–9 m u. t.), dog falder den enkelte steder til ca. 200 ns (~ 6 m u. t.). Ved sammenligning med boredataene er det muligt at korrelere nogle af zonerne med refleksioner med kraftigere amplitude med de mere grovkornede smeltevandssandsekvenser (mellemkornet eller mellem- og grovkornet sand, som også er gruset).

Fig. 5.7. viser georadarprofiler, hvoraf det ene går igennem og andet er placeret tæt ved Ruskær boringen (fig. 5.8.). Georadarprofilerne domineres af horisontale til subhorisontale refleksioner med lille kontinuitet. Ligeledes er der områder med svagt hældende refleksioner og områder, hvor refleksionsmønstret har et 'hummocky' udseende. Georadarprofilerne domineres yderligere af zoner, hvor refleksionerne har større kontinuitet og kraftigere amplitude. Disse zoner er hovedsagelig horisontale til subhorisontale, dog hælder enkelte af de dybereliggende zoner i den sydlige del af de N-S orientere profiler i en tilsyneladende sydlig retning. Penetrationsdybden ligger generelt på ca. 250 ns (~ 7,5 m u. t.), dog stiger den mod syd til godt 300 ns (~ 9 m u. t.). Ved sammenligning med boredataene kan en af zonerne med refleksioner med kraftigere amplitude sand-synligvis korreleres med den mere grovkornede smeltevandssandsekvens (mellem- og grovkornet sand, som også er gruset). Det opborede materiale fra tre til fire meters dybde beskrives som svagt glimmerholdigt. Der er dog ikke ud fra georadarprofilerne noget belæg for ikke at tolke de dybereliggende lag som smeltevandsaflejringer, da refleksionsmønstret ikke ændrer sig med dybden.

Georadarundersøgelserne på de fem profilliniepunkter viser, at alle georadarprofiler har lignede refleksionsmønstre bestående overvejende af horisontale til subhorisontale refleksioner samt zoner med mere kontinuerte refleksioner med kraftigere amplitude. Sammenholdt med de geologiske data indsamlet i udgravningen og i boringerne er det nærliggende at antage, at de horisontale til subhorisontale refleksioner afspejler den overordnede lagdeling af vekslende fin- og grovkornede lag aflejret i flettede smeltevandsfloder. Sammenstillingen af georadarprofiler og lithologiske boredata viser, at for nogle af boringerne er det muligt at korrelere grovkornede sekvenser eller laggrænser til grovkornede sekvenser med zonerne med refleksioner med kraftigere amplitude. Man må antage, at disse zoner også kan relateres til erosionsflader i de flettede smeltevandsfloder. Da zonerne med refleksioner med kraftigere amplitude i de fleste tilfælde strækker sig over hele georadarprofilet, hvilket vil sige mere en 200–400 m, må disse lag eller flader have en tilsvarende stor udbredelse.

Ud fra georadarundersøgelsen kan konkluderes, at der er over den knap 7 km lange strækning, de fem profilliniepunkter repræsenterer, kun forekommer meget små variationer i de geologiske strukturer.






Figur 5.4. Fencediagram med udsnit af georadarprofil P03 og P07, hvor disse går igennem Nørlund boringen (112). Borestedet blev fundet på marken. Georadarprofilerne er tid-dybde konverteret med en bølgeudbredelseshastighed på 0,06 m/ns. Boring blev stoppet inden grundvandsspejlet blev nået.



Figur 5.5. Fencediagram med udsnit af georadarprofil P02 og P04, hvor disse skærer hinanden tæt ved Stubkær boringen (110). Borestedet var ikke længere synligt på marken. Georadarprofilerne er tid-dybde konverteret med en bølgeudbredelseshastighed på 0,06 m/ns. Boring blev stoppet inden grundvandsspejlet blev nået.



Figur 5.6. Fencediagram med udsnit af georadarprofil P01 og P09, hvor disse går igennem Søbjerg boringen (113). Borestedet blev fundet på marken. Georadarprofilerne er tid-dybde konverteret med en bølgeudbredelseshastighed på 0,06 m/ns. Grundvandsspejlet pejlet på boretidspunktet er markeret med en trekant.





5.2 Pedologi

Søren Torp (DJF)

På fire lokaliteter inden for landskabselementet alluvialkegle er der gravet og beskrevet et jordbundsprofil. På hver lokalitet er der desuden blevet gennemført en boring ned til grundvandsspejlet. Placeringen af lokaliteterne der indgår i profillinie undersøgelsen fremgår af fig. 5.1. i kapitel 5 og er benævnt Ruskær, Søbjerg, Nørlund og Nedre Julianehede. Afstanden mellem lokaliteten Ruskær i vest og lokaliteten Nedre Julianehede i øst er ca. 9 km. Fysiske og kemiske data for disse lokaliteter findes nærmere beskrevet i afsnit 5.4.

5.2.1 Ruskær lokaliteten

Jordbundsprofilet ved Ruskær klassificeres efter er det danske jordklassificeringssystem (Madsen 1985) som en Humuspodsol, på grund af tilstedeværelsen af den diagnostiske humus- og jernrige Bhs-horisont. I det amerikanske jordklassifikationssystem Soil Taxonomy (1999) er jorden en Typic Haplorthod.

5.2.1.1 Jordbundsudvikling

Teksturelt og pedologisk minder jorden i Ruskær om jordbunden ved Frederiks (afsnit 3.1.2). Den er dog knapt så dybt udviklet og uden overgangshorisont (tabel 5.2). Den sorte Bhs-horisont (38-45 cm) viser at der tale om en veludviklet moden podsol. Pløjelaget indeholder afblegede enkelt sandkorn, de såkaldte blegkorn. Tilstedeværelsen af disse blegkorn vidner om at der har eksisteret en eluvial horisont (E), et såkaldt blegsandslag, der er dannet ved at gennemsivende organiske syrer fra morlaget har udvasket horisontens jern- og aluminiumsforbindelser. Den ideelle podsolsekvens består af et morlag (L, O), E (blegsandslaget), en mørkebrun eller sort Bh, en brun Bhs, rød/brun Bs og C-horisonten. Som tidligere nævnt er kun de nederste horisonter tilstede i dag. **Tabel 5.2.** Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 56 ved Ruskær.

Ruskær – Profillinenummer 9 DJF Profil nr. 3149											
Dansk jordklassi-	Humuspodsol	USDA jordklassifi-	I ypic Haplorthod								
fikation		kation									
Udgangsmateriale	Glaciale	Profil dybde	100 cm								
	ferskvandsaflejringer										
UTM	32 510076 6229616	Dræningsklasse	Meget veldrænet								
Landskabsform	Alluvialkegle	Grundvandsdybde	120 cm								
Kort blad	1214 IV NV Ikast	Vegetation	Ubevokset								
Kote	61 m	Max. rod dybde	45 cm								
Topografi	Fladt	Beskriver	Søren Torp								
Hældning	0-1°	0-1° Dato 2/4 2001									
Bemærkninger	Ap-horisonten indeholde	r blegkorn									

Profilbeskrivelse

Ap (0-38 cm)



Sort (10YR 2/1 fugtig) sand; humusholdig, 1-7%; mindre end 5 vol% uforvitrede; små, 2,0-7,5 cm store sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk; meget få fine rødder; abrupt jævn horisontgrænse.

Bhs (38-45 cm)

Sort (7.5YR 2.5/1 fugtig) grovsand; humusholdig, 1-7%; meget svag medium subangulær struktur; mindre end 5 vol% uforvitrede; små, 2,0-7,5 cm store sten af overvejende afrundet form og blandede uden kalk; nogle fine rødder; 1-10 orme- og rodgange per dm2; plettet moderat tykke humuscoatings mellem sandkornene; klar brudt horisontgrænse.

Bs (45-90 cm)

Stærk brun (7.5YR 5/8 fugtig) grovsand; humusfattig; mange, mere 30 vol% uforvitrede; små, 2,0-7,5 cm store sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk; 5-15 vol% noduler med en diameter større end 1 cm, bløde, afrundede, Fe-oxider & hydroxider (røde); diffus jævn horisontgrænse.

C (90-120 cm)

Lys oliven brun (2.5Y 5/4 fugtig) grovsand; humusfattig; mindre end 5 vol% uforvitrede; små, 2,0-7,5 cm store sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk.

5.2.2 Søbjerg lokaliteten

I det danske klassifikationssystem (Madsen, 1985) er jorden en Sesquipodsol på grund tilstedeværelsen af den diagnostiske rødbrune og jernholdige Bs-horisont. Efter Soil Taxonomy (1999) bliver jorden en Humic Psammentic Dystrudept.

5.2.2.1 Jordbundsudvikling

Som det giver sig udslag i klassifikationen er der her tale om en podsol (tabel 5.3.). Podsoleringsgraden her i Søbjerg er moderat til stærk. Horisontindblanding af Bhs-materiale viser at der har været en veludviklet podsol på stedet før opdyrkningen. Desuden blev der opserveret sorte lodretgående "skorstene" af humusstoffer og sesquioxider. Skorstenenes indre består af udvasket sand, eluviatilt E-materiale. **Tabel 5.3.** Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 113 ved Søbjerg.

	Søbjerg Profillinie nr. 7	10 – DJF Profil nr. 3142						
Dansk jordklassi-	Sesquipodsol	USDA jordklassifi-	Humic Psammentic					
fikation		kation	Dystrudept					
Udgangsmateriale	Glaciale	Profil dybde	100 cm					
	ferskvandsaflejringer							
UTM	32 512061 6229057	Dræningsklasse	Meget veldrænet jord					
Landskabsform	Alluvialkegle	Grundvandsdybde	2,8 m					
Kort blad	1214 IV NV Ikast	Vegetation	-					
Kote	66 m	Max. rod dybde	70 cm					
Topografi	Fladt	Beskriver	Søren Torp					
Hældning	0-1°	Dato	30.3.2001					
Bemærkninger	Nedpløjet gødning i Ap.	Skorsten midt i billedet m	ned E-horisont i midten.					
	Strukturer som ses i store KUPA profiler (flydejord til 80 cm, 60 cm. brede. Horisontpletter ikke beskrevet.							

Profilbeskrivelse



Ap (0-38 cm)

Sort (10YR 2/1 fugtig) sand; humusholdig, 1-7%; jordbrugskalket overvejende som klumper; strukturløs; < 5% små sten af overvejende kantet form og blandet type; meget få fine rødder; abrupt jævn horisontgrænse.

Bs (38-70 cm)

Mørk gullig brun (10YR 3/4 fugtig) sand; horisontindblanding af Bhs; humusfattig; meget svag medium subangulær struktur; < 5% små og mellemstore sten af blandet form og type; meget få fine rødder; gradvis irregulær horisontgrænse.

C (70-105 cm)

Lys oliven brunt (2,5Y 5/4 fugtig) sand; humusfattig; strukturløs; < 5% små og mellemstore sten af blandet form og type.

5.2.3 Nørlund-lokaliteten

Jorden er klassificeret som en Humuspodsol efter det danske system (Madsen, 1985), da der er udviklet en diagnostisk Bh-horisont (Bhs). Efter det amerikanske Soil Taxonomy system (1999) er jorden klassificeret som en Humic Psammentic Dystrudept.

5.2.3.1 Jordbundsudvikling

Nørlund jorden er som den foregående jord en podsol (tabel 5.4.). Podsoleringen syntes umiddelbart at være mere fremskreden og dybere udviklet end ved Søbjerg (tabel 5.3.), idet der findes en egentlig sammenhængende Bhs-horisont. Bhs-horisontenes tilstedeværelse kan dog også skyldtes at den er blevet "gemt" ved at der er pålejret jord oven på og at den således har undgået ploven. I Bs-horisonten findes mindre end 5% små jernnoduler, et meget svagt udviklet al-lag. Tabel 5.4. Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 112 ved Nørlund.

	Nørlund - Profillinie nr.	11 – DJF Profil nr. 3143	3
Dansk jordklassi- fikation	Humuspodsol	USDA jordklassifi- kation	Humic Psammentic Dystrudept
Udgangsmateriale	Glaciale ferskvandsaflejringer	Profil dybde	95cm
UTM	32 515837 6227178	Dræningsklasse	Meget veldrænet jord
Landskabsform	Alluvialkegle	Grundvandsdybde	> 8,5 m
Kort blad	1214 IV NØ Bording	Vegetation	Brak
Kote	70 m	Max. rod dybde	50 cm
Topografi	Fladt	Beskriver	Søren Torp
Hældning	0-1°	Dato	30.3. 2001
Bemærkninger	Ingen		

Profilbeskrivelse

Г

Ap (0-30 cm)



Sort (10YR 2/1 fugtig) grovsand; humusholdig, 1-7%; strukturløs; fugtig konsistens; mindre end 5 vol% uforvitrede; små, 2,0-7,5 cm store sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk; hyppige fine rødder; strukturløs; abrupt jævn horisontgrænse.

Bhs (30-43 cm)

Sort (7,5YR 2,5/1 fugtig) grovsand; humusfattig; strukturløs; fugtig konsistens; 5-15 vol% uforvitrede; små, 2,0-7,5 cm store sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk; nogle fine rødder; plettet af moderat tykke humuscoatings mellem sandkornene; gradvis brudt horisontgrænse.

Bs (43-88 cm)

Gullig brun (10YR 5/4 fugtig) grovsand; der findes sekundære farvepletter af farven stærk brun (7.5YR 5/8 f); humusfattig; strukturløs; 5-15 vol% uforvitrede; små, 2,0-7,5 cm store sten af overvejende afrundet form og blandede uden kalk; mindre end 5 vol% noduler med en diameter større end 1 cm, af bløde + hårde, afrundede, Feoxider & hydroxider (røde); klar jævn horisontgrænse.

C (88-100 cm)

Lys gullig brun (10YR 6/4 fugtig) grovsand; humusfattig; strukturløs; fugtig konsistens; mindre end 5 vol% uforvitrede, små, 2,0-7,5 cm store sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk.

5.2.4 Nedre Julianehede lokaliteten

Jordbunden er i det danske system (Madsen, 1985) klassificeret som en Sesquipodsol på grund af tilstedeværelsen af den diagnostiske gulbrune Bs-horisont. Efter Soil Taxonomy (1999) er jorden klassificeret som Humic Psammentic Dystrudept.

5.2.4.1 Jordbundsudvikling

Analog til de andre profiler i profililinien er der her udviklet en podsol (tabel 5.5.). Horisontsammensætning, modenhed og udviklingsdybde er typisk for området. En moderat udviklet podsol med tegn på en begyndende dannelse af et al-lag. pH-værdien i de tre øvre horisonter ligger over 6 og er stigende nedad. Det skyldtes den kunstige jordbrugskalkning. Et naturligt leje for en udyrket podsol som denne vil være pH 4–5 (Sundberg et al. 1999). Det grovsandede udgangsmateriale giver et ringe rodrum på ca. 42 cm's dybde.

Nedre 、	Julianehede – Profillinier	nummer 12 – DJF Profil	l nr. 3144		
Dansk jordklassi- fikation	Sesquipodsol	USDA jordklassifi- kation	Humic Psammentic Dystrudept		
Udgangsmateriale	Glaciale ferskvandsaflejringer	Profil dybde	100 cm		
UTM	32 518027 6225528	Dræningsklasse	Meget veldrænet jord		
Landskabsform	Alluvial kegle	Grundvandsdybde	6 m		
Kort blad	1214 IV NØ Bording	Vegetation	Kulturgræs		
Kote	75 m	Max. rod dybde	42 cm		
Topografi	Fladt	Beskriver	Søren Torp		
Hældning	1-2°	Dato	30/3 2001		
Bemærkninger	Rødder til 42 cm. Pletter	af Bh i Bs-horisonten.	•		

Tabel 5.5. Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 111 ved Nedre Julianehede.

Profilbeskrivelse

Г



Ap (0-30 cm)

Meget mørk brun (10YR 2/2 fugtig) grovsand; humusholdig, 1-7%; meget svag fin subangulær struktur; mindre end 5 vol% uforvitrede; små, 2,0-7,5 cm store sten af overvejende afrundet form og blandede typer uden kalk; nogle fine rødder; porer, 1-10 / dm2 som orme- og rodgange; abrupt jævn horisontgrænse.

Bs (30-70 cm)

Mørk gullig brun (10YR 4/4 fugtig) grovsand; humusfattig; mindre end 5 vol% uforvitrede; små, 2,0-7,5 cm store sten af overvejende afrundet form og blandede uden kalk; mindre end 5 vol% noduler med en diameter mindre end 1 cm, bløde + hårde, afrundede, Fe-oxider & hydroxider (røde); klar jævn horisontgrænse.

C (70- cm)

Brunlig gul (10YR 6/8 fugtig) grovsand; humusfattig; strukturløs; mindre end 5 vol% uforvitrede; små, 2,0-7,5 cm store sten af overvejende afrundet form og blandede lithologiske typer, uden kalk.

5.3 Geologi

Henrik Vosgerau (GEUS) og Vibeke Ernstsen (GEUS)

Geologien i de 4 boringer ved Ruskær, Søbjerg, Nørlund og Nedre Julianehede, der indgår i profillinien er beskrevet i fig. 5.8.-5.11. Boringen ved Stubkær, der findes centralt på linien er præsenteret i fig. 3.12. De fire boringer i profillinien, som knytter sig til de reducerede program profiler, varierer i boredybde fra 4 til 8,5 meter. Sedimenterne fremstår iltede og kalkfrie. Smeltevandssedimenter med varierende kornstørrelse, fra fint til grovkornet sand er dominerende. Den groveste sandfraktion er ofte svagt gruset eller gruset og stedvis med sten af varierende størrelse. I boringen ved Stubkær er det ligeledes smeltevandssand der dominerer ned til bunden af boringen i 7 meter under terræn. Der ses ingen systematisk variation i kornstørrelsesfordelingen i boringerne ud langs profillinien.



Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse

BORERAPPORT

DGU arkivnr: 85. 2277





0 - 4 glacigen - glacial





Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse

BORERAPPORT

DGU arkivnr: 86.1904



meter u.t.

0 - 5 glacigen - glacial





Figur 5.10. Geologiske forhold ved lokaliteten Nørlund, lokalitetsnr. 112 (DGU arkivnr. 86.1905).



Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 86. 1906



Figur 5.11. Geologiske forhold ved lokaliteten Nedre Julianehede, lokalitetsnr. 111 (DGU arkivnr 86.1906).

5.4 Fysiske, kemiske og mineralogiske undersøgelser

Vibeke Ernstsen (GEUS) og Søren Torp (DJF)

Fysiske, kemiske og mineralogiske forhold på de enkelte lokaliteter er 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 for boringer gennemført langs profillinien omfatter kornstørrelsesbestemmelse, indhold af organisk stof, pH-værdier målt i henholdsvis vand og calcium chlorid, jern- og aluminium-forbindelser bestemt ved ekstraktion med henholdsvis natriumdithionit-natriumcitrat-natriumbicarbonat (Fe_{DCB} og Al_{DCB}) og oxalat (Fe_{oxalat} og Al_{oxalat}), ombyttelige kationer og sure brint-ioner, CEC og indhold af calciumcarbonat. Samtlige analyser er udført 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 reduceret analyse-program (se kapitel 2) og omfatter som følge heraf maksimalt 5 prøver pr. lokalitet.

5.4.1 Lokaliteterne Ruskær, Søbjerg, Nørlund og Nedre Julianehede

Analyseresultaterne for lokaliteterne Ruskær, Søbjerg, Nørlund og Nedre Julianehede fremgår af tabel 5.6. til 5.9.

5.4.2 Ruskær lokaliteten

Lokaliteten ved Ruskær er beliggende ca. 4 km nordvest for Stubkær. Jordbunden ved Ruskær er udviklet på smeltevandssand. Topjorden (Ap horisonten) er yderst velsorteret og består overvejende (58,7%) af groft mellemsand (200-500 μ m), tabel 5.6. Den underliggende Bs-horisont (48-63 cm) har en bredere kornstørrelsesfordeling og er samtidig meget grovere. Således udgør sten (> 2 mm) i alt 49%. Indholdet af sten aftager markant i prøver fra den efterfølgende C horisont og udgør i 1,20 meters dybde i alt 6%.

Under Ap horisonten er det indholdet af groft mellemsand og groft sand der er mest dominerende. Indholdet af ler varierer mellem 1,5% og 6,1%. Det generelt lave indhold af ler betyder at alle de undersøgte horisonter, med undtagelse af C horisonten fra 85-110 cm, klassificeres som JB1 type. C-horisonten er af JB3 type. Indholdet af organisk stof er størst i Ap horisonten med 2,53% C, hvorefter indholdet aftager markant og antager 0,07% C i den 1,20 meters dybde. De undersøgte horisonter fremstår kalkfrie og pH målt i CaCl₂ stiger svagt fra 4,24 i Ap horisonten til 4,68 i prøven udtaget i C horisonten i 120 cm. Basemætningen er omkring 26% i Ap horisonten og aftager til under 10% i de efterfølgende horisonter. Ombytteligt H⁺ er således den dominerende ombyttelige kation i samtlige horisonter. CEC-værdien i Ap horisonten er 13 cmol kg⁻¹ hvorefter den aftager til 3-6 cmol kg⁻¹.

Indholdet af jernoxider (Fe_{oxalat} og Fe_{DCB}) er markant højere i C horisonten fra 85-100 cm end i de øvrige undersøgte horisonter. Således er indholdet af Fe_{DCB} næsten 7 gange større i C horisonten fra 85-100 cm end i C horisonten fra 120 cm. Indholdet af aluminium i form af AI_{DCB} stiger samtidig ca. 4 gange i forhold til den underliggende C horisont i 120 cm. Stigningen kan skyldes såvel pedologiske som hydrologiske forhold, hvor den intense forvitring ved lave pH-værdier har betydet en frigivelse af såvel jern som aluminium. Desuden kan de hydrologiske forhold på stedet med et forholdsvis højt og stabilt grundvandsspejl gennem en længere periode have bevirket en akkumulation af specielt jernoxider. Den 2. oktober 2001 blev grundvandsspejlet registreret i 1,57 meter under terræn.

				Kornsta	ørrelsesfor	deling (%	af < 2mr	m fraktion)	% af tot	% af totalprøve	
KUPA	Navn	Dybde	<2	2-20	20-63	63-125	125-	200-	0.5-2	2-6,3	>6,3	
nr.							200	500				
		cm			mm							
4-2-1- 260	Ар	5-20	3,6	2,9	1,0	4,8	7,8	58,7	15,2	1,8	2,6	
4-2-2- 261	Bs	48-63	3,0	0,9	1,0	0,8	1,4	23,8	34,1	34,6	13,8	
4-2-3- 262	С	85-100	6,1	1,4	2,5	3,7	4,8	43,4	23,2	14,2	3,5	
4-2-4- 263	С	120	1,5	0,9	1,3	1,4	6,5	54,6	33,7	4,8	0,9	

Tabel 5.6. Analyseresultater for lokalitetsnr.	114 ved Ruskær,	Stubkær (DJF	profil nr. 3149 og	J
DGU arkivnr. 85.2277).				

KUPA	JB-nr	Org. C	PH	рН	Fe _{oxalat}	Al _{oxalat}	Fe _{DCB}	Al _{DCB}	ODOE
nr.			(H ₂ O)	$(CaCl_2)$					
		%	1:1	1:2,5		mg k	kg⁻¹		
4-2-1- 260	1	2,53	5,49	4,24	289	523	546	682	0,3536
4-2-2- 261	1	0,18	5,28	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
4-2-3- 262	3	0,41	5,20	4,30	3054	1959	8593	2530	0,1796
4-2-4- 263	1	0,07	n.d.	4,68	1207	1011	1322	566	0,0405

Tabel 5.6. fortsat

KUPA			Om	byttelige ka	ationer			Base-	
nr.				cmol kg ⁻¹	1			mætning	CaCO ₃
	Ca	Mg	K	Na	Baser	H⁺	CEC		
					total		total	%	%
4-2-1-	3.81	0.07	0.21	nd	4 09*	9.04	13 13*	26*	0
260	0,01	0,07	0,21	n.a.	1,00	0,01	10,10	20	-
4-2-2-	0.10	0.01	0.01	nd	0.20*	2 00	2 10*	0*	0
261	0,10	0,01	0,01	n.u.	0,30	2,00	3,10	9	Ū
4-2-3- 262	0,36	0,03	0,02	n.d.	0,41*	5,74	6,15*	7*	0
4-2-4- 263	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0

* Indholdet af ombytteligt natrium (Na) er ikke analyseret og basemætningen er beregnet på baggrund af ombytteligt calcium (Ca), magnesium (Mg) og kalium (K).

5.4.2.1 Søbjerg lokaliteten

Søbjerg lokaliteten ligger ca. 2 km vest for Stubkær. Indholdet af ler er bestemt til at udgøre mellem 1,5 og 4,7% og indholdet synes at være generelt aftagende med tiltagende dybde, tabel 5.7. Sedimenterne er velsorterede. Groft mellemsand (200-500 µm) udgør således omkring 50% og hertil kommer 16-38% groft sand. I Bs og C horisonten (87-102 cm) findes desuden 19-29% sten (> 2mm). Samtlige undersøgte prøver fra denne lokalitet er af JB1 type. Indholdet af organisk stof er højest i Ap horisonten hvor det udgør 1,18% C, og herefter aftager indholdet markant til omkring 0,05% i 125-170 cm dybde.

Samtlige prøver fremstår kalkfrie og fra ca. 1,25 meters dybde falder pH målt i CaCl₂ til under 5. I de overliggende horisonter sikre tilførsel af jordbrugskalk at pH-værdien her ligger mellem 5 og 6,3. Basemætningen er således også markant højere i de 2 øverste horisonter (24-42%) hvor opkalkningen har den største virkning, hvorefter basemætningen aftager til ca. 10% i de underliggende horisonter og lag. Ombyttelig H⁺ er den dominerende ombyttelige kation i de undersøgte horisonter og lag. CEC-værdien for Ap og Bs horisonterne er 7-8 cmol kg⁻¹ hvorefter den aftager til ca. 2 cmol kg⁻¹.

Indholdet af Fe_{DCB} er forholdsvis højt i Ap horisonten (3627 mg Fe kg⁻¹) og i den underliggende Bs horisont (4200 mg Fe kg⁻¹), hvorefter indholdet aftager til omkring 2000 mg Fe kg⁻¹. Grundvandsspejlet på denne lokalitet blev den 2. oktober 2001 registreret i en dybde af 2,84 meter, men trods den forholdsvis overfladenære beliggenhed synes dette kun i mindre grad at påvirke fordelingen af jernoxider i profilet. For Al_{DCB} stiger koncentrationen markant i Bs horisonten (1905 mg Al kg⁻¹) sammenlignet med øvrige horisonter og lag (533-765 mg Al kg⁻¹).

				Kornstø	rrelsesfor	deling (% a	af < 2 m	m fraktior	ı)	% af tot	alprøve
KUPA	Navn	Dybde	<2	2-20	20-63	63-125	125-	200-	0.5-2	2-6,3	>6,3
Nr.							200	500			
		cm		μm							
4-2-1-	۸n	5-22	17	13	3.2	5.8	11.6	46.8	16.1	5.5	54
255	Αр	5-22	4,7	4,3	3,2	5,6	11,0	40,0	10,1	5,5	5,4
4-2-2-	Be	35-45	11	1 0	13	21	15	36.2	28.7	20.2	85
256	03	33-43	4,1	1,5	1,5	۷,۱	4,5	30,z	20,7	20,2	0,5
4-2-3-		97 102	2.0	0.0	1.0	1.6	4.0	10.5	20.2	10.6	77
257	C	07-102	2,0	0,9	1,0	1,0	4,9	49,5	29,3	10,0	7,7
4-2-4-	<u> </u>	105 170	2.4	4.2	1.0	17	6.7	45.7	20.2	4.0	1 5
258	C	125-170	Ζ,Ί	4,3	1,3	1,7	6,7	45,7	38,2	4,2	1,5
4-2-5-		225	15	1.0	10	5.2	10.1	50.6	10.6	7.2	
259		225	1,5	1,0	1,0	5,5	12,1	59,6	10,0	7,3	0,0

Tabel 5.7. Analyseresultater for lokalitetsnummer 113 ved Søbjerg, Stubkær (DJF profil nr. 3142 og DGU arkivnr. 86.1904).

KUPA	JB-nr	Org. C	PH	pН	Fe _{oxalat}	Al _{oxalat}	Fe _{DCB}	Al _{DCB}	ODOE
Nr.			(H ₂ O)	$(CaCl_2)$					
		%	1:1	1:2,5		mg k	.g ⁻¹		
4-2-1- 255	1	1,18	5,19	6,33	2016	635	3627	712	0,1783
4-2-2- 256	1	0,57	6,29	5,31	1834	2058	4200	1905	0,1962
4-2-3- 257	1	0,10	6,38	5,05	279	765	1639	780	0,0452
4-2-4- 258	1	0,05	5,40	4,64	736	533	2340	527	0,0215
4-2-5- 259	1	0,04	5,42	4,58	1229	515	2111	436	0,0218

KUPA			Om		Base-				
Nr.				cmol kg ⁻¹	1			mætning	CaCO₃
	Ca	Mg	K	Na	Baser	H⁺	CEC		
					total		total	%	%
4-2-1- 255	3,02	0,11	0,19	0,13	3,45	4,77	8,22	42	0
4-2-2- 256	1,61	0,09	0,13	n.d.	1,83	5,66	7,49*	24*	0
4-2-3- 257	0,25	0,03	0,02	n.d.	0,30	2,09	2,39*	13*	0
4-2-4- 258	0,04	0,01	0,03	0,03	0,11	1,47	1,58	7	0
4-2-5- 259	0,12	0,02	0,04	0,00	0,18	1,29	1,47	12	0

* Indholdet af ombytteligt natrium (Na) er ikke analyseret og basemætningen er beregnet på baggrund af ombytteligt calcium (Ca), magnesium (Mg) og kalium (K).

5.4.2.2 Nørlund lokaliteten

Nørlund lokaliteten er beliggende ca. 2 km øst for Stubkær lokaliteten og ligger således tættere på Weichsel-isens hovedopholdslinie. Kornstørrelsesfordelingen ved Nørlund viser at lerindholdet i den øverste ca. halve meter er 3,6%. I den efterfølgende horisont og lag aftager lerindholdet til 1%. De mest almindelige kornstørrelsesfraktioner er groft mellemsand (200-500 μ m) og groft sand (0,5-2 mm). Indholdet for den første fraktion, groft mellemsand, ses at aftage med tiltagende dybde, mens den for groft sand ses at tiltage med stigende dybde. Således udgør groft sand og sten (> 2mm) næsten 90% i prøven fra 7 meters dybde. Alle undersøgte horisonter/lag er af JB type 1. Indholdet af organisk stof er 1,40% C i Ap horisonten hvorefter indholdet aftager markant til 0,01% C i C horisonten.

Alle undersøgte dybder er kalkfrie. Forvitringsprocesser har bevirket et forbrug af sedimenternes naturlige bufferkapacitet og pH-værdien (CaCl₂) i 8 meter er målt til 4,66. I Ap horisonten, hvor der er en hyppig tilførslen af kalk er pH-værdien målt til 5,29. Basemætningen er således også markant højere (16-48%) i jordbundshorisonterne ned til 1,35 meter, end i de underliggende sedimenter, hvor basemætningen ligger på 3-5%. Således er ombytteligt H⁺ den dominerende kation i samtlige undersøgte dybder. CEC-værdien er 11 cmol kg⁻¹ i Ap horisonten, hvorefter den aftager til 6 cmol kg⁻¹ i Bhs horisonten, for yderligere at aftage til omkring 1 cmol kg⁻¹ i de efterfølgende horisonter og lag.

Indholdet af Fe_{DCB} og Al_{DCB} er forholdsvis højt i Ap og Bhs horisonterne. De meget ens koncentrationer i disse horisonter tyder på en vis opblanding af Bhs horisonten i den overliggende Ap horisont. Allerede i C horisonten aftager indholdet af Al_{DCB} markant og fortsætter med at aftage til et lavt indhold i prøverne udtaget i 4,00 og 8,00 meters dybde. Indholdet af Fe_{DCB} forbliver højt i C horisonten, hvorefter indholdet halveres i dybderne 4,00 og 8,00 meter.

				Kornstø	orrelsesfor	ı)	% af tot	alprøve			
KUPA	Navn	Dybde	<2	2-20	20-63	63-125	125-	200-	0.5-2	2-6,3	>6,3
Nr.							200	500			
		cm				mm					
4-2-1- 250	Ар	5-20	3,6	2,9	1,6	4,7	8,3	59,0	13,3	4,2	9,6
4-2-2- 251	Bhs	33-48	3,6	0,9	1,1	0,7	2,6	41,0	28,5	21,0	3,6
4-2-3- 252	С	120-135	1,0	0,9	1,0	1,2	3,5	54,4	25,2	12,7	9,0
4-2-4- 253		400	1,0	0,9	1,3	1,6	5,1	38,2	51,9	12,7	6,6
4-2-5- 254		800	1,0	0,9	1,2	0,8	0,6	32,4	63,0	18,4	5,5

Tabel 5.8. Analyseresultater for lokalitetsnr. 112 ved Nørlund, Stubkær (DJF profil nr. 3143 og DGU arkiv nr. 86.1905).

KUPA	JB-nr	Org. C	pН	pН	Fe _{oxalat}	Al _{oxalat}	Fe _{DCB}	Al _{DCB}	ODOE
Nr.			(H ₂ O)	$(CaCl_2)$					
		%	1:1	1:2,5		mg k	(g ⁻¹	I	
4-2-1- 250	1	1,40	6,44	5,29	1660	1116	2315	1274	0,5179
4-2-2- 251	1	0,37	6,20	4,82	840	1561	2338	1384	0,2095
4-2-3- 252	1	0,10	6,28	4,74	611	566	2087	354	0,0250
4-2-4- 253	1	0,01	5,66	4,88	420	123	1169	126	0,0123
4-2-5- 254	1	0,01	5,31	4,66	576	85	1203	146	0,0485

KUPA			Om	byttelige ka		Base-			
Nr.				cmol kg ⁻¹	I			mætning	CaCO₃
	Ca	Mg	K	Na	Baser	H⁺	CEC		
					Total		total	%	%
4-2-1- 250	4,86	0,05	0,25	0,02	5,18	5,67	10,85	48	0
4-2-2- 251	0,83	0,04	0,06	n.d.	0,93*	4,99	5,92*	16*	0
4-2-3- 252	0,08	0,03	0,01	n.d.	0,12*	1,35	1,47*	26*	0
4-2-4- 253	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	0,56	0,58	3	0
4-2-5- 254	0,01	0,01	0,01	0,00	0,03	0,55	0,58	5	0

* Indholdet af ombytteligt natrium (Na) er ikke analyseret og basemætningen er beregnet på baggrund af ombytteligt calcium (Ca), magnesium (Mg) og kalium (K).

5.4.1.4 Nedre Julianehede lokaliteten

Lokaliteten Nedre Julianehede er beliggende ca. 5 km sydøst for lokaliteten Stubkær. Det er således den undersøgelseslokalitet på alluvialkeglen, der ligger nærmest Weichsel-isens hovedopholdslinie. Indholdet af ler under Ap horisonten er typisk omkring 1,5% ned til 5,75 hvor det stiger til 3,6%, tabel 5.9. I Ap horisonten er lerindholdet 4,7%. Indholdet af groft mellemsand (200-500 µm) samt groft sand (0,5-2 mm) udgør den overvejende del (62-93%) i prøverne udtaget ned til 4,75 meters dybde. Dertil kommer varierende mængder sten. I prøven fra 5,75 meters dybde aftager indholdet af groft mellemsand og groft sand markant. Sedimentet bliver mere finkornet med høje indhold af fint til groft sand. De undersøgte prøver klassificeres som JB1 type, på nær prøven fra 5,75 meter, der er af JB2 type. Indholdet af organisk stof er højest i Ap horisonten (2,04% C), hvorefter indholdet aftager markant til 0,07% C i Bs horisonten og yderligere til 0,03% C i prøven fra 5,75 meters dybde.

Samtlige undersøgte prøver er kalkfrie og sedimenterne bliver gradvist mere sure med tiltagende dybde, og er målt i CaCl₂ til 4,32, i 5,75 meters dybde. I Ap horisonten er pH-værdien målt til omkring 5 og er her påvirket af tilførsel af jordbrugskalk. Virkningen af opkalkning kan ligeledes erkendes i den efterfølgende Bs og C horisont. Som følge af opkalkningen er basemætningen forholdsvis høj i de undersøgte jordbundshorisonter (17-44%) men aftager herefter til 4 og 18% i henholdsvis 3,75 og 5,75 meters dybde. Den mest almindelige ombyttelige kation i samtlige dybder og lag er således H⁺. CEC-værdien i Ap horisonten er 13 cmol kg⁻¹ i Ap horisonten og aftager herefter til omkring 2 i de efterfølgende horisonter og lag.

Indholdet af Fe_{DCB} er højest i Ap horisonten (3389 mg Fe kg⁻¹) hvorefter koncentrationen aftager til mellem 1350 og 1974 mg Fe kg⁻¹. En svag stigning i prøven udtaget i 5,75 meter kan skyldes en placering tæt ved grundvandsspejlet. Således blev grundvandsspejlet registreret i 6,6 meter den 4. oktober 2001. Indholdet af Al_{DCB} er ligeledes højest i Ap horisonten og efterfølgende aftager indholdet gradvist til 254 mg Fe kg⁻¹ i 3,75 meters dybde, hvorefter indholdet atter stiger svagt til 474 mg Fe kg⁻¹ i 5,75 meters dybde.

				Kornstø	ו)	% af tot	alprøve				
KUPA	Navn	Dybde	<2	2-20	20-63	63-125	125-	200-	0.5-2	2-6,3	>6,3
nr.							200	500			
		cm			μΙ	m				mm	
4-2-1-	Δn	5-20	47	2.8	21	33	63	37 3	25.0	15.0	10.5
245	λþ	5-20	4,7	2,0	۷,۱	5,5	0,5	57,5	23,0	13,0	10,5
4-2-2-	Bs	33-48	15	0.9	1.0	0.9	24	50.9	34 7	73	7.6
246	5	00 40	1,0	0,5	1,0	0,0	2,4	00,0	04,1	7,0	7,0
4-2-3- 247	С	65-80	1,5	0,9	1,0	3,4	16,8	53,0	19,8	3,5	7,8
4-2-4- 248		400	1,5	0,9	1,1	1,1	2,1	40,2	53,0	20,5	1,5
4-2-5- 249		575	3,6	3,4	12,0	34,2	24,4	17,1	5,2	0,1	3,6

Tabel 5.9. Analyseresultater for lokalitetsnr. 111 ved Nedre Julianehede, Stubkær (DJF profil nr. 3144 og DGU arkiv nr. 86.1906).

KUPA	JB-nr	Org. C	pН	рН	Fe _{oxalat}	Al _{oxalat}	Fe _{DCB}	AI _{DCB}	ODOE
nr.			(H ₂ O)	$(CaCl_2)$					
		%	1:1	1:2,5		mg k	.g ⁻¹	<u> </u>	
4-2-1- 245	1	2,04	6,22	4,94	2245	1207	3389	1237	0,3847
4-2-2- 246	1	0,17	6,41	5,28	582	702	1515	720	0,0965
4-2-3- 247	1	0,07	6,41	5,20	299	651	1508	500	0,0284
4-2-4- 248	1	0,04	5,74	4,85	1207	291	1350	254	0,0257
4-2-5- 249	2	0,03	5,36	4,32	1701	606	1974	474	0,0216

KUPA			Om	byttelige ka		Base-			
nr.				cmol kg ⁻¹	1			mætning	$CaCO_3$
	Ca	Mg	К	Na	Baser	H⁺	CEC		
					total		total	%	%
4-2-1- 245	4,96	0,26	0,36	0,03	5,61	7,13	12,74	44	0
4-2-2- 246	0,54	0,01	0,04	0,02	0,61	1,87	2,48	25	0
4-2-3- 247	0,23	0,02	0,03	n.d.	0,28*	1,37	1,65*	17*	0
4-2-4- 248	0,01	0,01	0,01	0,00	0,03	0,76	0,79	4	0
4-2-5- 249	0,23	0,06	0,05	0,03	0,37	1,69	2,06	18	0

*Indholdet af ombytteligt natrium (Na) er ikke analyseret og basemætningen er beregnet på baggrund af ombytteligt calcium (Ca), magnesium (Mg) og kalium (K).

5.4.3 Sammenligning af fysiske, kemiske og mineralogiske egenskaber

Lokaliteterne Ruskær, Søbjerg, Nørlund og Nedre Julianehede ligger på en ca. 9 km lange profillinie, der strækker sig NV-SØ igennem Stubkær lokaliteten.

Indholdet af ler er generelt lavt på alle 4 undersøgelseslokaliteter, men den gradvise afstand fra isens hovedopholdslinie viser sig i et svag stigende indhold af ler. Således er indholdet af ler større ved Ruskær end ved Nedre Julianehede. De grove partikler findes især i fraktionerne groft mellemsand og groft sand, hvor indholdet af sidstnævnte fraktion stiger hen mod hovedopholdslinien. JB1 er således den oftest forekommende jordtype, med indslag af JB3 i ca. 1 meter ved Ruskær, og JB2 i 5,75 meters dybde ved Nedre Julianehede. Det største indhold af organisk stof er på alle lokaliteter målt i Ap horisonten. Ruskær og Nedre Julianehede har de største indhold af organisk stof, på henholdsvis 2,53 og 2,04% C, der dog begge er lavere end ved Stubkær (3,86% C) og ved Frederiks (2,79% C). Ved de to resterende lokaliteter er indholdet 1,18 og 1,40% C.

Forvitringsprocesserne kan bl.a. erkendes ved forholdsvis lave pH-værdier i de dybere lag, hvor niveauet for de her undersøgte prøver ligger på omkring 4,6 (målt i CaCl₂). Ved Nedre Julianehede hvor sedimenterne er mest grovkornede når pH ned til 4,32 i 5,75 meters dybde. I de overfladenære horisonter er pH-værdierne normalt højere, mellem 5 og 6,5, som følge af tilførsel af landbrugskalk. Lokaliteten Ruskær afviger dog fra dette mønster, idet pH-værdierne her er lavere og varierer mellem 4,24 og 4,68. Den naturlige basemætning er således lav, ofte omkring eller under 10. Tilførslen af kalk får basemætningen til at stige, men ikke mere end brintionen stadig den mest almindelige ombyttelige kation. Den maximale CEC-værdi er målt i Ap horisonten på alle fire lokaliteter. Ved Søbjerg og Nørlund forbliver værdien stort set uændret i den efterfølgende B horisont hvorefter CEC-værdien falder til 1-2 cmol kg⁻¹. Et nogenlunde tilsvarende niveau nås allerede i B horisonten og ned, ved Ruskær og Nedre Julianehede.

Forvitringsprocesserne kan også erkendes i fordelingen af jern og aluminium, hvor de største koncentrationer normalt forekommer i de øverste horisonter og hvorefter indholdet aftager. Ved Ruskær hvor grundvandsspejlet blev målt i 1,57 meters dybde, stiger indholdet af jern, bl.a. Fe_{DCB}, dybere nede. En tilsvarende fordeling blev iagttaget ved bl.a. Mjøls på Tinglev hedeslette, der ligeledes var karakteriseret ved et højstående grundvandsspejl.

5.5 Hydraulik

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

I forbindelse med profillinieundersøgelserne blev der udtaget fem små retentionsringe i Ap-, B- og C-horisonten. Der blev kun udtaget prøver i boringerne ved Søbjerg og Ruskær. Prøveudtagningsdybderne fremgår af tabel 5.6. og 5.7.

5.5.1 Volumenvægt

Tabel 5.10. viser værdierne for jordens volumenvægt ved de fire lokaliteter. Værdierne viser et typisk forløb med de laveste værdier i den relativt løst bearbejdede, organisk-holdige Ap-horisont og med et stigende forløb i dybden. De lave volumenvægte for Ap-horisonten ved Søbjerg og Ruskær skyldes, at topjorden her var relativ nybehandlet (henholdsvis nypløjet og nytilsået).

		N. Julianehed	е		Nørlund	
Horisont	Prøve-	volumen-	std.afv.	Prøvenum-	volumen-	std.afv.
	nummer	vægt (g/cm ³)		mer	vægt (g/cm ³)	
Ар	4-2-1-245	1.52	0.12	4-2-1-250	1.41	0.06
Bhs/Bs	4-2-2-246	1.64	0.06	4-2-2-251	1.48	0.02
С	4-2-3-247	1.59	0.04	4-2-3-252	1.59	0.05
Boring	-	-	-	-	-	-
Boring	-	-	-	-	-	-
		Søbjerg			Ruskær	
Ар	4-2-1-255	1.38	0.01	4-2-1-260	1.38	0.08
Bs	4-2-2-256	1.53	0.04	4-2-2-261	1.48	0.04
С	4-2-3-257	1.59	0.10	4-2-3-262	1.62	0.08
Boring	4-2-4-258	1.57	0.04	4-2-4-263	1.58	0.03
Boring	4-2-5-259	1.52	0.02	-	-	-

Tabel 5.10. Volumenvægt (g/cm³) målt på 100-cm³ retentionsringe (n=5).

5.5.2 Vandretention

Resultaterne for vandretention er vist på fig. 5.12. (inklusiv resultaterne fra retentionsmålingerne ved Stubkær i forbindelse med det fulde undersøgelsesprogram). For Ap-horisonten skiller retentionsforløbet for Stubkær sig væsentligt ud fra de fire andre punkter på profillinien ved at udvise et meget jævnt afdræningsforløb. Dette stemmer overens med, at horisonten ved denne lokalitet har en mere jævn kornstørrelsesfordeling og et højere indhold af grovsilt (tabel 3.6.) sammenlignet med de fire andre profiler (tabel 5.6.-5.9.) svarende til en mere jævn porestørrelsesfordeling. I B-horisonten for de fem lokaliteter afdrænes jorden mærkbart fra pF 1.0 til pF 1.7.

I C-horisonten afdrænes jorden ligeledes kraftigt fra pF 1.0 til pF 1.7. Specielt C-horisonten ved Ruskær (4-2-3-262) udviser en markant afdræning svarende til en høj andel af grovporer i jorden.



Figur 5.12. Data for vandretention målt på intakte 100-cm³ prøver (n = 5). Fejllinjerne viser ± 1 standardafvigelse.



Figur 5.12. fortsat

5.5.3 Mættet hydraulisk ledningsevne

Fig. 5.13. viser værdierne for den mættede hydrauliske ledningsevne målt ned gennem profilet (inklusiv resultaterne fra retentionsmålingerne ved Stubkær i forbindelse med det fulde undersøgelsesprogram). Generelt er værdierne høje (>1000 cm/d), hvilket er et udtryk for jordens høje indhold af grovsand. Lavere værdier ses i Ap-horisonten, hvor der er målt ledningsevner mellem 100 og 1000 cm/d, hvilket forklares ved det høje indhold af organisk stof i denne horisont. Som tilfældet var for retentionsmålingerne skiller målingerne i B- og C-horisonten ved Ruskær sig ud fra hovedparten af de andre profiler. Generelt er variationen mellem enkeltmålingerne lavest i C-horisonten.



Figur 5.13. Mættet hydraulisk ledningsevne (K_s, n = 5) målt på små retentionsringe. Fejllinjerne viser ± 1 standardafvigelse.

5.5.4 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 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 Alluvialkeglen har været repræsentative for jordtypen. Vandretentionsmålingerne dækker området fra fuld mætning til planternes visnegrænse (pF 4,2).

5.6 Mikrobiologi

Ulla Catrine Brinch (GEUS), Jim Rasmussen (GEUS) og Carsten Suhr Jacobsen (GEUS)

I profillinie prøverne (tabel 5.11.) er der bestemt antal dyrkbare bakterier på 1/300 TSA samt Goulds S1 agar, som udtryk for det mikrobiologiske potentiale for nedbrydning. I alle prøver er der desuden gennemført kvalitativ måling af acetatmineralisering for at undersøge om der findes mikrobiologisk aktivitet i de aktuelle jordprøver, der undersøges for pesticidmineralisering. Resultaterne for antallet af dyrkbare bakterier er vist i tabel 5.12.

	Stu	bkær (fuld-	Nedr	Nedre Juliane-		Nørlund		Søbjerg			F	Ruskæ	er	
		profil)			hede										
Profil		110			111			112		113			114		
		Cm	Nr.		Cm	Nr.		Cm	Nr.		Cm	Nr.		Cm	Nr.
Dybde 1	Ар	5-25	240		10	245		10	250		10	255		10	260
Dybde 2	Bs	32-52	241		33	246		33	251		45	256		48	261
Dybde 3	С	125-	242		65	247		110	252		87	257		85	262
		145													
Dybde 4		300	243		350	248		350	253		125-	258		75-	263
											170			120	
Dybde 5		600	244		550	249		750	254		200	259			

Tabel 5.11. Lokalitetsnavn, profil, dybde og horisont for de udtagne prøver

Tabel 5.12. Mikrobiologiske målinger i profillinie ved Stubkær (for nærmere beskrivelse af prøverne se tabel 5.11.).

		Antal dyrkbare bakterier på 1/300 TSA											
Profil	11	10	11	11	11	12	1'	13	11	14			
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std			
Dybde 1	2,9 x10 ⁶	2,2x10 ⁶	2,9x10 ⁶	1,4x10 ⁵	3,2x10 ⁶	1,3x10 ⁶	4,5x10 ⁶	2,0x10 ⁶	2,1x10 ⁶	4,7x10 ⁵			
Dybde 2	4,4x10 ⁵	1,9x10 ⁵	4,7x10 ⁵	1,9x10 ⁵	4,6x10 ⁵	1,6x10 ⁵	6,4x10 ⁶	2,9x10 ⁶	4,1x10 ⁶	1,9x10 ⁶			
Dybde 3	nd		1,1x10 ⁴	1,4x10 ³	3,5x10 ³	1,6x10 ³	1,2x10 ³	4,2x10 ²	<1000				
Dybde 4	<1000		4,1x10 ⁴	1,2x10 ⁴	9,3x10 ³	3,3x10 ³	1,6x10⁵	1,7x10 ⁴	8,9x10 ⁵	3,3x10⁵			
Dybde 5	<1000		1,1x10 ⁴	$4,4x10^{3}$	1,5x10 ⁴	3,2x10 ³	1,3x10 ⁶	4,3x10 ⁵	nd				

	Antal dyrkbare bakterier på Goulds S1 agar											
Profil	1'	10	1'	11	112		113		11	14		
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std		
Dybde 1	1,3x10 ⁵	3,8x10 ³	4,8x10 ⁴	6,7x10 ³	7,3x10 ⁴	1,4x10 ⁴	1,2x10 ⁵	2,5x10 ⁴	1,3x10 ⁴	1,1x10 ³		
Dybde 2	<100		<100		2,1x10 ²	2,1x10 ²	3,0x10 ⁴	1,2x10 ⁴	2,5x10 ²	2,2x10 ²		
Dybde 3	nd		<100		<100		<100		<100			
Dybde 4	<100		<100		<100		<100		<100			
Dybde 5	<100		<100		<100		<100		nd			

Antallet af dyrkbare bakterier talt på 1/300 TSA i prøverne fra den fulde profil ved Stubkær er generelt på niveau med de nærliggende profiler. Mens bakterietallet i overjordene er næsten ens i Stubkær som i de tre profiler Nedre Julianehede, Nørlund og Søbjerg er antallet af dyrkbare bakterier på 1/300 TSA lavere i den sidste profil Ruskær. Specielt i underjordene fra C horisionten finder vi færre dyrkbare bakterier i Stubkjær end vi finde i de øvrige profiler. Antallet af dyrkbare bare *Pseudomonas* sp bakterier er meget højere i overjorden i de fem profiler end i underjorden. Vi finder kun i en underjordsprøve (Dybde 2 fra Søbjerg) over 1000 dyrkbare *Pseudomonas* sp. bakterier pr. gram jord.

5.7 Stofspecifikke parametre

Ulla Catrine Brinch (GEUS); Jim Rasmussen (GEUS) og Carsten Suhr Jacobsen (GEUS)

I profillinie er der bestemt Kd værdier og mineralisering af de fire stoffer: MCPA, methyltriazinamin, metribuzin samt glyphosat .

- 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 ¹⁴C (tilsat som pesticid), der er genfundet som ¹⁴C-CO₂ efter 64 dage. Jo højere M64d værdi des mere af det tilsatte pesticid er fuldstændigt nedbrudt (mineraliseret).

5.7.1 Pesticidernes binding

De fire pesticiders binding til jorden i fuld profil fra Stubkær og de fire profillinie boringer er vist i tabel 5.13. 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.

	Kd værdi MCPA									
Profil	11	0	11	1	112		113		114	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	6,7	0,3	3,8	0,16	2,3	0,07	2,3	0,14	9,3	0,32
Dybde 2	2,1	0,2	0,35	0,01	nd	nd	1,0	0,05	nd	nd
Dybde 3	0,08	0,02	0,12	0,002	0,15	0,01	nd	nd	nd	nd
Dybde 4	0,10	0,03	0,17	0,03	0,07	0,004	0,21	0,02	0,30	0,01
Dybde 5	0,13	0,01	0,63	0,01	0,09	0,02	0,23	0,01	-	-

Tabel 5.13. Kd værdier for MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat bestemt på profillinie fra Stubkær.

		Kd værdi methyltriazinamin											
Profil	11	0	11	1	112			3	11	14			
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std			
Dybde 1	34	0,84	40	1,1	4,5	1,2	15	0,93	32	3,6			
Dybde 2	7,0	0,49	1,1	0,29	nd	Nd	3,0	0,05	Nd	nd			
Dybde 3	5,9	1,5	2,2	0,01	3,7	0,57	nd	Nd	Nd	nd			
Dybde 4	54	16	0,77	0,13	0,6	0,42	5,0	2,3	5,0	1,1			
Dybde 5	13	0,83	502	52	0,99	0,23	16	5,1	-	-			

Tabel 5.13. fortsat

	Kd værdi metribuzin											
Profil	11	0	11	1	112		113		114			
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std		
Dybde 1	2,3	0,06	1,4	0,06	0,81	0,02	0,88	0,01	2,6	0,09		
Dybde 2	0,17	0,02	0,06	0,01	nd	Nd	0,25	0,01	nd	nd		
Dybde 3	0,02	0,004	0,03	0,01	0,02	0,01	nd	nd	nd	nd		
Dybde 4	0,05	0,004	0,01	0,003	0,004	0,004	0,03	0,002	0,04	0,01		
Dybde 5	0,04	0,01	0,10	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	-	-		

	Kd værdi glyphosat									
Profil	11	0	11	1	11	2	11	3	11	4
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	1858	40	867	42	237	6,5	871	53	3758	258
Dybde 2	930	41	1501	97	nd	Nd	2505	56	nd	nd
Dybde 3	942	41	2706	221	2172	119	nd	nd	nd	nd
Dybde 4	1512	59	1126	78	864	65	1630	59	1726	161
Dybde 5	1743	150	2525	611	273	66	2393	115	-	-

Stoffernes binding til jorden (bestemt som Kd-værdier) følger i de fire profiler 111-114 i det store og hele den binding vi har fundet i Stubkær profilen (lokalitetsnr. 110). Generelt er sorptionen af MCPA og metribuzin højest i overjord, med meget lav binding i underjorde. For glyphosat og methyltriazinamin ses generelt en høj sorption gennem hele profilet.

5.7.2 Stoffernes mineralisering

De fire pesticiders mineralisering i de fire profillinieboringer er vist i tabel 5.14. 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 med angivelse af statistisk usikkerhed, fordi de alligevel giver en nyttig information om variationen i stoffernes eller deres metabolitters mineralisering.

	M64d værdi MCPA						
Profil	110	111	112	113	114		
Dybde	Gns	Gns	Gns	Gns	Gns		
Dybde 1	26	36	39	41	39		
Dybde 2	44	51	58	52	nd		
Dybde 3	57	12	16	42	nd		
Dybde 4	0,13	0,99	0,45	11	55		
Dybde 5	0,12	0,21	0,25	10	-		

Tabel 5.14. M64d værdier for MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat bestemt på profillinie.

	M64d værdi methyltriazinamin							
Profil	110	111	112	113	114			
Dybde	Gns	Gns	Gns	Gns	Gns			
Dybde 1	0,13	0,27	0,33	0,23	0,15			
Dybde 2	0,08	0,14	0,10	0,14	nd			
Dybde 3	0,04	0,12	0,08	0,08	nd			
Dybde 4	0,04	0,08	0,06	0,06	0,07			
Dybde 5	0,03	0,06	0,06	0,06	-			

	M64d værdi metribuzin						
Profil	110	111	112	113	114		
Dybde	Gns	Gns	Gns	Gns	Gns		
Dybde 1	0,25	0,22	0,25	0,27	0,15		
Dybde 2	0,07	0,12	0,08	0,12	nd		
Dybde 3	0,07	0,13	0,07	0,06	nd		
Dybde 4	0,27	0,05	0,03	0,02	0,08		
Dybde 5	0,02	0,02	0,24	0,03	-		

	M64d værdi glyphosat						
Profil	110	111	112	113	114		
Dybde	Gns	Gns	Gns	Gns	Gns		
Dybde 1	1,0	1,3	0,54	7,7	3,1		
Dybde 2	0,18	0,26	0,24	0,28	nd		
Dybde 3	0,53	0,29	0,32	0,27	nd		
Dybde 4	0,19	0,23	0,43	2,7	0,31		
Dybde 5	0,12	0,19	4,2	0,41	-		

Mineraliseringen af stofferne methyltriazinamin og metribuzin følger i de fire profiler (Nedre Julianehede, Nørlund, Søbjerg og Ruskær) stort set det billede vi har fundet i Stubkær. Nedbrydningen af stofferne er lav i alle prøver.

For Glyphosat finder vi, at mineraliseringen er lav, dog generelt højere i overjorden, hvor specielt Søbjerg og Ruskær skiller sig ud ved en højere mineralisering. I underjordene er mineraliseringen under 1,6% med undtagelse af dybde 5 Nørlund og dybde 4 Søbjerg, hvor mineraliseringen er på niveau med overjordene.

MCPA mineraliseringen falder i tre niveauer. I A-horisonten ses en tendens til en lavere total mineralisering end i visse jorde fra B og C horisonten. Dette ses selvom den initielle mineralisering er højere i overjorden, og skyldes formodentlig indbygning i den organiske fraktion. Mineraliseringen falder til mindre end 1% for de dybeste prøver (Dybde 4 og 5 for Stubkær, Nedre Julianehede og Nørlund).
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.: Undersøgelses- 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.
- KUPA, 2002, Undersøgelses- og analysemetoder anvendt i forbindelse med undersøgelser af sandlokaliteter: Hvilke metoder er anvendt, og hvilke overvejelser er gjort? Koncept for Udpegning af Pesticidfølsomme Arealer (KUPA), Rapport nr. 2, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, Miljøministeriet.
- Loll, P, Moldrup, P, Schjønning, P. & Riley, H. 1999. Predicting saturated hydraulic conductivity from air permeability: Application in stochastic water infiltration modeling. Water Resources Research 35 (8), 2387-2400.
- Madsen, H. B. & 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 JordbundsForskning, 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 zonering. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse og Danmarks JordbrugsForskning, 319 s.
- Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy, A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys Second Edition, United States Department of Agriculture.
- Sundberg, P.S. (red.), I. Callesen, M. H. Greve og K. Raulund-Rasmussen, 1999: Danske jordbundsprofiler. - Ministeriet for Fødevarer, landbrug og Fiskeri, Danmarks JordbrugsForskning.
- Van Vliet, B. & R. Langohr 1981: Correlation between Fragipans and Permafrost with special refenence to silthy Weichselian deposits in Belgium and Nothern France. Catena Vol. 8, 137-154, Braunschweig.

Appendiks 1

Forklaring af signaturer for geologi/pedologi som er benyttede i profiloptegnelserne.

Legende



Appendiks 2

Resultaterne fra teksturanalyserne på variabilitetsmarken ved Stubkær på alluvialkeglen.

				<u>[</u>]	0 g]	100	100	(mu)	цш ш	0 g]				
			[6	/100	[g/10	u) [g	ш) [ð	0	00	[g/10	[6 OC			
Ŀ.) g]	00	(r	(E	un (ы Q	-100)-20	(m	g/1(0 g]
nktn		/100	[g/1	μη 8	25 µ	-200	0-50	500	000	1 00] ແ	g]		J/10
Pul) [g	Ê	-63	3-1;	125-	(20(3	5	-63	ή 0(100		of [c
		μц	20 µ	t (2	9) p	, р	pu	g]	g]	000	630	[d		ulsto
	ode	$\widetilde{\mathbb{V}}$	(2-:	vsil	san	san	OVS	00	00	ц 1		snu	'nr.	al k
	D	Ler	Silt	Gro	Ц	g] g	9 9 0	Gro [g/1	Gro [g/1	Ste	Ste	Ηu	ц	Tot
1	1	5,6	3,4	6,4	6,0	6,9	36,2	19,3	10,7	7,4	7,0	5,5	3	3,23
2	1	5,6	2,9	6,0	5,6	9,9	37,0	17,4	9,7	7,2	8,0	5,9	3	3,45
3	1	5,6	4,9	1,8	6,9	8,7	41,0	15,6	11,4	9,2	6,9	4,1	3	2,41
4	1	6,2	5,8	2,6	5,4	10,4	38,4	16,3	10,5	7,0	17,0	4,4	3	2,57
5	1	4,6	4,4	1,0	4,1	5,4	46,7	20,4	10,4	6,5	18,2	3	1	1,77
6	1	4,6	2,9	5,9	5,9	10,5	40,1	16,1	8,1	7,2	10,6	5,9	1	3,46
7	1	4,6	2,4	4,3	5,1	6,4	39,3	20,1	12,6	7,0	11,4	5,2	1	3,04
8	1	5,6	2,9	6,0	5,5	9,3	38,5	16,3	10,5	7,5	6,8	5,4	3	3,19
9	1	5,6	2,9	6,3	6,9	8,0	41,4	15,9	7,0	1,1	5,3	6	3	3,52
10	1	6,2	4,3	1,6	5,6	9,7	38,4	17,9	11,4	9,3	4,2	4,9	3	2,87
11	1	5,1	2,9	6,9 7 4	7,3	8,3	41,8	14,7	7,3	5,4	7,9	5,7	3	3,35
12	1	5,6	2,9	7,4	5,9	9,4	34,9	16,8	11,0	10,0	13,2	6,1 5 4	3	3,58
13	1	5,1	2,4	5,3	5,0	6,0	35,7	20,1	15,3	13,5	14,8	5,1	3	3,02
14	1	5,1 5,2	4,3	1,5	4,2	8,9	43,1	19,7	9,3	7,2	15,7	3,3	3	1,92
15	1	5,Z	4,8	1,0	4,9	5,9	41,4	20,3	11,0	7,3	15,2	4,3	3	2,53
10	1	5,0 5 1	4,4 1 0	1,7	4, I 1 2	9,0	42,0	10,9	9,0 11 5	7,1	4, I 5 0	4	ა ი	2,34
10	1	0,1 4 7	4,0 1 2	1,0	4,3 2 4	0,3	40,9	10,9	11,0	7,7	0,9 24	4,3	1	2,00
10	1	4,7	4,3 1 3	1,4	,4 ∕\ 3	7,0 6.0	40,7 12.1	22,7	12.1	7,9	12 /	3,9 3,4	1	2,31
20	1	4,0	4.8	1,0	4,5	10.1	43.6	17.9	92	7,0	10	35	1	2,01
20	1	-,, 5 2	43	27	5.8	74	-0,0 30 3	18.8	12.2	12.2	93	2,5 4 3	י 3	2,07
22	1	5.7	4.8	2.5	4.3	9.6	37.9	19.6	11 1	8.6	22.0	4.5	3	2,00
23	1	4.6	3.9	2.1	5.5	7.7	47.3	18.0	8.3	6.0	5.5	2.6	1	1.51
24	1	4.7	4.3	1.0	3.8	10.0	36.3	22.1	13.9	10.5	4.8	3.9	1	2.26
25	1	5,2	5,3	2,6	6,6	7,4	40,6	18,3	9,7	8,1	6,6	4,3	3	2,53
26	1	5,2	5,3	1,2	4,3	7,8	39,5	22,4	10,5	10,0	9,0	3,8	3	2,25
27	1	5,7	4,3	3,1	6,1	7,1	39,6	19,3	10,2	10,3	10,8	4,6	3	2,68
28	1	5,6	5,4	2,0	5,2	9,4	41,8	19,8	6,2	8,1	12,2	4,6	3	2,72
29	1	4,7	4,8	2,1	5,0	5,9	38,8	20,6	14,6	11,4	19,4	3,5	1	2,04
30	1	5,2	4,8	2,4	5,9	10,6	41,3	18,1	7,6	9,5	9,1	4,1	3	2,43
31	1	5,7	4,3	2,8	5,9	7,3	36,8	20,3	13,0	10,6	8,2	3,9	3	2,31
32	1	5,2	5,3	1,9	5,3	9,8	41,8	16,9	9,3	6,6	3,6	4,5	3	2,63

33	1	6,2	4,8	2,5	6,2	7,1	43,9	15,9	8,4	6,8	13,2	5	3	2,96
34	1	5,3	4,7	2,6	4,6	8,7	38,3	20,7	11,8	8,0	7,6	3,3	3	1,95
35	1	4,6	3,9	6,6	6,6	7,9	39,4	15,7	9,4	7,2	6,0	5,9	1	3,45
36	1	5,1	2,9	7,7	7,2	11,9	39,3	13,8	5,8	9,5	7,7	6,3	3	3,68
37	1	4,8	4,7	3,3	6,4	7,9	40,9	17,6	10,9	12,0	14,1	3,5	1	2,04
38	1	4,7	3,8	1,6	3,6	7,2	40,0	23,0	12,2	8,8	11,4	3,9	1	2,27
39	1	4,7	3,8	2,5	5,2	6,8	43,2	21,0	9,8	8,3	7,9	3	1	1,76
40	1	4,7	3,8	1,3	3,6	9,2	49,6	17,6	7,5	5,2	10,0	2,7	1	1,58
41	1	5,2	4,3	1,2	5,5	6,9	41,7	18,0	12,8	11,2	8,0	4,4	3	2,57
42	1	5,2	4,8	2,4	5,3	10,1	41,1	17,2	10,6	10,0	15,7	3,3	3	1,91
43	1	5,2	4,8	1,6	6,7	8,0	43,6	16,5	9,3	10,4	2,0	4,3	3	2,53
44	1	5,2	4,3	1,4	5,2	10,3	44,9	17,5	7,0	9,5	9,6	4,2	3	2,44
45	1	5,2	4,3	2,3	5,3	6,7	40,3	19,8	12,1	10,3	7,1	4	3	2,35
46	1	5,6	4,9	1,5	4,5	8,7	39,7	20,3	10,7	12,7	8,7	4,1	3	2,38
47	1	5,1	3,4	1,5	3,9	6,7	49,4	18,5	8,5	7,2	6,3	3	3	1,75
48	1	4,1	3,4	1,3	4,1	10,4	37,5	24,2	12,7	12,4	10,5	2,3	1	1,33
1	2	3,5	1,4	1,0	1,8	3,3	25,9	25,8	36,7	26,6	22,2	0,6	1	0,36
2	2	2,0	0,9	1,0	0,3	1,5	41,5	43,9	8,7	4,6	0,7	0,2	1	0,13
3	2	2,0	0,9	1,0	0,4	0,7	15,4	31,9	47,4	27,7	12,4	0,3	1	0,15
4	2	2,5	0,9	1,0	0,9	3,8	35,3	27,8	27,4	23,5	10,0	0,3	1	0,20
5	2	2,6	0,9	1,3	0,9	1,8	43,2	26,7	22,2	22,5	20,0	0,4	1	0,25
6	2	3,1	0,9	1,4	0,8	2,0	24,8	33,2	33,4	20,0	25,8	0,4	1	0,24
1	2	2,0	0,9	1,0	0,5	1,3	32,0	38,9	22,7	17,4	7,6	0,7	1	0,40
8	2	2,5	0,9	1,0	0,6	2,3	43,3	34,7	14,4	11,0	5,6	0,3	1	0,16
9	2	3,0	0,9	1,0	1,1	2,7	37,8	32,1	20,7	19,4	25,6	0,6	1	0,33
10	2	2,5 5 4	0,9	1,0	0,3	1,1	27,4	39,6	20,8	22,5	13,2	0,4	1	0,23
11	2	5,1 2,5	2,9	4,4	0,0 0,7	6,2 2,7	38,0	24.0	13,1	14,0	15,9	1,0	3	0,93
12 12	2	2,5	0,9	1,0	0,7	2,1	20,5 27.4	34,Z	31,1 21.0	29,3 10 G	12,9	0,4	1	0,21
13	2	3,0 5 1	0,9 1 /	1,0	0,0	2,1	37,4	31,5 25.2	21,9	10,0	23,1 29 1	0,7	2	0,44
14	2	0,1 2,5	1,4	1,1	1,0	3,4	49,2 27.2	20,2	24.4	14,0	20,4	1,0	3 1	0,94
16	2	∠,5 ∕/ 1	0,9	1,0	0,3 24	1,Z	37,2 120	32,2 25 3	24,4 15 7	14,0	1//	0,3	1	0,10
17	2	4,1 ∕/1	0,9	1,0	2,4 1 0	0,7 3.4	42,0	20,0	25.2	22 /	21 7	1,1	1	0,07
18	2	4,1 3.6	0,9 1 /	1,2	1,0	3,4	20.7	38.7	20,2 10,1	22,4 15 1	21,7 10 3	13	1	0,39
19	2	3.6	1, 4	1,5	1,0	5.2	23,7 48 3	26.3	11 6	12.5	24.0	0.7	1	0,75
20	2	3.5	14	1.0	1.0	2.5	41.0	33.2	15.4	9.4	15.0	1	1	0.56
21	2	2.5	0.9	1,0	0.4	2,0 1 1	30.8	41.6	21.3	18.3	23.6	03	1	0.17
22	2	2.5	0.9	1.0	0.4	0.8	23.2	34.5	36.3	19,1	10.4	0.4	1	0.23
23	2	2.5	0.9	1.0	0.4	3.3	33.8	35.2	22.5	15.4	8.0	0.4	1	0.24
24	2	2.5	0,9	1.0	0.6	2.0	33.4	32.3	26.9	26.8	2.8	0.3	1	0.17
25	2	2.6	0.9	2.1	1.6	10.5	67.2	13.1	1.6	2.3	0.4	0.4	1	0.25
26	2	2.5	0.9	1.0	0.6	2.0	30.2	33.7	28.8	16.2	4.4	0.2	1	0.14
27	2	3.0	0.9	1.0	0.5	1.0	16.4	37.8	39.1	29.9	25.1	0.3	1	0.16
28	2	2.6	0.9	1.2	0.6	2.4	29.8	31.8	30.3	26.6	9.0	0.4	1	0.22
29	2	2.5	0.9	1.0	1.1	3.3	32.1	22.6	36.0	25.4	22.1	0.4	1	0.22
30	2	2,5	0,9	1,0	0,4	2,0	31,1	35,6	26,2	25,0	5,5	0,3	1	0,18
31	2	2,0	0,9	1,0	0,4	1,1	20,1	41,0	33,2	15,8	8,6	0,2	1	0,10
32	2	3,1	1,4	1,1	1,3	2,7	42,1	30,2	17,3	24,9	16,7	0,8	1	0,47
33	2	3,0	0,9	1,0	0,8	1,8	34,4	39,7	17,8	15,2	13,9	0,6	1	0,34

34	2	2,6	0,9	2,1	0,6	1,9	39,4	34,9	17,1	13,1	13,6	0,5	1	0,29
35	2	2,0	0,9	1,0	0,5	0,9	17,2	42,9	34,2	16,2	8,2	0,3	1	0,19
36	2	2,5	0,9	1,0	0,7	2,1	47,3	34,4	10,6	12,1	17,0	0,5	1	0,29
37	2	2,5	0,9	1,0	0,4	0,8	19,1	36,2	38,6	21,6	9,8	0,4	1	0,23
38	2	2,6	0,9	1,7	0,7	1,9	31,6	25,5	34,8	32,2	15,5	0,3	1	0,18
39	2	2,0	0,9	1,0	0,8	2,3	48,0	37,3	7,3	2,9	0,3	0,2	1	0,13
40	2	3,1	0,9	1,2	1,7	9,7	59,1	14,2	9,7	7,6	6,8	0,4	1	0,24
41	2	3,0	0,9	1,0	0,6	1,4	29,5	29,6	33,5	17,0	11,2	0,4	1	0,25
42	2	4,1	1,9	3,6	2,6	6,0	45,2	22,9	13,2	16,4	20,0	0,5	1	0,30
43	2	2,0	0,9	1,0	0,6	2,6	55,4	26,2	11,1	4,9	1,1	0,1	1	0,07
44	2	3,1	0,9	1,4	0,7	2,2	28,7	36,0	26,5	15,2	25,6	0,5	1	0,28
45	2	2,0	0,9	1,0	0,3	1,2	32,3	41,2	20,8	8,1	4,7	0,2	1	0,13
46	2	2,0	0,9	1,0	0,4	1,0	33,9	43,0	17,4	10,4	9,8	0,3	1	0,15
47	2	3,0	0,9	1,0	1,3	5,1	55,5	25,1	7,6	5,7	17,7	0,5	1	0,30
48	2	2,0	0,9	1,0	0,3	2,1	22,2	40,0	31,4	7,6	6,0	0,1	1	0,08

Appendiks 3

Resultater af enkeltanalyser på i de 48 punkter i Stubkær. IRGA = basal in situ respiration (g CO_2 m⁻² t⁻¹), SIR = substrat induceret respiration (μ L CO_2 g⁻¹ t⁻¹), ASA = arylsufatase aktivitet (μ g nitrophenol g⁻¹ t⁻¹), FDA = fluorescein diacetat hydrolyse (μ g fluorescein g⁻¹ t⁻¹), og antal dyrkbare bakterier på 1/300 TSA og GouldsS1 agar.

							Dybde	e 1					
Hul nr.	Jord respiration (IRGA), g CO ₂ m ⁻² + ⁻¹		Substratinduceret respiration (SIR),	μL CO ₂ g ⁻¹ t ⁻¹	Arylsulfatase ak- tivitet (ASA), µg NP g ⁻¹ t ⁻¹		Fluorescein di- acetat hydrolyse (FDA), µg fluores- cein g ⁻¹ t ⁻¹		Antal dyrkbare	TSA) g ⁻¹	Antal dyrkbare <i>Pseudomonas</i> sp (GouldsS1) g ¹		
			Gns	std	Gns	std	Gns	std	Gns	Std	Gns	std	
1	nd	-	3,1	0,3	9,9	0,4	17,4	2,3	1.1X10 7	3.6X10 ⁶	1.9X10⁵	9.2X10 ³	
2	nd	-	2,5	0,2	18,0	6,6	15,6	0,9	3.0X10 7	4.7X10 ⁶	2.7X10⁵	2.4X10 ⁴	
3	nd	-	3,9	0,2	12,0	2,6	23,4	0,1	3.2X10 6	1.2X10 ⁶	5.6X10 ⁴	2.7X10 ⁴	
4	nd	-	3,6	1,5	14,6	1,7	15,8	0,3	1.7X10 7	3.9X10 ⁶	2.1X10 ⁵	2.9X10 ⁴	
5	nd	-	2,4	0,2	11,3	4,3	24,3	2,1	1.0X10 ⁸	9.5X10 ⁶	1.6X10 ⁶	3.6X10⁵	
6	nd	-	3,7	0,3	9,3	6,7	53,6	3,0	1.3X10 7	3.2X10 ⁶	1.3X10⁵	1.9X10 ⁴	
7	nd	-	7,8	8,4	14,0	4,0	39,4	1,0	4.0X10 6	3.7X10⁵	1.1X10⁵	3.9X10 ³	
8	nd	-	2,7	0,1	17,7	3,1	28,7	0,7	7.4X10 ⁶	4.4X10 ⁶	7.2X10 ⁴	1.7X10 ⁴	
9	nd	-	7,0	5,1	12,3	3,3	19,3	1,7	1.4X10 7	9.8X10⁵	4.6X10 ⁴	1.5X10⁴	
10	nd	-	3,9	0,7	11,3	8,4	22,6	1,1	2.5X10 6	3.5X10⁵	6.6X10 ⁴	1.3X10 ⁴	
11	nd	-	3,3	0,1	24,0	2,0	5,3	0,7	1.2X10 7	1.8X10 ⁶	1.4X10⁵	2.3X10 ⁴	
12	nd	-	4,4	0,4	26,9	2,0	9,5	0,3	1.3X10 7	2.9X10 ⁶	7.9X10 ⁴	2.8X10 ⁴	
13	0,33	-	4,1	0,6	25,6	1,7	8,7	0,9	2.4X10 7	2.0X10 ⁶	4.4X10 ⁶	7.8X10⁵	
14	0,08	-	2,3	0,1	25,6	3,3	9,6	0,1	3.9X10 6	2.3X10⁵	8.9X10 ⁴	2.1X10 ⁴	
15	1,19	-	4,3	0,4	27,5	4,8	8,1	0,4	2.8X10 6	5.9X10⁵	2.3X10 ⁴	7.5X10 ³	
16	1,29	-	2,8	0,2	23,7	1,8	7,8	0,2	4.2X10 6	7.4X10⁵	1.3X10⁵	2.0X10 ⁴	
17	0,25	-	4,2	1,2	22,3	3,2	13,4	0,3	2.6X10	3.2X10⁵	3.2X10 ⁴	1.0X10 ⁴	
18	0,25	-	5,3	0,9	26,6	4,5	24,4	1,3	3.0X10 6 2.9X10	4.2X10⁵	3.6X10 ⁴	7.1X10 ³	
19	0,47	-	2,5	0,5	23,4	1,6	24,3	0,5	6 2 0 V 1 0	2.6X10⁵	2.9X10 ⁴	8.0X10 ³	
20	0,22	-	4,2	0,2	27,7	1,4	18,3	0,7	6	4.8X10 ⁵	3.6X10 ⁴	1.3X10 ⁴	

									2.4X10			
21	0,34	-	2,4	0,1	18,5	1,6	29,4	1,3	6	5.4X10⁵	2.1X10 ⁴	1.4X10 ³
22	0,47	-	3,6	0,4	23,2	2,4	19,1	0,2	3.7X10 6	8.7X10⁵	1.0X10 ⁵	1.8X10 ⁴
23	0,22	-	3,5	1,1	20,4	0,3	18,4	0,5	8.8X10 6	3.8X10 ⁶	1.2X10 ⁵	1.0X10⁴
24	0.01		2.4	0.0	24.2	0.0	10.7	0.6	7.6X10	1 0 1 106	2 4 × 105	7 1 1 1 04
24	0,21	-	3,4	0,2	21,2	0,8	19,7	0,6	9.7X10	1.9X10	3.4X10	7.1X10
25	nd	-	3,5	0,2	19,9	1,1	43,5	2,4	6	1.4X10 ⁶	8.1X10⁵	3.1X10 ⁴
26	nd	-	3,2	0,5	21,2	1,6	35,7	2,0	6.5X10 6	1.2X10 ⁶	2.1X10⁵	1.3X10⁴
27	nd	-	4,0	0,1	24,9	1,0	29,6	2,9	7.0X10 6	5.6X10 ⁶	4.6X10 ⁵	1.8X10 ⁴
28	nd	-	3,6	0,5	19,1	0,2	36,2	1,8	4.1X10 6	4.1X10 ⁵	8.3X10 ⁴	2.2X10 ³
29	nd	-	2,0	0,3	21,7	0,7	25,6	0,1	3.2X10 6	3.8X10⁵	5.5X10 ⁴	1.5X10 ⁴
30	nd	-	3,4	0,3	23,7	0,7	39,0	1,0	3.8X10 6	7.3X10⁵	5.3X10⁴	5.2X10 ³
31	nd	-	3,3	0.5	30,0	0.2	25,4	2,0	3.9X10 6	7.1X10⁵	1.2X10⁵	1.8X10⁴
22			2,2	0.1	00,5	2,2	20.4	1.0	5.5X10 6	0 CV10 ⁵	2.02405	1 4 × 10 ⁴
32	na	-	3,3	0,1	23,5	3,7	38,1	1,0	3.5X10	8.6X10 [*]	2.0X10	1.4X10
33	nd	-	3,2	0,2	12,4	1,7	54,6	0,9	6 2.0X10	1.2X10 ⁶	7.1X10 ⁴	1.5X10 ⁴
34	nd	-	4,1	0,2	30,9	0,9	28,2	0,3	6	3.9X10⁵	5.7X10 ⁴	1.7X10 ⁴
35	nd	-	3,8	0,2	31,8	3,8	32,3	2,7	3.0X10 6	2.9X10⁵	7.0X10 ⁴	6.2X10 ²
36	nd	-	4,1	0,9	28,3	1,9	28,3	2,8	3.0X10 6	3.8X10⁵	6.5X10⁴	7.8X10 ³
37	0,10	-	3,8	0,3	30,2	0,8	41,0	2,7	1.2X10 7	4.9X10 ⁶	1.0X10⁵	2.2X10 ⁴
38	0 12	-	26	0.1	27 1	1.5	32.9	0.5	5.4X10 6	3 9X10 ⁶	3 9X10 ⁴	3 7X10 ³
00	0,12		2,0	0,1	21,1	1,0	05.0	0,0	8.2X10	0.07406	0.07404	0.07404
39	0,25	-	2,9	0,5	21,4	3,1	35,9	3,9	1.3X10	2.0X10	2.3X10	2.0X10
40	0,15	-	3,1	0,5	19,9	1,4	21,2	1,2	7	2.8X10 ⁶	1.0X10 ⁵	8.4X10 ³
41	0,50	-	3,1	0,3	20,0	3,5	31,2	1,9	7	2.4X10 ⁶	1.2X10⁵	4.4X10 ⁴
42	0,13	-	2,9	0,5	16,8	0,9	29,6	1,4	1.3X10 7	6.0X10 ⁶	1.7X10⁵	1.9X10⁴
43	0,23	-	3,4	0,8	17,6	2,3	30,8	4,8	9.7X10 6	3.2X10 ⁶	4.4X10 ⁴	7.1X10 ³
44	0,49	-	3,9	0,3	19,8	1,4	34,7	0,7	1.0X10 7	2.9X10 ⁶	3.4X10 ⁴	1.2X10 ⁴
45	0,37	-	3,2	0,5	21,7	3,2	39,6	1,8	8.3X10 6	4.9X10 ⁶	6.3X10 ⁴	2.0X10 ⁴
46	0,07	-	6,9	6,0	15,2	1,7	38,9	0,8	7.3X10 6	4.0X10 ⁶	3.3X10 ⁴	1.0X10 ⁴
47	0,30	-	6,0	5,8	17,6	3,7	25,7	2,1	1.3X10 7	2.7X10 ⁶	7.4X10 ⁴	9.5X10 ³
48	0,28	-	2,2	0,1	13,6	0,4	17,5	0,7	1.4X10 7	3.2X10 ⁶	2.2X10⁵	7.8X10 ⁴

					[Dybde 2				
Hul nr.	Substratinduceret respiration (SIR)	μL CO ₂ g ⁻¹ t ⁻¹	Arylsulfatase ak- tivitet (ASA), µg	NP g ⁻¹ t ⁻¹	Fluorescein di- acetat hydrolyse	(FDA), µg fluores- cein g ⁻¹ t ⁻¹	Antal dyrkbare	bakterier (1/300 TSA) g ⁻¹	Antal dyrkbare	(GouldsS1) g ⁻¹
	Gns	std	Gns	std	Gns	std	Gns	Std	Gns	std
1	<0,5	-	nd	nd	nd	nd	1.1X10 7	3.6X10 ⁶	1.9X10⁵	9.2X10 ³
2	<0,5	-	nd	nd	nd	nd	3.0X10 7	4.7X10 ⁶	2.7X10⁵	2.4X10 ⁴
3	<0,5	-	nd	nd	nd	nd	3.2X10	1.2X10 ⁶	5.6X10 ⁴	2.7X10 ⁴
4	<0,5	-	nd	nd	nd	nd	1.7X10 7	3.9X10 ⁶	2.1X10⁵	2.9X10 ⁴
5	<0,5	-	nd	nd	nd	nd	1.0X10 8	9.5X10 ⁶	1.6X10 ⁶	3.6X10⁵
6	<0,5	-	nd	nd	nd	nd	1.3A10 7	3.2X10 ⁶	1.3X10⁵	1.9X10 ⁴
7	<0,5	-	nd	nd	nd	nd	4.0×10 6	3.7X10⁵	1.1X10⁵	3.9X10 ³
8	<0,5	-	nd	nd	nd	nd	7.4X10 6	4.4X10 ⁶	7.2X10 ⁴	1.7X10 ⁴
9	<0,5	-	nd	nd	nd	nd	1.4X10 7	9.8X10⁵	4.6X10 ⁴	1.5X10⁴
10	<0,5	-	nd	nd	nd	nd	2.5X10	3.5X10⁵	6.6X10 ⁴	1.3X10⁴
11	0,5	0,1	0,9	0,3	0,9	0,3	1.2X10 7	1.8X10 ⁶	1.4X10⁵	2.3X10 ⁴
12	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	1.3X10 7	2.9X10 ⁶	7.9X10 ⁴	2.8X10 ⁴
13	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	2.4X10 7	2.0X10 ⁶	4.4X10 ⁶	7.8X10⁵
14	1,2	0,0	1,9	0,2	1,9	0,2	3.9X10	2.3X10⁵	8.9X10 ⁴	2.1X10⁴
15	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	2.8X10	5.9X10⁵	2.3X10 ⁴	7.5X10 ³
16	0,6	0,1	0,9	0,3	0,9	0,3	4.2X10 6	7.4X10⁵	1.3X10⁵	2.0X10 ⁴
17	<0,5	-	0,8	0,2	0,8	0,2	2.6X10 6	3.2X10⁵	3.2X10 ⁴	1.0X10⁴
18	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	3.0X10 6	4.2X10⁵	3.6X10 ⁴	7.1X10 ³
19	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	2.9X10	2.6X10⁵	2.9X10 ⁴	8.0X10 ³
20	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	2.9X10	4.8X10⁵	3.6X10 ⁴	1.3X10⁴
21	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	2.4X10	5.4X10⁵	2.1X10 ⁴	1.4X10 ³
22	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	3.7X10 6	8.7X10⁵	1.0X10⁵	1.8X10 ⁴
23	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	8.8X10 6	3.8X10 ⁶	1.2X10⁵	1.0X10 ⁴
24	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	7.6X10 6	1.9X10 ⁶	3.4X10⁵	7.1X10 ⁴
25	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	9.7X10 6	1.4X10 ⁶	8.1X10⁵	3.1X10⁴

÷					i			1			
	26	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	6.5X10 6	1.2X10 ⁶	2.1X10⁵	1.3X10⁴
	27	<05	_	~0.5	_	<05	_	7.8X10 6	5 6X10 ⁶	4 6X10 ⁵	1 8X10 ⁴
	21	<0,5		<0,5	-	<0,5		4.1X10	3.0710	4.0/10	1.0/10
	28	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	6 3 2X10	4.1X10⁵	8.3X10 ⁴	2.2X10 ³
	29	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	6	3.8X10⁵	5.5X10 ⁴	1.5X10 ⁴
	30	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	3.8X10 6	7.3X10⁵	5.3X10⁴	5.2X10 ³
	31	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	3.9X10 6	7.1X10⁵	1.2X10⁵	1.8X10 ⁴
	32	0,6	0,1	0,6	0,1	0,6	0,1	5.5X10 6	8.6X10 ⁵	2.0X10 ⁵	1.4X10 ⁴
	22	0.6	0.1	-0 F		-0.5		3.5X10 6	1 2 1 1 0	7 1 1 104	1 5 1 04
	55	0,0	0,1	<0,5	-	20,5	-	2.0X10	1.2×10	7.1710	1.5×10
	34	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	6	3.9X10 ⁵	5.7X10 ⁴	1.7X10 ⁴
	35	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	3.0X10	2.9X10⁵	7.0X10 ⁴	6.2X10 ²
	36	<0.5	-	<0.5	-	<0.5	-	3.0X10 6	3.8X10⁵	6.5X10⁴	7.8X10 ³
		- , -		- , -		- 1 -		1.2X10			
	37	0,5	0,1	<0,5	-	<0,5	-	7	4.9X10 ⁶	1.0X10 ⁵	2.2X10 ⁴
	38	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	5.4X10 6	3.9X10 ⁶	3.9X10 ⁴	3.7X10 ³
	39	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	8.2X10 6	2.0X10 ⁶	2.3X10⁴	2.0X10 ⁴
	40	0,6	0,0	<0,5	-	<0,5	-	1.3X10 7	2.8X10 ⁶	1.0X10 ⁵	8.4X10 ³
	41	1.0	0.4	<0.5	_	<0.5	_	1.2X10	2.4X10 ⁶	1.2X10 ⁵	4.4X10 ⁴
		.,0	0,1	10,0		,.		1.3X10	2	,	
	42	0,7	0,0	0,6	0,2	0,6	0,2	7	6.0X10 ⁶	1.7X10 ⁵	1.9X10 ⁴
	43	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	9.7×10 6	3.2X10 ⁶	4.4X10 ⁴	7.1X10 ³
	44	0,7	0,0	1,0	0,1	1,0	0,1	1.0X10 7	2.9X10 ⁶	3.4X10 ⁴	1.2X10 ⁴
	45	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	8.3X10 6	4.9X10 ⁶	6.3X10 ⁴	2.0X10 ⁴
	46	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-	7.3X10 6	4.0X10 ⁶	3.3X10⁴	1.0X10 ⁴
	47	<0,5	_	<0,5	-	<0,5	-	1.3X10 7	2.7X10 ⁶	7.4X10⁴	9.5X10 ³
		-						1.4X10	_	-	
	48	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-		3.2X10 ^⁰	2.2X10°	7.8X10⁴

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.

