

Kortlægning af begravede dalsystemer i Jylland

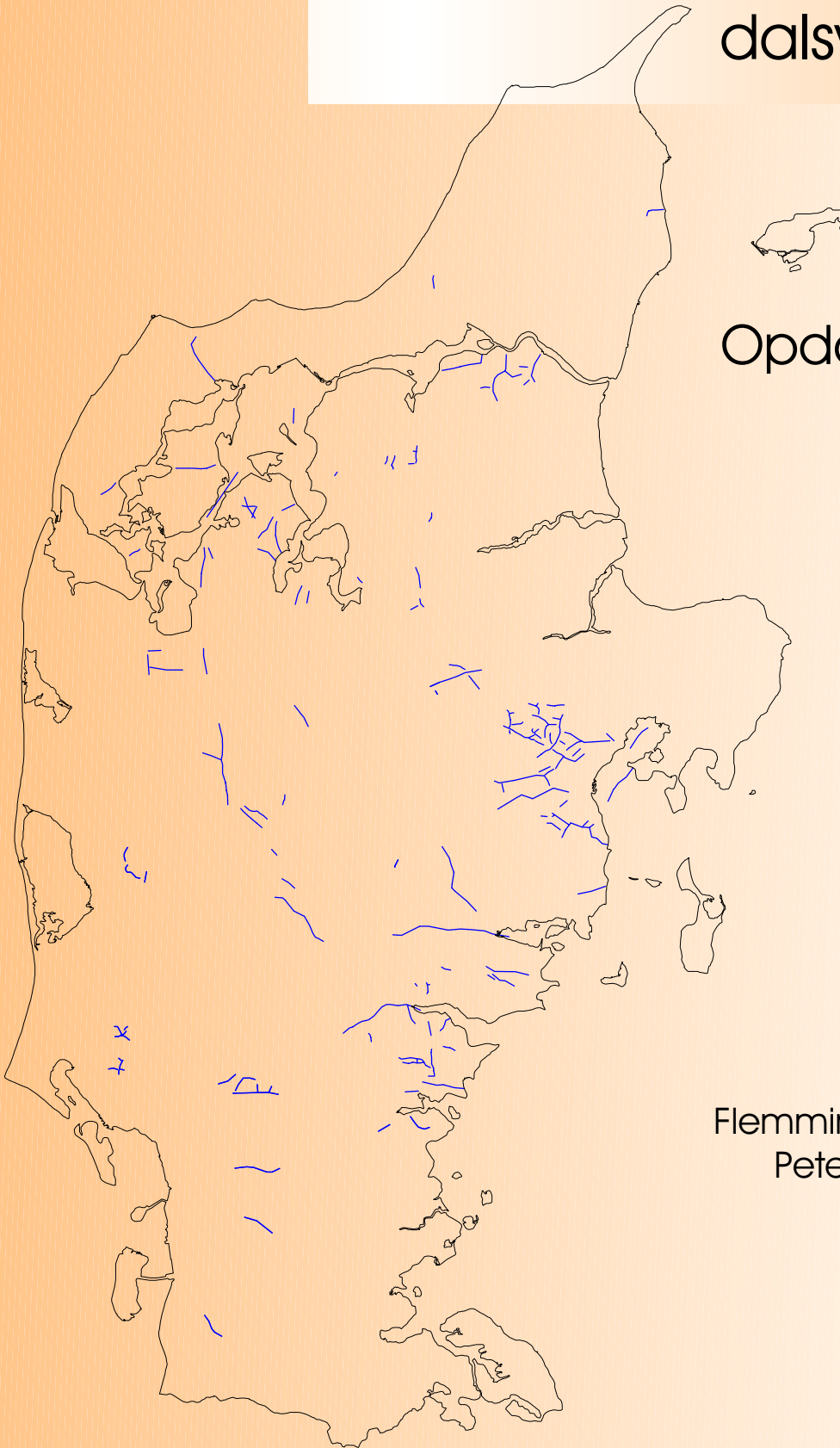
Opdatering 1999-2000

Udarbejdet for:

Nordjyllands Amt
Viborg Amt
Århus Amt
Ringkjøbing Amt
Sønderjyllands Amt
Ribe Amt
Vejle Amt

Udarbejdet af:

Flemming Jørgensen, Vejle Amt og
Peter Sandersen, WaterTech a/s



"De jyske amters grundvandssamarbejde"
September 2000

Indholdsfortegnelse

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Indledning | 5 |
| 2 | Resume af 1998-rapportens konklusioner | 7 |
| 3 | Omfanget af opdateringen | 9 |
| 3.1 | Overordnet omfang | 9 |
| 3.2 | Datagrundlag | 9 |
| 3.2.1 | <i>Begravede dale</i> | 9 |
| 3.2.2 | <i>Topografiske dale</i> | 9 |
| 3.2.3 | <i>Litteratur</i> | 10 |
| 4 | Dataformidling | 11 |
| 4.1 | Generelt | 11 |
| 4.2 | Vedr. kortlægningen af begravede dale | 11 |
| 4.3 | Vedr. kortlægningen af topografiske dale | 12 |
| 4.4 | Vedr. anvendelse af rosetplot-program | 12 |
| 5 | Kortlægning af begravede dale | 13 |
| 5.1 | Kortlægningsprocedure | 13 |
| 5.1.1 | <i>Definitioner</i> | 13 |
| 5.1.2 | <i>Signaturer</i> | 14 |
| 5.2 | Tidligere kortlægning | 15 |
| 5.3 | Resultater og vurderinger efter opdateringen | 16 |
| 5.3.1 | <i>Retningsfordelinger af begravede dale</i> | 19 |
| 5.3.2 | <i>Vurderinger og sammenligninger af dalretninger</i> | 20 |
| 6 | Kortlægning af topografiske dale | 23 |
| 6.1 | Kortlægningsprocedure og omfang | 23 |
| 6.1.1 | <i>Datagrundlag</i> | 23 |
| 6.1.2 | <i>Definitioner</i> | 23 |
| 6.2 | Tidligere kortlægning | 24 |
| 6.3 | Supplerende bearbejdning af data fra 1998 | 24 |
| 6.3.1 | <i>Himmerland</i> | 24 |
| 6.3.2 | <i>Sydjylland</i> | 25 |
| 6.4 | Ny detailkortlægning | 26 |
| 6.4.1 | <i>Trekantområdet</i> | 26 |
| 6.4.2 | <i>Området nordvest for Århus</i> | 26 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 7 | Begravede dale uden for det jyske område | 29 |
| 7.1 | Dalenes geografiske udbredelse | 29 |
| 7.2 | Elster-dale | 29 |
| 7.3 | Saale-dale | 30 |
| 7.4 | Weichsel-dale | 31 |
| 7.5 | Teorier om dannelsen af de begravede dale | 31 |
| 8 | Sammenstilling og tolkning af resultater | 35 |
| 8.1 | Retningssammenhænge mellem topografiske dale, begravede dale og forkastninger | 35 |
| 8.1.1 | <i>Resume af resultater fra 1998-kortlægningen</i> | 35 |
| 8.1.2 | <i>Nye resultater</i> | 36 |
| 8.2 | Tolkninger af retningssammenhænge | 38 |
| 8.2.1 | <i>Dalretninger styret af forkastninger</i> | 38 |
| 8.2.2 | <i>Dalretninger styret af isbevægelser</i> | 38 |
| 8.2.3 | <i>Dalretninger styret af andre faktorer</i> | 39 |
| 8.3 | Daldannelsesmekanismer generelt i Jylland | 39 |
| 9 | Kort status og fremtidigt projektindhold. | 43 |
| 10 | Litteratur- og referenceliste | 45 |

Figurfortegnelse

| | |
|------------|---|
| Figur 5.1: | Skitser af helt og delvist begravede dale |
| Figur 5.2: | Anvendte signaturer ved kortlægningen af begravede dale |
| Figur 5.3: | Kortlagte begravede dale |
| Figur 5.4: | Begravede dales retningsfordelinger i udvalgte områder |
| Figur 5.5: | Retningsfordeling af helt og delvist begravede dale |
| Figur 5.6: | Retningsfordeling af veldokumenterede og svagt dokumenterede begravede dale |
| Figur 6.1: | Topografiske dales retningsfordelinger i udvalgte områder |
| Figur 6.2: | Topografiske dales retningsfordelinger i Himmerland og Vendsyssel sydvest |
| Figur 6.3: | Topografiske dales retningsfordelinger i Syddjylland |
| Figur 6.4: | Topografiske dales retningsfordelinger optegnet på 2 forskellige kortskalaer; Trekant-området. |
| Figur 6.5: | Topografiske dales retningsfordelinger optegnet på 2 forskellige kortskalaer; Hammel-området. |
| Figur 7.1: | Oversigt over kvartære dale i NV-Europa. Sammenstillet fra flere kilder. Figur 4 i: Huuse & Lykke-Andersen, 2000. |
| Figur 8.1: | Forekomst af forkastninger, begravede dale og topografiske dale. |
| Figur 8.2: | De dybtliggende forkastningers retningsfordelinger i udvalgte områder. |
| Figur 8.3: | Retningsfordelinger for topografiske dale, begravede dale og forkastninger. |
| Figur 8.4: | Retningsfordelinger af begravede dale og topografiske dale i Århus-området. |
| Figur 8.5: | Retningsfordelinger af begravede dale og topografiske dale ved Grundfør. |
| Figur 8.6: | ”Terrænridser” nordvest for Århus. |

Bilagsfortegnelse

Bilag 1: Lokalitetsbeskrivelser (tekst og figurer)

1 Indledning

De jyske amters grundvandssamarbejde igangsatte i 1998 forprojektet ”Kortlægning af begravede dale i Jylland”, hvis formål var at skitsere et overordnet billede af forekomsten af de begravede og delvist begravede dale i Jylland og samtidigt give et bud på dalenes dannelseshistorie.

Det teoretiske udgangspunkt for forprojektet var kort fortalt, at de begravede dale, som boredata og geofysiske undersøgelser har påvist i den jyske undergrund, har varierende dimensioner og retninger, hvilket tyder på en kompleks dannelseshistorie. I grundvandssammenhæng er det vigtigt at kende de begravede dales beliggenhed, da dalenes fyld kan udgøre betydende grundvandsmagasiner, og da dalene andre steder kan gennemskære lerede dæklag og derved skabe mulighed for lækage af forurenede overfladevand til dybere magasiner. Dalenes placering og udformning er et resultat af flere fysiske faktoreres samspil, og hvis disse forskellige faktoreres samspil kan belyses, vil dalsystemernes mulige sammenhænge og dannelse kunne beskrives. Dette vil have stor betydning i forbindelse med kortlægningen af grundvandsressourcerne i Jylland.

Som udgangspunkt formodedes det, at de daldannende geologiske processer har været gældende i et langt tidsrum, og derfor blev en undersøgelse af dalene i det eksisterende landskab indraget som en del af forprojektet.

Forprojektet afsluttedes i december 1998 med en afrapportering, hvor både begravede og nuværende topografiske dale blev kortlagt og hvor mulige dannelsesmæssige sammenhænge blev påpeget (Sandersen & Jørgensen 1998).

Det har været hensigten, at forprojektets resultater skulle kunne bruges som arbejdsgrundlag og som støtte for tilrettelæggelse af fremtidige geologiske og geofysiske undersøgelser i forbindelse med kortlægningen af grundvandsressourcerne. Et formål med forprojektet har ligeledes været at pege på mulige fremtidige aktiviteter, således at kendskabet til de begravede dalsystemers forekomst og dannelse kunne forbedres.

I 1999 besluttede de jyske amters grundvandssamarbejde at fortsætte arbejdet med kortlægning af de begravede dale og der blev igangsat et opdateringsprojekt, hvis formål var at indsamle og vurdere de data, som løbende indhentes i forbindelse med geofysiske og hydrogeologiske undersøgelser og dermed foretage en opdatering af dal-kortlægningen fra 1998. Opdateringsprojektet blev opstartet i maj 1999 og har forløbet i godt og vel et år. Opdateringen omfatter nye data fra hele 1999 og frem til sommer 2000.

Opdateringen er i lighed med forprojektet udført af Flemming Jørgensen, Vejle Amt og Peter Sandersen, WaterTech a/s, hvor Vejle Amt har haft den koordinerende rolle. Projektets følgegruppe har bestået af repræsentanter fra de enkelte amters grundvandsafdelinger:

| | |
|---------------------|---|
| Nordjyllands Amt: | Hanne Birch Madsen og Anne-Mette Nielsen |
| Viborg Amt: | Jens-Ove Nielsen |
| Århus Amt: | Richard Thomsen og Verner Søndergaard |
| Ringkjøbing Amt: | Vagn Jensen |
| Ribe Amt: | Jens Bruun Petersen |
| Sønderjyllands Amt: | Rud Friborg og Steen Thomsen |
| Vejle Amt: | Jes Pedersen |

Nærværende rapport formidler resultaterne af opdateringsprojektet. Rapporten består af en tekstdel og en bilagsdel, samt en medfølgende CD-rom med GIS-data. Tekstdelen indeholder en beskrivelse af opdateringens omfang, formidlingen af kortlægningens data, kortlægningen af begravede dale og topografiske dale, kortlægninger i adre lande/områder, og endelig en sammenstilling og tolkning af resultater. Bilagsdelen består af lokalitetsbeskrivelser med tilhørende figurer for de kortlagte begravede dale.

Der vil i det følgende blive henvist hyppigt til 1998-rapporten, og for at sikre, at læserne af opdateringsrapporten har adgang til en kopi af denne rapport, er der også lagt en elektronisk version i PDF-format af denne på den medfølgende CD-rom. Mere detaljerede oplysninger om det samlede indhold af CD'en fremgår af filen "readme.txt".

2 Resume af 1998-rapportens konklusioner

Resultaterne af 1988-rapporten kan sammenfattes i følgende punkter:

Vedr. begravede dale:

- Begravede dale lader sig bedst kortlægge, hvor datatætheden er stor, hvor flere datasæt/metoder kombineres, og hvor kontrasten mellem dalbund og dalfyld er stor.
- Tætheden af de begravede dale indenfor de kortlagte områder er stor.
- De begravede dale er ofte smallere end forventet ud fra prækvartærkort. Boringer i sidedale kan give et forkert indtryk af bredden.
- De begravede dale har ofte meget stejle skrænter.
- Der kan stedvist udskilles flere generationer af begravede dale
- Forkastninger, saltstrukturer og antiklinaler i dybereliggende lag har stedvist haft væsentlig indflydelse på daldannelsen.
- Retninger mellem VNV-ØSØ og NV-SØ, samt N-S og V-Ø er foretrukne for de begravede dale.
- Der er klare regionale forskelle i dalretningerne.
- Dale med N-S retninger er ofte helt begravede. Denne retning har tilsyneladende et lavt bevaringspotentialtiale som topografisk dal.
- Der er i nogle områder sammenfald af retninger af dybe forkastninger og retninger af begravede dale.
- Der er i nogle områder sammenfald af retninger for de seneste isfremstød og retninger af begravede dale.

Vedr. topografiske dale:

- Retningen VNV-ØSØ er dominerende for Jylland som helhed.
- Der er klare regionale forskelle i dalretningerne.
- Der er sammenfald af retninger af dybe forkastninger og retninger af topografiske dale.
- Der er i nogle områder sammenfald af retninger for de seneste isfremstød og retninger af topografiske dale.

Generelt omkring dale:

- Da der kan ses en sammenhæng mellem retninger af dybe forkastninger, begravede dale og topografiske dale, vurderes det, at dannelsen af dale i Tertiær og Kvartær i større eller mindre grad har været styret af de tektoniske rammer.

- Der er hyppigt sket dannelse af dale ovenpå eller i randen af saltstrukturer, ovenover antiklinaler eller over dybe forkastninger.
- Sammenfald af retninger for de seneste isfremstød og retninger af de topografiske dale, tyder på, at gletschernes påvirkning har dannet nye dale og/eller har uddybet/bevaret gamle dalstrøg parallelt med isbevægelsesretningen.
- Dale, som har ligget med en skæv vinkel på isbevægelsesretningen har haft et lavt bevaringspotentiale som topografisk dal.
- De begravede dale og de topografiske dale formodes dannet som følge af et kompliceret samspil mellem bevægelser i undergrunden, gletscherpåvirkninger og vanderosion.
- De daldannende mekanismer kan således generelt forventes at have været gældende over en lang geologisk tidsperiode - blot har de forskellige mekanismers dominans varieret over tid og sted.
- Det er sandsynligt, at dannelsen af nogle af de begravede dale i Jylland er startet allerede i slutningen af Tertiær.
- De topografiske dales retninger må konkluderes at være et af de vigtige redskaber til udpegning af mulige retningsforløb for begravede dale.

3 Omfanget af opdateringen

3.1 Overordnet omfang

Opdateringen har omfattet:

Begravede dale:

- Indsamling og vurdering af udførte geofysiske og hydrologiske kortlægninger fra perioden 1999 til medio 2000.
- Revurderinger af de kortlagte dale fra forprojektet.
- Vurdering af andre kortlægninger af begravede dale i andre lande og områder.

Topografiske dale:

- Supplerende vurderinger af data fra den tidligere kortlægning (1:100.000).
- Kortlægning af topografiske dale i mindre målestok (1:25.000) i udvalgte områder.

En detaljeret beskrivelse af omfanget af de enkelte dele vil fremgå af kapitlerne 4 til 6.

3.2 Datagrundlag

3.2.1 Begravede dale

Datagrundlaget for kortlægningen af de begravede dale har primært omfattet geofysiske undersøgelser i form af TEM-kortlægninger og boredata. TEM-data har været både traditionelle sonderinger og PA-TEM ("slæbe-TEM"). Her udover har der enkelte steder været anvendt data fra seismiske undersøgelser.

De nye kortlægningsdata er stillet til rådighed af de jyske amter, og i enkelte tilfælde har der været tale om foreløbige data, som dog er vurderet anvendelige i kortlægningen.

Boredata er primært PC-Zeus og basisdatakort, og her til kommer enkelte nye boringer, som endnu ikke er inkluderet i PC-Zeus. PC-Zeus-data for hele Jylland er stillet til rådighed for projektet.

3.2.2 Topografiske dale

I forprojektet blev de nuværende topografiske dale optegnet på kort i målestokken 1:100.000, og i forbindelse med opdateringen er der udvalgt delområder i Jylland, som har fået optegnet topografiske dale i 1:25.000. I begge tilfælde er der tale om digitale topografiske kort fra Kort- og Matrikelstyrelsen.

3.2.3 Litteratur

I forbindelse med gennemgangen af kortlægninger i andre lande og områder, er der indsamlet artikler, specialer og rapporter, som direkte eller indirekte omhandler kortlægning, forekomst og dannelseshistorie for begravede dale i England, Holland, Tyskland, Polen, Nordamerika og Nordsøen. Biblioteket ved Geologisk Institut, Århus Universitet (v. Birthe Schwartz) har velvilligt forestået indsamlingen af en betydelig del af den gennemgåede litteratur.

4 Dataformidling

4.1 Generelt

Kortlægningsarbejdet under opdateringen er i lighed med forprojektet sket i GIS, og der er således arbejdet videre med datamaterialet fra forprojektet. *Dette betyder, at GIS-filerne på vedlagte CD-rom erstatter alle GIS-filer fra forprojektet fra 1998.*

Kortlægningens forskellige temaer er udarbejdet i MapInfo, men på vedlagte CD-rom findes ligeledes filer i ArcView-format. Der vil være tale om samme filnavn men forskellige extensions, da disse er forskellige for de to programmer. For nærmere information vedrørende ArcView-filerne henvises til ”readme.txt”-filen på CD-rom’en.

Som grundlag/baggrund for kortlægningen er Kort- og Matrikelstyrelsens (KMS) digitale kort i 1:25.000 og 1:100.000 anvendt. Som oversigtskort er der anvendt KMS-kort i større skala. Der findes ikke digitale grundkort på den vedlagte CD-rom, og det er således hensigten at brugeren benytter egne digitale grundkort.

Ved kortlægningen er dalene simplificeret og indtegnet som flader og linier i separate tabeller. En nærmere beskrivelse af proceduren for dette fremgår af kapitlerne 5 og 6. De udarbejdede tabeller er tematisk opdelt, hvilket giver brugeren mulighed for at udtegne sine egne kort med ønskede temakombinationer.

4.2 Vedr. kortlægningen af begravede dale

De kortlagte begravede dale er indtegnede i en række MapInfo-tabeller, som det fremgår af det følgende. MapInfo-tabellerne for indtegnede flader og linier er listet herunder:

| | |
|---------------------|--|
| <i>ce_sd.tab</i> | centerlinier for de svagt dokumenterede dale; stiplede sorte linier |
| <i>ce_vd.tab</i> | centerlinier for de veldokumenterede dale; sorte linier |
| <i>fl_hb_sd.tab</i> | fladekortlægning af helt begravede, svagt dokumenterede dale; vandret blå skravering |
| <i>fl_hb_vd.tab</i> | fladekortlægning af helt begravede, veldokumenterede dale; vandret rød skravering |
| <i>fl_db_sd.tab</i> | fladekortlægning af delvist begravede, svagt dokumenterede dale; skrå blå skravering |

fl_db_vd.tab fladekortlægning af delvist begravede, veldokumenterede dale; skrå rød skravering

4.3 Vedr. kortlægningen af topografiske dale

De topografiske dale og de dybtliggende forkastninger er kortlagt i følgende GIS-tabeller:

topodale.tab alle kortlagte topografiske dale på kort i 1:100.000; røde linier

topo_4cm.tab kortlagte topografiske dale på kort i 1:25.000; lilla linier

forkastn.tab forkastninger ved Top præ-Zechstein (Vejbæk og Britze 1994); blå linier

4.4 Vedr. anvendelse af rosetplot-program

I forprojektet blev der til plot af rosetdiagrammer og statistiske beregninger anvendt programmet Rose PC fra RockWare. Dette program var dog ikke særligt fleksibelt, hvorfor der til opdateringen er anvendt programmet GeOrient version 8 fra Dept. of Earth Sciences, Univ. of Queensland, Australien. I denne opdateringsrapport anvendes GeOrient til alle nye rosetplots, mens rosetterne fra forprojektet ikke er ændret. Der vil derfor forekomme to typer af rosetplots med mindre forskelle i udseende, hvilket er uden praktisk betydning.

Centerlinierne for de kortlagte dale udtrykker retning og længde, og disse to værdier indgår som input til udarbejdelsen af rosetdiagrammerne. Ved plot i rosetdiagrammer anvendes konsekvent med en inddeling på 10°, således at retningerne deles op i 18 intervaller fra 0° til 180°. Inden for hvert interval summeres dalenes længder, hvorefter denne længde angives i % af den totale længde af dale i hele rosetten. Herved bliver der taget hensyn til længderne af de enkelte vektorer, og en lang vektor vil få større vægt end en kort vektor.

Den konsekvente brug af 10°-intervaller betyder, at behandlingen af den meget store mængde data for de topografiske dale bliver relativt grov, mens en lille mængde data både hos de begravede dale og forkastningerne betyder at rosetdiagrammerne kan blive for detaljerede i forhold til datagrundlaget.

Det er valgt at udelade statistiske beregninger af f.eks. middelværdi og spredning for retningsdata, fordi GeOrient automatisk udregner statistikken uanset om der indenfor datasættet findes flere populationer. I det følgende vurderes populationernes middelværdier – dvs. foretrukne retninger – visuelt ud fra rosetdiagrammerne.

5 Kortlægning af begravede dale

5.1 Kortlægningsprocedure

Kortlægningen af de begravede dale drejer sig groft set om at visualisere en række data, som er udvalgt efter et specielt sæt definitioner. Definitionerne muliggør simplificering, således at de enkelte dale kan opdeles i et begrænset antal grupper og derefter sammenlignes.

Efter indsamlingen af datamaterialet blev relevante rapporter udvalgt til bearbejdelse. På baggrund af definitionerne kunne de begravede dale derefter optegnes.

Kortlægningen af de begravede dale og de topografiske dale er sket uafhængigt, hvilket betyder, at der for de begravede dales vedkommende ikke er søgt støtte i de nuværende dale ved indtegningen.

I det følgende gennemgås kort de definitioner og signaturer, som ligger til grund for kortlægningen. Beskrivelsen er uddrag fra 1998-rapporten.

5.1.1 Definitioner

De opstillede definitioner for begravede dale samt definitioner af dal-kategorier, som beskriver graden af dokumentation for tilstedeværelse af dalen, gennemgås herunder.

Definition af daltype:

a) **Begravet dal:**
En begravet dal defineres overordnet som en aflang rende eller depression, som er helt eller delvist udfyldt med yngre aflejringer.

Heraf:

a) **Helt begravet dal:**
En helt begravet dal er helt udfyldt med yngre aflejringer og kan ikke erkendes i det nuværende terræn.

b) **Delvist begravet dal:**
Er der helt eller i nogen grad sammenfald mellem en begravet dal og en eller flere topografiske dale, betegnes dalen som delvist begravet.

Ovenstående definitioner er illustreret på figur 5.1, hvor skitser af helt begravede dale og delvist begravede dale er vist. En begravet dal kan således i den ene yderlighed være en ung dal med en mindre mængde ungt sediment i bunden, og i den anden yderlighed være en gammel,

dybtliggende erosionsrende, som er fuldstændig udfyldt. Begravede dale kan derfor have meget forskellige aldre og er derfor ikke kun relateret til prækvartæroverfladen.

Bredden af en begravet dal afgrænses i kortlægningen ved toppen af dalskuldrene. I tilfælde af at data ikke entydigt viser dette punkt, angives afgrænsningen så vidt det er muligt i en fast kote.

Definition af dalkategori:

Den sikkerhed, hvormed dalene er bestemt, afhænger af hvor god dokumentationen er. I nogle tilfælde er der så mange data, at både overordnet retning og udbredelse af dalen er veldokumenteret. I andre tilfælde er dalene svagere dokumenteret, hvor den overordnede retning er fastlagt, men hvor udbredelse og lokal udformning ikke er tydelig. Kan en dals retning ikke bestemmes, er den ikke blevet kortlagt.

Dalene beskrevet ovenfor, kan kategoriseres som:

a) Veldokumenterede dale:

Ved udpegningen af dale er der fundet stor datatæthed, og data er anvendelige til formålet. Tilstedeværelsen af dalene er veldokumenteret, dvs. at den lokale udbredelse og retning kan kortlægges. Forskellige, uafhængige datasæt understøtter hinanden.

b) Svagt dokumenterede dale:

Tilstedeværelsen af dalene er kun svagt dokumenteret, enten pga. lille datatæthed eller, at data er mindre anvendelige til formålet. Den overordnede retning og udbredelse kan kortlægges.

5.1.2 Signaturer

Begravede dale:

De kortlagte begravede dale er tildelt signaturer, som matcher ovenstående definitioner, således at visualisering kan ske på forskelligt kortmateriale. De valgte signaturer er vist på figur 5.2.

Det er valgt at illustrere dalene med en skravering, som angiver dalenes udbredelse, type og kategori kombineret med en centerlinie

Signaturerne viser således i kombination:

- Dalens horisontale udbredelse
- Om dalen er helt eller delvist begravet
- Dalens retning
- Om dalen er veldokumenteret eller svagt dokumenteret

Helt begravede dale markeres med vandret skravering, mens delvist begravede dale markeres med krydsskravering. I kombination med skraveringen angiver farven, om der er tale om veldokumenterede dale (røde) eller svagt dokumenterede dale (blå).

Dalenes retninger markeres af centerlinier, som indtegnes med sort streg i dalenes længderetning på det sted, hvor dybden er størst. Centerlinierne indtegnes som et eller flere retlinede forløb. Centerlinierne kan indtegnes forskudt fra midten af dalens skravering, hvis dalen er asymmetrisk. Ligeledes kan der i enkelte tilfælde indtegnes flere centerlinier indenfor et bredere dalstrøg, hvis der for eksempel er tale om mindre dale nederoderet i et større dalstrøg.

Hvis en sidedal ligger i højere kote end hoveddalen, tegnes centerlinien ikke helt ud til hoveddalens centerlinie. Hvis sidedalen derimod har samme dybde, tegnes sidedalens centerlinie helt ud til hoveddalens centerlinie.

For at kunne skelne veldokumenterede og svagt dokumenterede dale ud fra centerlinierne alene, er der valgt henholdsvis en fuldt optrukket og en stippet linie.

5.2 Tidligere kortlægning

I 1998-rapporten blev der gennemgået forskellige problemstillinger i forbindelse med udpegningen af begravede dale. Disse problemstillinger kan kort sammenfattes i følgende punkter:

- Datakvaliteten er mange steder lav på grund af dårligt beskrevne borer.
- Datakvaliteten er mange steder lav på grund af små kontraster i lithologien fra boreprøver (f.eks.: smeltevandssand kontra kvartsand/glimmersand, smeltevandsler kontra moræneler).
- Tætheden af dybe borer er oftest for lav til at begravede dale kan kortlægges alene ud fra borer.
- Glaciale tektonik kan forstyrre billedet af de begravede dale. Ofte vil ikke-gennemborede tertiære flager fejlagtigt hæve dalbunden.
- Datakvaliteten af geofysiske målinger er mange steder lav på grund af små modstandskontraster mellem aflejringer i og udenfor begravede dale (f.eks.: smeltevandsler kontra glimmerler/plastisk ler, smeltevandssand kontra kalk, smeltevandsler kontra moræneler).
- Saltvandsforekomster kan virke forstyrrende på tolkningen af geofysiske målinger – særligt ved kortlægning af begravede dale.

I 1998-rapporten blev der i alt kortlagt og beskrevet begravede dale ved 51 lokaliteter. Dalene ved disse lokaliteter blev sammenlignet og gennemgået systematisk med henblik på lithologi, form og retning.

5.3 Resultater og vurderinger efter opdateringen

Der er på nuværende tidspunkt kortlagt og beskrevet begravede dale ved i alt 60 lokaliteter. Som det vil fremgå af det følgende, er nye dale tilføjet og enkelte fra 1998-kortlægningen er på baggrund af nye vurderinger slettet. Samtlige kortlagte dale er indtegnet som vektorer på figur 5.3, i de enkelte lokalitetsbeskrivelser (bilag 1) og i MapInfo/ArcView tabeller på den vedlagte CD-rom.

Lokalitetsbeskrivelserne i bilag 1 omfatter en beskrivelse af dalenes typer, retninger og dimensioner, en beskrivelse af de usikkerheder der ligger i tolkningerne, samt en angivelse af de anvendte datakilder. Det er valgt også at inddrage begravede dale fra de indre danske farvande, da de kan bidrage til det overordnede billede. Dale i Nordsøen tæt på land er derimod ikke taget med.

De kortlagte dale er ikke jævnt fordelt i Jylland. Der er fundet flest dale i Viborg, Århus og Vejle amter, men dette kan dog ikke tages som udtryk for, at der findes flere dale her i forhold til de øvrige amter, men snarere at mulighederne for kortlægning af dalene er bedre i Viborg, Århus og Vejle amter. I de 3 amter udgør lerede prækvartære aflejringer typisk bund og til en vis grad sider af dalene. I Sønderjylland, Ribe og Ringkjøbing amter er der ofte problemer med at fastlægge grænser mellem den tertiære og kvartære lagserie, hvilket gør udpegningen af begravede dale vanskelig.

Generelt kan der ud fra kortlægningen af de begravede dale udledes følgende resultater:

- De kortlagte dale udgør sandsynligvis kun en beskedent del af det samlede antal begravede dale i Jylland, da der mange steder lokalt kan konstateres store variationer i f.eks. prækvartæroverfladens højdeforhold og da nye geofysiske undersøgelser ofte viser begravede dale.
- De begravede dale har stedvist foretrukne retninger.
- Mange af de kortlagte dale er dybe, smalle og har stejle skrænter
- I begravede dale, hvor der er udført shallow seismiske undersøgelser, viser strukturer i dalfyldet, at dannelsen har været præget af gentagen erosion og aflejring.
- Der ses ofte interglaciale aflejringer i de begravede dale.
- Der er ofte smeltevandsler og –silt i de begravede dale.
- Dale, som er helt eller delvist udfyldt med smeltevandsler, kan være vanskelige at kortlægge pga. lave modstandskontraster – smeltevandsler øverst i en dal kan være svær at gennemtrænge for TEM-målinger.
- Nogle begravede dale er fortrinsvist udfyldt med moræneler
- Nogle begravede dale er fortrinsvist er udfyldt med smeltevandsand og –grus.
- Der ses stedvist glacialtektoniske forstyrrelser i dalenes fyld.
- Begravede dale forekommer ofte over og mellem salthorste.

- Nogle dale forekommer i forbindelse med forkastninger og antiklinaler i undergrunden.
- Mange af de begravede dale ser ud til at have et ujævnt bundrelief og stedvist kan dalbunden være stærkt hældende.
- Der kan på samme lokalitet ofte observeres flere generationer af begravede dale – også med forskellige retninger.

I det følgende beskrives ovennævnte træk med udvalgte eksempler fra de enkelte lokaliteter (se også lokalitetsbeskrivelserne i bilag 1):

Kun få dale er blevet kortlagt

I områder med ideelle forhold for TEM-kortlægning, hvor der er en relativt højtliggende kontrastrig god leder/fed tertiær ler, og hvor der samtidig er udført et tæt netværk af TEM-undersøgelser, ses typisk et stort antal begravede dale. I Århusområdet er disse ideelle forhold opfyldt, og her er der samtidig udført mange TEM-målinger med en omfattende kortlægning af begravede dale til følge. Muligvis er tætheden af begravede dale den samme i hele det jyske område.

Dalenes dybde og bredde

De begravede dale er for det meste af andre dimensioner end landskabets eksisterende dale. Dybder på mellem 100 og 300 meter ses mange steder fra dalskulder til dalbund og bredden ved dalskuldrene er typisk mellem 0,5 og 3 km. Meget ofte er bredden dog omkring 1 km og dybden mellem 75 og 150 meter. Grejsdalen ved Vejle, som er en af de dale i Danmark, der har det største relief, er til sammenligning omkring 1 km bred og 70-80 meter dyb. De begravede dales dalskrænter ses ofte at være meget stejle og flere steder stejlere end skrænter normalt optræder i nutidens landskab. De dybest kortlagte begravede dale findes ved Holsted (Rb 1), Rækker Mølle (Ri 10) og Tørring-Horsens (Ve 7). De begravede dalenes dybeste bundkoter ved de enkelte lokaliteter varierer typisk fra omkring kote -25 til omkring kote -250. De fleste dales bundkoter findes mellem kote -50 og -150. De dybeste dale findes fortrinsvist i det sydlige og vestlige Jylland.

Dalenes fyld

De kortlagte dales fyld består ved alle lokaliteter af kvartære materialer, når der ses bort fra flager. Oftest ses vekslende lagfølger med moræneler, smeltevandsler, smeltevandssand og -grus og i nogle tilfælde også interglaciale aflejringer. Normalt hører moræneleret til i de øvre dele af dalene, men det kan også ses mere udbredt til store dybder (f.eks.: Hornsyld (Ve 5), Erritsø (Ve 2), Vejle Ådal (Ve 4), m.fl.). De grove smeltevandsaflejringer findes ofte i størst mængde i de nedre dele af dalene. Andre steder kan det udgøre næsten hele dalfyldet, mens det også kan ses indblandet i vekslende lagpakker. Smeltevandsler er hyppigt observeret i dalfyldet (f.eks.: Holstebro Nord (Ri 11), Holsted (Rb 1), Hornsyld (Ve 5), Vejle Ådal (Ve 4), Horsens (Ve 7), Urhøje (Nj 10)). I nogle tilfælde kan smeltevandsler udgøre lagpakker af forholdsvis stor mægtighed. Smeltevandsler kan, i højere grad end de øvrige glaciære sedimenter i dalene, benyttes ved lithologiske korrelationer mellem boringer.

Ved TEM-kortlægning kan det være vanskeligt at spore dale i ler udfyldt med smeltevandsler på grund af manglende modstandscontraster. I områder med sedimenter med høje modstande kan dale med smeltevandsler optræde som lavmodstandsstrukturer (f.eks.: Holstebro Nord (Ri 11), Holsted (Rb 1), Urhøje Plantage (Nj 10)).

Interglaciale aflejringer

Der er i en del begravede dale truffet interglaciale aflejringer (f.eks.: Børkop (Ve 11), Vejle Ådal (Ve 4), Varde Nord (Rb 3), Brabrand-dalen (År 2), Hadsten (År 8), Beder (År 3)). Både ferskvandsaflejringer og marine aflejringer er repræsenteret. Ved Børkop (Rands Fjord) er diatomitaflejringer dateret til Holstein og Saale, hvilket tyder på en dannelse af dalen i Elster eller tidligere. Ved Beder er der fundet marint Eem i den begravede dal (Larsen & Kjølner 2000, Andersen 1965), hvilket her tyder på en dannelse tidligere end Eem.

Tegn på gentagen erosion og aflejring

Ved shallow-seismiske undersøgelser ved både Hornsyld (Ve 5) og ved Holsted (Rb 1) viser dalfyldets interne strukturer, at dalene er fyldt op under gentagne udfyldninger og erosion.

Glacialtektonik i dalene

Der er også observeret glacialtektoniske forstyrrelser i de begravede dale. Mange steder er det ikke muligt at korrelere boringer, også selvom boringerne står meget tæt. Dette kan dog også i nogle tilfælde skyldes kraftigt vekslende aflejringsmiljøer under daldannelsen eller dårligt beskrevne boringer, men da der også flere steder kan observeres tertiære flager i dalfyldet, må forstyrrelserne også kunne tilskrives glacialtektoniske begivenheder. Eksempler: Holsted (Rb 1), Kongsted-Follerup (Ve 9), Erritsø (Ve 2), m.fl.

Ujævnt bundrelief og stærkt hældende dalbund

I områder med en godt kortlagt god elektrisk leder/fed tertiær ler kan de begravede dales form beskrives med relativ stor præcision. Det skal dog bemærkes at eksempelvis smeltevandsler som dalfyld i bunden kan forstyrre billedet af dalformen væsentligt, og dette vurderes stedvist også at kunne have indflydelse på dalformens udseende. Men f.eks. viser de begravede dale ved Århus (År 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10), Håstrup (Ve 12), Hornsyld (Ve 5) flere steder ujævnt bundrelief. Bundrelieffet kan variere meget kraftigt og et meget dybt dalafsnit kan f.eks. pludseligt slutte eller blive meget grundt. I forbindelse med TEM-kortlægninger skal man dog også være opmærksom på, at hvis dalen er nedskåret i lag med lav modstand, som f.eks. tertiært glimmerler eller plastisk ler, kan TEM-metoden i visse situationer have vanskeligt ved at fastlægge koten for den reelle dalbund. Dette skyldes, at der måles på et stort jordvolumen, og en god leder i dalens flanker kan således få TEM-metoden til at registrere en god leder i højere kote end reelt er. Smalle dale vil på denne måde kunne fremstå mindre dybe end i virkeligheden. For en dal nederoderet i lavmodstandslag, og hvor bredden og dybden aftager jævnt hen mod den ene

ende, vil TEM-metoden kunne give indtryk af en stejlere hældning af dalbunden hen mod den smalle ende, hvor den pludselig begynder at fange den lave modstand i flankerne.

Flere generationer af dale

Ved nogle lokaliteter findes dale i forskellige dybder eller med forskellige retninger. Dalene kan derfor krydse hinanden i forskellige niveauer, hvilket betyder at dalene ikke er dannet under samme hændelse og på samme tid. Dette er et bevis på at der i Jylland eksisterer flere forskellige dal-generationer. Eksempler på flere dal-generationer blev beskrevet i 1998-rapporten på lokaliteterne: Tjele/Vammen (Vi 2), Bjerringbro (Vi 8), Varde Nord (Rb 2) og Varde Syd (Rb 3), Brabrand-dalen (År 2) og Gistrup-Klarup (Nj 6), og ved opdateringen er lokaliteterne Tinning (År 10) og Durup (Vi 11) tilføjet.

Dale over og mellem saltstrukturer

Begravede dale forekommer i nogle tilfælde i forbindelse med eksistensen af saltstrukturer. Dalene kan forløbe mellem saltstrukturene, men også i eller over sprækkezoner ovenpå strukturerne. Der er både kortlagt dale på langs og på tværs og i mellem aflange salthorste. I 1998 rapporten blev følgende eksempler på dale over/ved salthorste gennemgået: Lønnerup Fjord (Vi 9), Mors; Frøslev (Vi 12), Thyholm (Ri 7), Nykøbing Mors-Glyngøre (Vi 13) og Limfjorden ved Løgstør (Nj 8). Ved opdateringen er følgende lokaliteter tilføjet: Holstebro N (Ri 11), Gundestrup-Giver (Nj 9) og Urhøje Plantage (Nj 10).

Dale over forkastninger og antiklinaler

På seismiske linier kan der nogle gange iagttages forkastninger eller antiklinaler umiddelbart under begravede dale. Ofte er landseismikken dog af så ringe kvalitet, at det kan være svært at se både begravede dale og dybereliggende strukturer. På følgende lokaliteter ses eksempler på dale over forkastninger og antiklinaler: Bredebro (Sø 1), Tørring-Horsens (Ve 7), Lind-Høgild (Ri 2), Kattegat ved Mariager Fjord (År 5), Brabrand-dalen (År 2).

5.3.1 Retningsfordelinger af begravede dale

De kortlagte begravede dales retninger er plottet i rosetdiagrammer med det formål at se om der er bestemte retninger, der skiller sig ud. Dalenes centerlinier repræsenterer de begravede dales længde og retning, og kan derfor anvendes ved vurderinger af foretrukne dalretninger.

I et dalstrøg kan der indtegnes flere centerlinie-segmenter, hvilket betyder, at antallet af centerliniedata er større end antallet af kortlagte dale.

Der er udtegnet rosetdiagrammer for hele det jyske område og for udvalgte delområder, som det kan ses på figur 5.4. Delområderne svarer til de områder, som er i 1998-rapporten.

Hele Jylland

I alt er der indtegnet 475 centerlinie-vektorer i Jylland. På figur 5.3 ses fordelingen og placeringen af disse, og på figur 5.4 ses en samlet roset for hele Jylland. Gennemsnitsretningen ca. 100° (V-Ø). Af rosetten kan der udskilles mindst 2 foretrukne retninger. Den mest tydelige er V-Ø men der kan anes en mindre tydelig retning omkring N-S.

Sydvestjylland

I delområdet Sydvestjylland kan der af rosetten udskilles 3 foretrukne retninger: NV-SØ, N-S og V-Ø. Dale med retninger NØ-SV er stort set ikke repræsenteret.

Sydøstjylland

I delområdet Sydøstjylland kan der udskilles 2 dominerende retninger: VNV-ØSØ og ca. N-S.

Østjylland

I Østjylland er 2 retninger dominerende: NV-SØ og NØ-SV. Der ser også ud til at være en svag V-Ø-retning her imellem. N-S-lige retninger er svagt repræsenteret.

Himmerland

I Himmerland kan der udskilles 2 markante retninger: NNØ-SSV og VSV-ØNØ.

Nordvestjylland

I Nordvestjylland ses der et forholdsvist spredt retningsbillede. Dog kan 2 foretrukne retninger udskilles: N-S/NNØ-SSV og omkring V-Ø.

Vendsyssel

På grund af for få data er der ikke foretaget betragtninger over dalretninger i Vendsyssel.

5.3.2 Vurderinger og sammenligninger af dalretninger

I forhold til 1998-rapporten er der ikke sket større ændringer i de begravede dales retningsmønstre. Datamaterialet er blevet større og de foretrukne retninger er derfor blevet mere troværdige.

Dalretningerne i hele Jylland og i delområderne (se figur 5.4)

I den sydlige del af Jylland findes der i både det vestlige og det østlige delområde foretrukne retninger omkring VNV-ØSØ og omkring N-S. Forskellen mellem de 2 områder er, at der i Sydvestjylland samtidig er en tendens til en NV-SØ-retning, mens der i Sydøstjylland forekommer flere VSV-ØNØ-orienterede dale.

For Østjylland gælder, at der er 2 markante retninger: NØ-SV og NV-SØ. Retningen NØ-SV er stort set ikke forekommende i de 2 sydjyske

delområder. V-Ø-lige og N-S-lige retninger forekommer i mindre omfang i både Østjylland og i de 2 sydjyske delområder.

For den nordlige del af Jylland ses et markant anderledes billede. I Nordvestjylland er V-Ø, N-S og NØ-SV-lige retninger dominerende, mens der i Himmerland er tale om N-S-retninger og VSV-ØNØ-retninger. Fælles for Himmerland og Nordvestjylland er N-S-retningerne. Himmerlands retning VSV-ØNØ kan sammenlignes med Østjyllands NØ-SV-retninger, eller Nordvestjyllands V-Ø-retning.

Nordvestjylland, Himmerland og Østjylland adskiller sig fra Sydvestjylland og til dels Sydøstjylland ved at have en dominans af NØ-SV-retninger.

Den N-S-lige retningskomponent synes at forekomme i hele Jylland, dog mest udtalt i Nord- og Vestjylland.

Den V-Ø-lige retningskomponent synes også at forekomme i hele Jylland.

Delvist begravede dale og helt begravede dale (se figur 5.5)

Iagttages henholdsvis de delvist begravede dale og de helt begravede dale for hele Jylland (figur 5.5), ses at billedet af retningerne er meget forskelligt. De delvist begravede dale er domineret af retninger i et interval mellem NØ-SV og NV-SØ, dog mest dominerende omkring VSV-ØNØ. De helt begravede dale fremviser ikke denne retning men har derimod primært foretrukne retninger omkring N-S og V-Ø.

Der er således markant forskel på retningerne af de dale, som kan ses i det nuværende terræn og de dale, som er helt begravede og ikke kan erkendes i terrænet i dag. Generelt kan det siges, at de delvist begravede dale oftest har retninger mellem NØ-SV og V-Ø-retninger, mens de helt begravede dale enten har V-Ø- eller N-S-retninger.

Veldokumenterede dale og svagt dokumenterede dale (se figur 5.6)

Foretages en tilsvarende analyse af de veldokumenterede dale og de svagt dokumenterede dale, ses det af figur 5.6, at der også her er forskelle i de to retningsbilleder. Forskellen mellem de to rosetter er i grove træk, at dale med V-Ø-lige retninger er repræsenterede både som veldokumenterede dale og svagt dokumenterede dale, mens dale med N-S-retninger retninger, overvejende er repræsenteret som svagt dokumenterede dale.

6 Kortlægning af topografiske dale

6.1 Kortlægningsprocedure og omfang

Alle større topografiske dale i hele Jylland blev - hvad angår længde og retning - kortlagt i forprojektet. Disse data har ved opdateringen været genstand for nye vurderinger og tolkninger, som det vil fremgå senere. Dalene er indtegnede på KMS-kort i 1:100.000. Denne relativt store skala bevirker, at kun topografiske dale over en vis størrelse tages i betragtning. Den samlede datamængde blev på over 12.000 dalvektorer for hele Jylland.

For at få flere detaljer med, er der i forbindelse med opdateringsprojektet udvalgt to lokale områder, hvor de topografiske dale er indtegnede på baggrund af kort i 1:25.000. De lokale områder er udvalgt som test-områder, hvor der både er tale om mange begravede dale og en markant topografi. På denne måde er der åbnet mulighed for at foretage en mere detaljeret sammenligning mellem forløbet af de begravede dale og de topografiske dale i de udvalgte områder, med henblik på en udredning af eventuelle sammenhænge i daldannelsen.

Der er ved kortlægningen af de topografiske dale fokuseret på retningen, idet denne parameter både er let at kortlægge og let at definere.

6.1.1 Datagrundlag

Datagrundlaget består af Kort og Matrikelstyrelsens digitale udgave af Topografisk Atlas, i 1:25.000 og 1:100.000. Herfra er højdekurvematerialet benyttet. Ækvidistancen er henholdsvis 2,5 og 5 meter. Kortlægningen er udført på PC i MapInfo. Dalene er i det dybeste niveau blevet vektoriseret til et eller flere rette liniestykker, parallelt med dalsiderne.

6.1.2 Definitioner

For at kunne benytte kortlægningen af de topografiske dale i statistisk henseende, er objektivitet i kortlægningsarbejdet vigtig. Det er afgørende for konklusionerne, at der under kortlægningen ikke bliver indlagt tolkninger, og at de opstillede daldefinitioner følges. Definitionerne skal også opstilles objektivt, dvs. uden forhåndstolkninger og lignende.

En topografisk dal i kortlægningen er defineret ved følgende:

- En dal kan identificeres på kortet ved hjælp af kurveforløb
- En dal er en aflang fordybning i terrænoverfladen
- En dal har en retning

- En dal er på 1:100.000 kortet længere end ca. 400 meter
- En dal er på 1:25.000 kortet længere end ca. 100 meter
- En dal kan have hældende bundkote
- En dal kan indeholde vand (fjord eller sø med hældende landskab omkring)
- En dal kortlægges i det dybeste niveau med passende rette vektorer

6.2 Tidligere kortlægning

Ved kortlægningen af topografiske dale i 1998 blev der optegnet i alt 12.538 dalvektorer ud fra kort i 1:100.000 (se plot af de kortlagte topografiske dale på figur 8.1). Resultaterne af kortlægningen af de topografiske dale i 1998 kan sammenfattes i følgende punkter:

- Der kunne for Jylland som helhed udskilles 3 foretrukne retninger, VNV-ØSØ, VSV-ØNØ og V-Ø, hvor VNV-ØSØ var dominerende.
- Der kunne ses forskellige foretrukne retninger for forskellige regioner af Jylland (se figur 6.1)
- Vestjylland, Sydøstjylland og Vendsyssel har VNV-ØSØ som foretrukken hovedretning
- Østjylland har VSV-ØNØ som foretrukken hovedretning
- V-Ø og VSV-ØSØ-retningerne kan ses i alle områder, med undtagelse af Nordvestjylland
- VSV-ØNØ-retningen genfindes i de 3 sydligste områder
- NNØ-SSV-retningen skiller sig kun tydeligt ud i Nordvestjylland
- NNV-SSØ-retningen synes kun at forekomme i Himmerland og Vendsyssel.

6.3 Supplerende bearbejdning af data fra 1998

Med henblik på at nuancere billedet af variationerne i dalenes foretrukne retninger er der foretaget en ny sortering af data i udvalgte områder. Det er valgt at se nærmere på Himmerland og Sydjylland:

6.3.1 Himmerland

Rosetdiagrammet for Himmerland (se figur 6.1) viste en dominans af N-S-lige retninger, men også en meget stor spredning af data. Tilsyneladende var der tale om plot af flere populationer. Ved den supplerende bearbejdning af data blev Himmerland-området først inddelt i en nordlig og sydlig halvdel, og derefter i en vestlig og østlig halvdel. Dalretningerne viste markante forskelle mellem henholdsvis nord/syd og øst/vest, og da området blev delt diagonalt, som det kan ses på figur 6.2, blev billedet mere tydeligt. Det viste sig, at Himmerland kan deles op i en sydvestlig del, hvor der er dominerende retninger mellem NØ-SV til V-Ø, mens den nordøstlige del af Himmerland har en mar-

kant foretrukken N-S-retning med en svag drejning mod vest. Sidstnævnte retning er den mindst hyppige i sydvest-området.

Hvis man tager den sydvestligste del af Vendsyssel og plotter dalretningerne, ses det tydeligt (figur 6.2), at retningsfordelingen ganske præcist svarer til den nordøstlige del af Himmerland. Indenfor disse 2 områder ligger kalken højt, og det er nærliggende at pege på en sammenhæng mellem dannelsen af de topografiske dale og sprækkesystemer i kalkundergrunden. Tilsyneladende aftager denne sammenhæng i sydvestlig retning væk fra området med højtliggende kalk, og dalenes retninger minder her mere om hvad der kan ses i Østjylland.

6.3.2 Syddjylland

Rosetdiagrammerne for Sydvestjylland og Sydøstjylland i 1998-kortlægningen viste, at når man går fra øst mod vest, mindskes den dominerende retning med ca. 10° , mens de underordnede retninger mellem VSV-ØNØ og V-Ø stort set forbliver uforandrede. Deles Syddjylland op i 4 områder, som det kan ses på figur 6.3, fås en nuancering af dette billede. Tager man de 2 sydligste områder ses det, at der fra øst mod vest snarere er tale om en ændring i vinklen på 20° på den dominerende retning. Retningen VSV-ØNØ er tilsyneladende uændret. De 2 områder nord for viser præcis samme billede – den dominerende retning drejer ca. 20° .

Ser man på henholdsvis de 2 vestlige områder og de 2 østlige områder, fremgår det, at den dominerende retning øges med ca. 10° gående fra syd mod nord.

Årsagen til disse ændringer fra øst mod vest og fra syd mod nord kendes ikke, men det er tydeligt, at der er overordnede faktorer, som har haft indvirkning på dannelsen af de nuværende dale i terrænet i Syddjylland. Den N-S-lige skillelinie mellem de udvalgte områder er trukket omtrent langs hovedopholdslinien, men hvorvidt ændringerne fra øst mod vest sker netop langs denne linie, vides ikke. Mere detaljerede studier vil sandsynligvis kunne belyse dette nærmere.

De anvendte daldata fra Sydvestjylland består af dale på både hedesletter og bakkeøer, og på trods af dette er billedet meget entydigt. I 1998-kortlægningen blev Skovbjerg Bakkeø udvalgt separat, og det viste sig, at retningsbilledet stort set ikke afvigede fra den øvrige del af Sydvestjylland. Det betyder, at hvad angår retning, så afviger dale i Skovbjerg Bakkeø's landskab ikke fra den resterende del af Sydvestjylland, som består af både hedesletter fra Weichsel og bakkeøer fra nedisninger ældre end fremstødet til hovedopholdslinien.

På tværs af hovedopholdslinien ses der for hele området en underordnet, men stadig tydelig, retning mellem VSV-ØNØ og V-Ø.

6.4 Ny detailkortlægning

Kortlægningen af dale i 1:100.000 giver den begrænsning, at dale mindre end ca. 400 meter og dale, hvis dybde gør dem vanskelige at erkende med 5 meters ækvidistance, ikke kortlægges. På trods af, at der i 1998-kortlægningen blev digitaliseret over 12.000 dalvektorer, vil denne kortlægning kun omfatte de mest markante dale i terrænet.

Der er derfor udvalgt 2 områder af begrænset størrelse til kortlægning i større detalje ved anvendelse af kort i 1:25.000. Ækvidistancen er her 2,5 meter og dale med en længde på ned til 100 meter kan kortlægges. De 2 områder er:

- Trekantområdet mellem Kolding, Vejle og Fredericia
- Et område mellem Hammel og Grundfør nordvest for Århus.

Områderne er udvalgt på grund af, at der her er tale om en markant topografi, hvor det forventedes, at en detailkortlægning ville kunne give informationer, som ikke blev opnået i 1998-kortlægningen. Resultaterne af de enkelte detailkortlægninger er gengivet herunder.

6.4.1 Trekantområdet

Detailkortlægningen i Trekantområdet er sket i et område afgrænset af landevejen mellem Vejle og Kolding og kystlinien. Dette har resulteret i optegnelse af i alt 2.281 dalsegmenter, hvor der til sammenligning ved kortlægningen på 1:100.000-kort var tale om 181 dalsegmenter indenfor samme område. På figur 6.4 er de 2 kortlægninger stillet op over hinanden med tilhørende rosetdiagrammer.

Øverst på figuren ses dalene fra detailkortlægningen og nederst dalene fra 1998-kortlægningen. Det ses, at det overordnede billede med den dominerende retning NV-SØ og en retning vinkelret herpå, kan findes på begge rosetter. Ved detailkortlægningen er der kommet mere end 10 gange så mange dalsegmenter til, uden dog at dette har ændret på opfattelsen af de foretrukne retninger i området. Ser man på de 2 plots af de kortlagte dalvektorer, er det tydeligt, at en væsentlig forskel er, at mange små sidedale til de større dale er kommet med i detailkortlægningen, hvilket sandsynligvis er afgørende for, at spredningen på data er større i detailkortlægningen end i 1998-kortlægningen.

Umiddelbart har den større detaljeringsgrad ikke bidraget til en bedre forståelse af dalenes retningsfordeling i området, men det er muligt, at en filtrering i de nye data vil kunne adskille populationerne bedre.

6.4.2 Området nordvest for Århus

Denne detailkortlægning er sket i et område mellem Hammel og Grundfør, i et område hvor der findes markante topografiske dale. Området er inddelt i 4 separate områder ved henholdsvis Hammel,

Hvorslev, Hadsten og Grundfør, og i det følgende omtales det førstnævnte område.

Øverst på figur 6.5 ses dalene fra detailkortlægningen og nederst dalene fra 1998-kortlægningen med de tilhørende rosetdiagrammer. Den detaljerede kortlægning har i lighed med Trekantområdet medført, at der er kortlagt ca. 10 gange så mange dalsegmenter indenfor det valgte område – 837 dalsegmenter nu mod tidligere 77 dalsegmenter. På rosetten for 1998-kortlægningens data er den dominerende retning VNV-ØSØ, med NØ-SV og NNV-SSØ som underordnede retninger. Detailkortlægningen viser generelt samme retninger, men nu er det retningen NNV-SSØ, som er dominerende. Som det kan ses på kortudsnittene til venstre på figuren, udgør dalen fra nord om Hammel og til Gjern i store træk det eneste større dalstrøg med retningen NØ-SV. Retningen VNV-ØSØ udgør et system af dale, som ligger med en skæv vinkel på den store dal. Retningen NNV-SSØ kommer frem i detailkortlægningen specielt mellem Thorsø og Hammel, og denne retning er ca. vinkelret på den store NØ-SV-gående dal. Dalene med retningerne NNV-SSØ kom ikke med i den foregående kortlægning på grund af disses ringe dybde. Der er reelt kun tale om ridser i terrænet, men ridser, som kan følges over afstande på flere kilometer. Nordover drejer de til mere N-S-retning og fortsætter til nord for Hvorslev. Ridserne eller furerne i terrænet her er tidligere beskrevet af bl.a. Milthers (1916). Tilsvarende ridser kan iagttages østover ved Skjød og Grundfør (se afsnit 8.1.2).

Detailstudiet af de topografiske dale i Hammelområdet har henledt opmærksomheden på en retning, som afviger fra den fremherskende retning, der fremkommer når kortlægningen primært gælder dale af større dimension.

7 Begravede dale uden for det jyske område

I dette afsnit gennemgås kort den eksisterende viden om begravede dale uden for det jyske område. Hovedparten af indholdet kan findes på mere detaljeret form i følgende artikler: Boulton & Hindmarsh (1987), Dijke & Veldkamp (1996), Ehlers, Meyer & Stephan (1984), Ehlers & Linke (1989), Ehlers & Wingfield (1991), Eissmann, Litt & Wansa (1995), Galon (1965), Grube (1983), Huuse & Lykke-Andersen (2000), Karabanov, Ludwig & Schwab (1996), Piotrowski (1994), Schwab & Ludwig (1996) og Smed (1995).

Da Ussing (1903, 1907) kom med sin teori om, at smeltevand under NØ-isen bl.a. dannede de markante østjyske dale brugte han ordet ”tunneldale”. Ordet hentyder til, at dalene har fungeret som smeltevandstunneller under isen til at transportere store mængder af smeltevand frem til isranden. Ussings teori er med mindre modifikationer stadig anerkendt som værende hovedårsagen til dannelsen af dale med tunneldalskarakteristika. Internationalt er ordet ”tunnel valleys” nu generelt benyttet om dale dannet subglacialt (under isen). Også når det drejer sig om dale, der under senere istider eller mellemistider er blevet helt eller delvist begravet. I denne rapport benyttes ordet ”begravede dale” idet dette ord ikke refererer til en dannelsesproces, som det er tilfældet med ordet ”tunneldale”.

7.1 Dalenes geografiske udbredelse

De begravede dale er ikke kun et fænomen hørende til det jyske område. Begravede dale er kortlagt inden for hele det område i Nordeuropa, der i istiderne har været dækket af gletschere. Foruden Danmark er der fundet begravede eller delvist begravede dale i England, Holland, Tyskland, Polen, Sverige og i det tidligere Sovjetunionen (se figur 7.1). De begravede dale til lands er primært kortlagt ved borer og terrænstudier, mens dalene til havs primært er kortlagt ved seismiske undersøgelser. Adskillige dale i Nordsøen, samt enkelte dale i Østersøen, Kattegat og i det Irske Hav er blevet kortlagt. Også fra USA og Canada, som ligeledes er et tidligere nediset område er der rapporteret om begravede dale med samme træk som i Europa. Fælles for områderne med begravede dale er, at underlaget dalene er nederoderet i primært består af løst materiale, og således er dalene fraværende på størstedelen af den Skandinaviske Halvø.

7.2 Elster-dale

Ifølge den eksisterende litteratur om emnet menes de mest markante begravede dale, at være dannet i Elster-istiden. På landjorden er de mest udbredt i et ca. 150 km bredt bælte fra det nordlige Holland gennem Nordvesttyskland til de centrale dele af det tidligere Østtyskland.

I Holland og i Hamborg-regionen er retningen N-S, mens den i det tidligere Østtyskland er NØ-SV. Dalene er parallelle med elstergletschernes generelle isbevægelsesretning. De danner et flettet mønster af 30-100 km lange dalsegninger, som bedst kan beskrives som meget lange, udfyldte fordybninger i underlaget. De fleste dale af Elster-alder er mellem 100 og 300 meter dybe med maksimumdybder på over 400 meter. Dalene har ingen overordnet hældning i længderetningen; bundprofilen er stærkt varierende med op til 100 meter høje tærskler. Det dybeste sted er målt ved Lüneburg, hvor bundkoten er -434 meter. Bredden varierer mellem 100 meter og op til 4 km men er typisk 1-2 km. Dalskrænterne hælder oftest 15-30 grader, men hældninger på 40-60 grader forekommer også. I blotninger er der observeret lodrette dalskrænter (Eismann, Litt & Wansa, 1995).

Elster-dalene er hovedsageligt fyldt ud med smeltevandssedimenter af fint sand, silt og ler. Grus forekommer kun i mindre mængder og oftest kun i de nedre dele af dalene. Generelt bliver sedimenterne finere opad. En særlig aflejring er det såkaldte Lauenburg-ler, som nederst er et issediment fra Sen-Elster, da isen smeltede bort. Lauenburg-leret er i de øvre dele et marint sediment stammende fra den tidlige Holstein-transgression (Knudsen, 1976). Moræneaflejringer forekommer typisk kun i de øverste lag i dalene. I nogle tilfælde er dalene næsten udelukkende udfyldt med moræneaflejringer, men dette gælder ofte kun dale med en dybde på under 100 m (Grube, 1979).

At de ovenfor beskrevne dale stammer fra Elster-istiden er primært en konklusion af, at dannelsen er sket subglaciale, samt at forekomsten af Lauenburg-leret indikerer en alder ældre end Sen-Elster. En større alder kan være mulig, men da der ikke er fundet nævneværdige spor efter ældre istider i Tyskland og Holland er en dannelse i Elster det mest sandsynlige. En stor del af de begravede dale i den sydlige del af Nordsøen er også tolket som værende fra Elster (Cameron et. al., 1989; Wingfield, 1989; Laban, 1995; Praeg 1996). Dalene ud for Jyllands vestkyst, som er kortlagt af Huuse & Lykke-Andersen (2000) kan morfologisk og muligvis også sedimentologisk korelles med Elster-dalene på land og på den baggrund sandsynliggøres en alder fra Elster også for disse. Ingen borerer af væsentlig værdi har kunnet bruges til aldersbestemmelse og beskrivelse af dalfyldet.

7.3 Saale-dale

Fra Saale-istiden er omfanget af fundne begravede dale relativt lavt. I den danske del af Central Graven i Nordsøen har Salomonsen (1993, 1995) og Salomonsen og Jensen (1994) dog kortlagt et omfattende system af begravede dale på baggrund af konventionel seismik. Dalene her er 0,5 til 3,5 km brede og op til 200 meter dybe. Retningen følger undergrundens forkastningsstrukturer med retningen NV-SØ, og det menes, at der findes en sammenhæng her imellem. Mange dale ses over Centraltruget og Horn Graven, mens der ikke ses nogen dale ovenpå Ringkøbing-Fyn højderyggen.

Ud over dalene fra Central Graven er der rapporteret om enkelte dale af Saale-alder fra den engelske del af Nordsøen (Cameron et. al., 1987; Wingfield, 1989) og fra Hollandske del af Nordsøen (Joon et. al., 1990), men disse er mindre dybe.

7.4 Weichsel-dale

Ikke begravede eller delvist begravede dale med tunneldalskarakter bliver generelt opfattet som værende dannet subglacialt af den seneste weichsel-is. Et meget stort antal af disse dale er blevet kortlagt i Polen og i Tyskland inden for den maksimale udbredelse af weichsel-isen. Alle dalene har retninger vinkelret mod tidligere weichsel-isrande. At weichsel-dalene oftest kun er delvist begravede, er i øvrigt en parallel til elster-dalene, som heller ikke blev helt begravet i istiden men først senere i den efterfølgende Holstein-interglacialtid. De fleste weichsel-dale er delvist udfyldt med smeltevandssedimenter med et ujævnt overfladerelief. Flere undersøgelser tyder på, at afsmeltning af dødisklumper har pågået under Allerød Interstadial, efter at weichsel-isen har trukket sig tilbage (se bl.a. Galon, 1965). Afsmeltningen af dødisklumper efter aflejringen af smeltevandssedimenterne har skabt et dødislandskab med søer, lavninger og bakker, som tit ses i bunden af subglacialt dannede dale. Flere andre træk tyder også på at dalene har været delvist udfyldt med dødis ved Weichsel-istidens afslutning.

I Nordsøen mener man også at have fundet weichsel-dale. Her er dalene helt begravede og er i størrelse lidt mindre end deres forgængere fra Elster og Saale. På seismiske linier er der nogle steder observeret begravede dale i op til 3 forskellige niveauer og generationer – tolket som hørende til 2 eller 3 af de seneste istider beskrevet ovenfor (Wingfield, 1990; Salomonsen, 1993, 1995). Også på land er der observeret flere generationer af begravede dale på samme sted. Et godt eksempel på dette er en undersøgelse af den såkaldte ”Bornhöved tunnel valley” ved Kiel, hvor der i samme overordnede dalstrøg kan udskilles erosioner og aflejringer fra alle de 3 seneste istider (Piotrowski, 1994). I landskabet ses Bornhöved-søerne som en del af den eksisterende dal dannet i Weichsel, men nede i den underliggende begravede dal findes bl.a. smeltevandsaflejringer fra Elster, samt Lauenburger-ler fra Sen Elster og Holstein. Det antages at dalstrøget er blevet dannet i Elster og ”genbrugt” i de to næste istider.

7.5 Teorier om dannelsen af de begravede dale

Det er bredt accepteret, at størstedelen af de begravede dale er dannet ved subglacial smeltevandserosion som Ussing hævdede det allerede i 1903. Siden den tid er mange alternative forklaringer blevet endevendt, men ingen har kunne bortforklare den subglaciale smeltevandserosions betydning. Teorien har dog undergået visse modifikationer. Den største indvending, der har været mod tunneldalsteorien er, at man ikke har troet på, at tunneller med en diameter på flere kilometer har kunnet eksistere under isen, og at isen ikke har kunnet producere

de store mængder smeltevand, der skal til for at opretholde et konstant flow gennem tunnelen. Den nutidige tunneldalsteori bygger derfor på, at mindre tunneller, eller rettere kanaler i underlaget, eksisterer i perioder med stor vandføring og lukkes ved isflydning i perioder med mindre vandføring. Nye kanaler indenfor samme strøg eroderer sig på denne måde gradvist ned og danner med tiden en større isudfyldt dal under isen.

Tunneldale menes også at kunne blive dannet ved, at strømmende smeltevand i tunneller i isen med en nedre kontakt til undergrunden, fører jord med sig fra det omgivende subglaciale miljø. Trykinitierede flydeprocesser presser jorden hen til vandstrømmen i tunnelen, hvor trykket er. Resultatet er, at der bliver dannet en dalfordybning i området omkring tunnelen (Boulton & Hindmarsh, 1987). Denne teori kan også forklare forekomsten af åse på følgende måde: Når vandstrømmen falder kan sedimentet ikke blive borteroderet, og tunnelen bliver derved udfyldt med oppresset undergrundsmateriale og af smeltevandsmaterialer. Hvis isen derefter smelter bort, uden at der herved sker nævneværdig erosion vil en afstøbning af tunnelen kunne fremstå som en ås i bunden af dalen. Åse er normalt forekommende i bunden af tunneldale, og underbygger derfor teorien om, at tunneldalene kan dannes som en følge af smeltevandets løb i tunneller i isen. Men åse forekommer også udenfor tunneldalene og særligt udbredte er de i grundfjeldsområder, hvor en kanalerosion i underlaget ikke har været mulig. I Danmark ses dog som noget særegent en hel del eksempler på åse som ligger ovenpå en moræneflade. Åse dannes altså også uafhængigt af tunneldalene.

Pludselige udladninger af smeltevandsophobninger under isen menes også at have haft betydning for dannelsen af begravede dale (Wingfield, 1990; Piotrowski, 1994). Dette kan evt. ske ved, at isen ophober store mængder af smeltevand bagved en bundfrossen rand, og når isen senere trækker sig tilbage frigøres masserne pludseligt. Ved pludselige smeltevandsudladninger vil store tunneldale kunne blive udfyldt med vand og opretholdt under en kort periode af smeltevandets tryk mod isen.

En anden teori for dannelsen af dalene er, at det er foregået ved subglacial erosion, som det ses ved dalgletschere i bjerge (Gripp 1964, 1975; Hansen, 1971). Dette kan dog langt fra alene forklare de lange og smalle tunneldale i fladlandet, da en gletschertunge, som en følge af fysiske love, ikke kan blive mere end halvt så lang som bred på et fladt underlag (Nye, 1952). Dalene har dog, med sine relativt store dybder på måske flere hundrede meter, i nogle tilfælde godt kunnet være ramme om en kort gletschertunge på nogle få kilometer, men slet ikke af samme længde som tunneldalene generelt udviser. Under fladlandsgletschere kan erosionen størrelse i stedet variere alt efter hvilket sediment, der bliver overskredet. Således kunne man forestille sig, at en tidligere dal i et moræneområde, som er begravet med smeltevandsaflejringer, kan være mere udsat for erosion end det omkringliggende moræneler, og resultatet vil derved blive en genskabelse eller

et ”genbrug” af den begravede dal. Erosionen ved bunden af gletscheren kan både foregå ved isskuring og ved glacialtektoniske opskydninger. Et eksempel på at smeltevandsaflejringer i en begravet dal er borteroderet ved opskydninger er beskrevet fra den såkaldte ”Bornhöved tunnel valley” ved Kiel (Piotrowski, 1994).

Af den internationale litteratur fremgår det i store træk, at forhold som:

- de hydrologiske forhold i gletscheren
- tryk/temperaturforhold ved gletschersålen
- underlagets beskaffenhed og relief
- underlagets evne til at transportere grundvand
- svaghedszoner i underlaget

menes at være bestemmende for forekomsten af begravede dale.

8 Sammenstilling og tolkning af resultater

8.1 Retningsammenhænge mellem topografiske dale, begravede dale og forkastninger

Da topografiske dale, begravede dale og strukturelle elementer i undergrunden alle er retningsbetingede elementer, blev der i forbindelse med 1998-kortlægningen foretaget en sammenligning mellem retningsfordelingerne af disse indenfor Jylland som helhed og indenfor de enkelte udpegede regioner, med henblik på at kunne pege på eventuelle sammenhænge.

Til brug for denne sammenligning blev rosetterne for de begravede dale og de topografiske dale anvendt, og efter samme fremgangsmåde, som for de begravede dale, og de topografiske dale blev de dybtliggende strukturelle elementer ved Top præ-Zechstein (Vejbæk og Britze, 1994) digitaliseret og plottet i rosetter.

Ved opdateringen er data for de topografiske dale og forkastningerne uændrede i forhold til 1998-kortlægningen. På figur 8.1 ses et plot af forekomsten af forkastninger, topografiske dale og opdaterede begravede dale i Jylland og på figur 8.2 ses rosetterne for forkastningerne (figur 7.4 fra 1998-rapporten). Rosetter for de opdaterede begravede dale, de topografiske dale og forkastningerne for Jylland som helhed er vist i figur 8.3.

8.1.1 Resume af resultater fra 1998-kortlægningen

Den følgende gennemgang er en forkortet udgave af resultaterne fra 1998, og der henvises til figurene 5.4, 6.2 og 7.4 i 1998-rapporten.

Jylland som helhed:

For Jylland som helhed kunne der ses et bemærkelsesværdigt sammenfald mellem den dominerende retning for forkastningerne og den dominerende retning for de topografiske dale. Denne retning er VNV-ØSØ. Det samme billede kunne ses for de begravede dale, om end der var større spredning i data.

Retningerne V-Ø og VSV-ØNØ gik igen hos både de begravede dale og de topografiske dale, men ikke entydigt hos forkastningerne. N-S retninger gik derimod igen hos både forkastninger og begravede dale.

Sammenligninger områderne imellem:

Bortset fra Nordvestjylland og Himmerland kunne retningen VNV-ØSØ genfindes i forkastningerne i alle områder. Retningen kunne også findes i de topografiske dale i de samme områder, ligesom den

kunne spores for de begravede dale i de områder, hvor datamængden var stor nok.

I Nordvestjylland og Himmerland gik specielt forkastningsretningerne omkring N-S også igen hos både de topografiske dale og de begravede dale.

I Sydvestjylland og Sydøstjylland kunne der ses en svag V-Ø-retning for de topografiske dale og for forkastningerne, mens den for de begravede dale trådte noget tydeligere frem.

For de topografiske dale var VSV-ØNØ-retningen i Sydøstjylland og Østjylland derimod **ikke** sammenfaldende med retninger i forkastningsbilledet. For de begravede dale var retningen VSV-ØNØ, som var mest fremtrædende i Østjylland, og N-S-retningen i Sydvestjylland heller ikke sammenfaldende med kortlagte retninger i forkastningsbilledet.

8.1.2 Nye resultater

Opdateringen af de begravede dale

Det opdaterede billede af de begravede dale viser generelt de samme retninger som for 1998-kortlægningen. For Jylland som helhed viser de begravede dale en retningsfordeling med en dominerende retning omkring V-Ø, i modsætning til det tidligere mere spredte billede med 3 foretrukne retninger. På figur 8.3 ses samlede retningsrosetter for hele det jyske område, og overensstemmelsen mellem de begravede dale og de topografiske dale og forkastningerne er blevet tydeligere ved opdateringen, omend det ser ud til, at de begravede dale drejer en anelse mere mod V-Ø.

For de enkelte regioner er det generelle billede af de begravede dale i store træk uændret. For de 2 sydjyske områder er sammenfaldet med forkastningsretningerne blevet mere tydeligt (se figurerne 5.4 og 8.2) og for Nordvestjylland er der kommet en tydelig V-Ø retning ind. I Østjylland, hvor der er kommet mange nye dale til, er de 2 dominerende retninger uændret VNV-ØSØ og NØ-SV/ØNØ-VSV.

Lokale eksempler på sammenhænge mellem topografiske dale og begravede dale

For Århus-området, der har flest kortlagte begravede dale, er der udarbejdet et rosetdiagram for henholdsvis de begravede dale og de topografiske dale i 1:100.000 (se figur 8.4). Det ses, at de 2 hovedretninger VNV-ØSØ og NØ-SV/ØNØ-VSV træder meget tydeligt frem i begge rosetter. Dette retningsbillede svarer omtrent til det generelle billede for hele region Østjylland.

Indenfor samme område er der ved Grundfør og Søften udvalgt et mindre delområde (se figur 8.5), hvor de begravede dale er sammenlignet med de topografiske dale i 1:25.000. Den dominerende begravede dal, som går fra Søften og nordover til Grundfør har en afvigen-

de retning i forhold til det overordnede billede i hele Århus-området, som kunne ses på figur 8.4. På trods af dette kan der ses et meget tydeligt sammenfald i retningerne for begge daltyper. Dette er bemærkelsesværdigt, både fordi der er tale om en afvigende retning, og fordi de begravede dale er fortrinsvist helt begravede. De topografiske dale i området har enten samme retning som de begravede dale eller en retning vinkelret herpå. Flere af de topografiske dale har mere karakter af ridser i terrænet, sammenlignelige med hvad der kan ses ved Hammel, Skjød og Hvorslev længere mod vest; se f.eks. figur 6.5 fra Hammel eller figur 8.6.

På figur 8.6 er der optegnet en streg gennem alle de retlinede, smalle dale eller "terrænridser", som er kendetegnet ved:

- at længden er mange gange større end bredden
- at ridserne afviger fra det generelle kurvebillede
- at ridserne udgør mere eller mindre isolerede topografiske dale
- at ridserne ofte er uden vandløb, men kan have afsnørede søer eller moser i bunden
- at ridserne ofte har et saddelpunkt i dalbunden

Ved Skjød kan der ses et netværk af ridser i terrænet og ved TEM-kortlægningen i området (se lokalitet År 9) blev der bl.a. fundet markante begravede dale med tilsvarende retninger indenfor området. Ved Hammel og Hvorslev er der ikke foretaget geofysiske undersøgelser, men det er nærliggende at formode, at der også her vil kunne findes begravede dale med retninger svarende til ridserne i terrænet.

Dalene ved Hvorslev er tidligere beskrevet af blandt andre Milthers (1916), som tolkede disse som tektoniske spaltedale opstået i Senglacialtiden. Som nævnt i Larsen & Kronborg (1994) er der senere fremsat alternative forklaringer, hvor en af disse f.eks. peger på muligheden for at dannelsen skyldes dødis, en anden at der skulle være tale om frostspalter og en tredje at dalene repræsenterer naturlig dræning fremkommet ved udskridning. Med eksemplerne ved Grundfør og Skjød er der dog tegn på, at ridserne i terrænet er associeret med begravede dale med samme retninger, men med en meget større dimension. At terrænridserne findes over et større område, som det ses på figur 8.6, viser, at der ikke blot er tale om et lokalt fænomen.

Om der er en direkte sammenhæng mellem terrænridserne og de begravede dale er ikke tilstrækkeligt belyst på nuværende tidspunkt, men ovenstående eksempler er medvirkende til at understrege de sammenhænge mellem topografiske dale, begravede dale og strukturer i den dybere undergrund, som kortlægningsprojektets øvrige resultater peger på.

8.2 Tolkninger af retningssammenhænge

I 1998-kortlægningen udmøntede tolkningerne af retningssammenhænge sig i en beskrivelse af de forskellige faktorer, som menes at have haft en styrende effekt på retningerne af de begravede dale og de topografiske dale. I det følgende gennemgås disse faktorer kort og der suppleres med nye vurderinger på baggrund af opdateringen. En mere fyldig gennemgang af faktorerne findes i 1998-rapporten (se vedlagte CD-rom).

8.2.1 Dalretninger styret af forkastninger

Den jyske undergrund er opdelt i nogle overordnede strukturelle elementer med dominerende retninger mellem V-Ø og NV-SØ, samt underordnede retninger omkring N-S. Igennem mange millioner år er aflejringsmønstrene i området påvirket af disse tektoniske rammer. At forkastningsaktivitet har fundet sted helt op i kvartæret beskrives i bl.a. Frost (1977), Kronborg et al. (1978), Lykke-Andersen (1981), Hansen (1994) og Lykke-Andersen et al. (1996).

Da forkastningernes foretrukne retninger genfindes områdevist både i de begravede dale og i de topografiske dale, er det sandsynliggjort, at de dybtliggende forkastninger i større eller mindre grad har været styrende for dannelsen af dale i det ovenliggende landskab i både tertiet og kvartæret.

8.2.2 Dalretninger styret af isbevægelser

Gennem istiderne har der været mange isoverskridelser af Jylland. Bevægelsesretningerne har i de fleste tilfælde været fra mellem N og SØ og de hyppigste retninger har antageligt været fra NØ og SØ.

Den seneste is – den østjyske is – havde en bevægelsesretning fra SØ, mens den næstsidste havde en retning fra mellem ØNØ og NNØ afhængigt af hvor i Jylland man befinder sig. I det jyske landskab, med undtagelse af området Sydvestjylland, skulle man således i teorien kunne forvente at se foretrukne dalretninger i Nordøstisens og den Østjyske is' bevægelsesretninger. Dette stemmer godt overens med dalretningen VSV-ØNØ i Østjylland og i Sydøstjylland, og i Nordvestjylland er Nordøstisens retning sammenfaldende med forkastningernes hovedretning. Sydøstisens bevægelsesretning kan også ses, men denne er omtrent sammenfaldende med den dominerende retning for forkastningerne (VNV-ØSØ). I Himmerland som helhed er retningen vanskelig at erkende, men ser man på Sydvest-Himmerland separat (se figur 6.2) kan en tydelig nordøstretning ses.

Der er indicier på, at de seneste 2 gletscheroverskridelser har haft indflydelse på det eksisterende landskabs dalsystemer, men det er ikke muligt med sikkerhed at se en sammenhæng mellem disse 2 overskridelser og de begravede dale. Dog synes retningen VSV-ØNØ i Østjylland at kunne sammenkædes med nordøstisen, og VNV-ØSØ i

Sydøstjylland synes at kunne sammenkædes med sydøstisen. V-Ø og N-S-retningerne i andre områder kunne sammenkædes med tidligere gletscheroverskridelser.

8.2.3 Dalretninger styret af andre faktorer

Saltstrukturer:

Flere dale i specielt Nordvestjylland og i Himmerland, er dannet enten i svaghedszoner over saltstrukturer eller i randsænker omkring. Disse dale vil være styret af tektonik omkring selve saltstrukturen og vil have lokalt varierende retninger. At saltstrukturer har haft indflydelse på den kvartære terrænmorfologi er beskrevet af bl.a. Madirazza (1968a, 1968b, 1980) og Hansen & Håkansson (1980).

Andre mulige styrende faktorer:

Det er påpeget af Lykke-Andersen (1988), at de større, begravede dal-systemer i Danmark, Nordtyskland og Polen er orienteret ind mod midten af aflejringsbassinet for de miocæne aflejringer, og mønstret ville kunne forventes for de floder, som afvandede områderne rundt om aflejringsbassinet. Floderne ville ideelt set lægge sig vinkelret på formationsgrænserne og nederodere sig successivt dybere ned i takt med at havspejlet faldt op mod Kvartærtiden og kystlinien rykkede mod vest.

Ved kortlægningen af de begravede dale og de topografiske dale har det ikke være muligt at pege på en direkte sammenhæng med tertiære flodsystemer – dvs. om de nuværende dale ligger præcis over gamle tertiære floddale. Muligheden foreligger dog, da der er tale om flere retningsammenfald. Retningerne stemmer godt overens med flere af de dominerende retninger for de begravede dale, som kan ses på figur 5.4 - retninger mellem NØ-SV og NV-SØ i Syd- og Østjylland og NØ-SV-lige til N-S-lige retninger i den nordlige del af Jylland. I Østjylland er retningerne mellem VSV-ØNØ til NØ-SV omtrent parallelt med kalkoverfladens hældning, jf. Ter-Borch (1987).

8.3 Daldannelsesmekanismer generelt i Jylland

På baggrund af 1998-kortlægningen og opdateringen kan følgende hypoteser omkring daldannelsesmekanismerne for begravede og topografiske dale i Jylland opstilles:

- Strukturelle bevægelser i undergrunden har været styrende for retningerne og evt. beliggenheden af tertiære erosionsdale og har ligeledes direkte eller indirekte haft en indflydelse på daldannelsen i kvartæret.
- Kvartærtidernes gletschere har ved subglacial is- og smeltevands-erosion gradvist nederoderet og omformet dale i isbevægelsernes længderetninger.
- Daldannelsen ser ud til at være sket ved gentagne aflejringer og erosion, og flere steder er dalstrøg blevet ”genbrugt”.

- Der findes flere forskellige aldre og generationer af begravede dalsystemer.
- Isbevægelsesretningerne er til en vis grad ved isranden påvirket af det underliggende landskab.
- Gletscherne efterlader dale parallelt med isbevægelsesretningen og begraver dale vinkelret herpå.
- Lokalt har saltstrukturer været styrende for beliggenheden af begravede dale.

Ved slutningen af Tertiær har der sandsynligvis været dybt nedskårne floddale i landskabet. Flodernes retning og muligvis også beliggenhed har været afhængig af svaghedszoner og forkastninger i undergrunden og underlagets hældning. De tertiære floddale kan have været styrende for de randnære isbevægelsesretninger og kan være blevet uddybet eller omformet af is- og smeltevandserosion. Retningssammenhænge mellem undergrundens strukturelle mønster, de begravede dale og landskabets eksisterende dale antyder, at daldannelsen er påvirket af undergrundens bevægelser uanset om der er tale om vandløbserosion under åben himmel eller subglacial erosion. Effekten fra undergrundens strukturelle mønster har altså været til stede hele vejen op gennem Kvartærets nedisninger, også selvom den subglaciale daldannelse kun er indirekte afhængig af dette. Om effekten udelukkende skyldes at landskabet ved indgangen til Kvartær havde et ”start”-relief, eller om tektonisk aktivitet op i gennem Kvartæret også har påvirket daldannelsen er dog uvist.

Det større datamateriale, som opdateringen har givet adgang til, har betydet, at det nu er muligt, at komme et skridt nærmere forklaringen på, hvordan de begravede dale i Jylland er blevet dannet. Ligeledes kan sammenligninger med begravede dale udenfor det jyske område hjælpe til en bedre forståelse af dannelsesmekanismerne. I det følgende vil disse nye betragtninger blive gennemgået kort.

Den generelle opfattelse af at begravede dale er dannet subglacialt af is- eller vanderosion skyldes primært, at dalenes dybderelief for det meste er meget stort og at bundrelieffet er ujævnt. Dertil kommer at dalene i nogle tilfælde når dybere end den formodet dybeste erosionsbasis under åben himmel i Tertiær og Kvartær. Dalenes bredder, dybder og interne mønstre er meget sammenlignelige i og udenfor det jyske område, hvilket tyder på fælles dannelsesmekanismer. Dalenes fyld har ligeledes meget til fælles med de beskrevne dale udenfor det jyske område; ofte meget smeltevandsler og moræneler i de øvre lag, smeltevandssand/-grus også ofte forekommende samt forekomster af interglaciale aflejringer.

At der ved både Holsted (Ri 19) og Hornsyld (Ve 5), hvor der er lavet shallow-seismiske undersøgelser, ses tegn på gentagen erosion og aflejring, tyder på, at dalene ikke er skabt på een gang, men at de gradvist er blevet eroderet ned og fyldt op igen ved forskellige begivenheder og i forskellige tracéer men indenfor det overordnede dalforløb. Disse gentagne begivenheder kan være foregået under samme glet-

scher, som et resultat af vekslende dynamiske forhold i isen, men kan også afspejle at dalene er blevet ”genbrugt” gennem flere nedisninger. Lignende forhold og strukturer er også beskrevet i den internationale litteratur.

Alderen af de begravede dale er vanskelig at bestemme, men hvis det er muligt at datere aflejringerne i dalene, kommer man frem til en minimumsalder. Dalene kan imidlertid blive ”genbrugt” flere gange under gentagne nedisninger og muligvis er nogle af dalene af Tertiær oprindelse. Ved Børkop (Ve 11) er der fundet Holstein- og Saale-aflejringer i en begravet dal, hvilket tyder på en Elster-alder eller ældre, som så mange andre begravede dale i Nordeuropa. Holstein-aflejringer ses også mange steder i Ribe Amt, hvor disse formodentlig også er forekommende i begravede dale. Dalene er dog ikke medtaget i denne kortlægning på grund af manglende kendskab til udbredelse og form. I den begravede dal ved Beder (År 3) er der fundet Eem-aflejringer.

Dalenes alder er sandsynligvis ikke den samme. Som nævnt menes nogle af dalene allerede at have eksisteret ved slutningen af Tertiær, mens andre er dannet under forskellige istider. De forskellige foretrukne retninger tyder på at flere forskellige isfremstød har dannet dalene, ligesom at der på en række lokaliteter er kortlagt dale af forskellige generationer og aldre. Eksempelvis er der en klar tendens til at dale på tværs af den seneste isbevægelsesretning er blevet helt begravet, mens dale parallelt hermed er blevet bevaret eller kun delvist begravet.

9 Kort status og fremtidigt projektindhold.

Opdateringen af kortlægningen har medført et supplerende datamateriale, som er blevet inddraget i vurderingerne af de begravede dales fælles træk. Det større datamateriale har givet anledning til nye betragtninger omkring dannelse, men har også givet et øget kendskab til dalenes typiske dimensioner, mønstre og udfyldninger. En gennemgang af begravede dale udenfor det jyske område har vist, at resultater herfra kan inddrages i vurderingerne. Der synes at være mange fælles træk. Endelig har en yderligere bearbejdning af topografiske data givet gode resultater i arbejdet med at forudsige de begravede dales foretrukne retninger.

I 1998-rapporten blev der gennemgået en række forslag til et fremtidigt projektindhold. Det blev vedtaget at opdatere kortlægningen løbende som foreslået under et af punkterne.

Forslagene til et mere omfattende projekt vedr. begravede dale er stadig relevante (se 1998-rapporten). Særligt kan nævnes en yderligere behandling af eksisterende data, så som boredata, seismiske data og topografiske data. Det vurderes specielt, at en grundig gennemgang af boredata (f.eks. registrering af interglaciale aflejringer) vil kunne bidrage med yderligere viden.

Mere omfattende undersøgelser af begravede dale med fremskaffelse af nye data vil naturligvis også være af stor værdi. Boringer, borehulslogging, aldersdatering af sedimenter, seismiske undersøgelser og TEM-sonderinger i kombination på specifikke lokaliteter kan i særlig høj grad anbefales, når det drejer sig om at kortlægge begravede dale.

10 Litteratur- og referenceliste

Referencelisten indeholder referencer fra både 98-rapporten og opdateringsrapporten.

Andersen, S.Th. (1965)/ Interglacialer og interstadialer i Danmarks Kvartær. Meddr. Dansk Geol. Foren., 15(4), pp. 486-504.

Binzer, K. & Stockmarr, J. (1994)/ Prækvartæroverfladens højdeforhold. Målestok 1:500.000. DGU, 1994.

Boulton, G. S., & Hindmarsh, R. C. A. (1987)/ Sediment deformation beneath glaciers: Rheology and geological consequences. *Journal of Geophysical Research*, 92(B9), 9059-9082.

Cameron, T. D. J., Stoker, M. S., & Long, D. (1987)/ The history of Quaternary sedimentation in the UK sector of the North Sea Basin. *Journal of the Geological Society*, London, 144, 43-58.

Cameron, T. D. J., Laban, C., & Schüttenhelm, R. T. E. (1989a)/ Upper Pliocene and Lower Pleistocene stratigraphy in the Southern Bight of the North Sea. In J. P. Henriët, & G. de Moor, (Eds.), *The Quaternary and Tertiary Geology of the Southern Bight, North Sea* 97-110. University of Ghent.

Dijke, J. J. van, & Veldkamp, A. (1996)/ Climate-controlled glacial erosion in the unconsolidated sediments of northwestern Europe, based on a genetic model for tunnel valley formation. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21, 327-340.

Ehlers, J., & Linke, G. (1989)/ The origin of deep buried channels of Elsterian age in north-west Germany. *Journal of Quaternary Science*, 4(3), 255-265.

Ehlers, J., Meyer, K.-D., & Stephan, H.-J. (1984)/ Pre-Weichselian glaciations of north-west Europe. *Quaternary Science Reviews*, 3, 1-40.

Ehlers, J., & Wingfield, R. (1991)/ The extension of the Late Weichselian/Late Devensian ice sheets in the North Sea Basin. *Journal of Quaternary Science*, 6, 313-326.

Eissmann, L., Litt, T., & Wansa, S. (1995)/ Elsterian and Saalian deposits in their type area in central Germany. In J. Ehlers, S. Kozarski, & P. Gibbard, (Eds.), *Glacial deposits in north-east Europe* 439-464. Rotterdam: Balkema.

- Espersen, T. B. (1994)**/ En reflektionsseismisk undersøgelse i den centrale del af Limfjorden. Spec. ved Maringeologisk Afd., Geol. Inst., A.U. 1994.
- Frost, R. T. C. (1977)**/ Tectonic patterns in the Danish region (as determined from comparative analysis of magnetic, landsat, bathymetric and gravity lineaments). Geol. in Mijnbouw, 56, 4, pp. 351-362.
- Galon, R. (1965)**/ Some new problems concerning subglacial channels. Geographia Polonica, 6, 19-28.
- Gripp, K. (1964)**/ Erdgeschichte von Schleswig-Holstein . Neumünster, Wachholtz.
- Gripp, K. (1975)**/ 100 Jahre Untersuchungen über das Geschehen am Rande des nordeuropäischen Inlandeises. Eiszeitalter und Gegenwart, 26, 31-73.
- Grube, F. (1979)**/ Übertiefe Täler im Hamburger Raum. Eiszeitalter und Gegenwart, 29, 157-172.
- Grube, F. (1983)**/ Tunnel valleys. In J. Ehlers, (Ed.), Glacial deposits in north-west Europe 257-258. Rotterdam: Balkema.
- Halkjær & Pedersen (1996)**/ MEP – en ny geoelektrisk metode til geologisk detailkortlægning. Vandteknik nr. 8, p. 443-447.
- Halkjær, M. & Auken, E. (1998)**/ TEM-metoden – erfaringer fra danske kortlægninger. Geologisk Nyt 1/98., p. 12-14.
- Hansen, J. M. (1994)**/ Læsø's tilblivelse og landskaber – om øen der rokker og hopper. DGU, 56. pp.
- Hansen, J. M. & Håkansson, E. (1980)**/ Thistedstrukturens geologi – et ”neotektonisk” skoleeksempel. DGF Årsskrift for 1979, pp. 1-9.
- Hansen, K. (1971)**/ Tunnel valleys in Denmark and northern Germany. Bulletin of the Geological Society of Denmark, 20, 295-306.
- Houmark-Nielsen, M. (1987)**/ Pleistocene stratigraphy and glacial history of the central part of Denmark. Bull. geol. Soc. of Denmark, vol. 36, pp. 1-189.
- Huuse, M. & Lykke-Andersen, H. (2000)**/ Overdeepened Quaternary valleys in the eastern Danish North Sea: morphology and origin. Quaternary Science Reviews 19, 1233 – 1253.
- IGCP (1996)**/ Base of Quaternary deposits of the Baltic Sea depression and adjacent areas. Neogeodynamica Baltica Project No. 346.

Joon, B., Laban, C., & Meer, J. J. M. van der (1990)/ The Saalian glaciation in the Dutch part of the North Sea. *Geologie en Mijnbouw*, 69, 151-158.

Karabanov, A. K., Ludwig, A. O., & Schwab, B. G. (1996)/ Base of Quaternary deposits of the Baltic Sea depression and adjacent areas, 1:1.500.000. *Neogeodynamica Baltica* Project No. 346.

Kleman, J. (1994)/ Preservation of landforms under ice sheets and ice caps, *Geomorphology*, 9, pp. 19-32.

Knudsen, K. L. (1976)/ Die Holstein-interglazialen Foraminiferen-Faunen von Wacken (West Holstein) und Hamburg-Hummelsbüttel. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 27, 206-207.

Kort & Matrikelstyrelsen/ Topografisk Atlas, 1:100.000.

Kronborg, C., Bender, H. & Larsen, G. (1978)/ Tektonik som en mulig medvirkende årsag til daldannelsen i Midtjylland. *DGU Årbog 1977*, pp. 64-76.

Laban, C. (1995)/ The Pleistocene glaciations in the Dutch sector of the North Sea: A synthesis of sedimentary and seismic data . Doctoral thesis, University of Amsterdam.

Larsen, F. & Kjøller, C. (2000)/ Historien om Beder-magasinet på en anden måde. ATV-møde om beskyttelse af grundvandsressourcen. D. 25. maj 2000

Larsen, G. & Kronborg, C. (1994)/ *Geologisk Set. Det mellemste Jylland*. Geografforlaget, 272 p.

Lykke-Andersen, H. (1981)/ Indications of neotectonic features i Denmark. *Z. Geomorph. N. F., Suppl.*, 40, pp. 81-85.

Lykke-Andersen, H. (1988)/ *Viborgegnens Geologi*. Viborg Leksikon 6.

Lykke-Andersen, H. (1995)/ Neotektonik i Danmark. Danmarks geologi fra Kridt til i dag. In: *Aarhus Geokompendier nr. 1*. pp. 19-31.

Lykke-Andersen, H. (1995)/ Om tunneldalenes natur. *GeologiskNyt* 3/95.

Lykke-Andersen, H., Madirazza, I. & Sandersen, P. B. E. (1996)/ Tektonik og landskabsdannelse i Midtjylland. *Geologisk Tidsskrift*, hæfte 3, pp. 1-32.

Madirazza, I. (1968a)/ An interpretation of the Quaternary morphology in the Paarup salt dome area. *DGF*, 18, 2, pp. 241-243.

Madirazza, I. (1968b)/ Mønsted and Sevel salt domes, north Jutland, and their influence on the Quaternary morphology. *Geol. Rundschau*, 57, 3., pp. 1034-1066.

Madirazza, I. (1980)/ Postglaciale bevægelser i området ved Fjerritslev saltstruktur. *DGF Årsskrift for 1979*, pp. 11-14.

Miljøstyrelsen (1995)/ Overvågning af grundvandsressourcen baseret på nye geofysiske metoder. Foreløbig udgave.

Milthers, V. (1916)/ Spaltdale i Jylland. *DGU IV. Rk*

Nye, J. F. (1972)/ The mechanics of glacier flow. *Jour. of Glaciology*, vol 2, p. 82-93.

Pedersen, F. F. (1993)/ Slæbegeoelektrik – hvordan er grundvandet beskyttet?. *Vandteknik nr. 2*, s. 59-63.

Petersen, K. (1990)/ Estimering af saltstrukturers vertikale bevægelser belyst ved eksempler fra det danske Bassin herunder Batum Salt-diapirens betydning for den kvartære morfologi. Unpubl. spec. Geologisk Institut, A.U. 1990

Piotrowski, J. A. (1994)/ Tunnel-valley formation in northwest Germany - geology, mechanisms of formation and subglacial bed conditions for the Bornhöved tunnel valley. *Sedimentary Geology*, 89, 107-141.

Praeg, D. (1996)/ Morphology, Stratigraphy and Genesis of Buried Elsterian Tunnel-Valleys in the Southern North Sea Basin . Unpublished Doctoral Thesis, University of Edinburgh.

Salomonsen, I. (1993)/ Quaternary buried valley systems in the eastern North Sea. Unpublished PhD thesis, University of Copenhagen.

Salomonsen, I. (1995)/ Origin of a deep buried valley system in Pleistocene deposits of the eastern central North Sea. In: Michelsen, O. (Ed.). *Proceedings of the 2nd Symposium on : Marine Geology. Geology of the North Sea and Skagerrak*, Århus University, 1993. *DGU Serie C, Nr. 12*.

Salomonsen, I., & Jensen, K. A. (1994)/ Quaternary erosional surfaces in the Danish North Sea. *Boreas*, 23, 244-253.

Sandersen, P. & Jørgensen, F. (1998)/ Kortlægning af begravede dalsystemer i Jylland - et forprojekt. Udarbejdet for ”Det jyske grundvandsamarbejde”.

Schwab, G. von, & Ludwig, A. O. (1996)/ Zum Relief der Quartär-basis in Norddeutschland. Bemerkungen zu einer neuen Karte. Zeitschrift für geologische Wissenschaften, 24 (3/4), 343-349.

Smed, P. (1995)/ Tunneldale - er dannet af smeltevand under isen. Geologisk Nyt 1&2/95.

Sorgenfrei, Th. & Berthelsen, O. (1954)/ Geologi og vandboring. DGU, 3 Rk., 31, 106 pp.

Ter-Borch, N. (1987)/ Kalkoverfladens struktur. Skov- og Naturstyrelsen og DONG.

Thomsen, S. (1997)/ Kortlægning af dybtliggende grundvandsmagasin i Danmark. Afsluttende rapport okt. 1997.

Ussing, N. V. (1903)/ Om Jyllands hedesletter og teorierne for deres dannelse. Oversigt over Det Kongelige danske Videnskabernes Selskab Forhandlinger, 2, 99-152.

Ussing, N. V. (1907)/ Om floddale og randmoræner i Jylland. Oversigt over Det Kongelige danske Videnskabernes Selskab Forhandlinger, 4, 161-213.

Vejbæk, O. V. (1997)/ Dybe strukturer i danske sedimentære bassiner. Geologisk Tidsskrift, hæfte 4, pp. 1-31.

Vejbæk, O. V. & Britze, P. (eds.) (1994)/ Top pre-Zechstein (two way travel time and depth), geological map of Denmark 1:750.000. DGU Kortserie, 45, 9 pp.

Wingfield, R. (1989)/ Glacial incisions indicating Middle and Upper Pleistocene ice limits off Britain. Terra Nova, 1, 538-548.

Wingfield, R. (1990)/ The Origin of Major Incisions within the Pleistocene Deposits of the North Sea. Marine Geology, 91, 31-52.