
Appendix 1: Navngivning af GIS-tabeller

Vedr. kortlægningen af begravede dale

Tabelnavne

De kortlagte begravede dale er indtegnet 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 linier
<i>ce_vd.tab</i>	centerlinier for de veldokumenterede dale; fuldt optrukne linier
<i>ce_vd_sd.tab</i>	alle centerlinier samlet i én tabel; alle centerlinier er fuldt optrukne
<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; lodret blå skravering
<i>fl_db_vd.tab</i>	fladekortlægning af delvist begravede, veldokumenterede dale; lodret rød skravering

Vedr. kortlægningen af topografiske dale og forkastninger

Tabelnavne

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

<i>topodale.tab</i>	alle kortlagte topografiske dale på kort i 1:100.000
<i>forkastn.tab</i>	forkastninger ved Top præ-Zechstein (Vejbæk og Britze 1994)

Appendix 2: Udarbejdelse af rosetdiagrammer

Plot af retningsdata

Til brug for sammenligninger af retningsdata er der udarbejdet en række rosetdiagrammer. Centerlinierne for de kortlagte dale udtrykker retning og længde, og disse to værdier indgår som input til udarbejdelsen af rosetdiagrammerne.

GeoMapVector & GeOrient

I MapInfo udvælges de vektordata, som skal plottes, og herefter beregnes vektorernes længder og retninger ved hjælp af programmet GeoMapVector. Efter beregningerne anvendes programmet GeOrient (version 8) til plot af rosetdiagrammer. Begge programmer er udviklet af Dept. of Earth Sciences, Univ. of Queensland, Australien.

Gradintervaller

Ved plot i rosetdiagrammer anvendes konsekvent 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 meget store mængde data bliver relativt grov, mens en lille mængde data betyder at rosetdiagrammerne kan blive for detaljerede i forhold til datagrundlaget.

Appendix 3:

Anvendte definitioner og signaturer i kortlægningen af begravede dale

Definitioner

Definitioner

De opstillede definitioner for typer af begravede dale samt definitioner af dalkategorier, som beskriver graden af dokumentation for tilstedeværelse af dalen, gennemgås herunder.

Daltype:

Begravet dal

a) *Begravet dal:*

En begravet dal defineres overordnet som en aflang fordybning eller depression, som er helt eller delvist udfyldt med yngre aflejringer.

Heraf:

Helt begravet dal

b) *Helt begravet dal:*

En helt begravet dal er helt udfyldt med yngre aflejringer og kan ikke erkendes i det nuværende terræn.

Delvist begravet dal

c) *Delvist begravet dal:*

Er der helt eller i nogen grad sammenfald mellem forløbet af en begravet dal og en eller flere topografiske dale, betegnes dalen som delvist begravet.

Ovenstående definitioner er illustreret på figur 1, hvor skitser af helt begravede dale og delvist begravede dale er vist. En begravet dal kan 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 fordybning, som er fuldstændig dækket af yngre jordlag.

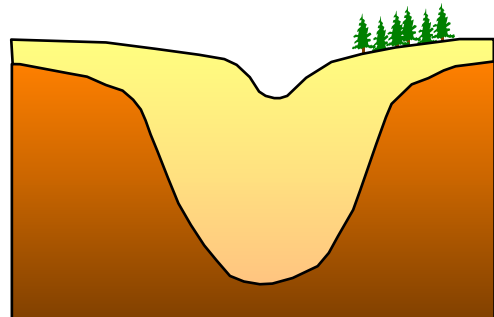
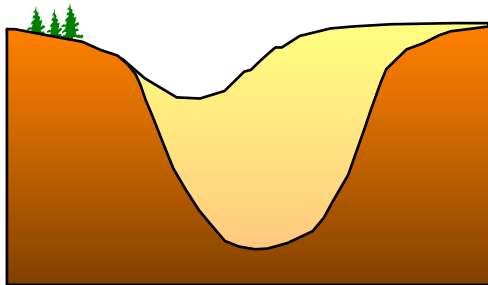
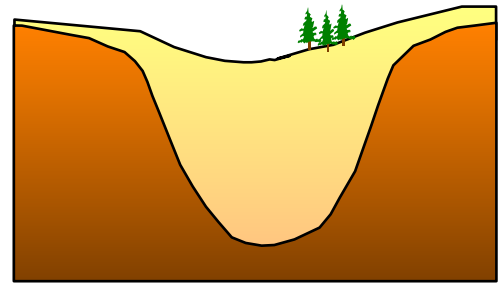
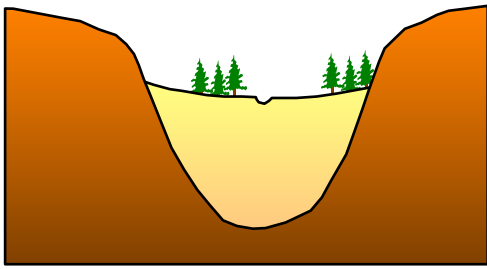
Bredden af en begravet dal afgrænses i kortlægningen ved toppen af dalskuldrene. I tilfælde af at data ikke entydigt viser dette punkt, angives afgrænsningen så vidt det er muligt i en fast kote.

Dalkategori

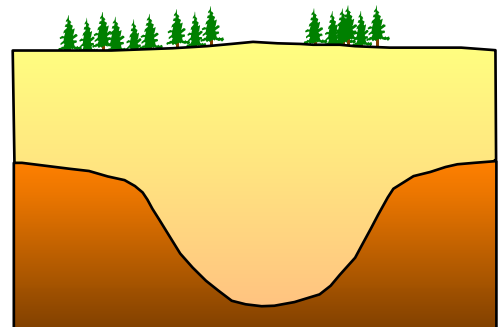
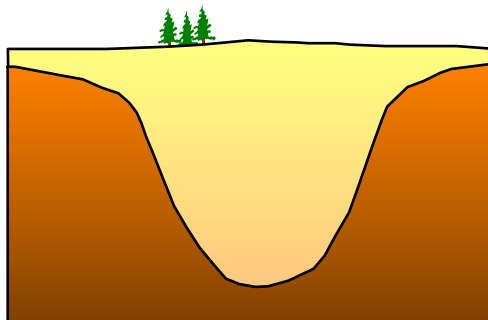
Dokumentation

Den sikkerhed, hvormed dalene er bestemt, afhænger af hvor god dokumentationen er. I nogle tilfælde er der så mange data, at både 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. Hvis en dals retning ikke kan bestemmes, er den ikke blevet kortlagt.

Eksempler på delvist begravede dale



Eksempler på helt begravede dale



Figur 1 Skitser af helt og delvist begravede dale.

De begravede dale beskrevet ovenfor, kan kategoriseres som:

a) *Veldokumenterede dale:*

Veldokumenterede

Ved udpegningen af begravede 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. I enkelte tilfælde, hvor en begravet dal fremtræder meget tydeligt i eet datasæt, kan dalen dog blive kategoriseret som veldokumenteret.

b) *Svagt dokumenterede dale:*

Svagt dokumenterede

Dalene kategoriseres som *svagt dokumenteret*, hvis der er lille datatæthed eller hvis data er mindre anvendelige til formålet og dalene ikke fremtræder tydeligt. Den overordnede retning og udbredelse kan dog kortlægges.

Signaturer

Signaturer

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 kortene i hovedrapportens bilag 1.

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 lodret skravering. 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 de steder, 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.
- Der kan 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 større, begravet dal gennemskærer en mindre, begravet dal, tegnes centerlinien for den mindre dal ikke helt ud til den store dals centerlinie.
- Hvis 2 begravede dale krydser hinanden i 2 separate niveauer tegnes centerlinierne ind som krydsende linier.
- Hvis to krydsende dale derimod har samme dybde, og hvor dalenes fyld ikke afviger fra hinanden, tegnes dalenes centerlinier helt ud til hinanden.

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

Appendix 4:

Kortlægning af topografiske dale

Kortlægning af topografiske dale

Vektorer i 1:100.000

Længde og retning af alle større topografiske dale i hele Jylland og på Fyn er kortlagt. Dalene er indtegnet med vektorer på KMS-kort i 1:100.000. Denne relativt store skala bevirker, at kun topografiske dale over en vis størrelse tages i betragtning.

Vektorer i 1:25.000

I forbindelse med de tidligere opdateringer er der, for at få flere detaljer med, udvalgt et antal lokale områder, hvor de topografiske dale er indtegnet på baggrund af kort i 1:25.000 (se Jørgensen & Sandersen 2000).

Vektorisering i MapInfo

Vektorerne er indtegnet i bunden af de topografiske dale som et eller flere rette liniestykker, parallelt med dalsiderne. Ækvidistancen for højdekurvene på de topografiske kort er 2,5 og 5 meter for henholdsvis kort i skala 1:25.000 og 1:100.000. Kortlægningen er udført på PC i MapInfo.

Definitioner

Objektivitet vigtig

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.

Definitioner

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

Appendix 5:

Begravede dale udenfor det jysk-fynske område

Begravede dale udenfor det jysk-fynske område

I dette afsnit gennemgås kort den eksisterende viden om begravede dale udenfor det jysk-fynske 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".

Dalenes geografiske udbredelse

Geografisk udbredelse

De begravede dale er ikke kun et fænomen hørende til det jysk-fynske område. Begravede dale er kortlagt inden for hele det område i Nord-europa, 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. 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.

Elster-dale

Begravede dale fra Elster 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 dalsegmitter, 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; bundprofilet er stærkt varierende med op til 100 meter høje tæskler. 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 issøsediment 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 subglacialt, 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 korreleres med Elster-dalene på land og på den baggrund sandsynliggøres en alder fra Elster også for disse. Ingen boringer af væsentlig værdi har kunnet bruges til aldersbestemmelse og beskrivelse af dalfyldet.

Saale-dale

Begravede dale fra Saale 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.

Weichsel-dale

Begravede dale fra Weichsel

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.

Teorier om dannelsen af de begravede dale

Subglaciale 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 smeltevands-

erosions 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 mindst. 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 borteroseret, 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 å 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.

Smeltevandsudladninger

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.

Subglacial erosion

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 moræner, 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).

Faktorer i daldannelsen

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.

Referencer:

(se hovedrapportens referenceliste)