KUPA rapport nr. 6

Undersøgelse af morænesand af Weichsel alder på moræneflader, basisdata fra Djursland og Himmerland

Indhold

Forord **5**

1. Indledning **7**

2. Udpegning af lokaliteter og definition af feltundersøgelser **8**

2.1 Fuldt undersøgelsesprogram profiler ... 8
2.2 Markvariationsundersøgelser ... 10
2.3 Reduceret undersøgelsesprogram profiler (profillinie) ... 10
2.4 Oversigt over placering af undersøgelser ... 10
2.5 Placering af fuldt undersøgelsesprogram ... 12
2.5.1 Sjørup lokaliteten ... 12
2.5.1 Braulstrup lokaliteten ... 14
2.5.2 Låstrup lokaliteten ... 15

3. Resultater fra fuldt undersøgelsesprogram profiler på morænesand af Weichsel alder **18**

3.1 Pedologi ... 18
3.1.1 Sjørup lokaliteten ... 19
3.1.1.1 Jordbundsudvikling ... 19
3.1.2 Braulstrup lokaliteten ... 22
3.1.2.1 Jordbundsudvikling ... 22
3.1.3 Låstrup lokaliteten ... 25
3.1.3.1 Jordbundsudvikling ... 25
3.1.4 Pedologiske karakteristika for jorde på morænesand ... 28
3.2 Geologi ... 28
3.2.1 Sjørup lokaliteten ... 28
3.2.2 Braulstrup lokaliteten ... 29
3.2.3 Låstrup lokaliteten ... 32
3.2.4 Sedimentologiske karateristika for morænesandslokaliteter ... 34
3.3 Fysiske, kemiske og mineralogiske undersøgelser ... 34
3.3.1 Lokaliteterne Sjørup, Låstrup og Braulstrup ... 34
3.3.1.1 Sjørup lokaliteten ... 35
3.3.1.2 Braulstrup lokaliteten ... 37
3.3.1.3 Låstrup lokaliteten ... 39
3.3.2 Sammenligning af fysiske, kemiske og mineralogiske egenskaber ... 41
3.4 Hydraulik ... 42
3.4.1 Udtagne prøver ... 42
3.4.1.1 Sjørup lokaliteten ... 43
3.4.1.2 Braulstrup lokaliteten ... 43
3.4.1.3 Låstrup lokaliteten ... 43
3.4.2 Volumenvægt ... 43
3.4.3 Teksturanalyse på store kolonner ... 44
3.4.4 Vandretention ... 44
3.4.5 Mættet hydraulisk ledningsevne ... 47
3.4.6 Umættet hydraulisk ledningsevne ... 48

3.4.7 Anvendelighed af hydrauliske data 50
3.5 Mikrobiologi 50
3.5.1 Mikrobiel biomasse 51
3.5.2 Mikrobiel aktivitet 53
3.5.3 Mikrobiel diversitet 53
3.5.4 Sammenfatning 55
3.6 Pesticid specifikke parametre 55
3.6.1 Pesticides binding 56
3.6.2 Pesticiders mineralisering 58
3.6.3 DT50 bestemmelse 62

4 Resultater af markvariationsundersøgelser 64

4.1 Geofysik 64
4.1.1 EM38 64
3.4.1.2 Sjørup lokaliteten 64
4.1.2 Sammenfatning af EM38-målingerne på morænesandslokaliteter 65
4.1.3 Georadar 65
4.1.3.1 Sjørup lokaliteten 66
4.1.4 Geologisk tolkning af georadarundersøgelserne 67
4.2 Prøveudtagningssteder 70
4.3 Teksturanalyser 70
4.4 Hydraulik 74
4.5 Mikrobiologi 77
4.5.1 Variation 77
4.5.2 Markvariation 78
4.5.3 Resultater af enkeltanalyser 79
4.5.4 Sammenfatning 81
4.6 Pesticid specifikke parametre 81
4.6.1 Mineralisering 81
4.6.2 Sorption af pesticider 86
4.6.3 Sammenfatning 89

5. Resultater af profillinieundersøgelser 91

5.1 Geofysik 91
5.1.1 EM38 91
5.1.2 Georadar 93
5.2 Pedologi 95
5.2.1 Sivested lokaliteten 96
5.2.2 Tøstrup lokaliteten 98
5.2.3 Slotsbakke lokaliteten 99
5.2.4 Ørbæk lokaliteten 101
5.2.5 Jordbundudvikling i profilliniepunkterne 102
5.3 Geologi 103
5.4 Fysiske, kemiske og mineralogiske undersøgelser 108
5.4.1 Lokaliteteterne Sivested, Tøstrup, Slotsbakke og Ørbæk 108
5.4.1.1 Sivested lokaliteten 108
5.4.1.2 Tøstrup lokaliteten 110

5.4.1.3 Slotsbakke lokaliteten 112
5.4.1.4 Ørbæk lokaliteten 114
5.4.1.5 Sammenligning af fysiske, kemiske og mineralogiske egenskaber 115
5.5 Hydraulik 117
5.5.1 Volumenvægt 117
5.5.2 Vandretention 117
5.5.3 Mættet hydraulisk ledningsevne 119
5.5.4 Anvendelighed af hydrauliske data 119
5.6 Mikrobiologi 120
5.7 Stofspecifikke parametre 121
5.7.1 Pesticidernes binding 121
5.7.2 Stoffernes mineralisering 123

Referencer **126**

Appendiks 1 **127**

Appendiks 2 **128**

Appendiks 3 **131**

Appendiks 4 **134**

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 DanmarksJordbrugsForskning (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 morænesand af Weichsel alder indenfor moræneflader beliggende i Djursland og Himmerland.

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 . 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 Roll Jakobsen, GEUS, 1/8 til 31/10, 2001)
Ole Hørbye Jacobsen, DJF
Svend Elsnab Olesen, DJF

1. Indledning

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

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

I KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002) er der gjort nærmere rede for hvilke typer kvartære jordarter og landskabselementer, der undersøges indenfor KUPA projektet. Nærværende rapport fremlægger basisdata opnået ved undersøgelser på morænesand af Weichsel alder indenfor moræneflader beliggende i Djursland og Himmerland. Morænesand er karakteriseret ved at være et dårligt sorteret sediment med et sandindhold, der typisk er over 45% og et lerindhold der er mindre end 12% (Larsen et al. 1988). Moræneflader er karakteriseret ved at have en let bølget overfladeform uden fremtrædende bakker og dalstrækninger. Indenfor KUPA projektet er morænesand af Weichsel alder også undersøgt indenfor moræneflader beliggende i Vendsyssel. Morænesandsområderne i Vendsyssel skiller sig dog generelt ud fra morænesandsområderne på Djursland og Himmerland ved at morænesandsaflejringerne kun findes som et tyndt dæklag over smeltevandsaflejringer. Data fra undersøgelserne af morænesand på moræneflader i Vendsyssel vil blive fremlagt i en særskilt basisdata rapport.

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

Rapporten indledes i kapitel (2) med en oversigt over udpegede lokaliteter på morænefladder i Djursland og Himmerland 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

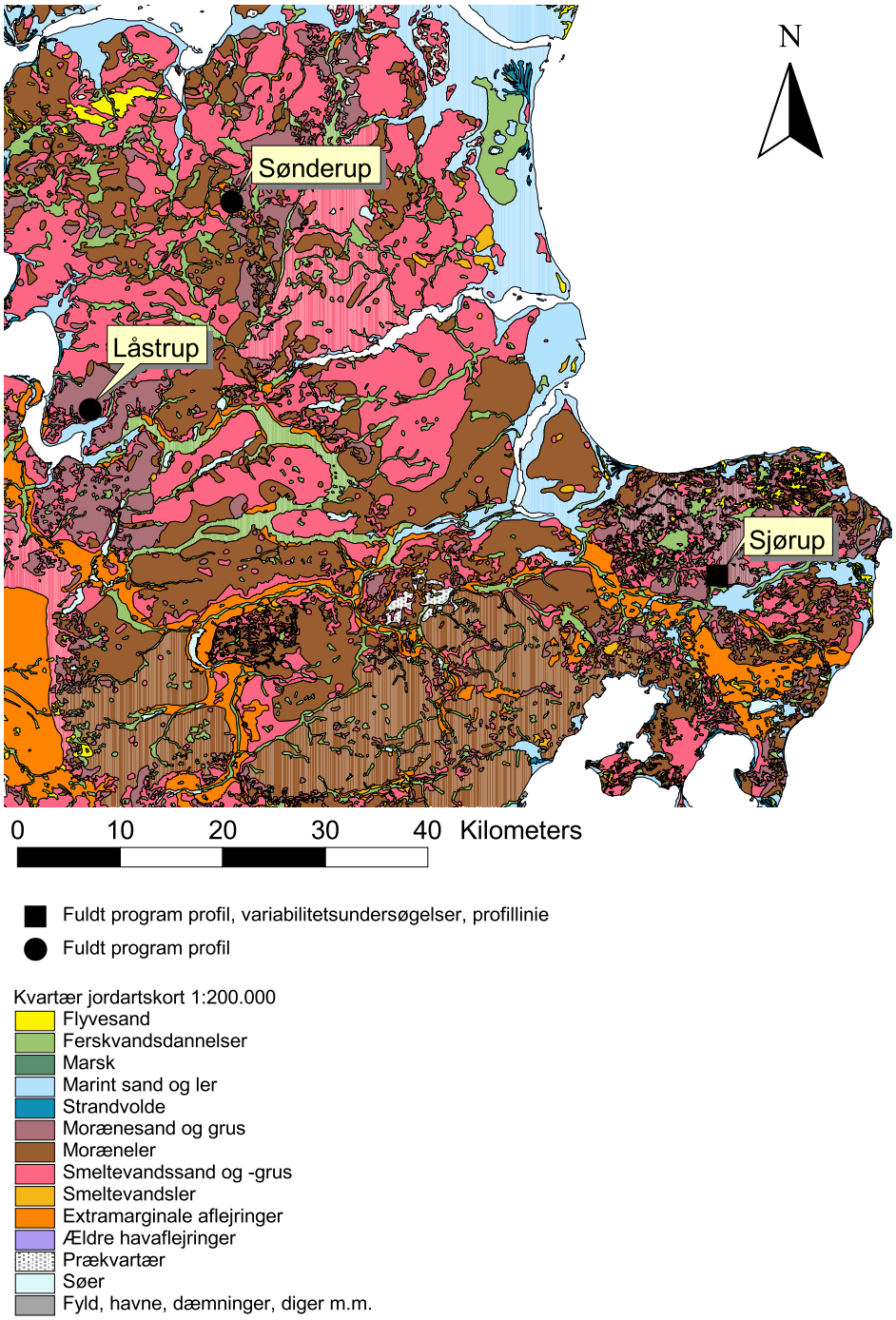
Henrik Vosgerau (GEUS)

I Djursland og på Himmerland er tre undersøgelsesmarker beliggende på morænesand valgt idet disse marker i øvrigt opfylder de stillede krav til dybde af grundvandsspejl, bedriftstype mm. som beskrevet i KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002)). Dog har det ikke i alle tilfælde været muligt at opfylde kravet om, at den undersøgte jordart, i dette tilfælde morænesand, skal udgøre hele den umættede zone. På nogle af morænesandslokaliteterne findes således også smeltevandsaflejringer i den umættede zone, hvilket må betragtes at være almindeligt forekommende i tilknytning til morænesandsaflejringer. De undersøgte marker benævnes Sjørup, Braulstrup og Låstrup. I figur 2.1 er deres placering på moræneflader i Djursland og Himmerland vist.

2.1 Fuldt undersøgelsesprogram profiler

På alle 3 marker er der indledningsvist foretaget geofysiske EM38-målinger og på lokaliteten ved Sjørup er der endvidere også lavet georadarundersøgelser. 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 (Barlebo et al. 2002)). Prøverne anvendes til analyse af tekstur, hydrauliske, mikrobiologiske, stofspecifikke og geokemiske parametre efter metoder angivet i KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002). På baggrund af fuldt undersøgelsesprogram profilerne er pedologien, geologien og geokemien beskrevet igennem den umættede zone.



Figur 2.1. Undersøgelsesmarkernes belliggenhed i Djursland og Himmerland med det Kvartære Jordartskort (1:200.000) som baggrund. Lokaliteterne er beliggende på moræneflader dannet i sidste istid, Weichsel. Bemærk venligst at lokaliteten Braulstrup som omtales i den følgende tekst ligger ca. 1 km øst for Sønderup.

2.2 Markvariationsundersøgelser

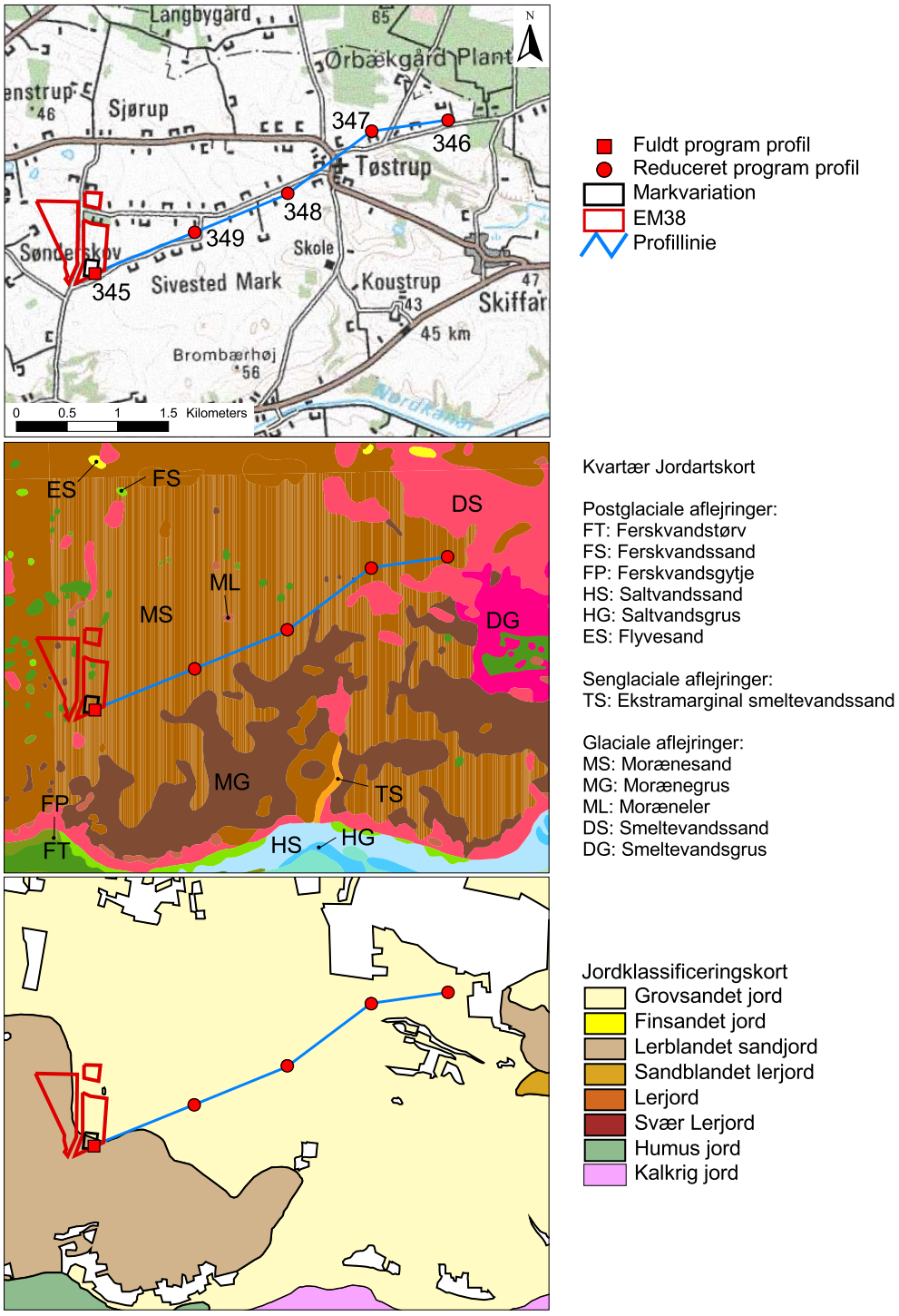
På Sjørup marken er der endvidere foretaget markvariabilitetsundersøgelser, hvilket indebærer, at der er lavet ca. 50 små udgravninger hen over marken, hvori der i topjorden er foretaget målinger og udtaget prøver til bestemmelse af variationen på markskala indenfor pedologi, tekstur, hydraulik (luftpermeabilitet), 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 Sjørup mark ligeledes i form af georadar-målinger.

2.3 Reduceret undersøgelsesprogram profiler (profillinie)

I tilknytning til Sjørup mark er der udført en profillinie, som består af fire boringer, der sammen med fuldt undersøgelsesprogram profilet på Sjørup mark, danner en ca. 4,5 km lang, SV-NØ gående linie på morænefladen. 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 detaljeret end i fuldt undersøgelsesprogram, idet ikke så mange parametre bestemmes (se KUPA rapport 2 (Barlebo, 2002)). Langs dele af profillinien er der endvidere lavet geofysiske undersøgelser i form af EM38 og georadarundersøgelser.

2.4 Oversigt over placering af undersøgelser

Figur 2.2. viser placeringen af fuldt undersøgelsesprogram profil på Sjørup mark, reduceret undersøgelsesprogram profiler (der indgår i profillinien) samt udstrækning af områder, hvor der er lavet markvariabilitetsundersøgelser og EM38-målinger.



Figur 2.2. Placering af fuldt program profil på Sjørup 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. På 1 cm kortet er profilernes KUPA lokalitetsnumre angivet, hvortil knytter sig følgende stednavne: 345: Sjørup (DGU arkiv nr. 70. 520); 346: Ørbæk (DGU arkiv nr. 70. 516); 347: Slotsbakke (DGU arkiv nr. 70. 517); 348: Tøstrup (DGU arkiv nr. 70. 518); 349: Sivested (DGU arkiv nr. 70. 519).

2.5 Placering af fuldt undersøgelsesprogram

Søren Torp (DJF) og Mogens Greve (DJF)

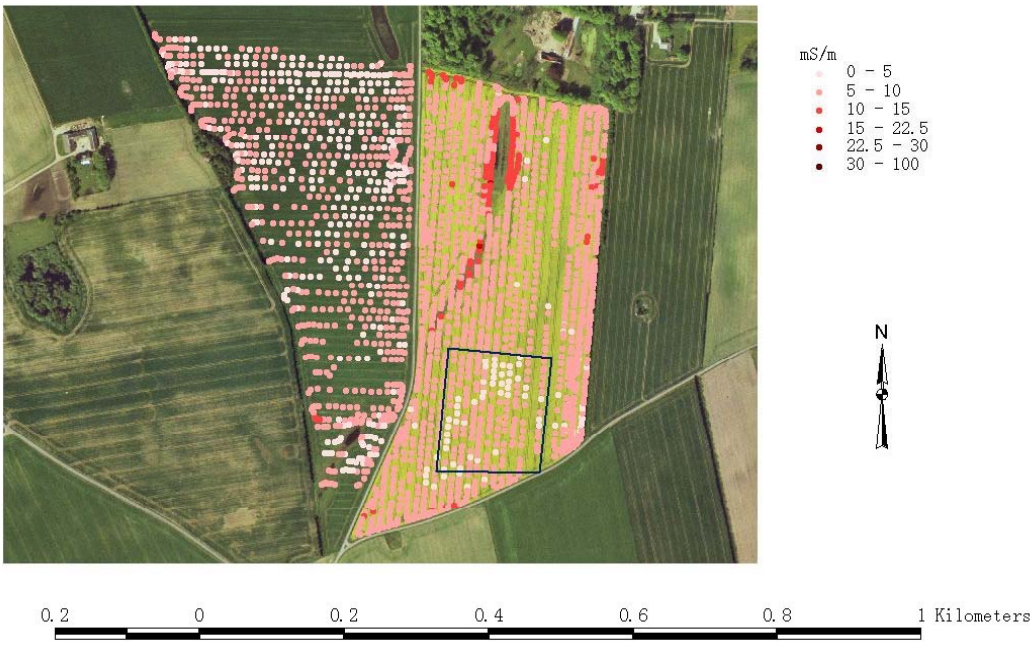
De udvalgte undersøgelsesmarker er indledningsvis blevet opmålt med EM38, således at disse målinger kunne anvendes til placeringen af fuldt undersøgelsesprogram profilet på alle 3 lokaliteter. Målingerne er desuden anvendt til placering af den delmark i Sjørup som skulle anvendes til markvariabilitetsundersøgelsen.

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 morænesand typiske EM38-værdier. Lokaliteterne blev efterfølgende opsøgt for at få bekræftet, at de var placeret på den rigtige jordart.

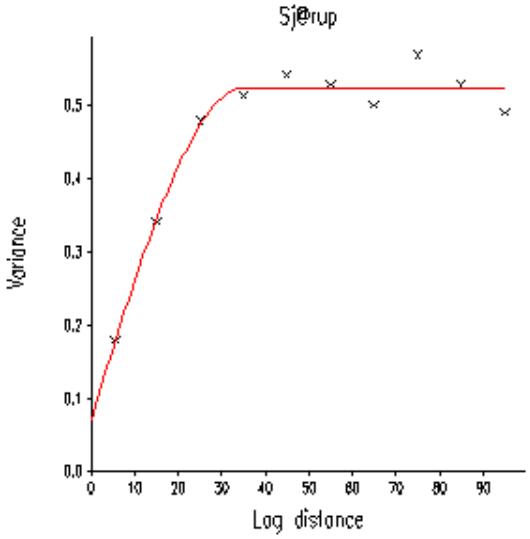
På Sjørup-lokaliteten blev EM38-målingerne suppleret med en georadarundersøgelse. Resultaterne af denne indgik i den endelige udpegning af udgravningens placering og udgravningsvæggene blev placeret langs et vinkelret sæt af georadarlinier.

2.5.1 Sjørup lokaliteten

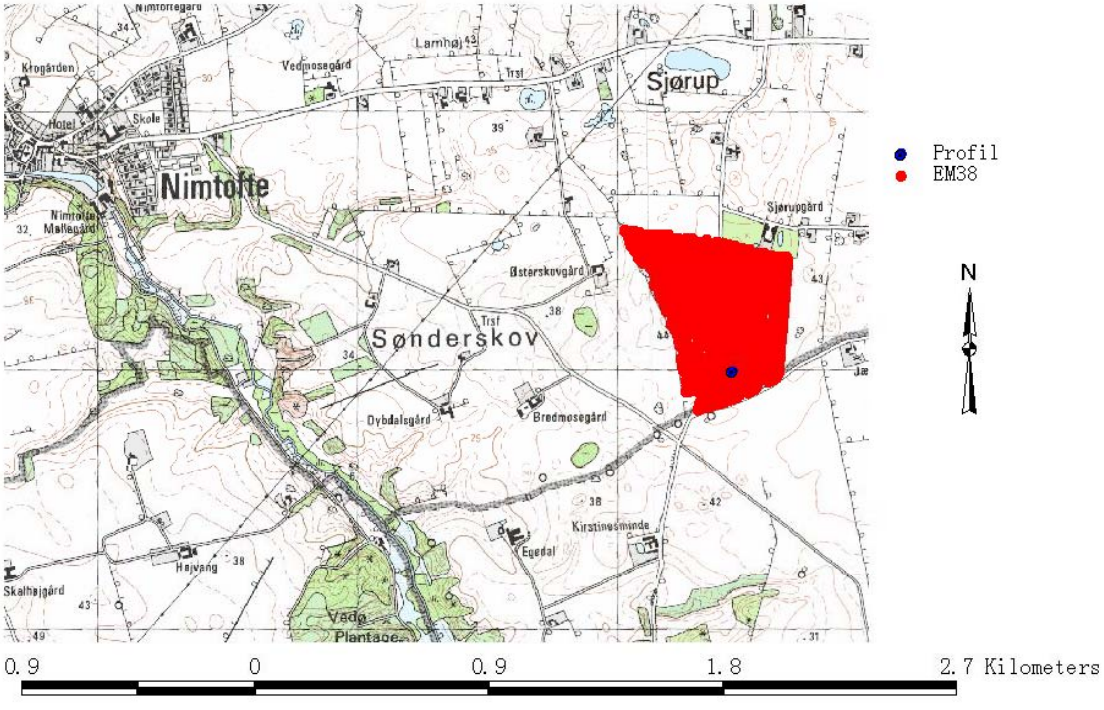
Resultater fra EM38-undersøgelsen af Sjørup-lokaliteten er vist på figur 2.3 og 2.4. Ud fra disse er placeringen af udgravningen af fuldt undersøgelsesprogram profilet og markvariationsundersøgelserne bestemt, figur 2.5.



Figur 2.3. Resultater fra målinger med EM38 sensoren ved Sjørup lokaliteten. Figuren viser målinger af jordens elektriske ledningsevne målt i millisiemens/meter. Størstedelen af området viste måleværdier på 5-10 mSm/m (lyse og lyserød). Måleværdier på 10 - 15 mSm/m fandtes kun få steder (rød). Højere værdier 15 – 22.5 mSm/m findes kun pletvis og er atypiske (mørkerøde).



Figur 2.4. Variogram af EM38-målingerne fra Sjørup lokaliteten. Punkterne er det eksperimentelle semivariance. Den røde linie er den bedst fittede eksponentielle model med følgende parametre (defineret i KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002)): Range = 30 m, sill = 0,52 og nugget= 0,08.

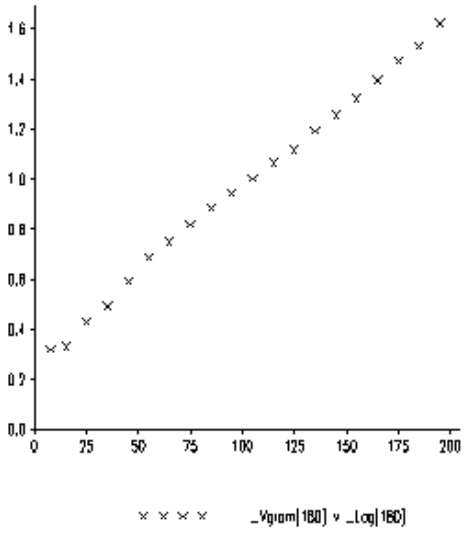


Figur 2.5. Sjørup lokaliteten. Undersøgelsesmarkens geografiske placering øst for Nimtofte. Markens udstrækning er vist med rødt. Udgravningen, i tilknytning til fuldt undersøgelsesprogram profilet, er lavet ved det blå punkt.

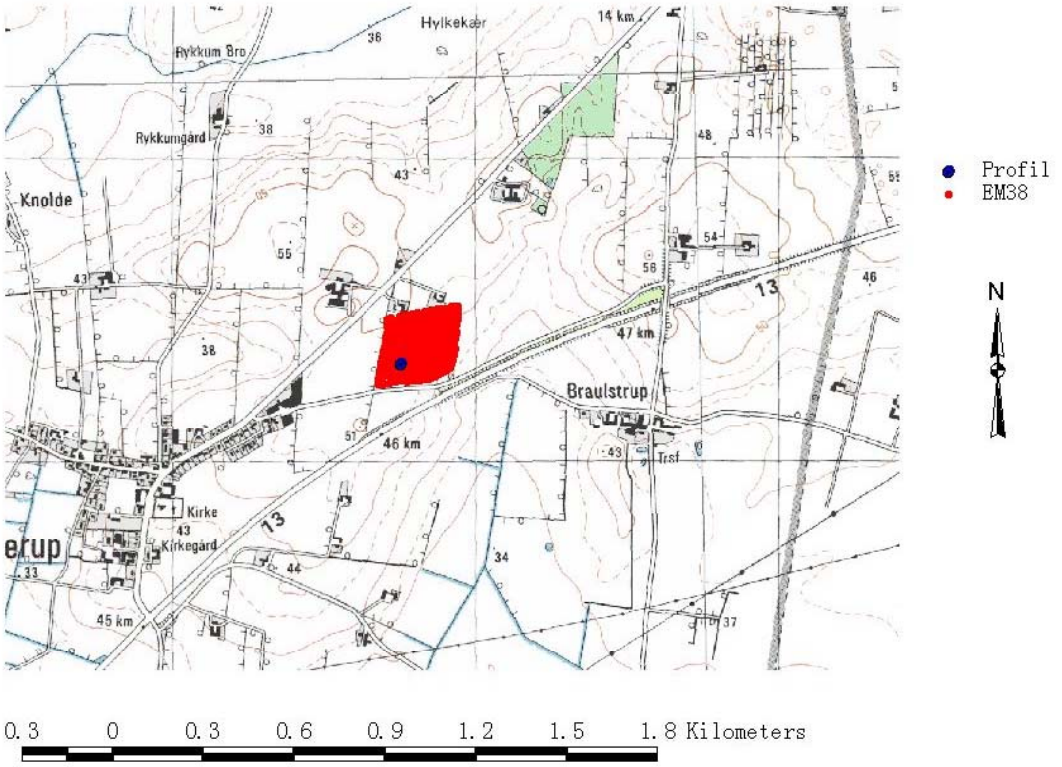
2.5.1 Braulstrup lokaliteten

Resultater fra EM38-undersøgelsen af Braulstrup lokaliteten er vist på figur 2.6 og 2.7. Ud fra disse er placeringen af udgravningen af fuldt undersøgelsesprogram profilet bestemt, figur 2.8.

Figur 2.6. Resultater fra målinger med EM38 sensor ved Braulstrup lokaliteten. Figuren viser målinger af jordens elektriske ledningsevne målt i millisiemens/meter. Størstedelen af området viste måleværdier på 0 - 5 mSm/m (lys farve). Måleværdier på 5 - 10 mSm/m fandtes kun få steder (lyserød). Højere værdier 10 - 15 mSm/m fandtes kun pletvis og er atypiske (mørkerøde).



Figur 2.7. Variogram af EM38-målingerne fra Braulstrup lokaliteten. Punkterne er det eksperimentelle semivariance. Variogrammet er unbounded.

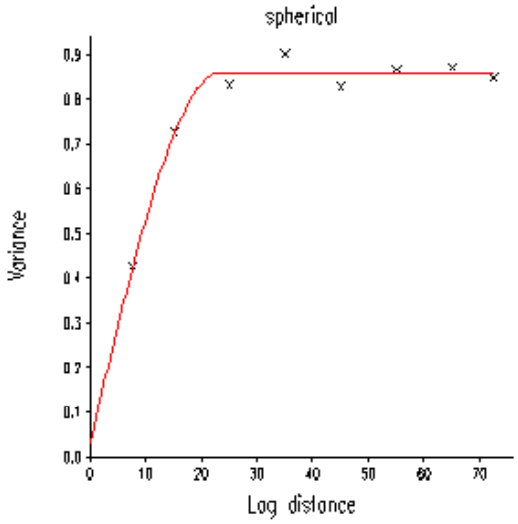


Figur 2.8. Undersøgelsesmarkens geografiske placering ved Braulstrup. Markens udstrækning er vist med rødt. Variationsundersøgelserne er udført indenfor den sorte firkant, og udgravningen, i tilknytning til fuldt undersøgelsesprogram profilet, er lavet ved det blå punkt.

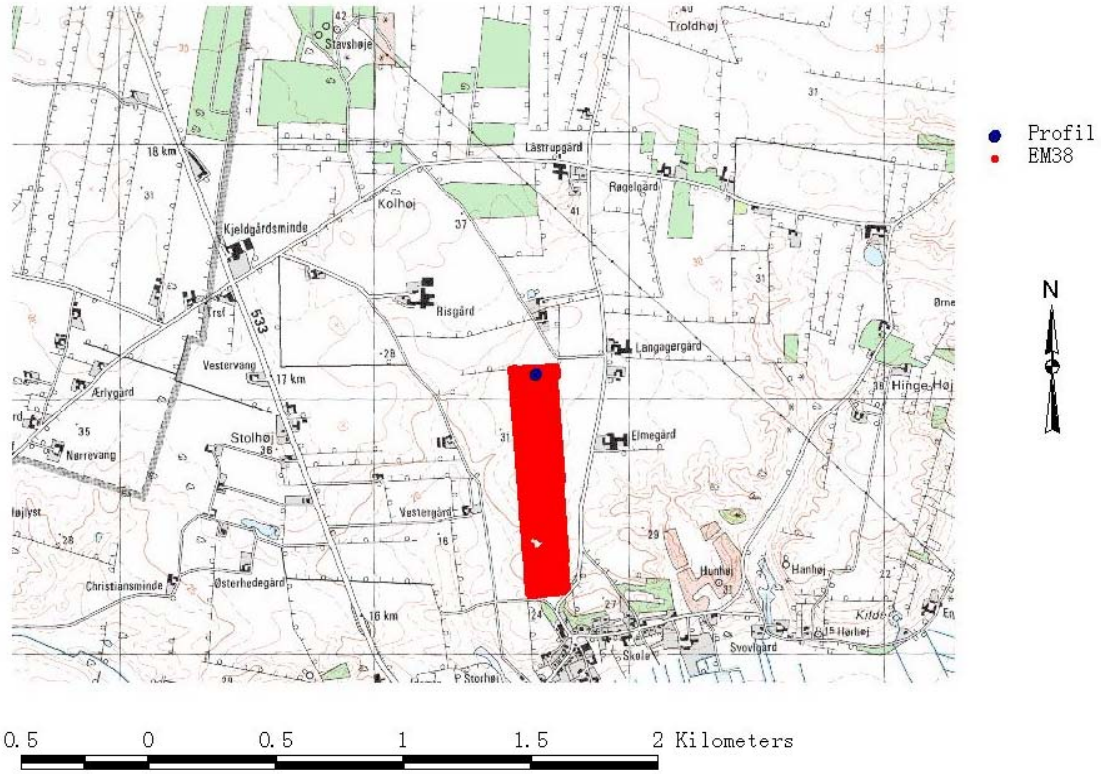
2.5.2 Låstrup lokaliteten

Resultater fra EM38-undersøgelsen af Låstrup lokaliteten er vist på figur 2.9 og 2.10. Ud fra disse er placeringen af udgravningen af fuldt undersøgelsesprogram profilet bestemt, figur 2.11.

Figur 2.9. Resultater fra EM38-undersøgelsen af Låstrup lokaliteten. Figuren viser målinger af jordens elektriske ledningsevne målt i millisiemens/meter. Størstedelen af området viste måleværdier på 5 - 10 mSm/m (lyserød). Måleværdier på 0 - 5 mSm/m fandtes kun få steder (lys). Højere værdier 10 - 15 og 15 – 22.5 mSm/m fandtes kun pletvis og er atypiske (rød og mørkerøde).



Figur 2.10. Variogram af EM38-målingerne fra Låstrup lokaliteten. Punkterne er det eksperimentelle semivariance. Den røde linie er den bedst fittede spherisk model med følgende parametre (defineret i KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 2002)): Range = 20 m, sill = 0,85 og nugget= 0,04.



Figur 2.11. Undersøgelsesmarkens geografiske placering nord for Låstrup. Markens udstrækning er vist med rødt. Udgravningen, i tilknytning til fuldt undersøgelsesprogram profilet, er lavet ved det blå punkt.

3. Resultater fra fuldt undersøgelsesprogram profiler på morænesand af Weichsel alder

Dette kapitel omhandler undersøgelsesresultaterne for tre jordprofiler på marker på morænesand indenfor landskabselementet moræneflade af Weichselalder. Undersøgelserne gennemføres dels i en V-formet udgravning til 1-2 meters dybde, dels i boringer, jf. KUPA rapport nr. 2 (Barlebo et al. 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

Forfatter: Søren Torp

Undersøgelses lokaliteternes pedologiske forhold og de dominerende jordbundsdannende processer er beskrevet i de følgende afsnit. I kapitel 3.3 findes en detailleret beskrivelse af de fysiske, kemiske og mineralogiske forhold på de tre lokaliteter. I kapitel 5 findes en beskrivelse af forholdene i profilliniepunkterne. 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 (Barlebo at al. 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).

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

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

3.1.1 Sjørup lokaliteten

Profilet klassificeres i det danske system (Madsen 1985) som en Brunpodsol pga. den diagnostiske Bvs-horisont. Da C-horisonten indeholder mere end 50% fragipan bliver det en Fragi Brunpodsol.

3.1.1.1 Jordbundsudvikling

De øvre jordlag i morænesandet på Sjørup lokaliteten er eller har været påvirket af følgende fysiske og kemiske processer: Materiale pålejring, forbruning, Frost/tø-processer, udvaskning og jordbrugskalkning, tabel 3.2 og figur 3.1-3.4. I denne sandede moræneaflejring ved Sjørup er det oprindelige kalkindhold udvasket til 250 cm dybde. Teksturelt er den umættede zone meget homogen (se afsnit 3.3) og det formodes at hele pedosfæren har haft et lignende kalk indhold som findes i 2,5 meters dybde. I nyere tid mens jorden har været dyrket som landbrugsjord er der tilført karbonat som mergel og landbrugskalk. Det ses på den omvendte pH-profil i de tre øverste analyse prøver. Den dominerende jordbundsdannede proces i B-horisonten er forbruning ved forvitring af primærmineraler. Det underbygges af det forholdsvis høje indhold af Fe og Al i de to øverste horisonter der tyder på ophobníng som følge af kompleksbinding til humusstofferne i A-horisonterne.

Om der har været en egentlig podsoleringsproces på et tidspunkt kan dog ikke erkendes ved tilstedeværelsen af nogen diagnostisk horisont på grund af den landbrugsmæssige pløjning. Materialet fra en sådan podsolering findes da i givet fald opblandet og homogeniseret i Ap- pg Ap2-horisonterne i dag. Med den nuværende landbrugspraksis må det formodes eventuelle podsolerende processer er sat i stå.

Tilstedeværelsen af en tyk A-horisont med en tydelig indre lagdeling viser at der siden opdyrkningen er påført materiale sandsynligvis ved sandflugt/jordfygning. Lag med mere end 50% diskontinuert hård fragipan i 90 – 170 cms dybde viser at jorden har været eksponeret for tø/frost- og våd/tørre-processer i perioder af sidste istid. Det er opserveret at fragipanen er typisk ved at være diskontinuert, sprød når den er fugtig og hård når den er tør. Desuden har den en høj densitet og kan brydes i vandrette linseformede aggregater (Payton, 1992). Fragipans udvikles ved gentagne cycler af tø/frost- og våd/tørring. Hårdheden af denne fragipan må betegnes som værende moderat. van Vliet (1981) påviser en sammenhæng mellem fragipanens udviklingsgard og jordens vandindhold (drænering). En forklaring på at fragipanen på dette sted er forholdvist moderat udviklet kan være både at jorden er veldrænet men også at den tid som der har været til at den har kunnet udvikles, har været begrænset. Da fragipanen på denne lokalitet er udviklet på materiale med lavet lerindhold i forhold til den af Payton undersøgte er det uvist hvor stor indflydelse fragipanen har på vandbevægelsen vertikalt/lateralt gennem jorden. Der er ikke taget prøver specielt for at belyse dette forhold.

Tabel 3.2. Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 345 ved Sjørup (DJF profil nr. 3159 og DGU arkivnr. 70.520).

Dansk jordklassifikation	Fragi Brunpodsol.	**USDA jordklassifikation**	
Udgangsmateriale	Moræneaflejringer	**Profil dybde**	170 cm
UTM	32 599537 6251964	**Dræningsklasse**	Meget veldrænet jord
Landskabsform	Moræneplatau	**Grundvandsdybde**	-
Kort blad	1315 II NV Ryomgård	**Vegetation**	Høstet afgrøde
Kote	41 m	**Max. rod dybde**	
Topografi	Svagt undolerende	**Beskriver**	Søren Torp & Steven Ashouti
Hældning	1-2°	**Dato**	2.10.2001
Bemærkninger	Profilbeskrivelsen er lavet på vestvæggen fra 2-3 meter.		

Profilbeskrivelse

Ap (0-29 cm)

Meget mørk grålig brun (10YR 3/2 fugtig) siltet sand; humusholdig, 1 - 7 %; jordbrugskalket overvejende som klumper; meget svag fin granulær struktur; fugtig, ikke klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % uforvitrede; små (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet form og blandede lithologi uden kalk; nogle fine rødder; porer, 1 - 10 / dm2 som orme- og rodgange; abrupt jævn horisontgrænse.

Ap2 (29-58 cm)

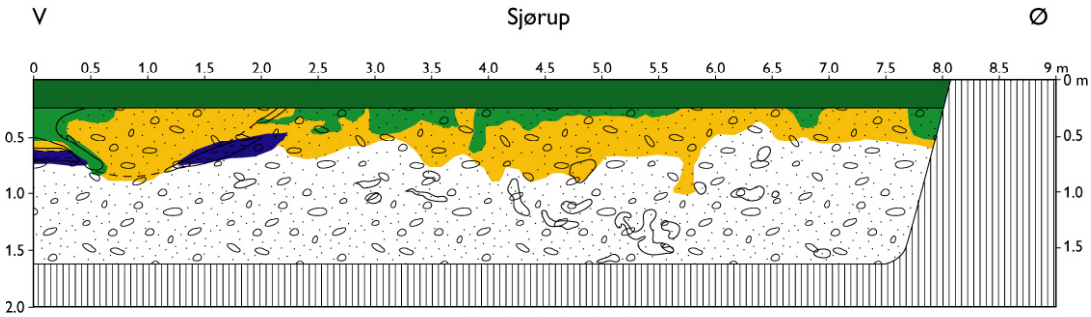
Mørk brun (10YR 3/3 fugtig) siltet sand; en del pletter, 2-20 % mørk gullig brun (10YR 4/4 fugtig), pletterne er store, større end 15 mm, brogede med en diffus, større end 2 mm grænse og svag kontrast; humusholdig, 1 - 7 %; meget svag fin granulær struktur; fugtig, ikke klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % uforvitrede; små (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet form og blandede typer uden kalk; nogle fine rødder; porer, 1 - 10 / dm2 som orme- og rodgange; gradvis bølget horisontgrænse.

Bvs (58-90 cm)

Lys gullig brun (10YR 6/4 fugtig) siltet sand; der er horisontindblanding af farven meget mørk grålig brun (10YR 3/2); en del pletter, 2-20 % brun (10YR 4/3 fugtig), pletterne er store, større end 15 mm, afrundede med en klar, mindre end 2 mm grænse og tydelig kontrast; humusfattig; svag fin subangulær struktur; fugtig svagt klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % blanding; små, (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet form og blandede typer uden kalk; meget få fine rødder; porer, 1 - 10 / dm2 som orme- og rodgange; diffus bølget horisontgrænse.

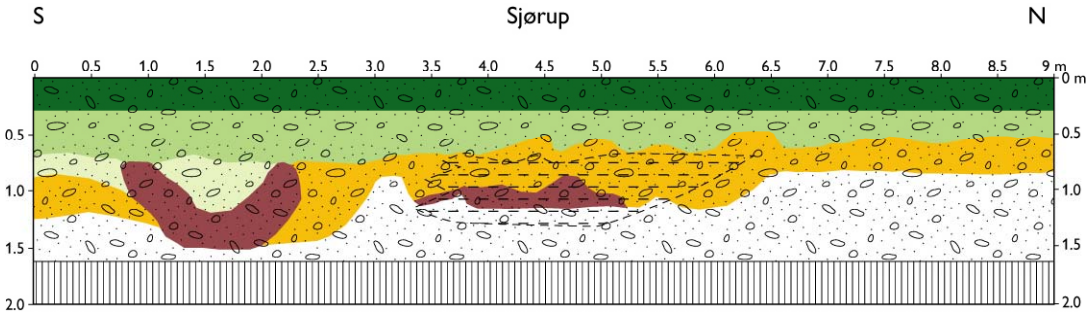
C (90-170 cm)

Lys gullig brun (2,5Y 6/4 fugtig) siltet sand; en del pletter, 2-20 % brunlig gul (10YR 6/8 fugtig), pletterne er store, større end 15 mm, brogede med en diffus, større end 2 mm grænse og tydelig kontrast; desuden findes sekundære farvepletter af farven lys gullig brun (2,5Y 6/4 fugtig); humusfattig; moderat grov angulær struktur; fugtig, meget klæbrig konsistens; 5 – 15 vol % blanding; små + mellem store sten af blandet form og blandede typer uden kalk; mindre end 5 vol % noduler med en diameter større end 1 cm, bløde, blandede, Fe-oxider & hydroxider (røde) + Fe- og Mn-oxider; diskontinuert cementeret, mere end 50% er hårdt prismatisk fragipan; meget få fine rødder; porer, 1 - 10 / dm2 som orme- og rodgange.



Figur 3.1. Skitse af V-Ø profilvæg ved Sjørup. Farverne viser pedologien og stregerne den geologiske opmåling. En udførlig signaturforklaring findes i appendiks 1.

Figur 3.2. Foto af V-Ø profilvæg ved Sjørup. Profilet er 8 meter langt. Foto S.Torp.



Figur 3.3. Skitse af S-N profilvæg ved Sjørup. Farverne viser pedologien og stregerne den geologiske opmåling. En udførlig signaturforklaring findes i appendiks 1.

Figur 3.4. Foto af S-N profilvæg ved Sjørup. Profilet er 7 meter langt. Foto S.Torp.

3.1.2 Braulstrup lokaliteten

Profilet klassificeres i det danske system (Madsen 1985) som en Typibrunsol pga den diagnostiske Bv-horisont. Mere end 50% er hårdt cementeret. Dermed bliver det en Hærdnet Typibrunsol.

3.1.2.1 Jordbundsudvikling

Jordbundsprofilet ved Braulstrup er domineret af følgende fysiske og kemiske processer: Forbruning, udvaskning, jordbrugskalkning, frost/tø processer, tabel 3.3 og figur 3.5-3.8.
Jorden er klassificeret som en Typibrunsol, hvis karakteristika er den forbrunede Bv-horisont. Forbruningen skyldtes frigivelse af sesquioxider ved forvitring af primærmineraler (ref). Modsat podsolering er transport ved forbruning normalt ikke erkendbar. I dette profil er der dog et højere indhold af Fe og Al i de tre øverste af de analyserede horisonter. Dette højere indhold kan sandsynligt for en del tilskrives udgangsmaterialets noget højere ler og silt indhold der er mere forvitringspotientielle end de dybere liggende jordlag. Transport af sesquioxider i de øvre horisonter kan dog ikke udelukkes, men et bevis sløres af landbrugsdriften.
Profilet har i Ap-horisonten et forhøjet indhold af kulstof i forhold til de fleste andre profiler i denne undersøgelse af morænesand. Dette forhold afspejles også i den høje ODOE værdi.
Det omvendte pH-profil og iagttagelsen af jordbrugskalk i Ap-horisonten viser at jorden, for de øvre jordlag, ikke er i sin naturlige sure tilstand. Det ses ligeledes på det høje Ca-ion indhold og dermed på basemætningen der viser store værdier i Ap-horisonten.
Jorden er veldrænet og sandet og kun i 85- 125 cms dybde sås meget få Fe og Mn noduler (tabel 3.2.6) der vidner om meget svag vandpåvirkning.
Fra 85-125 cm findes en pladeagtig hård diskontinuert fragipan dannet ved frost/tø-våd/tørre- processer i et klima med permafrost sent under Weichsel glaciationen (se også omtalen af Sjørup profilet).

Tabel 3.3. Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 351 ved Braulstrup (DJF profil nr. 3173 og DGU arkivnr. 40.1255).

Dansk jordklassifikation	Hærdnet Typibrunsol	**USDA jordklassifikation**	
Udgangsmateriale	Moræneaflejringer	**Profil dybde**	190cm
UTM	32 540772 6297303	**Dræningsklasse**	Veldrænet jord
Landskabsform	Storbakket moræne	**Grundvandsdybde**	200
Kort blad	1216 II NV Års	**Vegetation**	Høstet afgrøde
Kote	48 m	**Max. rod dybde**	95 cm
Topografi	Mindre plateau	**Beskriver**	Søren Torp
Hældning	0-2°	**Dato**	14.3.2002
Bemærkninger	Muldvarpegange i Bv-horisonten.		

Profilbeskrivelse

Ap (0-25 cm)

Meget mørk grålig brun (10YR 3/2 fugtig) lerholdigt siltet sand; humusholdig, 1 - 7 %; jordbrugskalket overvejende pulver; svag grov subangulær struktur; fugtig svagt klæbrig konsistens; 5 – 15 vol % små (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet form og blandet tilstand og typer og uden kalk; hyppige fine rødder; porer, 1 – 10 / dm2 orme- og rodgange; klar jævn horisontgrænse.

Ap2 (25-35 cm)

Meget mørk grålig brun (10YR 3/2 fugtig) lerholdigt siltet sand; humusholdig, 1 - 7 %; svag grov subangulær struktur; fugtig, svagt klæbrig konsistens; 5 - 15 vol % blanding; små (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet form, tilstand og blandede typer uden kalk; hyppige fine rødder; porer, 1 - 10 / dm2 orme- og rodgange; klar bølget horisontgrænse.

Bv (35-85 cm)

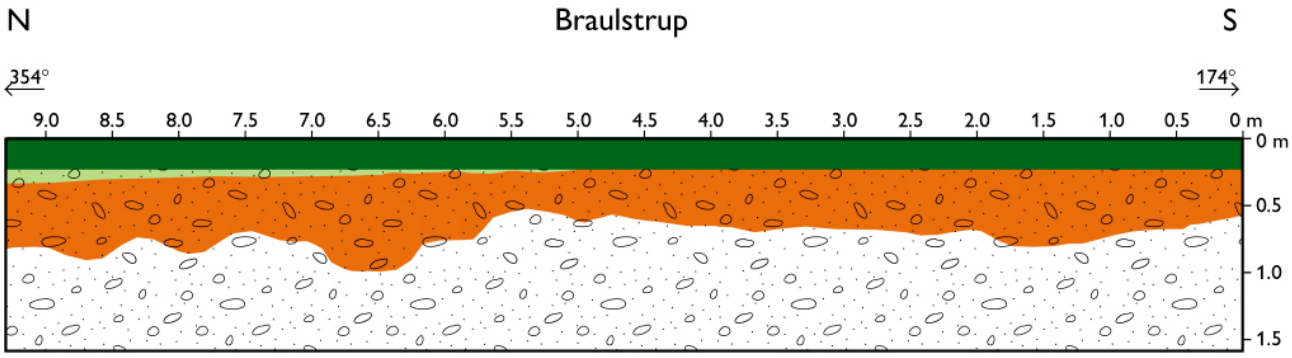
Mørk gullig brun (10YR 3/4 fugtig) lerholdigt siltet sand; der er horisontindblanding af farven lys oliven brun (2,5Y 5/4); humusfattig; ikke kalkholdig; meget svag medium subangulær struktur; fugtig svagt klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % blanding; små (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet form, tilstand og blandede typer uden kalk; nogle fine rødder; 1 - 10 / dm2 orme- og rodgange; meget lidt plettet tykke coatings af lermineraler (+ sesquioxider) og humus i rodgange; klar jævn horisontgrænse.

Cm (85-125 cm)

Mørk gullig brun (10YR 4/4 fugtig) lerholdigt siltet sand; en del pletter, 2-20 % lys oliven brun (2,5Y 5/4 fugtig), pletterne er store, større end 15 mm, brogede med en diffus, større end 2 mm grænse og tydelig kontrast; desuden findes sekundære farvepletter af farven stærk brun (7,5YR 5/8 fugtig); gleypletter på brunlig eller gullig bund; humusfattig; moderat grov angulær struktur; fugtig meget klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % blanding; små (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet tilstand, form og blandede typer uden kalk; mindre end 5 vol % noduler med en diameter mindre end 1 cm, bløde, afrundede, Fe-oxider & hydroxider (røde) + Fe- og Mn-oxider; diskontinuert cementeret, mere end 50% har hård pladestruktur, pladeagtig fragipan; gradvis jævn horisontgrænse.

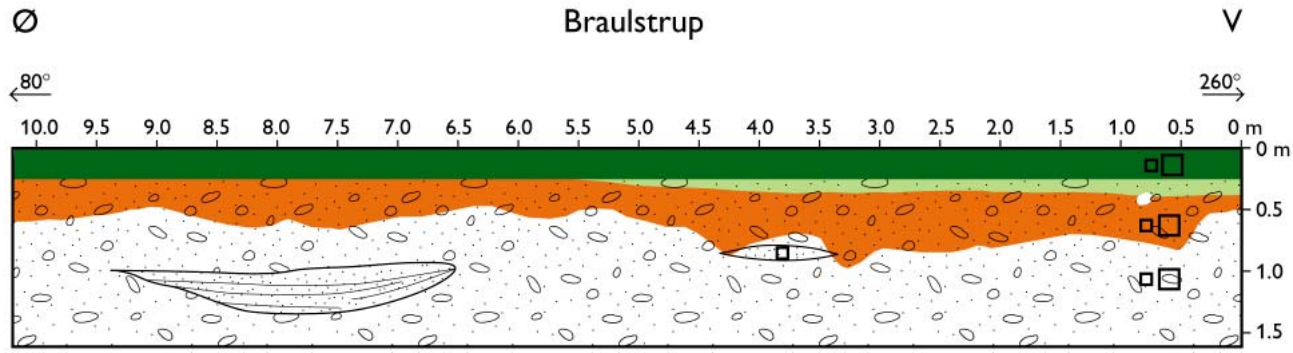
C (125-160 cm)

Gullig brun (10YR 5/4 fugtig) lerholdigt siltet sand; (humusfattig; moderat grov angulær struktur; fugtig, meget klæbrig konsistens; 5 – 15 vol % små (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet tilstand, form og blandede typer uden kalk.



Figur 3.5. Skitse af nord-syd profilvæg ved Braulstrup. Farverne viser pedologien og stregerne den geologiske opmåling. En udførlig signaturforklaring findes i appendiks 1.

Figur 3.6. Foto af N-S profilvæg ved Braulstrup. Foto S.Torp.



Figur 3.7. Skitse af øst-vest profilvæg ved Braulstrup. Farverne viser pedologien og stregerne den geologiske opmåling. En udførlig signaturforklaring findes i appendiks 1. prøveudtagningssteder er markeret ved kvardranter.

Figur 3.8. Sammensat billede af profilvæg ved Braulstrup. Foto S.Torp.

3.1.3 Låstrup lokaliteten

Profilet klassificeres i det danske system (Madsen 1985) som en Brunsol pga. den diagnostiske Bv-horisont. Da der er en Fragipan bliver det en Fragi Typibrunsol. Lerprocenten er stigende fra Ap til Bv-horisonten fra 6,3 til 8,3 hvilket langt overstiger de 3% stigning der er diagnostiske for en lerudfældningshorisont. Der er dog ingen fysiske tegn i Bv-horisonten på lerudfældning.

3.1.3.1 Jordbundsudvikling

De dominerende jordbundsdannede processer i Låstrup er: Udvaskning, forbruning, jordbrugskalkning, frost/tø- og våd/tørre-processer med fragipan dannelse, tabel 3.4 og figur 3.9-3.12.
Ved forbruning bliver de ved forvitring frigivne jernoxider komplexbundet, fortrindvis til Ca-ioner. Denne kompleksbinding forhindrer mobilisering af jern og aluminium så længe der findes kompleksbindere i horisonten. Forbruningshorisonten (Bv-horisonten) kendes på den karakteristiske brune farve, figur 3.10, og den er lokaliseret umiddelbart under pløjelaget (Ap-horisonten).

Udgangsmaterialets oprindelige kalkindhold er udvasket mindst indtil 3,5 ms dybde måske mere, tabel 3.4. Der findes kalk i jorden i 7 meters dybde. Sammenlignet med pH i jorde fundet af Madsen (1983) i undersøgelser af lignende lerfattigt glaciogent material, er pH-værdierne for de øvre jordlag på samme niveau for de øvre jordlag. Der blev således ikke fundet fysiske tegn på at pH i de øvre jordlag er hævet ved jordbrugskalkning. Det ses at Ca-ioner udgør den største andel af de udbytbare baser især i Ap-horisonten. Denne baseion berigelse i den øverste horisont taler for at jorden på et tidspunkt har været kalket. Ny dyrkningspraksis med reduceret jordbearbejdning giver en lavere pløjedybde på ca. 16 cm. Det er 9-14 cm mindre end det normale i Danmark på 25-30 cm. Denne dyrkningspraksis er indført i de senere år og sandsynligvis praktiseret i maksimum 5 år.

Tabel 3.4. Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 351 ved Låstrup (DJF profil nr. 3170 og og DGU arkivnr. 56.1060).

Dansk jordklassifikation	Fragi Typibrunsol	**USDA jordklassifikation**	
Udgangsmateriale	Moræneaflejringer	**Profil dybde**	160 cm
UTM	32 523631 6272078	**Dræningsklasse**	Meget veldrænet jord
Landskabsform	Storbakket moræne	**Grundvandsdybde**	-
Kort blad	1215 IV NØ Skals	**Vegetation**	Stub
Kote	32 m	**Max. rod dybde**	Ca. 70 cm
Topografi	Flade	**Beskriver**	Søren Torp
Hældning	1-2°	**Dato**	11.3.2002
Bemærkninger	Ingen		

Profilbeskrivelse

Ap (0-16 cm)

Meget mørk grålig brun (10YR 3/2 fugtig) siltet sand; meget svag fin subangulær struktur; fugtig ikke klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % blanding; små (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet form og blandede typer uden kalk; fine til mellemstore rødder; porer, 1 – 10 / dm2 som orme- og rodgange; abrupt jævn horisontgrænse.

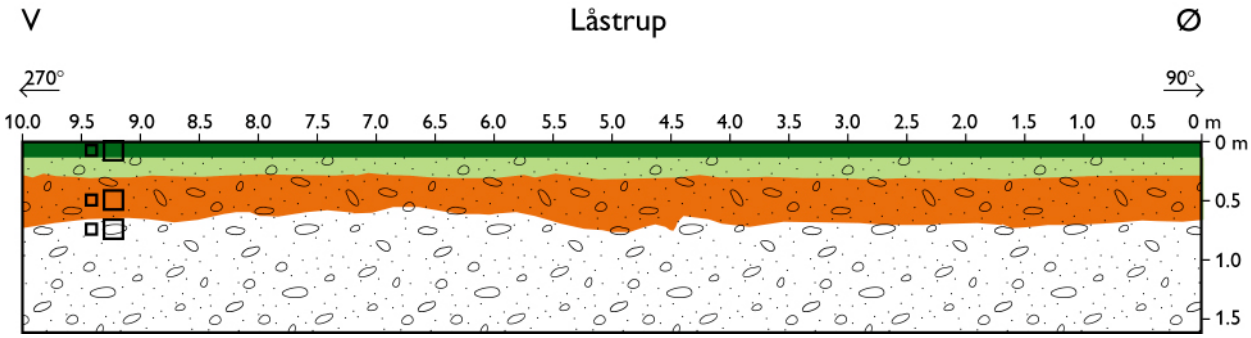
Ap2 (16-31 cm) meget mørk grålig brun (10YR 3/2 fugtig) siltet sand; meget svag fin subangulær struktur; fugtig, ikke klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % blanding; små (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet form og blandede typer uden kalk; hyppige fine rødder; porer, 10 - 40 / dm2 som orme- og rodgange; abrupt jævn horisontgrænse.

Bv (31-70 cm)

Gullig brun (10YR 5/4 fugtig) siltet sand; få pletter, mindre end 2 % meget mørk grålig brun (10YR 3/2 våd), pletterne er mellemstore, 5 - 15 mm, afrundede med en diffus, større end 2 mm grænse og tydelig kontrast; stærk grov angulær struktur; fugtig, meget fast konsistens; 5 – 15 vol % små (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet form og blandede typer uden kalk; kontinuert angulært blokket fragipan; nogle fine rødder; porer, 10 – 40 / dm2 som orme- og rodgange; plettet coating af tykke lermineraler (+ sesquioxider) og humus i rodgange; gradvis bølget horisontgrænse.

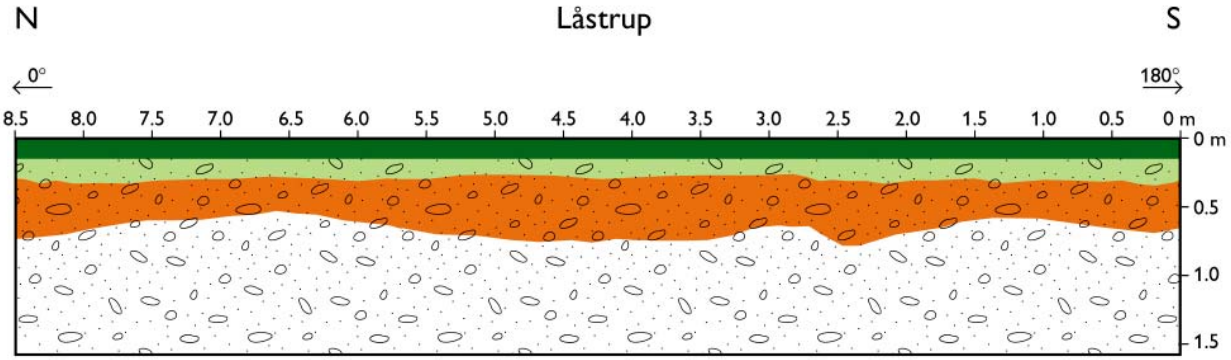
C (70-160 cm)

Lys gullig brun (10YR 6/4 fugtig) lerholdigt siltet sand; moderat grov angulær struktur; fugtig meget fast konsistens; mindre end 5 vol % små, (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet form og blandede typer uden kalk; mindre end 5 vol % noduler med en diameter mindre end 1 cm, bløde, angulære, Fe-oxider & hydroxider (røde).



Figur 3.9. Skitse af vest-øst profilvæg ved Låstrup. Farverne viser pedologien og stregerne den geologiske opmåling. Prøveudtagningsstederne er markeret ved kvardrater. En udførlig signaturforklaring findes i appendiks 1.

Figur 3.10. Foto af profilvæg ved Låstrup. På grund af afstandsproblemer har billedet fået et forvrænget udseende. Forholdet mellem horisonter kan fås på den opmålte skitse i figur 3.9. Foto: S. Torp.



Figur 3.11. Skitse af nord-syd profilvæg ved Låstrup. Farverne viser pedologien og stregerne den geologiske opmåling. En udførlig signaturforklaring findes i appendiks 1.

Figur 3.12. Foto af profilvæg ved Låstrup. Billedet er 8 meter langt og 1.3 meter højt. Foto S.Torp.

3.1.4 Pedologiske karakteristika for jorde på morænesand

Den normale jordbundgenese for de tre lokaliteter er forbruning med opbygning af en Bv-horisont. Den karateristiske brune farve skyldtes Bv-horisontens indhold af jernoxider.
Alle de tre jorder har øverst en menneskeskabt Ap-horisont på ca. 30 cms tykkelse. Det totale kulstof indhold i Ap-horisonterne er mellem 1,5 og 1,8 %. Braulstrup har dog et forhøjet kulstof indhold på 4,6 % i forhold til det normale.

Det er generelt at jordens oprindelige kalkindhold er udvasket til stor dybde. I moderne tid er pH i jordene kunstigt hævet ved brug af jordbrugskalk. Det giver sig bl.a. udslag i fordelingen mellem de ombyttelige baser, der viser den samme tendens i alle morænesands jorderne, nemlig at calcium er den dominerende ombyttelige base.

Med hensyn til vandpåvirkning er alle jorde veldrænede til meget veldrænede. Alle tre jorder har en moderat hård diskontinuert fragipan i ca. 50 – 70 cms dybde. Der er ingen tegn på at denne fragipan er så veludviklet, og sammenhængende, at den er vandstandsende.
Luftskiftet er således ikke begrænsende for rodudbredelsen i nogen af profilerne. Rodudviklingsdybden er mellem 70 og 95 cm og kun hindret i begrænset omfang af fragipanen.

3.2 Geologi

Peter Roll Jakobsen (GEUS), Vibeke Ernstsen (GEUS) og Henrik Vosgerau (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 (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 profilet, 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 Sjørup lokaliteten

I udgravningen ses en gråbrun diamikt, der domineres af mellemkornet sand, som er svagt leret, svagt siltet, gruset og som indeholder matrix understøttede sten, op til 20 cm store, figur 3.1 og 3.3. Nogle steder består diamiktens matrix dog af stærkt siltet, finkornet sand (se pedologiafsnittet). Ligeledes er der på den nordvendte væg rødbrune partier, hvor diamikten er mere leret end de øvrige steder i udgravningen, hvor diamikten er blottet. Dia-

mikten er i udgravningen kalkfri. Diamikten karakteriseres som strukturløst morænesand med matrixunderstøttede klaster (facies Dmh).

Geologien ved Sjørup (DGU arkivnr. 70.520) er beskrevet i figur 3.13. Boringen er gennemført ned til 9 m under terræn. Under et 30 cm tykt muldlag findes morænesand ned til 1,4 meter under terræn. Herefter følger et lag med smeltevandssand ned til 2,8 meter, hvorefter morænerler optræder ned til 3,6 meter hvor det atter bliver smeltevandssand, der strækker sig ned til bunden af boringen. Smeltevandssandet er hovedsageligt fint eller fintmellem kornet og stedvis gruset. De gennemborede lag under muldlaget veksler mellem brunlige og grå nuancer. Grundvandsspejlet blev ikke antruffet under borearbejdet.

3.2.2 Braulstrup lokaliteten

I udgravningen ses en strukturløs, lys olivenbrun diamikt, der domineres af mellemkornet sand, som er svagt leret eller leret, svagt siltet og gruset, figur 3.5 og 3.7. Endvidere indeholder diamikten en del matrix-understøttede sten, op til 15 cm store. Få opgravede blokke, op til 35 cm store, vidner om, at disse også forekommer i diamikten. Enkelte steder er sandet stærkt gruset og stenet, ligesom der forekommer enkelte hærdnede bånd i sandet, hvori ses små tætte horisontale sprækker. Mørke ormehuller, med diametre på op til 1 cm og hvori der ses små rødder, strækker sig ned til 0,9 meter under terræn Der ses ingen markante laterale variationer på profilvæggene i udgravningen bortset fra tilstedeværelsen af en linse af lavvinklet krydslejret sand (facies Sl) i det øst-vest orienterede profil (se pedologiafsnittet). Sandlinsen er ca. 1,6 m lang og 30 cm tyk og består af groft sand, der er gruset og som indeholder enkelte lag af mellemkornet sand. Sandlinsen er således væsentligt mere velsorteret end den omkransende diamikt. Diamikten i udgravningen karateriseres som en strukturløs morænesand med matrix-understøttede klaster (facies Dmh). Den forholdsvis store sandlinse, der ses i det øst-vest orienterede profil, tolkes til at være en lokal forekomst af smeltevandssand i morænesandet.

Geologien i boringen ved Braulstrup (DGU arkivnr. 40.1255) er beskrevet i figur 3.14. Boringen er gennemført ned til 11 meter under terræn. På lokaliteten findes morænesand ned til 3 meter under terræn, hvorefter der følger finkornet smeltevandssand, der er svagt siltet til siltet. I dybden 8-8,6 meter forekommer et indslag af siltet ler. De gennemborede lag er iltede og fremstår ved brunlige nuancer. Grundvandsspejlet blev på boringstidspunktet (18. marts 2002) registreret i en dybde af 10,45 meter.

BORERAPPORT

DGU arkivnr : 70. 520

Borested : Sjørupgård, Sjørupgårdvej/ Herredsvejen, Sjørup, Sivested
8581 Nimtofte
KUPA, Bor. 345

Kommune : Midtdjurs
Amt : Århus

Boringsdato : 14/11 2001 **Boringsdybde** : 9 meter **Terrænkote** : 37,5 meter o. DNN

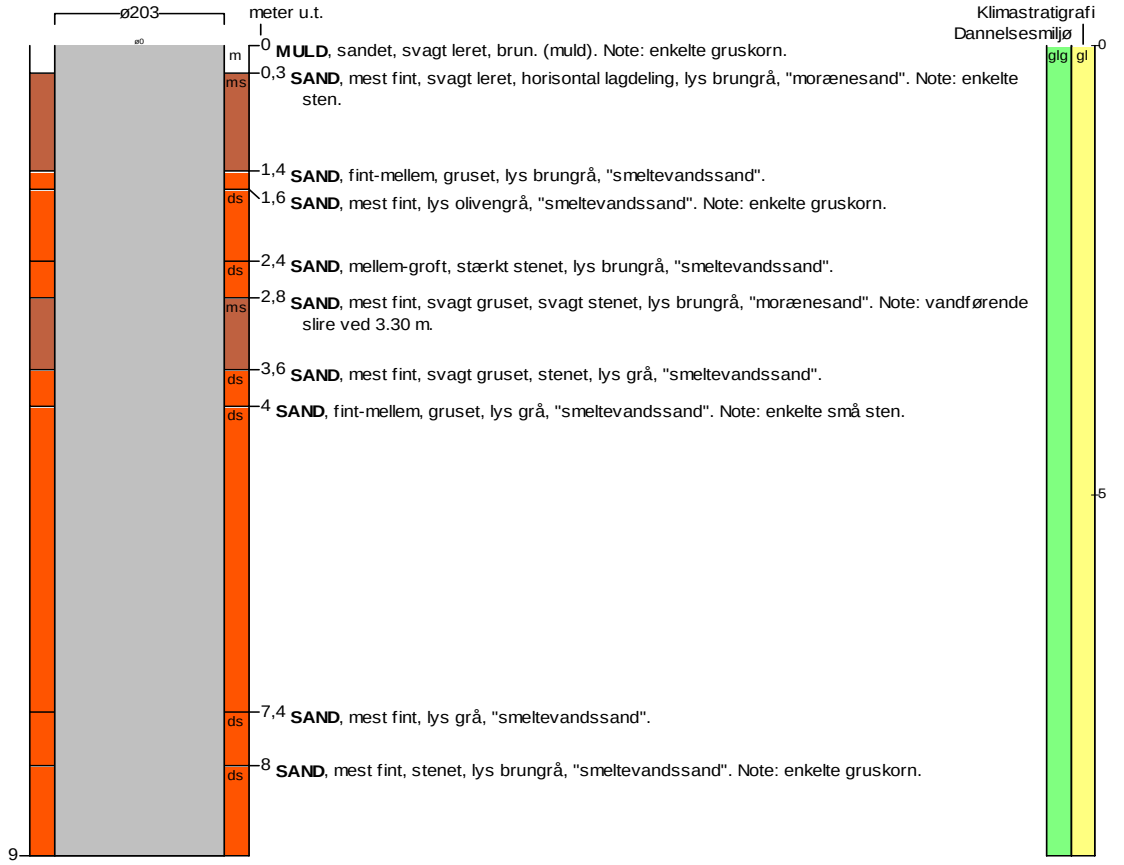
Brøndborer : Carl Bro A/S
MOB-nr :
BB-journr :
BB-bornr :

Prøver
- modtaget : 29/4 2002 **antal** : 9
- beskrevet : 14/11 2001 **af** : ENY
- antal gemt : 0

Formål : Undersøg./videnskab
Anvendelse : Sløjfet/opgivet bor
Boremetode : Snegleboring

Kortblad : 1315 IINØ
UTM-zone : 32
UTM-koord. : 599449, 6251989

Datum : ED50
Koordinatkilde : GEUS
Koordinatmetode : KMS digitale kort



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

meter u.t.			
0	-	9	glacigen - glacial

Figur 3.13. Geologiske forhold ved Sjørup, lokalitetnr. 345 (DGU arkivnr. 70.520).

BORERAPPORT DGU arkivnr : 40. 1255

Borested : Hjedsbækvej, Braulstrup
KUPA, Bor. 351

Kommune : Støvring
Amt : Nordjylland

Boringsdato : 18/3 2002 **Boringsdybde** : 11 meter **Terrænkote** : 48,35 meter o. DNN

Brøndborer : Carl Bro A/S
MOB-nr :
BB-journr :
BB-bornr : Braulstrup

Prøver
- modtaget : 29/4 2002 **antal** : 7
- beskrevet : 7/6 2002 **af** : ENY
- antal gemt : 0

Formål : Undersøg./videnskab
Anvendelse : Sløjfet/opgivet bor
Boremetode : Snegleboring

Kortblad : 1216 IINV
UTM-zone : 32
UTM-koord. : 540781, 6297308

Datum : ED50
Koordinatkilde : GEUS
Koordinatmetode : KMS digitale kort

	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
Indtag 1 (seneste)	10,45 meter u.t.	18/3 2002			

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

meter u.t.

0 - 7 glacigen - glacial

Figur 3.14. Geologiske forhold ved Braulstrup, lokalitetsnr. 351 (DGU arkivnr. 40.1255)

3.2.3 Låstrup lokaliteten

I udgravningen ses en gulbrun diamikt, der domineres af sand, som er leret, siltet og gruset og som indeholder matrix-understøttede sten, op til 15 cm store, figur 3.9 og 3.11. Enkelte opgravede blokke, op til 30 cm store, vidner om, at disse også forekommer spredt i diamikten. Mørke ormehuller, hvori ses små rødder, strækker sig ned til 1 meter under terræn Diamikten er strukturløst bortset fra tilstedeværelsen af spredte små horisontale sandlinser, der er siltede eller lerede og som fremtræder med en lysere farve end den omgivende sandmatrix. Endvidere ses stedvis tætte små horisontale sprækker og enkelte steder vertikale sprækker i diamikten. Der ses ingen markante laterale variationer på profilvæggene i udgravningen (se pedologiafsnittet). Diamikten i udgravningen er kalkfri. Diamikten i udgravningen karateriseres som en strukturløs morænesand med matrix-understøttede klaster (facies Dmh).

Geologien i boringen ved Låstrup (DGU arkivnr. 56.1060) er beskrevet i figur 3.15. Boringen er gennemført ned til 15 meter under terræn. På lokaliteten findes morænesand ned til 3 meter under terræn og herefter følger siltet, fint- og mellemkornet smeltevandssand. De gennemborede lag er iltede og fremstår med brunlige nuancer. Grundvandsspejlet blev på boringstidspunktet (18. marts 2002) registreret i en dybde af 12,61 meter.

BORERAPPORT DGU arkivnr : 56. 1060

Borested : Vievej, Låstrup
KUPA, Bor. 352

Kommune : Møldrup
Amt : Viborg

Boringsdato : 18/3 2002 **Boringsdybde** : 15 meter **Terrænkote** : 31,47 meter o. DNN

Brøndborer : Carl Bro A/S
MOB-nr :
BB-journr :
BB-bornr : Låstrup

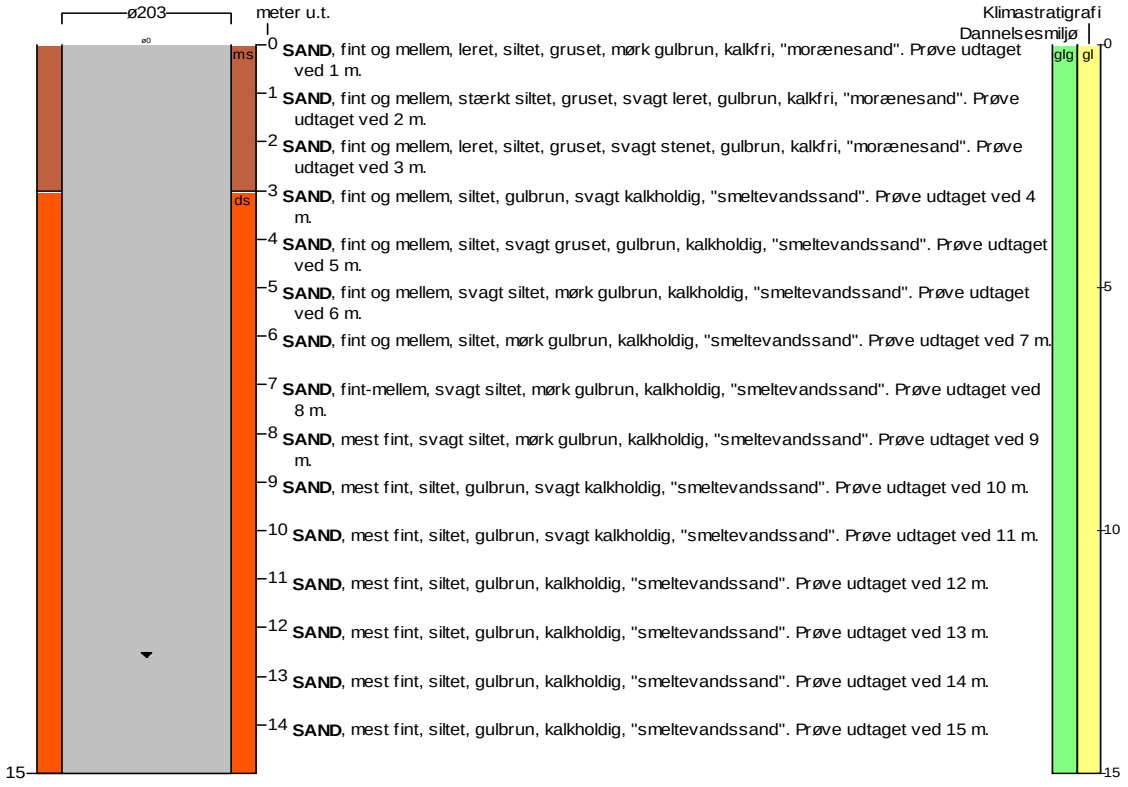
Prøver
- modtaget : 29/4 2002 **antal** : 9
- beskrevet : 7/6 2002 **af** : AGR
- antal gemt : 0

Formål : Undersøg./videnskab
Anvendelse : Sløjfet/opgivet bor
Boremetode : Snegleboring

Kortblad : 1215 IVNØ
UTM-zone : 32
UTM-koord. : 523627, 6272087

Datum : ED50
Koordinatkilde : GEUS
Koordinatmetode : KMS digitale kort

	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
Indtag 1 (seneste)	12,61 meter u.t.	18/3 2002			



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

meter u.t.

0 - 15 glacigen - glacial

Figur 3.15. Geologiske forhold ved Låstrup, lokalitetsnr. 352 (DGU arkivnr. 56.1060).

3.2.4 Sedimentologiske karateristika for morænesandslokaliteter

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 m^2) af de sedimentære facies fra C-horisonten og nogle tilfælde også B-horisonten.

	Sjørup (Totale areal: 22 m^2)	Låstrup (Totale areal: 27 m^2)	Braulstrup (Totale areal: 27 m^2)
Dmh: homogen, matrix-understøttet diamikt	100%*	100%*	97%*
Sl: lavvinklet krydslejret/lagdelt sand			3%

*Facies hvorfra der er udtaget prøver til analyser

I alle udgravningerne består sedimenterne af en strukturløs, sandet diamikt (facies Dmh), der tolkes til at være morænesand. Diamikterne er alle grusede med matrix-understøttede sten og enkelte blokke, op til 35 cm store. Derimod varierer silt- og lerindholdet diamikterne imellem. Diamikten ved Låstrup mark indeholder spredte små horisontale sandlinser og diamikten ved Braulstrup mark skiller sig særligt ud fra diamikterne på de andre lokaliteter ved at indeholde en stor linse af gruset, grov smeltevandssand, der er lavvinklet krydslejret (facies Sl). Diamikterne ved Låstrup og Sønderup marker indeholder stedvis tætte små horisontale sprækker. Endvidere forekommer der enkelte vertikale sprækker i diamikten ved Låstrup mark.

3.3 Fysiske, kemiske og mineralogiske undersøgelser

Vibeke Ernstsen (GEUS) og Søren Torp (DJF)

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

3.3.1 Lokaliteterne Sjørup, Låstrup og Braulstrup

Analyseresultaterne for lokaliteterne Sjørup, Låstrup og Braulstrup fremgår af tabellerne 3.6-3.8

3.3.1.1 Sjørup lokaliteten

Kornstørrelsesfordelingen i prøverne fra Sjørup er i alle horisonter domineret af groft mellemsand (200-500 μm) med indhold på 32 % til 53 %, tabel 3.6. Desuden forekommer betydelige mængder af fint sand (63-125 μm), fint mellem sand (125-200 μm) og groft sand (0,5-2 mm). Inholdet af ler her varierer mellem 4,1 % og 5,7 %. I prøverne fra 2,75 og 4,10 meter er det groft mellemsand (200-500 μm) og groft sand (0,5-2 mm) der dominerer og udgør mellem 79 og 86 % af fraktionerne < 2mm. I disse to dybder er indholdet af ler (2,6 og 3,6 %) lidt lavere end i horisonterne, der er dannet i morænesand. Ap1 horisonten med det højeste indhold af ler klassificeres som JB4 type medens de resterende horisonter og lag er JB1 type. Indholdet af organisk stof udgør 1,3 % C i Ap1 horisonten, hvorefter indholdet aftager markant allerede i Ap2 horisonten til 0,3 % C og varierer i de efterfølgende prøver mellem 0,1 og 0,6 % C.

De øverste horisonter er kalkfrie og her aftager pH-værdien fra overfladen (pH_{CaCl2} 5,68) ned til 1,4 meters dybde (pH_{CaCl2} 4,60). Den forholdsvis høje pH-værdi i Ap1 horisonten skyldes tilførsel af jordbrugskalk. I prøverne fra 2,75 meter og 4,10 meter, der er kalkholdige, er pH-værdien henholdsvis 6,83 og 7,21. Opkalkning er årsagen til den forholdsvis høje basemætning (53 %) i Ap horisonten og ligeledes sikre det naturlige indholdet af kalk i de dybe lag en høj basemætning her. Basemætningen aftager i Ap2 og C horisonterne til 16-17 %, hvor opkalkningen ikke har kunne kompensere for det tab af baser som den naturlige forvitring har medført. Kationombytningskapaciteten (CEC-værdien) er 10 cmol kg^{-1} i Ap1 horisonten, hvorefter den aftager til 5 og 3 cmol kg^{-1} i henholdsvis Ap2 og C horisonten. I de kalkholdige lag foreligger der ikke oplysninger om CEC-værdien.

Den mineralogiske sammensætning er i alle undersøgte dybder er domineret af kvarts. Desuden forekomme der spor af $CaCO_3$ i prøven fra 2,75 og større indhold af $CaCO_3$ i 4,10 meter. Desuden forekommer K- og Na-Ca feltspat, og der synes at være et stigende indhold af hvor også forvitringsintensiteten aftager. Glimmer findes især i prøverne fra Ap2 horisonten samt prøverne fra 2,75 og 4,10 meter. Pyroxener kan erkendes i C-horisonten og i 2,75 meters dybde. En begyndende forvitring kan ligeledes erkendes ved fordelingen af jernoxider (Fe_{DCB}) hvor Ap1 horisonten med 3183 mg Fe kg^{-1} har det højeste indhold hvorefter mængden aftager til omkring 1200 mg Fe kg^{-1} i 2,75 og 4,10 meter. Indholdet af aluminiumsoxider (Al_{DCB}) er 1023 mg Al kg^{-1} i Ap1 horisonten og er svagt stigende i Ap2 til 1288 mg Al kg^{-1}, hvorefter indholdet aftager i C horisonten og yderligere i de to dybe prøver til ca. 50 mg Al kg^{-1}. De mineralogiske egenskaber resulterer i en mørkegrå farve for Ap1 horisonten, en svagt brun farve for Ap2 horisonten og vekslende lysegrå og svag brune farver i C horisonten og i 2,75 og 4,10 meter.

Det specifikke overfladeareal varierer gennem profilen mellem 1,1 og 3,4 m^2g^1.

Tabel 3.6. Analyseresultater for lokalitetsnr. 345 ved Sjørup (DJF profil nr. 3159 og DGU arkivnr. 70.520).

			Kornstørrelsesfordeling (% af < 2 mm fraktion)							% 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	μm						mm		
19-1-1-803	Ap1	5-25	5,7	7,8	11,4	13,2	18,2	31,5	10,0	4,2	6,7
19-1-2-804	Ap2	30-56	4,7	4,8	5,8	10,6	7,3	53,2	13,1	5,2	7,6
19-1-3-805	C	130-140	4,1	3,9	6,0	11,6	20,0	41,7	12,5	6,4	5,7
19-1-4-806		275	3,6	0,9	2,7	2,2	5,0	46,9	38,6	9,7	13,3
19-1-5-807		410	2,6	1,4	2,1	2,9	7,5	51,6	27,4	14,1	19,0

KUPA nr.	JB-nr	Org. C	pH (H_2O)	pH ($CaCl_2$)	Fe_{oxalat}	Al_{oxalat}	Fe_{DCB}	Al_{DCB}	ODOE
		%	1:1	1:2,5	mg kg^{-1}				
19-1-1-803	4	1,3	6,14	5,68	3793	1100	3183	1023	0,1563
19-1-2-804	1	0,3	5,79	4,79	2094	1427	1916	1288	0,0784
19-1-3-805	1	0,1	5,73	4,60	556	794	1020	665	0,0464
19-1-4-806	1	0,1	8,89	6,83	811	130	1231	53	0,0235
19-1-5-807	1	0,6	9,39	7,21	768	33	1173	44	0,0277

KUPA nr.	Ombyttelige kationer cmol kg^{-1}							Base-mætning	$CaCO_3$
	Ca	Mg	K	Na	Baser total	H^+	CEC total	%	%
19-1-1-803	4,7	0,4	0,3	0,0	5,4	4,8	10,1	53	0
19-1-2-804	0,7	0,0	0,1	0,0	0,8	4,5	5,3	16	0
19-1-3-805	0,4	0,0	0,1	0,0	0,5	2,3	2,8	17	0
19-1-4-806	n.d	n.d.	n.d.	2,6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	kalkholdig
19-1-5-807	n.d.	n.d.	n.d.	1,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	kalkholdig

nr.	Mineralogisk sammensætning	Farve	Overfladeareal m^2/g
19-1-1-803	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider, K- og Na-Ca feltspat	mørkegrå	1,1
19-1-2-804	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider, K- og Na-Ca feltspat og glimmer	svag brun	3,1

19-1-3-805	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe-oxider, K- og Na-Ca feltspat, spor af Al-oxider og pyroxener	lysegrå	1,3
19-1-4-806	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe-oxider, K-og Na-Ca feltspat og glimmer, spor af Al-oxider, pyroxener, og $CaCO_3$	svag brun	3,4
19-1-5-807	Domineret af kvarts, mindre mængde Fe-oxider, $CaCO_3$, K- og Na-Ca feltspat, spor af Al-oxider	lysegrå	1,5

3.3.1.2 Braulstrup lokaliteten

Kornstørrelsesfordelingen i prøverne fra Braulstrup er i alle horisonter og i dybden 3,25 meter domineret af groft mellemsand (200-500 μm) med betydelige mængder af fint sand (63-125 μm) og fint mellem sand (125-200 μm) og disse tre fraktioner udgør tilsammen mellem 61% og 71 % af samtlige partikler i fraktionen mindre end 2 mm, tabel 3.7. Under morænesandet følger smeltevandssand i 7,00 meter og her er det fraktionerne grovsilt (20-63 μm), fint sand (63-125 μm) og fint mellemsand (125-200 μm) der dominerer og tilsammen udgør 76 % af fraktionen < 2 mm. Lerprocenten svinger lige omkring 5% og gør at de undersøgte prøver klassificeres som enten JB2 eller JB4 og dermed giver indtryk af store forskelle - men dette skyldes at JB systemet har en grænse ved netop 5 %. Indholdet af organisk stof er 4,6 % C i Ap horisonten, hvorefter indholdet aftager til 0,5 % i Bv horisonten og dernæst til <0,1-1,2 % i prøven fra C horisonten og de efterfølgende lag. Det forholdsvis høje indhold af organisk stof i den dybe prøve fra 7,00 meter kan skyldes at CO_2 fra rester af $CaCO_3$, der ligeledes vil kunne bidrage ved analysen.

De øverste horisonter og laget i 3,25 meter er kalkfrie og her aftager pH-værdien fra overfladen (pH_{CaCl2} 5,49) ned til 1,1 meters dybde (pH_{CaCl2} 4,52) hvorefter pH-værdien atter stiger til 7,12 i det kalkholdige lag i 7,00 meter. Den forholdsvis høje pH-værdi i Ap horisonten skyldes tilførsel af jordbrugskalk. Opkalkning er ligeledes årsagen til den forholdsvis høje basemætning (47 %) i Ap horisonten og ligeledes sikre det naturlige indholdet af kalk i de dybe lag en høj basemætning her, stigende til tæt ved 100%. Basemætningen aftager i Bv- og C-horisonterne til 12-31 %, hvor opkalkningen ikke har kunne kompensere for det tab af baser som den naturlige forvitring har medført. Kationombytningskapaciteten (CEC-værdien) er 13 cmol kg^{-1} i Ap horisonten, hvorefter den aftager til mellem 3 og 7 cmol kg^{-1} i henholdsvis i de følgende horisonter og prøven fra 3,25 meter. For det kalkholdige lag foreligger der ikke oplysninger om CEC-værdien.

Den mineralogiske sammensætning er i alle undersøgte dybder domineret af kvarts. I prøven fra 3,25 meter findes spor af $CaCO_3$ og i 7,00 meter findes nogen $CaCO_3$. Desuden forekommer varierende mængder af K- og Na-Ca feltspat, som således afspejler såvel de forvitringsmæssige forhold som sammensætningen i det oprindelig aflejrede sediment. Glimmer findes i alle dybder og pyroxener erkendes kun i de overfladenære horisonter. En begyndende forvitring kan erkendes ved fordelingen af jernoxider (Fe_{DCB}) er generet aftagende fra Ap horisonten med 3366 mg Fe kg^{-1} og ned til 3,25 meter og dybere hvor indholdet er omkring 100 mg Fe kg^{-1}. Indholdet af aluminiumsoxider (Al_{DCB}) er 1484 mg Al kg^{-1} i Ap horisonten hvorefter det stiger svagt til 1897 mg Al kg^{-1} i Bv horisonten hvorefter aftager ned gennem C horisonten og de to dybe prøver til 84 mg Al kg^{-1}. De mineralogiske egenskaber resulterer i en mørkegrå farve for Ap horisonten, en svagt/meget svag brun farver i dybere horisonter og lag.

Det specifikke overfladeareal er forholdsvis lavt (0,8 m^2g^1) i Ap horisonten og stiger i efterfølgende horisonter og lag hvor den specifikke overflade varierer mellem 2,7 og 6,2 m^2g^1.

Tabel 3.7. Analyseresultater for lokalitetsnr. 351 ved Braulstrup (DJF profil nr. 3173 og DGU arkivnr. 40.1255).

			Kornstørrelsesfordeling (% af < 2mm fraktion)							% 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	μm						mm		
21-1-1-833	Ap	5-25	5,3	7,7	7,0	19,8	17,6	26,2	8,6	2,3	5,3
21-1-2-834	Bv	56	4,7	6,8	13,8	19,5	17,3	28,3	8,8	3,6	4,7
21-1-3-835	C	92-112	5,7	7,3	15,4	17,8	14,3	29,1	10,2	3,3	5,7
21-1-4-836	sand-lag	97	1,5	1,0	2,0	4,1	13,2	63,7	14,5	8,0	1,5
21-1-5-837		325	6,1	3,9	9,7	17,1	18,9	34,9	9,4	3,0	6,1
21-1-6-909		700	4,7	7,8	20,6	40,7	15,1	3,4	0,3	0,0	4,7

KUPA nr.	JB-nr	Org. C	pH (H_2O)	pH ($CaCl_2$)	Fe_{oxalat}	Al_{oxalat}	Fe_{DCB}	Al_{DCB}	ODOE
		%	1:1	1:2,5	mg kg^{-1}				
21-1-1-833	4	4,6	6,0	5,49	1861	1433	3366	1484	0,4545
21-1-2-834	2	0,5	5,6	4,73	1437	2660	2234	1897	n.d.
21-1-3-835	4	0,1	5,9	4,89	1301	1610	2853	1369	n.d.
21-1-4-836	1	0,0	5,7	4,52	254	387	656	367	n.d.
21-1-5-837	4	0,0	6,5	5,01	437	206	1372	211	n.d.
21-1-6-909	2	1,2	9,2	7,16	281	81	850	84	n.d.

KUPA nr.	Ombyttelige kationer cmol kg^{-1}							Base-mætning	$CaCO_3$
	Ca	Mg	K	Na	Baser total	H^+	CEC total	%	%
21-1-1-833	5,5	0,3	0,3	0,1	6,2	7,0	13,2	47	0
21-1-2-834	0,6	0,1	0,1	0,0	0,8	5,7	6,5	12	0
21-1-3-835	1,1	0,1	0,2	0,1	1,5	3,2	4,7	31	0
21-1-4-836	0,3	0,0	0,1	0,1	0,4	0,1	0,5	81	0

21-1-5-837	1,5	0,2	0,1	0,0	1,8	1,1	2,9	62	0
21-1-6-909	n.d.	n.d.	n.d.	2,0	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	kalkholdig

nr.	Mineralogisk sammensætning	Farve	Overfladeareal m^2/g
21-1-1-833	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider, spor af K- og Na-Ca feltspat	mørkegrå	0,8
21-1-2-834	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider, K- og Na-Ca feltspat, spor af glimmer og pyroxener	svag brun	2,7
21-1-3-835	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al-oxider, K- og Na-Ca feltspat, spor af glimmer og pyroxener	meget svag brun	6,2
21-1-4-836	Domineret af kvarts, spor af Fe- og Al-oxider og glimmer	meget svag brun	1,0
21-1-5-837	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe-oxider, spor af Al-oxider, glimmer og $CaCO_3$	meget svag brun	4,3
21-1-6-909	Domineret af kvarts, mindre mængder $CaCO_3$, spor af Fe- og Al-oxider og glimmer	meget svag brun	2,7

3.3.1.3 Låstrup lokaliteten

Kornstørrelsesfordelingen i prøverne fra Låstrup er, med undtagelse af prøven fra 7,25 meter, domineret af fint sand (63-125 μm) og groft mellemsand (200-500 μm), der tilsammen udgør 45-47 % af fraktionen mindre end 2 mm, tabel 3.8. Desuden findes i disse morænesandsprøver betydelige mængder grovsilt (20-63 μm) og fint mellem sand (125-200 μm), tabel 3.6. I prøven af smeltevandssand fra 7,25 meter er det fint sand (63-125 μm) og fint mellem sand (125-200 μm) der er mest almindelige og som samlet udgør 76 % af fraktionen mindre end 2 mm. Indholdet af ler her varierer kun lidt og udgør mellem 6,3 % og 8.7 %. Kornstørrelsessammensætningen er i alle dybder af JB4 type. Indholdet af organisk stof er 1,8 % C i Ap horisonten, hvorefter indholdet aftager markant og udgør i de følgende horisonter og lag mellem <0,1 % C op til 0,4 % C.

De øverste horisonter og prøven fra 3,25 meter er kalkfrie og her aftager pH-værdien svagt fra overfladen (pH_{CaCl2} 4,83) ned til 0,87 meter dybde (pH_{CaCl2} 4,51), hvorefter pH-værdien atter stiger og er i den kalkholdige prøve i 7,25 meter målt til 6,68. Landbrugsdriften med tilførsel af kalk synes ikke i markant omfang at have påvirket pH-forholdene på denne lokalitet. Således er basemætningen ikke markant forskellige i de overfladenære horisonter, hvor basemætningen er beregnet til 36-39 %. I 3,25 meter stiger basemætningen til 77 % og nærmer sig 100 % i 7,25 meter grundet tilstedeværelse af $CaCO_3$. Kationombytningskapaciteten (CEC-værdien) er 15 cmol kg^{-1} i Ap horisonten, hvorefter den aftager til ca. 5.5 cmol kg^{-1} i prøver udtaget ned til 3,25 meter. Der foreligger ikke oplysninger om CEC-værdien i det kalkholdige lag i 7,25 meter.

Den mineralogiske sammensætning er i alle undersøgte dybder domineret af kvarts. I prøven fra smeltevandssandet i 7,25 meter forekomme der mindre mængder $CaCO_3$. Desuden forekommer K- og Na-Ca feltspat, og der er en tendens til at Na-Ca feltspat findes mere hyppigt end K-feltspat. Glimmer findes i alle dybder og pyroxener erkendes kun i morænesandet. En begyndende forvitring kan erkendes ved fordelingen af jernoxider (Fe_{DCB}) hvor

Ap horisonten med 3495 mg Fe kg^{-1} har det højeste indhold hvorefter mængden aftager til 1928 mg Fe kg^{-1} i 0,87 meter for atter at stige i ned til 7,25 meter hvor der er målt 2932 mg Fe kg^{-1}. Indholdet af aluminiumsoxider (Al_{DCB}) er 1809 mg Al kg^{-1} i Ap horisonten hvorefter det er generelt aftagende ned til 7,25 meter med et indhold på 106 mg Al kg^{-1}. De mineralogiske egenskaber resulterer i en mørkegrå farve for Ap1 horisonten og iltede lyse/svage/meget svage brune farvenuancer i de efterfølgende horisonter og lag.

Det specifikke overfladeareal er 1,2 m^2g^1 i Ap horisonten hvorefter det stiger og variere mellem 4,1 og 8,2 $m^2 g^{-1}$ i de følgende horisonter og lag.

Tabel 3.8. Analyseresultater for lokalitetsnr. 352 ved Låstrup (DJF profil nr. 3170 og DGU arkivnr. 56.1060).

			Kornstørrelsesfordeling (% af < 2 mm fraktion)							% 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	μm						mm		
22-1-1-838	Ap	5-25	6,3	7,2	15,5	20,1	15,9	25,9	6,0	1,5	0,1
22-1-2-839	Bv	35-55	8,3	7,2	19,1	21,2	12,5	24,0	7,4	9,2	13,1
22-1-3-840	C	67-87	7,2	6,8	16,7	21,8	16,6	23,8	6,9	7,7	12,1
22-1-4-841		325	8,7	5,8	11,8	18,3	19,3	28,5	7,6	2,8	1,3
22-1-5-842		725	6,6	2,4	6,8	38,2	38,0	5,0	0,3	0,0	0,0

KUPA nr.	JB-nr	Org. C	pH (H_2O)	pH ($CaCl_2$)	Fe_{oxalat}	Al_{oxalat}	Fe_{DCB}	Al_{DCB}	ODOE
		%	1:1	1:2,5	mg kg^{-1}				
22-1-1-838	4	1,8	5,6	4,83	2197	1732	3495	1809	0,4743
22-1-2-839	4	0,2	5,9	4,83	562	1174	1856	1120	n.d.
22-1-3-840	4	0,1	5,5	4,51	683	635	1928	638	n.d.
22-1-4-841	4	0,0	7,0	5,47	681	288	2230	274	n.d.
22-1-5-842	4	0,4	9,0	6,68	639	128	2932	106	n.d.

KUPA nr.	Ombyttelige kationer cmol kg^{-1}							Base-mætning	$CaCO_3$
	Ca	Mg	K	Na	Baser total	H^+	CEC total	%	%
22-1-1-838	5,1	0,3	0,2	0,1	5,7	8,8	14,5	39	0
22-1-2-839	1,7	0,2	0,2	0,1	2,1	3,5	5,6	38	0

22-1-3-840	1,6	0,2	0,1	0,1	2,0	3,5	5,5	36	0
22-1-4-841	2,6	1,6	0,1	0,1	4,3	1,3	5,6	77	0
22-1-5-842	n.d.	n.d.	n.d.	4,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	kalkholdig

nr.	Mineralogisk sammensætning	Farve	Overfladeareal m^2/g
22-1-1-838	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al oxider, spor af glimmer, pyroxener, K- og Na-Ca feltspat	mørk gråbrun	1,2
22-1-2-839	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe- og Al oxider, spor af glimmer, pyroxener, K- og Na-Ca feltspat	meget svag brun	4,1
22-1-3-840	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe-oxider, spor af Al-oxider, glimmer, pyroxener, K- og Na-Ca feltspat	meget svag brun	5,4
22-1-4-841	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe-oxider, spor af Al-oxider, glimmer, pyroxener, K- og Na feltspat	lys gulbrun	8,2
22-1-5-842	Domineret af kvarts, mindre mængder Fe-oxider, spor af Al-oxider, glimmer, pyroxener, K- og Na feltspat	svag brun	6,2

3.3.2 Sammenligning af fysiske, kemiske og mineralogiske egenskaber

De undersøgte prøver er udtaget i dybder ned til 4,10 meter ved Sjørup, 7,25 meter ved Låstrup og 7,00 meter ved Braulstrup.

Kornstørrelsesfordelingen i morænesandet fra alle tre lokaliteter er domineret af groft mellemsand (200-500 μm). Desuden forekommer betydelige indhold af fint sand (63-125 μm) og fint mellem sand (125-200 μm) og groft sand (0,5-2 mm). Ved alle lokaliteter forekommer indslag af smeltevandssand. Dette består ved Sjørup hovedsagelig af groft mellemsand (200-500 μm) og groft sand (0,5-2 mm) (samlet 79-86 %), ved Låsby af fint sand (63-125 μm) og fint mellem sand (125-200 μm) (samlet 76 %) og ved Braulstrup grovsilt (20-63 μm), fint sand (63-125 μm) og fint mellem sand (125-200 μm) (samlet 76 %). Lerindholdet varierer ned gennem de undersøgte profiler og findes typisk inden for intervallet 3-9 %.

Ap horisonten ved alle tre lokaliteter er af JB4 type. Under Ap horisonten ved Sjørup træffes typen JB1, ved Låstrup fortsætter JB4 typen og ved Braulstrup JB2 og JB4, afhængig af om lerinholdet er på den ene eller anden side af 5 %.

Indholdet af organisk stof i Ap horisonten ved henholdsvis Sjørup, Låstrup og Braulstrup er henholdsvis 1,3 % C, 1,8 % C og 4,6 % C. Herunder aftager indholdet af kulstof markant og vil dybere end 1 meter typisk variere mellem mindre end 0,1 % C og 0,04 %. Enkelte højere værdier (0,6 % C og 1,2 %) er fundet i kalkholdige prøver og dette kan skyldes at CO_2 fra rester af $CaCO_3$ ligeledes bidrager ved analysen af organisk stof.

Alle overfladenære sedimentprøver er kalkfrie. Dybest er den kalkfrie zone ved Låstrup og Braulstrup (3,25 meter) og mindst dyb er den ved Sjørup med ca. 1,5 meter. Som del af den almindelige landbrugspraksis med tilførsel af jordbrugskalk er pH-værdierne i Ap hori-

sonterne forholdsvis høje og er på lokaliteterne Sjørup og Braulstrup målt (i $CaCl_2$) til henholdsvis 5,68 og 5,49, hvor tilførslen af kalk synes mindre ved Låstrup hvor pH-værdien i Ap horisonten blev målt til 4,83. I de dybere kalkholdige lag er pH målt til mellem 6,8 og 7,2.

Ligeledes som følge af tilførslen af jordbrugskalk til lokaliteterne ved Sjørup og Braulstrup er basemætningen henholdsvis 53 % og 47 % i de undersøgte Ap horisonter, hvorefter den aftager til 12-31 % for atter at stige til omkring 100 % i de kalkfrie lag. Ved Låstrup ligger basemætningen på et næsten konstant niveau i jordhorisonterne men stiger også her til omkring 100 % i det kalkholdige lag.

I Ap horisonten er kationombytningskapaciteten (CEC-værdien) målt til 10 cmol kg^{-1} ved Sjørup, 15 cmol kg^{-1} ved Låstrup og 13 cmol kg^{-1} ved Braulstrup. Afhængig af bl.a. kornstørrelsessammensætning og omfanget af jordbundsdannende processer varierer CEC-værdierne i de efterfølgende horisonter og lag mellem 3 og 7 cmol kg^{-1}.

Den mineralogiske sammensætning domineres af kvarts. Dertil kommer K- og Na-Ca feltspat i varierende mængde og sammensætning bestemt ved forvitringsintensiteten samt fordelingen på aflejringstidspunktet. Små mængder glimmer optræder hyppigt ligesom der er ofte er konstateret tilstedeværelse af små mængder pyroxener. Ved Låstrup kan pyroxen således kun detekteres i morænesandet men ikke i den underliggende smeltevandssand.

I Ap horisonterne varierer indholdet af jernoxider (Fe_{DCB}) kun lidt og er forholdsvis højt (3183-3595 mg Fe kg^{-1}) hvorefter indholdet aftager markant i ca. 1 meters dybde (1200-1928 mg Fe kg^{-1}) og når i ca. 7 meter ved Låstrup og Braulstrup på henholdsvis 2932 og 100 mg Fe kg^{-1}. Indholdet af aluminiumsforbindelser ekstraheret som Al_{DCB} er mellem 1023 og 1809 mg Al kg^{-1} i Ap horisonten og når ned til mellem 50 og 211 mg kg^{-1} i de dybe og svagt forvitrerede prøver.

Den mineralogiske sammensætning med forholdsvis høje indhold af organisk stof betyder at Ap horisonten på alle lokaliteter er beskrevet som mørkegrå i Ap horisonten. Herefter følger som oftest iltede svage eller meget svage brune farvenuancer til bunden af boringen og kun ved Sjørup findes lysegrå lag under jordbunden.

Det specifikke overfladeareal i Ap horisonten varierer mellem 0,8 og 1,2 m^2g^{-1}. I de underliggende lag varierer den specifikke overflade i takt med prøvernes sammensætning og mineralogiske egenskaber og er normalt mellem 1,0 og 8,2 m^2g^{-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 Sjørup lokaliteten

Der blev udtaget fem intaktprøver i store kolonner (20,0 cm længde, 20,0 cm i indre diameter) samt fem intaktprøver i 100-cm^3 retentionsringe i henholdsvis Ap1-, Ap2 og C-horisonten, figur 3.1 og 3.3. Derudover blev der fra den ene boring udtaget to retentionsringe.

3.4.1.2 Braulstrup lokaliteten

Der blev udtaget fem intaktprøver i store kolonner (20,0 cm længde, 20,0 cm i indre diameter) i henholdsvis Ap- og C-horisonten, figur 3.7. Udtagning af store prøver i Bv-horisonten var ikke mulig p.g.a. horisontens ringe tykkelse. Derudover blev der udtaget fem intaktprøver i 100-cm^3 retentionsringe i Ap-, Bv- og C-horisonten, i smeltevandslaget, samt i boringen.

3.4.1.3 Låstrup lokaliteten

Der blev udtaget fem intaktprøver i store kolonner (20,0 cm længde, 20,0 cm i indre diameter) samt fem intaktprøver i 100-cm^3 retentionsringe i henholdsvis Ap-, Bv- og C-horisonten, figur 3.9. Derudover blev der udtaget fem intaktprøver i 100-cm^3 retentionsringe i boringen.

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. Lokaliteten ved Låstrup gør sig bemærket ved generelt at have høje volumenvægte.

Tabel 3.9. Volumenvægt (g/cm^3) målt på 100-cm^3 retentionsringe (n=5).

Horisont	Sjørup			Braulstrup		
	Prøvenummer	volumenvægt (g/cm3)	std.afv.	Prøvenummer	volumenvægt (g/cm^3)	std.afv.
Ap1	19-1-1-803	1,33	0,06	21-1-1-833	1,43	0,02
Bv/Ap2	19-1-2-804	1,41	0,03	21-1-2-834	1,41	0,08
C	19-1-3-805	1,60	0,06	21-1-3-835	1,77	0,05
sandlag	-	-	-	21-1-4-836	1,67	0,03
Boring	19-1-4-806	1,57	0,07	21-1-5-837	1,63	0,15
Boring	-	-	-	21-1-6-909	1,50	0,01
	Låstrup					
Ap	22-1-1-838	1,42	0,10			
Bv	22-1-2-839	1,70	0,06			
C	22-1-3-840	1,78	0,02			
Boring	22-1-4-841	1,81	0,02			
Boring	22-1-5-842	1,48	0,04			

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 to udvalgte store kolonner udtaget en delprøve til teksturbestemmelse, tabel 3.10. Der er god overensstemmelse mellem de gennemsnitlige prøver og de tre stikprøver fra kolonnerne, tabel 3.6 og 3.8.

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

Mark	Prøvenr.	Horisont	Prøve dybde (cm)	<2μm	2 –20μm	20 – 63μm	63 – 125μm	125 - 200μm
Sjørup	19-1-3-805a	C	130-150	4,6	2,9	2,8	13,8	21,7
Låstrup	22-1-2-839a	Bv	35-55	9,3	7,2	13,7	19,6	15,8

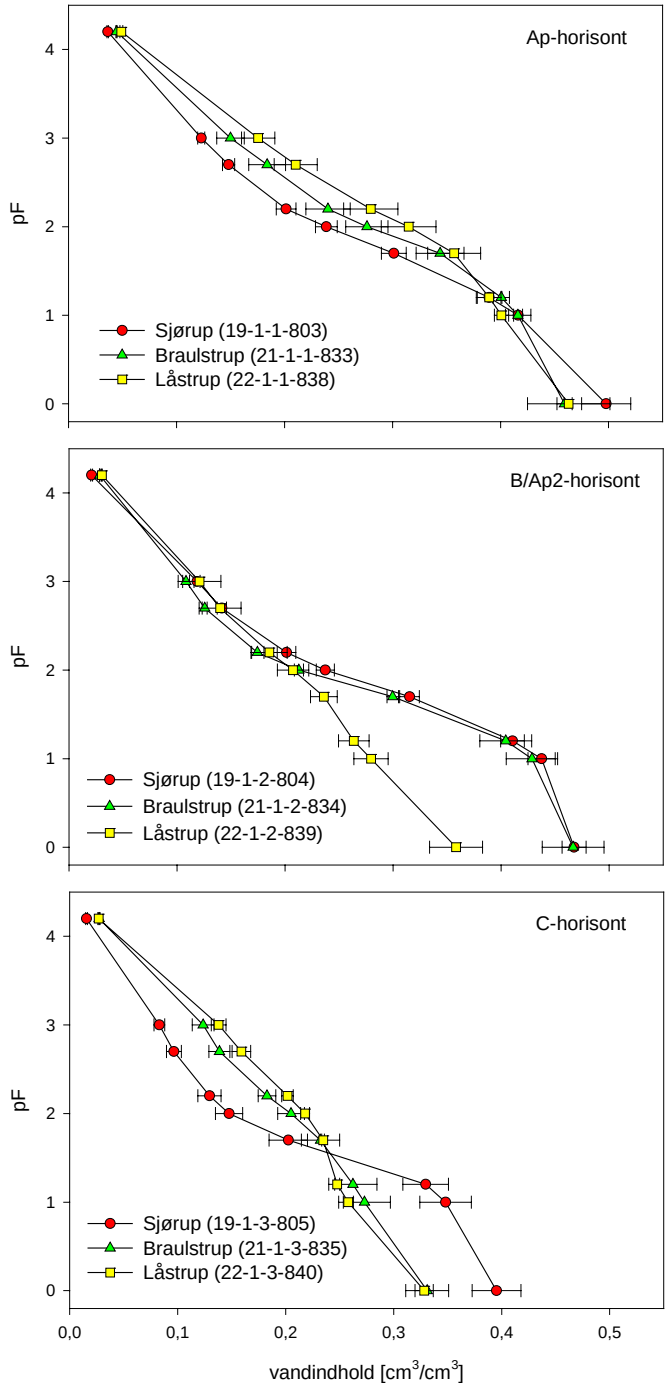
Mark	Prøvenr.	Horisont	Prøve dybde (cm)	200 – 500μm	500 μm - 2 mm	2 - 6.3 mm	>6.3 mm	humus	JB-nr.
Sjørup	19-1-3-805a	C	130-150	37,5	16,6	5,6	5,6	0,1	1
Låstrup	22-1-2-839a	Bv	35-55	25,4	8,6	4,1	4,3	0,4	4

3.4.4 Vandretention

Resultaterne for vandretention er vist på figur 3.16. De tre horisonter (Ap, B og C) udviser generelt et jævnt afdræningsforløb. For B/Ap2-horisonterne adskiller Låstrup sig for de to andre lokaliteter ved at have markant lave vandindhold ved lave pF-værdier. Dette stemmer overens med horisontens høje volumenvægt og dermed lave porøsitet, tabel 3.9. For de to andre lokaliteter i den samme horisont ses en relativ kraftig afdræning fra pF 1 til pF 2,

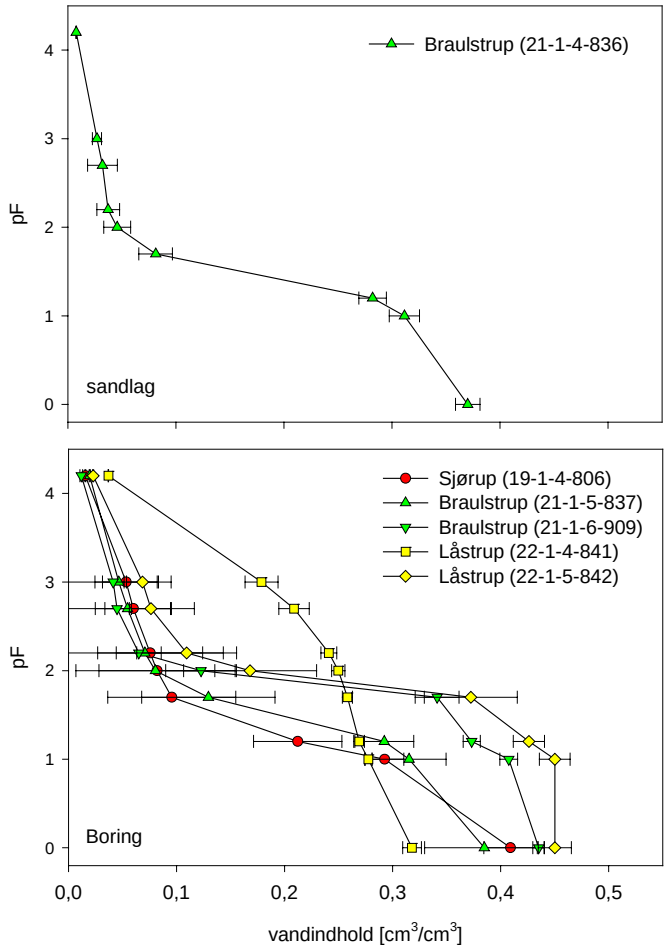
hvorefter horisonterne følger det samme forløb som horisonten ved Låstrup. For C-horisontens vedkommende er det Sjørup, der skiller sig ud i forhold til de to andre lokaliteter ved at udvise en relativ kraftig afdræning fra pF 1 til pF 2. Denne horisont har også det højeste indhold af grovsand, tabel 3.6.

Sandlaget ved Braustrup viser et typisk afdræningsforløb for sand med en markant afdræning af jorden fra pF 1 til pF 2. En kombination af en lagrækkefølge med et leret/siltet lag (C-horisonten) oven på et sandet lag giver en hydraulisk barriere, da det sandede lag vil have en lavt hydraulisk ledningsevne ved lave vandindhold. Først når det overliggende finkornede lag er næsten helt vandmættet, vil vandet bryde igennem.
For boringerne skiller Låstrup (22-1-4-841) sig ud ved at have en høj vandholdningskapacitet i forhold til de andre boringer. Dette stemmer overens med, at det også er denne horisont, der har det højeste lerindhold, tabel 3.7. To andre boringer fra henholdsvis Braulstrup (21-1-6-909) og Låstrup (22-1-5-842) udviser og en relativ høj vandholdningskapacitet indtil pF 1.7, hvorefter de afdrænes kraftigt. Dette stemmer overens med at netop disse to boringer har et højt indhold af finsand og dermed et stor antal porer i mellemklassen (30-60 μm). De to andre boringer fra Sjørup (19-1-4-806) og Braulstrup (21-1-5-837) udviser en kraftig afdræning fra starten af retentionsforløbet, hvilket stemmer godt overens med, at disse boringer har et højt indhold af grovsand, tabel 3.6 og 3.7.



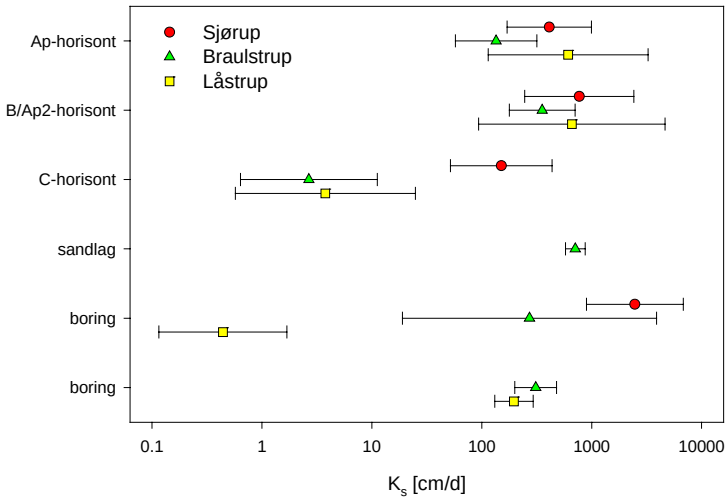
Figur 3.16. Data for vandretention målt på intakte 100-cm^3 prøver (n = 5). Fejllinjerne viser ±1 standardafvigelse

Figur 3.16. fortsat.



3.4.5 Mættet hydraulisk ledningsevne

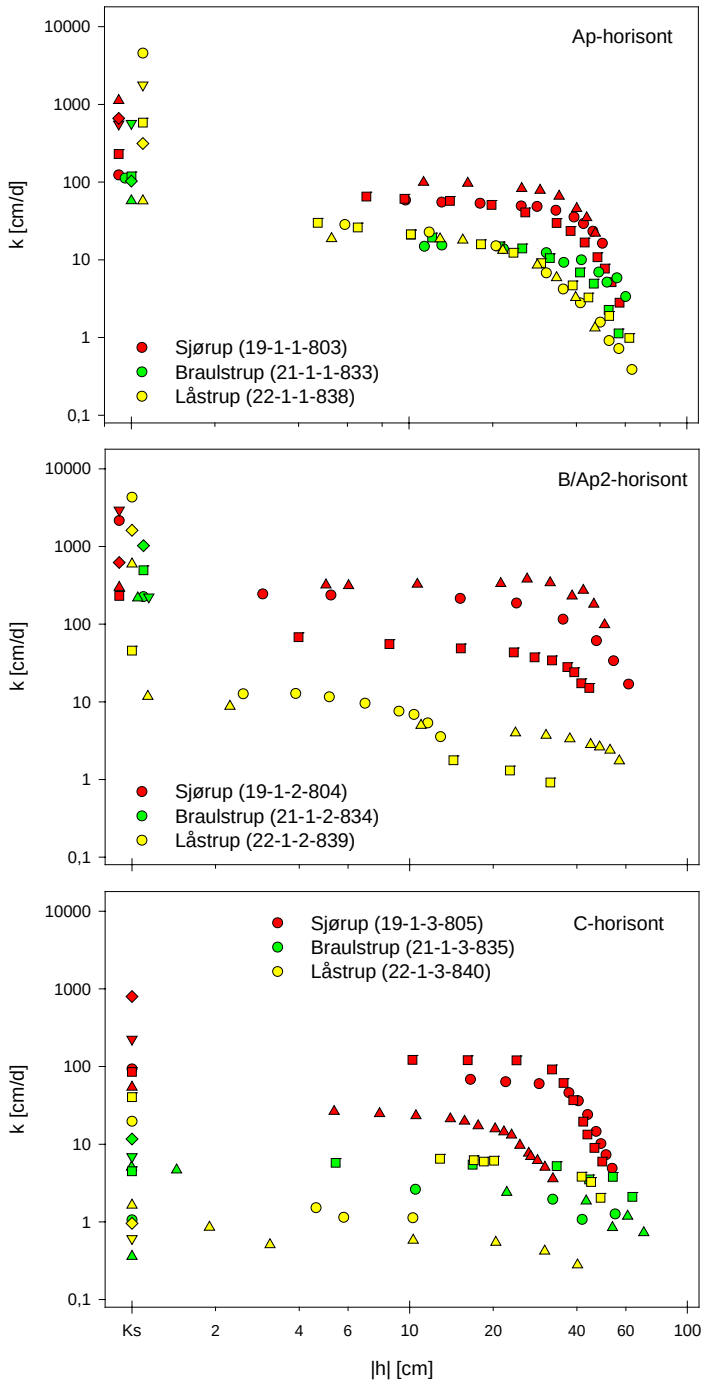
Figur 3.17 viser værdierne for jordens mættede hydrauliske ledningsevne målt ned gennem profilet. C-horisonten ved Sjørup skiller sig markant ud fra C-horisonten ved Braulstrup og Låstrup ved at have en markant højere ledningsevne. Dette forklares ved, at denne horisont er velsorteret med et højt indhold af grovsand resulterende i et højt antal af store porer i jorden. Som tilfældet var for vandretentionsmålingerne adskiller en af boringerne fra Låstrup sig fra de øvrige boringer ved at have en lav mættet hydraulisk ledningsevne, hvilket igen forklares ved denne ene borings relativt høje lerindhold.



Figur 3.17. Mættet hydraulisk ledningsevne (K_s, n = 5) målt på store kolonner med undtagelse af Bv-horisonten ved Braulstrup samt boringerne for samtlige lokaliteter, hvor K_s blev målt på små 100 cm^3 retentionsringe. Fejllinjerne viser ±1 standardafvigelse.

3.4.6 Umættet hydraulisk ledningsevne

Resultaterne af målingerne af den umættede hydrauliske ledningsevne er vist på figur 3.18. Enkeltmålingerne er her plottet og sammenlignet med enkeltmålingerne af den mættede hydrauliske ledningsevne. Der blev ikke målt umættet ledningsevne i B-horisonten ved Braulstrup, da der ikke blev udtaget stor kolonner i denne horisont. Markante forskelle mellem de enkelte lokaliteter indenfor de samme horisonter kan forklares ved forskelle i tekstur. Markante forskelle mellem mættet og nærmættet hydraulisk ledningsevne, hvilket er specielt udtalt for B-horisonten ved Låstrup kan forklares ved, at vandstrømningen i jorden i mættet tilstand i høj grad foregår ved præferentiel strømning gennem jordens makroporer.



Figur 3.18. Enkeltmålinger af mættet (K_s) og umættet (k(h)) hydraulisk ledningsevne. Alle målinger er udført på store kolonner med undtagelse af K_s-målingerne i Bv-horisonten ved Braulstrup, der blev målt på 100 cm^3 retentionsringe. Forskellige symboler viser målingerne på hver enkelt kolonne.

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

På prøver fra de tre lokaliteter - Sjørup, Braulstrup og Låstrup - er der gennemført målinger af mikrobiologiske parametre, tabel 3.11. Substrat induceret respiration (SIR), der giver et udtryk for den let tilgængelige biomasse samt den heraf afledte parameter mikrobiel biomasse kulstof (mb-C) 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, hvilket er 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 to forskellige metoder; ved måling af hydrolyse af flourescein diacetat (FDA) 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).

Tabel 3.11. Undersøgte prøver fra Sjørup, Braulstrup og Låstrup

Dybde	Sjørup			Braulstrup			Låstrup		
		Cm	Prøvenr.		Cm	Prøvenr.		Cm	Prøvenr.
Dybde 1	Ap1	5-25	19-1-1-803	Ap	5-25	21-1-1-833	Ap	5-25	22-1-1-838
Dybde 2	Ap2	30-56	19-1-2-804	Bv	56	21-1-2-834	Bv	35-55	22-1-2-839
Dybde 3	C	130-140	19-1-3-805	C	92-112	21-1-3-835	C	67-87	22-1-3-840
Dybde 4		250-295	19-1-4-806	sand-lag	97	21-1-4-836		300-345	22-1-4-841
Dybde 5		410	19-1-5-807		300-345	21-1-5-837		700-745	22-1-5-842
dybde 6		-	-		700	21-1-6-909		-	-

3.5.1 Mikrobiel biomasse

Den substrat inducerede respiration blev på de to lokaliteter, Sjørup og Gl. Kirke, målt til 9,7-11,1 µL CO_2 g^{-1} tør jord t^{-1} i Ap-horisonten (tabel 3.12-I). Antallet af dyrkbare bakterier er i Låstrup højere end de to andre lokaliteter, især er antallet af dyrkbare *Pseudomonas* sp bakterier højere i dybde 2 og 3. 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 Sjørup, Braulstrup og Låstrup.

I	µL CO_2 g^{-1} tør jord t^{-1}					
	Sjørup		Braulstrup		Låstrup	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	11,1	4,3	9,7	5,9	nd	nd
Dybde 2	<0,5	-	0,7	0,0	nd	nd
Dybde 3	<0,5	-	0,5	0,1	nd	nd
Dybde 4						
Dybde 5						
Dybde 6						

II	Biomasse C, µg g^{-1} tør jord					
	Sjørup		Braulstrup		Låstrup	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	468	176	411	243	nd	nd
Dybde 2	<30	-	42	2	nd	nd
Dybde 3	<30	-	34	4	nd	nd
Dybde 4						
Dybde 5						
Dybde 6						

III	Dyrkbare bakterier på (1/300 TSA) g^{-1} tør jord					
	Sjørup		Braulstrup		Låstrup	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	$7,6x10^6$	$3,3x10^6$	$6,7x10^6$	$3,2x10^6$	$6,3x10^6$	$3,0x10^6$
Dybde 2	$4,2x10^4$	$1,7x10^4$	$1,2x10^5$	$2,2x10^5$	$5,2x10^5$	$2,3x10^5$
Dybde 3	$7,1x10^2$	$8,7x10^2$	$5,7x10^2$	$6,2x10^2$	$1,5x10^5$	$2,0x10^4$
Dybde 4	$2,3x10^4$	$4,0x10^3$	$4,0x10^3$	$1,7x10^3$	$6,7x10^4$	$1,7x10^4$
Dybde 5	$1,6x10^3$	$1,1x10^3$	$1,0x10^4$	$3,7x10^3$	-	-
Dybde 6	-	-	$1,7x10^4$	$4,1x10^3$	-	-

IV	*Pseudomonas* sp. Bakterier (Goulds S1) g^{-1} tør jord					
	Sjørup		Braulstrup		Låstrup	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	$7,4x10^4$	$1,6x10^4$	$1,5x10^5$	$4,1x10^4$	$7,2x10^4$	$1,9x10^4$
Dybde 2	<100	-	<100	-	$4,3x10^3$	$7,0x10^2$
Dybde 3	<100	-	<100	-	$3,8x10^1$	$6,6x10^1$
Dybde 4	<100	-	<100	-	<100	-
Dybde 5	<100	-	<100	-	-	-
Dybde 6	-	-	<100	-	-	-

3.5.2 Mikrobiel aktivitet

Den mikrobielle aktivitet bestemt som måling af FDA blev i Ap-horisonterne målt til 53-56 µg flourescein g^{-1} tør jord t^{-1}. Der er ingen signifikante forskelle mellem de to lokaliteter, Sjørup og Braulstrup, tabel 3.13. Aktiviteten i B-horisonten er generelt betydeligt lavere (<0,5-2,6 µg flourescein g^{-1} tør jord t^{-1}) i de dybere jordlag end i Ap-horisonten – dog med undtagelse af B-horisonten i Braulstrup, hvor aktiviteten er signifikant højere end i Sjørup-lokaliteten.

Tabel 3.13. Hydrolyse af flourescein diacetat i profilerne i Sjørup, Braulstrup og Låstrup.

Dybde	µg flourescein g^{-1} tør jord t^{-1}					
	Sjørup		Braulstrup		Låstrup	
	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	53,2	6,9	56,3	8,4	Nd	nd
Dybde 2	2,6	0,2	33,6	2,3	Nd	nd
Dybde 3	<0,5	-	1,4	0,4	Nd	nd
Dybde 4	Nd	Nd	nd	nd	Nd	nd
Dybde 5	Nd	Nd	nd	nd	Nd	nd
Dybde 6	Nd	Nd	nd	nd	Nd	nd

Mikrobiel aktivitet bestemt som ASA varierer i Ap-horisonten på de tre lokaliteter mellem 16 og 43 µg NP g^{-1} tør jord t^{-1} med signifikant højest aktivitet i Ajstrup og mellem 0.2 og 3.2 µg NP g^{-1} tør jord t^{-1} i de dybere jordlag, tabel 3.14.

Tabel 3.14. Arylsulfatase aktivitet i profilerne i Sjørup, Braulstrup og Låstrup.

Dybde	µg NP g^{-1} tør jord t^{-1}					
	Sjørup		Braulstrup		Låstrup	
	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	21,4	2,9	16,1	1,7	20,8	0,0
Dybde 2	<0,5	-	1,4	0,4	Nd	Nd
Dybde 3	<0,5	-	<0,5	-	<0,5	-
Dybde 4	Nd	Nd	nd	nd	Nd	Nd
Dybde 5	Nd	Nd	nd	nd	Nd	Nd
Dybde 6	Nd	Nd	nd	nd	Nd	Nd

3.5.3 Mikrobiel diversitet

Undersøgelser af bakteriepopulationernes metaboliske egenskaber er foretaget vha. Biolog Ecoplates, som indeholder 31 forskellige C-kilder, og på basis heraf er parametre med relation til den funktionelle diversitet beregnet. På basis af principal komponent analyse (PCA) er eventuelle forskelle i bakteriepopulationernes evne til at udnytte de forskellige substrater vurderet, figur 3.15.

Resultaterne af disse undersøgelser antyder, at der ikke er forskelle mellem de tre lokaliteter mht. antallet af substrater, som de pågældende populationer kan udnytte (Richness) (tabel 3.15), og at populationerne i de dybere jordlag kan udnytte substraterne i samme omfang som populationerne i Ap-horisonten. Ligeledes synes der ikke at være væsentlige

forskelle mellem de tre lokaliteter mht. funktionel diversitet (J') (tabel 3.15), men tendens til aftagende diversitet med dybden. Selv om der mellem de tre lokaliteter tilsyneladende ikke er forskel i funktionel diversitet, kan populationerne godt afvige mht. sammensætning. Dette synes at være tilfældet, idet scores fra PCA falder i tre distinkte grupper, figur 3.19. For at afgøre om denne forskel er signifikant kræves imidlertid et større antal målinger.

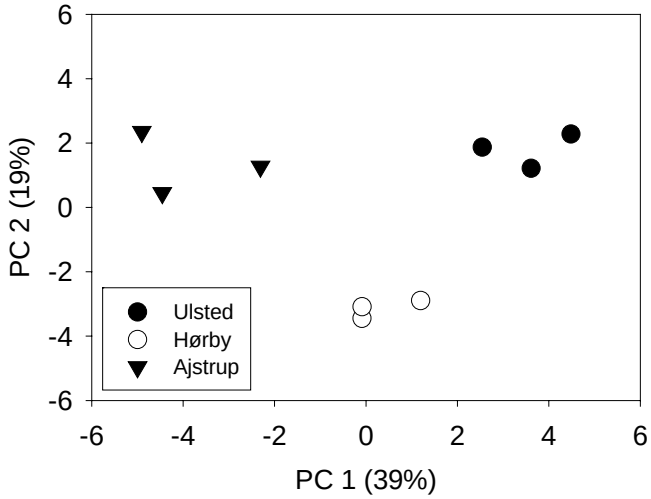
Tabel 3.15. Gennemsnitlig farveudvikling (I), richness (II) og funktionel diversitet (III) i profilerne i Sjørup, Braulstrup og Låstrup. Richness (S) = substratudnyttelsen (maks. 31). Relativt diversitets indeks (J') = Shannon-Weaver diversitetsindeks i forhold til maks. diversitets indeks på 3,43.

I	Gennemsnitlig farveudvikling					
	Sjørup		Braulstrup		Låstrup	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	0,58	0,01	0,51	0,01	Nd	Nd
Dybde 2	0,14	0,01	0,28	0,01	Nd	Nd
Dybde 3	0,17	0,03	<0,10	-	Nd	Nd
Dybde 4	nd	Nd	nd	nd	nd	Nd
Dybde 5	nd	Nd	nd	nd	nd	Nd
Dybde 6	nd	Nd	nd	nd	nd	Nd

II	Richness (S)					
	Sjørup		Braulstrup		Låstrup	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	25,7	0,6	23,0	0,0	nd	Nd
Dybde 2	21,0	4,4	19,0	1,0	nd	Nd
Dybde 3	18,3	3,2	-	-	nd	Nd
Dybde 4	nd	Nd	nd	nd	nd	Nd
Dybde 5	nd	Nd	nd	nd	nd	Nd
Dybde 6	nd	Nd	nd	nd	nd	Nd

III	Relativt diversitets indeks (J')					
	Sjørup		Braulstrup		Låstrup	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	0,89	0,00	0,86	0,00	nd	Nd
Dybde 2	0,74	0,04	0,80	0,02	nd	Nd
Dybde 3	0,70	0,03	-	-	nd	Nd
Dybde 4	nd	Nd	nd	nd	nd	Nd
Dybde 5	nd	Nd	nd	nd	nd	Nd
Dybde 6	nd	Nd	nd	nd	nd	Nd

Figur 3.19. Scores fra principal komponent analyse af substratudnyttelse.



3.5.4 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. En undtagelse er dog B-horisonten i Braulstrup, hvor den målte værdi for FDA ligger på niveau med værdien i A-horisonten. tilsvarende falder antallet af dyrkbare bakterier på såvel det generelle medie som det specifikke *Pseudomonas* sp. medie (tabel 3.13 - tabel 3.15). 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 3.15).

Sammenlignes lokaliteterne kan det konstateres, at Sjørup og Braulstrup udviser en meget sammenlignelig mikrobiel aktivitet i A horisonterne. I A-horisonten som i de dybere jordlag er antallet af dyrkbare bakterier ikke forskellige. For Låsstrup finder vi et højere antal dyrkbare bakterier i de dybere jordlag, mens måling af enzymaktiviteten ASA er eneste generelle biomasse og aktivitetes mål, der dog ligger på niveau med Sjørup og Braulstrup.

3.6 Pesticid specifikke parametre

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

På prøver fra de tre lokaliteter - Sjørup, Braulstrup og Låstrup (tabel 3.16) - 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 ^{14}C (tilsat som pesticid), der er genfundet som ^{14}C-CO_2 efter 64 dage. Jo højere M64d værdi des mere af det tilsatte pesticid er fuldstændigt nedbrudt (mineraliseret).
- DT50 – hvor mange dage det tager, før 50% af det tilsatte pesticid ikke kan genfindes.

Tabel 3.16 Undersøgte prøver fra Sjørup, Braulstrup og Låstrup.

Dybde	Sjørup			Braulstrup			Låstrup		
		Cm	Prøvenr.		Cm	Prøvenr.		Cm	Prøvenr.
Dybde 1	Ap1	5-25	19-1-1-803	Ap	5-25	21-1-1-833	Ap	5-25	22-1-1-838
Dybde 2	Ap2	30-56	19-1-2-804	Bv	56	21-1-2-834	Bv	35-55	22-1-2-839
Dybde 3	C	130-140	19-1-3-805	C	92-112	21-1-3-835	C	67-87	22-1-3-840
Dybde 4		250-295	19-1-4-806	sand lag	97	21-1-4-836		300-345	22-1-4-841
Dybde 5		410	19-1-5-807		300-345	21-1-5-837		700-745	22-1-5-842
Dybde 6		-	-		700	21-1-6-909		-	-

3.6.1 Pesticides binding

Carsten Suhr Jacobsen (GEUS) og Ulla Catrine Brinch (GEUS)

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 Sjørup, Braulstrup og Låstrup lokaliteterne er vist i tabel 3.17.

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.

Tabel 3.17. Kd værdier for MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat bestemt på Sjørup, Braulstrup og Låstrup lokaliteterne.

	Kd værdi MCPA					
	Sjørup		Braulstrup		Låstrup	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	1,2	0,04	2,3	0,19	3,9	0,04
Dybde 2	0,4	0,01	1,3	0,02	0,2	0,008
Dybde 3	0,2	0,02	0,2	0,01	0,2	0,005
Dybde 4	0,02	0,004	0,1	0,006	0,03	0,005
Dybde 5	0,03	0,01	0,04	0,004	0,07	0,008
Dybde 6	-	-	0,03	0,004	-	-

	Kd værdi methyltriazinamin					
	Sjørup		Braulstrup		Låstrup	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	5,1	0,26	6,3	0,44	33,7	0,85
Dybde 2	12,2	0,51	3,7	0,10	52,1	1,70
Dybde 3	38,2	4,947	29,4	0,29	162,7	6,71
Dybde 4	1,1	0,02	7,3	0,28	27,9	3,62
Dybde 5	0,5	0,01	32,6	3,00	4,8	0,18
Dybde 6	-	-	1,4	0,03	-	-

	Kd værdi Metribuzin					
	Sjørup		Braulstrup		Låstrup	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	0,8	0,02	0,8	0,02	1,0	0,02
Dybde 2	0,1	0,01	0,1	0,007	0,1	0,004
Dybde 3	0,04	0,002	0,046	0,003	0,1	0,002
Dybde 4	0,02	0,008	0,02	0,007	0,1	0,009
Dybde 5	0,003	0,002	0,05	0,004	0,2	0,02
Dybde 6	-	-	0,04	0,001	-	-

	Kd værdi glyphosat					
	Sjørup		Braulstrup		Låstrup	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	285,5	20,2	383,2	4,1	621,5	13,6
Dybde 2	1573,7	60,1	1780,5	63,0	1333,3	35,4
Dybde 3	1665,9	116,7	2101,7	106,1	1679,3	144,0
Dybde 4	150,9	8,8	881,5	52,4	1932,2	174,2
Dybde 5	53,4	7,3	2035,4	74,4	110,5	2,4
Dybde 6	-	-	69,6	2,0	-	-

MCPA bindes generelt svagt. Stoffet bindes stærkest i overjorden med Kd værdier mellem 1,2 (Sjørup) og 3,9 (Låstrup). MCPA's sorption falder med dybden, hvor den i de laveste horisonter nærmest er ikke eksisterende.

Methyltriazinamin bindes generelt stærkere end MCPA, men der ses en ikke systematisk varaiation ned gennem profilerne, særligt i Sjørup profilet, hvor den højeste Kd værdi er over 15 (målt til 38,2) og den laveste på 0,5. Den generelt største sorption ses i den fulde profil fra Låstrup, mens Sjørup og Braulstrup ikke adskiller sig væsentligt fra hinanden.

Metribuzins bindingsmønster minder om MCPA, men Kd værdierne er dog generelt lavere. I overjord ligger værdierne fra 0,8 til 1, mens sorptionen i underjord er meget lav for alle tre profiler.

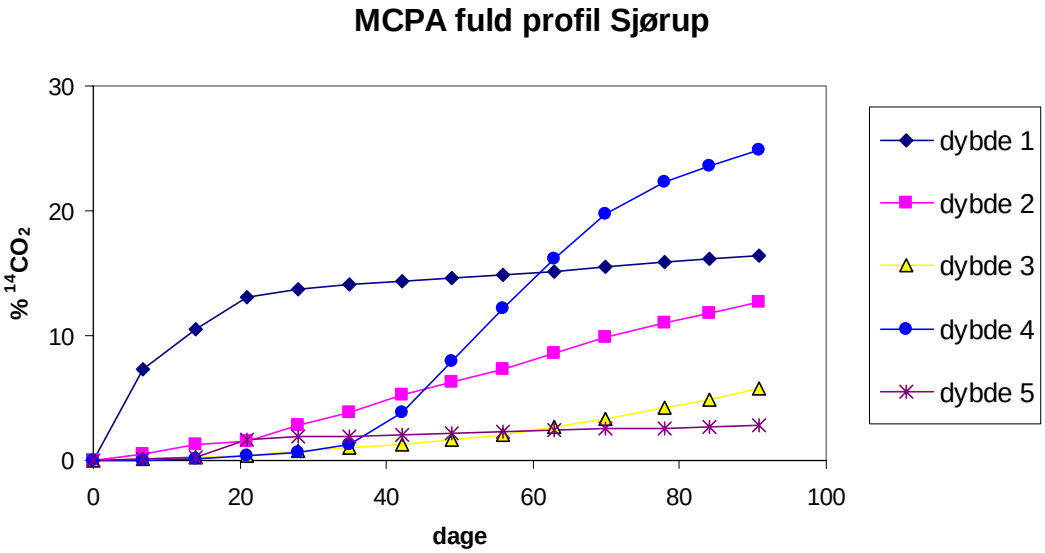
Glyphosat bindes stærkt til alle jorde, med den Kd værdier på over 1000 i i alt 8 af de prøverne – alle fra i dybde 2, 3 4 eller 5. Bemærk at boreprøver fra dybde 5 i Sjørup samt dybde 6 i Braulstrup udviser en knap så høj Kd værdi som de øvrige underjorde.

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

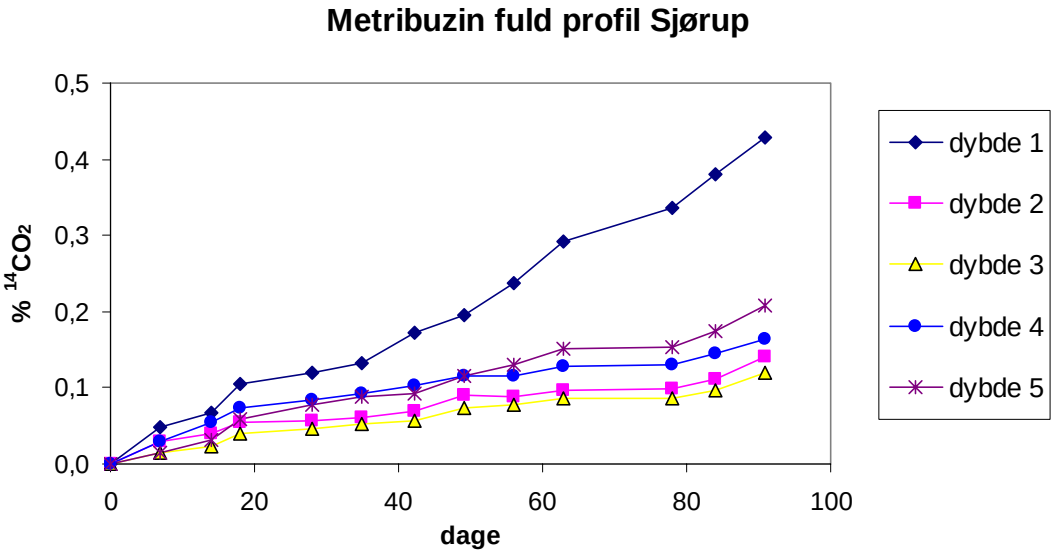
3.6.2 Pesticiders mineralisering

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

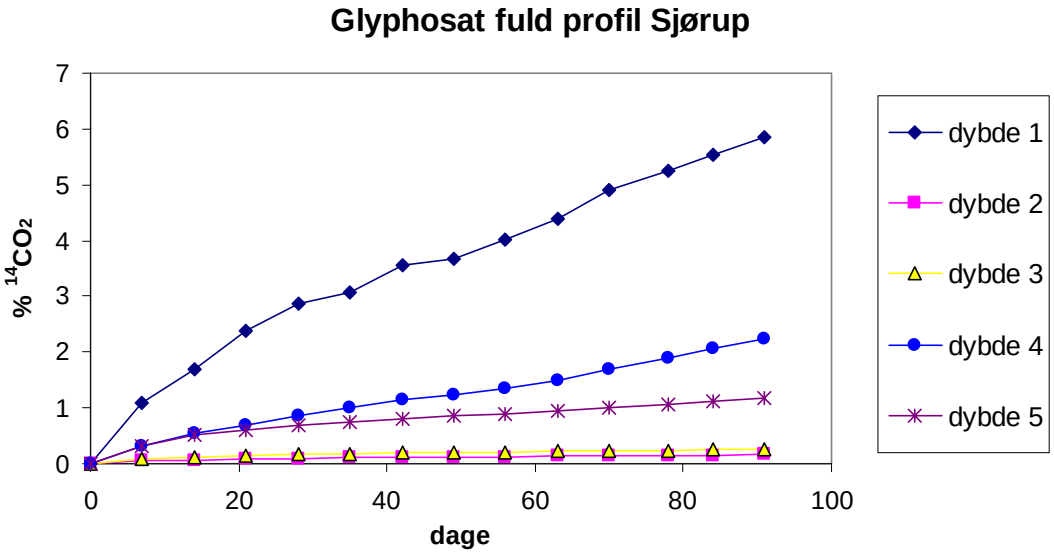
I tabel 3.18 er der opgivet 64 dages akkumuleret mineralisering, der er udtryk for hvor meget af det tilsatte ^{14}C-pesticid, der er fuldstændigt omdannet til $^{14}CO_2$ på 64 dage. På figur 3.18-3.21 er vist eksempler på typiske forløb for mineraliseringen af MCPA, methyltriazinamin, glyphosat og metribuzin. MCPA's mineralisering er typisk vækstrelateret hvilket i fører til et sigmoidt kurveforløb, som det tydeligt fremgår for dybde 4, figur 3.18. De tre øvrige stoffer mineraliseres derimod 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 akumuleret 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.



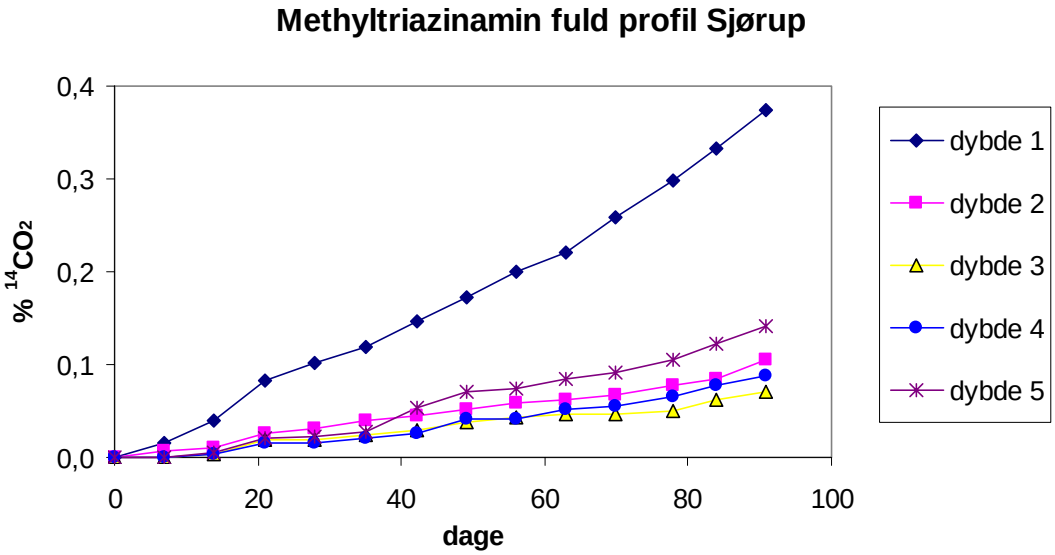
Figur 3.20. Akkumuleret MCPA mineralisering i fem dybder fra lokalitetsnr. 345 (Sjørup)



Figur 3.21. Akkumuleret metribuzin mineralisering i fem dybder fra lokalitetsnr. 345 (Sjørup)



Figur 3.22. Akkumuleret glyphosat mineralisering i fem dybder fra lokalitetsnr. 345 (Sjørup)



Figur 3.23. Akkumuleret methyltriazinamin mineralisering i fem dybder fra lokalitetsnr. 345 (Sjørup)

Tabel 3.18. Værdier for 64 dages akkumuleret mineralisering for MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat bestemt på Sjørup, Braulstrup og Låstrup lokaliteterne.

	M64d værdi MCPA		
	Sjørup	Braulstrup	Låstrup
Dybde	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	15,2	47,6	43,6
Dybde 2	8,5	39,9	40,6
Dybde 3	2,6	63,2	62,6
Dybde 4	16,1	59,5	17,3
Dybde 5	2,4		0,3
Dybde 6	-	-	-

	M64d værdi Methyltriazinamin		
	Sjørup	Braulstrup	Låstrup
Dybde	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	0,22	0,33	0,26
Dybde 2	0,06	0,08	0,11
Dybde 3	0,05	0,01	0,049
Dybde 4	0,05	0,003	0,02
Dybde 5	0,09		0,02
Dybde 6	-	-	-

	M64d værdi Metribuzin		
	Sjørup	Braulstrup	Låstrup
Dybde	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	0,29	0,39	0,45
Dybde 2	0,10	0,17	0,16
Dybde 3	0,09	0,12	0,16
Dybde 4	0,13	0,049	0,08
Dybde 5	0,15		0,12
Dybde 6	-	-	-

	M64d værdi glyphosat		
	Sjørup	Braulstrup	Låstrup
Dybde	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	4,4	3,8	10,0
Dybde 2	0,1	1,2	0,5
Dybde 3	0,2	1,0	0,4
Dybde 4	1,5	0,3	1,3
Dybde 5	0,9		18,3
Dybde 6	-	-	-

Mineraliseringen af MCPA forløber hurtigere og til et højere niveau end det ses for de øvrige stoffer. Den fulde profil fra Sjørup giver et lavere mineraliseringsniveau end det ses for de to andre profiler, hvor M64 værdierne ligger omkring 40-50 procent med undtagelse af de to nederste dybder fra Låstrup. Fra både methyltriazinamin og metribuzin ses en forsvindende lille udvikling af $^{14}CO_2$, hvorfor mineralisering af disse stoffer ikke antages at have fundet sted. Mineraliseringen af glyphosat er i overjorden fra 3,8 (Braulstrup) til 10,0 procent (Låstrup). Generelt ses en faldende mineralisering med dybden, hvor dybde 5 fra Låstrup dog skiller sig ud med en for glyphosat meget høj mineraliseingsprocent.

3.6.3 DT50 bestemmelse

René K. Juhler (GEUS)

Ved DT50 bestemmelserne er der gennemført analyse af hvor lang tid det tager før der kun kan findes 50% af det tilsatte pesticid. Bestemmelsen udføres ved en direkte kemisk analyse af ekstrakter på LC-MS/MS. DT50 værdien tolkes som halveringstiden for pesticidets forsvinding. DT50 værdierne for MCPA, methyltriazinamin og metribuzin bestemt på Sjørup, Braulstrup og Låstrup lokaliteterne er vist i tabel 3.19. Glyphosats forsvinden er kun bestemt ved mineralisering.

Tabel 3.19. DT50 værdier for MCPA, methyltriazinamin og metribuzin bestemt på Sjørup, Braulstrup og Låstrup lokaliteterne.

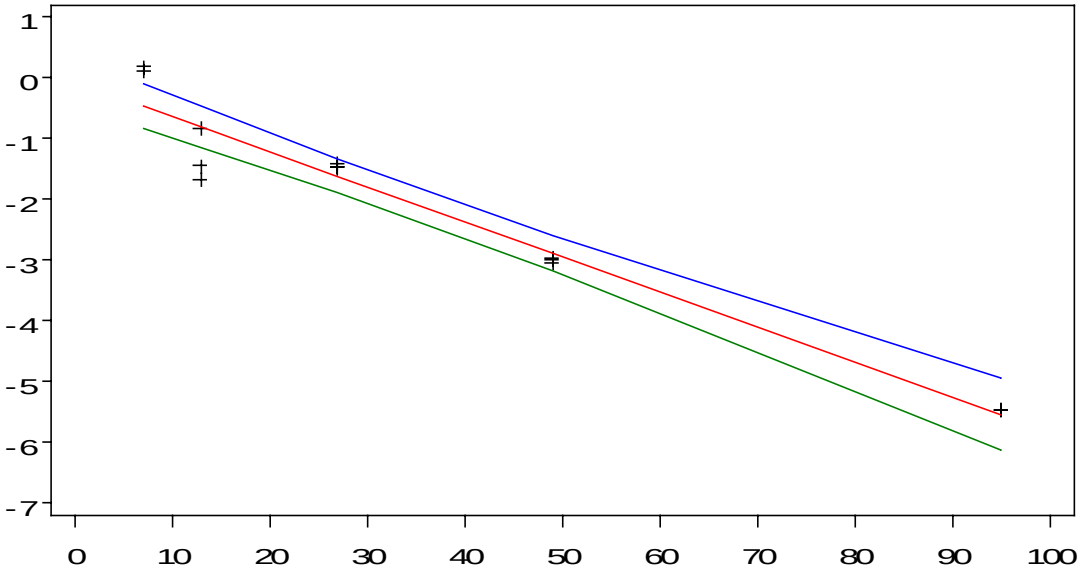
	DT50 værdi for MCPA		
	Sjørup	Braulstrup	Låstrup
Dybde 1	11	-	5
Dybde 2	57	-	29
Dybde 3	83	-	-
Dybde 4	18	-	-
Dybde 5	-	-	-
Dybde 6	-	-	-

	DT50 værdi for Methyltriazinamin		
	Sjørup	Braulstrup	Låstrup
Dybde 1	108	-	105
Dybde 2	61	119	47
Dybde 3	72	-	-
Dybde 4	147	-	-
Dybde 5	115	-	-
Dybde 6	-	-	-

	DT50 værdi for Metribuzin		
	Sjørup	Braulstrup	Låstrup
Dybde 1	149	46	256
Dybde 2	-	>1000	126
Dybde 3	-	-	-
Dybde 4	-	-	-
Dybde 5	>1000	-	-
Dybde 6	-	-	-

Der er i enkelte tilfælde ekstrapoleret ud over det tidsinterval, som forsøget dækker. I ekstreme tilfælde (d.v.s. hvor der er ingen eller en næppe detekterbar forsvinding) er DT_{50} værdien angivet som ">1000".

Der ses en generel tendens til hurtigst forsvinding af MCPA i over- og underjorde, mens methyltriazinamin og Metribuzin i overjorde forsvinder langsommere end MCPA. I underjodenne er methyltriazinamin og metribuzin generelt stabile. Et eksempel på sammenhængen mellem inkuberingstiden og forsvindingen af stoffet MCPA kan ses i figur 3.24.



Figur 3.24. Sammenhæng mellem inkuberingstid (t, dage) og forsvinding af MCPA i Sjørup dybde 1 (målt som relativ genfindelse, logaritmeret). Den lineære regressionslingning og linier for 95% konfidensintervallet er angivet. Ud fra hældningen på regressionslinien kan DT_{50} beregnes ved DT_{50}= ln(2)/k som i dette eksempel bliver 12 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.

I figur 4.1 ses en oversigtsfigur over variabilitetsmarken med angivelse af placering af variabilitetshuller.

4.1 Geofysik

I det følgende vises resultaterne fra de geofysiske undersøgelser, der er udført på Sjørup variabilitetsmark. Der er udført EM38 og georadarmålinger. Metoderne vil kun blive beskrevet kort i denne rapport, i stedet henvises til KUPA rapport nr. 2, Metoderapport (Barlebo et al. 2002).

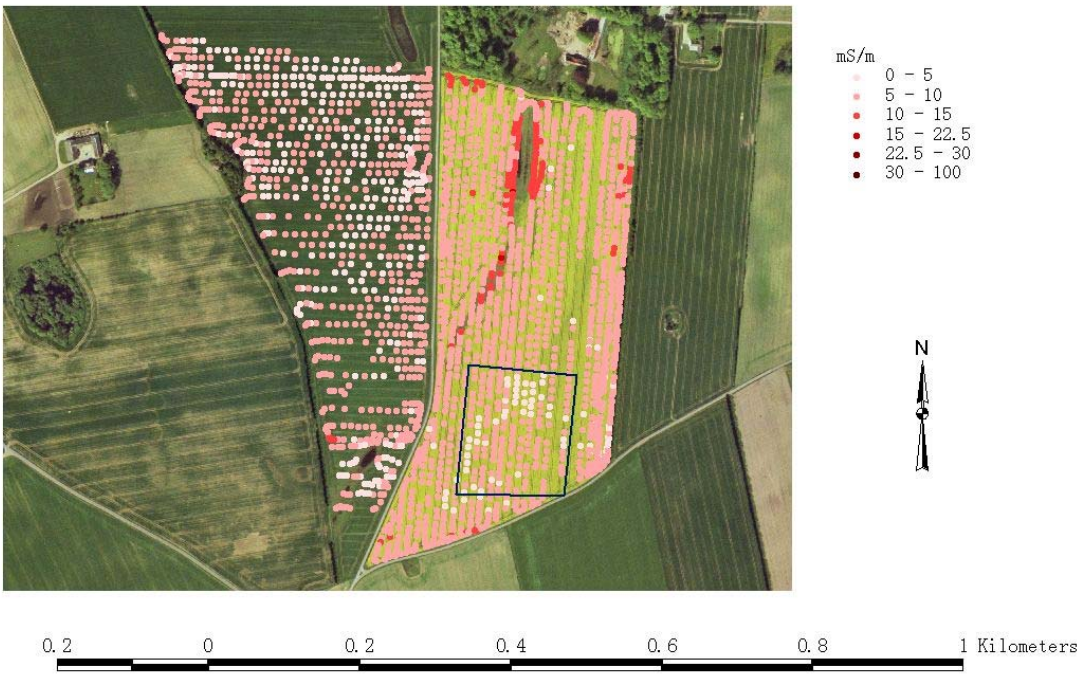
4.1.1 EM38

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

3.4.1.2 Sjørup lokaliteten

Resultater fra EM38-undersøgelsen af Sjørup-lokaliteten er vist på figur 4.1. De største områder viser måleværdier på 5–10 mSm/m (lyserød). Værdier i intervallet fra 0–5 mSm/m (lys) ses spredt i mindre områder fordelt over marken. Måleværdier på 10–15 mSm/m (rød) findes kun få steder i humusrige lavninger.



Figur 4.1. Resultater fra målinger med EM38 sensoren på Sjørup variabilitetsmark. Figuren viser målinger af jordens elektriske ledningsevne målt i milliSiemens/m.

4.1.2 Sammenfatning af EM38-målingerne på morænesandslokaliteter

Tabel 4.1 viser resultatet af den statistiske analyse på Weichsel morænesandslokaliteterne.

Tabel 4.1. Tabellen summerer resultaterne fra den geostatistiske modellering af alle EM38 kortlægningerne af morænesand aflejret i Weichsel på Djurslands og i Himmerland.

Lokalitet	Range	Sill	Nugget	Model
Sjørup	130	2,7	0,8	spherical
Låstrup	20	0,86	0,04	spherical
Braulstrup	unbounded	-	-	-
Profillinie	32	0,52	0,08	spherical

4.1.3 Georadar

Ingelise Møller (GEUS)

Sjørup variabilitetsmark er kortlagt med georadar i forbindelse med udpegningen af placeringen af fuldtprogramprofilet. De to øvrige fuldtprogramprofillokaliteter, som først blev udpeget på et senere tidspunkt, er ikke kortlagt med georadar.

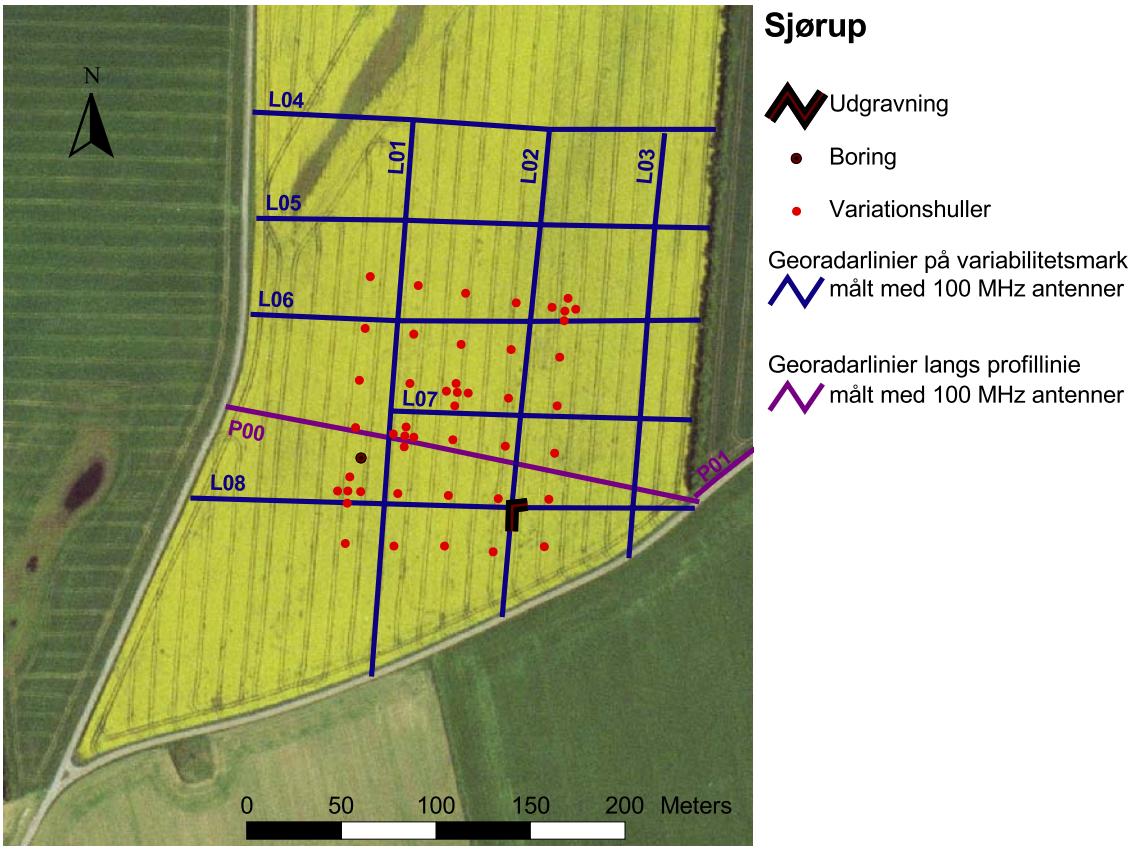
Beskrivelse af georadarmetoden kan findes i KUPA rapport nr. 1 (Møller, 2001) og beskrivelse af måleprocedure og optageparametre findes i KUPA rapport nr. 2, Metoderapport (Barlebo et al. 2002). Processeringen af georadarprofilerne omfatter et dewow-filter, band-

pass-filter og migration samt skalering, der kompenserer for geometrisk spredning og eksponentielt henfald af signal (SEG gain).

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

4.1.3.1 Sjørup lokaliteten

Variabilitetsmarken er undersøgt med georadar i et groft net af i alt 8 linier målt med et georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz, figur 4.2. Desuden går profilliniens georadarprofil gennem variabilitetsmarken.



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

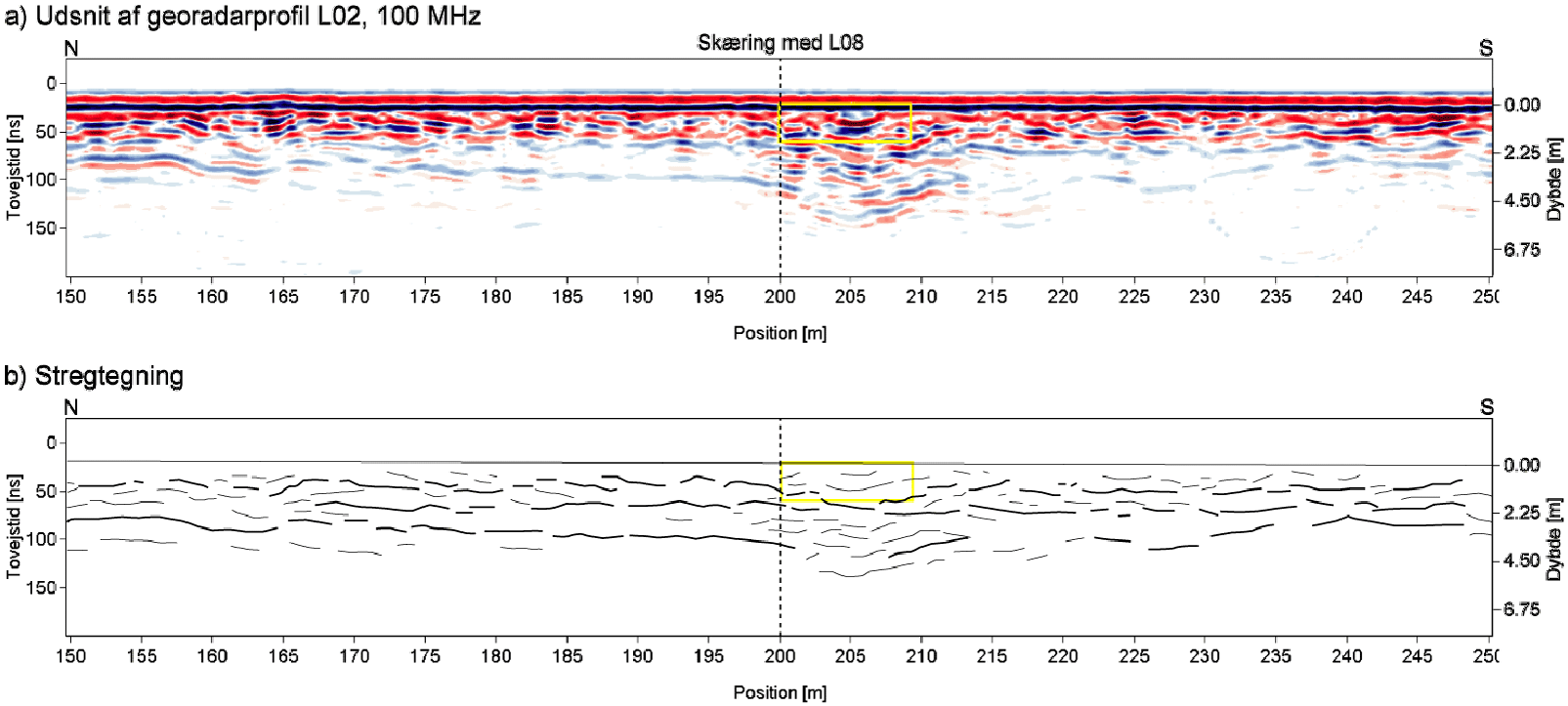
I figur 4.3 vises udsnit af det N-S-orienterede georadarprofil L02 sammen med en stregtegning af profilet. Georadarprofilet domineres af diskontinuerte, svagt hældende, svagt ondulerende eller subhorisontale refleksioner, hvilket giver refleksionsmønstret et "hummocky" præg. Figur 4.4 viser georadarprofilet L08, som er målt vinkelret på georadarprofilet L02. Georadarprofilet har i den midterste og østlige del af profilet et refleksionsmønster, der ligner det i georadarprofil L02. I den vestlige del af udsnittet af georadarprofil L08 bliver refleksionerne mere kontinuerte. Omkring 75–100 ns (~ 3,4–4,5 m u. t.) ses kontinuerte refleksioner med en udstrækning på 20–30 m. Disse refleksioner kan også ses i georadarprofil L02, dog noget svækkede.

I de øvrige georadarlinier ses tilsvarende refleksionsmønstre; refleksionerne er dog mere kontinuerte i nogle områder. Penetrationsdybden ligger i den sydlige del af marken på 100–150 ns (~ 4,5–6,8 m u. t.) medens den i den nordlige del af marken stedvist stiger til ca. 200 ns (~ 9 m u. t.).

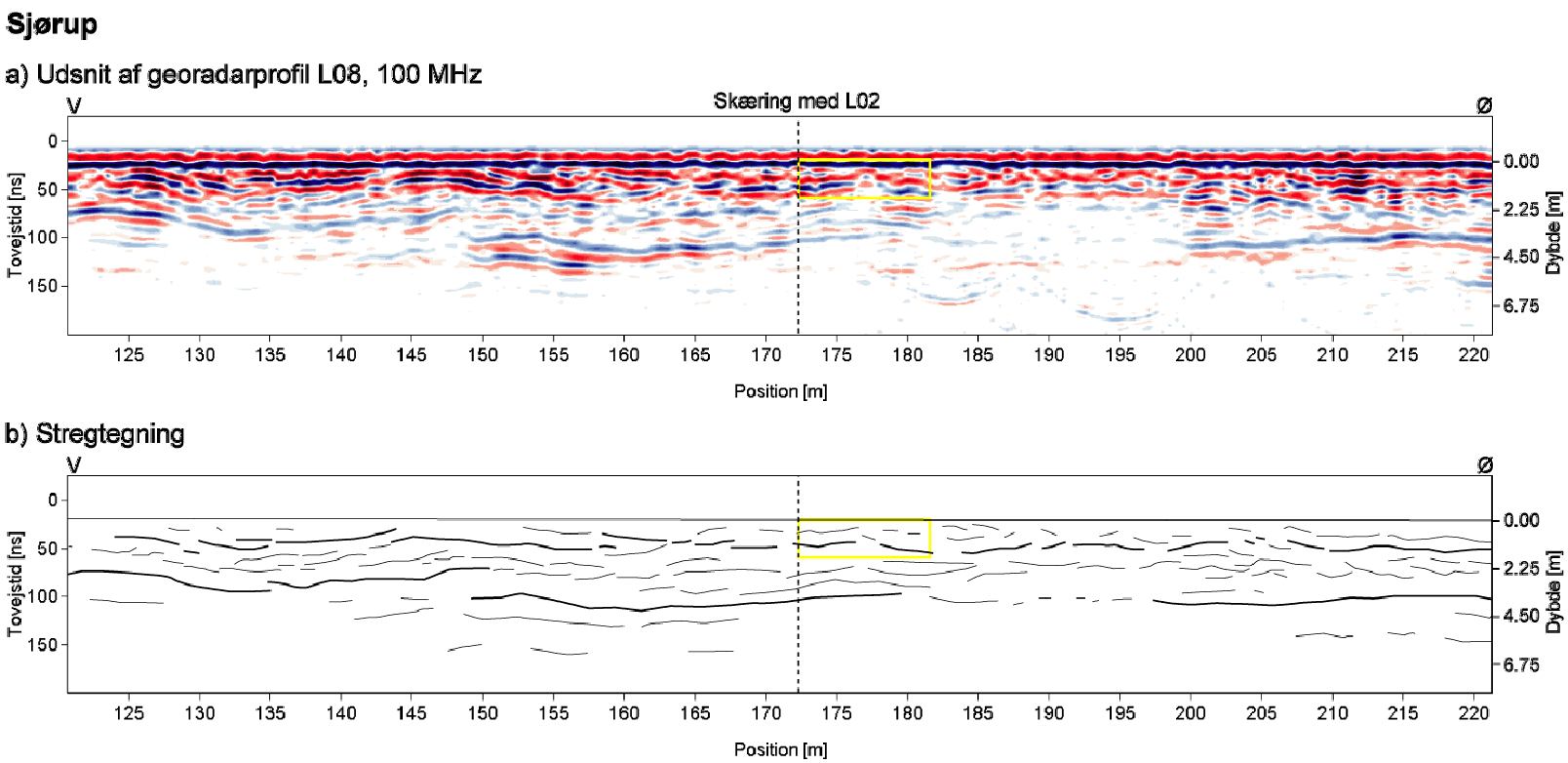
4.1.4 Geologisk tolkning af georadarundersøgelserne

Sammenholdt med de lithologiske data i Sjørup boringen (se figur 3.13) kan de mere kontinuerte refleksioner omkring 75–100 ns (~ 3,4–4,5 m u. t.) sandsynligvis korreleres med laggrænser mellem smeltevandssands- og morænesandsaflejringer eller skift mellem fin og mere grovkornene smeltevandssandssekvenser. Ud fra refleksionsmønsteret er det ikke muligt at skelne mellem morænesandsaflejringer og evt. isforstyrrede smeltevandssandsaflejringer.

Sjørup



Figur 4.3. Nord-syd-orienteret georadarprofil. a) Udsnit af linie L02, målt med georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz. b) Stregtegning af profilet. Skæringspunktet med linie L08 i figur 4.4 er markeret med den lodrette stiplede linie. De gule bokse markerer den omtrentlige placering af udgravningens N-S-orienterende profilvæg (figur 3.3-3.4 med pedologisk/geologisk N-S-profil). Georadarprofilet er tid-dybde konverteret med en bølgeudbredelseshastighed på 0,09 m/ns.



Figur 4.4. Øst-vest-orienteret georadarprofil. a) Linie L08, målt med georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz. b) Stregtegning af profilet. Skæringspunktet med linie L02 i figur 4.3 er markeret med den lodrette stiplede linie. De gule bokse markerer den omtrentlige placering af udgravningens Ø-V-orienterende profilvæg (figur 3.1-3.2 med pedologisk/geologisk Ø-V-profil). Georadarprofilet er tid-dybde konverteret med en bølgeudbredelseshastighed på 0,09 m/ns.

4.2 Prøveudtagningssteder

I Sjørup blev der udtaget jordprøver i to dybder på i alt 46 steder. Fordelingen af prøvetagningspunkterne kan ses på figur 4.5.

Figur 4.5. Sjørup variabilitetsmark. På figuren ses placeringen af prøvetagningsstederne for variationspunkterne.

4.3 Teksturanalyser

Søren Torp (DJF)

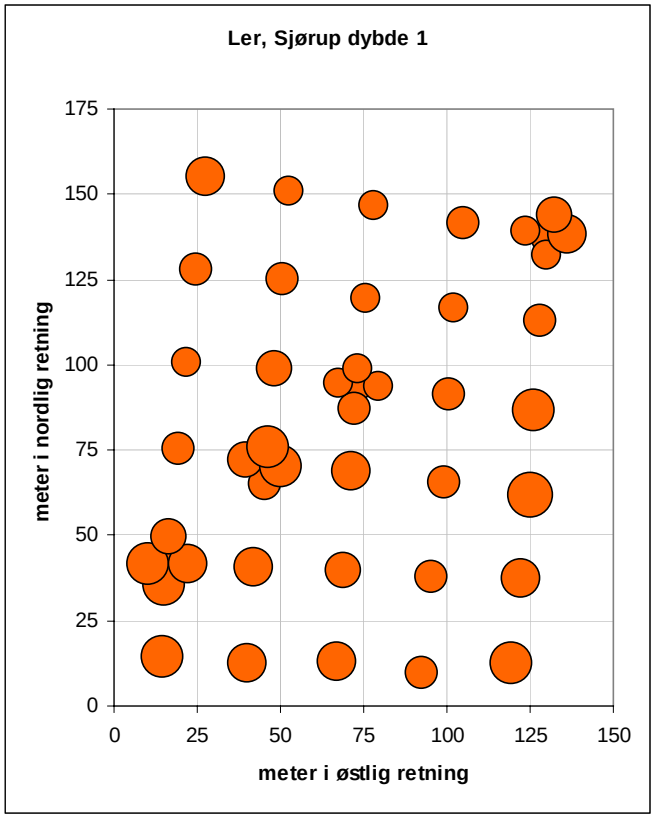
Resultater for analyser fra markvariationspunkterne ved Sjørup ses på figuerne 4.6 – 4.11. Der er vist cirkeldiagrammer for to dybder for ler, kulstof og sand. I appendiks findes analyseresultaterne i helhed i tabelform. For sand gælder at cirkeldiagrammet viser den sumerede værdi for sand, de enkelte kornstørrelsesfraktioner kan ses i appendiks.

Lerprocent fordelingen i dybde 1, pløjelaget, ligger mellem 3,6 og 5,8%, figur 4.6. Der er en svag faldende tendens i nordlig retning, men fordelingen må siges at være homogen set ud over marken som helhed. I dybde 2 er der en større spredning med lerprocenter fra 2,6 til 11,6%, figur 4.7. Der er ikke nogen entydig fordeling. Der er dog større spring mellem punkterne og lerfordelingen i dybde 2 er klart mindre homogen.

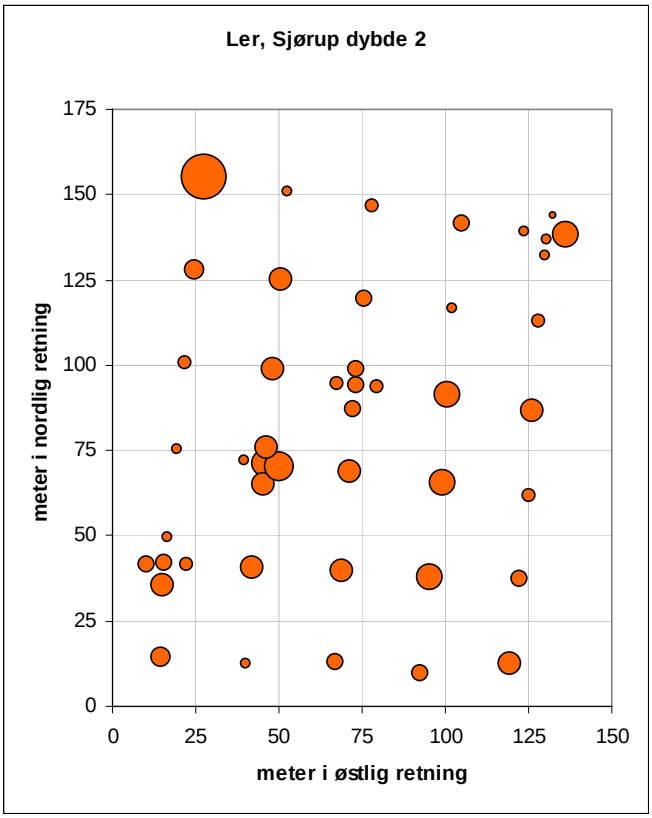
Sand indholdet fra teksturanalysen er vist på figur 4.8 og 4.9. Fordelingen af sand i dybde 1 ligger fra 72,9 til 85,9 %. Det dækker over sandfraktionerne fra 63 μm til 2 mm. Fordelingen af sand er homogen i dybde 1. Dybde 2 viser en noget større spredning, men det er nogle få punkter med lave værdier, der giver spredningen, figur 4.9. Generelt er billedet at værdierne er homogene.

Kulstofindholdet i dybde 1 er vist på figur 4.10. Variationen ligger mellem 0,79 og 1,36 % hvilket er typisk for sandede dyrkede jorder (Sundberg, 1999). Fordelingen af kulstof i dybde 1 over marken må betegnes som relativ homogen. Nogle få punkter har lavere værdier. Kulstofindholdet i dybde 2 ligger mellem 0,06 og 0,36 %, figur 4.11. Generelt har underjorden her et lavere niveau. Den større spredning i værdierne skyldtes at prøverne er udtaget i horisonten under det nuværende pløjelag.

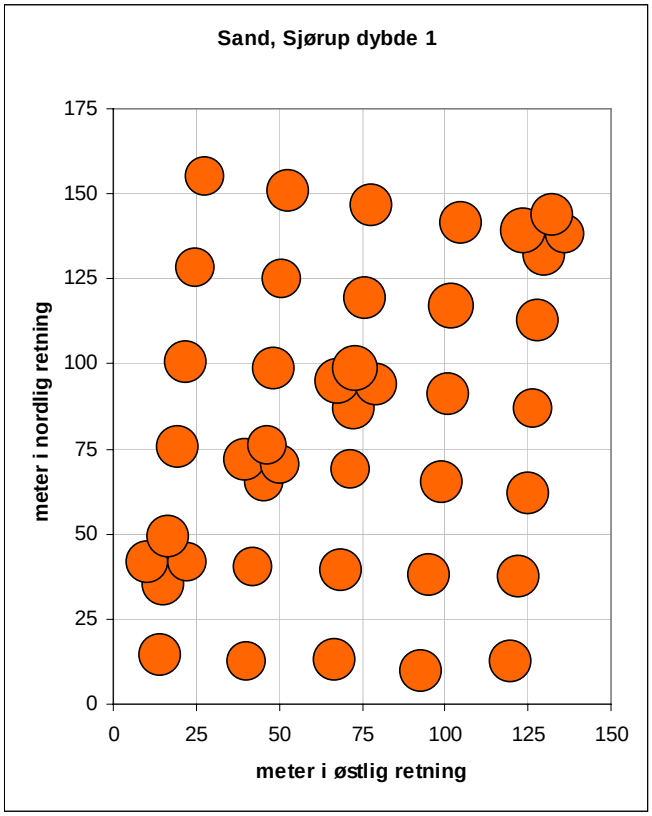
På marken var der nogle steder tegn på materiale pålejring, således at der nogle steder findes et begravet kulstofholdigt tidligere pløjelag umiddelbart under det nuværende (afsnit 3.1).



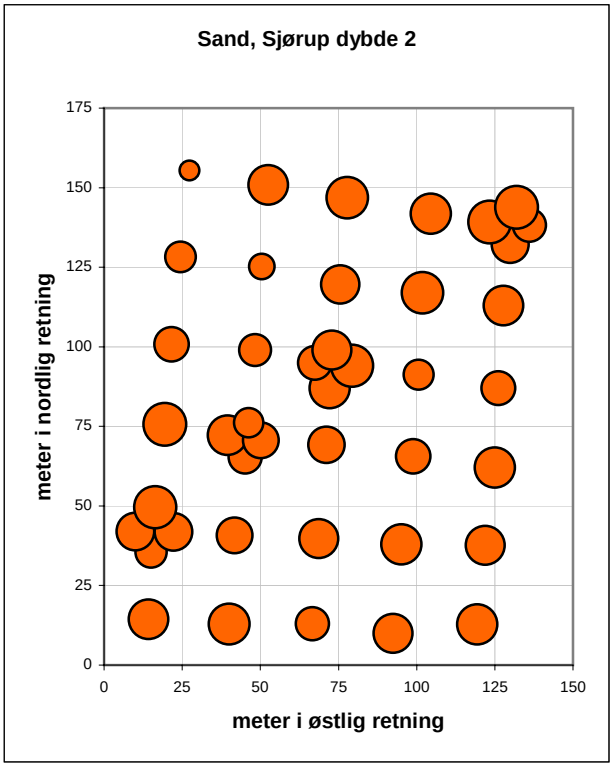
Figur 4.6. Lerprocent i pløjelagsdybde (1) Største og mindste cirkel repræsenterer henholdsvis 3,6 og 5,8% ler.



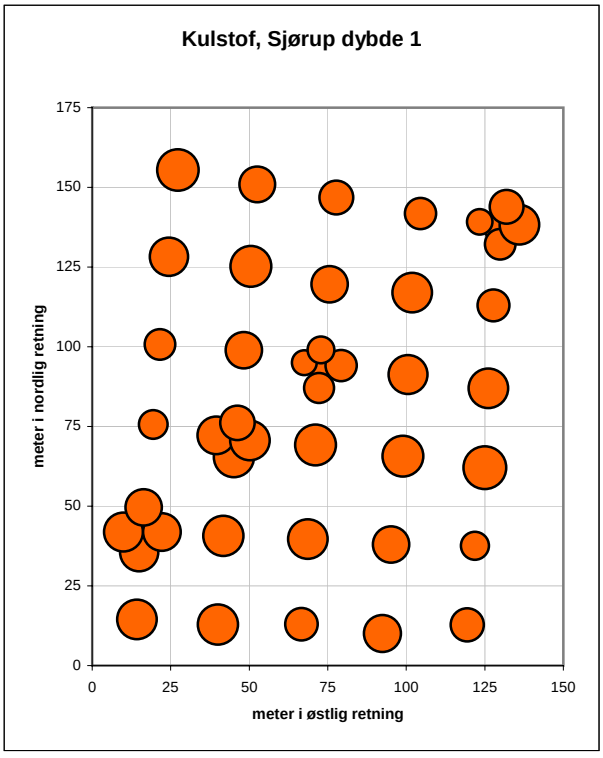
Figur 4.7. Lerprocent i dybde (2) Største og mindste cirkel repræsenterer henholdsvis 2,6 og 11,6% ler.



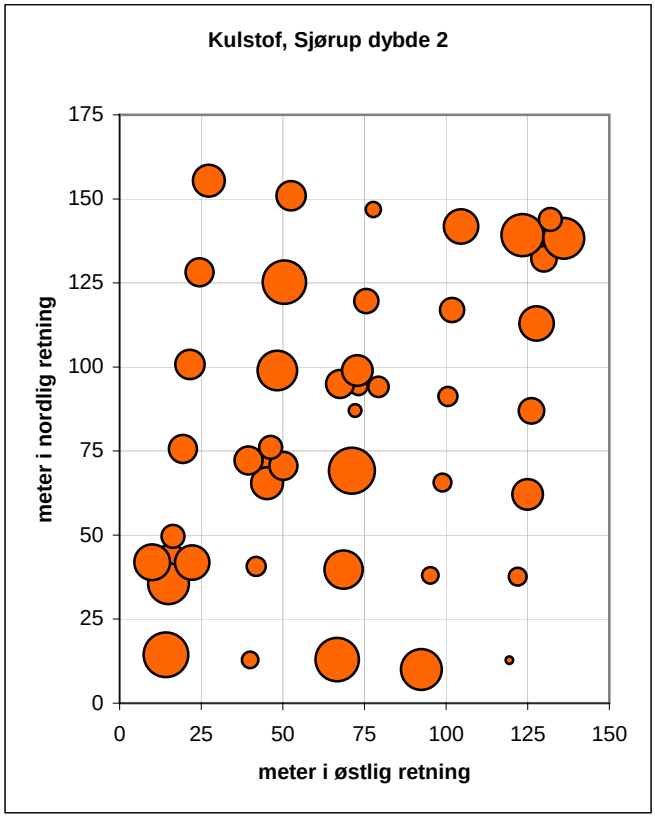
Figur 4.8. Sandprocent i dybde (1) Største og mindste cirkel repræsenterer henholdsvis 72,9 og 85,9% sand.



Figur 4.9. Sandprocent i dybde (2) Største og mindste cirkel repræsenterer henholdsvis 43,6 og 92,2% sand.



Figur 4.10. Kulstofprocent i dybde (1) Største og mindste cirkel repræsenterer henholdsvis 0,79 og 1,36% kulstof.



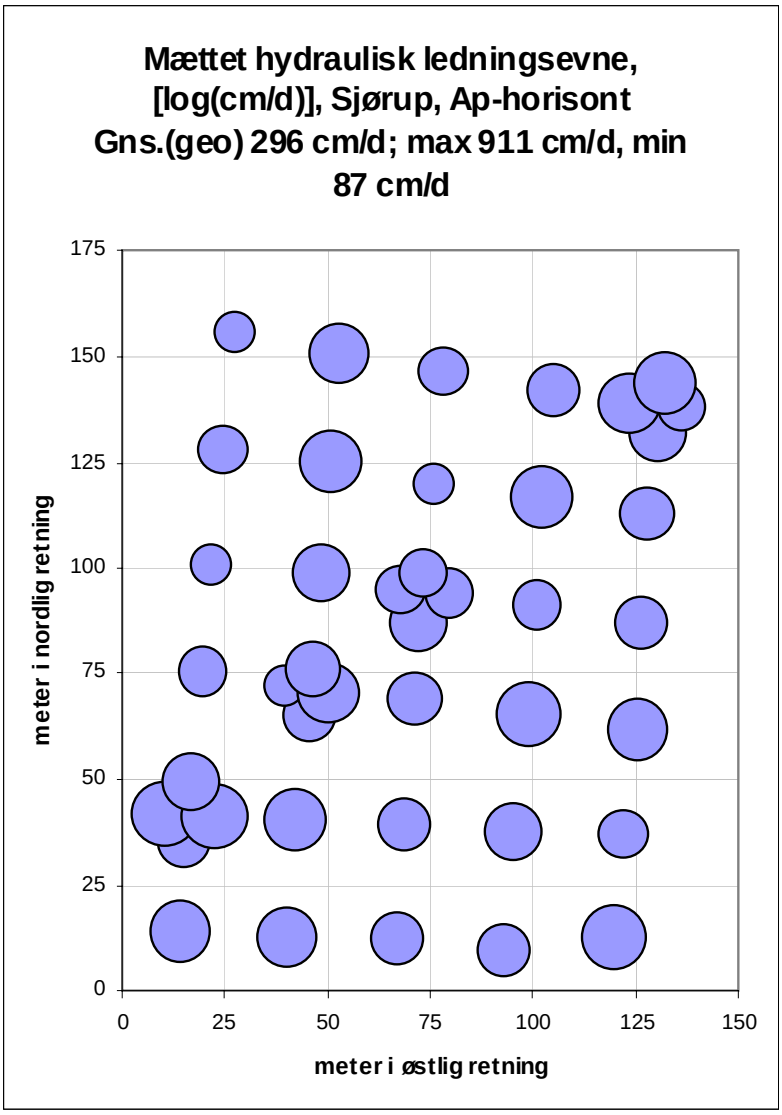
Figur 4.11. Kulstofprocent i dybde (2) Største og mindste cirkel repræsenterer henholdsvis 0,06 og 0,36% kulstof.

I appendiks findes resultaterne fra teksturanalysen på variabilitetsmarken i skemaform. Der er vist resultater fra alle punkter fra morænesandslokaliteten

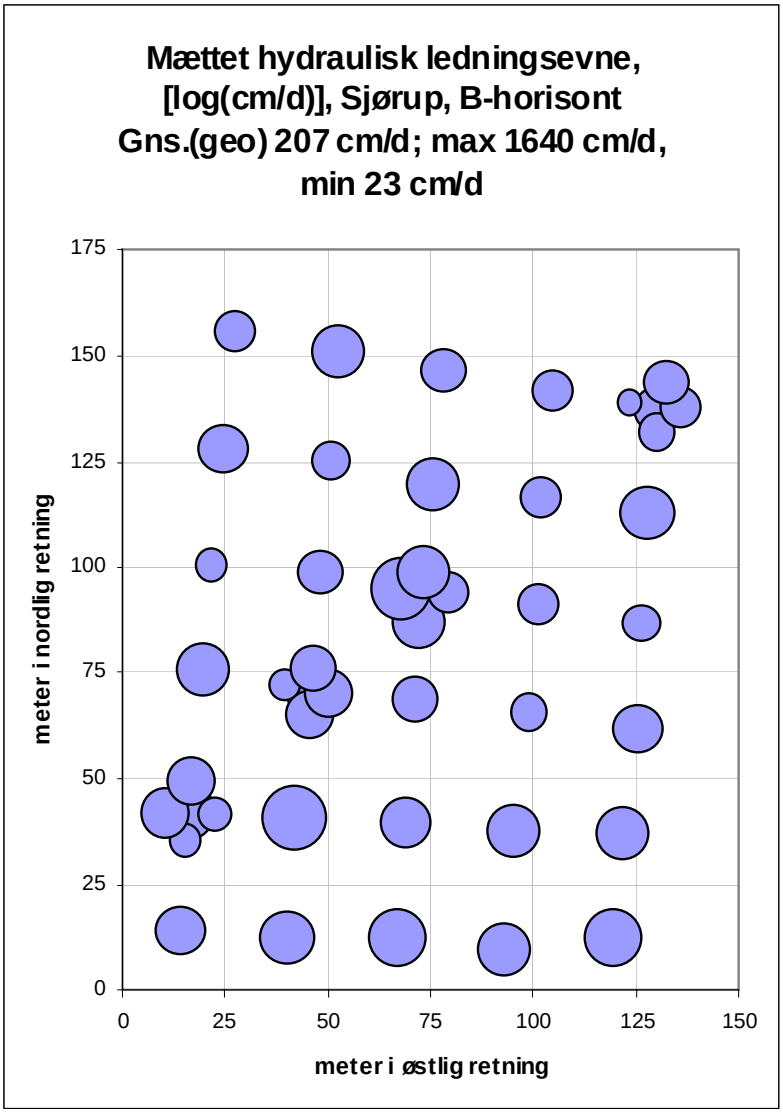
4.4 Hydraulik

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 (log-transformerede) er vist på figur 4.12 og 4.13 for Ap- og B-horisonten. For ingen af horisonternes vedkommende ser der ud til at være system i den rumlige variation i området. Variationen i B-horisonten er højere end variationen i Ap-horisonten.
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 4.12. Mættet hydraulisk ledningsevne i Ap-horisonten for markvariationsundersøgelserne ved Astrup (logtransformerede værdier).



Figur 4.13. Mættet hydraulisk ledningsevne i B-horisonten for markvariationsundersøgelserne ved Astrup (logtransformerede værdier).

4.5 Mikrobiologi

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

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).

4.5.1 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.

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

Analyse	Antal gentagelser	Variations koefficient (CV)	
		Range	Gens.
Basal *in situ* respiration*	1*	-	37
Substrat induceret respiration	3	2 - 74	16
Arylsulfatase aktivitet	4	2 - 77	15
Flourescein diacetat hydrolyse	3	0 - 100	16

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

Målingerne er foretaget i 46 punkter, dvs. med 46 gentagelser, og simple statistiske parametre for de enkelte analyser er vist i tabel 4.3.

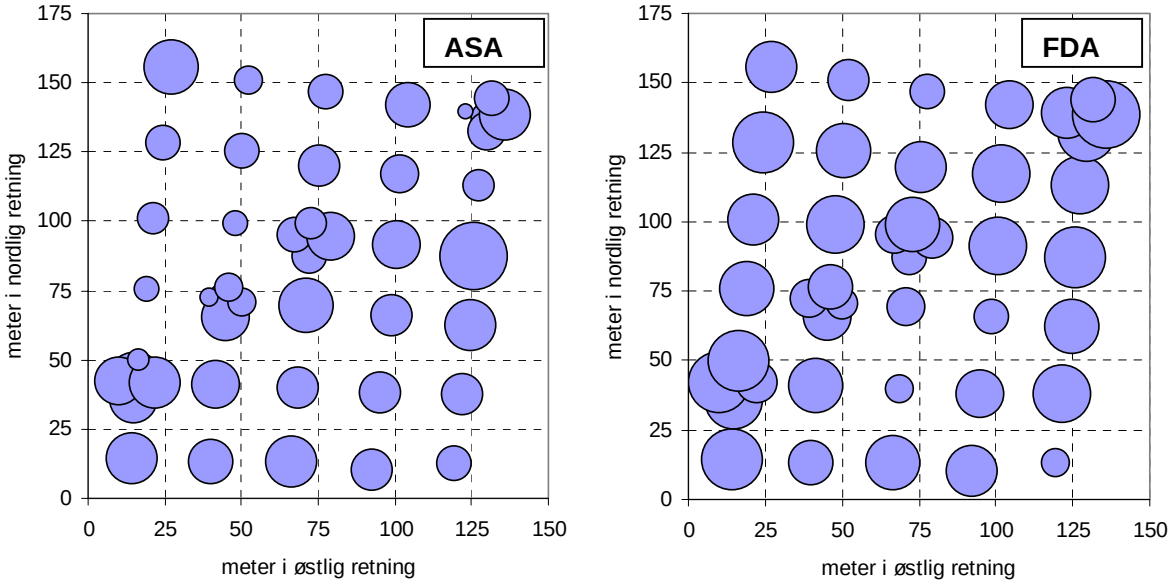
Sammenlignes analysevariationen med variationen i marken, vil man se at sidstnævnte for alle analysers vedkommende er størst, hvilket antyder at der er tale om en reel rumlig variation i marken.

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

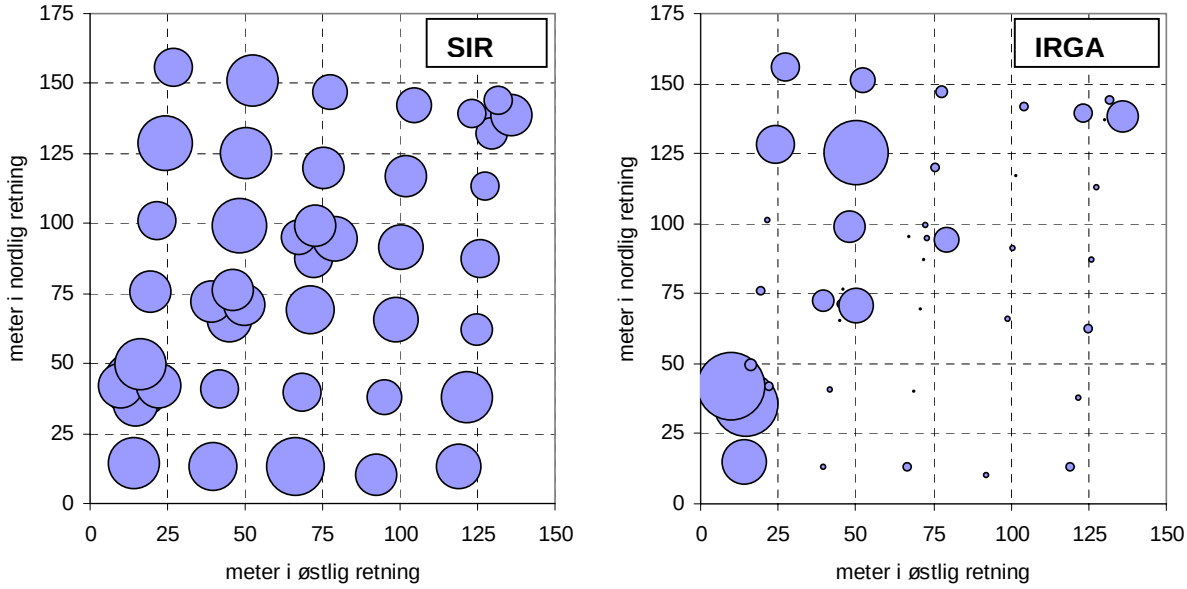
Analyse	Dybde 1				
	Min	Max	Gns	Std	CV
Basal in situ respiration	0.3	12.2	3.0	3.0	100
Substrat induceret respiration	2.8	6.5	4.2	0.8	18
Arylsulfatase aktivitet	6.5	26.9	16.3	4.3	26
Flourescein diacetat hydrolyse	29.0	62.3	46.7	9.1	19

4.5.2 Markvariation

Der er altså tale om en betydelig markvariation med variationskoefficienter på op til 100% for dybde 1, tabel 4.3. For at få et indtryk af hvorledes variationen fordeler sig over marken, er der i figur 4.14 til 4.19 vist den relative fordeling af de målte mikrobiologiske parametre hen over marken efterfulgt af absolutte værdier i de 46 målepunkter (se 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, figur 4.?.



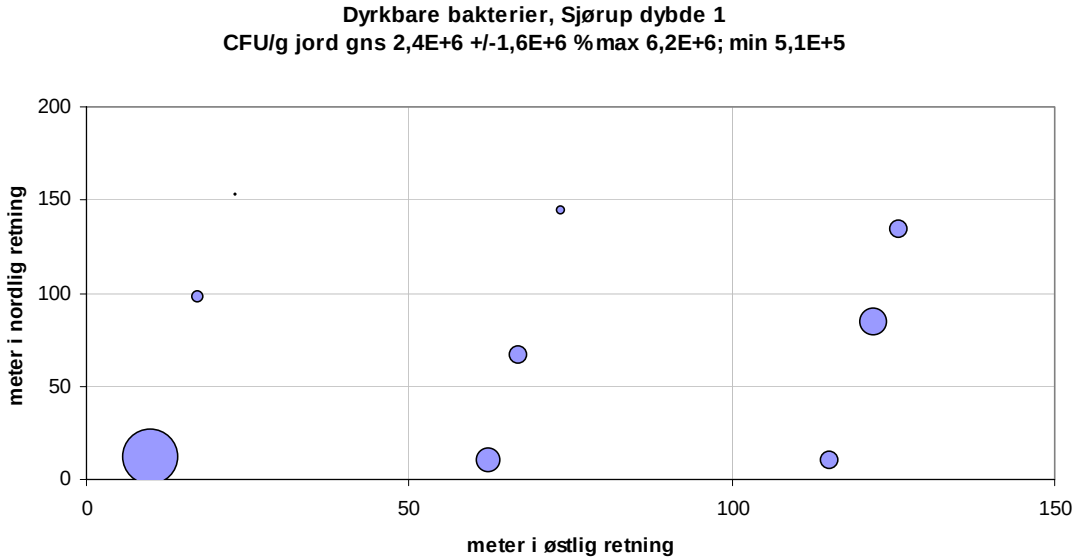
Figur 4.14. Relative værdier af arylsulfatase aktivitet (ASA) og hydrolyse af fluorescein diacetat (FDA) fra dybde 1 Sjørup.



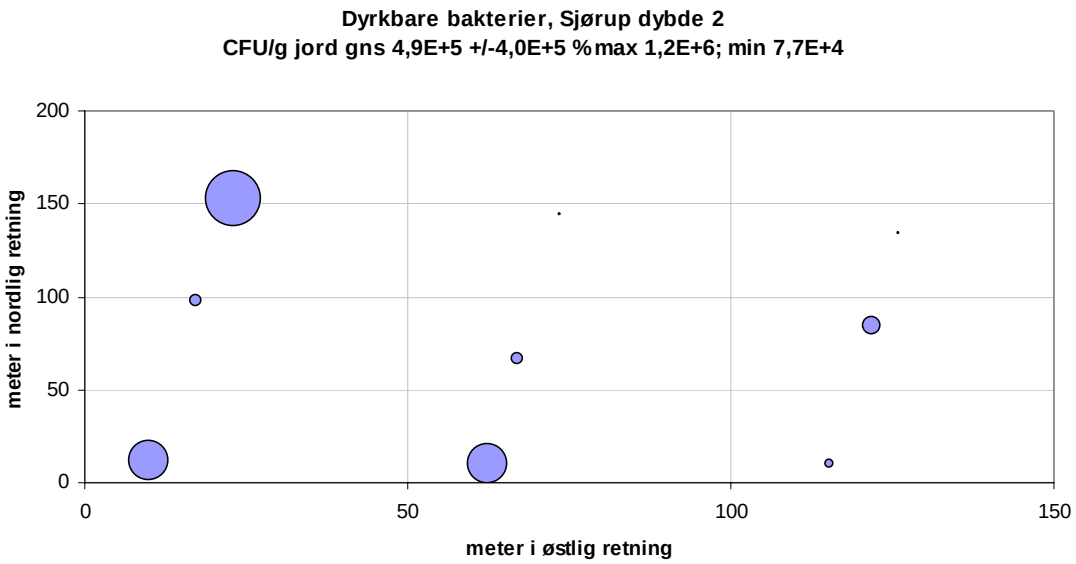
Figur 4.15. Relative værdier af substrat induceret respiration (SIR) og basal *in situ* respiration (IRGA) fra dybde 1 Sjørup.

4.5.3 Resultater af enkeltanalyser

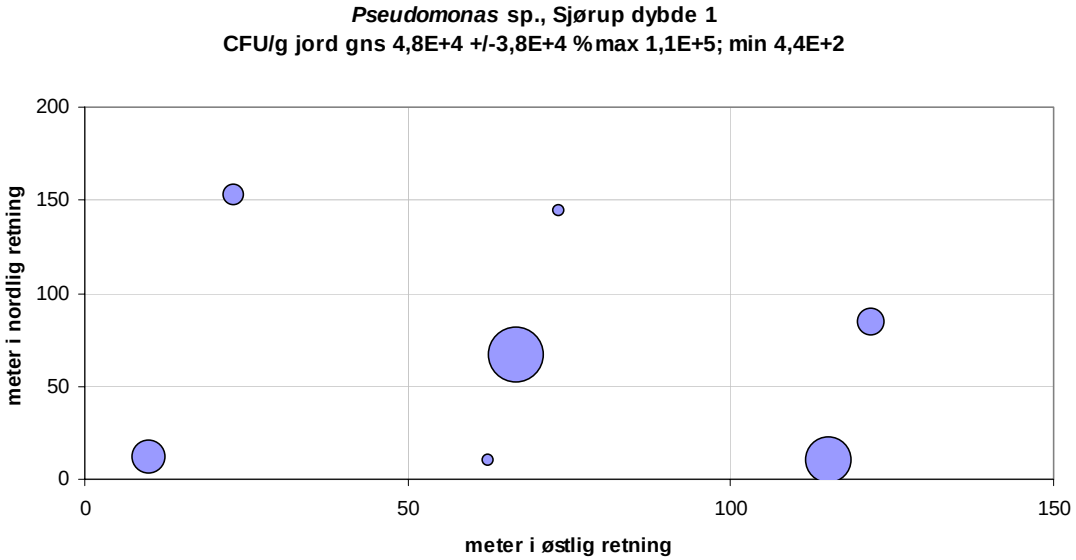
Resultater af enkeltanalyser fra de 46 punkter i Sjørup er vist i appendiks 3.



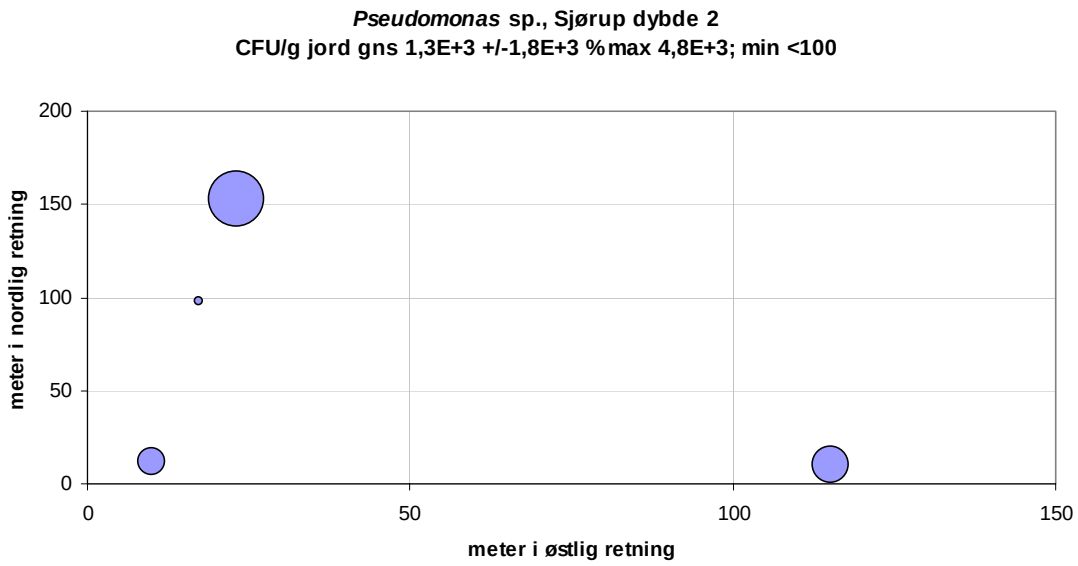
Figur 4.16. Relative værdier af dyrkbare bakterier på 1/300 TSA fra Sjørup dybde 1



Figur 4.17. Relative værdier af dyrkbare bakterier på 1/300 TSA fra Sjørup dybde 2



Figur 4.18. Relative værdier af dyrkbare *Pseudomonas* sp. på Goulds S1 fra Sjørup dybde 1



Figur 4.19. Relative værdier af dyrkbare *Pseudomonas* sp. på Goulds S1 fra Sjørup dybde 2

4.5.4 Sammenfatning

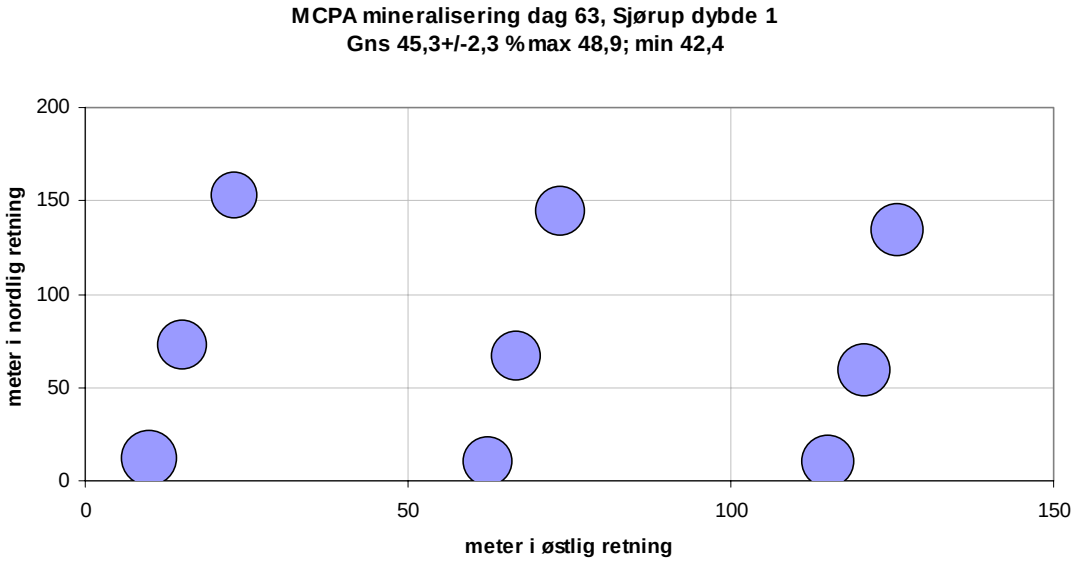
Sammenfattende kan det konkluderes, at der er en betydelig rumlig variation i de mikrobiologiske parametre hen over marken i Sjørup, med variationskoefficienter op til 100% for dybde 1. Generelt synes marken i Sjørup at være homogen i målene for den mikrobielle aktivitet. Dog er den vestlige del af marken tilsyneladende karakteriseret ved forkomst af hot spots med høje værdier for in situ respiration.

4.6 Pesticid specifikke parametre

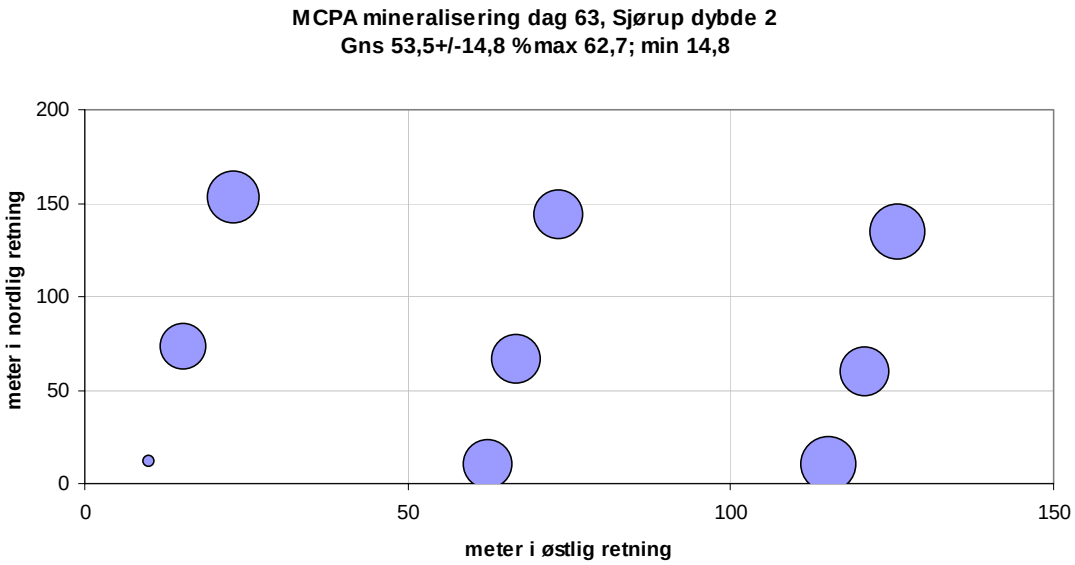
4.6.1 Mineralisering

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

For Sjørup marken dybde 1 og 2 er der i 9 punkter undersøgt mineralisering af stofferne MCPA, methyltriazinamin, glyphosat, og metribuzin. De enkelte mineraliseringsforløb er fulgt i 64 dage (appendiks 4), og den akkumulerede mineralisering er angivet som funktion af tiden. Nedenstående boblediagrammer, figur 4.20 til 4.27, viser den akkumulerede mineralisering ved dag 64 for de undersøgte stoffer.

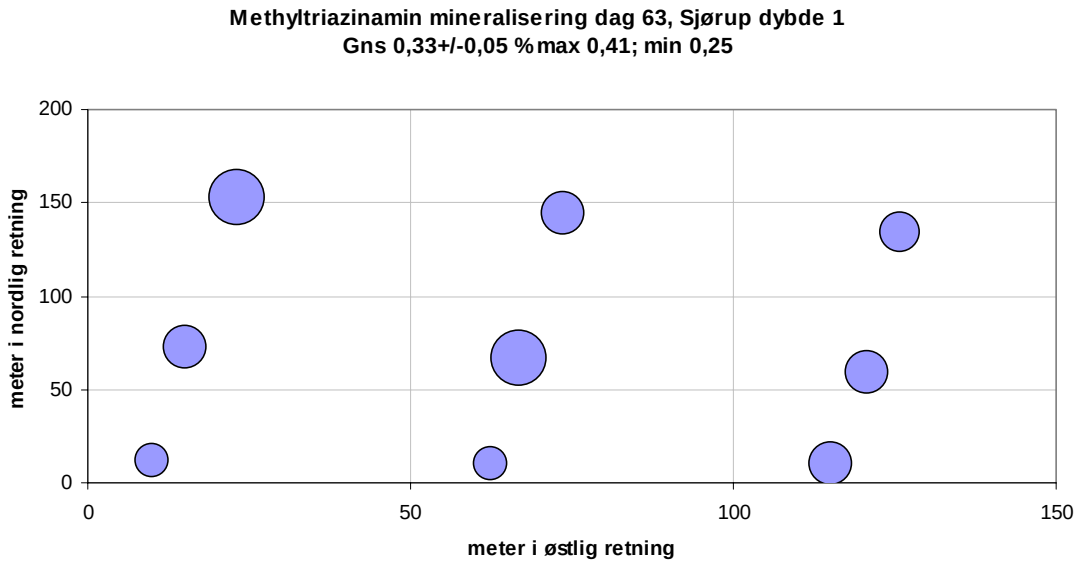


Figur 4.20. Mineralisering af MCPA i overjord fra Sjørup.

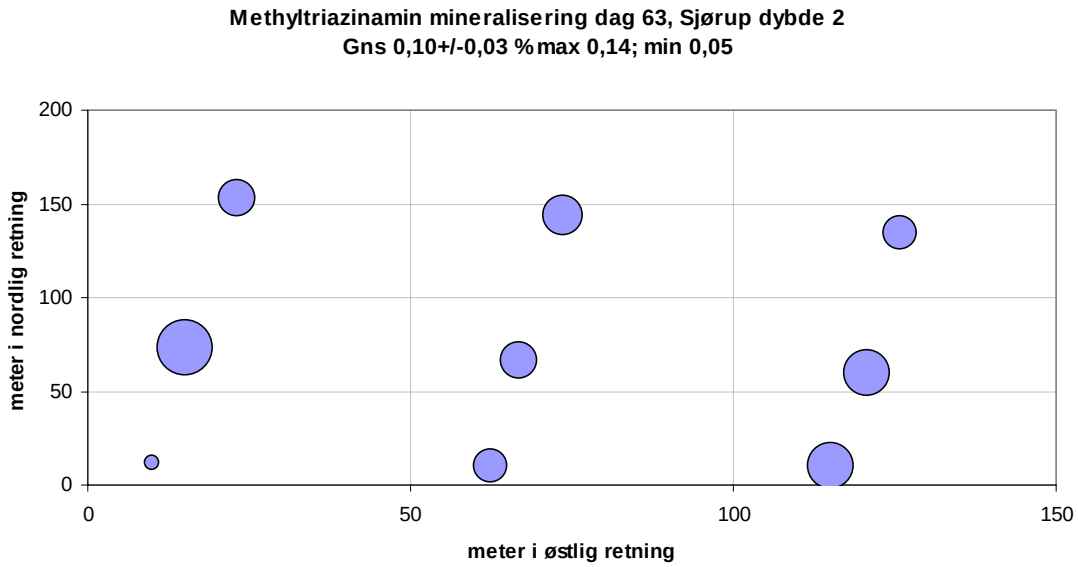


Figur 4.21. Mineralisering af MCPA i underjord (dybde 2) fra Sjørup.

Mineraliseringen af MCPA var i overjorden høj og ensartet. Variationsbredden for underjorden, hvor ét punkt viste en lavere mineralisering end de øvrige, hvor mineraliseringen var over niveauet for overjorden. Bortset fra ét punkt i underjorden er der en meget lille variation i mineralisering for de to dybder.

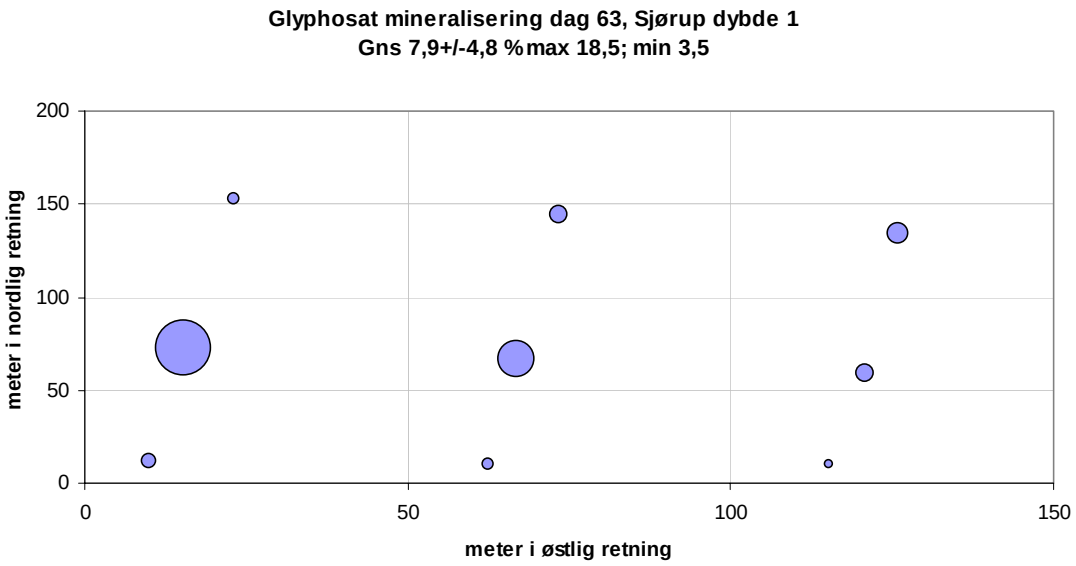


Figur 4.22. Mineralisering af methyltriazinamin i overjord fra Sjørup

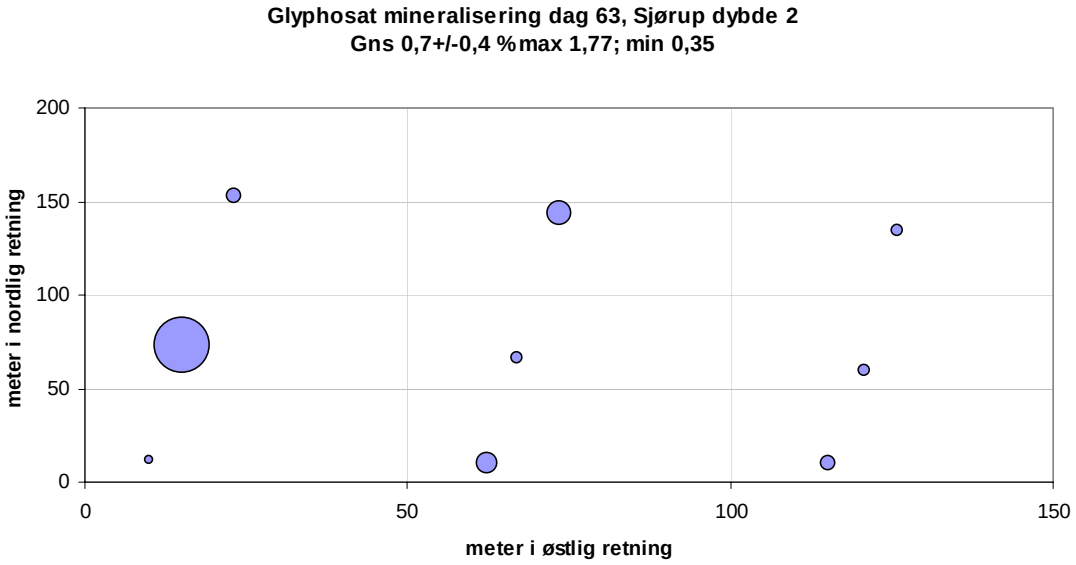


Figur 4.23. Mineralisering af methyltriazinamin i underjord (dybde 2) fra Sjørup

Methyltriazinamin mineraliseres kun i ringe grad. I overjord varierer M64 værdierne fra 0,25 til 0,41, mens de for underjorden ligger mellem 0,05 til 0,14.

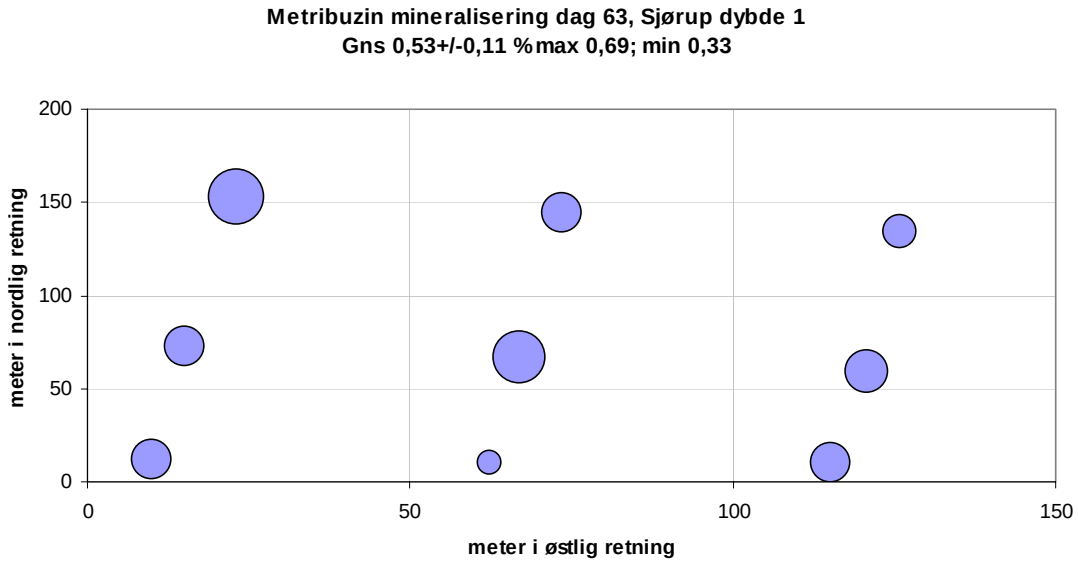


Figur 4.24. Mineralisering af glyphosat i overjord fra Sjørup

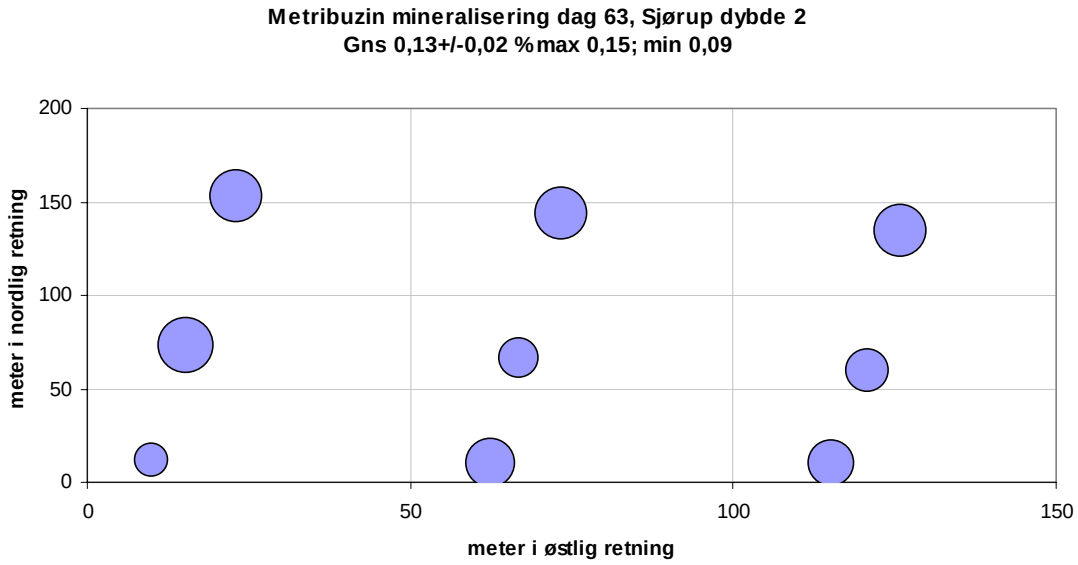


Figur 4.25. Mineralisering af glyphosat i underjord (dybde 2) fra Sjørup

Mineraliseringen af glyphosat er varierer betydeligt i overjorden, hvor den højeste værdi er på 18,5 procent og den laveste på 3,5 procent. I underjorden ses generelt en lav omsætning, dog også med samme store variationsbredde som blev observeret i overjorden.



Figur 4.26. Mineralisering af metribuzin i overjord fra Sjørup



Figur 4.27. Mineralisering af metribuzin i underjord (dybde 2) fra Sjørup

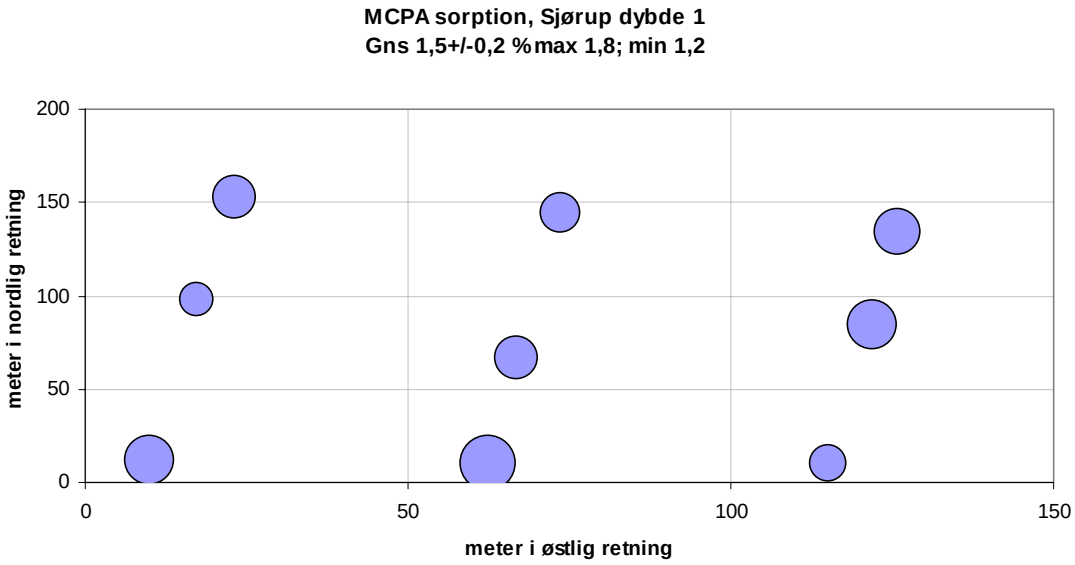
Mineraliseringen af metribuzin er lav i overjord og underjord, figur 4.26 og 4.27. Variationsbredden er på samme niveau for de to dybder, med et spænd i M64 fra 0,33 til 0,69 i overjord og fra 0,09 til 0,15 i underjord.

Mineraliseringsniveauerne for mark variationsundersøgelsen ligner det der blev fundet for undersøgelserne af de fulde profiler. Dog ligger M64 for MCPA i mark variationsundersøgelsen mere på niveau med Braulstrup og Låstrup, omkring 50 procent, hvor den fulde profil fra Sjørup havde en for MCPA relativ lav omsætning i de to øverste dybder. Variationsbredden er generelt mindst i overjorden.

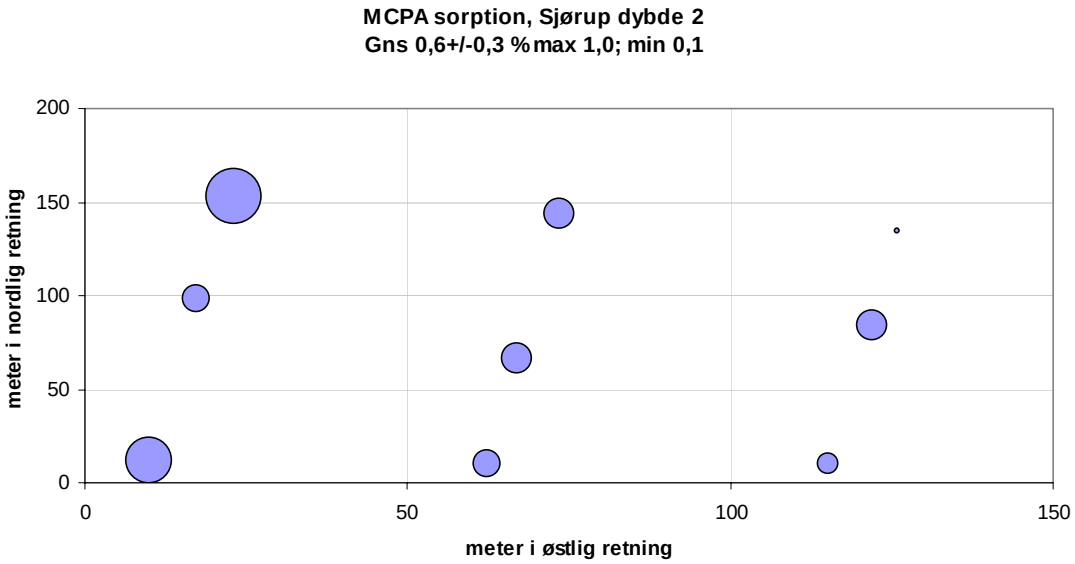
4.6.2 Sorption af pesticider

Carsten Suhr Jacobsen (GEUS) og Ulla Catrine Brinch (GEUS)

Sorptionen af pesticiderne MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat er bestemt i 9 punkter for over- og underjord (dybde 2). Nedenstående boblediagrammer, figur 4.28 til 4.35, viser sorptionen for de undersøgte stoffer.

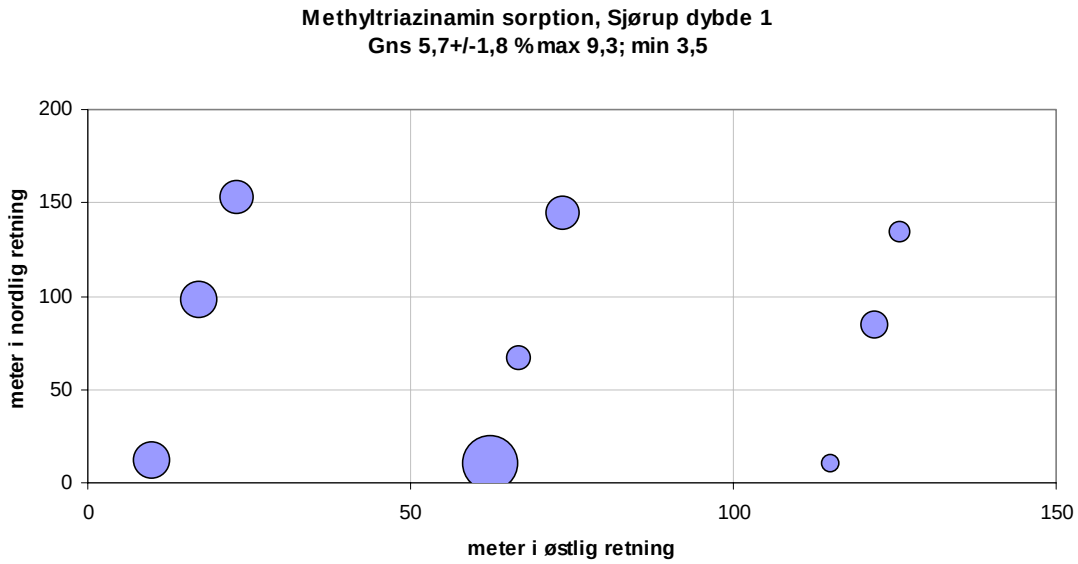


Figur 4.28. Sorption af MCPA til overjord fra Sjørup

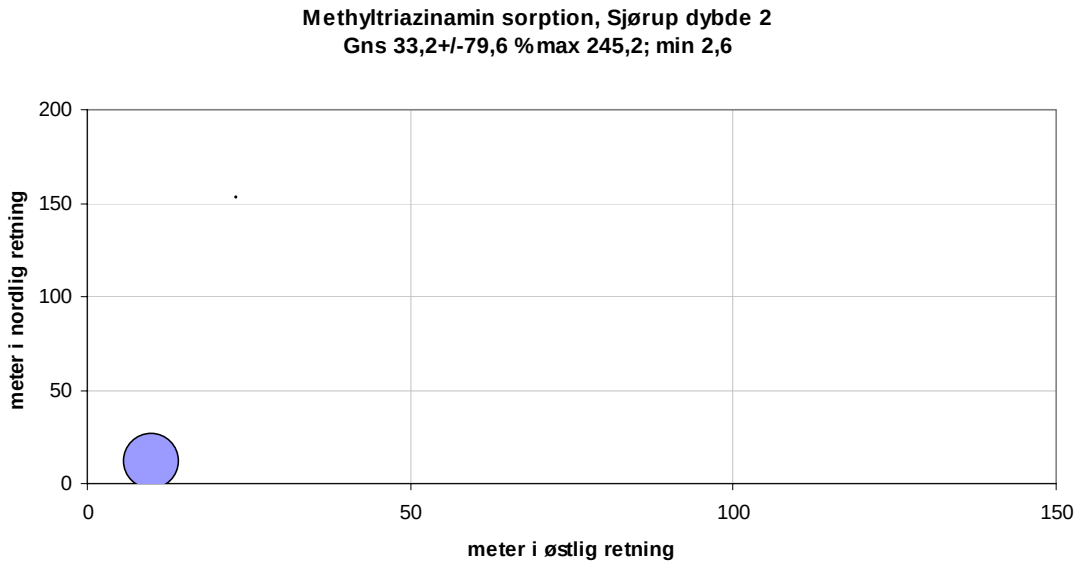


Figur 4.29. Sorption af MCPA til underjord (dybde 2) fra Sjørup

Variationen i sorptionen af MCPA er lille i overjorden, figur 4.28, mens variationen er væsentligt større for underjorden. Sorptionen er størst i overjorden, hvor Kd værdierne spænder fra 1,2 til 1,8. I underjorden spænder Kd fra 0,1 til 1,0.

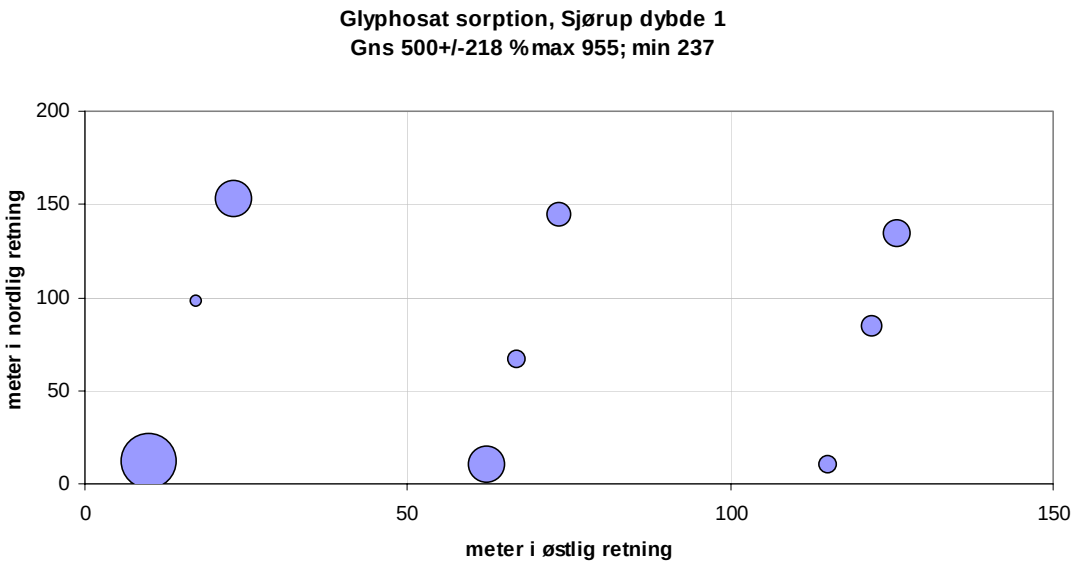


Figur 4.30. Sorption af methyltriazinamin til overjord fra Sjørup

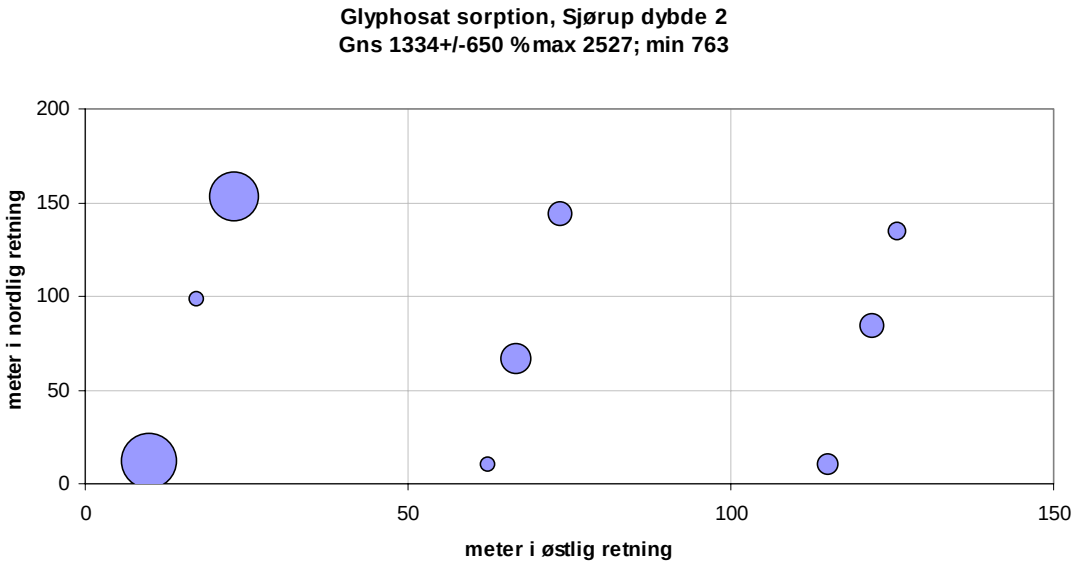


Figur 4.31. Sorption af methyltriazinamin til underjord (dybde 2) fra Sjørup

Methyltriazinamin har en højere sorption end MCPA med den højeste K_d værdi på 245 i underjorden. Den største variationsbredde findes i underjorden, mens variationen i overjorden ikke er betydelig, figur 4.30 og 4.31.

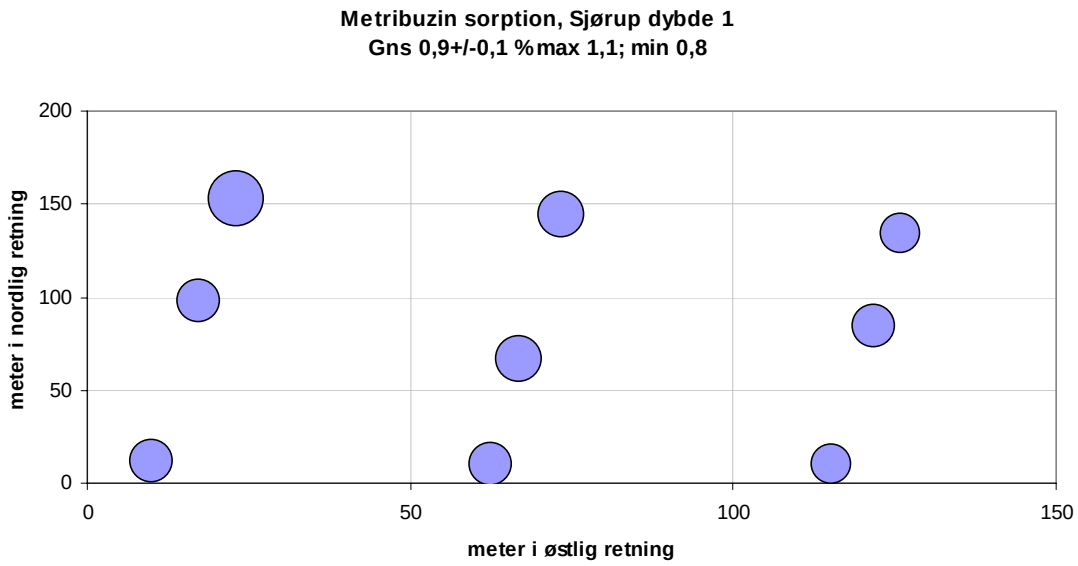


Figur 4.32. Sorption af glyphosat til overjord fra Sjørup

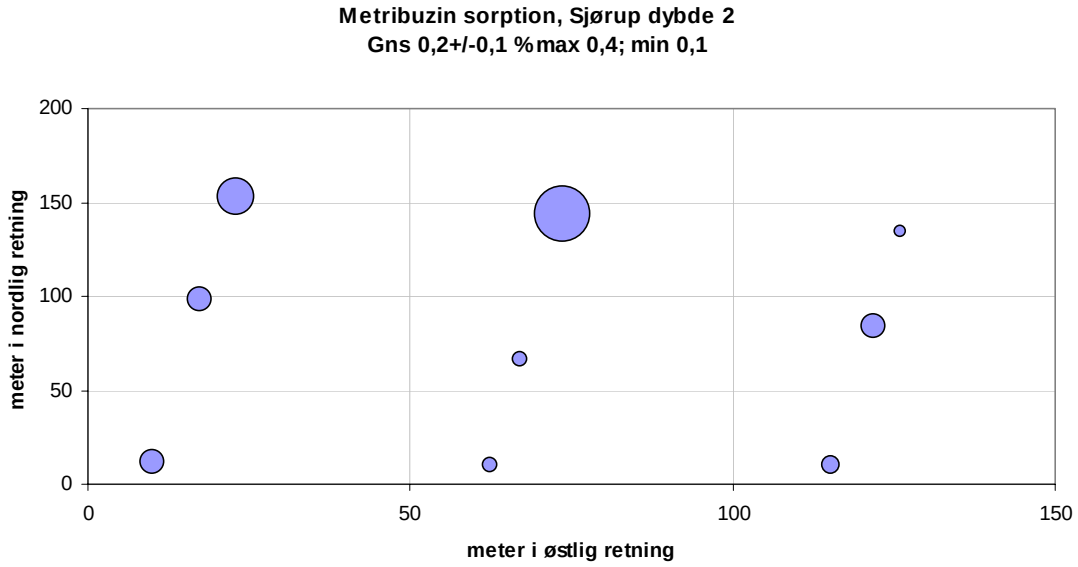


Figur 4.33. Sorption af glyphosat til underjord (dybde 2) fra Sjørup

Sorptionen af glyphosat er betydeligt højere end det ses for de øvrige stoffer. Sorptionen er højest i underjorden, hvor der også er den største variationsbredde, figur 4.33.



Figur 4.34. Sorption af metribuzin i overjord fra Sjørup



Figur 4.35. Sorption af metribuzin i underjord (dybde 2) fra Sjørup

Metribuzin sorberes kun i ringe grad, figur 4.34 og 4.35. Sorptionen er højest i overjorden, hvor der ses en lille variation mellem de 9 punkter. I underjorden er der en relativt stor variationsbredde på sorptionen, men der er også tale om meget lave Kd værdier.

Den største variation ses i underjorden, hvor sorptionen særligt for MCPA og metribuzin er mere ensartet i overjorden. Sorptionen af glyphosat er generelt høj.

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, methyltria-

zinamin 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.

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 Sjørup-lokaliteten danner en ca. 4,5 km lang, SV-NØ gående linie på morænefladen. 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 (Barlebo et al. 2002). Langs profillinien er der endvidere lavet geofysiske undersøgelser i form af EM38- og georadarundersøgelser.

5.1 Geofysik

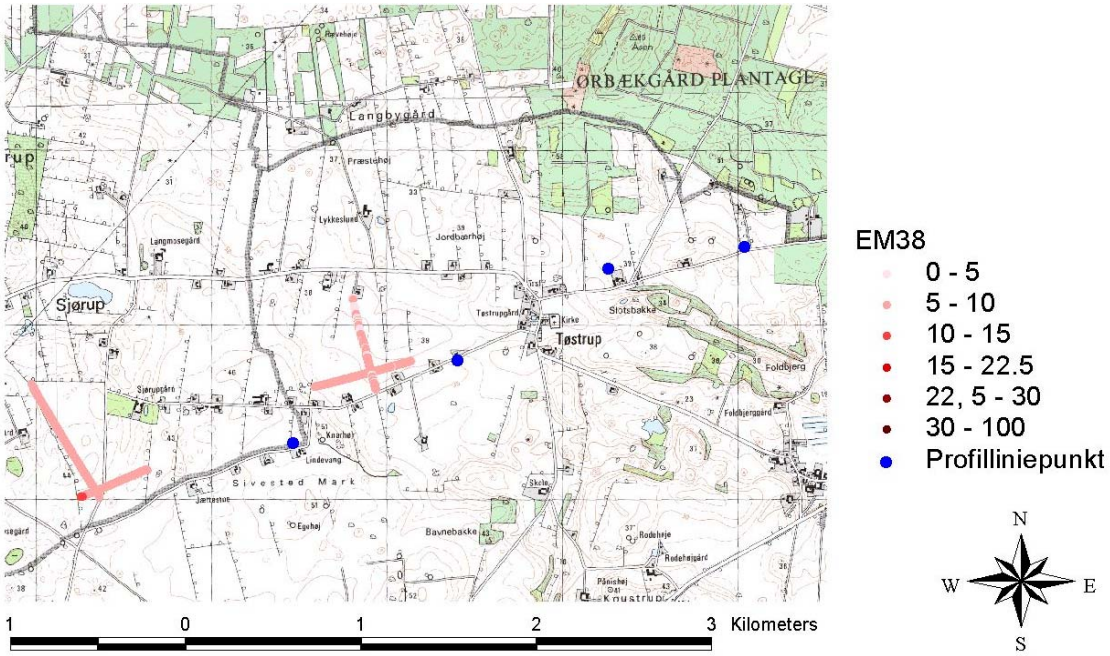
I dette afsnit beskrives resultaterne af EM38- og georadarundersøgelserne. EM38 er en geofysisk metode som viser den gennemsnitlige elektriske ledningsevne i jorden, ned til ca. 1,5 meter. Målingerne er under danske forhold stærkt korreleret til jordens lerindhold. Georadarmetoden viser først og fremmest 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 (Barlebo et al. 2002). Ved at anvende EM38 og georadar langs transekter får man information om den overordnede variation af jordtyperne på landskabsskala på morænefladen.

5.1.1 EM38

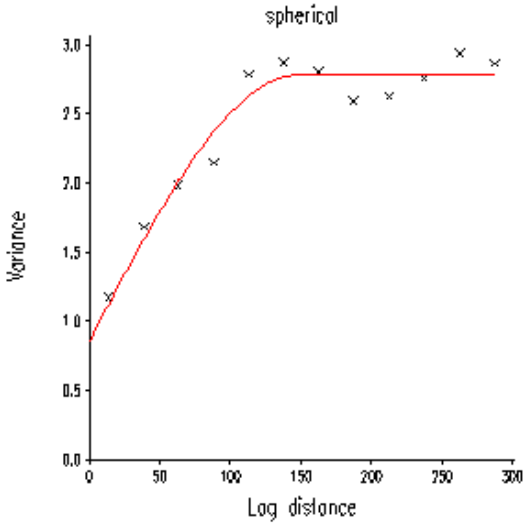
Søren Torp (DJF) og Mogens Greve (DJF)

EM38 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.

På de to transekt lokaliteter er der udført EM38-målinger i to på hinanden vinkelrette transekter, figur 5.1. Transekterne er mellem 420 og 780 meter lange. Den ene transekt ligger syd for Sjørup og er 420 x 780 meter lang. Den anden ligger vest for Tøstrup og er 580 x 590 meter lang. EM38-målingernes ensartede værdier afspejler områdets forholdsvis lerfattige og sandede tekstur. Resultater fra den statistiske bearbejdelse af resultaterne fra EM38-undersøgelsen af transekterne er vist på figur 5.2.



Figur 5.1. Profillinien ved Sjørup. Profilliniepunkterne (blå punkter) fra vest Sivested, Tøstrup, Slotsbakke og Ørbæk. De 2 x 2 transekter af elektromagnetiske sensormålinger opmålt med EM38 er vist med punkter i røde nuancer. Skalaen er i millisiemens per meter.

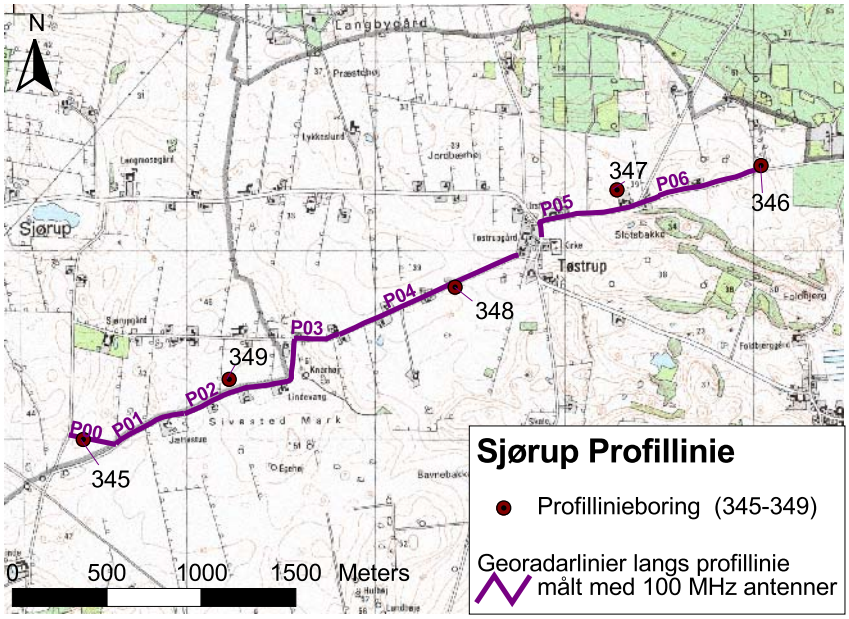


Figur 5.2. Variogram af EM38-målingerne fra Sjørup transekten (Sivested – Ørbæk). Punkterne er den eksperimentielle semivarians. Den røde kurve er den bedst fittede sphæriske model med følgende parametre: Range = 125, sill = 2,6 og nugget = 0,85.

5.1.2 Georadar

Ingelise Møller (GEUS)

Der er målt med et georadarsystem med antenner med centerfrekvens på 100 MHz langs profillinien fra variabilitetsmarken i vest til Ørbæk boringen i øst, figur 2.2 og 5.3, over en strækning på godt 4 km. På grund af den forholdsvis lange strækning er georadarlinierne placeret langs vejene og går forbi boringerne med kortest mulig afstand. Beskrivelse af georadarmetoden kan findes i KUPA rapport nr. 1 (Møller, 2001) og beskrivelse af måleprocedure og optageparametre findes i KUPA rapport nr. 2, Metoderapport (Barlebo et al. 2002). 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.

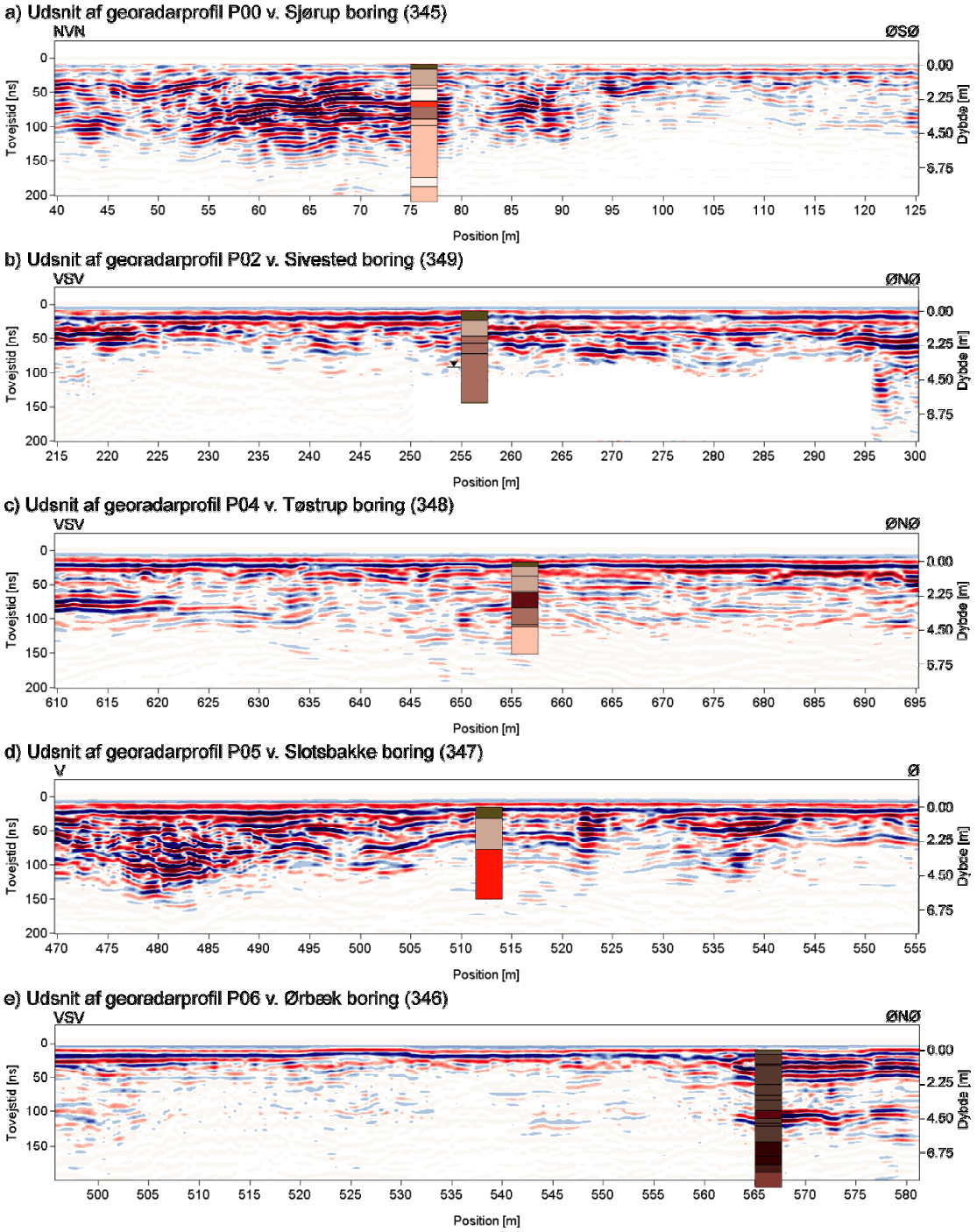


Figur 5.3. Placering af georadarlinier langs profillinien, der knytter sig til Sjørup fuldtprogramprofil. Profillinieboringerne er markeret.

Georadarprofilerne har generelt meget vekslende refleksionsmønstre med subhorisontale, svagt hældende eller svagt ondulerende refleksioner, figur 5.4. Enkelte steder i den vestlige del af profillinien har refleksionsmønstret et "hummocky" præg (f.eks. figur 5.4b). I den midterste del af profilet er der en lille overvægt af subhorisontale refleksioner specielt nær terrænoverfladen (delvist vist i figur 5.4c). I den østlige del af profilet er der mange refleksioner med bassinform med en tilsyneladende udstrækning på 20–100 m. Bassinfyldet giver overvejende anledning til horisontale refleksioner.

Penetrationsdybden ligger overvejende på 100–150 ns (~ 4,5–6,8 m u. t.), dog falder den stedvis i den midterste og østligste del til ca. 50 ns (~ 2,3 m u. t.). I den østlige del er der en tendens til, at penetrationsdybden er lidt større under de bassinformede strukturer.

Det er vanskeligt at korrelere refleksioner i georadarprofilerne med bestemte lagsekvenser i profillinieboringerne på grund af dels afstanden til boringerne dels den store variation i refleksionsmønstre. Sammenholdt med de geologiske data er det ikke muligt ud fra refleksionsmønstrene at skelne mellem terrænnære morænesandsaflejringer og smeltevandssandsaflejringer, som der har været på bakkeølokaliteterne (se KUPA rapport nr. 5). Dette kan måske forklares ved, at morænesandsaflejringerne ved Sjørup profillinie har et lavere lerindhold end morænesandsaflejringerne på bakkeølokaliteterne og bliver derved teksturmæssigt svære at adskille fra en evt. isforstyrret smeltevandssandsaflejring.



Figur 5.4. Figurteksten er på næste side.

Figur 5.4. Udsnit af georadarprofiler ved boringerne langs profillinien, der knytter sig til Sjørup fuldtprogramprofil. a) Udsnit af georadarprofil P00 med Sjørup boringen (figur 3.13)

projiceret ind på georadarprofilet. Sjørup boringen ligger ca. 12 m syd for georadarprofilet. b) Udsnit af georadarprofil P02 med Sivested boringen (figur 5.9) projiceret ind på georadarprofilet. Sivested boringen ligger ca. 70 m nord for georadarprofilet. c) Udsnit af georadarprofil P04 med Tøstrup boringen (figur 5.10) projiceret ind på georadarprofilet. Tøstrup boringen ligger ca. 20 m syd for georadarprofilet. d) Udsnit af georadarprofil P05 med Slotsbakke boringen (figur 5.11) projiceret ind på georadarprofilet. Slotsbakke boringen ligger ca. 100 m nord for linien. e) Udsnit af georadarprofil P06 med Ørbæk boringen (figur 5.12) projiceret ind på georadarprofilet. Ørbæk boringen ligger ca. 15 m nord for linien. Georadarprofilerne er tid-dybde konverteret med en bølgeudbredelseshastighed på 0,09 m/ns. De lithologiske logs er farvekodet svarende til figur 3.13 samt figur 5.10-5.13, dog er smeltevandssand og morænesand yderligere inddelt efter sandets kornstørrelse som vist ved legenden i figur 5.5. Grundvandsspejlets beliggenhed på boretidspunktet er markeret med en trekant dog kun i b), da man i de øvrige boringer har stoppet boringen inden man er nået ned til grundvandsspejlet.

Figur 5.5. Legende for de lithologiske logs optegnet i figur 5.4. Farvekoden svarer til figur 3.13 samt figur 5.9-5.12 - dog er smeltevandssand og morænesand yderligere inddelt efter sandets kornstørrelse.

5.2 Pedologi

Søren Torp (DJF)

Øst for Sjørup ved Nimtofte ligger de fire profillinie-boringer (jordbundsprofiler) hvor der er gravet og beskrevet den 4/10 2001 (se figur 5.1). Profilerne er benævnt Sivested (lokalitets nr. 349), Tøstrup (lokalitetsnr. 348), Slotsbakke (lokalitetsnr. 347) og Ørbæk (lokalitetsnr.

346) efter nærmeste lokale stednavn. Jordbundsprofilernes morfologi findes i en feltbeskrivelse i tabel 5.1-5.4. Analyseresultater fra jordbundshorisonterne findes sammen med resultaterne fra boringerne til større dybde, i skemaer i kapitel 5.4. Jordbundsudviklingen er beskrevet samlet i afsnit 5.2.5 for alle fire profillinie punkter.

5.2.1 Sivested lokaliteten

Profilet klassificeres i det danske system (Madsen 1985) som en Brunpodsol pga. den diagnostiske Bvs-horisont.

Tabel 5.1. Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 349 ved Sivested (DJF profil nr. 3161 og DGU arkivnr. 70.519).

Dansk jordklassifikation	Brunpodsol	**USDA jordklassifikation**	
Udgangsmateriale	Moræneaflejringer	**Profil dybde**	80 cm
UTM	32 6000510 6252316	**Dræningsklasse**	Meget veldrænet
Landskabsform	Småbakket moræne/dødislandskab	**Grundvandsdybde**	-
Kort blad	1315 I SØ Glesborg	**Vegetation**	Ubevokset
Kote	XX	**Max. rod dybde**	Ca. 60 cm
Topografi	Mindre flade	**Beskriver**	Søren Torp & Steven Ashouti
Hældning	1-3°	**Dato**	4.10.2001
Bemærkninger			

Profilbeskrivelse

Ap (0-26 cm)

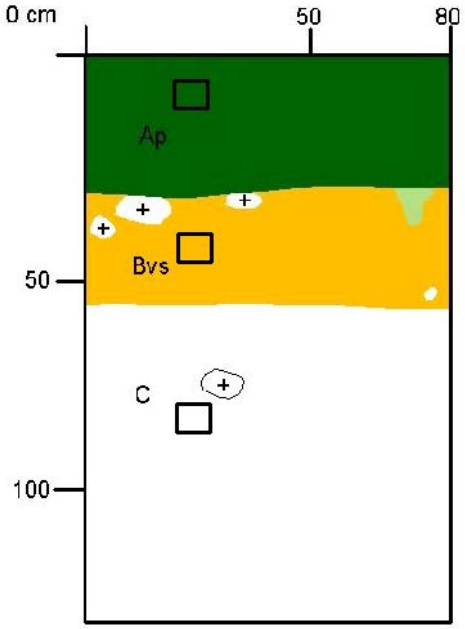
Meget mørk grålig brun (10YR 3/2 fugtig) siltet sand; humusholdig, 1 - 7 %; meget svag medium subangulær struktur; fugtig svagt klæbrig konsistens; 5 - 15 vol % blanding; små (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet form, tilstand og blandede typer uden kalk; hyppige fine rødder; abrupt jævn horisontgrænse.

Bvs (26-57 cm)

Mørk gullig brun (10YR 4/4 fugtig) siltet sand; ( ); en del, 2-20 % meget mørk grålig brun (10YR 3/2 fugtig), pletterne er store, større end 15 mm, brogede med en klar, mindre end 2 mm grænse og tydelig kontrast; humusfattig; svag grov subangulær struktur; fugtig, svagt klæbrig konsistens; 5 - 15 vol % blanding; små (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet form, tilstand og blandede typer uden kalk; nogle fine rødder; porer, 1 - 10 / dm2 orme- og rodgange; meget lidt plettet tykke humus coatings i rodgange; diffus jævn horisontgrænse.

C (57-85 cm)

Lys gullig brun (2,5Y 6/4 fugtig) siltet sand; humusfattig; meget svag medium subangulær struktur; fugtig svagt klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % små (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet tilstand, form og blandede typer uden kalk.



Figur 5.6. Skitse af profilvæg ved Sivested. Farverne viser pedologien. Prøveudtagningssteder er markeret med kvardrater. En udførlig signaturforklaring findes i appendiks 1.

5.2.2 Tøstrup lokaliteten

Profilet klassificeres i det danske system (Madsen 1985) som en Brunpodsol pga. den diagnostiske Bvs-horisont.

Tabel 5.2. Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 348 ved Tøstrup (DJF profil nr. 3162 og DGU arkivnr. 70.518).

Dansk jordklassifikation	Brunpodsol	**USDA jordklassifikation**	
Udgangsmateriale	Moræneaflejringer	**Profil dybde**	100 cm
UTM	32 601410 6252799	**Dræningsklasse**	Meget veldrænet jord
Landskabsform	Småbakket moræne/ dødislandskab	**Grundvandsdybde**	-
Kort blad	1315 I SØ Glesborg	**Vegetation**	Stub
Kote	32 m	**Max. Rod dybde**	Ca. 55 cm
Topografi	Svag skråning	**Beskriver**	Søren Torp & Steven Ashouti
Hældning	3-4°	**Dato**	4.10.2001
Bemærkninger	Ingen		

Profilbeskrivelse

Ap (0-32 cm)

Meget mørk grålig brun (10YR 3/2 fugtig) siltet sand; humusholdig, 1 – 7 %; jordbrugskalket overvejende som klumper; meget svag medium subangulær struktur; fugtig konsistens; mindre end 5 vol % blanding af; små + mellem store sten af blandet form, tilstand og blandede typer uden kalk; nogle fine rødder; porer, 1 – 10 / dm2 orme- og rodgange; abrupt jævn horisontgrænse.

Bvs (32-55 cm)

Gullig brun (10YR 5/4 fugtig) siltet sand; humusfattig; svag grov subangulær struktur; 5 – 15 vol % blanding af små + mellem store sten af blandet form, tilstand og blandede typer uden kalk; meget få fine rødder; porer, 1 – 10 / dm2 som orme- og rodgange; meget lidt plettet tykke coatings af lermineraler (+ sesquioxider) og humus i rodgange; klar bølget horisontgrænse.

C (55-100 cm)

Lys oliven brun (2,5Y 5/4 fugtig) siltet sand; humusfattig; strukturløs;; mindre end 5 vol % blanding af små + mellem store sten af blandet form, tilstand og blandede typer uden kalk; mindre end 5 vol % noduler med en diameter mindre end 1 cm, hårde, afrundede, Fe-oxider & hydroxider (røde).

5.2.3 Slotsbakke lokaliteten

Profilet klassificeres i det danske system (Madsen 1985) som en Brunpodsol pga den diagnostiske Bvs-horisont. Da Ap og Ap2 horisonterne tilsammen udgør 60 cm er jorden en Kolluvial Brunpodsol.

Tabel 5.3. Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 347 ved Slotsbakke (DJF profil nr. 3163 og DGU arkivnr. 70.517).

Dansk jordklassifikation	Kolluvial Brunpodsol	**USDA jordklassifikation**	
Udgangsmateriale	Moræneaflejringer	**Profil dybde**	105 cm
UTM	32 602266 6253316	**Dræningsklasse**	Meget veldrænet jord
Landskabsform	Småbakket moræne/dødislandskab	**Grundvandsdybde**	-
Kort blad	1315 I SØ Glesborg	**Vegetation**	Høstet afgrøde
Kote	35 m	**Max. rod dybde**	85 cm
Topografi	Midt på bakke	**Beskriver**	Søren Torp & Steven Ashouti
Hældning	4-5°	**Dato**	4.10.2001
Bemærkninger	Ingen		

Profilbeskrivelse

Ap (0-32 cm)

Mørk brun (10YR 3/3 fugtig) siltet sand; humusholdig, 1 - 7 %; jordbrugskalket overvejende som klumper; meget svag fin subangulær struktur; fugtig svagt klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % små (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet form, tilstand og blandede typer uden kalk; hyppige fine rødder; porer, 1 - 10 / dm2 orme- og rodgange; abrupt jævn horisontgrænse.

Ap2 (32-60 cm)

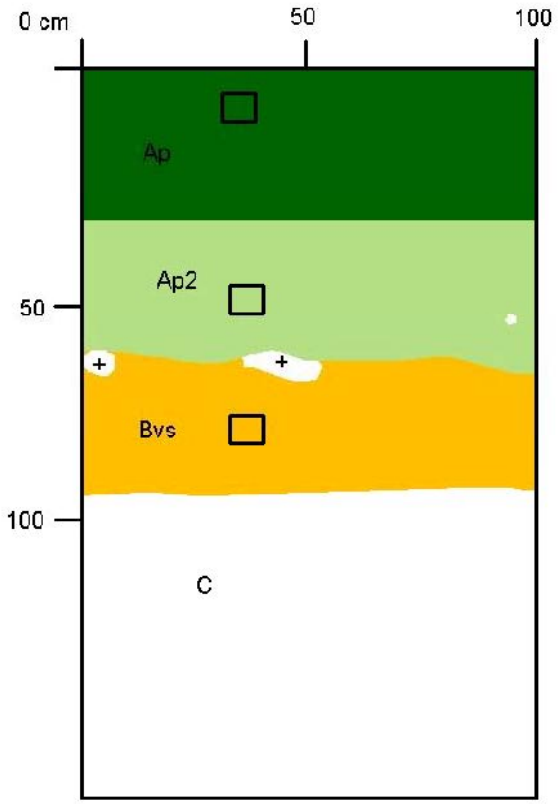
Meget mørk grålig brun (10YR 3/2 fugtig) siltet sand; humusholdig, 1 - 7 %; meget svag medium subangulær struktur; fugtig svagt klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % små (2,0 - 7,5 cm) sten af blandiet tilstand, form og blandede typer uden kalk; hyppige fine rødder; gradvis bølget horisontgrænse.

Bvs (60-85 cm)

Brun (10YR 5/3 fugtig) siltet sand; humusfattig; svag medium subangulær struktur; fugtig, svagt klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % mellemstore sten (7,5 - 25 cm) af blandet form, tilstand og blandede typer uden kalk; nogle fine rødder; plettet af tykke humuscoatings i rodgange; diffus jævn horisontgrænse.

C (85-105 cm)

Lys oliven brun (2,5Y 5/4 fugtig) siltet sand; humusfattig; strukturløs; fugtig, ikke klæbrig konsistens; mindre end 5 vol % små (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet form, tilstand og blandede typer uden kalk.



Figur 5.7. Skitse af profilvæg ved Slotsbakke. Farverne viser pedologien. Prøveudtagningssteder er markeret med kvardrater. En udførlig signaturforklaring findes i appendiks 1.

5.2.4 Ørbæk lokaliteten

Profilet klassificeres i det danske system (Madsen 1985) som en Brunpodsol pga. den diagnostiske Bvs-horisont.

Tabel 5.4. Lokalitetsbeskrivelse, klassifikation og pedologisk horisontbeskrivelse for lokalitetsnr. 346 ved Ørbæk (DJF profil nr. 3164 og DGU arkivnr. 70.516).

Dansk jordklassifikation	Brunpodsol	**USDA jordklassifikation**	
Udgangsmateriale	Moræneaflejringer	**Profil dybde**	90 cm
UTM	32 603031 6253445	**Dræningsklasse**	Meget veldrænet jord
Landskabsform	Småbakket moræne/ dødislandskab	**Grundvandsdybde**	-
Kort blad	1315 I SØ Glesborg	**Vegetation**	Stub
Kote	32 m	**Max. rod dybde**	Ca. 50 cm
Topografi	Midt på bakke	**Beskriver**	Søren Torp & Steven Ashouti
Hældning	3-5°	**Dato**	4.10.2001
Bemærkninger	Ormegange til 75 cm.		

Profilbeskrivelse

Ap (0-25 cm)

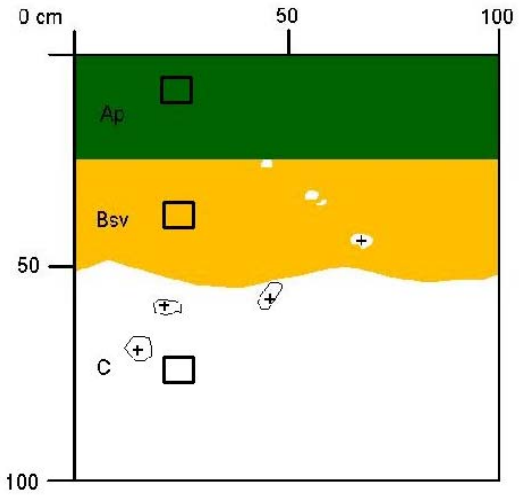
Meget mørk grålig brun (10YR 3/2 fugtig) siltet sand; humusholdig, 1 - 7 %; jordbrugskalket overvejende som klumper; meget svag medium subangulær struktur; fugtig, svagt klæbrig konsistens; 5 - 15 vol % små, (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet tilstan, form og blandede typer med kalk; hyppige fine rødder; abrupt jævn horisontgrænse.

Bsv (25-50 cm)

Meget mørk brun (7.5YR 2.5/2 fugtig) siltet sand; humusfattig; svag medium subangulær struktur; fugtig, svagt klæbrig konsistens; 5 - 15 vol % blanding; små (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet tilstand, form og blandede typer uden kalk; nogle fine rødder; porer, 1 - 10 / dm2 som orme- og rodgange; plettet af moderat tykke humus coatings i rodgange; diffus bølget horisontgrænse.

C (50-95 cm)

Gullig brun (10YR 5/4 fugtig) siltet sand; humusfattig; fugtig, ikke klæbrig konsistens; 5 – 15 vol % små (2,0 - 7,5 cm) sten af blandet tilstand, form og blandede typer uden kalk; mindre end 5 vol % noduler med en diameter mindre end 1 cm, bløde, afrundede, Fe- og Mn-oxider & hydroxider (sorte); porer, 1 - 10 / dm2 som orme- og rodgange; plettet af moderat tykke humuscoatings i rodgange.



Figur 5.8. Pedologisk profilskitse af jordbundprofil i Ørbæk, profillinie-boring. Firkanterne markerer udtagningsstederne af 100 cm3 retentionsringe i.f.m. hydrauliske målinger (kap. 5.5).

5.2.5 Jordbundudvikling i profilliniepunkterne

Profilliniepunkterne er påvirkede af følgende jordbundsudvikling: Udvaskning, forbruning, landbrugsdrift, kunstig kalkning.

I alle profilinieboringer undtagen i Sivested er der fundet kalk i større dybde (tabel 5.5 – 5.8) . Derfor kan det antages at morænen i rå tilstand oprindeligt har været kalkholdig og siden er udvasket ved nedbørens gennemstrømning af jordlagene. Siden forrige århundrede er der tilført karbonat ved mergling og kalkning. Det ses ved den høje pH i de øvre jordlag. Alle profiler har et omvendt pH-profil med høje værdier i de øvre horisonter. Alle profiler har et ca. 25 – 32 cm tykt pløjelag med et kulstof indhold på mellem 1,0 og 1,5 % (tabel 5.5 – 5.8).
Den dominerende jordbundsgenese har været forbruning. Forvitring af jernholdige primærmineraler har skabt en overfladenær ophobning af brunfarvede jernoxider i Bv-horisonten (se 5.2.1 –5.2.4). Ved kompleksdannelse med bla. organiske syrer og Ca-ioner er en stor del af jernoxiderne bundet i horisonten og har undgået udvaskning. Et produkt af forvitringsprocessen er lerdannelse. Der er ikke i felten observeret tegn på lernedvaskning, undtagen i humusforede lodrette ormegange. Analyseresultaterne indikerer ingen tydelig flytning af ler nedad i profilerne. Det må derfor antages at mængden af nydannet ler må være minimalt.
Den successtive udvikling for en brunjord vil være en begyndende podsolering. I horisontnavngivningen er denne udvikling indikeret med tilføjelsen ”s” for sesquioxider, idet der er spodiske træk ved alle profilinieprofiler. Især Sivested og Slotsbakke har moderat høje værdier for jern og aluminium i Bvs-horisonten, der er et tegn på begyndende podsolering (tabel 5.2.1 & 5.2.3) Det må formodes at med den nuværende landbrugsdrift er podsoludviklingen standset eller sat i stå.

Ved Slotsbakke er der opbygget et betydeligt humusrigt pløjelag på 60 cms tykkelse (tabel 5.2.3). Det skyldtes profilets placering ved en bakkefod og deraf følgende akkumulering af muld ved jordbearbejdning og erosion. I modsætning til de andre morænesandslokaliteter (kap. 3.2) er der ikke observeret fragipan-dannelse i nogen af profillinieprofilerne.

5.3 Geologi

Vibeke Ernstsen (GEUS) og Henrik Vosgerau (GEUS)

Geologien i de 4 boringer ved Sivested,Tøstrup, Slotsbakke og Ørsted, der indgår i profillinien er beskrevet i figur 5.9-5.12. Boringen ved Sjørup er placeret i den vestlige del af profilen og er præsenteret i figur 3.13. De fire boringer i profillinien, som udgør de reducerede program profiler, varierer i boredybde fra 6 til 9 meter under terræn.

Andelen af morænesand varierer de fire boringer imellem. I boringen ved Sivested består stort set hele den umættede zone af morænesand, dog med med indslag af moræneler nederst i boringen, figur 5.9. I de øvrige boringer udgør morænesand en mindre del af de gennemborede sedimenter, som i disse boringer også består af morænegrus, samt smeltevandssand og –grus, figur 5.10-5.12.

På alle lokaliteter fremstår de øverste 2-3 meter med brunlige farvenuancer, hvorefter lag med grålige farvenuancer findes iblandet de brunlige nuancer.

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse — Udskrevet 30/7 2003 Side 1

BORERAPPORT — **DGU arkivnr : 70. 519**

Borested : Sjørupgårdvej/ Herredsvejen, Sjørup, Sivested
8581 Nimtofte
KUPA, Bor. 349

Kommune : Midtdjurs
Amt : Århus

Boringsdato : 14/11 2001 — **Boringsdybde** : 6 meter — **Terrænkote** : 47,94 meter o. DNN

Brøndborer : Carl Bro A/S
MOB-nr :
BB-journr :
BB-bornr :

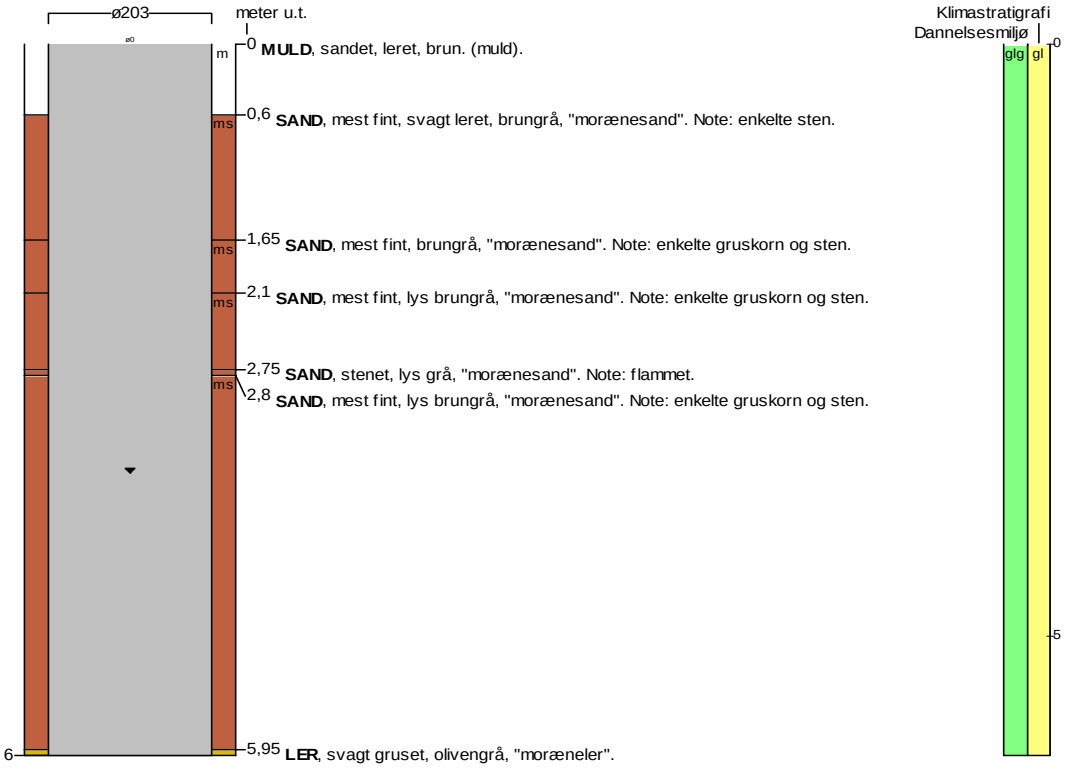
Prøver
- modtaget : 29/4 2002 **antal** : 6
- beskrevet : 14/11 2001 **af** : ENY
- antal gemt : 0

Formål : Undersøg./videnskab
Anvendelse : Sløjfet/opgivet bor
Boremetode : Snegleboring

Kortblad : 1315 IINØ
UTM-zone : 32
UTM-koord. : 600222, 6252308

Datum : ED50
Koordinatkilde : GEUS
Koordinatmetode : KMS digitale kort

	Ro-vandstand	Pejledato	Ydelse	Sænkning	Pumpetid
Indtag 1 (seneste)	3,62 meter u.t.	14/11 2001			



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

meter u.t.

0 - 6 glacigen - glacial

Figur 5.9. Geologiske forhold ved lokaliteten Sivested, lokalitetsnr. 349 (DGU arkivnr. 70.519).

BORERAPPORT **DGU arkivnr : 70. 518**

Borested : Sjørupgårdvej 21, Tøstrup
KUPA, Bor. 348

Kommune : Midtdjurs
Amt : Århus

Boringsdato : 5/10 2001 **Boringsdybde** : 6 meter **Terrænkote** : 34,15 meter o. DNN

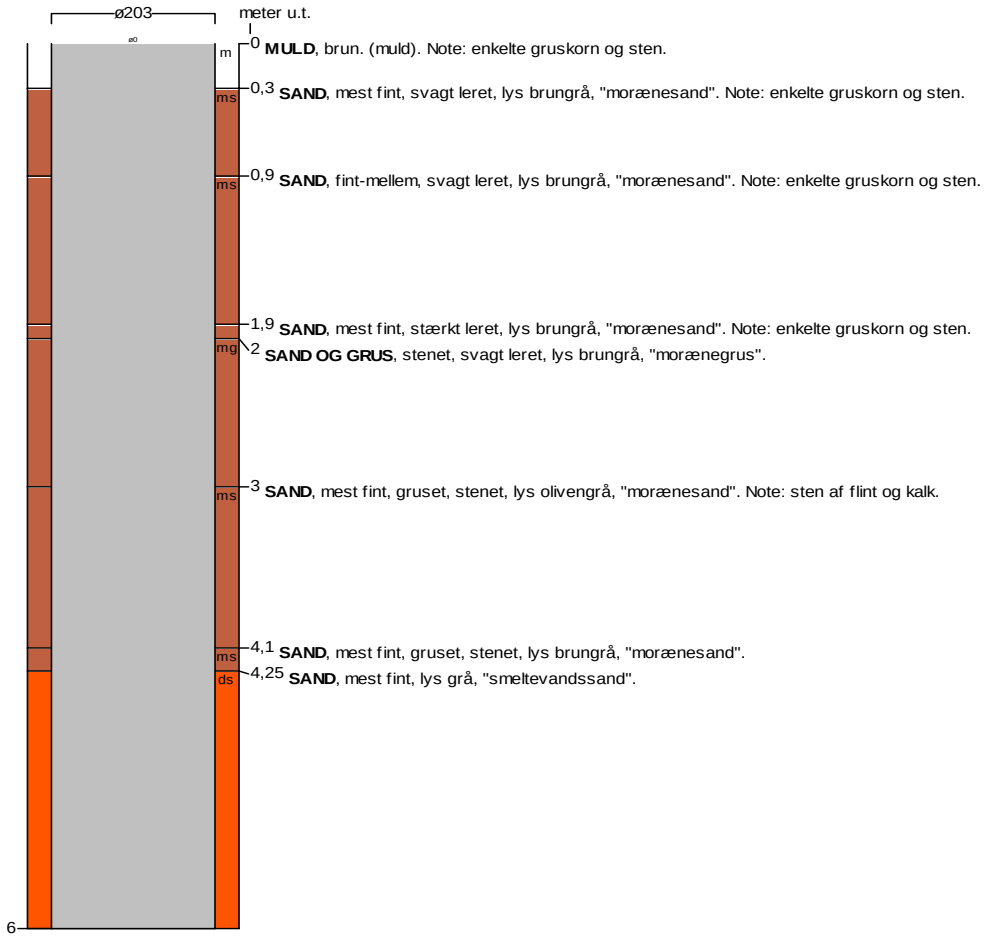
Brøndborer : Carl Bro A/S
MOB-nr :
BB-journr :
BB-bornr :

Prøver
- modtaget :
- beskrevet : 5/10 2001 **af** : ENY
- antal gemt : 0

Formål : Undersøg./videnskab
Anvendelse : Sløjfet/opgivet bor
Boremetode :

Kortblad : 1315 IINØ
UTM-zone : 32
UTM-koord. : 601419, 6252797

Datum : ED50
Koordinatkilde : GEUS
Koordinatmetode : KMS digitale kort



Figur 5.10. Geologiske forhold ved lokaliteten Tøstrup, lokalitetsnr. 348 (DGU arkivnr. 70.518).

BORERAPPORT **DGU arkivnr : 70. 517**

Borested : Gl. Landevej 3, Tøstrup
KUPA, Bor. 347

Kommune : Midtdjurs
Amt : Århus

Boringsdato : 5/10 2001 **Boringsdybde** : 6 meter **Terrænkote** : 35,94 meter o. DNN

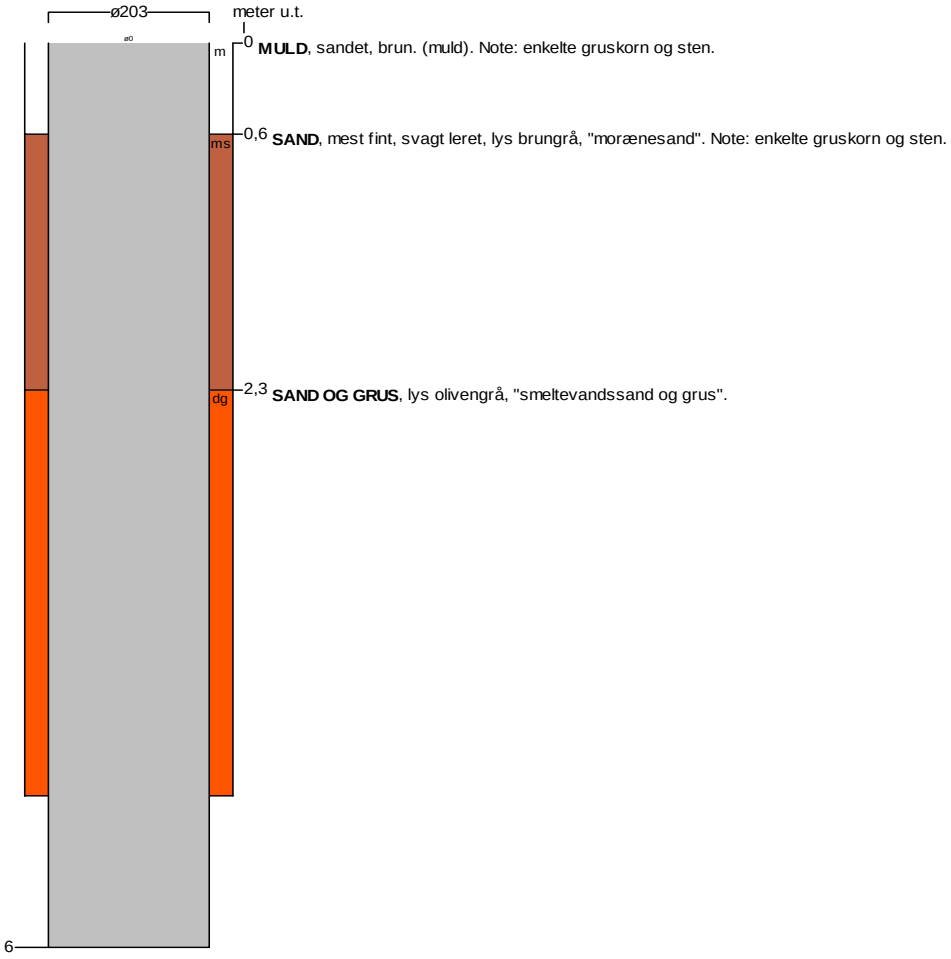
Brøndborer : Carl Bro A/S
MOB-nr :
BB-journr :
BB-bornr :

Prøver
- modtaget :
- beskrevet : 5/10 2001 **af** : ENY
- antal gemt : 0

Formål : Undersøg./videnskab
Anvendelse : Sløjfet/opgivet bor
Boremetode :

Kortblad : 1315 IINØ
UTM-zone : 32
UTM-koord. : 602277, 6253312

Datum : ED50
Koordinatkilde : GEUS
Koordinatmetode : KMS digitale kort



Figur 5.11. Geologiske forhold ved lokaliteten Slotsbakke, lokalitetsnr. 347 (DGU arkivnr. 70.517).

BORERAPPORT **DGU arkivnr : 70. 516**

Borested : Gl. Landevej 9
KUPA, Bor. 346

Kommune : Midtdjurs
Amt : Århus

Boringsdato : 4/10 2001 **Boringsdybde** : 9 meter **Terrænkote** : 35,07 meter o. DNN

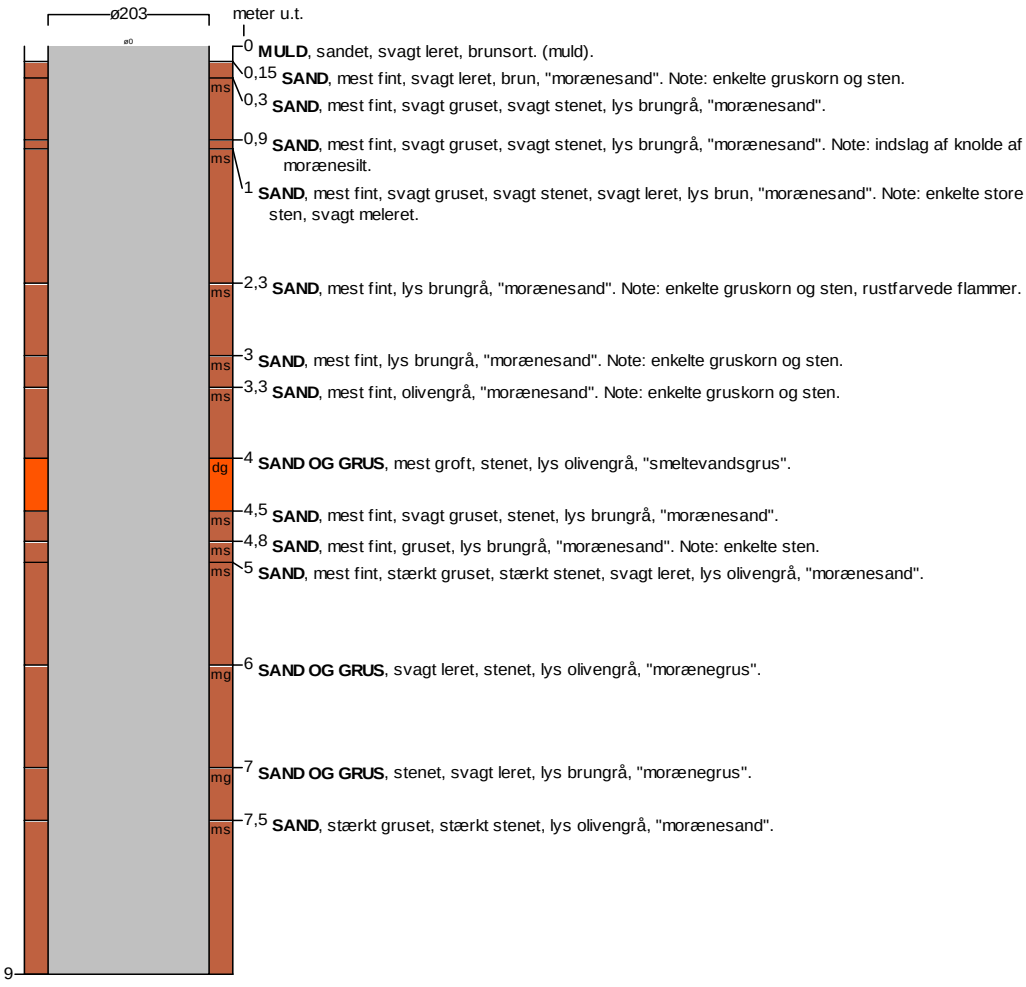
Brøndborer : Carl Bro A/S
MOB-nr :
BB-journr : 26.0117.11
BB-bornr :

Prøver
- modtaget :
- beskrevet : 4/10 2001 **af** : B
- antal gemt : 0

Formål : Undersøg./videnskab
Anvendelse : Sløjfet/opgivet bor
Boremetode :

Kortblad : 1315 IINØ
UTM-zone : 32
UTM-koord. : 603038, 6253440

Datum : ED50
Koordinatkilde : GEUS
Koordinatmetode : KMS digitale kort



Figur 5.12. Geologiske forhold ved lokaliteten Ørbæk, lokalitetsnr. 346 (DGU arkivnr. 70.516).

5.4 Fysiske, kemiske og mineralogiske undersøgelser

Vibeke Erntsen (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 ekstraheret ved brug af henholdsvis natriumdithionit-natriumcitrat-natriumbicarbonat (Fe_{DCB} og Al_{DCB}) og oxalatekstraktion (Fe_{oxalat} og Al_{oxalat}), ombyttelige kationer og sure brint-ioner, CEC og indhold af calciumcarbonat. Alle analyser er gennemført som enkeltbestemmelser. For en mere indgående beskrivelse af de anvendte analysemetoder henvises der til KUPA rapport nr. 2, Metoderapport (Barlebo et al. 2002). Prøverne der præsenteres i dette afsnit er analyseret efter et reduceret analyse-program (se kapitel 2) og omfatter som følge heraf maksimalt 5 prøver pr. lokalitet.

5.4.1 Lokaliteteterne Sivested, Tøstrup, Slotsbakke og Ørbæk

Analyseresultaterne for lokaliteterne Sivested, Tøstrup, Slotsbakke og Ørbæk fremgår af tabel 5.5 til 5.8.

5.4.1.1 Sivested lokaliteten

Lokaliteten ved Sivested er beliggende ca. 1000 m nordøst for Sjørup. Analyseresultaterne fra denne lokalitet er vist i tabel 5.5.

Fordelingen af kornstørrelser ved Sivested domineres, med undtagelse af C horisonten, af groft mellemsand (200-500 μm) der udgør 25-37 %, tabel 5.5. Dertil kommer næsten ens andele af grovsilt (20-63 μm), fint sand (63-125 μm), fint mellem sand (125-200 μm) og groft mellemsand (0,5-2 mm). Prøven udtaget i C horisonten skiller sig ud derved at den dominerende kornstørrelsesfraktion her er grovsilt (20-63 μm). Finsilt (2-20 μm) har også den højeste værdi i denne dybde med 10,3%. Lerprocenten variere kun lidt ned gennem profilen (5-8 %).

Ap horisonten er af JB3 type og de øvrige horisonter og lag er enten JB3 eller JB4. Indholdet af organisk stof er højest i Ap horisonten (1,5 % C), hvorefter indholdet aftager markant til < 0,2 % C allerede i 3,00 meter.

De undersøgte prøver fremstår kalkfrie. Fremskredne forvitringsprocesser resulterer i aftagende pH-værdier fra overfladen (pH_{CaCl2} 5,92) ned til prøven fra 1,75 meter (4,77), hvorefter pH-værdien atter stiger til 5,31 i 3,00 meters dybde. Tilførsel af jordbrugskalk resulterer i den forholdsvise høje pH-værdi i Ap samt at basemætningen her er forholdsvis høj (47 %). I Bvs og C horisonterne aftager basemætningen til 18-22 %, hvorefter den atter stiger til 72 % i 3,00 meter hvor forvitringsintensiteten er aftagende. Andelen af ombyttelig brint varierer i takt hermed. For alle prøver, med undtagen af laget i 3,00 meter, er H^+ den mest almindelige ombyttelige kation, men for prøven fra 3,00 meter er det ombytteligt calcium

der er den mest almindelige. CEC-værdien er 12 cmol kg^{-1} i Ap horisonten og bliver fra 0,75 m mellem 3 og 6 cmol kg^{-1}.

Omfanget af forvitrings- og jordbundsdannende processer kan erkendes i fordelingen af jern- og aluminiumforbindelser. Indholdet af Fe_{DCB} aftager fra Ap horisonten (3142 mg Fe kg^{-1}) ned til 1,75 meter (1539 mg Fe kg^{-1}), hvorefter indholdet stiger svagt til 1974 mg Fe kg^{-1} i 3,00 meter. En stigning der antagelig knytter sig til de hydrologiske forhold på dette sted idet prøven er udtaget tæt på grundvandsspejlet. Fordelingen af Al_{DCB} er karakteriseret ved et lidt lavere indhold i Ap horisonten (1186 mg Al kg^{-1}) end i Bvs horisonten (2127 mg Al kg^{-1}), hvorefter indholdet aftager til ca. 200 mg Al kg^{-1} i 3,00 meters dybde.

Tabel 5.5. Analyseresultater for lokalitetsnr. 349 ved Sivested, Sjørup (DJF profil nr. 3161 og DGU arkiv nr. 70.519).

			Kornstørrelsesfordeling (% af < 2 mm fraktion)							% 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	μm						mm		
19-2-1-823	Ap	5	5,8	6,7	11,7	12,8	14,2	32,8	13,5	4,7	9,8
19-2-2-824	Bvs	45	5,7	8,3	22,1	15,1	12,3	25,1	10,1	3,9	8,0
19-2-3-825	C	75	5,2	10,3	43,9	17,1	5,6	12,4	5,1	2,7	1,9
19-2-4-826		175	6,2	4,8	8,9	13,2	16,4	37,3	13,1	6,2	2,0
19-2-5-827		300	7,7	3,3	8,5	13,4	17,1	36,0	14,0	4,7	13,1

KUPA nr.	JB-nr	Org. C	pH (H_2O)	pH ($CaCl_2$)	Fe_{oxalat}	Al_{oxalat}	Fe_{DCB}	Al_{DCB}	ODOE
		%	1:1	1:2,5	mg kg^{-1}				
19-2-1-823	3	1,5	5,94	5,92	3309	1277	3142	1186	0,2018
19-2-2-824	4	0,8	5,74	5,17	3624	2375	2886	2127	0,1749
19-2-3-825	4	0,2	5,69	4,76	907	1595	1543	1247	0,0414
19-2-4-826	3	0,0	5,93	4,77	1186	245	1539	272	0,0298
19-2-5-827	3	0,0	6,38	5,31	1167	259	1974	226	0,0221

KUPA nr.	Ombyttelige kationer cmol kg^{-1}							Base-mætning	$CaCO_3$
	Ca	Mg	K	Na	Baser total	H^+	CEC total	%	%
19-2-1-823	5,1	0,2	0,1	0,0	5,41	6,2	11,63	47	0

19-2-2-824	1,5	0,1	0,1	0,0	1,72	7,7	9,41	18	0
19-2-3-825	1,0	0,1	0,1	0,1	1,25	4,4	5,68	22	0
19-2-4-826	1,3	0,3	0,1	0,0	1,63	1,6	3,20	51	0
19-2-5-827	2,1	0,5	0,1	0,0	2,76	1,1	3,81	72	0

5.4.1.2 Tøstrup lokaliteten

Lokaliteten ved Tøstrup er beliggende ca. 2000 m nordøst for Sjørup. Analyseresultaterne fra denne lokalitet er vist i tabel 5.6.

Fordelingen af kornstørrelser ved Tøstrup domineres, med undtagelse af laget i 4,75 meter, af groft mellemsand (200-500 μm) der udgør mellem 27 % og 38 %, tabel 5.6. Dertil kommer næsten ens andele af grovsilt (20-63 μm), fint sand (63-125 μm), fint mellem sand (125-200 μm) og groft mellemsand (0,5-2 mm). Prøven udtaget i 4,75 meter skiller sig ud derved at kun to kornstørrelsesfraktioner er dominerende, fint mellem sand (125-200 μm) og groft mellemsand (200-500 μm), der udgør 85 % af fraktionerne < 2 mm. Lerprocenten variere kun lidt ned gennem profilen bestående af moræne sand (4,7-6,2 %) men aftager til 2,5 % i laget bestående af smeltevandssand.

Ap horisonten er af JB4 type og de øvrige horisonter og lag er enten JB1 eller JB3. Indholdet af organisk stof er højest i Ap horisonten (1,2 % C), hvorefter indholdet aftager markant til < 0,1 % C i C horisonten, for atter at stige til 0,5-1,2 % C i de kalkrige lag i 2,00 meter og 4,75 meter.

De undersøgte prøver fremstår kalkfrie ned til 0,75 meter. Forvitringsprocesser resulterer i aftagende pH-værdier fra overfladen (pH_{CaCl2} 5,87) ned til prøven fra 0,75 meter (pH_{caCl2} 4,74), hvorefter pH-værdien atter stiger til mellem 7,0 og 7,8 i dybderne 2,00 og 4,75 meter. Tilførsel af jordbrugskalk er antagelig årsagen til den lidt højere pH-værdi i Ap horisonten samt at basemætningen her er på 51 %. I Bvs horisonten aftager basemætningen til 43 %, hvorefter den atter stiger til 80 % i 0,75 meter og omkring 100 % i 2,00 og 4,75 meter hvor forvitringsintensiteten er aftagende. Andelen af ombyttelig brint varierer i takt hermed. For Ap og Bvs horisonterne er H^+ den mest almindelige, men for de resterende prøver er det ombytteligt calcium der er den mest almindelige ombyttelige kation. CEC-værdien er 10 cmol kg^{-1} i Ap horisonten aftager til henholdsvis 4 og 2 cmol kg^{-1} i Bvs og C horisonterne. CEC-værdien er ikke bestemt for den kalkholdige prøve i 2,00 meter og 4,75 meter.
Omfanget af forvitrings- og jordbundsdannende processer kan erkendes i fordelingen af jern- og aluminiumforbindelser. Indholdet af Fe_{DCB} aftager fra Ap horisonten (2660 mg Fe kg^{-1}) ned til 0,75 meter (1051 mg Fe kg^{-1}), hvorefter indholdet stiger svagt til 1313 mg Fe kg^{-1} i 2,00 meter for atter at aftage markant til 128 mg Fe kg^{-1} i det grå smeltevandssand.
Fordelingen af Al_{DCB} er karakteriseret ved aftagende indhold fra Ap horisonten (1022 mg Al kg^{-1}) til 26 mg Al kg^{-1} i den grå smeltevandssand i 4,75 meters dybde.

Tabel 5.6. Analyseresultater for lokalitetsnr. 348 ved Tøstrup, Sjørup (DJF profil nr. 3162 og DGU arkiv nr. 70.518).

			Kornstørrelsesfordeling (% af < 2 mm fraktion)							% 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	μm						mm		
19-2-1-818	Ap	5	5,3	7,2	11,8	13,7	15,9	32,8	11,3	4,2	3,7
19-2-2-819	Bvs	40	5,7	5,3	8,7	12,6	15,9	37,6	13,8	6,5	3,0
19-2-3-820	C	75	4,7	3,3	8,5	13,5	17,7	37,2	15,0	8,5	3,8
19-2-4-821		200	6,2	5,3	8,3	10,7	11,6	27,2	20,9	19,0	21,2
19-2-5-822		475	2,5	0,9	1,4	5,4	26,5	58,1	1,5	0,2	0,0

KUPA nr.	JB-nr	Org. C	pH (H_2O)	pH ($CaCl_2$)	Fe_{oxalat}	Al_{oxalat}	Fe_{DCB}	Al_{DCB}	ODOE
		%	1:1	1:2,5	mg kg^{-1}				
19-2-1-818	4	1,2	6,18	5,87	2836	1108	2660	1022	0,1256
19-2-2-819	3	0,2	6,01	5,24	797	538	1358	491	0,0592
19-2-3-820	1	0,0	6,90	5,74	470	155	1051	114	0,0170
19-2-4-821	3	1,2	8,95	7,00	1008	155	1313	71	0,0416
19-2-5-822	1	0,5	9,55	7,80	52	13	128	26	0,0292

KUPA nr.	Ombyttelige kationer cmol kg^{-1}							Base-mætning	$CaCO_3$
	Ca	Mg	K	Na	Baser total	H^+	CEC Total	%	%
19-2-1-818	4,8	0,1	0,1	0,1	5,17	5,0	10,18	51	0
19-2-2-819	1,6	0,1	0,1	0,0	1,77	2,4	4,14	43	0
19-2-3-820	1,6	0,1	0,1	0,0	1,76	0,5	2,21	80	0
19-2-4-821	n.d.	n.d.	n.d.	2,8	2,80	n.d.	n.d.	n.d.	kalkholdig
19-2-5-822	n.d.	n.d.	n.d.	6,6	6,60	n.d.	n.d.	n.d.	kalkholdig

5.4.1.3 Slotsbakke lokaliteten

Lokaliteten ved Slotsbakke er beliggende ca. 3200 m nordøst for Sjørup. Analyseresultaterne fra denne lokalitet er vist i tabel 5.7.

Fordelingen af kornstørrelser ved Slotsbakke domineres gennem hele profilen af groft mellemsand (200-500 μm) der udgør mellem 34-42 %, tabel 5.7. Dertil kommer fint mellem sand (125-200 μm) med 14-21 % samt næsten ens andele af fint sand (63-125 μm), og groft mellemsand (0,5-2 mm). Lerprocenten variere kun lidt indenfor den øverste meter (4-6 %) og hvorefter indholdet stiger til 8 % i 1,75 meter. Ap horisonten er af JB4 type og de øvrige horisonter og lag er enten JB1, JB3 eller JB4. Indholdet af organisk stof er højest i Ap horisonten (1,0 % C), hvorefter indholdet aftager til 0,8 % C i Ap2 horisonten og yderligere til 0,1-0,2 % C i C horisonterne.

De undersøgte prøver fremstår kalkfrie ned til 0,95 meter. Forvitringsprocesser resulterer i generelt lave pH-værdier fra overfladen og ned til prøven fra 0,95 meter (pH_{caCl2} 5,33 til 5,70), hvorefter pH-værdien atter stiger til mellem 6,7 i det kalkholdige lag i 1,75 meter. Følgerne efter en eventuel tilførsel af jordbrugskalk er derfor ikke påfaldende store og basemætningen i Ap horisonterne 41-49 %. I Bvs horisonten aftager basemætningen til 31 %, hvorefter den atter stiger til først 60 % og dernæst 97 % i henholdsvis 0,95 og 1,75 meters dybde. Andelen af ombyttelig brint varierer i takt hermed. I Ap horisonterne og i Bvs horisonten er H^+ den mest almindelige ombyttelige kation, men ombytteligt calcium der er den mest almindelige ombyttelige kation i C horisonterne. CEC-værdien er 8-9 cmol kg^{-1} i Ap horisonterne, aftagende til 4-5 cmol kg^{-1} i Bvs og den øverste C horisont og 12 cmol kg^{-1} i den dybeste C horisont i 1,75 meter. CEC-værdien er ikke bestemt for den kalkholdige prøve i 1,75 meter.

Omfanget af forvitrings- og jordbundsdannende processer kan erkendes i fordelingen af jern- og aluminiumforbindelser. Indholdet af Fe_{DCB} aftager fra Ap horisonten (2022 mg Fe kg^{-1}) ned til 0,95 meter (924 mg Fe kg^{-1}), hvorefter indholdet stiger svagt til 1142 mg Fe kg^{-1} i 1,75 meter.

Fordelingen af Al_{DCB} er karakteriseret ved et lidt lavere indhold i Ap1 horisonten (896 mg Al kg^{-1}) end i den følgende Ap2 horisont (1324 mg Al kg^{-1}), hvorefter indholdet aftager til 127 mg Al kg^{-1} i 1,75 meters dybde.

Tabel 5.7. Analyseresultater for lokalitetsnr. 347 ved Slotsbakke, Sjørup (DJF profil nr. 3163 og DGU arkivnr. 70.517).

			Kornstørrelsesfordeling (% af < 2 mm fraktion)							% 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	μm						mm		
19-2-1-813	Ap	5	5,2	4,8	9,1	15,4	17,6	35,1	11,1	3,1	3,4
19-2-2-814	Ap2	45	6,2	4,8	12,3	15,1	16,5	33,6	10,1	3,3	0,7

19-2-3-815	Bvs	72	3,6	2,9	7,1	12,6	17,9	42,0	13,5	4,3	5,7
19-2-4-816	C	95	4,1	2,9	7,3	14,5	20,5	38,7	11,7	5,0	3,8
19-2-5-817	C	175	8,1	3,9	8,5	11,8	13,8	37,4	16,3	7,6	3,5

KUPA nr.	JB-nr	Org. C	pH (H_2O)	pH ($CaCl_2$)	Fe_{oxalat}	Al_{oxalat}	Fe_{DCB}	Al_{DCB}	ODOE
		%	1:1	1:2,5	mg kg^{-1}				
19-2-1-813	4	1,0	5,60	5,33	2176	1011	2022	896	0,1276
19-2-2-814	4	0,8	6,65	5,70	2977	1627	2565	1324	0,1919
19-2-3-815	1	0,2	6,51	5,63	1137	1091	1252	825	0,0674
19-2-4-816	1	0,2	7,02	5,63	649	1022	924	698	0,0463
19-2-5-817	3	0,1	8,55	6,67	755	239	1142	127	0,0227

KUPA nr.	Ombyttelige kationer cmol kg^{-1}							Base-mætning	$CaCO_3$
	Ca	Mg	K	Na	Baser total	H^+	CEC Total	%	%
19-2-1-813	3,2	0,2	0,2	0,0	3,52	5,2	8,67	41	0
19-2-2-814	3,6	0,1	0,2	0,1	3,91	4,2	8,06	49	0
19-2-3-815	1,0	0,0	0,1	0,0	1,15	2,6	3,74	31	0
19-2-4-816	3,0	0,1	0,1	0,0	3,18	2,1	5,30	60	0
19-2-5-817	11,4	0,3	0,1	0,1	11,82	0,4	12,22	97	kalkholdig

5.4.1.4 Ørbæk lokaliteten

Lokaliteten ved Ørbæk er beliggende ca. 4000 m nordøst for Sjørup. Analyseresultaterne fra denne lokalitet er vist i tabel 5.8.

Fordelingen af kornstørrelser ved Ørbæk domineres af groft mellemsand (200-500 μm) der udgør mellem 34 % og 42 %, tabel 5.8. Dertil kommer fint mellem sand (125-200 μm) med 16-19 % og næsten ens andele af fint sand (63-125 μm), og groft mellemsand (0,5-2 mm) 12-14 %. Lerprocenten variere kun lidt (5-7 %) ned gennem profilen. Ap horisonten er af JB1 type og de øvrige horisonter og lag er enten JB1 eller JB3. Indholdet af organisk stof er højest i Ap horisonten (1,3 % C), hvorefter indholdet aftager til 0,5 % C i Bvs horisonten, for yderligere at aftage til <0,1-0,3 %.

De undersøgte prøver fremstår kalkfrie ned til 2,00 meter. Forvitringsprocesser resulterer i aftagende pH-værdier fra overfladen (pH_{CaCl2} 5,70) ned til prøven fra 0,75 meter (pH_{caCl2} 4,89), hvorefter pH-værdien atter stiger til mellem 7,2 i 4,00 meter. Tilførsel af jordbrugskalk er årsagen til den lidt højere pH-værdi i Ap horisonten samt at basemætningen her er på 37 %. I Bvs og C horisonterne aftager basemætningen til henholdsvis 23 % og 17 %, hvorefter den atter stiger til 85 % i 2,00 meter og omkring 100 % i 4,00 meter hvor forvitringsintensiteten er aftagende. Andelen af ombyttelig brint varierer i takt hermed. For de overfladenære horisonter er H^+ den mest almindelige, men for de to dybe prøver fra henholdsvis 2,00 og 4,00 meter er ombytteligt calcium bliver den mest almindelige ombyttelige kation. CEC-værdien er 10 cmol kg^{-1} i Ap horisonten aftager til 5 cmol kg^{-1} i Bvs og 3-5 cmol kg^{-1} i C horisonten og den dybe prøve i 2,00 meter. CEC-værdien er ikke bestemt for den kalkholdige prøve i 4,00 meter.

Omfanget af forvitrings- og jordbundsdannende processer kan erkendes i fordelingen af jern- og aluminiumforbindelser. Indholdet af Fe_{DCB} aftager fra Ap horisonten (2211 mg Fe kg^{-1}) ned til 0,75 meter (1018 mg Fe kg^{-1}), hvorefter indholdet stiger svagt til omkring 1250 mg Fe kg^{-1} i 2,00 meter og 4,00 meter.

Fordelingen af Al_{DCB} er karakteriseret et lidt lavere indhold i Ap horisonten (1364 mg Al kg^{-1}) end i den efterfølgende Bvs horisont (1648 mg Al kg^{-1}) hvorefter indholdet aftager til 84 mg Al kg^{-1} i den olivengrå morænesand i 4,00 meters dybde.

Tabel 5.8. Analyseresultater for lokalitetsnr. 346 ved Ørbæk, Sjørup (DJF profil nr. 3164 og DGU arkiv nr. 70.516).

			Kornstørrelsesfordeling (% af < 2 mm fraktion)							% 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	μm						mm		
19-2-1-808	Ap	5	4,8	4,7	8,4	14,2	19,1	33,7	12,9	4,8	5,0
19-2-2-809	Bvs	40	4,6	2,9	4,7	13,1	18,0	41,5	14,3	6,0	7,0

19-2-3-810	C	75	5,1	2,4	4,7	12,9	18,8	41,9	13,7	4,5	8,7
19-2-4-811		200	6,1	2,9	4,2	12,5	19,2	40,8	14,2	4,5	6,1
19-2-5-812		400	6,6	3,4	6,6	11,6	15,9	40,1	14,1	6,5	4,2

KUPA nr.	JB-nr	Org. C	pH (H_2O)	pH ($CaCl_2$)	Fe_{oxalat}	Al_{oxalat}	Fe_{DCB}	Al_{DCB}	ODOE
		%	1:1	1:2,5	mg kg^{-1}				
19-2-1-808	1	1,3	5,83	5,70	2646	1477	2211	1364	0,2419
19-2-2-809	1	0,5	6,13	5,40	1040	1642	1322	1648	0,1824
19-2-3-810	3	0,3	5,79	4,89	597	1141	1018	1000	0,0947
19-2-4-811	3	0,0	7,46	6,07	794	103	1274	115	0,0411
19-2-5-812	3	0,2	8,94	7,15	787	86	1220	84	0,0424

KUPA nr.	Ombyttelige kationer cmol kg^{-1}							Base-mætning	$CaCO_3$
	Ca	Mg	K	Na	Baser total	H^+	CEC total	%	%
19-2-1-808	3,4	0,1	0,2	0,0	3,65	6,1	9,76	37	0
19-2-2-809	1,4	0,1	0,1	0,0	1,52	5,1	6,63	23	0
19-2-3-810	0,7	0,0	0,1	0,0	0,77	3,8	4,58	17	0
19-2-4-811	2,0	0,2	0,1	0,0	2,32	0,4	2,72	85	0
19-2-5-812	n.d.	n.d.	n.d.	2,9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	kalkholdig

5.4.1.5 Sammenligning af fysiske, kemiske og mineralogiske egenskaber

Lokaliteterne Sivested, Tøstrup, Slotsbakke og Ørsted ligger på en ca. 4 km lang profillinie, der strækker sig i omtrent vest-østlig retning, startende med Sjørup lokaliteten i vest.

Med få undtagelser er den dominerende kornstørrelse groft mellemsand (200-500 μm). Ved Sivested og Tøstrup forekommer desuden betydelige mængder fint sand (63-125 μm), fint mellem sand (125-200 μm) og groft sand (0,5-2 mm). Ved Slotsbakke og Ørbæk er det foruden groft mellemsand (200-500 μm) ligeledes fint mellem sand (125-200 μm) der findes hyppigt hvortil kommer fint sand (63-125 μm) og groft sand (0,5-2 mm). Ved Sivested findes i C horisonten et betydeligt indhold af grovsilt (20-63 μm) og ved Tøstrup indeholder

smeltevandssandet i 4,75 meters dybde overvejende fint mellem sand (125-200 μm) og groft mellemsand (200-500 μm). Indholdet af ler udgør typisk 4-8 %.

Ap horisonten ved Sivested er JB3, ved Tøstrup og Slotsbakke JB4 og ved Ørbæk JB1. Under Ap horisonten er det ved Sivested JB3 eller JB 4, ved Tøstrup JB1 eller JB3, Slotsbakke JB1, JB3 og JB4 og ved Ørbæk JB1 eller JB3 der forekommer dybere nede.

Mængden af organisk stof er på alle fire lokaliteter højest i Ap horisonten hvor indholdet varierer mellem 1,0 % og 1,5 % C. Det højeste indhold er målt ved Sivested lokaliteten og det laveste ved Slotsbakke lokaliteten. På samtlige lokaliteter aftager indholdet af organisk stof markant indenfor den øverste meter til typisk indhold på under 0,3 % C. I et par kalkholdige prøver fra Tøstrup er indholdet af organisk kulstof bestemt til henholdsvis 0,5 % C og 1,2 % C og det kan ikke udelukkes at CO_2 afgivelsen fra en rest $CaCO_3$ bidrager til disse forholdsvis høje værdier.

Den kalkfrie zone variere en del i tykkelse, med 0,8 meter ved Tøstrup til 3 meter eller mere ved Sivested. Med undtagelse af Sivested lokaliteten, er grænsen til de kalkholdige sedimenter kortlagt. Tilførsel af landbrugskalk, tilstedeværelse af kalkholdige sedimenter og forvitringsintensiteten præget udviklingen i pH på disse lokaliteter. pH-værdien (målt i $CaCl_2$) varierer ofte melle 5,5 og 6, hvorefter den i ca. 1 meter aftager til en minimumsværdi på lidt under 5, hvorefter pH-værdien atter stiger, op til omkring 7 hvor de kalkholdige sedimenter antræffes.

Tilførslen af kalk betyder dernæst også at basemætningen i Ap horisonten oftest er højere, (37-51 %) end i den dybere liggende Bvs horisont (18-23 %) eller eventuelt dybere ned, før end basemætningen stiger til 100 % i de kalkholdige sedimenter. Det er således brintionen der er den mest almindelige ombyttelige kation ned til 1,75 meter ved Sivested, 0,4 meter ved Tøstrup, og 0,75 meter ved henholdsvis Slotsbakke og Ørbæk. I de efterfølgende horisonter og lag er det calcium-ionen, der bliver den mest almindelige ombyttelige kation. Kationombytningskapaciteten (CEC´-værdien) er normalt størst for Ap horisonten, hvor den variere mellem 8 og 12 cmol kg^{-1} hvorefter CEC-værdien ofte ses at aftage til 5 cmol kg^{-1} eller lavere. CEC-værdien er ikke bestemt for kalkholdige prøver.

5. Ved Sivested er koncentrationen af jernoxider, Fe_{DCB}, højest i Ap horisonten (3142 mg Fe kg^{-1}) hvorefter indholdet aftager til 1539 mg Fe kg^{-1} i 1,75 meter hvorefter der sker en stigning til 1974 mg Fe kg^{-1} i 3,00 meter. Ved de resterende tre lokaliteter er indholdet af Fe_{DCB} forholdsvis højt i Ap horisonten (2022-2660 mg Fe kg^{-1}) hvorefter indholdet aftager indenfor den øverste ca. 1 meter (924-1051 mg Fe kg^{-1}) for atter at stige (1142-1250 mg Fe kg^{-1}.

Indholdet ad Al_{DCB} i Ap horisonterne varierer mellem 896 og1364 mg Al kg^{-1}. Ved Tøstrup aftager indholdet herefter til 26 mg Fe kg^{-1} i prøven fra 4,75 meter. På de øvrige lokaliteter stiger koncentrationen under Ap/Ap1 horisonten (1324-2127 mg Al kg^{-1}) for atter at aftage til mellem 84-200 mg Al kg^{-1}.

5.5 Hydraulik

Bo Vangsø Iversen (DJF) og Ole Hørbye Jacobsen (DJF)
I forbindelse med profillinieundersøgelserne blev der udtaget fem små retentionsringe (100 cm^3) i Ap-, Ap2-, B- og C-horisonten samt i boringerne. Prøveudtagningsdybderne fremgår af tabel 5.9.

5.5.1 Volumenvægt

Tabel 5.9 viser værdierne for jordens volumenvægt ved de fire lokaliteter. De laveste værdier ses i den relativt løst bearbejdede, organisk-holdige Ap-horisont. Højeste værdier ses i C-horisonten eller i boringerne.

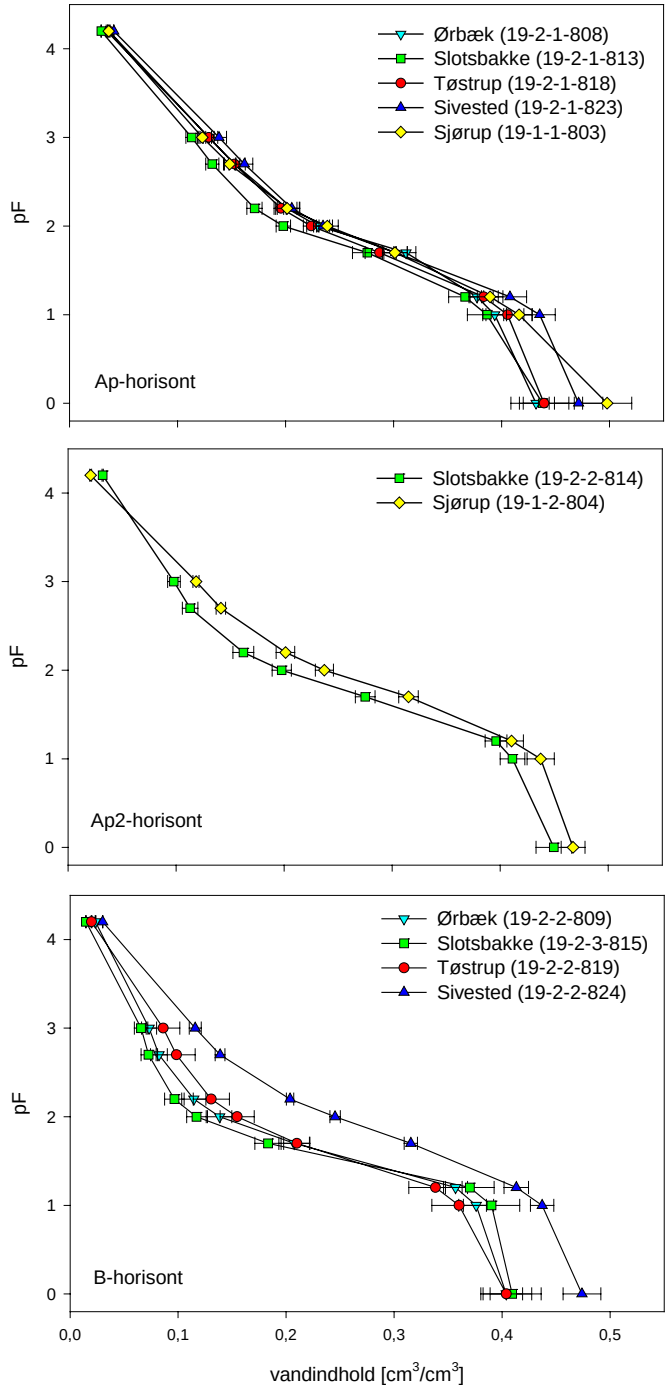
Tabel 5.9. Volumenvægt (g/cm^3) målt på 100-cm^3 retentionsringe (n=5).

Horisont	Ørbæk			Slotsbakke		
	Prøve-nummer	volumen-vægt (g/cm^3)	std.afv.	Prøvenum-mer	volumen-vægt (g/cm^3)	std.afv.
Ap	19-2-1-808	1,51	0,03	19-2-1-813	1,49	0,08
Ap2	-	-	-	19-2-2-814	1,46	0,04
B	19-2-2-809	1,58	0,06	19-2-3-815	1,57	0,07
C	19-2-3-810	1,54	0,12	19-2-4-816	1,61	0,02
Boring	19-2-4-811	1,62	0,11	19-2-5-817	1,66	0,06
Boring	19-2-5-812	1,67	0,09	-	-	-
	Tøstrup			Sivested		
Ap	19-2-1-818	1,49	0,06	19-2-1-823	1,40	0,06
B	19-2-2-819	1,58	0,04	19-2-2-824	1,39	0,05
C	19-2-3-820	1,70	0,05	19-2-3-825	1,50	0,04
Boring	19-2-4-821	1,65	†	19-2-4-826	1,79	0,08
Boring	19-2-5-822	1,50	0,06	19-2-5-827	1,73	0,06

† Kun 1 prøve udtaget fra boreprøve p.g.a. mange sten

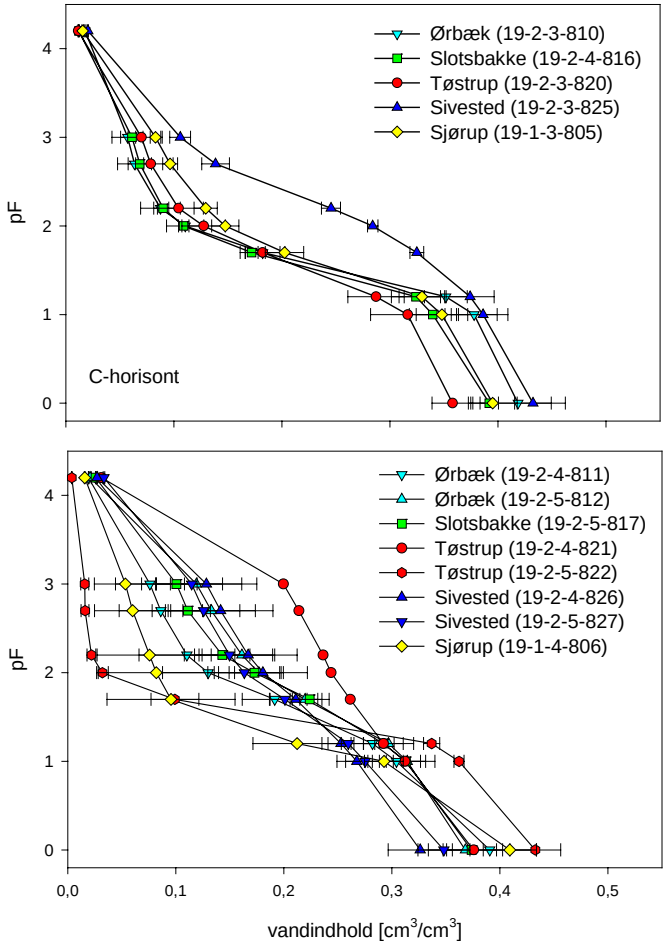
5.5.2 Vandretention

Resultaterne for vandretention er vist på figur 5.13 (inklusiv resultaterne fra retentionsmålingerne ved Sjørup i forbindelse med det fulde undersøgelsesprogram). De øverste horisonter (Ap, B og C) udviser generelt nogle meget ens afdræningsforløb indenfor de tre lokaliteter. I B- og C-horisonten skiller Sivested sig en smule ud fra de andre lokaliteter, hvilket også stemmer overens med at horisonterne ved denne lokalitet har en anderledes teksturfordeling i forhold til de andre lokaliteter med et højere indhold af grovsilt og et lavere indhold af grovsand (tabel ?). Billedet er noget mere broget for boringernes vedkommende, hvor der ses en bred vifte af forskellige afdræningsforløb.



Figur 5.13. Data for vandretention målt på intakte 100-cm^3 prøver (n = 5). Fejllinjerne viser ±1 standardafvigelse.

Figur 5.13. fortsat.



5.5.3 Mættet hydraulisk ledningsevne

Figur 5.5.2 viser værdierne for den mættede hydrauliske ledningsevne målt ned gennem profilet (inklusiv resultaterne fra Sjørup i forbindelse med det fulde undersøgelsesprogram). Specielt B-horisonten har relativt ens værdier for den mættede hydrauliske ledningsevne. Som tilfældet var for vandretentionsmålingerne er variationen mellem de enkelte lokaliteter høj for målingerne fra boringerne.

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 Weichsel MS i Djursland/Himmerland 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 er der bestemt antal dyrkbare bakterier på 1/300 TSA samt Goulds S1 agar, som udtryk for det mikrobiologiske potentiale for nedbrydning, tabel 5.10*. 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 er vist i tabel 5.11.

Tabel 5.10. Lokalitetsnavn, profil, dybde og horisont for de udtagne prøver

	Sjørup			Ørbæk			Slotsbakke			Tøstrup			Sivested		
Profil	345			346			347			348			349		
		Cm	Nr		cm	Nr		Cm	nr		cm	Nr		Cm	nr
Dybde 1	Ap1	5-25	803	Ap	5	808	Ap	5	813	A	5	818	A	5	823
Dybde 2	Ap2	30-56	804	Bvs	38	809	Ap2	15	814	B	45	819	B	36	824
Dybde 3	C	130-140	805	C	72	810	B	72	815	C	75	820	C	70	825
Dybde 4		250-295	806	Bor.	200	811	C	95	816	Bor.	200	821		175	826
Dybde 5		410	807	Bor.	400	812	Bor.	150	817	Bor.	450	822		300	827

Tabel 5.11. Mikrobiologiske målinger i profillinie ved Sjørup (for nærmere beskrivelse af prøverne se første tabel i næste afsnittet: Stofspecifikke målinger).

	Antal dyrkbare bakterier på 1/300 TSA									
Profil	345		346		347		348		349	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	$8x10^6$	$3x10^6$	$7x10^6$	$3x10^6$	$1x10^7$	$4x10^6$	$9x10^6$	$2x10^6$	$7x10^6$	$5x10^6$
Dybde 2	$4x10^4$	$2x10^4$	$7x10^5$	$3x10^5$	$2x10^7$	$4x10^6$	$2x10^6$	$4x10^5$	$1x10^6$	$5x10^5$
Dybde 3	$7x10^2$	$9x10^2$	$6x10^6$	$6x10^5$	$2x10^7$	$2x10^6$	$3x10^5$	$9x10^4$	$5x10^4$	$4x10^4$
Dybde 4	$2x10^4$	$4x10^3$	$3x10^5$	$2x10^5$	$2x10^7$	$3x10^6$	$3x10^4$	$2x10^4$	$8x10^3$	$4x10^3$
Dybde 5	$2x10^3$	$1x10^3$	$6x10^4$	$2x10^4$	-	-	$1x10^4$	$5x10^3$	$3x10^5$	$2x10^5$

	Antal dyrkbare bakterier på Goulds S1 agar									
Profil	345		346		347		348		349	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	$7x10^4$	$2x10^4$	$2x10^4$	$5x10^3$	$8x10^5$	$1x10^5$	$3x10^5$	$4x10^4$	$5x10^4$	$8x10^3$
Dybde 2	<100		<100		$5x10^5$	$9x10^4$	$1x10^4$	$6x10^2$	$5x10^3$	$8x10^2$
Dybde 3	<100		$3x10^3$	$2x10^2$	$3x10^5$	$9x10^4$	<100		$4x10^1$	$7x10^1$
Dybde 4	<100		<100		$1x10^5$	$3x10^4$	<100		<100	
Dybde 5	<100		<100		-	-	<100		<100	

5.7 Stofspecifikke parametre

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

I profillinie er der bestemt Kd værdier og mineralisering af de fire stoffer: MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og 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 ^{14}C (tilsat som pesticid), der er genfundet som $^{14}C\text{-}CO_2$ efter 64 dage. Jo højere M64d værdi des mere af det tilsatte pesticid er fuldstændigt nedbrudt (mineraliseret).

5.7.1 Pesticidernes binding

Carsten Suhr Jacobsen (GEUS) og Ulla Catrine Brinch (GEUS)

De fire pesticiders binding til jorden i fuld profil fra Sjørup og de fire profillinie boringer er vist i tabel 5.12.

Tabel 5.12. Kd værdier for MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat bestemt på profillinie fra Sjørup.

	Kd værdi MCPA									
Profil	345		346		347		348		349	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	1,2	0,04	2,2	0,13	1,4	0,13	1,1	0,17	2,0	0,05
Dybde 2	0,4	0,01	1,0	0,04	2,6	0,07	0,2	0,003	1,8	0,03
Dybde 3	0,2	0,02	0,6	0,01	0,3	0,02	0,03	0,01	0,3	0,01
Dybde 4	0,02	0,004	0,02	0,008	0,2	0,01	0,02	0,01	0,1	0,004
Dybde 5	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,048	0,008

	Kd værdi methyltriazinamin									
Profil	345		346		347		348		349	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	5,1	0,3	10,0	1,1	2,1	0,1	2,6	1,0	5,2	0,2
Dybde 2	12,2	0,5	3,8	0,1	4,9	0,3	8,7	0,1	8,0	0,3
Dybde 3	38,2	4,9	11,2	0,1	2,0	0,1	2,9	0,6	37,4	0,3
Dybde 4	1,1	0,02	4,3	0,2	2,2	0,03	1,1	0,1	87,3	6,7
Dybde 5	0,46	0,01	1,1	0,03	2,0	0,08	0,3	0,01	52,5	2,6

	Kd værdi metribuzin									
Profil	345		346		347		348		349	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	0,80	0,02	0,8	0,05	0,6	0,02	0,7	0,03	1,1	0,01
Dybde 2	0,1	0,01	0,2	0,01	0,7	0,03	0,1	0,004	0,3	0,01
Dybde 3	0,04	0,002	0,1	0,01	0,1	0,01	0,04	0,01	0,1	0,02
Dybde 4	0,02	0,008	0,1	0,002	0,1	0,001	0,1	0,003	0,1	0,008
Dybde 5	0,003	0,002	0,1	0,01	0,07	0,002	0,02	0,005	0,08	0,003

	Kd værdi glyphosat									
Profil	345		346		347		348		349	
Dybde	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std	Gns	Std
Dybde 1	286	20,2	798	7,9	221	39,2	204	6,7	291	8,2
Dybde 2	1574	60,1	1104	45,4	1184	110,9	645	17,7	1403	121,4
Dybde 3	1666	116,7	1012	74,4	1187	58,0	1002	312,3	1226	76,4
Dybde 4	151	8,8	1177	148,9	1307	102,8	81	11,5	2241	53,7
Dybde 5	53	7,3	109	3,1	349	71,8	20,7	0,2	2224	165,7

Stoffernes sorption i de fire profillinieboringer adskiller sig ikke væsentligt fra den fulde profil. For MCPA og metribuzin ses den højeste sorption i overjorden med faldende sorption med dybden. For methyltriazinamin ses en højere sorption end det er tilfældet for MCPA og metribuzin. K_d værdierne for methyltriazinamin ligger generelt lavere for Slotsbakke og Tøstrup (lokalitetsnummer 347 og 348) sammenlignet med de øvrige boringer. Sorptionen af glyphosat er meget høj, dog med lavere K_d værdier for Sjørup dybde 5 og Tøstrup dybde 4 og 5.

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.

5.7.2 Stoffernes mineralisering

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

De fire pesticiders mineralisering i de fire profillinieboringer er vist i tabel 5.13. 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 akumuleret 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.

Tabel 5.13. M64d værdier for MCPA, methyltriazinamin, metribuzin og glyphosat bestemt på profillinie fra Sjørup.

	M64d værdi MCPA				
Profil	345	346	347	348	349
Dybde	Gns	Gns	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	15,2	37,3	39,3	40,4	38,0
Dybde 2	8,5	44,6	43,2	49,5	55,6
Dybde 3	2,6	23,7	21,6	64,5	19,0
Dybde 4	16,1	39,7	34,8	10,7	47,2
Dybde 5	2,4	1,4	0,7	0,2	48,0

	M64d værdi methyltriazinamin				
Profil	345	346	347	348	349
Dybde	Gns	Gns	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	0,2	0,54	0,41	0,59	0,46
Dybde 2	0,1	0,22	0,14	0,146	0,24
Dybde 3	0,046	0,14	0,23	0,17	0,08
Dybde 4	0,1	0,04	0,17	0,03	0,04
Dybde 5	0,1	0,045	0,07	0,06	0,04

	M64d værdi metribuzin				
Profil	345	346	347	348	349
Dybde	Gns	Gns	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	0,3	0,37	0,41	0,546	0,39
Dybde 2	0,1	0,17	0,20	0,20	0,15
Dybde 3	0,1	0,14	0,18	0,25	0,12
Dybde 4	0,1	0,21	0,16	0,21	0,07
Dybde 5	0,2	0,29	0,21	0,11	0,07

	M64d værdi glyphosat				
Profil	345	346	347	348	349
Dybde	Gns	Gns	Gns	Gns	Gns
Dybde 1	4,4	2,5	12,6	9,1	7,3
Dybde 2	0,1	0,4	0,8	1,5	0,4
Dybde 3	0,2	0,45	0,3	7,6	0,2
Dybde 4	1,49	3,2	0,6	8,2	5,4
Dybde 5	0,9	9,8	8,0	2,1	1,9

Mineraliseringen af stofferne methyltriazinamin og metribuzin er i de fire profillinieboringer lav, som det også blev observeret for den fulde profil.

For Glyphosat er mineraliseringen i overjord for de fire profillinieboringer at sammenligne med den fulde profil, mens niveauet generelt er højere gennem hele profilet for Tøstrup

(lokalitetsnr. 348) og i dybde 4 og 5 for Ørbæk (lokalitetsnr. 346), samt dybde 5 fra Slotsbakke og dybde 4 Sivested (lokalitetsnr. 347 og 349).

Mineraliseringen af MCPA ligger for de fire profillinieboringer på samme niveau som de fulde profiler fra Braulstrup og Låstrup, samt dybde 1 og 2 fra mark variationsundersøgelsen. Billedet er at den fulde profil fra Sjørup falder ved siden af alle de øvrige målinger der er foretage for dette landskabselement.

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.

Landbrugsministeriet 1976: Den danske Jordklassificering – Teknisk Redegørelse, ISBN 87-503-2144-7.

Larsen, G., Frederiksen, J., Villumsen, A., Fredericia, J., Gravesen, P., Foged, N., Knudsen, B., & Baumann, J. 1995. Vejledning i Ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse. Dansk Geoteknisk Forening.

Larsen, G. & Kronborg, C. 1994. Det mellemste Jylland, geologisk set. – Geografforlaget, 272p.

Loll, P, Moldrup, P, Schjønning, P. og H. 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. 1983. Himmelands jordbundsforhold, et regionalt studie omhandlende jordbundudvikling, - klassifikation, afgrøders rodudvikling og jordens plantetilgængelige vandmængde – Landbrugsministeriet, Arealdatakontoret Vejle.

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.

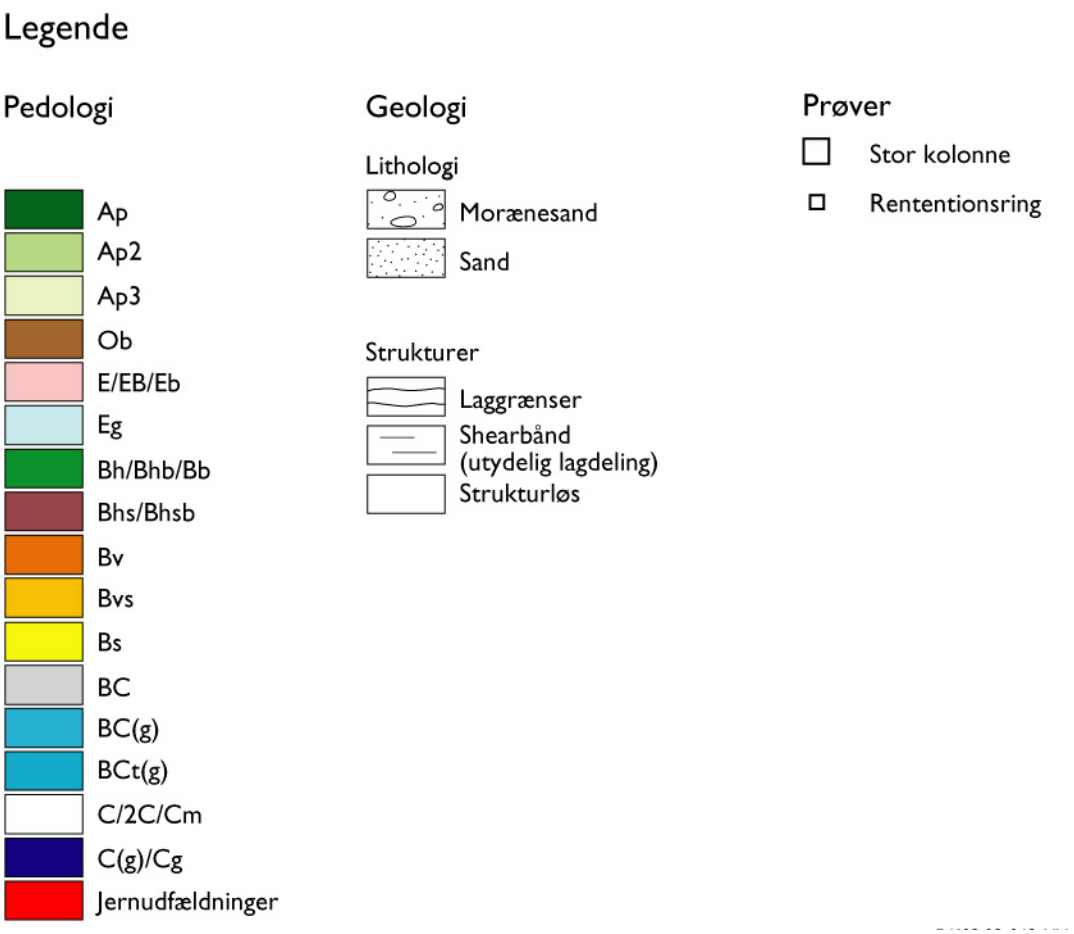
Nygaard, E. (Red.), 2004: Brinch, U.C., Børgesen, C.D., Christensen, P., Elsgaard, L., Ernstsen, V., Greve, M.H., Hag, M.P., Hansen, B.S., Helweg, A., Iversen, B.V., Jacobsen, C.S., Jacobsen, O.H., Jacobsen, O.S., Jacobsen, P.R., Juhler, R.K., Keur, P.v.d., Linde, K.M., Møller, I., Nygaard, E., Olesen, 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.

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

Appendiks 1

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



Appendiks 2

Resultaterne fra teksturanalyserne på variabilitetsmarken ved Sjørup. Der er vist resultater fra alle 46 punkter.

Punktnr.	Dybde	Ler (<2 µm) [g/100 g]	Silt (2-20 µm) [g/100 g]	Grovsilt (20-63 µm) [g/100 g]	Finsand (63-125 µm) [g/100 g]	Finsand (125-200 µm) [g/100 g]	Grovsand (200-500 µm) [g/100 g]	Grovsand (500-1000 µm) [g/100 g]	Grovsand (1000-2000 µm) [g/100 g]	Sten (2000-6300 µm) [g/100 g]	Sten (>6300 µm) [g/100 g]	Humus [g/100 g]	JB-nr.	Total kulstof [g/100 g]
1	1	5,3	7,7	6,6	4,6	13,1	16,3	32,6	11,7	3,3	1,0	2,1	4	1,26
2	1	4,8	8,2	6,5	3,7	15,4	16,1	34,0	9,2	3,2	1,4	2,1	1	1,26
3	1	5,3	8,7	6,6	5,0	14,6	18,3	30,0	9,4	3,9	0,8	2,1	4	1,22
4	1	5,3	8,7	7,3	3,9	15,4	13,9	34,6	8,8	2,7	6,6	2,1	4	1,24
5	1	4,8	8,2	10,0	5,3	14,9	18,1	28,7	8,0	2,9	1,5	2,0	1	1,19
6	1	4,7	7,3	8,8	4,1	14,8	17,0	31,3	10,0	2,3	2,4	2,0	1	1,15
7	1	4,2	6,3	6,6	4,7	15,8	21,0	30,4	9,4	2,9	1,0	1,6	1	0,92
8	1	3,7	5,8	7,3	4,7	16,8	18,3	32,8	8,9	3,4	2,2	1,7	1	0,98
9	1	4,3	8,2	10,4	6,3	17,1	18,0	25,8	7,8	4,2	2,2	2,1	2	1,22
10	1	4,8	10,2	10,3	4,9	16,8	13,7	29,4	7,7	3,2	0,9	2,2	1	1,32
11	1	4,8	8,2	9,4	5,6	14,5	16,1	28,0	11,2	3,7	2,2	2,2	1	1,28
12	1	4,8	8,7	10,3	4,6	13,5	16,5	29,5	9,9	3,6	1,6	2,2	1	1,27
13	1	4,8	8,7	8,1	5,6	14,5	16,8	27,7	11,7	3,5	7,3	2,1	1	1,21
14	1	4,3	8,7	9,0	4,8	16,0	16,5	30,9	7,6	3,7	0,8	2,2	1	1,28
15	1	4,7	7,8	9,3	6,2	17,5	18,6	25,0	8,9	3,7	1,4	2,0	2	1,19
16	1	5,2	8,8	9,9	4,9	16,0	13,5	32,0	7,6	4,2	9,1	2,1	4	1,25
17	1	5,3	8,7	9,8	4,1	16,6	8,2	37,5	7,9	2,2	2,3	1,9	3	1,10
18	1	4,7	6,8	9,4	5,9	16,5	17,3	26,9	10,5	3,4	0,7	2,0	1	1,15
19	1	4,2	8,3	10,8	4,6	16,3	6,5	39,1	8,0	3,5	1,7	2,2	1	1,30
20	1	3,7	7,3	6,8	5,1	15,0	15,6	35,0	9,6	3,8	2,1	1,9	1	1,13
21	1	4,8	7,7	8,2	5,9	14,4	16,9	30,6	9,7	3,5	8,4	1,8	1	1,04
22	1	4,7	7,3	6,6	3,8	15,5	15,3	35,1	9,6	4,1	8,9	2,1	1	1,25
23	1	4,8	8,7	8,8	4,6	14,6	17,7	29,2	9,4	3,8	3,0	2,2	1	1,29
24	1	4,2	5,8	7,7	4,3	19,1	13,5	35,4	8,5	3,3	3,7	1,5	1	0,87
25	1	4,2	6,8	7,4	5,1	16,5	20,0	29,2	9,2	3,8	13,4	1,6	1	0,96
26	1	3,7	6,3	6,0	4,0	16,0	9,7	43,8	9,2	4,0	1,5	1,3	1	0,79
27	1	3,7	6,8	7,2	4,0	15,2	19,4	32,1	9,9	4,3	2,0	1,7	1	0,99
28	1	3,7	5,3	6,3	3,7	14,1	7,7	47,9	9,9	5,3	4,7	1,4	1	0,85
29	1	3,8	7,7	8,9	4,4	16,0	20,2	27,6	9,4	5,4	3,5	2,0	1	1,15
30	1	3,8	8,2	7,4	4,3	14,5	12,2	38,8	9,0	6,0	2,7	1,8	1	1,08
31	1	4,2	7,8	7,3	3,7	13,3	18,3	32,1	11,3	3,8	4,4	2,0	1	1,17
32	1	4,3	8,2	7,6	4,0	12,4	10,0	41,7	9,8	4,3	4,3	2,0	1	1,16

33	1	4,3	8,7	7,3	4,5	14,5	18,5	30,9	9,1	3,6	8,2	2,2	1	1,30
34	1	4,2	8,3	8,5	4,0	14,8	17,6	31,3	9,2	3,3	2,2	2,1	1	1,24
35	1	3,6	5,4	7,0	3,6	13,3	21,9	32,1	11,0	5,1	3,6	2,1	1	1,25
36	1	4,3	6,7	7,1	4,4	14,0	19,7	32,5	9,6	2,5	1,5	1,7	1	1,00
37	1	5,3	7,2	5,7	3,0	13,3	13,5	38,4	11,8	4,6	3,8	1,8	3	1,06
38	1	4,8	8,2	7,3	3,8	13,0	18,0	31,3	12,1	4,0	4,2	1,5	1	0,89
39	1	5,8	7,7	7,4	3,6	12,9	8,3	42,8	9,2	3,8	4,4	2,3	3	1,36
40	1	5,4	9,1	9,4	4,9	14,5	16,8	28,2	9,6	3,6	2,1	2,1	4	1,25
41	1	4,2	5,8	8,4	4,5	16,8	11,1	38,4	9,1	3,7	5,9	1,7	1	1,02
42	1	4,2	5,3	6,1	4,3	15,8	19,7	34,0	8,9	2,6	4,9	1,7	1	1,01
43	1	3,8	5,7	7,4	5,5	17,3	19,5	31,0	8,1	2,4	0,8	1,7	1	0,97
44	1	3,7	5,3	3,7	3,9	14,8	18,9	36,1	12,2	2,8	1,8	1,4	1	0,82
45	1	4,8	8,7	11,5	5,5	18,1	10,1	34,2	5,0	3,7	4,1	2,1	1	1,26
46	1	4,7	6,8	7,6	4,7	15,4	18,6	33,0	7,4	3,0	2,2	1,8	1	1,07
1	2	5,2	4,3	5,2	2,7	12,0	8,3	48,1	13,6	11,8	6,2	0,6	3	0,35
2	2	4,1	4,4	4,2	3,0	12,0	17,5	42,2	12,2	6,5	9,9	0,4	1	0,26
3	2	5,7	8,8	17,9	7,0	23,9	11,2	21,6	3,4	0,3	0,1	0,5	4	0,32
4	2	4,2	5,3	8,2	4,0	13,2	17,5	35,5	11,6	6,0	4,4	0,5	1	0,28
5	2	3,7	5,3	8,9	3,8	12,9	18,1	34,1	12,7	11,3	8,3	0,5	1	0,27
6	2	2,6	3,4	2,9	2,1	13,9	23,7	43,0	8,1	6,3	6,6	0,3	1	0,18
7	2	2,6	1,9	2,9	1,6	10,0	26,9	40,6	13,1	4,2	6,6	0,4	1	0,22
8	2	3,2	7,3	14,6	7,5	20,6	10,1	29,2	7,1	2,8	0,6	0,4	2	0,23
9	2	4,8	13,7	14,8	5,9	16,9	16,4	19,5	7,6	4,4	1,8	0,4	2	0,22
10	2	11,6	21,4	23,0	6,4	16,0	9,4	9,8	2,0	0,2	0,0	0,4	6	0,25
11	2	3,1	2,4	5,8	2,7	8,5	16,2	44,8	16,3	6,6	4,3	0,2	1	0,13
12	2	5,8	8,7	7,6	2,9	12,6	12,3	39,2	10,6	4,8	5,1	0,3	3	0,15
13	2	6,9	13,1	14,9	5,5	12,9	14,8	24,2	7,4	3,3	0,7	0,3	4	0,18
14	2	6,2	7,3	14,2	7,7	17,3	5,6	34,7	6,6	5,9	1,2	0,4	4	0,25
15	2	3,1	3,4	7,9	6,3	26,6	29,9	18,9	3,5	0,6	0,1	0,4	2	0,22
16	2	7,2	7,3	8,7	3,9	16,1	16,7	31,6	8,1	7,4	3,2	0,4	4	0,22
17	2	5,8	11,7	18,4	7,0	16,7	12,7	20,9	6,5	3,9	4,6	0,3	4	0,18
18	2	5,7	8,8	16,6	6,7	22,7	16,6	18,1	4,3	1,9	0,3	0,5	4	0,31
19	2	5,9	11,6	26,5	8,0	20,6	11,8	11,0	4,0	2,1	0,1	0,6	4	0,34
20	2	3,1	3,9	7,0	3,5	17,2	21,2	35,5	8,2	4,4	5,4	0,4	1	0,23
21	2	4,7	7,3	15,6	5,9	13,8	16,3	27,0	8,8	4,0	2,8	0,6	2	0,34
22	2	5,7	5,3	5,2	2,6	13,4	12,3	45,7	9,3	6,3	2,4	0,5	3	0,30
23	2	5,7	6,8	8,8	4,1	14,4	21,2	29,4	9,0	3,5	2,9	0,6	4	0,36
24	2	4,2	4,8	10,0	5,3	16,0	18,3	30,8	10,4	3,5	2,0	0,2	1	0,14
25	2	4,2	4,3	4,8	2,5	14,3	15,7	41,6	12,4	5,5	1,4	0,2	1	0,10
26	2	3,6	6,4	16,0	7,5	18,5	5,6	33,9	8,1	3,9	1,0	0,4	1	0,22
27	2	3,6	1,9	3,8	3,3	16,6	28,3	31,8	10,4	6,6	2,7	0,3	2	0,16
28	2	4,6	3,4	7,4	4,4	19,4	24,2	29,9	6,3	3,6	0,5	0,4	2	0,24
29	2	4,6	4,4	8,3	3,8	12,0	16,4	34,0	16,2	17,9	13,1	0,3	1	0,19
30	2	3,6	1,9	4,3	2,2	16,6	32,8	32,6	5,8	2,8	0,4	0,2	2	0,12
31	2	4,6	4,4	6,2	2,7	10,1	21,4	37,8	12,3	3,0	4,8	0,5	1	0,32
32	2	6,6	3,4	3,6	1,3	9,0	17,9	43,8	14,2	5,0	2,9	0,2	3	0,13
33	2	6,8	8,7	9,9	4,6	13,1	17,3	30,2	9,2	2,4	0,4	0,2	4	0,14
34	2	6,7	9,8	17,9	5,2	13,9	9,1	29,9	7,2	0,9	0,0	0,3	4	0,15
35	2	2,6	1,4	6,9	3,4	14,3	22,4	37,6	11,1	6,2	2,6	0,3	1	0,19

36	2	4,6	2,4	6,0	2,5	11,0	18,6	44,4	10,0	2,0	1,4	0,5	1	0,27
37	2	5,7	3,8	3,8	1,6	11,8	13,6	46,6	13,0	5,8	2,9	0,1	3	0,06
38	2	4,7	4,8	6,1	2,9	12,0	19,5	35,8	14,0	5,4	4,1	0,2	1	0,14
39	2	3,7	3,8	5,5	2,6	9,1	6,4	56,5	12,0	4,1	2,7	0,4	1	0,24
40	2	5,7	8,8	12,3	5,8	18,4	20,2	21,4	7,1	6,7	2,0	0,3	4	0,20
41	2	3,6	3,4	7,8	3,7	14,1	6,1	49,8	11,0	4,5	6,1	0,5	1	0,27
42	2	2,6	1,4	4,9	5,1	13,5	18,9	33,4	19,9	4,5	0,2	0,3	1	0,20
43	2	2,6	1,9	14,8	10,6	27,9	15,4	19,2	7,3	1,4	0,1	0,3	2	0,20
44	2	2,6	0,9	3,8	2,7	12,5	27,9	37,4	11,6	2,9	0,5	0,6	1	0,33
45	2	6,3	10,2	11,4	4,2	19,1	16,7	24,8	6,8	3,0	1,0	0,5	4	0,32
46	2	2,1	1,4	4,4	3,5	16,2	29,8	33,5	8,8	0,7	0,0	0,3	2	0,18

Appendiks 3

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

Hul nr.	Dybde 1											
	Jord respiration (IRGA), g CO_2 m^{-2} t^{-1}		Substratinduceret respiration (SIR), µL CO_2 g^{-1} t^{-1}		Arylsulfatase aktivitet (ASA), µg NP g^{-1} t^{-1}		Fluorescein diacetat hydrolyse (FDA), µg fluorescein g^{-1} t^{-1}		Antal dyrkbare bakterier (1/300 TSA) g^{-1}		Antal dyrkbare *Pseudomonas* sp (GouldsS1) g^{-1}	
	Gns		gns	Std	Gns	std	Gns	std	gns	Std	Gns	std
701	8,15	-	5,16		21,48		58,20		$6x10^6$	$2x10^6$	$7x10^4$	$9x10^3$
702	2,18	-	6,53		23,27		60,70					
703	11,43	-	4,34		19,06		55,31					
704	12,21	-	4,49		19,08		55,71					
705	2,22	-	4,36		21,11		40,50					
706	2,45	-	4,99		8,93		58,52					
707	1,78	-	4,04		10,92		50,81					
708	1,70	-	3,69		13,25		47,79		$1x10^6$	$6x10^5$	$4x10^2$	$0x10^0$
709	6,95	-	5,25		14,90		57,37					
710	5,47	-	3,71		21,58		47,75		$5x10^6$	$3x10^5$	$4x10^4$	$9x10^3$
711	1,24	-	4,63		17,79		41,64					
712	1,18	-	3,83		19,06		50,84					
713	1,74	-	3,84		16,39		46,40					
714	1,11	-	4,57		19,36		44,55					
715	4,32	-	4,06		7,93		36,35					
716	6,38	-	4,06		11,41		30,97					
717	1,12	-	4,23		12,41		42,46					
718	6,01	-	5,31		11,32		53,86					
719	11,94	-	4,95		13,98		50,52					
720	4,58	-	4,95		11,85		39,21					
721	1,99	-	5,52		21,39		50,57		$3x10^6$	$2x10^6$	$3x10^4$	$3x10^3$
722	0,63	-	3,92		17,41		29,03					
723	0,77	-	4,79		22,06		37,02		$2x10^6$	$7x10^5$	$1x10^5$	$4x10^3$
724	1,33	-	3,64		13,38		36,12					
725	0,78	-	3,94		15,05		32,29					
726	0,99	-	3,56		14,29		37,89					
727	4,85	-	4,48		19,26		39,88					
728	1,26	-	4,19		12,69		51,15					
729	1,72	-	4,09		16,71		46,87					
730	2,41	-	3,58		14,37		32,41		$1x10^6$	$3x10^5$	$3x10^4$	$3x10^3$
731	1,15	-	4,00		17,00		49,40					
732	0,30	-	3,51		17,20		45,03					
733	1,42	-	4,35		16,66		32,35					
734	1,59	-	4,35		20,01		53,61					
735	1,11	-	4,20		15,30		54,71					
736	1,78	-	3,41		18,47		45,29					
737	1,91	-	4,48		14,69		29,28		$2x10^6$	$7x10^5$	$9x10^4$	$3x10^4$
738	1,33	-	5,08		17,71		54,32					
739	1,77	-	3,21		20,98		52,21					

740	1,38	-	3,80		26,87		58,50		$3x10^6$	$2x10^6$	$6x10^4$	$8x10^3$
741	1,24	-	2,91		13,49		53,40					
742	0,88	-	2,81		13,77		53,23		$2x10^6$	$6x10^5$	$2x10^3$	$8x10^2$
743	0,53	-	3,17		15,36		53,75					
744	3,83	-	2,95		6,54		48,03					
745	6,09	-	3,98		21,18		62,27					
746	1,73	-	3,04		14,14		42,01					

DYBDE 2								
Hul nr.	Substratinduceret respiration (SIR), µL CO_2 g^{-1} t^{-1}		Arylsulfatase aktivitet (ASA), µg NP g^{-1} t^{-1}		Antal dyrkbare bakterier (1/300 TSA) g^{-1}		Antal dyrkbare *Pseudomonas* sp (GouldsS1) g^{-1}	
	Gns	std	gns	std	Gns	Std	gns	Std
752					$9x10^5$	$2x10^5$	$3x10^3$	$7x10^2$
753								
754								
755								
756								
757								
758								
759					$3x10^5$	$2x10^5$	$1x10^3$	$6x10^2$
760								
761					$1x10^6$	$4x10^5$	$5x10^3$	$1x10^3$
762								
763								
764								
765								
766								
767								
768								
769								
770								
771								
772					$9x10^5$	$3x10^5$	$2x10^2$	$3x10^2$
773								
774					$3x10^5$	$2x10^5$	$4x10^1$	$6x10^1$
775								
776								
777								
778								
779								
780								
781					$8x10^4$	$4x10^4$	<100	
782								
783								
784								
785								
786								
787								
788					$2x10^5$	$3x10^4$	$3x10^3$	$8x10^2$
789								
790								
791					$5x10^5$	$4x10^5$	$4x10^1$	$6x10^1$
792								
793					$1x10^5$	$3x10^4$	<100	

794								
795								
796								
797								

Appendiks 4

Sorptions- og mineraliseringsanalyser fra markvariation. Bemærk to forskellige sæt prøver er benyttet.

Hul nr.	Hul nr.	Dybde 1											
Kd	M64	Kd værdi MCPA		Kd værdi methyltriazi-namin		Kd værdi Metribuzin		Kd værdi Glyphosat		M64d MCPA	M64d methyltria-zinamin	M64d metribuzin[1]	M64d glyp-hosat
		Gns	std	gns	std	gns	std	gns	Std	Gns	Gns	Gns	gns
701	914	1,7	0,04	6,3	0,08	0,87	0,03	955	26,3	48,9	0,26	0,52	5,2
708	915	1,2	0,20	6,6	0,09	0,84	0,04	237	26,4	43,0	0,31	0,53	18,5
710	916	1,5	0,245	6,0	0,10	1,07	0,02	640	12,6	42,4	0,41	0,70	4,7
721	917	1,8	0,05	9,3	0,13	0,84	0,01	647	46,1	44,5	0,26	0,33	4,6
723	918	1,5	0,045	4,5	0,41	0,91	0,03	340	7,6	43,0	0,41	0,65	12,7
730	919	1,3	0,02	5,9	0,11	0,89	0,02	424	9,9	44,3	0,32	0,51	6,8
737	920	1,3	0,045	3,5	0,047	0,81	0,06	346	17,5	46,9	0,33	0,51	3,5
740	921	1,6	0,03	5,1	0,145	0,86	0,02	415	19,5	47,0	0,33	0,56	6,9
742	922	1,5	0,07	3,7	0,049	0,80	0,03	494	34,3	47,2	0,31	0,448	7,9

Hul nr.	Hul nr.	Dybde 2											
Kd	M64	Kd værdi MCPA		Kd værdi methyltriazi-namin		Kd værdi Metribuzin		Kd værdi Glyphosat		M64d MCPA	M64d methyltria-zinamin	M64d metribuzin[1]	M64d glyp-hosat
		Gns	Std	gns	std	gns	std	gns	std	Gns	gns	Gns	gns
752	923	0,8	0,01	245,2	7,74	0,20	0,01	2527	191,5	14,8	0,046	0,09	0,4
759	924	0,5	0,03	2,6	0,06	0,19	0,01	763	43,6	54,8	0,14	0,149	1,8
761	925	1,0	0,02	16,1	1,10	0,28	0,002	2328	55,8	59,4	0,10	0,14	0,5
772	926	0,5	0,02	6,2	0,35	0,13	0,02	818	29,1	56,1	0,13	0,13	0,7
774	927	0,6	0,02	4,1	0,10	0,13	0,02	1399	78,2	57,9	0,11	0,11	0,46
781	928	0,6	0,01	5,8	0,12	0,41	0,04	1130	63,5	56,8	0,146	0,146	0,8
788	929	0,4	0,03	4,4	0,02	0,147	0,02	980	79,7	62,7	0,13	0,13	0,49
791	930	0,6	0,03	7,1	0,18	0,20	0,01	1125	28,0	56,5	0,12	0,12	0,4
793	931	0,1	0,01	7,5	0,41	0,10	0,003	934	12,7	62,3	0,14	0,14	0,4