

2018

geoviden

GEOLOGI OG GEOGRAFI NR. 03

- 
- **Hvor går en vandreklit hen?**
 - **BioCCS (BECCS)**
 - **Nordøsthimmerlands kystudvikling**
 - **Aabenraa-modellen:
Jordskred former landskabet**

Hvor går en vandreklit hen?

Råbjerg Miles vandring gennem 130 år

Danmarks eneste aktive vandreklit, Råbjerg Mile, har i løbet af de sidste 130 år ændret form fra at være en barkanlignende klit til at blive en parabelklit. I samme periode har vandringshastigheden varieret mellem 7 og 17 meter per år, og vandringsretningen er skiftet fra østsydøst omkring 1900-tallet til østnordøst i dag. Historiske kort og nyere 3D-scanninger fra Råbjerg Mile-området kan sammen med vinddata fortælle en historie om, hvordan parabelklitters dannelse og vandring styres af vind og vegetation.

Mange har besøgt Råbjerg Mile på Skagen Odde i Nordjylland, og er blevet imponeret over at så meget sand er samlet på ét sted. Ordet mile stammer i øvrigt fra det oldnordiske ord *melr*, der betød sandbanke. Betegnelsen vandreklit er nyere, og blev brugt af K.J.V. Steenstrup i 1894 i hans beskrivelse af klitterne på Vestkysten. Her skriver han: "Klitter kunne dannes, hvor som helst vinden har adgang til løse sandlag, og begynder sandet først at flyve, kvæles de almindelige planter, og de planter, der kun eller bedst trives i flyvesand, indfinde sig saa, og dermed begynder den mærkelige samarbejden mellem flyve-

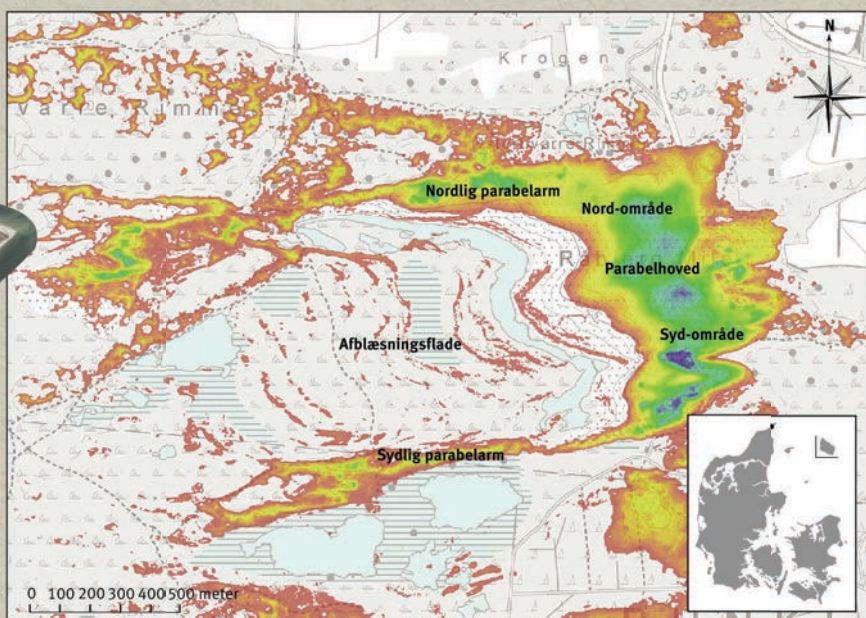
sandet og klitplanterne, hvis resultat er klitten. Paa en maade kunde man ogsaa gjerne tale om en kamp mellem flyvesandet og klitplanterne; thi tilsyneladende søger den ene jo at kvæle den anden; men der er jo det ejendommelige ved denne strid, at de begge trives bedst, naar de omtrent er lige stærke. Faar derimod den ene af dem, f. ex. flyvesandet overtaget, vandre det ustandseligt videre, til det enten forsvinder i havet, en sø eller en flod, eller til det under forandrende forhold endeligt bliver overvældet af klit, og som et lille bjerg eller en lille bjergkæde bliver liggende, bundet og bastet af millioner af plante-

stængler og planterødder". Råbjerg Miles udvikling gennem de sidste 130 år kan på bedste vis illustrere Steenstrups beskrivelse af kampen mellem sandet, vinden og vegetationen.

Blandt fagfolk beskrives klitter efter deres form (barkaner, parabelklitter og mange flere), og ser man på kort eller luftfoto, kan man se at Råbjerg Mile har en parabelform, hvor armene peger mod den dominerende vindretning og derfor er en parabelklit, se figur 1. Steenstrup var i øvrigt også den første, der brugte betegnelsen parabelklit om de tydeligt U-formede, delvist stabiliserede klitter, han så langs Vestkysten. En betegnelse som har vundet indpas – også internationalt – i senere klitstudier.

Råbjerg Mile er Danmarks eneste aktive vandrende parabelklit og er med sine ca. 4 mio. m³ sand blandt de største i verden. Råbjerg Mile vandrer fra vestsydvest mod østnordøst og har i perioden 1887–2014 be-

Figur 1. Ortofoto af nordlig del af Skagens Odde, samt højdemodel af Råbjerg Mile, der viser klittens beliggenhed i 2014. Den dominerende vindretning er vestlig.

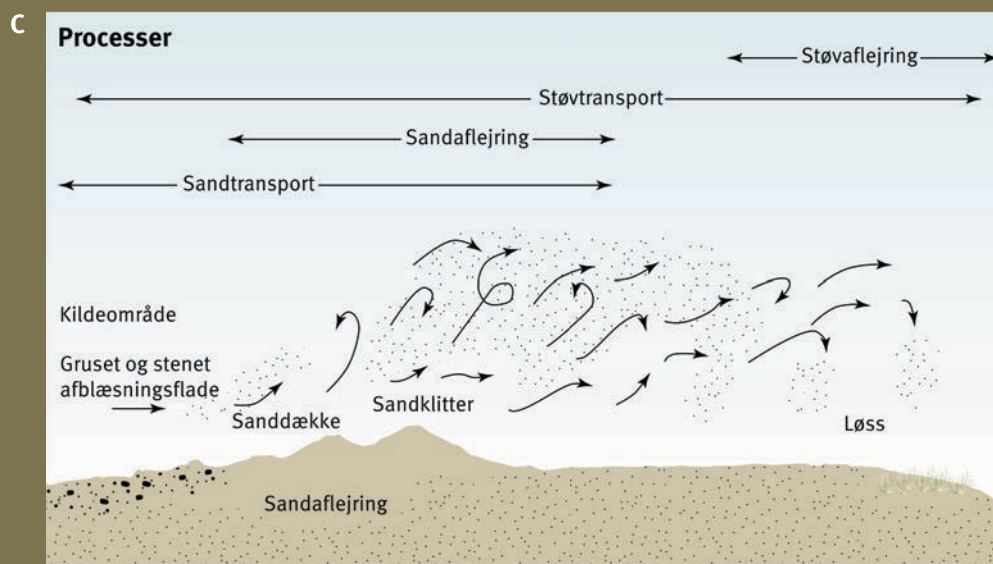
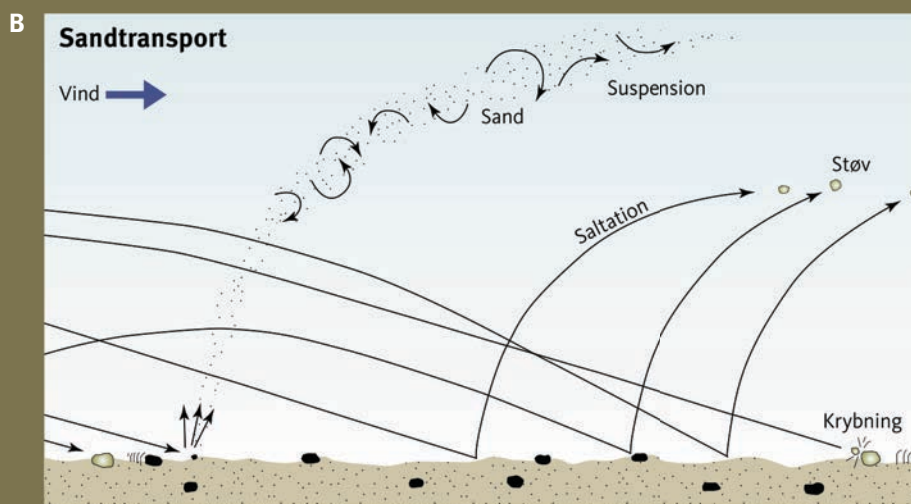


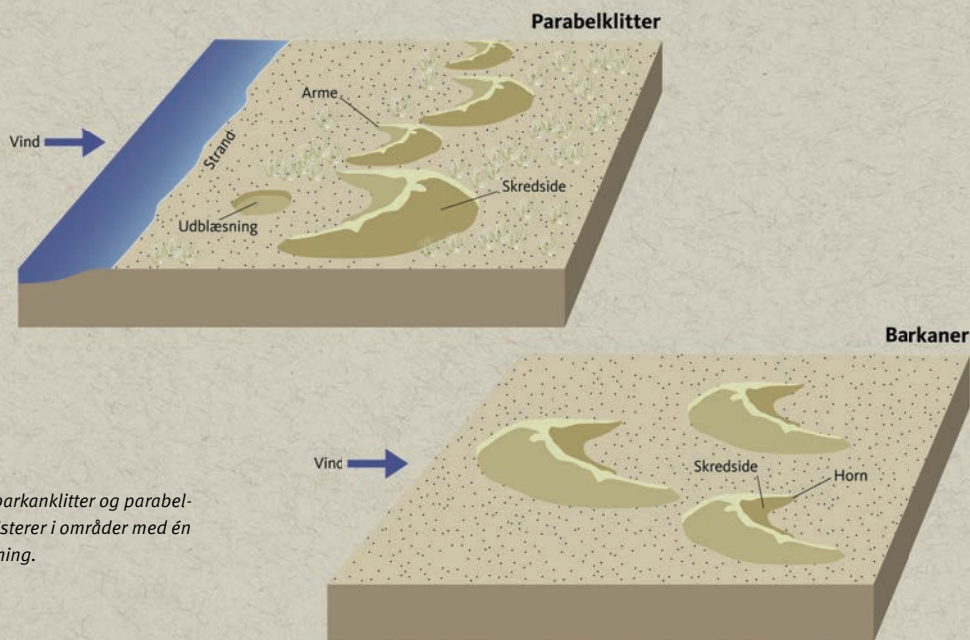
Vindsortering

Vinden er fantastisk til at sortere mellem de forskellige kornstørrelser (ler, silt, sand og grus), se diagram A. Grus er for tungt til, at vinden kan løfte kornene fri af overfladen og bliver derfor liggende. Afhængigt af kornstørrelse og vindhastighed vil sandet enten svæve, hoppe (saltere), krybe eller trille hen over overfladen og samles til klitter (figur B, sandtransport), imens de lette ler- og siltkorn vil blive løftet højt op i atmosfæren og transporteret langt væk fra kilden (figur C, processer).

A

Sedimentgruppe	Korndiameter
Blokke	Større end 256 mm
Sten	64 mm - 256 mm
Ral Grus	4 mm - 64 mm
Sand	63 μ m - 2 mm
Groft	500 μ m - 2 mm
Mellemkornet	250 μ m - 500 μ m
Fint	63 μ m - 250 μ m
Silt	2 μ m - 63 μ m
Ler	Mindre end 2 μ m





Figur 2. Forskelle på barkanklitter og parabelklitter, der begge eksisterer i områder med én dominerende vindretning.

væget sig gennemsnitligt 12 meter per år og er dermed også én af de hurtigst vandrende klitter, vi kender. Men klitten har ikke vandret med en konstant hastighed; vandringsretningen har ikke altid været mod østnordøst, og milens form har markant ændret sig siden 1887. Dette fortæller os, at der har været ændringer i vindens hastighed og retning, i vegetationsudbredelsen, samt i det landskab, som klitten vandrer henover.

Hvordan sand flytter sig og bliver til klitter

I Danmark er kystklitternes udvikling delvist styret af vinden og delvist af vegetationen. Vil man se udviklingen af klitter, som alene er resultat af vinden, skal man opsøge områder uden vegetation. For bedre at forstå hvordan en klit kan ændre form er det interessant at se på de processer, der opbygger klitter og styrer deres form – noget man selv kan opleve ved en gåtur på milen.

Når det blæser omkring 3 m/s, nås den kritiske vindhastighed for sandtransport og sandkornene vil begynde at bevæge sig. Sandkornene bevæger sig, fordi vinden skaber en zone med lavere tryk over sandoverfladen og luftmolekylerne skubber til kornene. Hvis vinden aftager, eller sandkornene bevæger sig ind i et område med læ, eller hvis overfladen ændrer karakter fx på grund af vegetation, stopper sandtransporten og sandet aflejres. Derudover vil nedbør nedsætte sandtransporten, da kohæisionskræfter binder sandkornene sammen. Se boksen om vindsortering side 3 for en kortfattet præsentation af kornstørrelser og processerne ved sandtransport.

En af de simpleste klitformer er barkaner, som er halvmåneformede klitter, hvor hornene vender væk fra vindretningen. Barkaner

dannes hurtigt i områder, hvor sand blæser hen over en relativ hård flade, se figur 2. Formen opstår, fordi sandet henover og i kanten af en sandbunke vil blive transporteret hurtigere end den centrale del. Efterhånden som mere sand fanges på den centrale del, vil klitten vokse i højde og på et tidspunkt blive høj nok til, at der opstår en læside. Når læsiden har en vinkel på 33°–34°, vil sandet skride ned af læsiden som sandtunger. På den måde vil klitten begynde at vandre. Sandet transporteres op ad stødsiden, det aflejres og opbygges på læsiden, og når vinklen bliver høj nok, skrider sandet ned af læsiden.

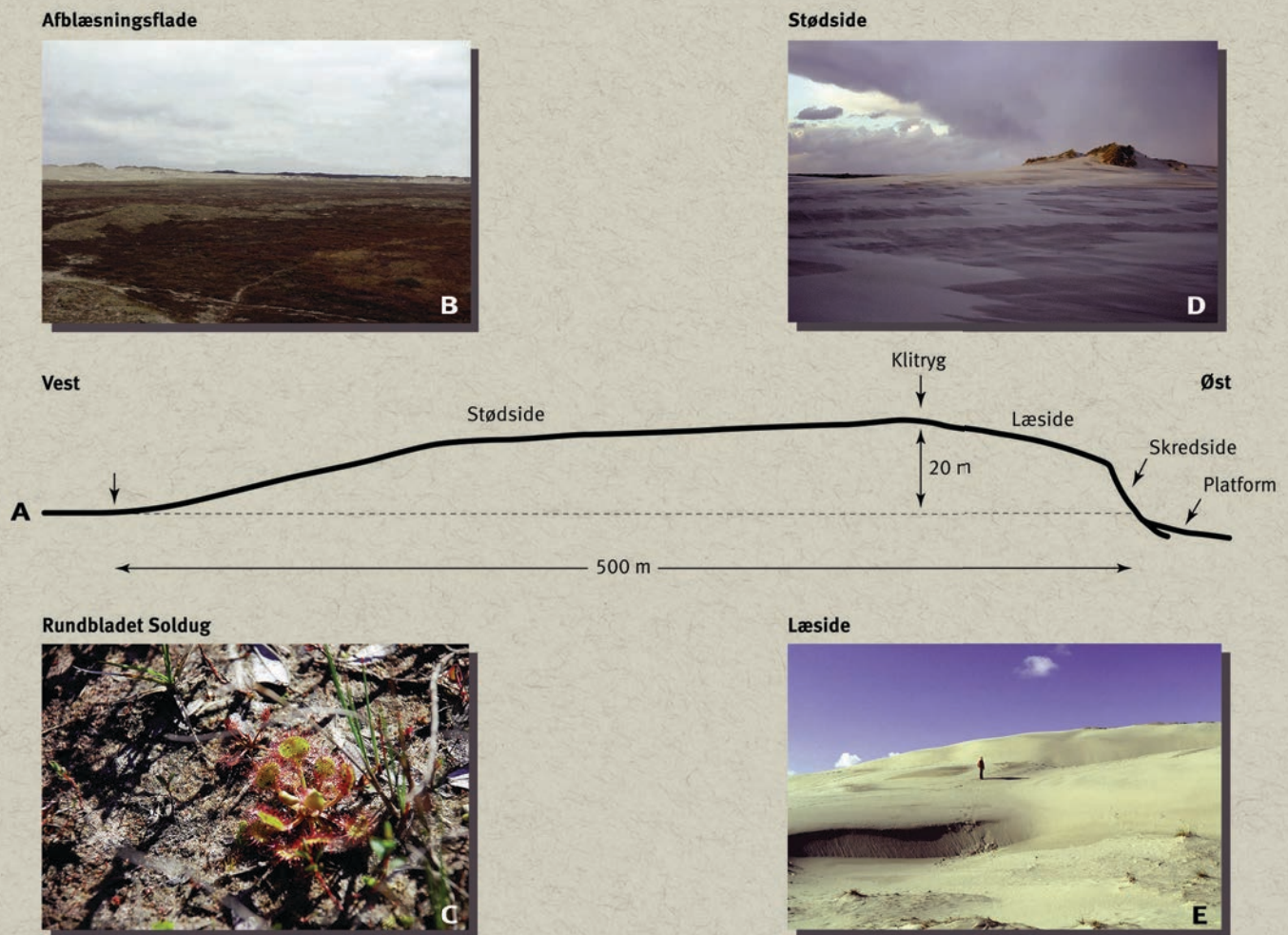
Klitten vil vokse i størrelse ved stadig sandtilførsel og moderate vindhastigheder. Ideelle barkanklitter er sjældne, da det kræver at vinden i lang tid blæser fra samme retning. Så i områder, hvor vinden overvejende er fra én retning, men hvor det også i kortere perioder blæser fra andre retninger, vil barkanformen være mere uregelmæssige og kaldes derfor barkanoide (barkanlignende). Er der meget sand i et område, kan flere barkaner vokse sammen til klitrygge.

Barkanklitter og parabelklitter kan eksistere i samme klima og vindforhold, men de adskiller sig ved graden af vegetationsdække. Deres udvikling afhænger af vegetationens evne til at binde sandet, som omvendt afhænger af mængden af sand, som er tilgængeligt for ødelæggelse af vegetationen. Barkanoide klitter findes, hvor sandmængden er stor nok til at ødelægge næsten al vegetationen, mens parabelklitter findes, hvor sandtilførslen er ringe. Vegetationens kolonisation på de mere beskyttede ydre skrån timer af en klit vil fremme stabiliseringen og udviklingen af parabelformen, se figur 2. Parabelklitter vil derfor med tiden udvikle arme, der vender op mod den do-

minerende vindretning, som det tydeligt ses på Råbjerg Mile. Råbjerg Mile er hvad man i fagterminologi kalder en kompleks mega-klit, da den overordnet er en parabelklit, men sammensat af mange mindre barkanoide klitter.

Råbjerg Mile i dag

Råbjerg Mile er næsten 1 km bred og ca. 2 km lang, når parabelarmene medregnes. Den centrale del af milen, parabelhovedet, er den højeste del af klitten, som hæver sig op til 20 meter over det omgivende terræn. Går man en tur ind over Råbjerg Mile fra vest mod øst møder man først afblæsningsfladen, som er det område, klitten har vandret henover, se figur 3A og B. Afblæsningsfladen er en jævn flade dækket af vegetation og med lave klitrygge. Det er værd at bemærke, at den sandede, fugtige afblæsningsflade giver grobund for et unikt dyre- og planteliv – der lever bl.a. to arter af planten Soldug, som er 'kødædende' (figur 3C). Variationer i grundvandsstanden betyder, at der til tider er en lavvandet sø tæt på milen. De to parabelarme, der afgrænser afblæsningsfladen mod syd og nord er meget forskellige. Den sydlige arm er lang og smal, og stabiliseret af vegetation, mens den nordlige arm er kort og bred, og med kun lidt vegetation. Fra afblæsningsfladen kommer man herefter til stødsiden, som hælder 6–7° mod vest (figur 3A og D). Op mod milens højeste område bliver hældningen mindre, og man når milens læside, der hælder i østlig retning. Læsiden består af flere skredsider, der typisk er 0,5–2 meter høje, men enkelte steder kan de østligst beliggende læsider blive op til omkring 5 meter høje (figur 3A og E). Foran læsiden er et område, hvor de letteste sandkorn aflejres og skaber en sand-platformbund, som klitterne vandrer hen over, se figur 3.



Figur 3. A) Profil gennem den nordlige del af parabelhovedet. B) afblæsningsfladen. C) Rundbladet soldug på afblæsningsfladen. D) stødsiden. E) læsiden med flere sandskredssider.

Fotos: Karen L. Anthonsen.

Udviklingen gennem 130 år

De faktorer, der primært styrer en klits form og vanding, er vindhastighed og -retning, men nedbør og vegetation spiller også en væsentlig rolle. Det er derfor først og fremmest interessant at bruge vinddata til at finde en sammenhæng mellem vindmønsteret og milens vanding, og for at undersøge om man kan forudsige milens fremtidige vanding.

Brug af historiske data

Råbjerg Miles udvikling kan aflæses af de gamle kort over området. Det første detaljerede topografiske kort over området er Generalstabens målebordsblade fra 1887, som blev trykt i skala 1:20.000 med en 5 fod ækvivalens (højdekurveinterval), hvilket svarer til 1,57 meter. På disse kort findes navnet Råbjerg Mile ikke, men klitten *Studeli Mile* er den klit, der senere bliver kaldt Råbjerg Mile. Optegningen af højdekurverne blev ikke ændret for Råbjerg Mile-området før i 1966, hvor det daværende Geodætisk Institut (fra omkring

1950) havde begyndt en ny landsdækkende kortserie i 1:25.000 med en ækvivalens på 2,5 meter. Højdekurverne lokalt omkring Råbjerg Mile blev opdateret i 1977. Herefter er der ikke lavet kort med nye højdekurver før 2008, og disse højdekurver er baseret på detaljerede 3D laser-scanninger af overfladen med LiDAR-teknik (Light Detection and Ranging, se evt. GEOVIDEN 2016, 2, s. 12). Den nyeste tilgængelige scanning er fra 2014.

Det er en udfordring at kortmaterialet, der viser topografien, findes i flere forskellige målestokke, ækvivalenser og detaljeringsgrad. Problemet kan dog løses ved at bruge et Geografisk Information System (GIS) til at gøre de forskellige korttyper sammenlignelige, og derefter analysere, hvordan Råbjerg Mile har ændret sig fra 1887 og frem til 2014. De gamle kort digitaliseres og transformeres til digitale højdemodeller, som så kan sammenlignes med de moderne højdemodeller baseret på 3D LiDAR-scanninger. Højdemodellerne fra LiDAR-scanningerne har en større nøjagtighed end de

højdemodeller, som er baseret på de gamle kort, men det har vist sig, at de gamle kort alligevel er produceret med så stor en præcision, at det giver mening at sammenligne de to forskellige datagrundlag med hinanden.

Da det er vinden, der flytter sandet, er det interessant at se på vinddata fra området. Man har registreret vindstyrker og vindretninger fra Skagen Fyr siden 1860. Frem til 1957 blev vindstyrke og -retning visuelt vurderet, vindstyrken efter Beaufortskalaen (Vindstyrke 0–12) og vindretningen blev målt vha. kompas. Desuden blev vindretningen frem til 1909 målt i forhold til magnetisk nord, og det daglige antal observationer har varieret fra 2 til 8. Heldigvis har Forskningscenter Risø i årene 1988–1991 homogeniseret de danske vinddata fra Danmarks Meteorologiske Institut (DMI), så det er muligt at bruge dem sammen med moderne vindmålinger foretaget med anemometer.

Klitvandring

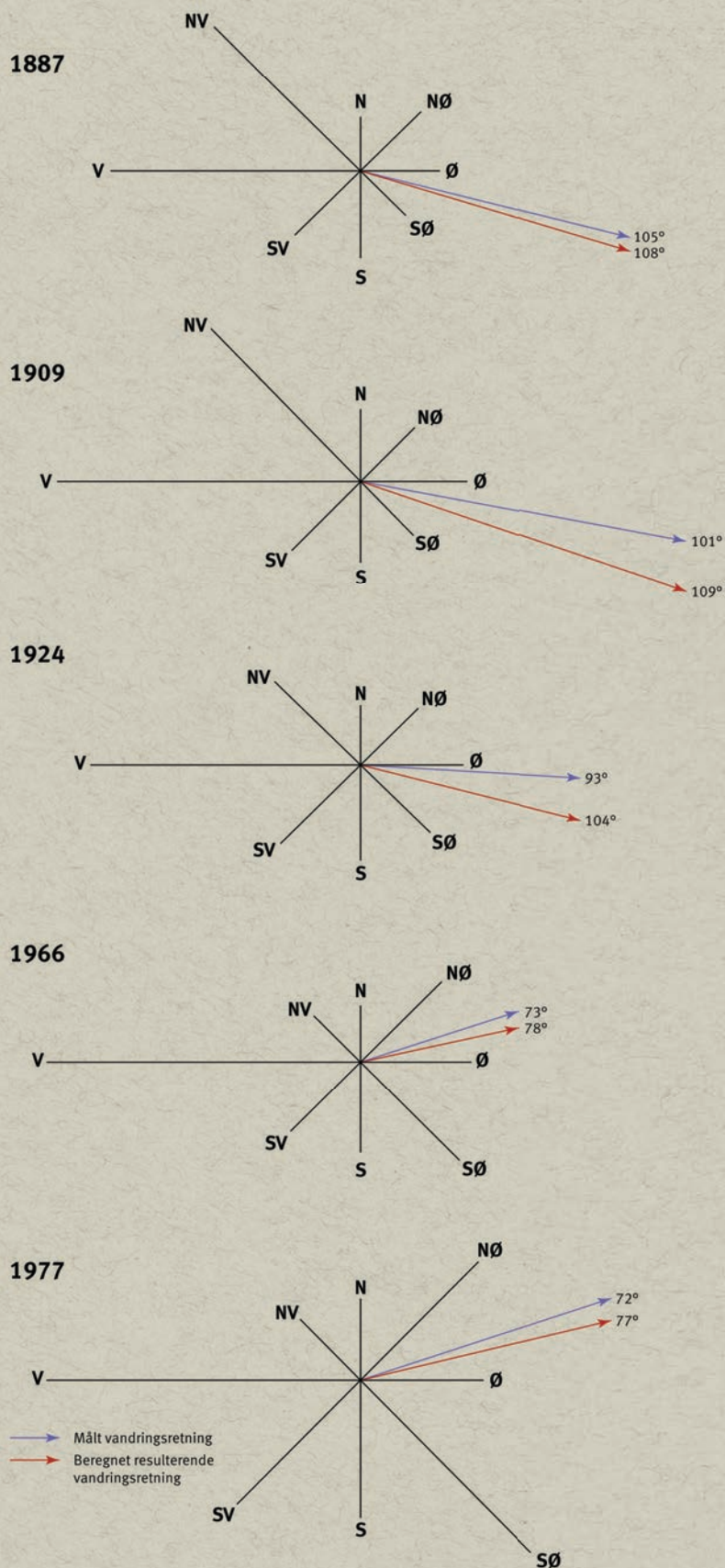
Klitters vandringsretning og -hastighed er et resultat af de enkelte vindretningers transportevne.

Man skulle umiddelbart tro, at jo højere vindhastighed des mere sand kan transporteres, men forsøg i vindtunneler har vist, at laget umiddelbart over overfladen, hvor den største del af sandtransporten foregår, bliver mættet med sandkorn. Det betyder at beregninger af sandtransporten skal tage højde for, at der ingen sandtransport er ved vindhastigheder under 3 m/sek. (tærskelværdi), at sandtransporten herefter stiger eksponentielt med vindhastigheden indtil det primære transportlag er mættet, hvorefter der kun sker en begrænset stigning i mængden af sand, der transporteres. Sandtransportberegninger skal desuden tage højde for, at nedbør dæmper sandtransporten. Hver vindhastighed har hermed en vægtningsfaktor, som i kombination med vindretning og varighed giver en beregnet, samlet resulterende sandtransportretning (RST).

Da vindmønsteret kan variere fra år til år, er det nødvendigt at arbejde med vinddata fra en længere periode. Til beregning af sandtransporten for Råbjerg Mile, blev der brugt data fra en periode på 10 år. Således er der til beregning af den resulterende sandtransportretning for Råbjerg Miles '1977-situation' benyttet vinddata fra perioden 1967-1977, se figur 4.

1887

På det første detaljerede kort over Råbjerg Mile-området fra 1887 ser milen anderledes ud end i dag. Milen har en barkanoid form, se figur 5, og er altså endnu ikke en parabelklit. I 1907 beskrives Råbjerg Mile af E. Warming som "skinnende ren, uden at bære en eneste plante, ikke engang nogen algevegetation mellem sandkornene". Øst for milen ses et område med ældre, stabiliserede klitter og især den sydlige del er præget af en stor 36 meter høj klit. Denne klit har ikke noget officielt navn, og vil derfor i den følgende tekst blive kaldt Klit 36. Ser man på læsidens orientering, er det også



Figur 4. Vindmønsteret ved Skagen Fyr illustreret ved vektorer, hvor en vektor for hver vindretning viser dens sandtransportevne midlet over en 10 års periode, fx benytter 1887 vinddata fra 1877-1887. Pilene viser den beregnede resulterende sandtransportretning (RST), og vandringsretningen målt på Råbjerg Miles dominerende og højeste læsider.



tydeligt, at milen i 1887 har en vandringsretning mod østsydøst (105°). Sammenligner man med den beregnede RST, er der en god overensstemmelse (108°), og man kan se påvirkning af vind fra nordøst (se figur 4).

1909, 1924 og 1966

Efter udgivelsen af det detaljerede kort i 1887 bliver der ikke opmålt højder på Råbjerg Mile før i 1966, men heldigvis findes der to lokale kortskitser af Råbjerg Mile lavet af Skovvæsenet. Den ene skitse er fra 1909 og viser at Råbjerg Mile stort set ser ud som i 1887. Men på den anden skitse fra 1924 er milen begyndt at ændre form, og der er udviklet en markant læside der indikerer en vandringsretning mod øst (93°). Den beregnede resulterende sandtransportretning viser, at påvirkningen af de nordøstlige vinde er aftaget. På det nyopmålte kort fra 1966 er Råbjerg Mile en parabelklit med en vandringsretning mod østnordøst (77°), og en øget påvirkning af vinde fra især sydøst (se figur 4).

1977

I 1977 dækker Råbjerg Miles parabelhoved den nordlige del af det gamle klitområde, og den lange smalle sydlige parabelarm har næsten mistet kontakt med milens hovedområde. Klit 36 er vokset i højde til ca. 42 meter, men ligger stadig foran milen. Den vestvendte side af Klit 36 er også begyndt at blive eroderet og man kan se flere mindre udblæsninger, jf. figur 5, midten.

Hvordan Råbjerg Mile har vandret i løbet af de 90 år, der er gået fra 1887 til 1977 kan illustreres ved at trække de to højdemodeller fra hinanden, så man får et billede der viser, hvorfra sandet er fjernet (erosion) og hvor det har lagt sig (aflejring), se figur 6, øverst. Fra 1887 til 1977 kan man se, at milen er vandret hen over og nu dækker den nordlige del af det gamle klitområde, og der hvor disse klitter er højest, er der stort set ingen erosion eller aflejring. Den begyndende erosion af Klit 36 ses tydeligt. Vandringsretningen er fortsat mod østnordøst (72°), og den dominerende transportretning mod øst er påvirket af vinde fra syd, desuden er der generelt en forøgelse af vind til sandtransport (figur 4). Målinger af vandringshastigheden i perioden 1887–1977 viser, at den nordlige del af klitten gennemsnitligt har vandret 12,8 m/år og den sydlige del 15,8 m/år; nord og syd tilsammen altså gennemsnitligt knap 13 m/år (tabel 1). Det er værd at bemærke, at i perioden fra 1966 til 1977 reduceres vandringshastigheden til 10,2 m/år til trods for at vindintensiteten stiger i samme periode (figur 4). Dette skyldes sandsynligvis at milens vandring bremses af de gamle klitter.

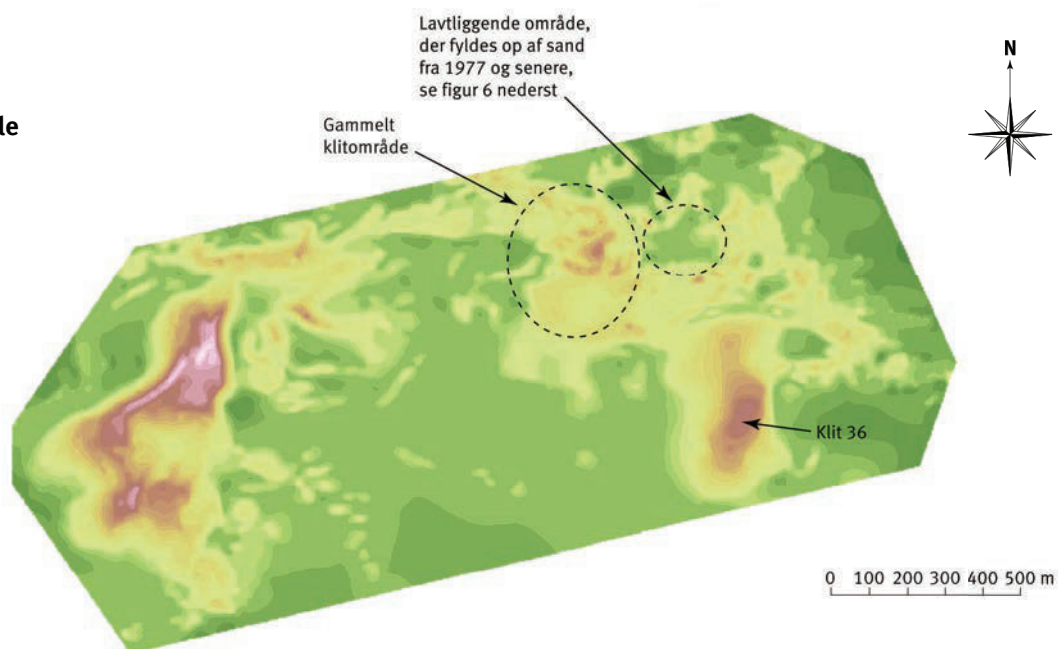
2014

De nyeste højdedata fra Råbjerg Mile-området er laser-scanningen (LiDAR) fra 2014, se figur 1 og 5. Denne opmåling viser et meget detaljeret billede af Råbjerg Mile. Milen er igen én samlet klit og Klit 36 er blevet gennembrudt og en lobeformet udbygning ses tydeligt på højdemodellen i figur 5, nederst. Gennembruddet af Klit 36 ses også tydeligt på erosions-aflejnings-kortet (figur 6), men det er også værd at bemærke, hvordan et lavt område øst for det gamle klitområde er blevet fyldt op af sand. Ser man på ændringerne fra 1977 til 2014, opdager man et større erosionsområde på stødsiden, hvor de gamle stabiliserede klitter lå. Det viser, at sandet fra disse klitter bliver reaktiveret og nu er del af den nuværende mile (figur 6). Vandringsretningen er fortsat østnordøst (77°), og vandringshastigheden er gennemsnitligt 8 m/år, men i perioden 2008–2014 stiger hastigheden til 14,9 m/år, se tabel 1. Stigningen i vandringshastigheden sker muligvis, fordi Råbjerg Mile nu har passeret det gamle klitområde. Højdemodellen fra 2014 (figur 5) viser også de lave klitrygge på afblæsningsfladen, som reflekterer stødsidens beliggenhed. De lave klitrygge opstår sandsynligvis som følge af variationer i grundvandsniveauet, hvor der i perioder med lav grundvandsstand bliver eroderet dybere i afblæsningsfladen og i stødsiden i forhold til perioder med høj grundvandsstand.

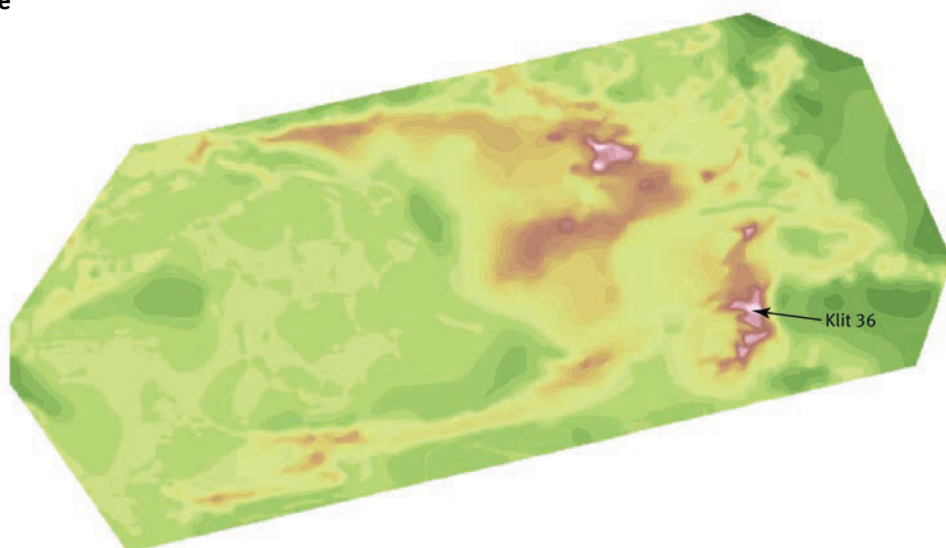
Periode	Antal år	Nordområde meter	Sydområde meter	Nordområde m/år	Sydområde m/år	Middel m/år
1887-1977	90	1150	1423	12,8	15,8	12,6
1887-1966	79	1050	1300	13,3	16,5	14,9
1966-1977	11	100	123	9,1	11,2	10,2
1977-2014	37	312	279	8,4	7,5	8
1977-2008	31	214	198	6,9	6,4	6,7
2008-2014	6	98	81	16,3	13,5	14,9

Tabel 1. Råbjerg Miles vandringshastighed.

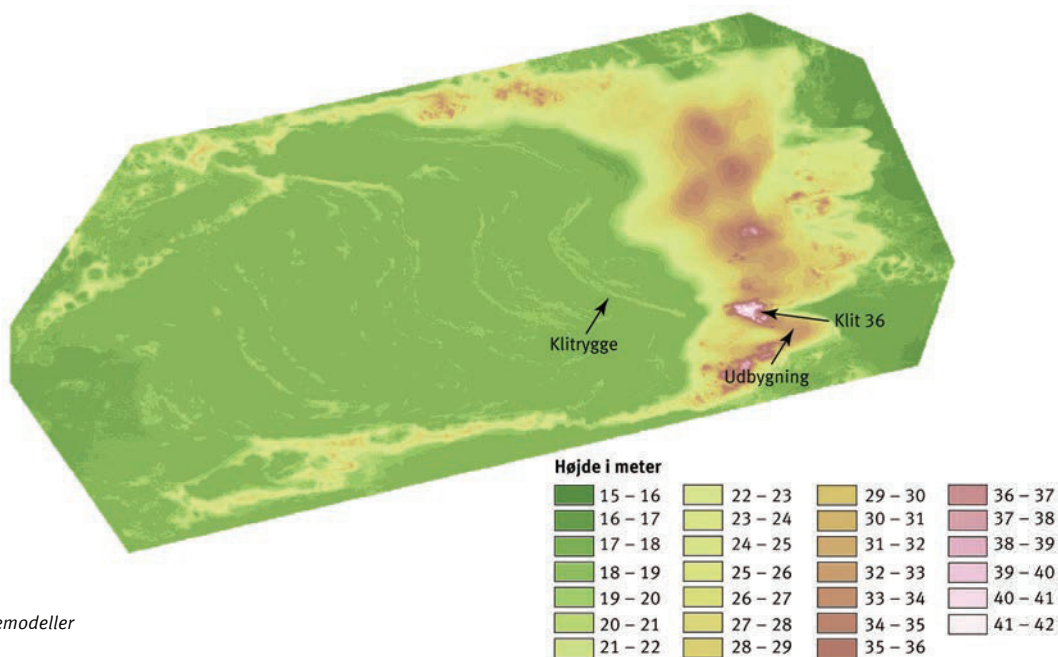
**Råbjerg Mile
1887**



**Råbjerg Mile
1977**

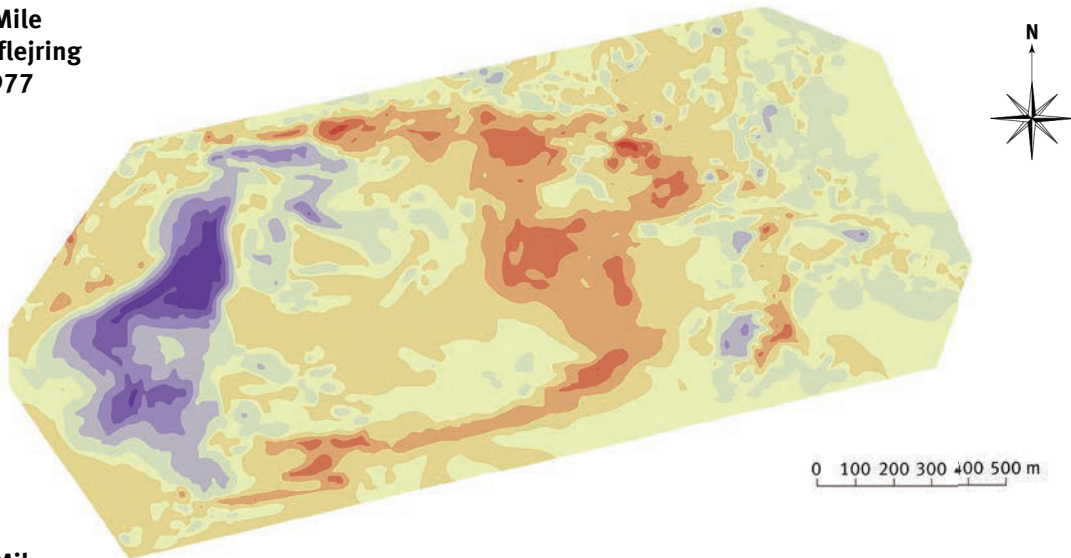


**Råbjerg Mile
2014**

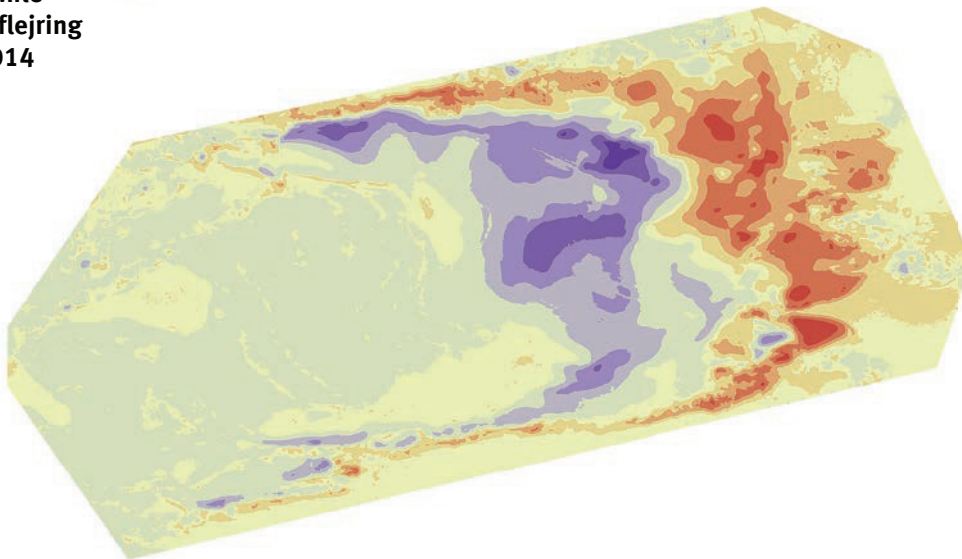


Figur 5. Tre højdemodeller af Råbjerg Mile.

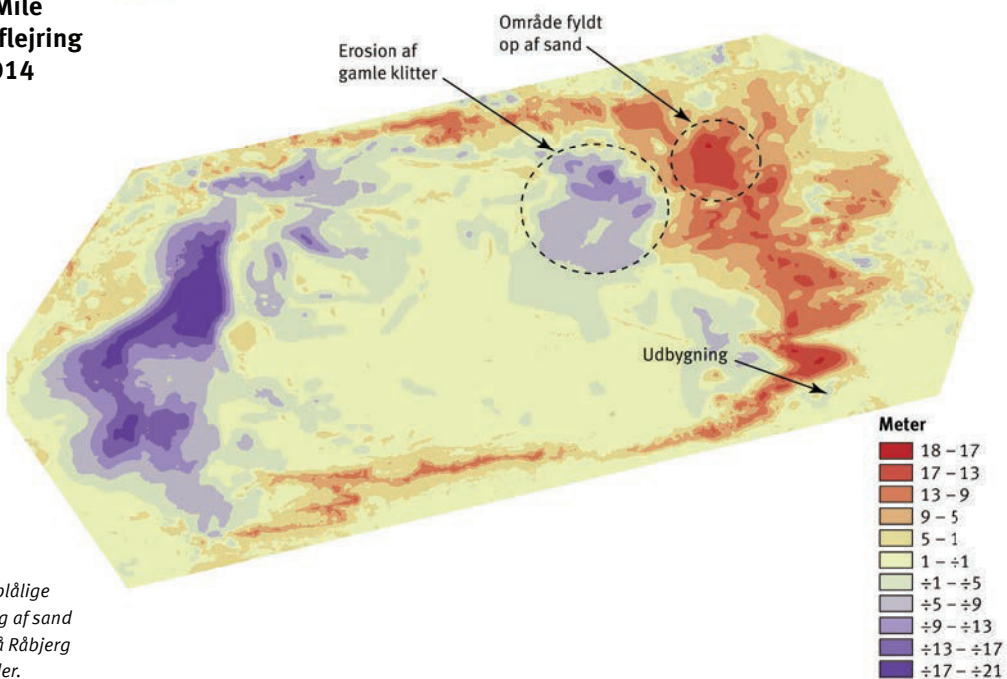
Råbjerg Mile
Erosion og aflejring
1887-1977



Råbjerg Mile
Erosion og aflejring
1977-2014



Råbjerg Mile
Erosion og aflejring
1887-2014



Figur 6. Erosion (blålige farver) og aflejring af sand (rødlig farver) på Råbjerg Mile for tre perioder.

Perioden 1887–2014

Sammenfattende for hele perioden kan man sige, at i 1887 er Råbjerg Mile en barkanoid klit næsten uden vegetation, og at den har en vandringsretning mod østsydøst. Omkring 1920'erne ændrer vindmønsteret sig, den nordøstlige vind aftager og sydlige vinde tiltager og vandringsretningen er mod øst. Opmålinger af Skovvæsnet i 1924 viser at parabelarmene er under udvikling

og på figur 7 kan man se, hvordan vegetationsgraden forøges i samme periode, som Råbjerg Mile ændrer form fra barkanoid til parabel. I 1966 er milen en asymmetrisk parabelklit med en lang smal sydlig parabelarm og en kort, bred nordlig parabelarm. Vandringsretningen er nu østnordøst, og vandringshastigheden falder i perioden frem mod 1977 selvom vindens sandtransportevne stiger. Årsagen er for-

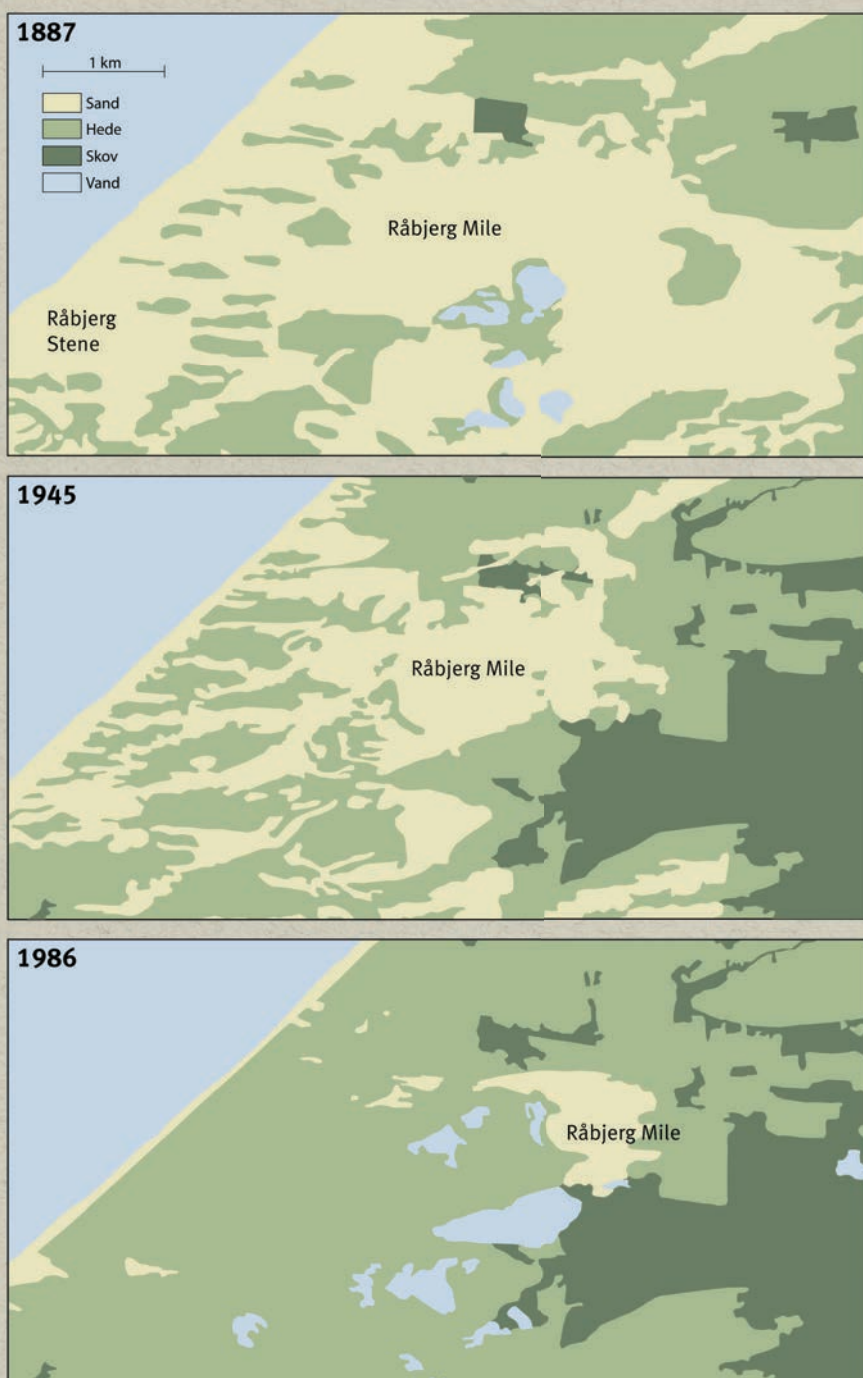
mentlig, at milen bremses under sin vandring hen over det gamle klitområde. I 2014 har Råbjerg Mile passeret det gamle klitområde. Vandringsretningen er stadig østnordøst, men hastigheden er steget til niveauet fra før 1966.

Hvor vandrer Råbjerg Mile hen?

Hvor og hvordan Råbjerg Mile er opstået vides ikke. Ifølge E. Warming (1907) har Råbjerg Mile oprindeligt været to klitter, men det kan ikke bevises i dag. Det er muligt, at Råbjerg Mile er opstået ved kysten og at Råbjerg Stene, beliggende vest for milen, repræsenterer det afblæsningsområde, hvorfra milens sand kommer, se figur 7.

Råbjerg Mile har i gennemsnit vandret omkring 12 meter per år i perioden 1887–2014. Hvis vi antager, at Råbjerg Mile har begyndt sin vandring ved vestkysten og at den har vandret med samme gennemsnitshastighed på 10–12 meter per år, vil den være dannet omkring 1650–1700. Var det Den Lille Istid med et svækket vegetationsdække, der gjorde det lettere for vinden at mobilisere sandet? Muligvis. Men det er måske mere interessant, at hvis vi regner med at Råbjerg Mile forsætter sin vandring mod østnordøst med samme hastighed, vil den passere Ålbækvej (vejen mellem Frederikshavn og Skagen, se figur 1) om 230–280 år, og om 350–400 år vil den nå Kattegat, hvor sandet vil blæse i havet og klitten vil ende sine dage.

Vores syn på Råbjerg Mile, og andre klitområder, har ændret sig markant med tiden. I N.V. Ussings bog om Danmarks Geologi fra 1899, omtales vandrekliternes ødelæggelse af samfundsværdier, som huse, kirker og marker. I dag taler vi om 'rekreativ værdi', og vi værner om de områder, hvor det er muligt at opleve kontrasten til kulturlandskabet og naturkræfternes frie spil. Råbjerg Mile er et fremragende eksempel på dette, og blev derfor allerede fredet i 1901 (se boksen Fredning næste side), og den dag Råbjerg Miles læside når Ålbækvejen, vil man forhåbentlig have bygget en omfartsvej så langt mod vest at klitten kan fortsætte sin vandring uhindret. 



Figur 7. Graden af vegetationsdække for området omkring Råbjerg Mile. Vegetationsdækket udgør 29 % i 1887, 70 % i 1945 og 94 % i 1986.

Fredning

Råbjerg Mile blev fredet allerede i 1901 med fredningsforpligtelsen 'må ikke tilplantes', men fredningen omfattede kun selve milen.

I 1961 blev et større område vest og syd for Råbjerg Mile også omfattet af fredning, hvilket betød, at stensletten Råbjerg Stene ved vestkysten og Mile-sørne syd for milen blev inkluderet. Et større område øst for milen blev først fredet i 2008, og det vil sandsynligvis være mere end 100 år før Råbjerg Mile når denne fredningsgrænse.

I forbindelse med fredningen i 1961 blev der opsat fredningspæle, og ved et besøg på Råbjerg Mile i 2006 var flere af disse pæle, der oprindeligt var opsat foran klitten, nu fritlagt på afblæsningsfladen.

Her kan man læse mere om klitter:

Clemmensen, L.B. 1997:

Klitafløjninger. Geologisk Tidsskrift 1997-1, side 1-30. Tilgængeligt på www.2dgf.dk.

Binderup, M. 2012:

Nutidens kyster og klitter. Naturen i Danmark, Geologien (2. udg.) side 428-438, Gyldendal.

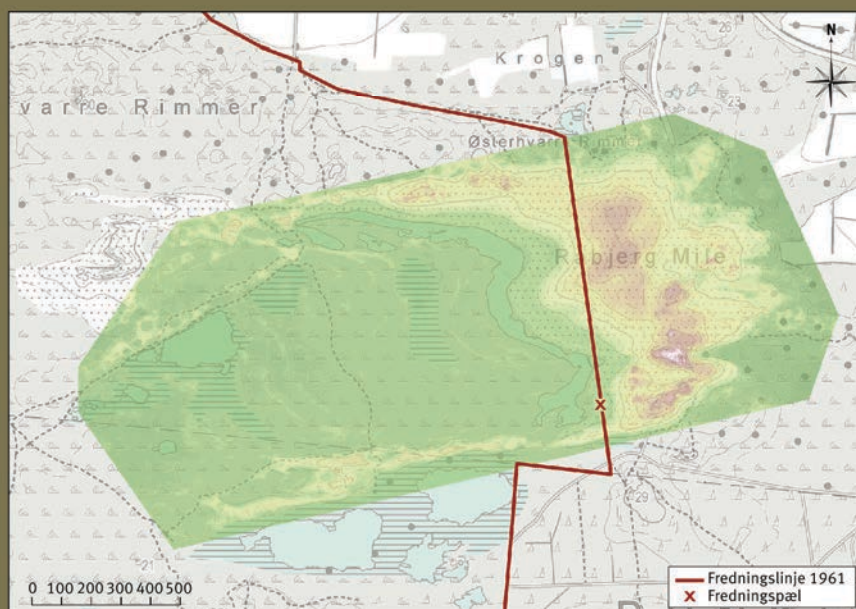
Steenstrup, K.J.V., 1894:

Om klitternes vandring. Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening. Bulletin Volume 1. Tilgængeligt på www.2dgf.dk.

Ussing, N.V. 1899:

Danmarks Geologi i almenfatteligt Omrids. Danmarks geologiske Undersøgelse III række, Nr. 2, 264 sider.

Den røde linje viser fredningslinjen, der i 1961 blev markeret med betonpæle foran (øst for) klitten, og som milen efterfølgende har passeret.



Fredningspæl og artiklens forfatter (begge årgang 1961) på Råbjerg Miles afblæsningsflade. Pælen stod oprindeligt foran (øst for) milen, men 45 år senere har milen passeret hen over pælen.

Foto: Michael Larsen.



BioCCS (BECCS)

Det er muligt at fjerne kuldioxid (CO_2) fra atmosfæren ved at lagre den kuldioxid, der kommer fra kraftværker og industri, som fyrer med biomasse. Metoden kaldes BioCCS og den kan bidrage til at mindske vores CO_2 -udledning. Geologiske kortlægningsprojekter har vist, at Nordsøen er et af de bedst egnede områder i Europa til CO_2 -lagring. Her vil det teoretisk være muligt at lagre 72 gigaton i dybtliggende sandstenslag alene i den norske del af Nordsøen. Det svarer omtrent til 36 års samlet CO_2 -udledning fra alle store kraftværker og industrivirksomheder i Europa.

Danmark er i gang med gradvist at omlægge energiproduktionen fra fossilt brændsel til vedvarende energikilder suppleret med energi fra kraftvarmeværker, der er fyret med biomasse. Brug af biomasse som brændsel betragtes som CO_2 -neutralt i de internationale aftaler om CO_2 -reduktion, men et biomassefyret kraftvarmeværk udleder ikke desto mindre CO_2 til atmosfæren. Mange klimascenarier forudsiger, at den maksimalt ønskede temperaturstigning på 2 grader vil være meget vanskelig at overholde, og at det vil blive nødvendigt at fjerne CO_2 fra atmosfæren for at holde den globale temperaturstigning på et mo-

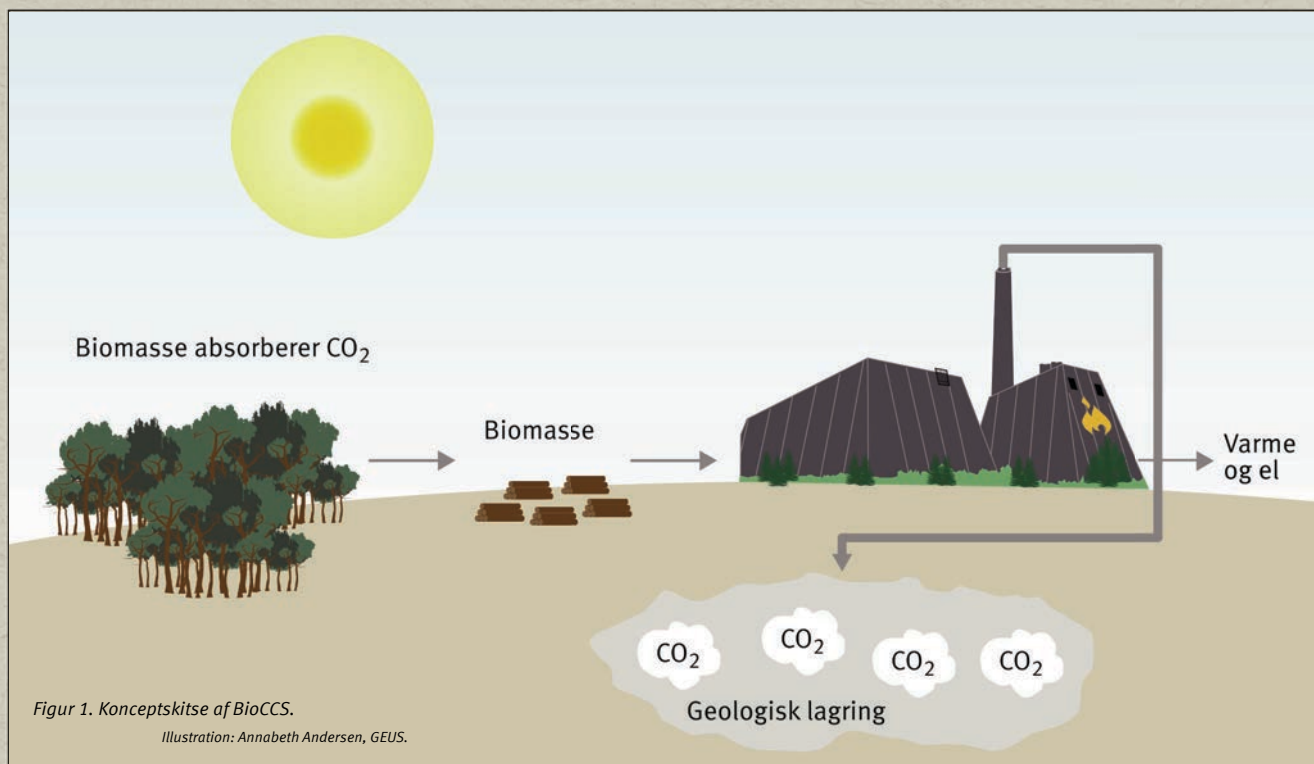
derat niveau. CO_2 -udledning kan undgås ved at supplere et biomasse-fyret kraftværk/industrivirksomhed med et CO_2 -fangstanlæg til at lagre den indfangede CO_2 i undergrunden, se figur 1. Hvis man samtidig planter en mængde vegetation, som svarer til den mængde, der forbrændes, kan man fjerne CO_2 fra atmosfæren og det samlede CO_2 -regnskab bliver CO_2 -negativt. BioCCS står for *Bio Energy Carbon, Capture and Storage* (også kaldet BECCS).

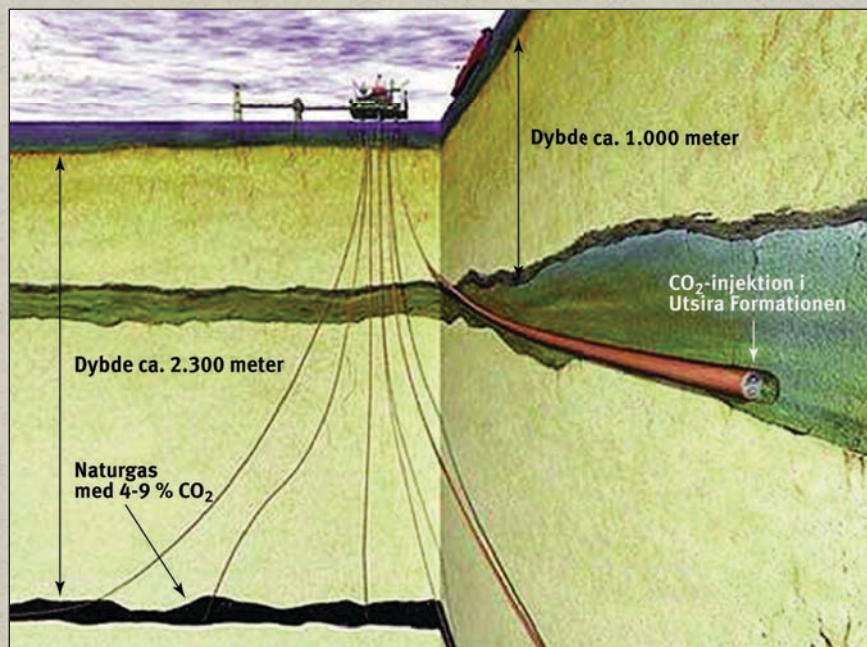
CO_2 -lagring i undergrunden

For at kunne lagre CO_2 skal man finde et velegnet sted i undergrunden, hvor der er plads.

Det er der i sandstenslag, hvor mellemrummene mellem sandkornene i gode lag kan udgøre 20–25 % af det totale sandstensvolumen. Et CO_2 -lager skal ligge i en dybde på mindst 800 meter, fordi tryk og temperatur her er store nok til at CO_2 ikke længere er en gas, men en *superkritisk væske*, og derfor kun fylder under 1 % af, hvad den gør som gas. Når CO_2 pumpes ned i sandstenen, vil den bevæge sig opad og det er derfor vigtigt, at der er et tæt lag af fx lersten eller kalksten over sandstenslaget.

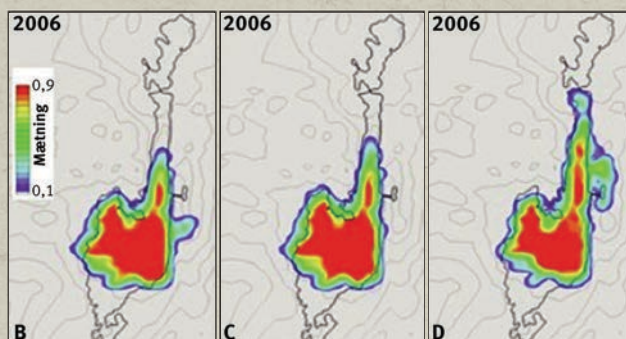
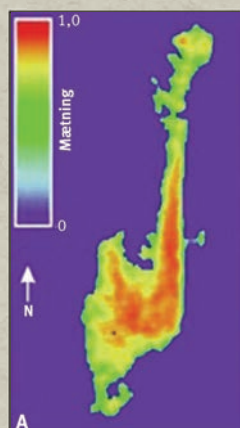
CO_2 -lagring i undergrunden foregår allerede flere steder i verden, men kun få steder i stor skala, dvs. mere end 400.000 ton CO_2 /år for CO_2 -intensiv industri, eller mere end 800.000 ton CO_2 /år for kulbaserede kraftværker. I næsten alle tilfælde har man udnyttet CO_2 -lagringen til at udvinde mere olie. Når der blandes CO_2 i olie nedsættes viskositeten og olien bliver mere letflydende og lettere at





Figur 2. CO₂-injektion i Sleipnerfeltet.

Kilde: Equinor (tidligere Statoil).



Figur 3. Seismisk undersøgelse af CO₂-udbredelsen i Utsira Formationen i 2006. **A)** viser hvordan CO₂ har bevæget sig i sandstenen efter 10 år. **B, C og D** viser 3 modeller (for CO₂-udbredelsen), hvor der er ændret lidt på parametrene. Den tykke grå streg viser den faktiske udbredelse, som er identisk med billede **A**.

Kilde: Efter Chadwick and Noy, 2010.

pumpe op af undergrunden. Metoden kaldes EOR (*Enhanced Oil Recovery*), og benyttes i mange lande, fx USA og Canada, hvor metoden har været brugt i mange år (siden 1972). Et andet eksempel på storskala CO₂-lagring er i Norge, hvor man siden 1996 har pumpet ca. 1.000.000 ton (1 megaton) CO₂ om året, 1000 meter ned under havbunden ved Sleipnerfeltet

i den norske del af Nordsøen, ca. 260 km vest for Stavanger, se figur 2. CO₂ pumpes ned i en 250 meter tyk sandstensformation (Utsira Formationen), der ligger 1.000 meter under havbunden, men over selve Sleipnerfeltet, der ligger i en dybde af 2.300 meter (Hugin Formationen). Den naturgas, der pumpes op fra Sleipnerfeltet, indeholder 4–9 % CO₂, og da

det maksimalt tilladte CO₂-indhold ikke må overskride 2,5 % for at kunne bruges i naturgassystemet, er det nødvendigt at fjerne noget CO₂.

CO₂-lagringen ved Sleipnerfeltet har været genstand for mange forskningsprojekter. Især har overvågning ved hjælp af seismiske undersøgelser af CO₂'s udbredelse i Utsira Formationen og sammenligning med de beregnede modeller, som man inden lagringen havde brugt til at forudsige CO₂'s bevægelse/migration, givet overbevisende resultater og ny viden om og tillid til metoden, se figur 3.

Norge har i mange år arbejdet på at udvikle CCS, og har således bidraget til at reducere CO₂-udledningen fra industri- og energiproduktion. I 2015 gav det norske Stortinget grønt lys til et forstudie til et storskala CO₂-lagringsprojekt, hvor CO₂ blev fanget på cementfabrikken NORCEM i Brevik, ammoniakfabrikken Yara i Porsgrunn og affaldsvarmeværket Klemetsrud i Oslo. Da ca. 60 % af brændslet på Klemetsrudværket er biologisk, vil denne del af projektet være CO₂-negativ. Det er planen at CO₂ fra de 3 sydnorske CO₂-kilder transporteres med skibe til et midlertidigt opsamlingsanlæg på den norske vestkyst, og herfra transporteres via en ca. 50 km lang rørledning på havbunden til et sandstenslager 1.200 meter under havbunden. Den endelige beslutning om finansiering af projektet bliver taget af Stortinget i 2019.

I Europa har der været flere forskningsprojekter, der har kortlagt de bedst egnede sandstensformationer til CO₂-lagring, og hvor man har beregnet hvor meget CO₂, der teoretisk kan lagres. Den totale kapacitet for Europa er estimeret til 360.000.000.000–625.000.000.000 ton CO₂ (360–625 gigaton). Til sammenligning udledes der samlet ca. 2 gigaton/år fra alle industri- og kraftværker i Europa, der har en CO₂-udledning større end 100.000 ton CO₂/år. Europas største lager-potentiale findes i Nordsøen og især den Norske del af Nordsøen, hvor den beregnede lagringskapacitet er ca. 72 gigaton, men også i Danmark er der gode muligheder for CO₂-lagring i undergrunden, både på land og under havbunden.



Nordøsthimmerlands kystudvikling – nye værktøjer – nye tolkninger

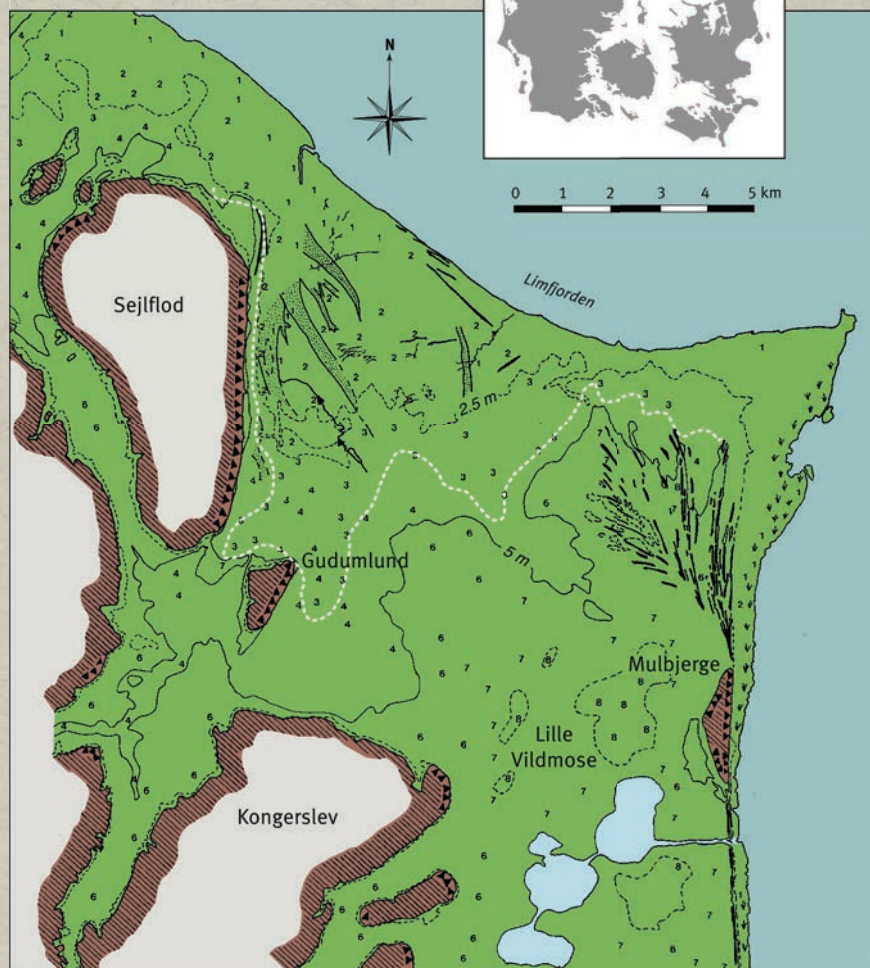
Sydøst for Ålborg ligger Sejlflod bakkeø, som er meget rig på gravpladser og spor efter samtidig bebyggelse i ældre jernalder. For 30 år siden blev der lavet en undersøgelse af, hvorledes landskabet har set ud på den tid. Siden da er der kommet nye værktøjer til at tolke landskabet. Her gives et eksempel på, hvor meget – eller hvor lidt – de nye redskaber bringer af nye tolkningsmuligheder.

I 1987 ønskede Aalborg Historiske Museum, at der blev lavet en undersøgelse af, hvordan landskabet omkring Sejlflod-landsbyen havde set ud i ældre jernalder (500 f.Kr. – 400 e.Kr.). Man var særligt interesseret i udstrækningen af det vådområde, der havde ligget umiddelbart øst for bakkeøen, fordi det havde betydning for vurderingen af, hvorfor man bosatte sig på stedet. Sejlflod bakkeø er interessant, fordi der findes et meget stort antal fortidsminder inden for et geografisk afgrænset område. Her ligger bl.a. en af landets største gravpladser med ca. 300 grave fra perioden 300–500 e.Kr. sammen med (spor efter) den samtidige bebyggelse.

Undersøgelsen, der udelukkende var baseret på analyser af eksisterende materialer, måtte inddrage en tolkning af landskabsdannelsen i en meget større del af det nordøstlige Himmerland for at kunne konkludere noget om det ønskede område.

De materialer, der blev inddraget i tolkningen, var gamle målebordsblade (1:20.000, 5 fods ækvivalens), geologiske jordartskort, flyfotos og diverse litteratur.

På basis heraf blev det geomorfologiske kort tegnet, se figur 1. Det fremgår tydeligt, at der i løbet af Litorinatransgressionen (ca. 7.500–4.000 år før nu) blev udformet kystklinter i alle de eksponerede dele af datidens øer og halvøer. Nord for Mulbjergse ses et stort vifteformet strandvoldskompleks, hvis ældre dele består af krumodder, men med tiden er strandvoldene blevet mere og mere retlinjede,



Figur 1. Geomorfologisk og topografisk kort over det nordøstlige Himmerland, tolket og tegnet på grundlag af flyfoto- og kortbladsanalyser. Trekantsignaturen viser Litorinatransgressionens kystklinter. Tallene = terrænhøjde (m.o.h.). Den stiplede linje viser 1987-tolkningen af kystlinjens beliggenhed i ældre romersk jernalder.

indtil de til sidst var orienteret i direkte forlængelse af Mulbjerges kystkint. Syd for Mulbjerg er kun angivet en enkelt strandvold. De udstrakte, lavtliggende og jævne flader mellem bakkepartierne er opbygget af marine sedimenter fra først det Senglaciale Ishav og senere fra Litorinatransgressionen. Store dele af områderne er efterfølgende overlejret af ferskvandsdannelser, engstrækninger og moser, hvoraf den største er Lille Vildmose. Den relative landhævning i kombination med at strandplanet har en beskeden hældning, og store mængder mobile sedimenter, har betydet, at der er skabt en strandengskyst øst for Mulbjerg og strandvoldskomplekserne.

Da dette kort blev sammenholdt med data fra borer, arkæologiske fund, litteraturbeskrivelser mv., forekom det mest oplagt at antage, at der siden ældre romersk jernalder (1–160 e.Kr.) er sket en relativ landhævning af dette område på ca. 3 m. I løbet af hele perioden ældre jernalder (500 f.Kr.–400 e.Kr.)

har kystlinjen bevæget sig kontinuert, hvorfor man ikke kun kan knytte én kystlinje til en periode på 900 år. På basis af de tilgængelige materialer har vi valgt at fokusere på en væsentlig kortere delperiode, nemlig ældre romersk jernalder (0–160 e.Kr.). På figur 1 er det omtrentlige forløb af 3 meter kurven – og dermed det nu 30 år gamle bedste bud på kystlinjens beliggenhed i ældre romersk jernalder – vist med en hvid stiplede linje.

Den digitale terrænmodel over området (fra 2008, se figur 2) afslører detaljer i landskabet, som ikke blev registreret ved flyfototolkningen i 1987. Strandvoldskomplekserne nord for Mulbjerg fremstår meget detaljeret, og syd for Mulbjerg kan man se en række modsatrettede strandvolde. De højeste strandvoldskomplekser nord for Mulbjerg og de sydforliggende er de ældste og de er tolkede til at være dannet i Senglaciertid. De kommer op i kote ca. 7 m, og de hører til den første fase af nedbrydningen af Mulbjerg. Mellem Gudumlund

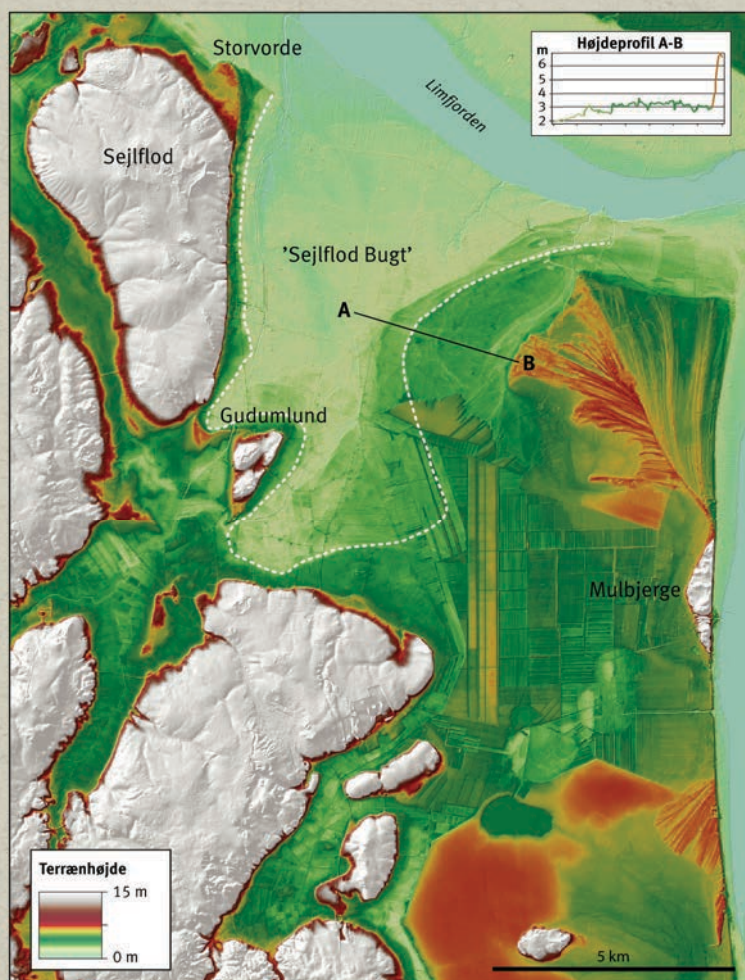
og Sejlflod bakkeø er der ligeledes et strandvoldskompleks med samme højde, der også er dannet i Senglacial tid. Det samme er antagelig krummodderne ved Storvorde, der i øvrigt er meget vanskelige at erkende på topografiske kort. Efter Senglaciertid hæves området over havniveau og det tørlægges, indtil den Atlantiske transgression oversvømmer de lave områder. Kystlinjen for Stenalderhavet ligger i ca. kote 6 m. I denne fase eroderes de ældste strandvolde, og der dannes nye uden på.

Herefter hæves landet yderligere, og der fremkommer en flade i kote ca. 3 m. Kystlinjen for denne flade er antagelig kystlinjen i ældre romersk jernalder, som fremstår tydeligt på højdemodellen.

I ældre romersk jernalder har der således været en lavvandet bugt øst for Sejlflod og ned mod Gudumlund ('Sejlflod Bugt'), med et lavtliggende vådområde ud mod Kattegat. Dengang kunne man således bo sikkert på de højtliggende bakkeøer, hvorfra man havde adgang til et vådområde, der formentlig var rigt på dyreliv ud mod det åbne hav.

På den nu ferske, lavtliggende flade begyndte tørvedannelsen, der med tiden udviklede sig til Lille Vildmose, som har dækket et areal på ca. 90 km² med tørvetykkelser på op til 6 meter.

Der er stor overensstemmelse mellem de to bud på kystlinjens beliggenhed i ældre romersk jernalder. Vi mangler dog stadig nogle dateringer, for at kunne være sikre på tolkningerne, særligt i den sydøst- og østlige del af 'Sejlflod Bugt'.



Figur 2. Den digitale terrænmodel (pixelstørrelse 10 x 10 m) hvor farveskalaen, der viser højderne, er sat til at dække intervallet mellem 0 og 15 meter over havniveau. Herved fremhæves de relativt små højdeforskelle på den hævede marine flade. Landskabet over 15 meter fremstår hvidt, med en skyggeeffekt der markerer landskabstrækkene. Den stiplede linje følger et markant træk i landskabet, der i store træk svarer til 3 meter kurven, jf. højdeprofil A-B.

Aabenraa-modellen: et landskab formet af jordskred

Jordskred er årsag til mange døds ofre rundt omkring i verden. Grønland oplevede i 2017 et jordskred, der på tragisk vis krævede 4 døds ofre. I Danmark kendes nutidige jordskred bl.a. i Vejle Fjord-området, hvor det skredfarlige materiale er plastisk ler fra Eocæn. Samme materiale antages at have spillet en rolle i udløsningen af et stort jordskred i Kongebrokov ved Lillebælt d. 27. juni 2012. Betydelige regnmængder i den forudgående periode var formentlig en medvirkende årsag.

Forfatterne vil her præsentere nye iagttagelser, baseret på moderne terrænkort, der har ført til den opfattelse, at store jordskred i hidtil upåagtet omfang, formentlig i senglaciertiden, har bidraget til udformningen af det markante landskab omkring Aabenraa Fjord.

Figur 1. Advarselsskilt ved Kongebrokov, Middelfart. Også i dag forekommer der jordskred langs Lillebælt.

Foto: Bente Sørensen.



Den teknologiske udvikling har gennem de seneste årtier frembragt data og redskaber, som man tidligere end ikke drømte om at få til rådighed for landskabsanalyser. Disse nye data er for landjorden først og fremmest højdedata med en opløsning i planet på 0,4 m x 0,4 m og en nøjagtighed i højden på få centimeter. Det drejer sig om højdemodellen DHM0,4 udgivet af Geodatastyrelsen. Det var ved studier af disse kort, vi blev opmærksomme på skreddene ved Aabenraa Fjord. Vi har valgt at arbejde med den udgave af højdemodellen, der alene viser terrænoverfladen. For havområdet har vi valgt en udgave af dybdedata, hvor opløsningen i planet er 50 m x 50 m, se figur 2.

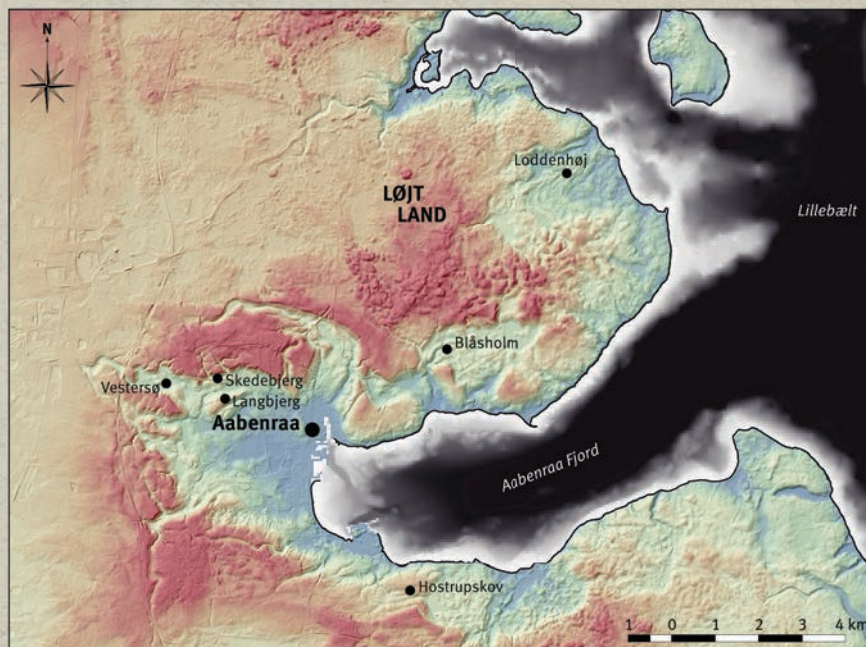
De digitale højde- og dybdedata visualiseres på en almindelig computer vha. GIS-programmet QGIS, der er udviklet som en Open Source-software. Da kortene er geo-refererede, kan de installeres på en bærbar pc, tablet eller smartphone udstyret med GPS, og dermed kan arbejdet i felten udføres med høj præcision.

Skredtyper i Aabenraa-området

Som en foreløbig klassifikation af jordskreddene har vi arbejdet med egenskaber, som kan iagttages i terrænet: afgrænsningen af skredområdet mod det ikke-påvirkede terræn og morfologien inde i selve skredet.

Skreddene ligger i terræn, som hælder svagt ud mod Aabenraa Fjord og Lillebælt. Afgrænsningen af det enkelte skred består i almindelighed af to elementer, nemlig en halvcirkelformet stejl bagkant i den høje ende længst væk fra fjorden og et antal mindre stejle, let slingrende skrænter fra bagkantens yderpunkter til fjorden, se figur 2.

Terrænet inden for selve skredområdet er udformet af de dele af den oprindelige lagfølge, som ikke er forsvundet helt ud i havet. De efterladte materialer antager form af: 1) roterede 'blokke', hvor de indre strukturer anta-



Figur 2. Løjtland og Aabenraa Fjord og by vist med højdemodelen DHM0, 4 suppleret med skygger for at fremhæve landskabet i detaljer. Farveskalaen viser højden over havet fra 0 til 70 meter. Gråtoneskalaen viser havdybden fra 0 til 32 meter. Beskrevne lokaliteter er angivet på kortet.

Kilde: DHM0,4, Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering.

ges at være nogenlunde intakte – fx rotations-skreddet ved Blåsholm, eller 2) uregelmæssige 'klumper' af udgangsmaterialet, hvis indre strukturer antages at være ødelagt – fx skreddet ved Hostrupskov. Mellem de to yderligheder ses der i nogle tilfælde inde i skredområdet serier af velordnede parallelle rygge med lav højde og krumninger i nogenlunde samme form som bagkantens (fx skreddene ved Løddenhøj og Blåsholm).

Hvordan og hvornår er jordskreddene dannet?

På nuværende tidspunkt er det ikke muligt at besvare disse spørgsmål præcist. Ved sammenligning med recente jordskred i arktiske områder er det dog muligt at få en idé om både dannelsesmåde og tidspunkt.

Jordskred med samme morfologi som i Aabenraa-området kendes fra Alaska. Og her foregår skreddannelsen i mindre faser med første skredfase nederst i terrænet. De følgende faser udvikles successivt opad i terrænet, og slutter ved skreddets bagkant. Skred dannet på denne måde betegnes som *retrogressive*. Vores formodning er, at de fleste af skreddene omkring Aabenraa Fjord kan være dannet på denne måde, begyndende nede ved fjorden.

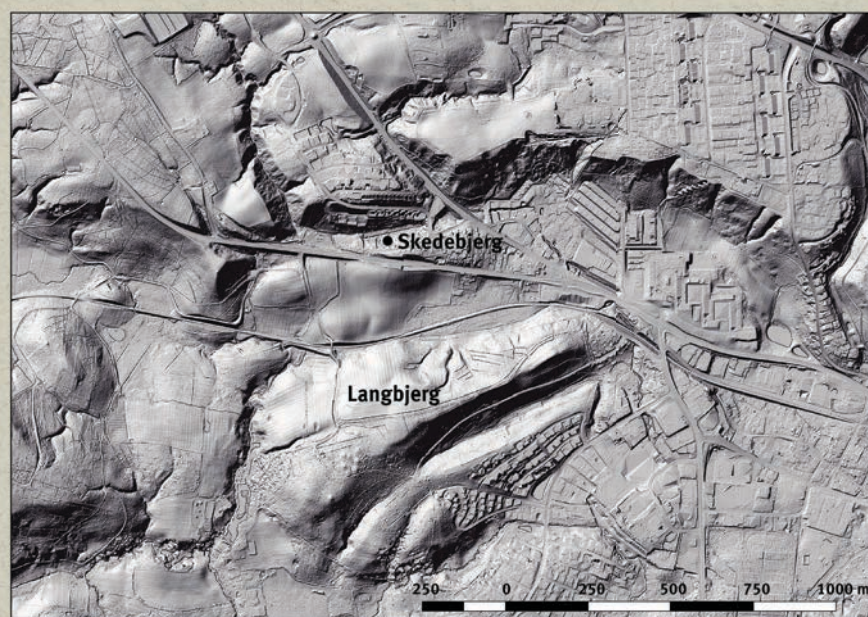
Tidspunktet for skreddannelsen kan skønnes ved at betragte omstændighederne for jordskreddene i Alaska. Her er det arktiske klima nøglen til forståelse af fænomenet. I områder

med permafrost dannes der i sommerhalvåret et såkaldt aktivt lag, hvor den øvre del af den frosne jord tør op med det resultat, at disse jordlag bliver vandfyldte og dermed mister styrke. På et hældende underlag og med tyngdekraftens hjælp er scenen sat for dannelse af et jordskred. I Danmark var der i senglacialtiden for ca. 12.000 til 10.000 år siden overvejende arktisk klima. Vi skønner derfor, at det hovedsageligt har været i den periode, at jordskreddene ved Aabenraa er dannet.

Eksemplet Skedebjerg

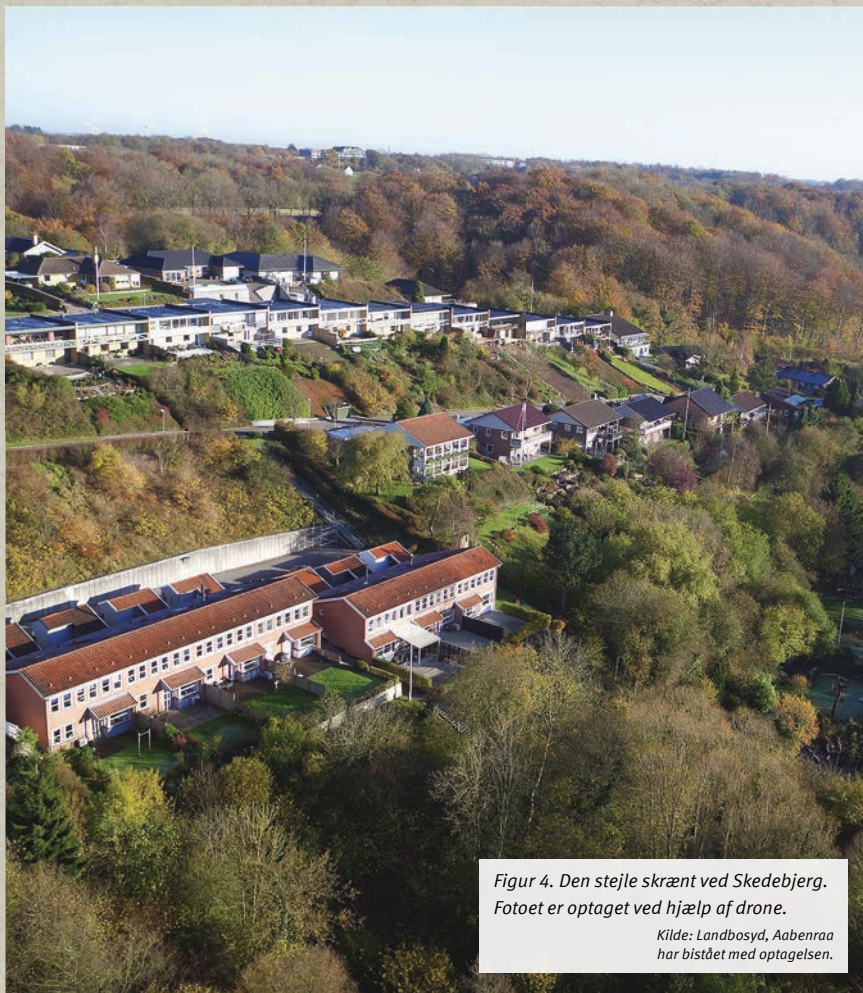
Landskabet nord og nordvest for Aabenraa by er stærkt kuperet, som det ses på figur 2. Skedebjerg ligger lige syd for en 30 meter høj skrænt og 'baglandet' nord for skrænten er et kuperet område, som når op i 70 m.o.h. Syd for Skedebjerg findes det lavtliggende område, som vender ud mod Aabenraa Fjord. I dette område findes nogle aflange, ø-lignende landskabselementer med forholdsvis stejle skrænter, som fx Langbjerg.

Landskabet træder meget tydeligt frem på de kort, der er fremstillet ved anvendelse af højdemodelen DHM0,4, som i figur 2. En endnu bedre visualisering opnås ved at lægge skygger på modellen – med eller uden farver – som vist i figur 3.



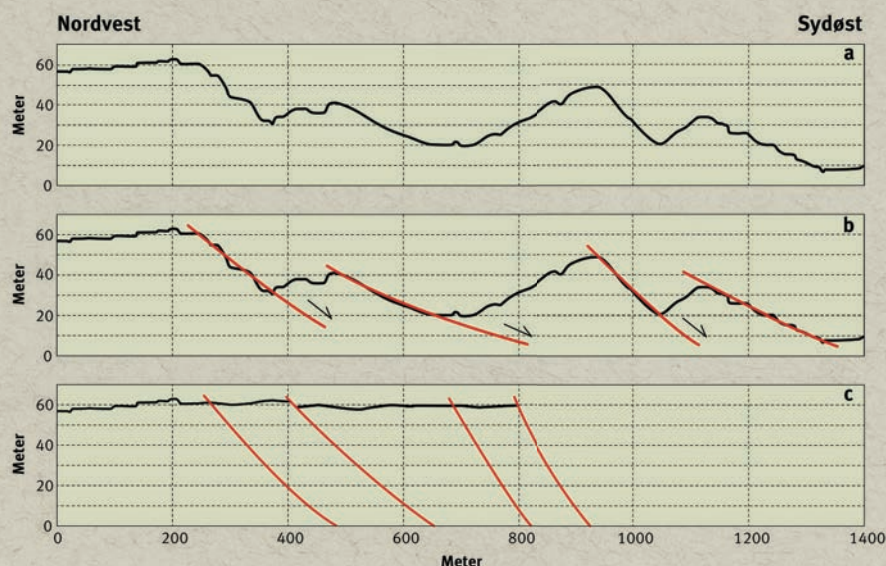
Figur 3. Terrænet omkring Skedebjerg og Langbjerg vist på ensfarvet højdekort med indlagte skygger.

Kilde: DHM0,4, Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering.



Figur 4. Den stejle skrænt ved Skedebjerg.
Fotoet er optaget ved hjælp af drone.

Kilde: Landbosyd, Aabenraa
har bistået med optagelsen.



Figur 5. Rekonstruktion af landskabet. **a.** Nutidigt højdeprofil gennem Skedebjerg og Langbjerg. **b.** De formodede glideplaner i jordskredet indtegnet på profilet. **c.** Rekonstruktion af landskabet før jordskredet.

Kilde: DHMO, 4, Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering.
Grafik: Sine Brægger Sørensen.

Den stejle skrænt ved Skedebjerg, se figur 4, er bebygget med blandt andet rækkehuse. På grund af fare for jordskred har man bygget en tyk betonmur, der ses til venstre i billedet. Et højdeprofil fra NV til SØ gennem Skedebjerg og Langbjerg viser de karakteristiske stejle skrænter, der hælder mod SØ og som afløses af svagt hældende skrænter mod NV langs profilet, se figur 5a.

Forfatterne foreslår, at landskabet er et resultat af jordskred opbygget af tre blokke, som har bevæget sig mod SØ, se figur 5b. På figur 5c ses en rekonstruktion af landskabet før jordskredet flyttede de tre blokke mod SØ.

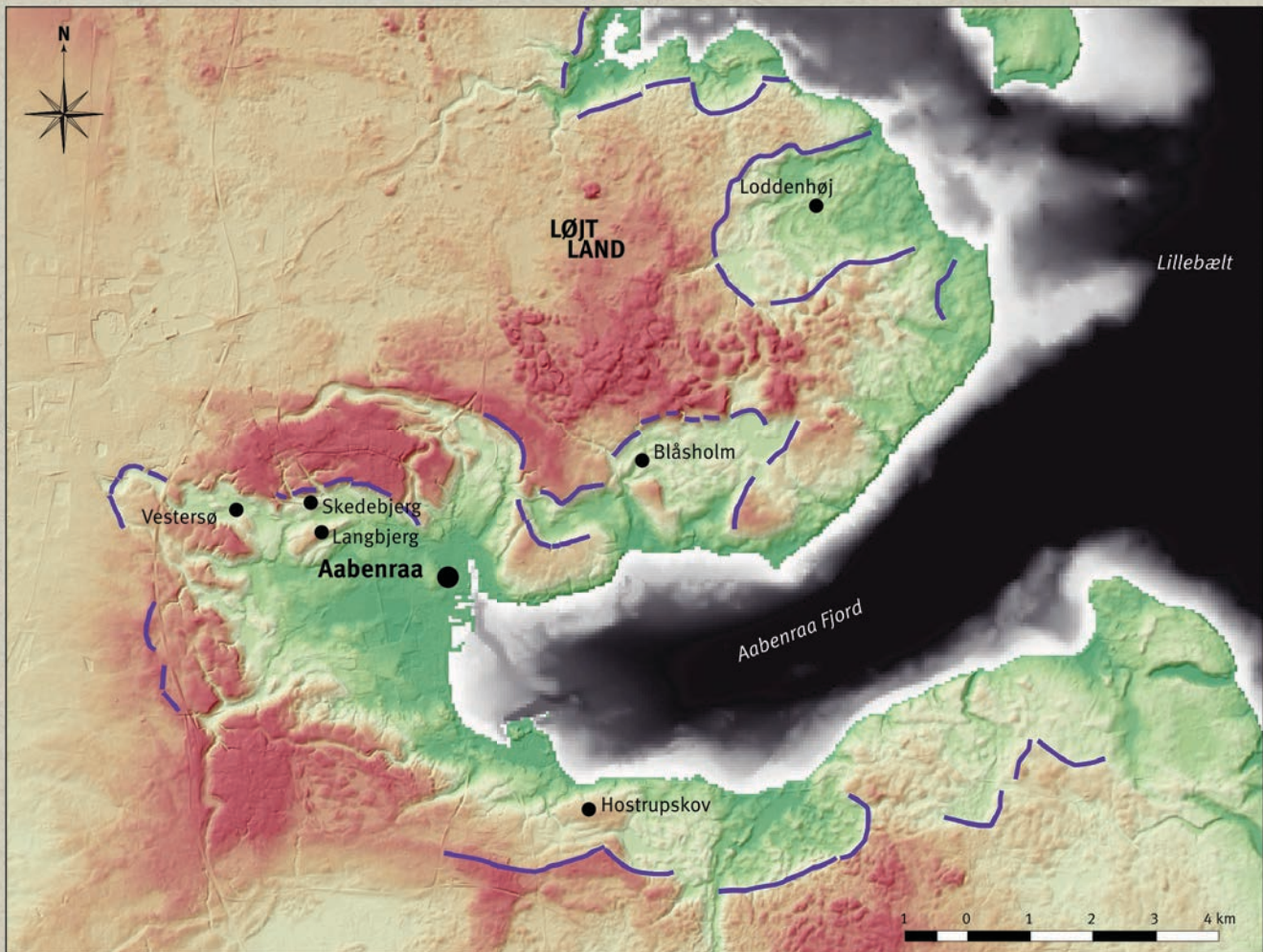
Den nordligste bagkant af skredet er bebygget, som det fremgår af droneoptagelsen i figur 4. Ud over betonmuren er der en række andre vidnesbyrd, der peger på at bagkanten stadig er aktiv: lysmaster i bebyggelsen hælder mod syd, fortovsfliser flytter sig og arealer ved rækkehusene bevæger sig mod syd. På baggrund af den konkave stejle bagkant, de mindre stejle mellemkanter, samt ovennævnte iagttagelser klassificeres Skedebjerg-området som et rotationsskred, der stadig er aktivt.

Lagfølgen i istidsaflejringerne

Fra GEUS' borearkiv JUPITER er der hentet boredata for udvalgte lokaliteter i nærheden af de formodede jordskred. Det viser sig, at der er rapporteret om forekomster af interglacialt ler. I det undersøgte område findes der således både forekomster af Det Blanke Ler og Cyprina Ler fra Eem Mellemistid.

Dette marine ler findes oprindeligt aflejret i dalen med Aabenraa Fjord. Det antages, at det høje hesteskoformede terræn, der omgiver Aabenraa, består af moræneaflejringer af Weichsel alder. Boringerne dokumenterer her forekomst af Cyprina Ler i forskellige niveauer med mægtigheder på op til 10 meter. Det antages, at disse forekomster er flager transporteret mod vest af enten Det Gammelbaltiske Isfremstød eller Hovedfremstødet i Weichsel Istid. E.L. Mertz skriver allerede i 1945 om Cyprinalleret, at det er ustabil, og at det i de højere områder af bl.a. Aabenraa by giver problemer for byggeriet.

Vi formoder, at tilstedeværelsen af de interglaciale lerarter i istidslagene omkring Aabenraa Fjord kan være en del af forklaringen på, at der netop i dette område findes så mange store jordskred. De mange formodede jordskred i området er angivet på figur 6.



Figur 6. Aabenraa-modellen. De formodede jordskreds stejle bagkanter er angivet med blå linjestykker. I fjorden ses sedimenttunger opbygget af materiale transporteret fra baglandet ud mod Aabenraa Fjord og Lillebælt.

Kilde: Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering.

Skredlængder og skøn over skredhastigheder

Af tabellen ses, at den samlede bevægelse i de fire jordskred med blokke er ca. 500 meter medens de to jordskred med veludviklede parallelle rygge er ca. 800 meter. Antager vi at bevægelsen har fundet sted gennem en periode på 1000 år, er hastigheden gennemsnitlig på hhv. 50 cm/år og 80 cm/år. Det er dog spekulativt, hvor lang perioden for bevægelsen har været.

Forskellen i jordskreddenes længde i de to grupper har formentlig at gøre med forskelle i en eller flere af de fysiske faktorer, som har indflydelse på skredhastigheden. Der kan være tale om følgende faktorer:

1. Terrænets hældning: har direkte betydning for jordskredets dynamik. En opmåling af terrænhældninger viser forholdsvis ringe forskelle ($2,4^{\circ}$ – $3,4^{\circ}$) ved seks jordskred.
2. Tilstedeværelsen af bløde lag som fx Det Blanke Ler eller Cyprina Ler: At dømme ef-

ter de undersøgte borer, så findes den type ler ikke som sammenhængende lag i området, men snarere som spredte flager. Det må derfor forventes, at mængde og udbredelse af bløde lag kan variere fra skredområde til skredområde.

3. Vandmætningen i skredjorden: vi har ingen data til rådighed, men antager at variationerne er relativt små.

A	B	C
Med blokke		
Skedebjerg	550	55
Vestersø	450	45
Åbæk	480	48
Hostrupskov	500	50
Med parallelle rygge		
Loddenhøj	870	87
Blåsholm	700	70

A: Skredtype B: Længde i bevægelse retningen (meter) C: Hastighed (cm/år).

På denne baggrund hælder vi foreløbig til, at de observerede forskelle i skredhastighederne primært er begrundet i en ujævn fordeling af bløde lag.

Fra iagttagelse til antagelse

De beskrevne geomorfologiske iagttagelser har ført os til den antagelse, at store jordskred har været aktive i sen glacial tid. Antagelsen er baseret på vore iagttagelser, der kan summeres som følgende:

- Cyprina Ler fungerer som smøremiddel
- Den rumlige fordeling af jordskreddene
- Aflejringer af skredmateriale i fjorden
- Hældende terræn mod fjorden og dens nære omgivelser
- Forekomsten af nutidige jordskred i området
- Mindre markant landskab i jordskreddenes retning.



KÆMPESTEN I DANMARK

Danmark har omkring 90 sten, der måler mindst 4 meter på den længste led. De er så store, at de med rette bliver kaldt kæmpesten. Der knytter sig en geologisk historie til alle stenene: hvilke mineraler består de af, og hvor hørte de hjemme, før de nåede frem til deres nuværende position? Der er også fortalt sagn om flere af stenene, for det er ikke kun i dag, de store sten får opmærksomhed – vores forfædre har også været fascineret af dem.

Kæmpestenene har deres egen hjemmeside: www.kaempesten.dk

Her kan du se, hvor de findes og måske få inspiration til at se dem i virkeligheden.



Danmarks største kendte sten, Dammestenen.

Foto: Sebastian Næsby Malkki, GEUS.

GEOCENTER DANMARK

GEOCENTER DANMARK

Er et formaliseret samarbejde mellem de fire selvstændige institutioner De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), Institut for Geoscience ved Aarhus Universitet samt Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, samt Geologisk Museum (Statens Naturhistoriske Museum) begge ved Københavns Universitet. Geocenter Danmark er et center for geovidenskabelig forskning, uddannelse, rådgivning, innovation og formidling på højt internationalt niveau.

UDGIVER

Geocenter Danmark.

ISSN 1604-6935 (PAPIR)

ISSN 1604-8172 (ELEKTRONISK)

REDAKTION

Geoviden – Geologi og Geografi redigeres af Seniorforsker Merete Binderup (ansvarshavende) fra GEUS i samarbejde med en redaktionsgruppe.

Geoviden – Geologi og Geografi udkommer fire gange om året og abonnement er gratis. Det kan bestilles ved henvendelse til e-mail: geoviden@geus.dk og på www.geocenter.dk, hvor man også kan læse den elektroniske udgave af bladet.

Produktion: Annabeth Andersen, GEUS.

Tryk: Rosendahls A/S.

Forsidefoto: Råbjerg Mile.

Foto: Peter Wærn-Moors, GEUS.

Reprografisk arbejde: Annabeth Andersen, GEUS.

Illustrationer: Forfattere og Grafisk, GEUS.

Eftertryk er tilladt med kildeangivelse.



DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER
FOR DANMARK OG GRØNLAND (GEUS)

Øster Voldgade 10
1350 København K
Tlf: 38 14 20 00
E-mail: geus@geus.dk



INSTITUT FOR GEOVIDENSKAB
OG NATURFORVALTNING (IGN)

Øster Voldgade 10
1350 København K
Tlf: 35 32 25 00
E-mail: ign@ign.ku.dk



GEOLOGISK MUSEUM (SNM)

Øster Voldgade 5–7
1350 København K
Tlf: 35 32 23 45
E-mail: snm@snm.ku.dk



INSTITUT FOR GEOSCIENCE (IG)

Aarhus Universitet
Høegh-Guldbergs Gade 2, B.1670
8000 Aarhus C
Tlf: 89 42 94 00
E-mail: geologi@au.dk