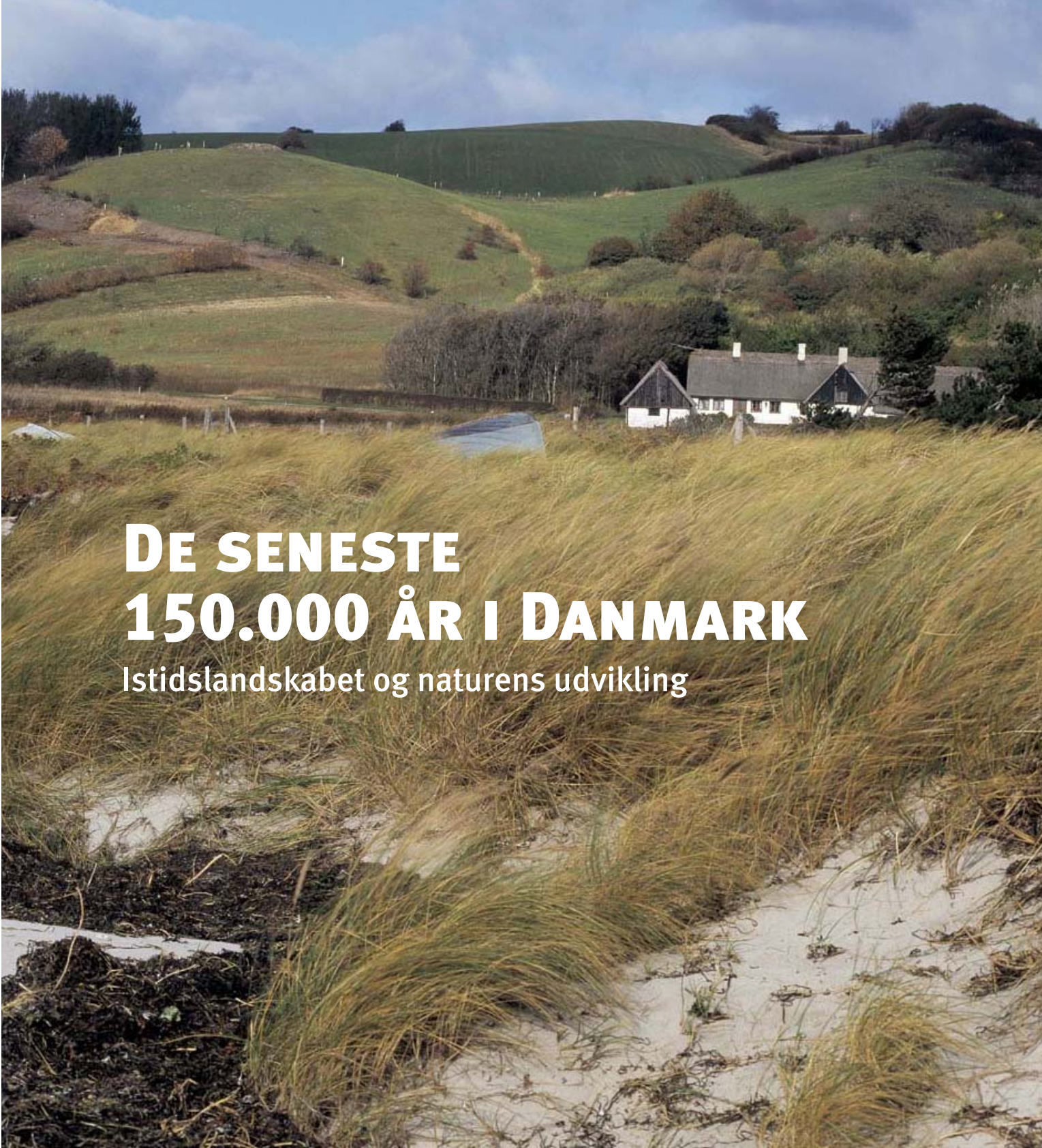


2005

geoviden

GEOLOGI OG GEOGRAFI NR. 2



DE SENESTE 150.000 ÅR I DANMARK

Istidslandskabet og naturens udvikling

DE SENESTE 150.000 ÅR

MICHAEL HOUMARK-NIELSEN

Lektor, Geologisk Institut
(michaelh@geol.ku.dk)

JOHANNES KRÜGER

Professor, Geografisk Institut
(jk@geogr.ku.dk)

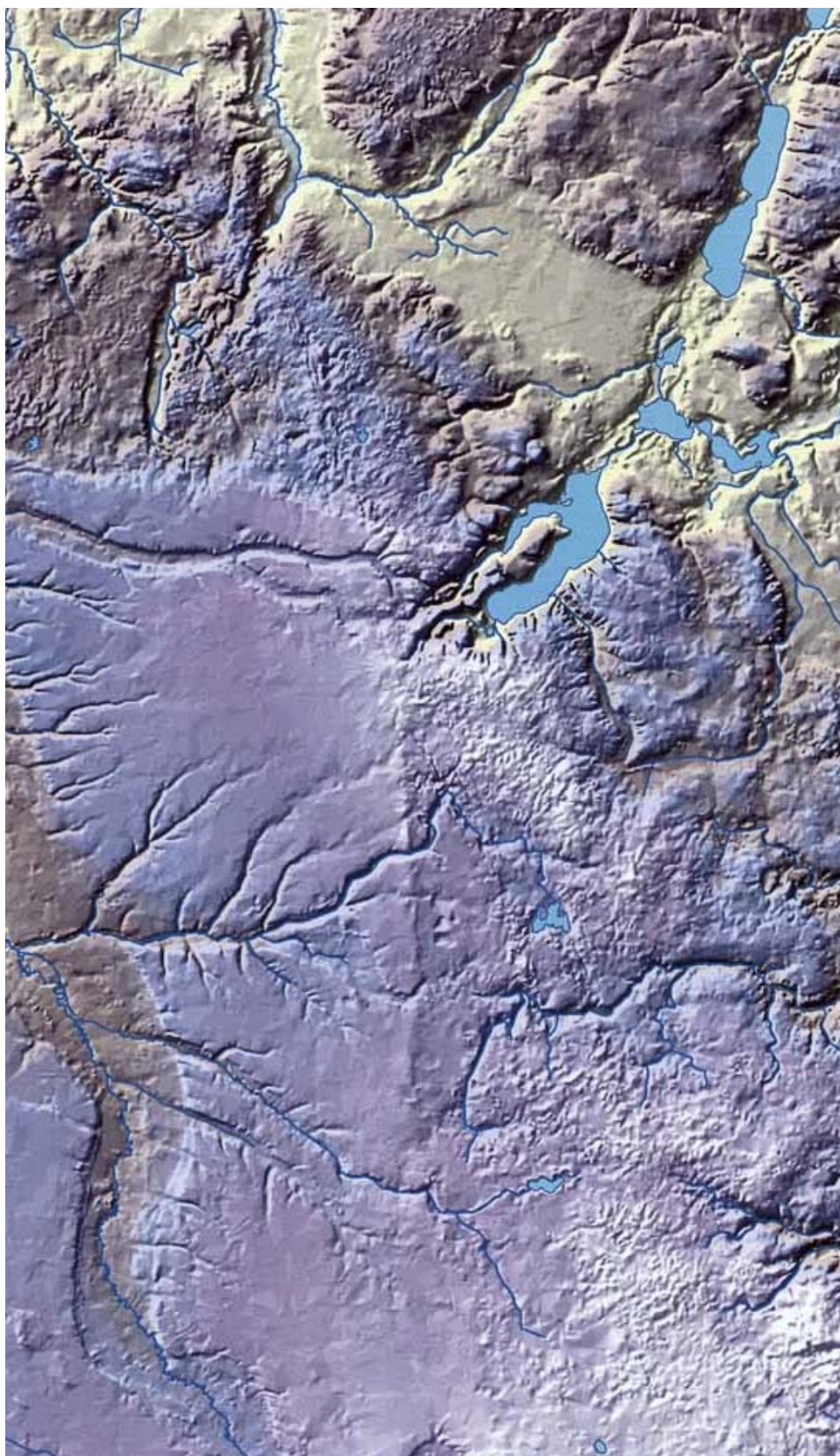
KURT HENRIK KJÆR

Forskningslektor, Geologisk Museum
(kurtk@snm.ku.dk)

I de senere år er der foregået et omfattende arbejde med at analysere og datere de mange aflejringer, som kan studeres i kystklinter, i grusgrave eller i borer i det danske landskab. Det har nu gjort det muligt at rekonstruere landskabets udvikling gennem de seneste 150.000 år, dvs. siden slutningen af forrige istid. Isstrømme fra Norge, Sverige og Østersøen har i samspil med smeltevand modelleret en mosaik af bølget-bakkede landskaber og milevide sletter. Det er en spændende udfordring at skulle forklare istidslandskabets formverden, ikke mindst fordi landskaber formet af ældre isstrømme ikke altid er fjernet af efterfølgende isfremstød, men kan spores i landskabet den dag i dag. Men i de seneste istider har Danmark også i lange tidsrum været isfrit og landskabet ligget hen som en tundra uden træer, men med et dyre og planteliv tilpasset disse kolde forhold. I noget varmere perioder fandtes der også lysåbne skove. Jorden var frosset til stor dybde, men om sommeren tædede det øverste jordlag op, og førte til omfattende jordflydning. Farvandene omkring Danmark var kolde med drivende isbjerge. Kun i kortvarige perioder blev dele af landet dækket af det Skandinaviske Isskjold.

Gennem Jordens historie har klimaet været under stadig forandring. Nogle klimasvingninger sker over millioner af år, mens andre sker over nogle tusinder af år, og andre igen over årtier. Disse naturlige klimavariationer har ført til klimatiske forhold, der i meget høj grad har præget landskabets og naturens udvikling i Danmark. Flere gange i Jordens historie har der været frysehusperioder, hvor klimaet var så koldt, at der fandtes gletschere på Jorden. Inden for den sidste milliard år har der været fire større eller mindre frysehusperioder. Disse kolde perioder blev afløst af drivhusperioder, hvor klimaet var så varmt, at der ikke fandtes gletschere. Vi finder os nu i Kvartærtiden, der er en frysehusperiode.

I Kvartærtiden har klimaet vekslet mellem kolde istider og varme mellemistider. Under is-



I DANMARK



Digital Højde Model (DEM) henover Hovedopholdslinjen i det centrale Jylland (rektangel på lokalitetskort). Hovedopholdslinjen kaldes også for den Ussingske linje efter Professor N.V. Ussing, som var den første, der beskrev denne landskabsgrænse i 1907. Traditionelt menes Hovedopholdslinjen at angive den maksimale udbredelse af det Skandinaviske Iskjold under den sidste istid – Weichsel. Øst og nord for Hovedopholdslinjen er landskabet "ungt" og reliefrikt, mens det kendetegnes af flade smeltevandssletter og udjævnede bakker vest og syd for Hovedopholdslinjen.

tiderne har mægtige issskjolde dækket 30% af Jordens landareal. I Nordeuropa har Det Skandinaviske Issskjold bredt sig fra den norsk-svenske fjeldkæde. I takt med issskjoldenes vækst sank vandstanden i verdenshavene mere end 100 meter i forhold til nutidens havniveau, så Danmark var landfast med England. Havet nåede Kattegat gennem en dyb fjord i Norske Rende. Uden for isen lå landskabet hen som et koldt og forblæst tundra-landskab med hårdføre planter og præget af jordflydning, og farvandene omkring var kolde med drivende isbjerge. Sommertemperaturen kunne svare til den, der i dag findes i det nordligste Skandinavien. Under istidene optrådte mildere perioder, interstadialer, hvor isen smeltede tilbage til højlandet omkring den norsk-svenske fjeldkæde og åben skov eller dværgbuskheder bredte sig. Ishavet og de store søer foran isen i Østersøen havde en afgørende indflydelse på issskjoldets udbredelse i Danmark.

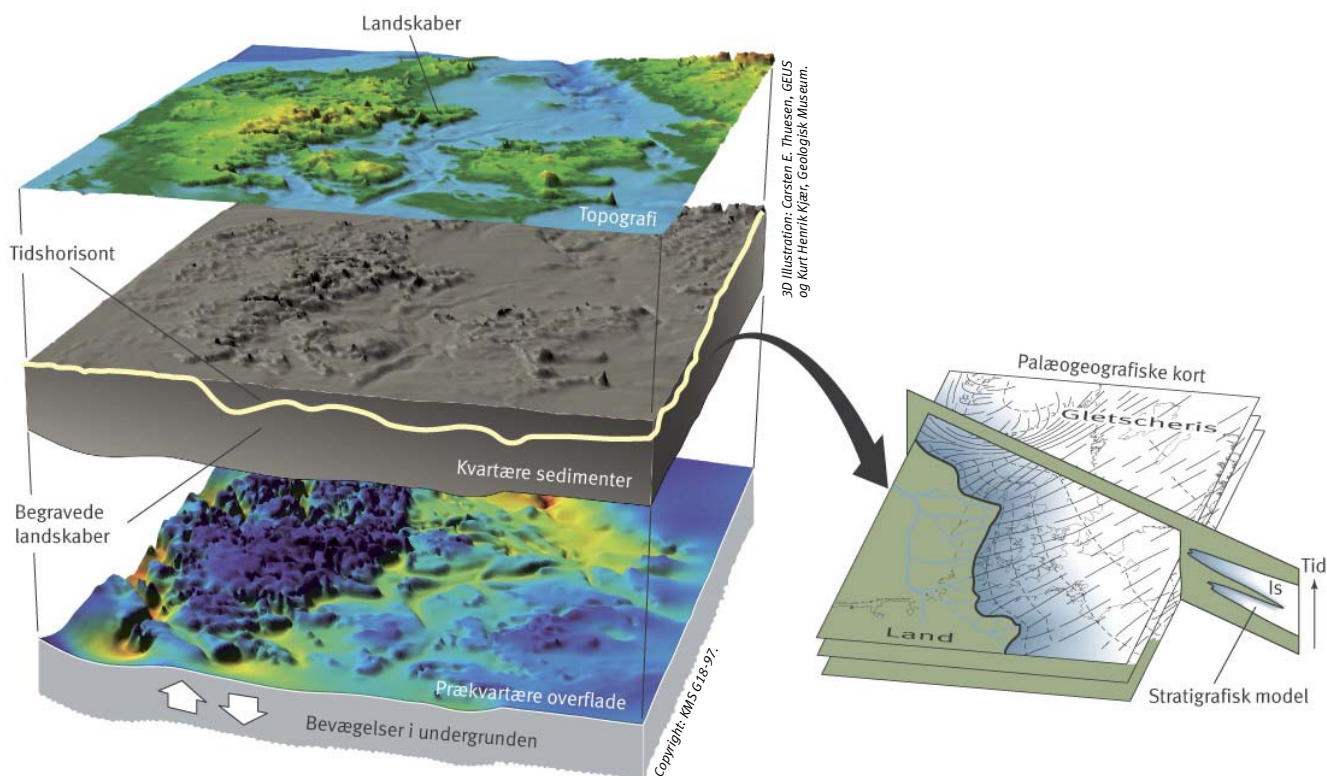
Ganske vist har der i løbet af Kvartærtiden været mange istider, men i Danmark har man kun sikre fund fra de sidste tre istider. I de første istider har det danske område sandsynligvis været isfrit og ligget hen som et tundra-landskab. Aflejringer fra tredjesidste istid, Elster, er kun fundet på få lokaliteter på Fyn og i Jylland. Derimod danner aflejringer fra næstsidste istid, Saale, i dag landoverfladen i dele af Vestjylland, nemlig på de såkaldte bakkeøer. I den øvrige del af Danmark dækkes Saale istidens aflejringer af yngre sedimenter fra sidste istid, Weichsel.

ET DETEKTIVARBEJDE

Vores viden om de skiftende miljøer under istider og mellemistider i Danmark bygger på mange års undersøgelser. Istidsforskere indsamler oplysninger om landskabets indre opbygning fra kystklinter, grusgrave, borer og udgravninger i forbindelse med bygge- og anlægsarbejder. Der er i virkeligheden tale om et stort og spændende detektivarbejde, hvor landskabet skilles ad lag for lag. Omfanget af 'opklaringsarbejdet' kan anskueliggøres ved at anvende

Prækvartæroverfladen og nutidens topografi som to grænseflader, der tilsammen viser udstrækning og tykkelsen af den lagpakke, som istidsforskeren undersøger. Nogle steder er denne lagpakke meget tynd, mens den kan være flere hundrede meter tyk i de dybe udfyldte dale, i fjordene og de marine bassiner. Desuden vil bevægelser i undergrunden over en længere tidsperiode være med til at forandre tykkelsen af de kvartære sedimenter. Men hvis det lykkes at adskille de kvartære sedimenter i tid og rum, kan der findes svar på en lang række spørgsmål: Hvor mange istider og mellemistider er der spor efter i Danmark? Hvor mange isfremstød og genfremstød har der været under hver istid? Hvornår skød isen frem? Hvor kom isen fra? I hvilken retning bevægede isen sig, og hvor langt nåede den frem? Hvilke lag hører til samme isstrøm? Hvordan er lagene aflejret? Hvordan smeltede isen bort? Hvilke isfremstød har bidraget til udformningen af det landskab, vi ser i dag? Og mange andre spørgsmål.

Det optimale vil være at finde de horisonter i den kvartære lagpakke, som repræsenterer aflejringer og erosion til samme tid. Herved kan man rekonstruere det regionale miljø. Flere på hinanden følgende tidshorisonter vil afsløre selve opbygningen af den kvartære lagpakke – ja nærmest opløse den i gamle og nyere landskaber. De nyeste undersøgelser fra nutidige gletschere og kvartære aflejringer i Barentshavet nord for Rusland viser, at 'gamle' landskaber kan bevares under yngre lag af sedimenter. Men vores nuværende viden rækker stadig ikke helt så langt i Danmark. Gennem stratigrafiske korrelationer og dateringer af sedimenter kan vi samle information til at genskabe en serie tidsbilleder – rekonstruktioner fra tiden før sidste mellemistid og gennem sidste istid til isen smeltede bort fra Sydsverige. Sådanne palæogeografiske kort er selvfølgelig ikke bedre end de dateringer, de bygger på. Gennem de sidste 15-20 år er der sket store landvindinger med hensyn til mulighederne for at datere aflejrings-tidspunktet for et sediment. Selvom nøjagtigheden i datering og detaljeringsgraden aftager



En grundlæggende tanke bag forståelsen af det danske landskab er adskillelsen i lag på lag mellem Prækvartær overfladen og nutidens landskabsoverflade. Det optimale er at finde tidshorisonter i sedimentpakken mellem disse to overordnede grænseflader og at udtrække information om de tidligere forskellige aflejningsmiljøer og deres indbyrdes beliggenhed. Vores nuværende viden rækker til at sammenstille bestemte tidsintervaller. De viser hver især, hvor land, hav, søer, og større flodsystemer var placeret, samt hvor langt det Skandinaviske Iskjold trængte frem over Danmark og de omliggende landområder. Hvis man stabler disse palæogeografiske kort oven på hinanden og skærer et lodret snit gennem dem, kan man følge naturens udvikling gennem de sidste 150.000 år og samtidig få et indblik i størrelsen og udtrækningen af vores sedimentarkiv.

med sedimentets alder, kan man i dag sammenstille de mange data som kort, der i store træk viser palæogeografi og natur helt tilbage til vor tid 150.000 år .

PALÆOGEOGRAFISKE REKONSTRUKTIONER

NÆSTSIDSTE ISTID – SAALE

Saale istiden begyndte for ca. 380.000 år siden og sluttede for 130.000 år siden. I Danmark findes spor efter tre større nedisninger afbrudt af isfrie perioder. Første gang kom isen fra Sydnorge, og den formodes at have dækket hele Danmark. Aflejringer fra det norske isfremstød danner det indre af mange jyske bakkeøer. Under det næste og største såkaldte Drenthe isfremstød i Saale, bredte Det Skandinaviske Iskjold sig ind over Danmark fra nordøstlige retninger, og aflejrte en sandet till (moræneaflejrning) med sten og blokke fra Sverige og fra bunden af Kattegat. Isen dækkede det meste af Holland, Nordtyskland og Polen, og i Rusland nåede isranden helt til Volga-floden og Ural. Det skete for ca. 160.000 år siden. Under isens afsmeltning i Danmark var der flere genfremstød, som skabte israndslandskaber. Trods omfattende jordflydning i det kolde klima udenfor isranden

under sidste istid, kan disse israndslandskaber stadig erkendes som NV-SØ-gående bakkedrag på de vestjyske bakkeøer.

Efter en isfri periode, hvor Danmark lå hen som et tundralandskab, skød Saale istidens sidste store Warthe isfremstød frem gennem Østersølavningen, og flød ind over Danmark fra østlige og sydøstlige retninger. Da denne baltiske isstrøm nåede sin største udbredelse for 140.000 år siden har den sandsynligvis stået med sin rand i nærheden af Jyllands nuværende vestkyst. Herfra har isranden haft kontakt til gletschere, der dækkede Kattegat og det nordlige Skagerrak. Isen efterlod et morænelandskab bestående af en leret, kridt- og flintrig till med sten og blokke fra Østersøens bund. I Vestjylland overpræger og slører disse aflejringer landskabsformerne fra ældre nedisninger. Den bortsmeltende is efterlod et landområde, der var presset ned af isens vægt. På grund af den havstigning, som fulgte med isens afsmeltning, kunne et ishav mod slutningen af Saale istiden for 135.000 år siden derfor brede sig ind gennem Norske Rende, ind over det nordlige Jylland og langt ind i Kattegat til den nordlige del af Øresund. Langs den vigende isrand kalvede isen og sendte isbjerge ud i havet, og på land henlå store arealer

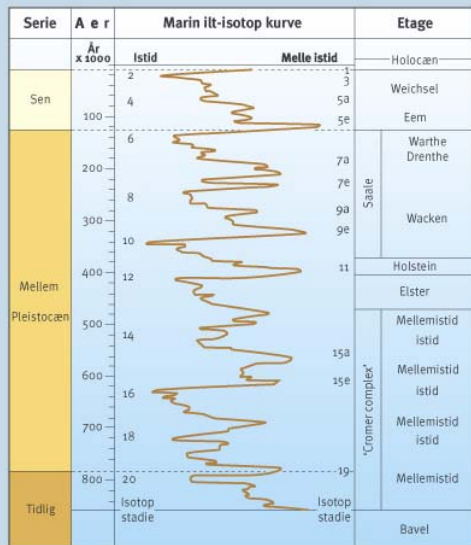
dækket af dødis. I dalsænkninger blev smeltvandsflodernes sten og grus dækket af sten frit issø-ler afsat i lokale søbassiner og afsnørede strømløb – og vegetationen bredte sig over det unge morænelandskab.

EEM MELLEMITID

Saale istiden blev afløst af Eem mellemistiden, der begyndte for 130.000 år siden og sluttede for 117.000 år siden. I den varmeste del af Eem var klimaet lidt varmere og mere fugtigt end i dag. Eemhavet, med et havniveau nogle meter over det nuværende trængte frem og oversvømmede de lavereliggende landområder, så fordelingen af land og hav minder en hel del om nutidens. Vendsyssel blev havdækket, og der opstod en række sunde, som forbandt Nord-søen og Kattegat med Østersøen, og et smalt sund skar sig tværs gennem Slesvig-Holsten. På land fandtes løvskov med eg, hassel og avnbøg, og i havet levede en lang række dyrearter, som ikke findes så langt nordpå i dag.

SIDSTE ISTID – WEICHSEL

Efter den varme Eem mellemistid kom kulden igen og varslede en ny istid, Weichsel istiden, der begyndte for 117.000 år siden og sluttede



Kilde: Michael Houmark-Nielsen, Geologisk Institut, Renteing: Amobeth Andersen, GEUS.

STRATIGRAFI

Kvartærtidens længst varende del kaldes Pleistocæn, som strækker sig fra ca. 1,8 millioner år siden til for 11.600 år siden. Det antages at Det Skandinaviske Isskjold først nåede Danmark i Mellem Pleistocæn under det såkaldte Cromer kompleks. Den palæogeografiske kortserie omfatter den seneste del af Saale istiden, Eem mellemistiden og Weichsel istiden. Den marine iltisotopkurve viser svingninger i klimaet de sidste ca. 850.000 år. Spor efter en stadig vekslen mellem istider (isotopstadier med lige numre) og mellemistider (isotopstadier med ulige numre) er bevaret i havbundens sedimenter. Lagfølgerne fra landområderne er langt mere ukomplette. Det skyldes først og fremmest, at disse er uhyre sårbare overfor fjernelse af aflejringer ved erosion. Derfor mangler der ofte vidnesbyrd om udviklingen i lange tidsrum. Det er først fra og med de sidste ca. 150.000 år, at lagfølgerne bliver så velbevarede, at der kan skabes et nogenlunde samlet billede af de geologiske hændelsesforløb op mod vor moderne varmetid, Holocæn.

for 11.500 år siden. I løbet af få tusinde år trængte kulden skoven og dyrene mod syd, og havet blev køligere og blev efterhånden til et ishav.

I Tidlig Weichsel lå store dele af Sydsandinavien med Danmark samt Nordsøen hen som en del af den nordeuropæiske tundra med en sparsom vegetation af hårdføre urter og lave buske af dværgbirk og pil. På tundraen levede mammutter sammen med andre dyr som uld-håret næsehorn, kæmpebjørn, steppebison, rensdyr og moskusokse. I tundralandskabet var jorden frosset til mange meters dybde året rundt, og kun i den korte sommer nåede de allerøverste dele af jorden at tø op. Så opstod der jordflydning, som udglattede det tidligere reliefrige

LEGENDE

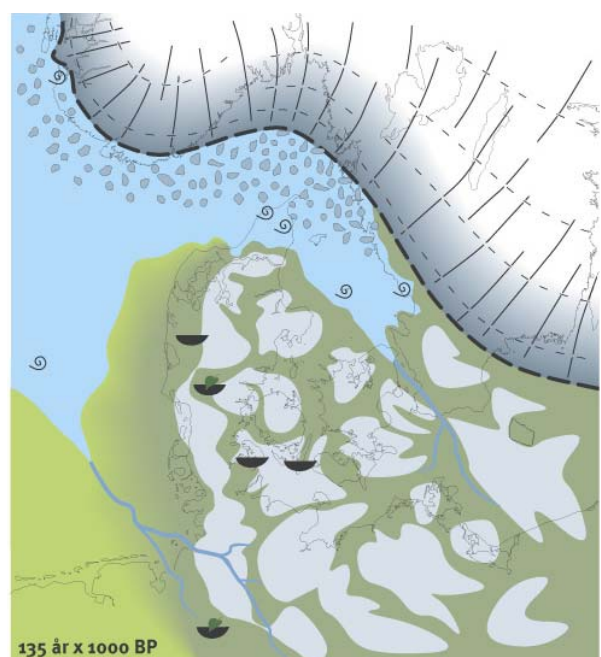
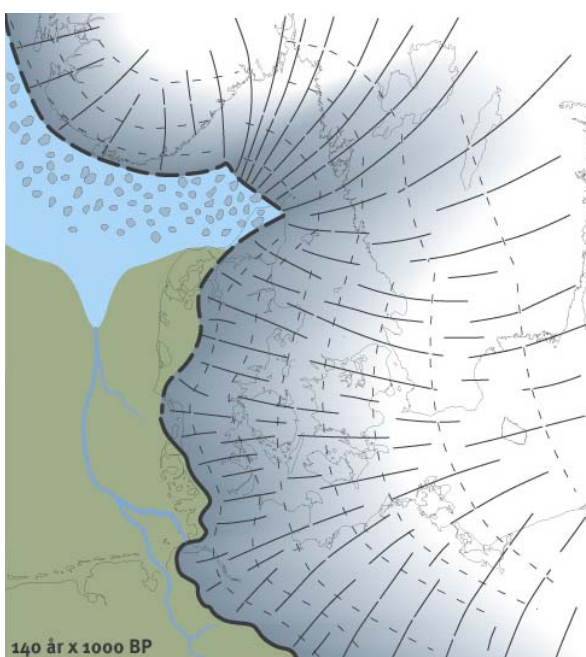
BP = år før nu



istidslandskab fra Saale, og Eem tidens søer og sumpede lavninger dækkedes efterhånden af flydejord.

Havniveauet faldt mere end 25 til 50 meter i begyndelsen af Weichsel, men det nordlige Jylland og Skagerrak var stadig en del af den bugt, der via Norske Rende var forbundet med Atlanterhavet. At der er fundet mere varmekrævende dyrearter blandt den arktisk prægede fauna viser, at lunere vandmasser nu og da nåede de danske farvande. I Østersølavningen fandtes store ferskvandssøer.

Fra Tidlig Weichsel kendes to mildere perioder kaldet Brørup og Odderade interstadiale. Brørup interstadialet, der varede ca. 10.000 år, kul-



Illustrationer: Michael Houmark-Nielsen, Geologisk Institut og Kurt Henrik Kjær, Geologisk Museum.



minerede for knap 100.000 år siden. Det Skandinaviske Iskjold smeltede voldsomt tilbage, og havniveauet steg tilsvarende. Plantevæksten var præget af åben birkeskov med fyr, mens gran indvandrede i slutningen af den milde periode.

MELLEM WEICHSEL

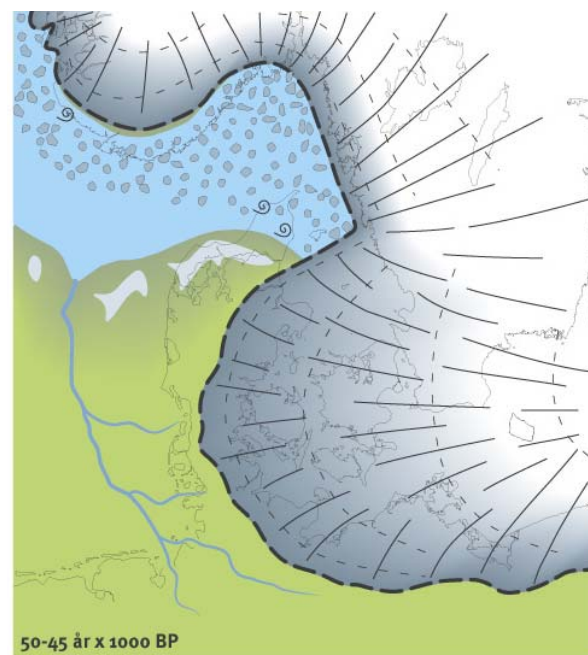
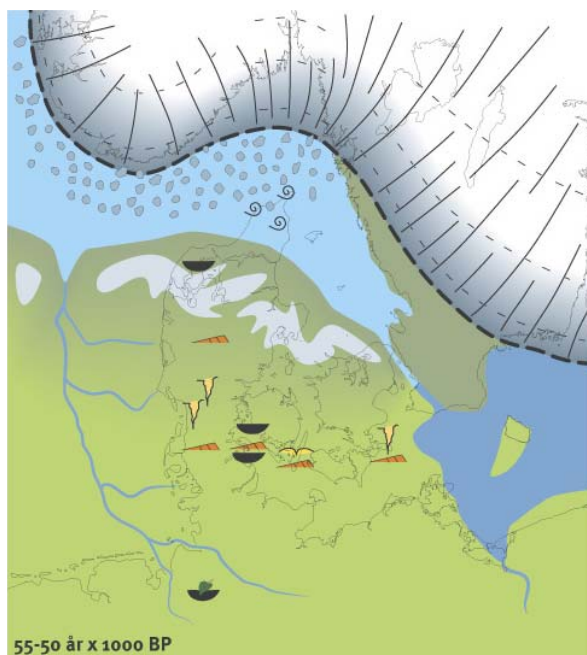
Ishavets bugt, der dækkede Vendsyssel, bredte sig dybt ind i Kattegat til trods for at det globale havniveau lå 50 til 75 m under det nuværende. Dette skyldes sandsynligvis, at nedpresningen foran det Skandinaviske Iskjold var tilstrækkelig stor til at kunne opveje den globale hav-

spejlssænkning, som var resultatet af øget gletschervækst i de polare egne. Flere gange i Mellem Weichsel spores perioder med lunere vandmasser i Kattegat, men de marine sedimenter har også lag med isskurede sten, der viser, at isskjoldet flere gange nåede ud i bugten, hvor der drev smeltende isbjerge rundt. I Mellem Weichsel voksede isskjoldet og fra denne periode kendes tre isfremstød i Danmark.

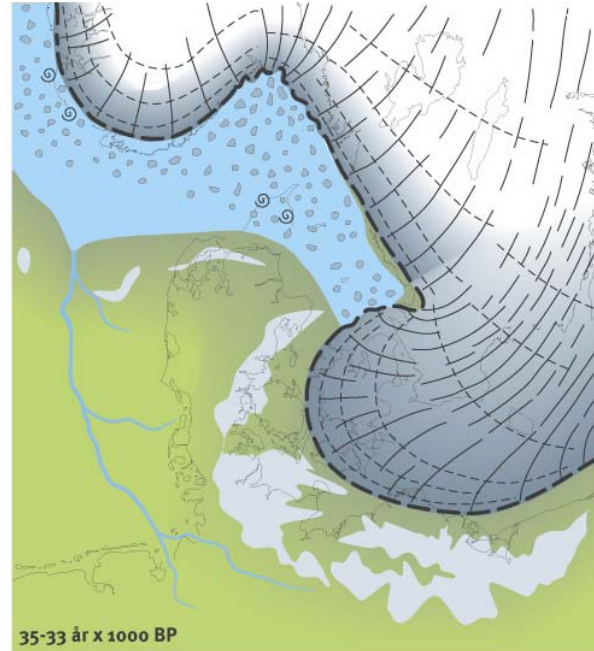
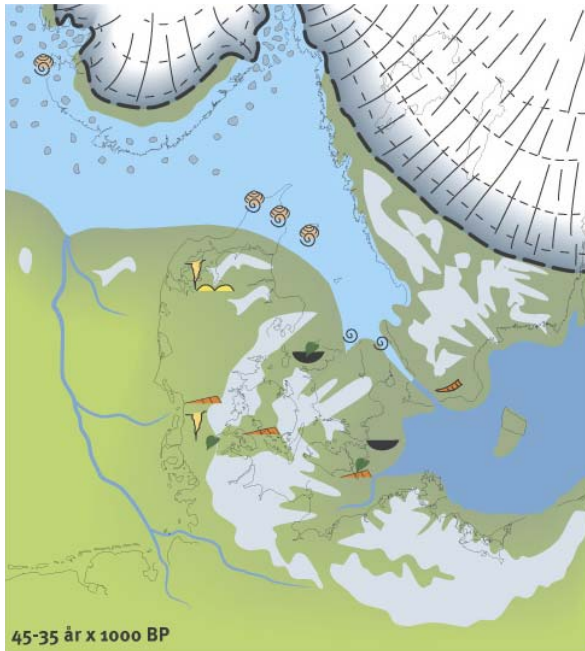
HORNS STADIALET

Under Horns Stadialet voksede Det Skandinaviske Iskjold og skred hastigt mod syd gennem

Oslofjorden over Skagerrak og ind over de nordlige dele af Jylland og dybt ned i Kattegat. Det er sparsomt med viden om dette isfremstød, der afsatte till med norske ledeblokke i Jylland. I kystklinerne i Limfjordsområdet og i Thy er der fundet smeltevandsaflejringer fra dette første norske isfremstød, hvor sten og grus aflejret i smeltevandsfloder afløstes af muddersedimenter fra delvist dødisdæmmede søer. Aldersbestemmelser af disse sedimenter viser, at afsmeltningen fandt sted for lidt under 60.000 år siden. Da isstrømmen i Norske Rende brød sammen og drev som isbjerge ud i Nordatlanten, trængte



Illustrationer: Michael Houmark-Nielsen, Geologisk Institut og Kurt Henrik Kjær, Geologisk Museum.



havet ind over lavlandet i Sydnorge og Nordjylland, der var blevet presset ned af isens vægt.

HIRTSHALS INTERSTADIALET

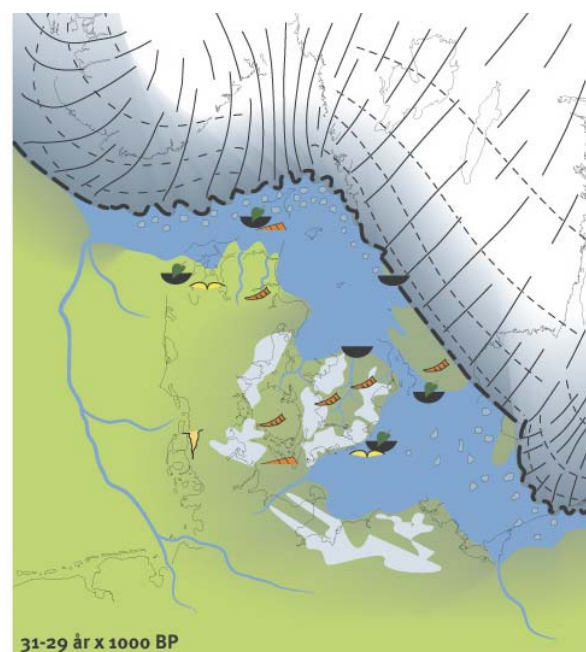
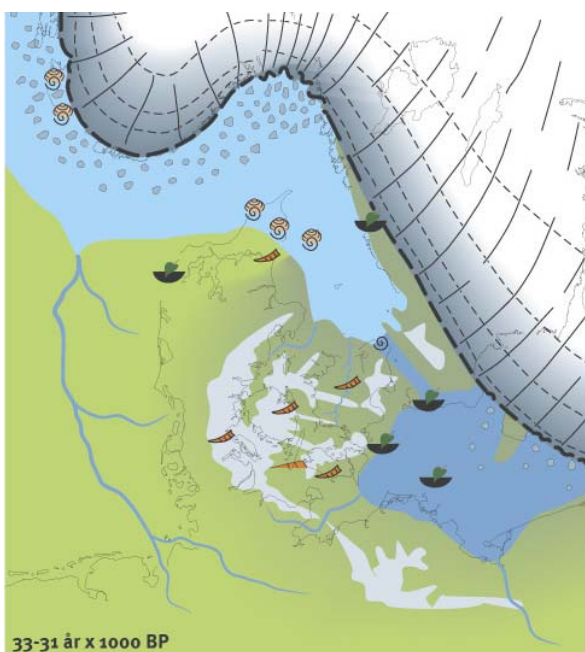
Under Hirtshals Interstadialet for ca. 55.000 til 50.000 år siden blev det mildere. Subarktiske vandmasser trængte ind i Kattegat, og der opstod forbindelse fra de isdæmmede søer i Østersøen gennem Esrum-Alnarp dalen tværs over Skåne og NØ-Sjælland. I slutningen af perioden voksede gletscherne i Sydnorge atter ud gennem fjordene, arktiske faunaer bredte sig i Kattegat, og det blev også koldere på land. Plantevæksten

forarmedes, og sand fra udtørrede flodsletter blæste ind i fugtige lavninger. Vindslibning af sten i jordoverfladen blev almindelig.

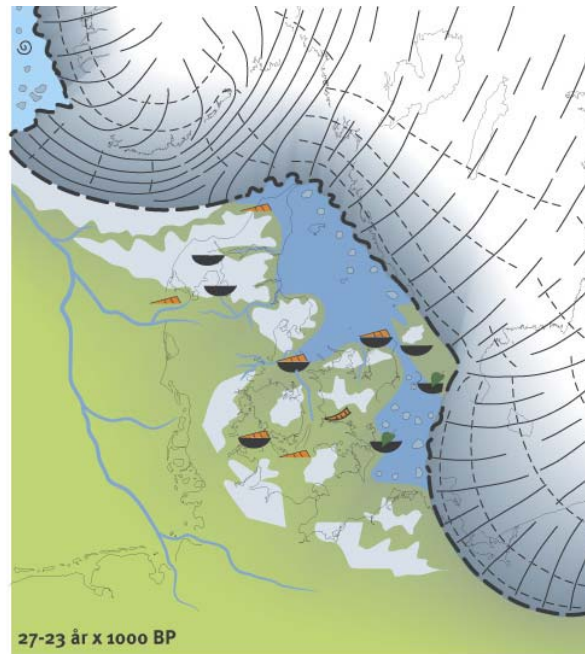
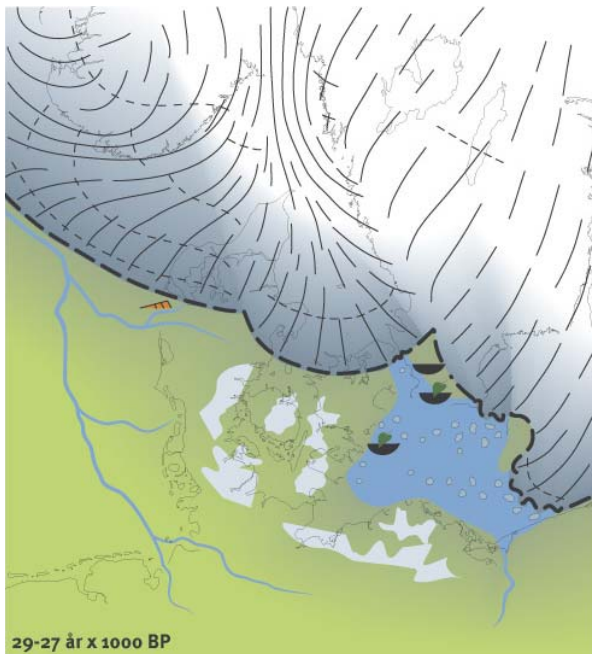
RISTINGE STADIALET

For 50.000 år siden skød en baltisk isstrøm, Ristinge Fremstødet, ind over Danmark. Det skete muligvis, fordi isskjoldet længere østpå i Østersø-området var blevet ustabil, på grund af længere tids mildt klima i Sydsandinavien. Sten og grus af baltisk oprindelse fundet i de marine lag i Vendsyssel viser, at isstrømmen trængte gennem Østersø-lavningen og kalvede i Kattegat,

mens den dækkede det sydøstlige Danmark og det meste af Sønderjylland. Isen afsatte en till, der i den sydlige og østlige del af landet har en karakteristisk rosa kulør, som skyldes knuste røde sandsten fra Østersøens bund. Også skalstumper af snegle og muslinger fra det varme Eem-hav, findes i gletscheraflejringer fra dette isfremstød. Denne isstrøm havde randen stående længere vestpå end Hovedstilsandslinjen, men næppe så langt vestpå som den nuværende jyske vestkyst. Det er usikkert, hvor langt op i det mellemste Jylland isstrømmen nåede, men den østlige del af landsdelen var isdækket.



Illustrationer: Michael Houmark-Nielsen, Geologisk Institut og Kurt Henrik Kjær, Geologisk Museum.



SEJERØ-MØN INTERSTADIALET

Efter den første baltiske isstrøm indtraf en længere periode for 45.000 til 30.000 år siden, hvor Danmark var stort set isfrit, og hvor klimaet var forholdsvis mildt. Fra denne periode stammer klit- og søaflejringer samt rester af periglaciale landoverflader. Plantevæksten på Sejerø var for ca. 40.000 år siden præget af urter med spredte forekomster af polarpil og dværgbirk. I Skagerrak og Kattegat fandtes et ishav, som til tider strakte sig ind over Nordsjælland. Det Skandinaviske Isskjolds gletschere kalvede i Norske Rende, og afvandning fra søer i Østersølavningen

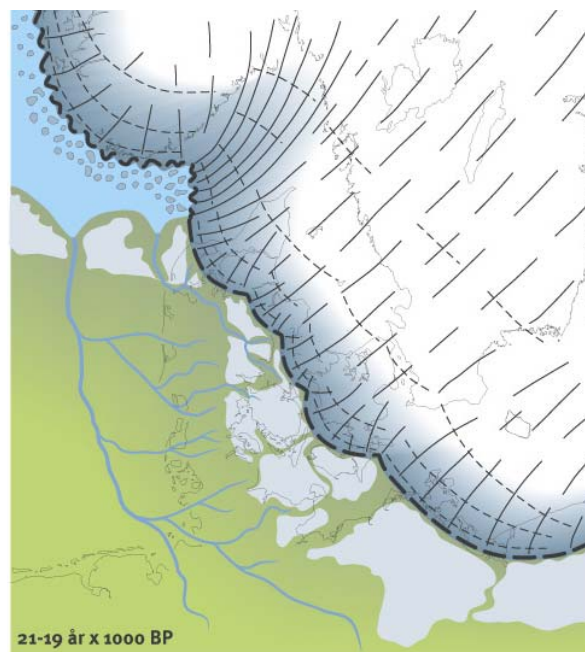
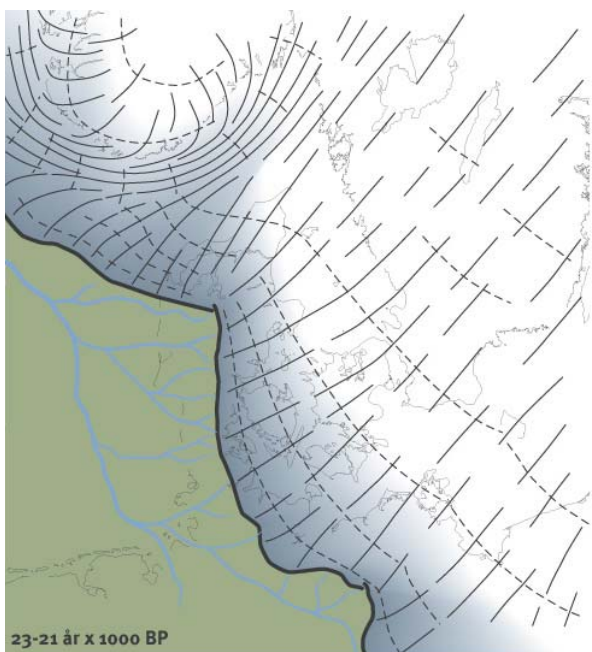
foregik gennem Esrum-Alnarpdalen. Ved Esrumdalens munding aflejedes mudder med en sparsom marin, arktisk fauna og med sten og grus, tabt af smeltende isbjerge.

I denne milde periode indtraf dog for 35.000 år siden et kortvarigt isfremstød, hvor endnu en baltisk isstrøm trængte frem gennem den isdækkede sø i Østersølavningen og dækkede de østlige dele af Danmark. Sten og grus i havaflejringer fra Vendsyssel viser, at gletscherne sendte isbjerge ud i Kattegat. Efter dette kortvarige isfremstød genskabtes den store isdækkede sø i den vestlige del af Østersøen, og tun-

dra med dværgbuskhede blev almindelig i store dele af Danmark. Flere steder i landet er der fundet flyvesand og periglaciale jordoverflader med vindslebne sten, og iskilestrukturer. Et stort antal mammuttænder omlejret af senere isfremstød, er dateret til denne periode.

SEN WEICHSEL

Sen Weichsel var den koldeste del af sidste istid, og Det Skandinaviske Isskjold nåede sin største udbredelse under tre større isfremstød. Først et fremstød fra Sydnorge gennem Kattegat, dernæst Hovedfremstødet fra Sverige og



Illustrationer: Michael Houmark-Nielsen, Geologisk Institut og Kurt Henrik Kjær, Geologisk Museum.



Foto: Michael Houmark-Nielsen, Geologisk Institut.

Kobbegård kystklint ved Klintholm havn, Møn. Typisk dansk kystklint hvor istidens lagfølger kan udredes og sammenlignes med andre lokaliteter i grusgrave, i kystklinter og i borer.

endelig de Ungbaltiske fremstød, der nåede til Danmark fra sydøst gennem Østersølavningen. Disse nedisninger har formet hovedtrækkene i det østdanske istidslandskab.

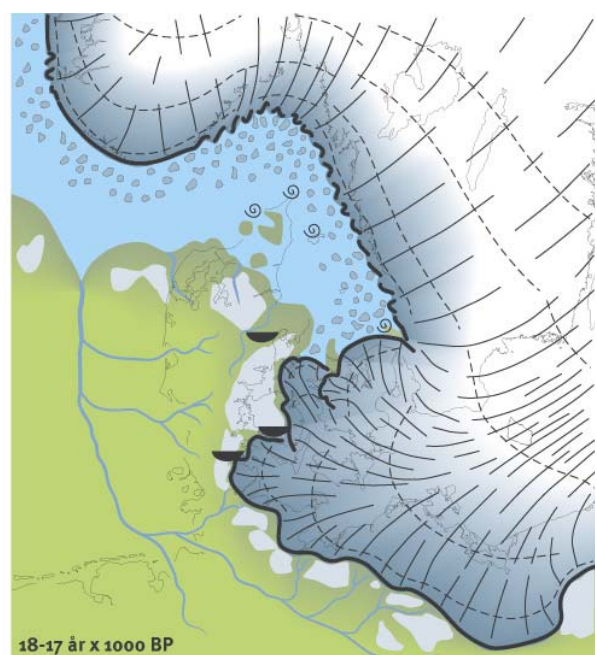
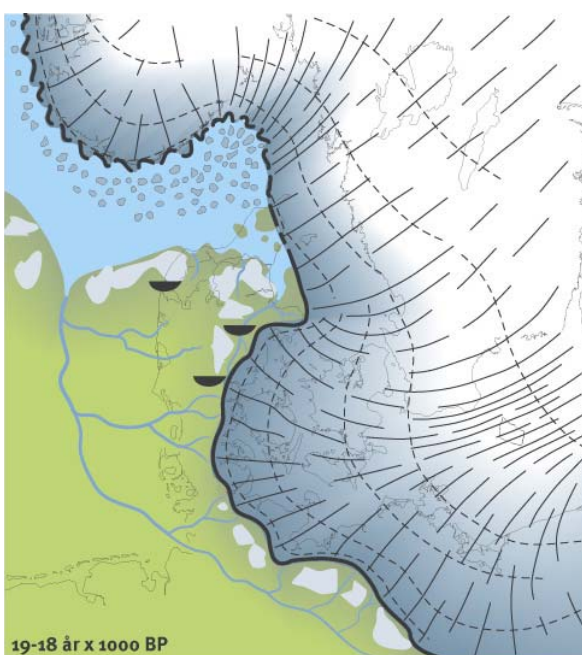
KATTEGAT ISSØEN OG KATTEGAT ISSTRØMMEN

Den arktisk prægede bugt i Skagerrak og Kattegat havde eksisteret siden afsmeltningen af det

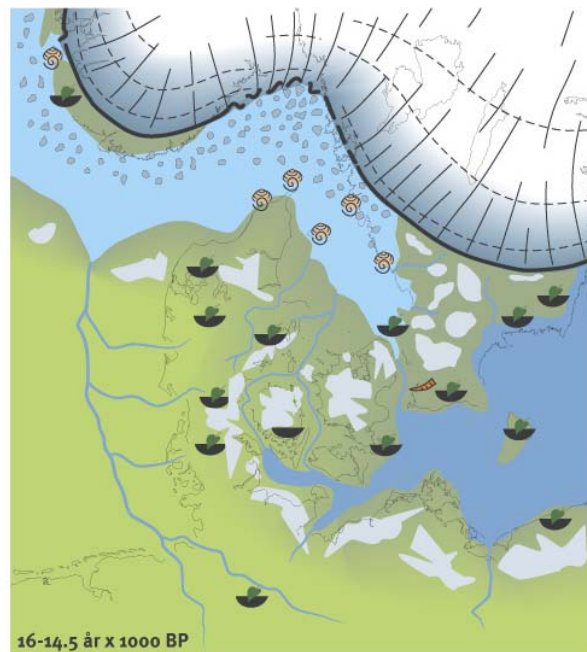
første isfremstød fra Sydnorge i Mellem Weichsel. Men for 30.000 år siden begyndte Det Skandinaviske Isskjold at vokse ud over de sydnorske kystegne, og det inderste af bugten blev afsnøret fra Nordatlanten, så der opstod en isdæmmed sø, Kattegat Issøen. Hurtige og voldsomme fald i Kattegat Issøens vandspejl, der er registreret i Vendsyssel, i Lønstrup

Klints opstablede flager af mudder og sand, vidner om, at søens vand ved flere lejligheder brød igennem isdæmningen i Norske Rende.

For 28.000 år siden skød en isstrøm fra Sydnorge ud i Kattegat Issøen og videre ind over det nordlige Danmark. Till-aflejringer fra dette isfremstød indeholder blokke fra Oslo-området og skalfragmenter fra det tidligere ishav. Den



Illustrationer: Michael Houmark-Nielsen, Geologisk Institut og Kurt Henrik Kjær, Geologisk Museum.



Illustrationer: Michael Houmark-Nielsen, Geologisk Institut og Kurt Henrik Kjær, Geologisk Museum.

store hastighed, hvormed isen bredte sig mod syd, var bestemt af udbredelsen af issøens vandmættede muddersedimenter, som isen kunne glide på. Da Kattegat var blevet opfyldt af gletscheris, strømmede isen herefter gennem Norske Rende mod Atlanterhavet. Det sydlige Danmark forblev isfrit og lå hen som tundra med dværgbirk, pil, rypelyng og ene. De første fund af lemming i Danmark er fra denne tid og stammer fra Møn.

Perioden fra 27.000 til 23.000 år før nu var præget af opbrud af isstrømmen syd for Norge, den Nordatlantiske havstrøm var igen blevet mere aktiv og havet trængte dybt ind i Norske Rende. En armada af isbjerge drev ud i Atlanter-

havet samtidig med, at en flydende gletscher formodentlig udvikledes i de indre dele af Skagerrak. Sammenbrudet kan skyldes, at isens egen nedpresning af underlaget medførte en lokal havstigning, som var tilstrækkelig stor til at løfte isstrømmen fra havbunden. Afsmeltningen betød, at Kattegat Issøen atter kom til at dække det meste af sit tidligere område, og smeltevandssand afsattes i Vendsyssel, mens lerede sedimenter med sten tabt af isbjerge afløstes af sandede delta- og flodaflejringer i Kattegats sydlige kystområder. På land lå store dødmasser tilbage, og i floder og søer aflejreres sedimenter med rester af et arktisk plante- og dyreliv.

HOVEDFREMSTØDET

Under Hovedfremstødet eller Nordøstisen trængte Det Skandinaviske Isskjold fra Sverige massivt ind over Danmark flankeret af en isstrøm gennem Norske Rende og af en baltisk gletscher på vej ind over det nordtyske-polske lavland. Over en bred front nåede en langsomt flydende del af isskjoldet fra nordøst for 23.000-20.000 år siden frem til Hovedstilstandslinjen. Det har undret mange istidsforskere, at Hovedstilstandslinjen danner en næsten ret vinkel sydvest for Viborg. Israndens vinkelform kan skyldes, at isstrømmen gennem Norske Rende har været så effektiv, at Midtjylland ikke fik tilført tilstrækkelige mængder is til, at isranden kunne opnå et mere naturligt, udrettet forløb. Desuden stod isen ikke nødvendigvis ved hele Hovedstilstandslinjen på samme tid; den øst-vest-gående del af linjen synes at være noget ældre end den nord-syd-gående del.

I de centrale dele af Danmark er Nordøstisens aflejringer rige på ledeblokke fra Mellem- og Sydsverige. Isens største udbredelse markeres kun i ringe grad af randmoræner, men derimod af nord- og østgrænsen af de store vestjyske hedesletter. Disse flodsletter blev dannet af smeltevand, der løb vestpå mellem bakkeøernes udglattede istidslandskab fra Saale. Hedesletterne fik størstedelen af deres sand og grus tilført gennem de nord- og østjyske tunneldale, hvor smeltevand i og under isskjoldet søgte ud mod isranden.

Hovedstilstandslinjen skærer den jyske vestkyst ved Bovbjerg, hvorfra den kan følges videre ud i Nordsøen. Fra Sønderjylland kan isran-



Foto: Johannes Krüger, Geografisk Institut.

Alheden i Vestjylland med de sandede jorder og mange læhegn, der standser udsynet over den ellers vidtstrakte smeltevandsslette. Ujævnheder i terrænoverfladen er ofte ar efter istidens forgrenede strømløb.

TILL

I ældre dansk litteratur er 'moræne' dels en betegnelse for gletscheraflejrede sedimenter, der består af en blanding af ler, silt, sand, grus og sten, dels en betegnelse for landskabstyper, der består af sedimenter, som er aflejrede af gletschere. For at undgå misforståelser har man indført termen 'till', som er af engelsk oprindelse. Till dækker over morænesedimenter, som er aflejret ved bunden af en gletscher. Bundtill er et af de mest udbredte istidssedimenter i Danmark og har et lerindhold fra nogle få procent til omkring 35%. I Danmark indeholder bundtill dels materiale fra Skandinaviens klippegrund, dels materiale fra Kattegats og Østersøens bund og desuden materiale fra Danmarks egen undergrund, fx ler-, sand- og kalkmateriale fra tertiær- og Kridttiden.

Efter knusning og erosion vil dette materiale ofte blive forstyrret og deformeret yderligere under transport. Resultatet ser man i kystklinter og grusgrave, hvor dynamiske strukturer af kildematerialet findes i en massiv grundmasse.



Foto: Asger Berthelsen, Geologisk Institut.



Foto: Michael Haumark-Nielsen, Geologisk Institut.

dens position knyttes sammen med Weichsel isens maksimale udbredelse i Nordtyskland og Polen. Isens generelle tilbagesmeltning for ca. 19.000 år siden blev afbrudt af flere genfremstød, der efterlod store NV-SØ-gående randmorænerstrøg gennem landet. Her dannedes også de store midtjyske smeltevanddale. Bag genfremstødernes moræner findes strømlinjede landskaber skabt i isens flyderetning.

På grund af et stigende globalt havniveau og lokal nedpresning af de isdækkede områder søsattes de dele af Det Skandinaviske Iskjold, der lå på shelfen vest og syd for Norge for 19.000 år siden. Isstrømmen i Norske Rende brød igen sammen, og Skagerrak blev tømt for gletscheris. Den Nordatlantiske havstrøm var blevet mere aktiv, og mens Nordøstisen smeltede tilbage, trængte et arktisk præget hav ind over dele af Vendsyssel. Mange steder efterlod den vigende isrand dødis. Landskabsformer dannet i forbindelse med smeltning af dødis ses især på det centrale Fyn.

DE UNGBALTISKE FREMSTØD

Mens ishavet trængte ind over Vendsyssel og ned i Kattegat, havde isskjoldet i Østersøen mistet sit greb i underlaget, og en baltisk isstrøm flød fra øst ind over Danmark for knap 19.000 år siden. Isen nåede frem til den Østjyske Israndslinje, og i den østlige del af landet afsattes till med et karakteristisk indhold af sten og blokke fra Skåne og Østersøens bund. Denne isstrøm gik efterhånden i stå og samtidig skete afstrømning til Kattegat, dels ved kalvning, dels gennem store smeltevandfloder i Gudenå-dalen. En fornyet udstrømning af isskjoldet i Østersøen, Bælthav Isstrømmen, skød sig ind over det østlige Danmark for mellem 17.000 og 18.000 år siden. Isstrømmen skabte buede israndsdannelser, der især er tydelige i Storbælt og i Nordvestsjælland, fx Odsherred-buene. Endnu yngre istunger skød sig vej gennem den sydlige del af landet, hvor der dannedes strømlinjede bundmorænelandskaber.

Høje Møn blev dannet af denne yngste isstrøm over Danmark for 16.000 til 17.000 år siden. Langs isens rand opstod større isdæmmede

søer og under afsmeltningen dannedes flodsletter og større systemer af smeltevanddale på Fyn og Sjælland. Store mængder ungbaltisk is overgik til dødis og sammen med efterladt dødis fra Hovedfremstødet begyndte den nedsmeltning, der førte til dannelsen af de mange bakke- og dødislandskaber i Østdanmark. Under afsmeltningen trængte havet langt ind i Øresund, og her levede polartorsk, ringsæl og isbjørn. For 16.000-15.000 år siden bredte urter og dværgbuske sig atter på land og tiltrak flokke af rensdyr – og også mennesket indvandrede. De ældste spor af rensdyrjægere i Danmark er henved 15.000 år gamle.

I den sydvestligste del af Østersøen opstod forstadierne til den Baltiske Issø. Samtidig medførte landhævnningen faldende vandstand i de dele af havet, der var længst væk fra den aktive isrand. Isskjoldets afsmeltning og den deraf følgende landhævning betød, at de tidligere marine flader i Vendsyssel efterhånden blev tørlagt. Foran den vigende isrand voksede den Baltiske Issø i størrelse.



Det imponerende randmorænelandskab Odsherred-buerne i Nordvestsjælland set fra Estershøj ved Høve.

Foto: Johannes Krüger, Geografisk Institut.



Foto: Johannes Krüger, Geografisk Institut.

I 1890 og i 1963 rykkede den 50 km brede gletscher Brúarjökull – den nordøstlige del af iskappen Vatnajökull, Island – pludselig henholdsvis 10 og 8 km frem og forvandlede til stilleliggende dødis. I dag ses landskabet efter at store dele af dødisen er smeltet bort. I en tunnel i dødisen har smeltevand aflejret sand og grus, i dag den bugtende ås i midten af billedet.



Foto: Johannes Krüger, Geografisk Institut.

Det jævne bundmorænelandskab foran fladlandsgletscheren Slettjökull ved nordranden af Myrdalsjökull-iskappen, Island.

AT AFLÆSE ISTIDSLANDSKABET

Nogle landskabsformer dannes langs isranden, hvor gletscheren, når den rykker frem, slæber og skubber materiale sammen i en voldformet randmoræne. Andre landskabsformer dannes foran gletscheren, hvor smeltevandfloder fra isen aflejrer sand og grus i vidtstrakte flodsletter. Der dannes også landskabsformer under gletscheren, hvor isen og smeltevandet former underlaget til et jævnt bundmorænelandskab med tunneldale og åsbakker. Og endelig vil smeltning af dødis og omlejring af materiale efterlade et grubet og småbakket dødislandskab. Landskabsformer dannet i hvert af disse glacialle miljøer udgør tilsammen et glacialt landskabssystem. Et landskabssystem dannet under gletscheren er eksempelvis bundmorænelandskabet med tunneldale og åsbakker.

Det samlede landskabskompleks – bestående af en randmoræne med smeltevandssletten foran og bundmorænen eller dødismorænen bagved – kaldes en glacial landskabsserie eller blot en glacial serie. Odsherredbuerne i Nordvestsjælland er et af de smukkeste eksempler på en glacial serie i Danmark. Denne landskabsserie er knyttet til et gletscherfremstød, stilstand og efterfølgende tilbagesmeltning af isen.

Men så simpelt er størstedelen af det danske istidslandskab slet ikke opbygget. Man kan altså ikke forklare alle egne i Danmark ved hjælp af dette landskabsbillede. Det skyldes, at der – som tidligere nævnt – har været flere istider. I hver istid har der ydermere været flere isfremstød, der ofte nåede Danmark fra forskellige retninger. Endelig har det samme isfremstød gerne haft flere genfremstød. Gletscherne har en-

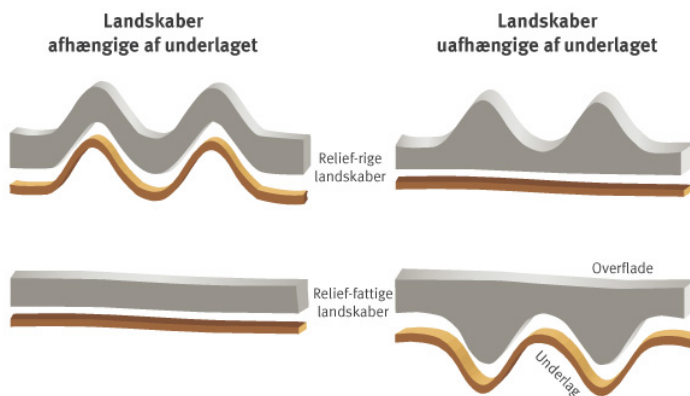


Illustration: Kurt H. Kjær, Geologisk Museum.

Principdiagram for glacial overprägning. Nogle landskabsformer synes at være afhængige af deres underlag – de kan ligefrem fremhæve underlaget. Det betyder, at nogle af det ældre landskabs former kan genkendes i det yngre landskab. I andre tilfælde opbygger det nye landskab på underlaget helt uafhængigt af underlagets udformning.

Det randglaciale landskabssystem. Et moderne randmorænekompleks foran Holmströmsbreen, Svalbard, og dets indre opbygning. I forbindelse med et større fremstød af Holmströmsbreen omkring 1900 skubbede isen tidevandsaflejringer og smeltevandsaflejringer sammen i en konveks bue af parallelle bakker.



Fotos: Kurt H. Kjær, Geologisk Museum.

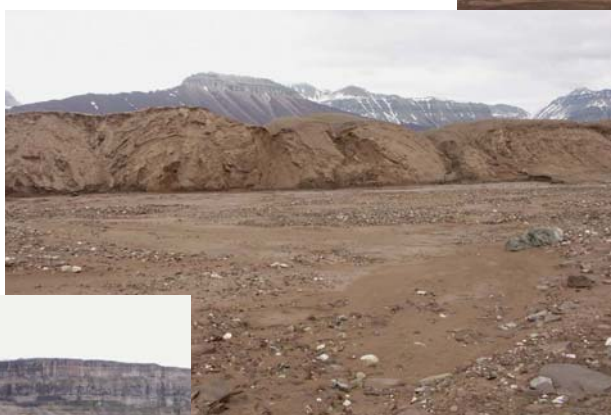


Foto: Johannes Krüger, Geografisk Institut.

Smeltevandsflod med de typiske flettede strømløb på smeltevandsslette foran Myrdalsjökull-iskappen, Island.

ten bevæget sig som smalle og hurtigt flydende isstrømme eller i form af langsomt flydende ismasser, der invaderede landet over en bred front. Når isen gled henover et område brød den nogen steder det eksisterende landskab i stykker og pressede jordmasserne op som bakker. Andre steder gled isen blot henover landskabet uden at ødelægge det nævneværdigt. Hvert isfremstød efterlod et nyt lag af aflejringer ovenpå de eksisterende. Disse nye lag har ikke altid formået at skjule de ældre landskabsformer.

Mange af istidens landskabsformer, heriblandt nogle af de store opragende bakkedrag, er som regel ikke kun dannet i forbindelse med det yngste isfremstød i området. De stammer fra ældre gletscherfremstød i sidste istid eller endog fra næstsidste istid, og har overlevet gentagne isoverskridelser. Nogle landskaber er derfor afhængige af det eksisterende underlag uanset om dette er reliefrikt eller relieffattigt. Eksempelvis vil overfladen af en till-aflejrung, der hviler på en smeltevandsslette eller en ældre bund-

moræne, ofte afspejle underlagets form. Ligesom det er tilfældet, hvis den hviler på et reliefrikt underlag. Modsat vil overfladen af et småbakket dødislandskab dannet oven på et jævnt bundmorænelandskab, eller overfladen af tykke lag af smeltevandssedimenter, som er aflejret på et kúperet underlag, ofte være upåvirket af det pågældende underlags form. Sådanne forhold gør det ofte til en stor udfordring at forklare istidslandskabernes dannelse.



Fotos: Kurt H. Kjær, Geologisk Museum.

Kollapset smeltevandsslette, Brúarjökull, Island. Øverst til venstre: Strømmende smeltevand har aflejret sand og grus ovenpå dødis. Ved efterfølgende smeltning af dødisen er der opstået et småbakket dødislandskab. Nederst til højre: Detailbillede af smeltevandssediment oven på dødis.

EN MODEL FOR ISTIDSLANDSKABETS DANNELSE

Gennem fem snit skal vi "overvære" landskabsudviklingen et sted i Danmark, fx. langs et snit på tværs af Sønderjylland.

Profil A viser et Ø-V snit gennem et landskab umiddelbart efter næstsidste istid. Mod vest består landskabet af en randmoræne opbygget af sammenskubbede flager af Prækvartære og Kvartære lag. Foran randmorænen ligger den tilhørende smeltevandsslette og bagved ses et småbakket dødismorænelandskab med lavninger med moser og søer. Længere mod øst afløses dødismorænen af en jævn moræneflade, som isen har afsat jævnt ovenpå en tidligere smeltevandsslette. Så følger en fjord, hvori der er aflejret marine sedimenter. De underliggende smeltevandssedimenter viser, at fjorddalen tidligere har fungeret som smeltevandsslette. Dalen ligger i en lavning i den Prækvartære overflade. Videre mod øst følger et bølget bundmorænelandskab med en sø samt en randmoræne, skabt i forbindelse med et af isens genfremstød.

Profil B vises en situation under sidste istid. Isen, der er skredet hen over den østlige del af landskabet, har udglattet det gamle landskab, og fjernet toppen af randmorænen i øst. Jord-

masserne har isen presset op som en ny randmoræne centralt i det viste snit. Flere steder gennemskæres isen af overskydninger, hvor materiale fragtes op til gletscheroverfladen. Dæklaget af materiale på isen beskytter igen mod solens stråler, så der dannes dødis, når isen senere begynder at smelte bort. Foran randmorænen har floder fra isen aflejret sand og grus og dækket de lavest liggende dele af det ældre landskab med en smeltevandsslette. De højeste partier af det ældre morænelandskab, bl.a. randmorænen, ligger hen som et tundra-landskab præget af jordflydning, hvor optøede jordlag flyder ned i lavninger og dækker tidligere moser.

Profil C viser den følgende situation, hvor isen er smeltet så langt tilbage, at det pågældende område er blevet isfrit eller fri for "aktiv" is. Isen har aflejret bundtill, der indeholder flager af marine sedimenter fra den tidligere fjord. Under isens afsmeltning er der efterladt store mængder dødis. Mellem dødisen og den opragende, noget udglattede randmoræne fra næstsidste istid har smeltevandet skabt en smeltevandsslette.

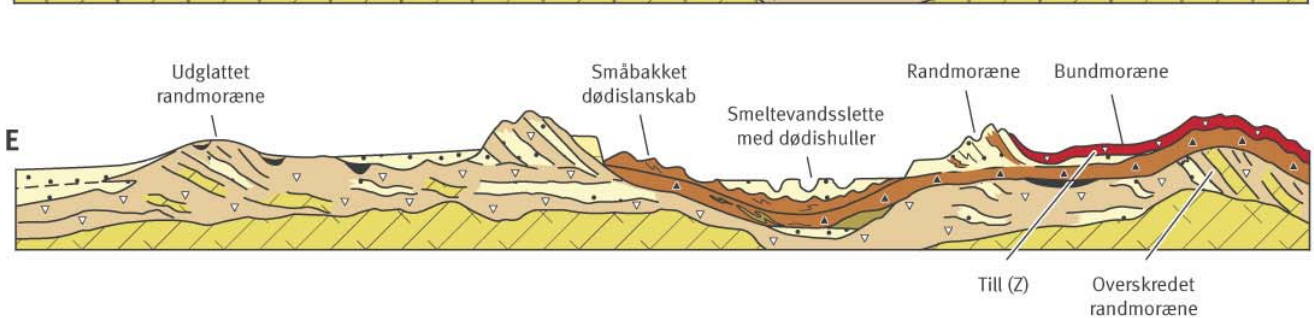
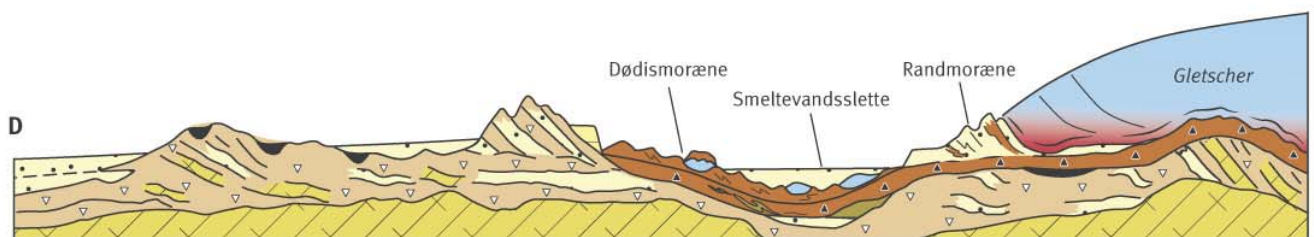
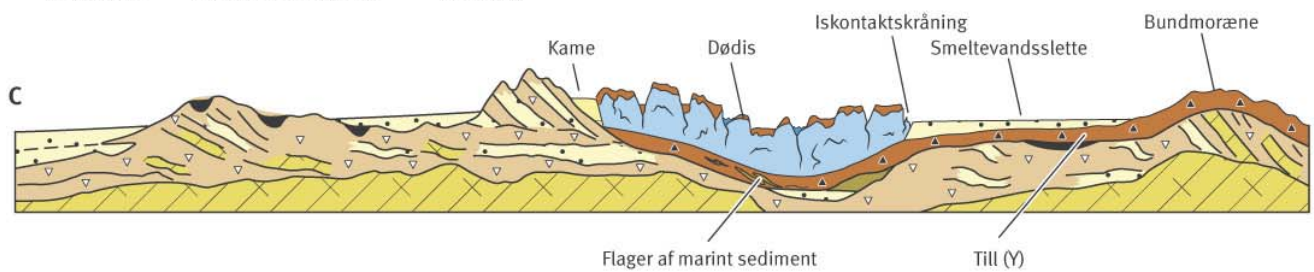
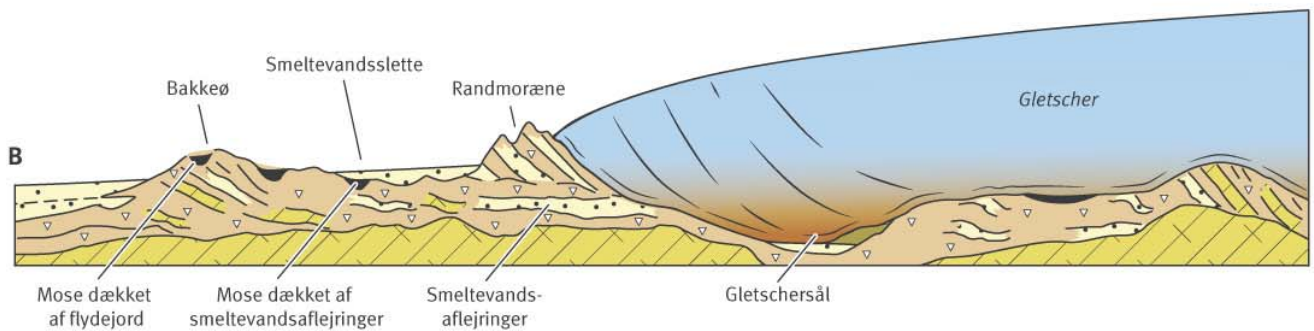
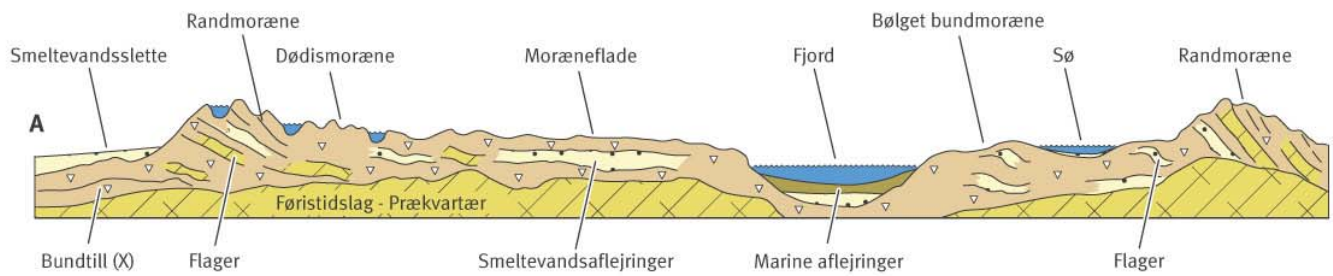
I Profil D oplever vi et efterfølgende genfremstød af isen. Den ældre randmoræne fra næst-

sidste istid overskrides endnu en gang af isen. Isen presser dele af smeltevandssletten op, og skubber flagerne sammen i en ny randmoræne. Under gletscheren aflejres bundtill. I lavningen foran randmorænen afsætter smeltevand store mængder sand og grus hen over de sidste rester af dødis.

I Profil E ser vi landskabet i dag efter den sidste istid. Selvom bakkeøen, der er omgivet af smeltevandssletten fra den sidste istid, er udjævnet på grund af jordflydning, kan mange af de oprindelige istidstræk stadig erkendes, fx den tidligere randmoræne fra næstsidste istid. Bortsmeltningen af dødis umiddelbart øst for den ældste randmoræne fra sidste istid har efterladt et småbakked dødislandskab på et jævnt underlag. Ude i lavningen har bortsmeltningen af den begravede dødis skabt dødishuller i smeltevandssletten. Øst for den yngste randmoræne har den sidste is efterladt et bundmorænelandskab, der følger sig efter underlagets form; bundmorænelandskabet danner nemlig bakker hen over den overskredne randmoræne fra næstsidste istid og en flade, dér hvor det hviler på den ældre smeltevandsslette.

Vest

Øst



40 kilometer

Illustration: Kurt H. Kjær, Geologisk Museum og
Johannes Krüger, Geografisk Institut.



Foto: Johannes Krüger, Geografisk Institut.

Her ved Reerslev sydøst for Roskilde har isen formet et bundmorænelandskab ovenpå en ældre smeltevandsslette. Den frugtbare landbrugsjord må vige for udnyttelsen af de eftertragtede grusforekomster.

LANDSKAB PÅ LANDSKAB

I det danske landskab finder man næsten overalt eksempler på glacial overprægning. Her skal gives tre eksempler fra det unge morænelandskab i Østdanmark.

ROSKILDE-EGNEN:

BUNDMORÆNE/SMELTEVANDSSLETTE

Øst for Roskilde er store dele af landskabet udformet som et bundmorænelandskab ovenpå en ældre smeltevandsslette. På et tidspunkt i slutningen af sidste istid, hvor isen under sin tilbagemeltning fra Hovedopholdslinjen i Jylland endnu dækkede Østsjælland, stod isen med sin rand langs en linje, der løb fra Hedehusene og sydpå forbi Reerslev, Sterkende og Tune. Fra isranden er floder løbet vestpå og har skabt en stor smeltevandsslette. Efterfølgende har et nyt isfremstød, denne gang en baltisk isstrøm fra sydøst, overskredet hele området. Ved sin bortsmeltning har den efterladt et bundmorænelandskab, der følger sig efter den underliggende smeltevandsslette. Større niveauændringer i bundmorænelandskabet stammer altså fra den underliggende smeltevandsslette.

HJELM HEDE:

SMELTEVANDSSLETTE/DØDISLANDSKAB/BUNDMORÆNE

På Hjelm Hede sydvest for Skive hviler en hullet smeltevandsslette på et ældre dødislandskab, der atter hviler på et bundmorænelandskab. Hullerne er fremkommet ved indsykning, da de sidste dødisklumper i et begravet dødislandskab smeltede bort. Det største af hullerne er påfaldende langt og rummer Flyndersø. Forklaringen er den, at det aflange søbassin i sin grundform har udgjort en tunneldal i et bundmorænelandskab, men var opfyldt med dødis, da smeltevandssletten blev dannet. Således afslører nutidens landskab, at en gletscher først dannede et bundmorænelandskab med en tunneldal, som dog aldrig blev frilagt. Dernæst blev isen til dødis, som siden dækkedes af en smeltevandsslette. Da dødisen smeltede helt bort, opstod der dødishuller på smeltevandssletten.

SYDSJÆLLAND:

UNGBALTISK LANDSKAB/NORDØSTISLANDSKAB

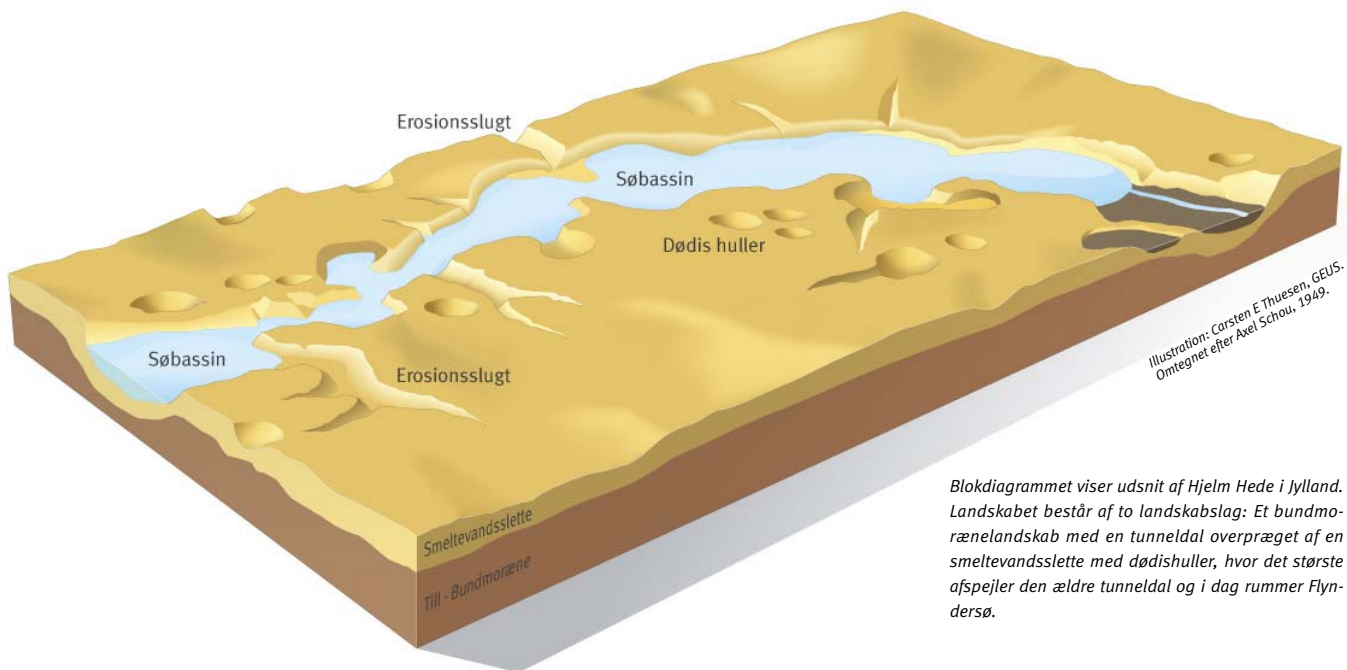
Hele Sydsjælland og de nærmeste dele af Falster og Møn er et imponerende eksempel på glacial overprægning.



Illustration: Annibeth Andersen, GEUS. Omskrevet efter Johannes Krüger, Geografisk Institut.

Landskabskort over Sydsjælland og nærmeste dele af Lolland Falster Møn. Istidslandskabet består af to landskabslag, et ældre skabt af Nordøstisen og et yngre udformet af den Ungbaltiske is.

Her fik landskabet sin endelige udformning i Sen Weichsel, da den Ungbaltiske is overskred området fra sydøstlig retning. Men flere steder dominerer landskabsformer, som blev skabt under nogle af Nordøstisens genfremstød, efter den var smeltet tilbage fra Hovedopholdslinjen i Jylland. Dette er tilfældet på Nordfalster, hvor en bakkerække, der kan følges fra Pomlenakke



Blokdiagrammet viser udsnit af Hjelmsø Hede i Jylland. Landskabet består af to landskabslag: Et bundmorænelandskab med en tunneldal overpræget af en smeltevandsslette med dødishuller, hvor det største afspejler den ældre tunneldal og i dag rummer Flyndersø.

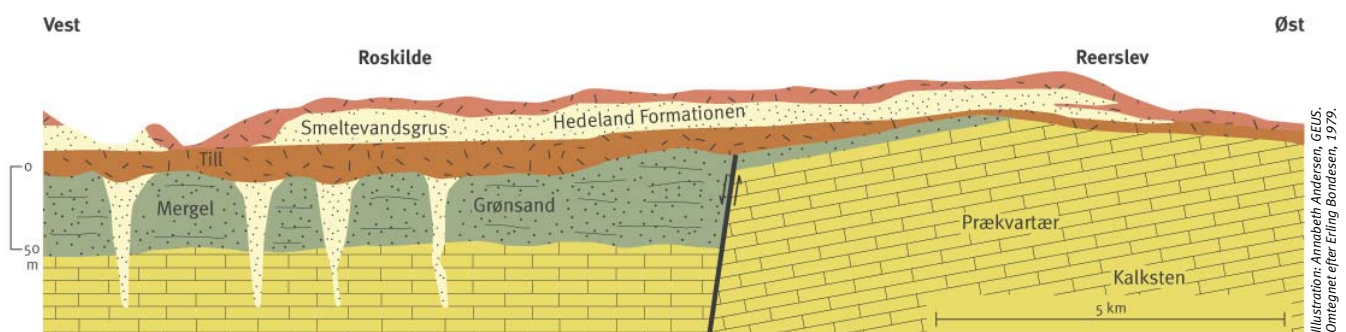
mod nordvest over Nørre Alslev, består af flager af till. Det ispressede materiale blev skubbet op af Nordøstisen under et genfremstød og repræsenterer derfor en ældre randmoræne. Nordøstisen har også efterladt en bugtende kæde af langstrakte grus- og sandbakker syd for Stubbekøbing. Bakkerne repræsenterer en ås, som smeltevand har afsat under Nordøstisen.

Et andet, men lidt yngre, israndsbakkestrøg – også skubbet op af Nordøstisen – kan følges som langstrakte bakker, der løber mod nordvest fra sydkysten af Møn. Det fortsætter på Sjælland som et stort voldformet bakke- drag, der udgør midtaksen i det sydsjællandske landskab. Den fremrykkende Nordøstis har udglattet toppen af opragende undergrundslag og som en sneplov skubbet flagerne foran sig. Vældige partier af kalksten og istidslag er stu-

vet sammen og udgør i dag indmaden i det stilede bakke- drag. Præstø Fjord og Holmegårds Mose, udgør de dybest liggende dele af de lavninger bag randbakkerne, hvorfra Nordøstisen har fjernet det materiale, som bakkerne er opbygget af. I borer og udgravninger finder man rester af de smeltevandssletter, som Nordøstisens floder opbyggede foran israndsbakkerne.

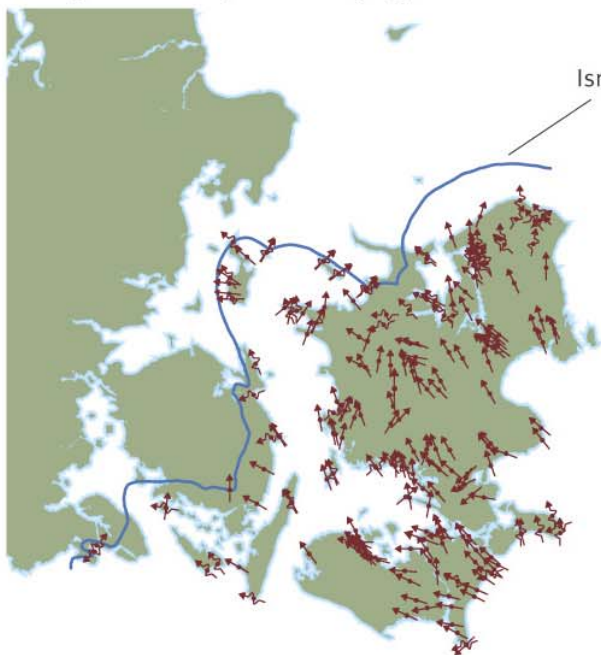
Da den Ungbaltiske is efterfølgende over- skred Sydsjælland, hørte den toppen af det ældre Nordøstislands- kab bort. Israndsbakker og åse glattedes noget ud, og isen lagde et tæppe af till hen over alle de ældre landskabsfor- mer. Dette tæppe følger sig efter Nordøstisland- skabets former, så disse dominerer landskabet den dag i dag. Bakkerækken fra Korsør over Hol- steinborg til Karrebæksminde er en randmo- ræne, som skubbedes op af den Ungbaltiske is

under et kortvarigt genfremstød. Et sydligere og noget yngre israndsstrøg ses i form af Knudsho- ved Odde og dens fortsættelse mod vest. Da isen smeltede bort, frilagde den mange ste- der bag randbakkerne svagt bølgede bund- moræne- sletter. Men forinden havde smelte- vandet gravet en dyb fure i underlaget, i dag en tunneldal, der med få afbrydelser kan føl- ges fra Præstø forbi Mogenstrup og Næstved og videre mod nordvest, hvor den rummer Su- sås nedre løb og Tystrup-Bavelse søerne. I af- smeltningsfasen dannedes på strækningen mellem Mogenstrup og Næstved vældige ås- bakker, Mogenstrup Ås. De sidste spor efter den Ungbaltiske is findes som en buetformet bakkerække omkring Præstø Fjord.

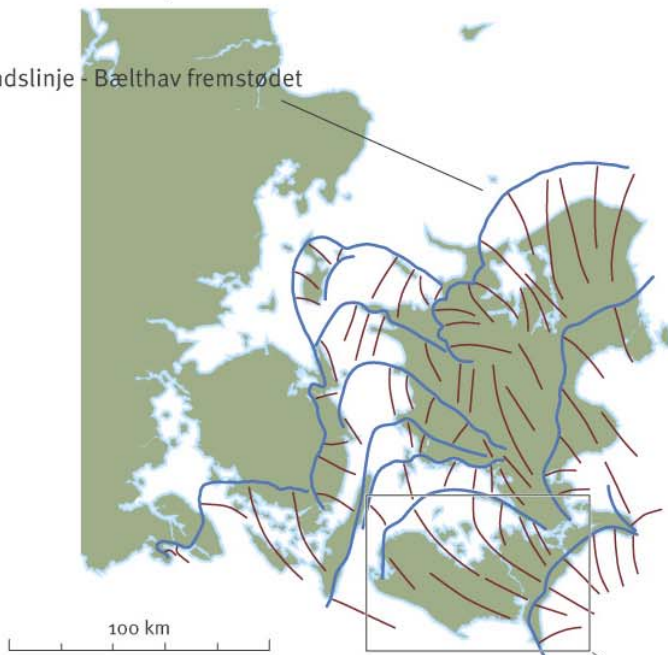


Et 20 km langt øst-vest snit med en 20 gange overhøjning gennem bundmorænelandskabet med istidslag og underliggende Prækvarter aflejringer vest for Reerslev på Roskilde-egnen. Bemærk hvorledes bundmorænelandskabets overflade nøje følger den begravede smeltevandsslettes overflade (omtegnet efter Erling Bondesen, 1979).

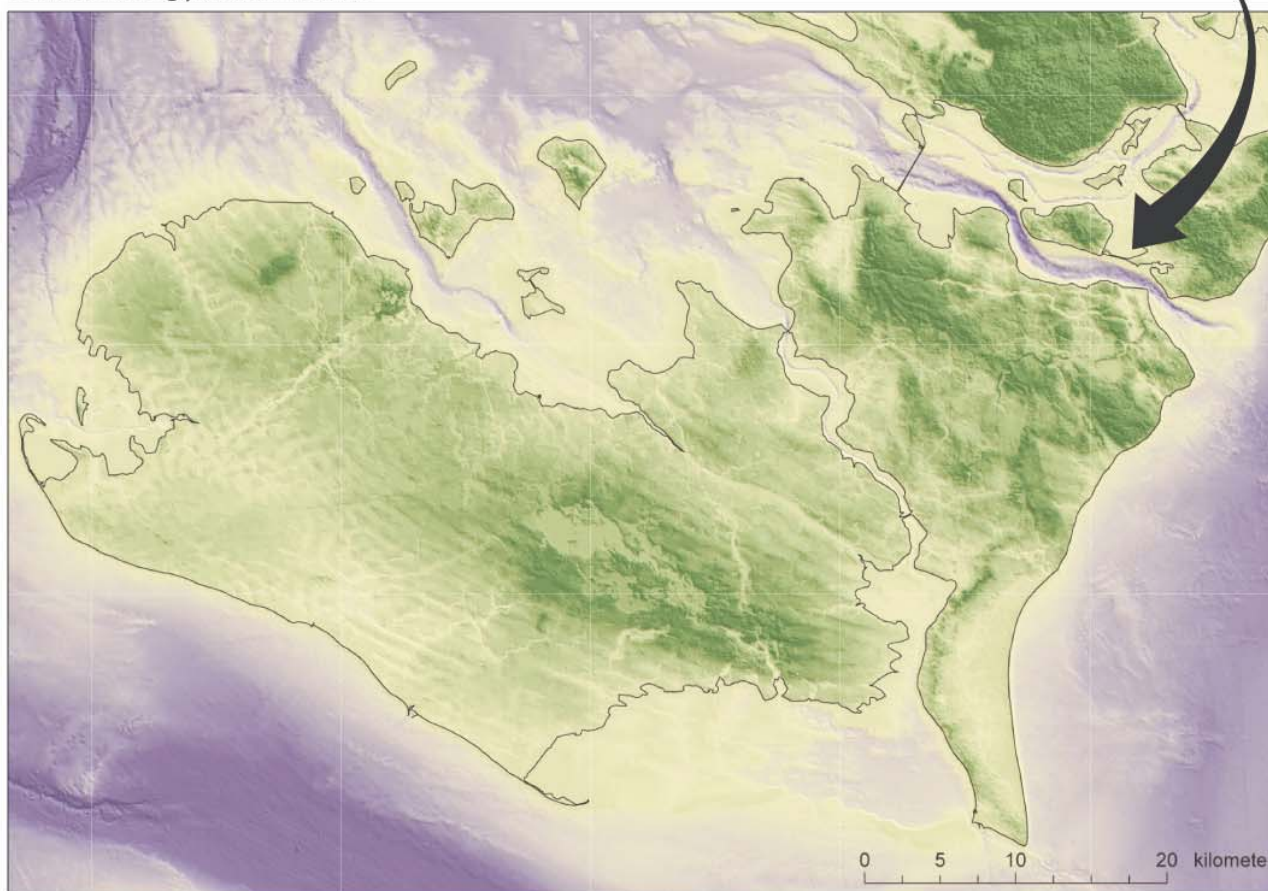
Retningsdata fra till (moræneaflejringer)



Tolket flydemønster



Terrænsribning på Lolland Falster



Illustrationer: Michael Houmark-Nielsen, Geologisk Institut og Kurt Henrik Kjær, Geologisk Museum.

Strømlinjede landskaber. Øverst: rekonstruktion af flydemønstret for Bælthav-fremstødet mod slutningen af sidste istid, Weichsel. I tolkning af flydemønstret er der taget hensyn til de mange mindre genfremstød under afsmeltning af det Skandinaviske Iskjold. Nederst: Digital Højdemodel fra Lolland Falster, der viser en tydelig terrænsribning efter en hurtigt bevægende isstrømme.



Foto: Johannes Krüger, Geografisk Institut.

På Stevns halvøen er udformning af bundmorænen tæt knyttet til den højtliggende kalkundergrund. Som her ved Stevns Kridtbrud syd for Mandehoved slutter bundmorænen brat i Stevns klint og hviler på den aflattede og isskurede kalkoverflade.

STRØMLINJEDE LANDSKABER

Et karakteristisk træk for nutidens isstrømme er, at de regulerer formen, størrelsen og stabiliteten af isskjoldene. Geologiske vidnesbyrd fra Kvartærtidens isskjold peger på, at tidligere isstrømme eroderede og transporterede sediment under isen i snævre korridorer. Ved isstrømmenes munding bredte gletscherne sig vifteformet ud ved randen af isskjoldet og skabte karakteristiske buede randmorænestrøg. De palæogeografiske kort viser tydeligt, at isen i isskjoldet over Sydvestskandinavien ikke har flydt jævnt. Omkring Danmark opstod flere gange under sidste istid to hovedisstrømme, en i det sydlige Norge og en i det baltiske område, adskilt af et område i Mellem Sverige, hvor isen bevægede sig mere langsomt. Mod slutningen af istiden for c. 17.000 år siden udviklede den baltiske isstrøm sig til lobeformede istunger, hvis buede israndsdannelser især er tydelige i Bælthavområdet. Man kan også erkende det komplekse flydemønster fra analyser af stenorienteringer og fra retningen af ispres, som det aflæses i folder og forkastninger. Ældst er sandsynligvis isloben i Lillebælt, derefter lobeerne i Storebælt og yngst den i Øresund. Endnu yngre isloben skød sig bagefter vej gennem den sydlige del af Storebælt og over Sjælland. Under

den generelle tilbagemeltning stødte isen gentagne gange frem og forstyrrede, omlejede og overprægede sine egne og ældre aflejringer. Eksempler på dette ses i de langstrakte bakker og marine grunde i Storebæltsregionen. Opstrøms i en isstrøm vil man forvente at finde spor af meget hurtigt flydende gletscheris, og effekten heraf ses særdeles fint på Lolland og Falster. Terrænsribningen er knyttet til en strømning af landskabet i forbindelse med den isstrøm, som trængte op gennem Storebælt.

DE STORE TRÆK

Vi har i denne artikel villet vise, dels hvor foranderligt miljøet under istiderne har været, dels hvor komplekst istidslandskabet er opbygget. Miljøforandringerne er drevet af klimasvingninger, der stort set styres af den nordatlantiske havstrøms styrke og af ændringer i solindstrålingen, som følge af periodiske svingninger i jordens rotation. Klimaet styrer vindsystemerne og hvor, hvor meget og hvornår nedbøren bliver liggende som sne året rundt. Dette bestemmer også mængden af gletscheris der dannes fx i Skandinavien. Gletscherens vækst og afsmeltning medfører svingninger i det globale havniveau, men påvirker også havspejlets højde i de nedside områder. Is skjoldenes størrelse og

udbredelse er også betinget af deres egen indre dynamik. Især hurtige isstrømme har kunnet kanalisere store mængder is ud mod randområderne, hvor gletschere har kunnet brede sig både på land og i havet. Derfor har det danske område oplevet, at talrige isfremstød fra forskellige egne af Skandinavien er kommet og gået under den sene del af Kvartærtiden.

De mange gletscherfremstød har efterladt et istidslandskab, der består af en mosaik af gamle og unge landskabstræk. Dette betyder, at det er et større detektivarbejde at aflæse landskabet korrekt. Simple forklaringer rækker ikke til at beskrive et sammensat landskab som det danske, opstået gennem et kompliceret og langvarigt hændelsesforløb. Vi har villet vise, at en kobling mellem studier af lagfølger og strukturer i landskabernes indmad og analyser af generationer af mere eller mindre overprægede landskabsformer har medført afgørende kvartærgeologiske landvindinger. Med støtte af moderne dateringsmetoder, studier af processer ved nutidens gletschere og brug af digitaliserede terrænmodeller er denne sammenfletning mellem istidsgeologi og naturgeografi en frugtbar vej til at trænge endnu dybere ned i forståelsen af Kvartærtiden.





GEOCENTER KØBENHAVN

Er et formaliseret samarbejde mellem de fire selvstændige institutioner Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) samt Geologisk Institut, Geografisk Institut og Geologisk Museum – alle tre en del af Københavns Universitet. Geocenter København har til formål at skabe et center for geovidenskabelig forskning, undervisning og rådgivning på højt internationalt niveau.

UDGIVER

Geocenter København

HER KAN MAN LÆSE VIDERE

BENNIKE, O., HEIBERG, E.O. & HOUMARK-NIELSEN, M. 1993:

Første danske lemminger.

Naturens Verden 2-1993, 57-63.

HOUMARK-NIELSEN, M. 2003:

Geologiske mærkværdigheder: Kritik af en model for de danske istidslandskabers dannelse.

Geologisk Tidsskrift 1-2003, 1-20.

KRÜGER, J. 1989:

Gletscheren og landskabet: i nutid og istid.

Gyldendal. 77 sider.

KRÜGER, J. 2003:

Paradigmet "Et land formet af vand" – holder det vand?

Geografisk Orientering 6-2003, 264-275.

KRÜGER, J., HOUMARK-NIELSEN, M. & KJÆR, K.H. 2004:

Nyt syn på istidslandskabet – Med kikkerten for det blinde øje.

Naturens Verden 9-2004, 2-9.

GEOLOGISK SET:

Det nordlige Jylland (1992), Det mellemste Jylland (1994), Bornholm (1996),

Fyn og øerne (2002), Det sydlige Jylland (2004).

Geografiforlaget.

LANDSKABSKORT OVER DANMARK:

1-4, *Geografiforlaget* Brendstrup.



REDAKTION

Geoviden - Geologi og Geografi er redigeret af geolog Ole Bennike (ansvarshavende) fra GEUS i samarbejde med redaktionsgrupper på institutionerne.

Geoviden - Geologi og Geografi udkommer fire gange om året og abonnement er gratis. Det kan bestilles ved henvendelse til Finn Preben Johansen, tlf.: 38 14 29 31, e-mail: fpj@geus.dk og på www.geocenter.dk hvor man også kan læse den elektroniske udgave af bladet, eller hos Geografforlaget, tlf.: 63 44 16 83, e-mail: go@geograf-forlaget.dk

ISSN 1604-6935 (papir)

ISSN 1604-8172 (elektronisk)

Produktion: Annabeth Andersen, GEUS.

Tryk: Schultz Grafisk A/S.

Forsidebillede: Bjergene Stubberup nord for Dragsholm, Sydlige del af odsherredboerne.

Foto: Peter Warna-Moors, GEUS.

Reprografisk arbejde: Benny Schark, GEUS.

Illustrationer: Forfattere og Grafisk, GEUS.

Eftertryk er tilladt med kildeangivelse.

DANMARKS OG GRØNLANDS GEOLOGISKE UNDERSØGELSE (GEUS)

Øster Voldgade 10

1350 København K

Tlf: 38 14 20 00

E-mail: geus@geus.dk



GEOLOGISK INSTITUT

Øster Voldgade 10

1350 København K

Tlf: 35 32 24 00

E-mail: info@geol.ku.dk

GEOGRAFISK INSTITUT

Øster Voldgade 10

1350 København K

Tlf: 35 32 25 00

E-mail: info@geogr.ku.dk



GEOLOGISK MUSEUM

Øster Voldgade 5-7

1350 København K

Tlf: 35 32 23 45

E-mail: rcp@snm.ku.dk