

Rubjerg Knude

- stor klit på vandring



Luftfoto af Rubjerg Knude i 1992. (Hunderup Luftfoto)

Af lektor Keld Rømer Rasmussen, Geologisk Institut, Aarhus Universitet

Klitterne ved Rubjerg Knude er dannet i et samspil mellem vindstrømning, stedets specielle geologiske forhold og havets erosion. Udviklingen i løbet af de seneste godt 100 år viser imidlertid, at menneskelige indgreb kan skabe markante ændringer i klitternes udseende i løbet af få år.

Et væsentligt skridt i dannelsen af Rubjerg Knude fandt sted for ca. 20.000 år siden,

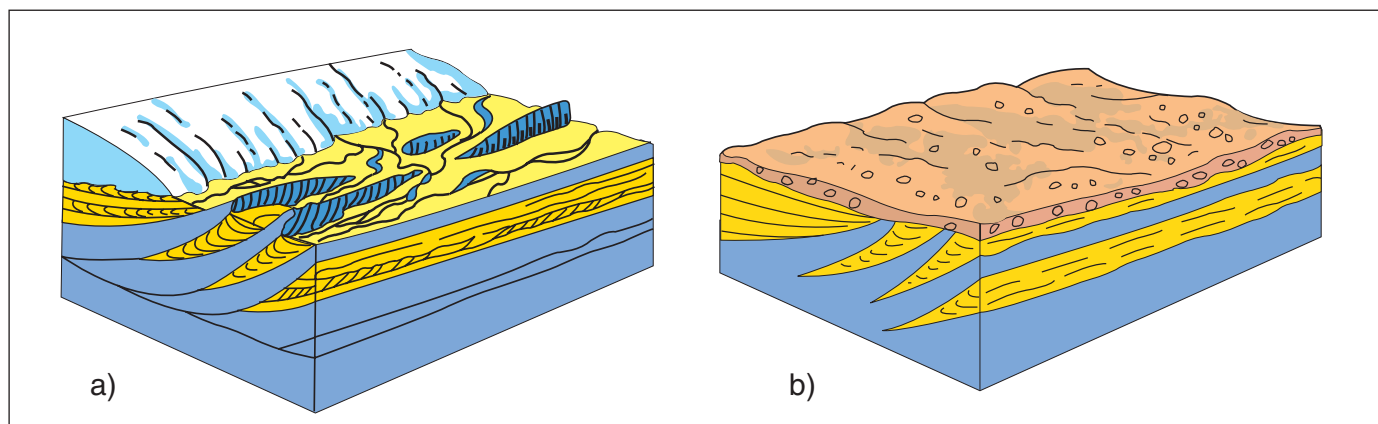
hvor der fandtes en stor ferskvandssø, der strakte sig fra Kattegat tværs over dele af Vendsyssel og ud i Skagerrak. I søen aflejedes store mængder fint sediment, mest i form af smeltevandslag af lamineret finsand og silt, men senere aflejedes også flod- og deltasedimenter i form af lag fortrinsvis bestående af finkornet, krydslejret sand (Sadolin et al. 1997). Derefter rykkede isen frem under Hovedfremstødet for cirka 17.000 år siden og deformerede derved de nu sammenfrosne lag af ler, silt og sand.

Ved Rubjerg, hvor fremstødsretningen lokalt var fra nord mod syd, blev de frosne lag brudt i store flager og presset op, så de i dag fremstår som lag, der hælder stejlt mod

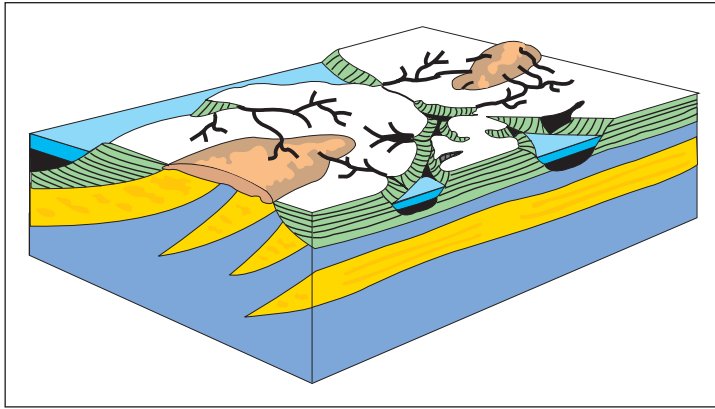
nord, dvs. klinten er opbygget af gentagelser af de samme lag af silt, finsand og sand (figur a nedenfor).

Under isens fremrykning mod syd overskred den de skrånstillede lag og efterlod stedvist et tyndt morænedække (figur b nedenfor). Resultatet blev et udjævnet terræn, der i dag når op i en højde på omtrent 50 m. Samtidig med, at isen rykkede mod syd, blev jordskorpen presset ned på grund af isens vægt. Da isen for ca. 15.000 år siden begyndte at smelte hurtigt bort, steg vandspejlet i havet og dannede ishavet, som druknede de lavere dele af landskabet omkring Rubjerg.

Der, hvor ishavet eroderede i øernes si-



a) Opressede flager af ler og silt (blå) og sand (gul); b) Isen passerer hen over flagerne, og efter afsmeltningen efterlades et tyndt morænedække (brunt). (UVH modificeret efter Stig A. Schack Pedersen, 1986)



Yoldiahavets aflejringer (grøn skravering) imellem øerne i ishavet. Den gamle havbund, som nu er hævet over havniveau, er vist med hvid farve. (Grafik: UVH modificeret efter Stig A. S. Pedersen, 1986)

der, blev der mange steder dannet tydelige kystskrænter, og en kortlægning af de gamle strandlinier har vist, at man ved Rubjerg i dag finder ishavets kystlinie i kote 35-40 m (Merts, 1924). Man kan derfor slutte, at de partier, som i området nord for Løkken er højere end ca. kote 35 m, må have ligget som øer i ishavet.

På havbunden mellem øerne blev der på lavt vand nær kysten aflejret sand (Saxicava sand), mens der på lidt dybere vand blev aflejret siltet ler (Yoldialer). I dag danner ishavets aflejringer store flade plateauer mellem de højreliggende øer i ishavet. For omkring 12.000 år siden blev landhævningen dominerende og Fastlandstiden indtrådte. I den periode blev hele Nordjylland gradvist hævet over havniveau (figuren øverst på denne side og blev landfast med det øvrige Nordvesteuropa.

Med den relative hævnings af landskabet voksede højdeforskellen til kysten, og derfor begyndte vandløbene at erodere kløfter og ådale i området. For ca. 8.000 år siden indtraf der endnu en markant afsmelning af is i løbet af kort tid. Denne gang var det den nordamerikanske iskappe og de sidste rester af den skandinaviske iskappe, der smeltede, og havet steg igen i forhold til landet og skabte Litorinahavet. Det resulterede i en ny

kystlinie, som i dag ved Rubjerg findes ca. 10 m over havets nuværende niveau.

Klinten dannes

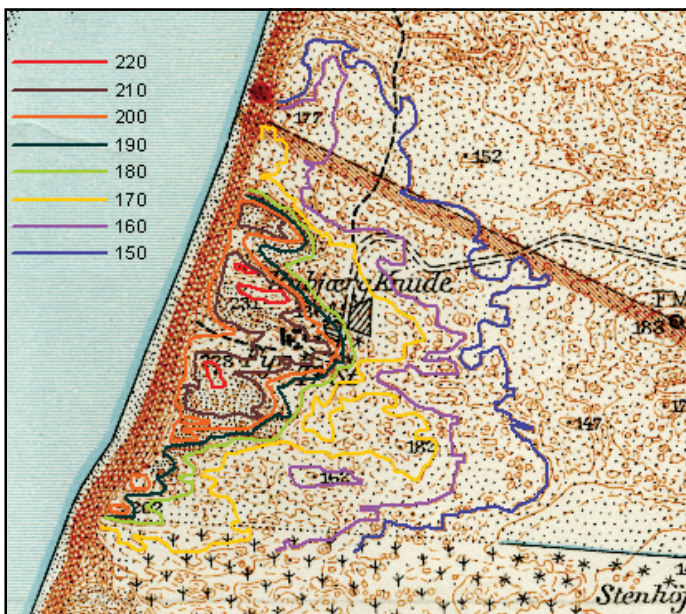
Det højtliggende parti, som Rubjerg Knude ligger på, har oprindeligt strakt sig længere mod vest end den nuværende kystlinie, men på den eksponerede lokalitet har bølgerne langsomt undermineret klinten, så de vestligste dele af den er styrtet i havet lidt efter lidt. Her har bølger og strøm transporteret det nedstyrtede materiale mod nord eller ud på dybere vand. Sammenlignes kystlinien på det ældste kort, som blev opmålt med målebord i 1875 og udgivet i 1876 (figur a nederst til venstre) med kystlinien fra en opmåling 90 år senere i 1975-77 (figur b nederst til højre), finder man, at kystlinien i gennemsnit er rykket mod øst med ca. 1 m om året. Antager man, at erosionsraten har været af samme størrelsesorden i hele den 8.000-årige periode siden dannelsen af Litorinahavet, så viser selv et løst overslag, at Rubjerg Knude oprindeligt må have strakt sig adskillige kilometer længere mod vest.

Det gamle målebordsblad (figur a nedenfor til venstre) viser også, at det højeste terræn ved Rubjerg Knude omkring 1900 nåede op i 228 fods højde dvs. omtrent 70 m over DNN. Geologisk set består aflejringerne

oven på det glacielle materiale af flyvesand, så dette betyder, at der på det sted, hvor klinten var højest, i slutningen af det 19. århundrede lå op til 20 m flyvesand oven på de glacielle aflejringer. Kortet fra 1876 viser imidlertid også en signatur for flyvesand langs kysten fra omtrent nord for Nr. Lyngby og op til Mårup Kirke. (Det er interessant, at der i dag ikke er flyvesand ved Mårup Kirke).

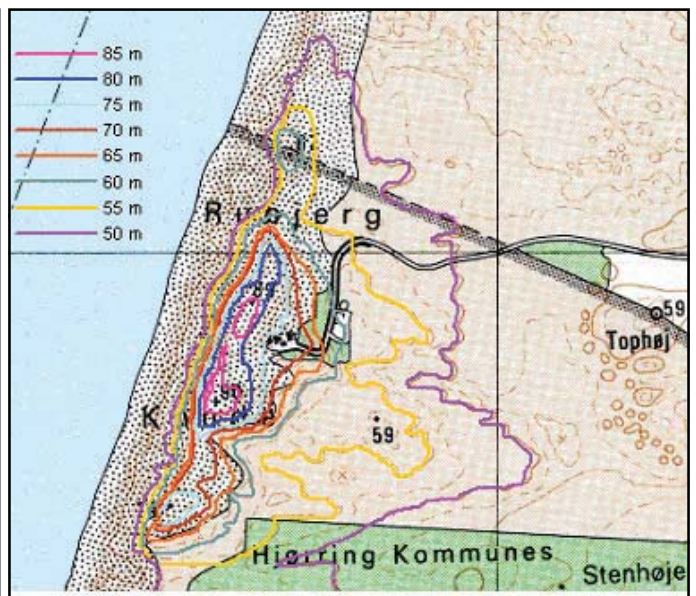
Bæltet med flyvesand strakte sig de fleste steder mindst 1-2 km ind i landet, men i området ved Rubjerg Knude strakte det sig mere end 2 km ind i landet (figur a nedenfor til venstre). Sandfygningen i området omkring Rubjerg Knude var alvorlig og øvede afgørende indflydelse på levestedingerne på stedet. I 1901 blev man således tvunget til at opgive Rubjerg Gl. Kirkegård på grund af sandfygning.

For at dæmpe sandflugten i områderne øst for klinten begyndte man en tilplantning af området. Således blev Hjørring Kommunes Klitplantage ved Mulshøje anlagt i 1928, mens hjelme blev udplantet i klitområderne nærmest kysten. Dette førte til en stabilisering af de sandflugtsprægede områder, således at de på kortet fra 1977 (figur b nederst til højre) kun udgør en smal bræmme på nogle få hundrede meter langs kysten og nogle få afgrænsede områder længere inde i landet. I klitterne tættest på kysten anvendtes fyrreris til at samle sandet helt ude ved klitkanten mod havet. Langsomt resulterede den effektive bekæmpelse af sandflugten i, at flyvesandet for det meste blev fastholdt i klitten langs kysten, som derfor voksede og i 1977 havde nået en højde på 90 m (figur b nederst til højre). Data fra en upubliceret opmåling omkring 1990 (Rasmussen, 1988) viste, at klitterne var op til 92-93 m høje, og på det tidspunkt var fyret ikke synligt fra havet. Man skal også bemærke, at klitterne i 1875 dannede terrænformer med øst-vestlig orientering, mens klitterne i 1977 dannede en mere sammenhængende ryg parallelt med kysten.

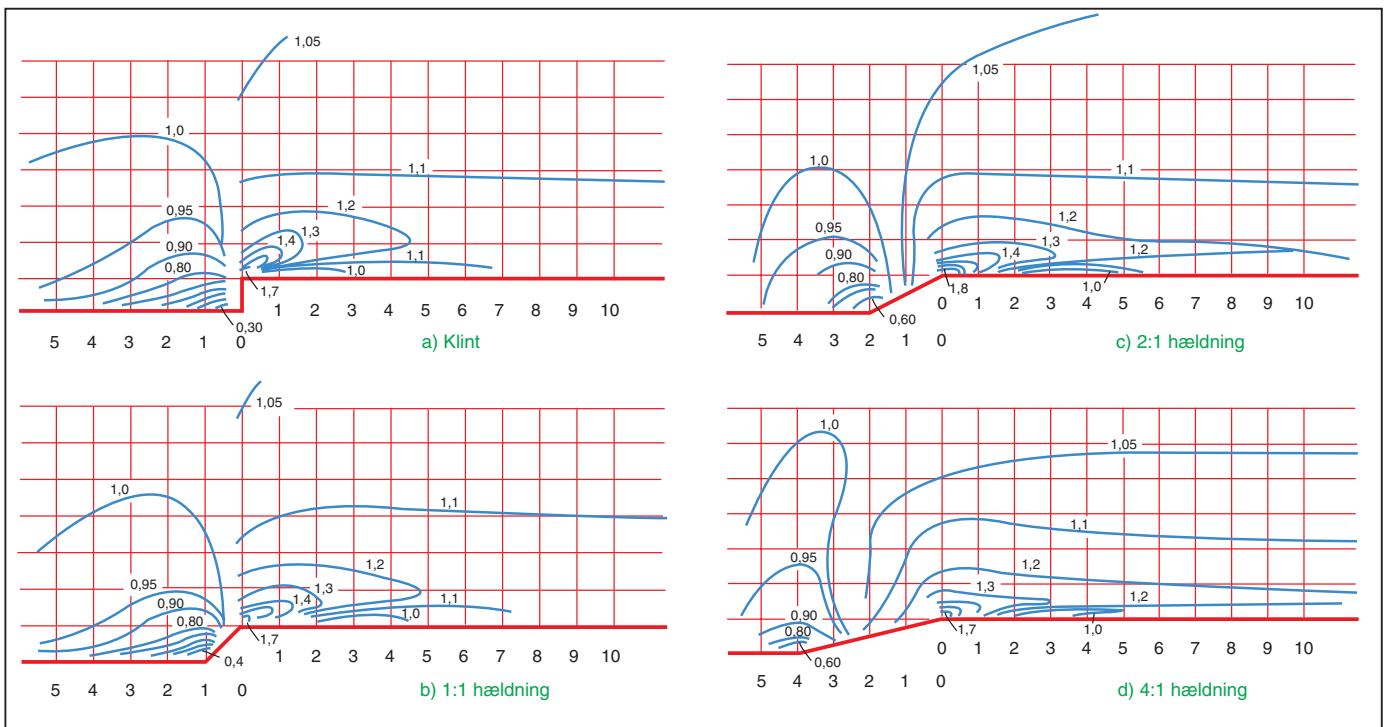


a)

Kortudsnit med Rubjerg Knude opmålt i henholdsvis 1875 (a) og 1975-77 (b).



b)



Målinger af strømforholdene ved klinger med forskellig stejlehed. Linierne angiver forstærkningsfaktorens fordeling omkring klinten. Målingerne er udført i vindtunnel. (Grafik: UVH modificeret efter Bowen og Lindley, 1977).

Når man sammenholder oplysningerne fra de topografiske kort om flyvesandets udbredelse og mægtighed med klintens nuværende udseende, tegner der sig et forholdsvist klart billede af landskabsudviklingen ved Rubjerg Knude: I det finkornede smeltevandsler (-silt) er kohæsive kræfter betydelige. Dette resulterer i, at klinten står stejlt, hvor den udgøres af smeltevandsleret. Ofte står de skråstillede flager af smeltevandsler som fremspringende partier, der når længst ud mod strandlinjen. Disse flager er adskilt af let tilbagerykkede partier med smeltevandssand. Når leret nedbrydes og undermineres ved bølgenes erosion, flyder eller styrter blokke heraf ned på stranden eller direkte i havet. Dér, hvor klinten består af smeltevandssand, undermineres den af bølgenes erosion. Dette resulterer i, at sandet skrider ned, når den interne friktionsvinkel på godt 30° overskrides. Herved dannes en forholdsvis plan skredflade, hvis hældning svarer til friktionsvinklen. I de øverste partier af klinten findes flyvesand, der har noget mindre kornstørrelse end smeltevandssandet. Derfor er flyvesandet mere fugtigt end smeltevandssandet og har større kohæsion. Som regel er den øverste del af klinten derfor stejlere end de underliggende partier med smeltevandssand.

De tilbagerykkede partier med smeltevandssand danner slugtliggende skår i klinten, hvor vinden fanges, når den blæser fra havet ind mod land. Derved bliver vindhastigheden så stor, at en del af smeltevandssandet ved vindens kraft kan føres op ad klintens øverste del og videre over klittens top til områderne bagved. Tilbagevinding af kystlinien resulterer derfor i, at det borteroderede materiale fordeles i to områder: En vis del skrider ned på stranden,

mens en anden del af vinden føres til klit-toppen eller området bag denne (nedstrøms klinten). I et vist omfang vil skred i smeltevandssandet dog også forårsage nedstyrning eller skred af det overliggende flyvesand til stranden og dermed reducere mængden af sandet, som føres ind bag klinten. Man ser således klart demonstreret sammenhængen mellem klittens udbredelse ind i landet og dens højde: I en periode, hvor flyvesandet ikke har mulighed for at fyge ind i landet på grund af sandflugtsbekæmpelse, vil den maksimale klithøjde på klinten vokse. Konsekvenserne af sandflugtsbekæmpelse vil blive diskuteret nærmere i sidste afsnit.

Vindens strømning over klinten

For at forstå konsekvenser af indgreb i de naturgivne forhold på Rubjerg Knude kan det være nyttigt at betragte en klassisk laboratorieundersøgelse af samspillet mellem terrænændring og strømningforhold (Bowen & Lindley, 1977).

På figuren ovenfor er vist fire forskellige typer terrænstigning (escarpment), som de typisk kan forekomme ved en klint. Type A er en lodret stigning i terrænet, mens stigningen i de følgende typer B, C og D aftager til henholdsvis 45°, 27° og 14°. I laboratoriet er der i eksperimentet skabt en vindstrømning, der ligner strømningen i naturen, når den for eksempel nærmer sig klinten. Langt opstrøms – så langt, at klinten endnu ikke påvirker strømningen – registreres det såkaldte “uforstyrrede” vindprofil. Om dette gælder, at vindhastigheden øges med højden efter en logaritmisk skala (den såkaldte logaritmiske vindlov). Når vinden nærmer sig klinten, forstyrres vindprofilen, så vindhastigheden i en given højde enten øges eller reduceres i forhold til hastigheden i samme

højde i det uforstyrrede profil. Forholdet mellem den forstyrrede og den uforstyrrede vindhastighed i samme højde benævnes “forstærkningsfaktoren” (amplification factor).

Over klinten er der på figuren øverst indtegnet isolinier for forstærkningsfaktoren over de fire klinttyper. En forstærkningsfaktor på 1,0 betyder samme hastighed som i det uforstyrrede profil, mens en faktor på fx 0,5 betyder en reduktion til den halve hastighed.

For de stejleste klinger er hastigheden ved klintens fod og et langt stykke op på klinten meget beskeden. Når klintens hældning aftager, vokser hastigheden ved foden, og størrelsen af området med reduceret hastighed skrumper. Ved klintens top ses i alle tilfælde markant forøgelse af vindhastigheden svarende til en forstærkningsfaktor på 1,7-1,8.

Simuleringen af forholdene på den klint, som har en hældning på 27°, må formodes at komme tæt på forholdene ved Rubjerg Knude, og det ses, at forstærkningsfaktoren er 1 omtrent halvejs oppe på klinten, og at faktoren øges til 1,8 ved klintens top. Det bør bemærkes, at dette faktisk er den højeste værdi for de fire forskellige klinttyper.

Derfor illustrerer figuren ovenfor, hvorledes den del af en klint, hvor sand kan vandre op ad luvsiden, øges ved faldende skrænthældning. Vindens acceleration på klintens øverste del er så stor, at når det blæser stærkt, vil sandet her dels hoppe og rulle langs overfladen, men også af vinden blive båret over toppen i såkaldt suspension, dvs. rent luftbåret. Man må formode, at i den periode, hvor højden af Rubjerg Knude voksede, ved at sandet aflejredes på og omkring klintens top, skete der også en forskydning i sandbudgettet, således at mængden af flyvesand, som skred i havet, voksede i forhold til mængden, som blev aflejret bag klit-toppen.



Luftfoto af Rubjerg Knude i 2005. (Hunderup Luftfoto)

Strømningsdynamikken ved klinten forklarer, hvorfor der ikke findes markante klit-områder på toppen af de nord og syd for liggende plateauer, som er opbygget af ishavets aflejringer. Disse aflejringer danner horisontale lag af sammenhængende, finkornet sediment. Dette sediment har stor kohæisionskraft og danner derfor en stejl - ofte 45° eller mere - skrænt ud mod kysten uden slugter. Denne stejle klintgeometri forhindrer, at sand i væsentlige mængder kan transporteres op ad og over klintens top. Havets erosion forvolder derfor næsten udelukkende nedstyrtninger og skred, der resulterer i, at hele den eroderede mængde sediment mistes til havet.

Fremtidige aspekter

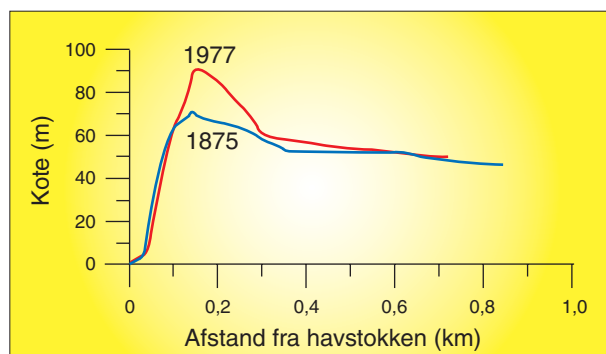
Med udgangspunkt i to luftfotografier optaget af Rubjerg Knude i henholdsvis 1992 og 2005 skal vi nu vende tilbage til sammenhængen mellem sandflugtsbekæmpelse og

klitforhold. Fotoet på s. 20 viser den høje klit i 1992, og på toppen af klitten ses den sammenhængende linie af fyrreris, der holder på flyvesandet. I de seneste år er der imidlertid sket en reduktion i de sandflugtsbekæmpende foranstaltninger, og de beskyttende fyrreris er efterhånden forsvundet. De sidste års kraftige storme har derved bevirket, at klitten er begyndt at vandre indefter med stor hastighed, samtidig med at dens højde reduceres (foto ovenfor). Analysen i foregående afsnit indikerer, at en reduceret læplantning på Rubjerg Knude vil få det sandvolumen, som er opbygget gennem omtrent 100 års sandflugtsbekæmpelse til at vandre indefter. En ny ligevægtssituation vil fomedentlig indtræde, når klinten igen har samme topografi som ved opmålingen i 1875. Ulig situationen i 1875, hvor mindre sandmængder var i vandring på samme tid, har de mange års akkumulering af sand bevirket, at en stor klit nu "slippes løs" på én gang og

i de kommende år vil vandre indefter, såfremt intet gøres for at bekæmpe sandflugten. Et gæt på, hvor langt mod øst sandet kan vandre, inden det på ny stabiliseres af den omgivende vegetation, skal ikke gives her, men for at illustrere, hvor store mængder sand der er i vandring, er der på figuren nederst på denne side optegnet et terrænprofil vinkelret på kystlinien og ind over det højeste punkt syd for fyret. Her ses, at der i de højeste klitpartier i 1977 fandtes omtrent dobbelt så meget sand som i 1875.

Referencer:

- Bowen, A.J. & Lindley, D. (1977) *A wind-tunnel investigation of the wind speed and turbulence characteristics close to the ground over various escarpment shapes*, *Boundary Layer Meteorology* 12, 259-271.
- Merts, E.L. (1924) *Oversigt over de sen- og postglaciale niveauforandringer i Danmark*. Danmarks Geologiske Undersøgelse, II Række 41, 49 pp.
- Rasmussen, K.R. (1989) *Some characteristics of flow over coastal dunes*, *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh* 96B, 129-147.
- Schack Pedersen, S.A. (1986) *Rubjerg Knude*, Varv, 84-98.
- Sadolin, M., Pedersen, G.K. & Schack Pedersen, S.A. (1997) *Lacustrine sedimentation and tectonics: an example from the Weichelian at Lønstrup Klint*, *Denmark, Boreas* 26, 113-126.



Terrænprofil på tværs af det høje klitparti syd for Rubjerg Knude Fyr. (Grafik: UVH modificeret efter forfatteren)