

# Bassinudvikling i tidlig kridt-tid i den danske del af Central Truget

ERIK THOMSEN, CLAUS HEILMANN-CLAUSEN, THORKILD FELDTHUSEN JENSEN,  
og OLE VALDEMAR VEJBÆK



Thomsen, E., Heilmann-Clausen, C., Jensen, T. M., & Vejbæk, O. V. Basinudvikling i tidlig kridt-tid i den danske del af Central Truget. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1990-91*, side 31-38, København, 18. november 1992.

The geological history of the Danish Central Trough during the Early Cretaceous can be subdivided into five periods. The first period includes the early part of the Ryazanian. The clay deposits of this age are characterized by a high content of amorphous organic materials (Farsund Formation) indicative of low oxygen bottom conditions. This depositional environment was established already in Late Jurassic time.

The Late Ryazanian to Early Valanginian was a period of great changes. The organic-rich clayey sediments were substituted by well-oxidized clays and sands, deposited in constantly changing environments (Vyl Formation, Leek Member, and Åsgard Formation).

These variable conditions lasted only a short time. A period dominated by the deposition of thick uniform clays commenced before the end of the Valanginian (Åsgard Formation). The deposition of clays continued for about 7 million years or about one seventh of the Early Cretaceous period. However, by reaching a thickness of 700-800 m the Åsgard Formation constitutes more than two thirds of the total thickness of the Lower Cretaceous deposits.

In Late Hauterivian the depositional environment changed drastically once more. The upper Hauterivian and Barremian deposits consist of pelagic chalks composed mainly of calcareous nannofossils (Tuxen Formation). The Tuxen Formation is probably the oldest large, pure chalk deposit in northern Europe.

The deposition of chalk came to an end in the Late Barremian, and the Aptian and Albian periods were dominated by the deposition of finely laminated clays and marls, secure evidence of anaerobic bottom conditions. The laminated deposits interchange with bioturbated marl and limestone indicating that the anaerobic conditions, occasionally, were replaced by aerobic.

*Claus Heilmann-Clausen og Erik Thomsen, Geologisk Institut, Aarhus Universitet, 8000 Århus C. Thorkild Feldthusen Jensen, N & R Consult A/S, Sortemosevej 2, 3450 Allerød. Ole Valdemar Vejbæk, Danmarks Geologiske Undersøgelser, Thoravej 32, 2400 København NV. 12. januar 1992.*

## Indledning

I det følgende vises et eksempel på, hvorledes resultater fra tre af geologiens specialdiscipliner, nemlig biostratigrafien, lithostratigrafien og den seismiske stratigrafi, kan knyttes sammen. Vort eksempel er en model for den geologiske udvikling af Central Truget i tidlig kridt-tid. Dynamiske modeller over et områdes udvikling er vigtige, idet de bl.a. danner grundlaget for vurderingen af mulige råstofforekomster.

## Central Trugets udvikling i tidlig kridt-tid

Man regner med, at der findes marine sedimenter fra tidlig kridt i størstedelen af Nordsø-regionen. Kun i enkelte lokale områder, bl.a. på dele af

Ringkøbing-Fyn Højderyggen (fig. 1), vides det, at sedimenter helt mangler, og disse områder var formentlig hævet over havet (Ziegler 1982, Michelsen et al. 1987).

Lokale indsynkningsbassiner begrænset af forkastningszoner rummer særligt tykke aflejringer fra tidlig kridt. Flere af disse findes i Central Truget, der er en sammensat gravsænkning, som strækker sig fra nordvest mod sydøst midt ned gennem Nordsøen (fig. 1).

## Aflejringer rige på organisk stof fra tidlig ryazanien

De ældste aflejringer fra tidlig kridt består af sedimenter, som er mørkfarvede på grund af deres store indhold af organiske materialer. Lig-

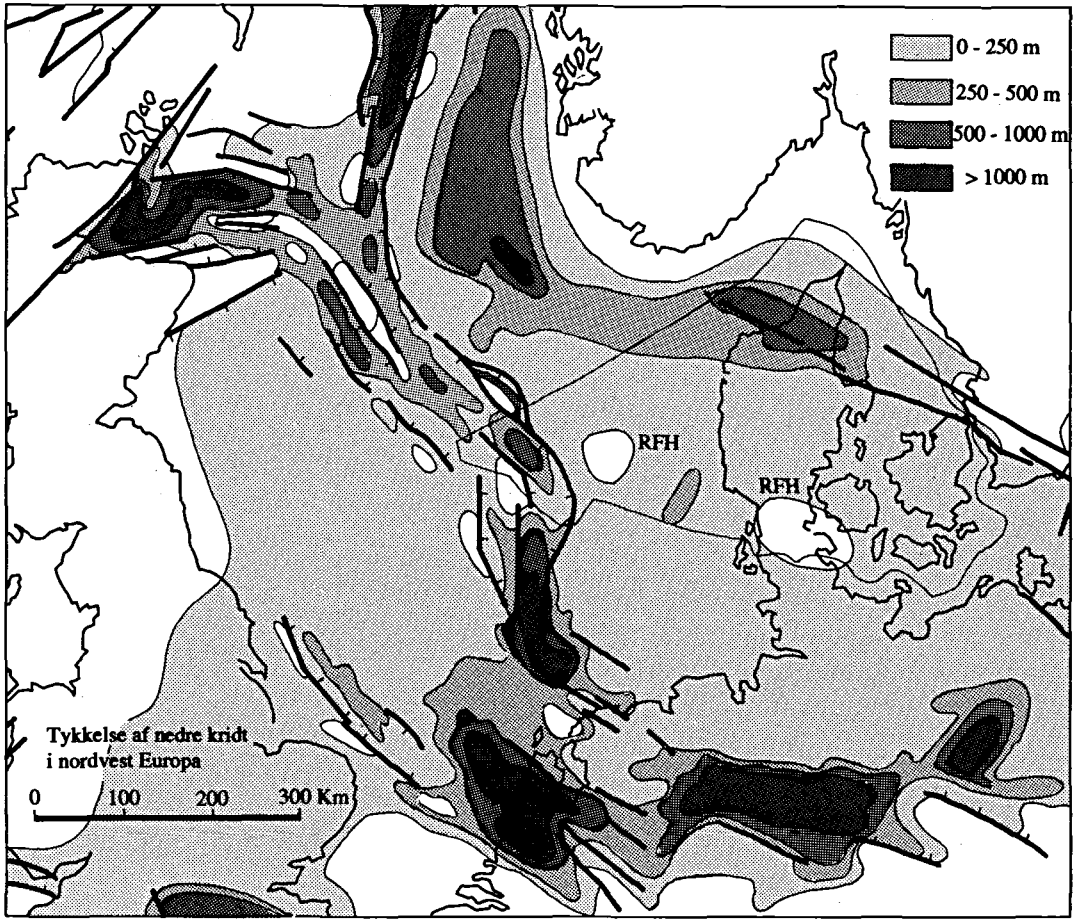


Fig. 1. Nedre Kridt lagseriens tykkelse i nordvest Europa (fra Ziegler 1982). RFH=Ringkøbing-Fyn Højderyggen.

Thickness map of the Lower Cretaceous sequence in northwest Europe (Based on Ziegler 1982). RFH=Ringkøbing-Fyn High.

nende sedimenter kan spores over størstedelen af Nordsø-bassinet og kan ses i klinter langs de engelske kyster. Sedimenterne indgår som en naturlig fortsættelse af sedimentationsmønstret i sen jura. De blev sandsynligvis afsat i et lavvandet hav under iltfattige forhold, hvorved det organiske materiale fra døde dyr og planter ikke kunne blive fuldstændigt nedbrudt, men er blevet bevaret især som såkaldt amorft organisk stof. De stærkt organisk prægede sedimenter fra den tidligste del af tidlig kridt henregnes til Farsund Formationen (fig. 2). Denne udgør en vigtig moderbjergartsenhed for Nordsøens rige olieforekomster (Jensen et al. 1986).

De seismiske analyser viser, at det tektoniske indsynkningsmønster i begyndelsen af tidlig kridt udgør en fortsættelse af et mønster, der var etableret allerede i jura tiden. Indsynkningen foregik i mindre delbassiner, hvis dannelse skyldtes fort-

krono - stratigrafi		lithostratigrafi		seimisk stratigrafi
øvre kridt	cenomanien	Chalk gruppe		
nedre kridt	albien	Cromer Knoll Gruppe	Rødby Fm.	LCF
	aptien		Sola Fm.	
	barremien		Tuxen Fm.	
	hauterivien		Åsgard Fm.	
	valanginien		Leek led	LCD
	ryazanien		Vyl Fm.	LCC
jura	volgien	Farsund Fm.	LCB	LCA

Fig. 2. Nedre Kridt lagseriens stratigrafiske inddeling i Central Truget.

Stratigraphical subdivision of the Lower Cretaceous sequence in the Central Trough.

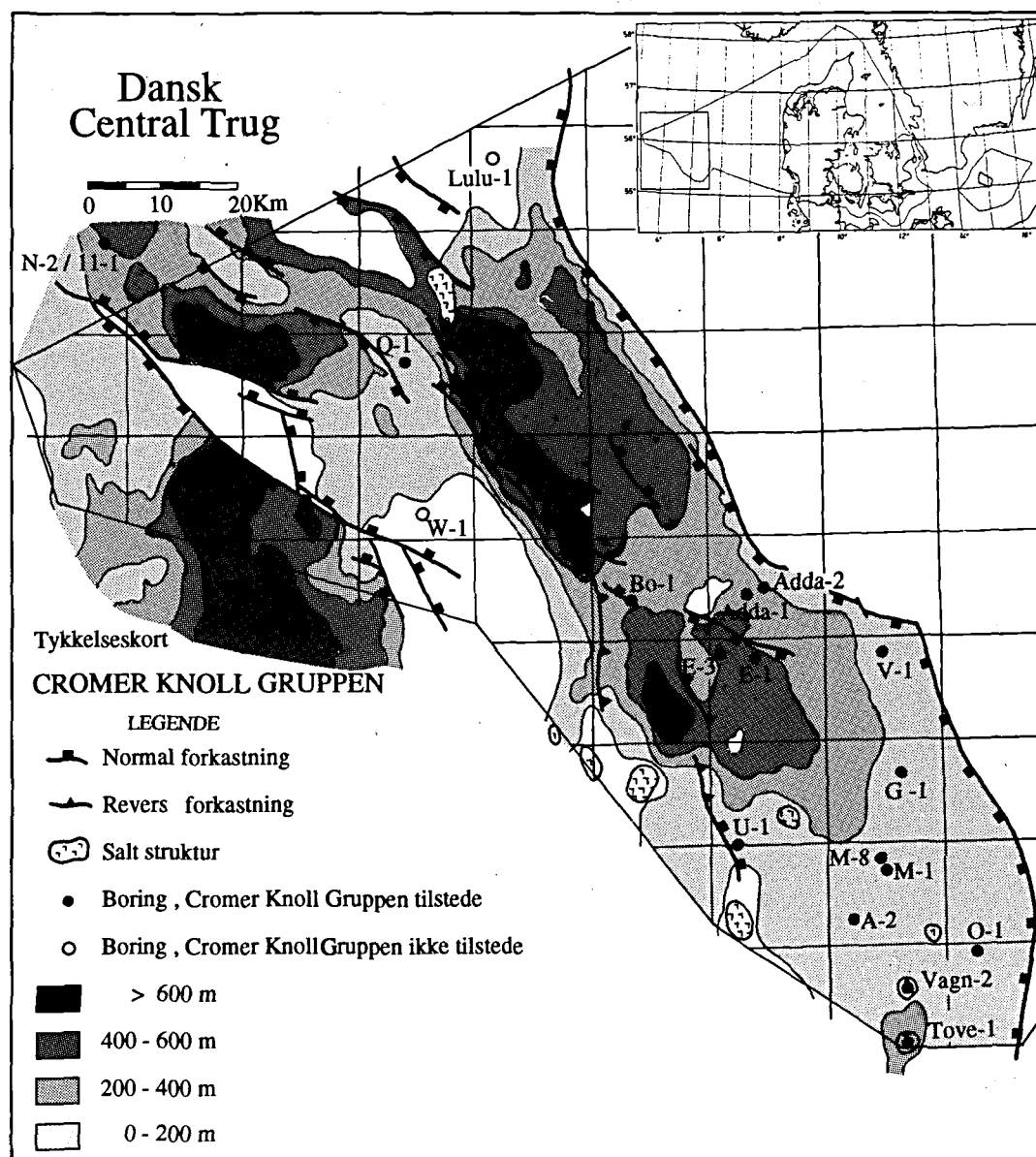


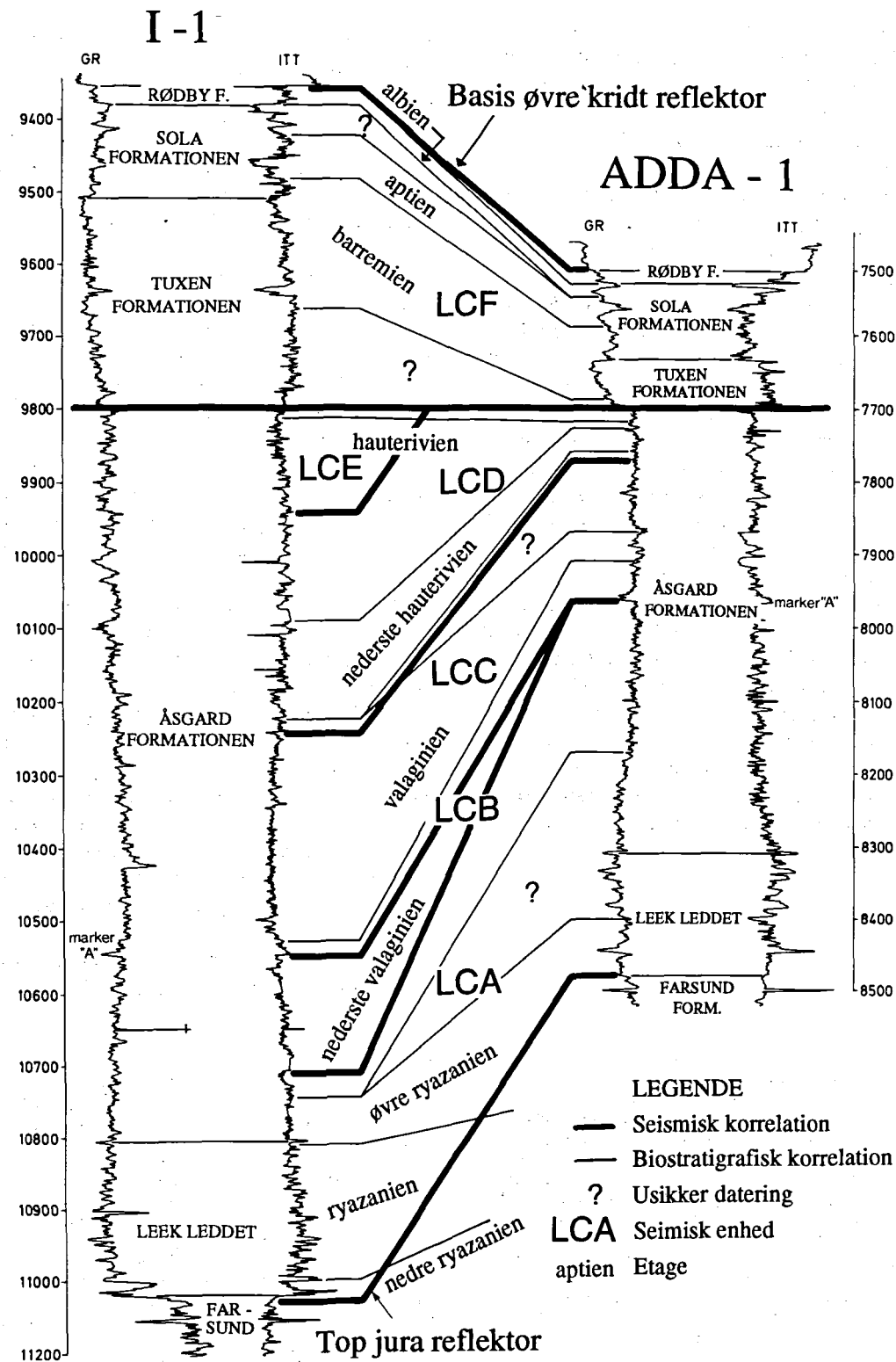
Fig. 3. Tykkelseskort over Cromer Knoll Gruppe (se fig. 2) i Central Trugtet. Cromer Knoll Gruppen udgør den overvejende del af nedre kridt lagserien (fra Vejebak 1986).

Thickness map of Cromer Knoll Group (see fig. 2) in the Central Trough of the Danish North Sea sector. The Cromer Knoll Group constitutes the major part of the Lower Cretaceous sequence (Based on Vejebak 1986).

sat blokforkastningsaktivitet. Dog var bassinindsynkningen langt mindre i tidlig kridt end i sen jura. Som følge af den forskellige indsynkning varierer tykkelsen af kridt-sedimenterne ganske betydeligt fra sted til sted (Vejebak 1986 og fig. 3).

### Vekslede forhold i sen ryazanien og tidlig valangien

I slutningen af ryazanien-tid indtraf en voldsom forandring af sedimenterne. Aflejringen af sorte, organiskholdige sedimenter ophørte. I stedet aflejredes grå lersten med et ringe indhold af orga-



nisk stof. Biostratigrafiske undersøgelser viser, at ændringen var pludselig og skete samtidig over hele Nordsø-bassinet. Skiftet afspejler utvivlsomt en forandring i miljøet på havbunden fra iltfattige til ilttrige forhold. Muligvis skal den grundliggende årsag hertil søges i en verdensomspændende transgression, der fandt sted i begyndelsen af kridttiden (Rawson og Riley 1982).

Efter den dramatiske ændring fra iltfattige til ilttrige forhold i slutningen af ryazanien-tid fulgte en periode med et ganske vekslende aflejningsmønster. I den østlige del af Central Truget langs Ringkøbing-Fyn Højderyggen rand (fig. 3) træffes siltsten og sandsten (Vyl Formationen, fig. 2). I de centrale dele af de enkelte delbassiner består sedimenterne hovedsagelig af mergelsten og kalksten (Leek Leddet, fig. 2). Andre steder aflejredes fortrinsvis lersten (Jensen et al. 1986, Michelsen et al. 1987). På grundlag af biostratigrafien ved vi, at alle disse sedimenttyper aflejredes samtidigt (Heilmann-Clausen 1987). De lithologiske og seismiske undersøgelser lader os formode, at de grovkornede sedimentter langs trugets østrand er aflejret i såkaldte submarine faner og består af lokale erosionsprodukter, der med slamstrømme er transporteret ud i truget fra den nærliggende Ringkøbing-Fyn Højderyg. De finkornede, mere kystfjerne sedimentter er sandsynligvis aflejret direkte fra vandmassernes opslemmede materiale (Michelsen et. al. 1987).

## Tykkede ensartede leraflejringer fra sen valangien og hauterivien

Det vekslende aflejningsmønster, der indledtes i sen ryazanien tid, varede kun kort, indtil tidlig valangien, og Vyl Formationen og Leek Leddet er da også relativt tynde. Kun sjældent når de tykkelser på mere end 50 m. I stedet aflejredes fra nu af og indtil sen hauterivien en op til 700-800 m tyk lerstens lagserie (Åsgard Formationen).

De seismiske stratigrafiske analyser har afsløret, at Åsgard Formationen varierer markant i tykkelse, og at depocentrene (d.v.s. de steder, hvor den største aflejring fandt sted) flyttede sig rundt i Central Truget. Den geologiske baggrund for dette skal søges i en fortsat betydelig blokforkastningsaktivitet. Stærkt vekslende aktivitet i de enkelte forkastningszoner formodes at være årsagen til, at depocentrene ikke lå fast (Vejbæk 1986).

De seismiske vidnesbyrd viser også, at der skete en betydelig udvidelse af sedimentationsområdet i løbet af det tidsrum, hvorunder Åsgard Formationen aflejredes. Aflejringerne fra sen hauterivien dækker et langt større geografisk område end aflejringerne fra sen ryazanien og tidlig valangien. Vi antager, at forklaringen derpå er en kontinuerlig transgression af havet (fig. 4).

På grund af Åsgard Formationens finkornede karakter formodes sedimentterne at være aflejret direkte fra opslemning i havvandet. De markante tykkelsesvariationer og sedimentlegemernes linsform tyder dog på, at der efter aflejringen må være sket betydelige omlejringer. Derom vidner også lithologiske og biostratigrafiske iagttagelser

Fig. 4. Biostratigrafisk, lithostratigrafisk og seismisk stratigrafisk inddeling af Cromer Knoll Gruppen i borerne I-1 og Adda-1. Det ses af figuren, at grænserne mellem de lithostratigrafiske enheder stort set er samtidige. Endvidere illustrerer figuren forskelle i sedimentationshastigheder, der er betinget af den forskellige bassinindsynkning. Således er sedimentationshastigheden størst i begyndelsen af tidlig kridt i Adda-1 (fra ryazanien til tidlig valangien). Fra tidlig valangien skifter dette, og fra nu af og indtil Albien er sedimentationshastigheden størst i I-1 området. Bemærk, at den seismiske enhed LCE ikke er til stede i Adda-1 boringen. Dette er sandsynligvis resultatet af en kortvarig erosionsfase i mellem hauterivien, der borteroderede LCE enheden og store del af LCD enheden (d.v.s. Åsgard Formationen) i Adda-1 området, medens alene toppen af LCE enheden blev eroderet i I-1 området. Det er dog ikke biostratigrafisk muligt at fastslå tilstedeværelsen af en ukonformitet (fra Heilmann-Clausen 1987).

Biostratigraphical, lithostratigraphical, and seismic stratigraphical subdivision of the Cromer Knoll Group in the I-1 and Adda-1 wells. The figure shows that the lithostratigraphic boundaries are basically isochronous. Note also differences in the rate of sedimentation caused by different rates of subsidence in the various subbasins. In the earliest part of the Early Cretaceous (Ryazanian - Early Valanginian) the rate of deposition is highest in the Adda-1 well. From early Valanginian until the end of the Albien the rate is highest in the I-1 area. Note also that the Seismic unit LCE is absent in the Adda-1 well, probably as a result of erosion in Middle Hauterivian time. In addition to the LCE unit, large parts of the underlying LCD unit is absent in Adda-1. In I-1 only the top of the LCE unit was removed. It has not been possible to demonstrate this unconformity by biostratigraphical means (Based on Heilmann-Clausen 1987).

(Jensen og Buchardt 1987, Heilmann-Clausen 1987, Thomsen 1987). Blandt andet er fossilindholdet i yngre lag ofte opblandet med tydeligt ældre fossiler. Omløjringerne har sikkert deres årsag i områdets forkastningsaktivitet. Det er velkendt, at uro i havbunden, som følge af bevægelser i dybtliggende forkastningszoner, kan udløse undersøiske skred, så sedimentet fra højtliggende områder skrider ned i bassinets dybere dele.

I aflejringerne fra den yngste del af hauterivien perioden spores en ændring i det tektoniske forløb. Det er således muligt seismisk at påvise en kortvarig begivenhed, under hvilken toppen af Åsgard Formation blev eroderet (Vejbæk 1986 og fig. 4). Dette er specielt tydeligt i den sydlige del af Central Truget, i Salt Dome Provinsen (fig. 4 og 5). Det har ikke været muligt biostratigrafisk at påvise tilstedeværelsen af en ukonformitet, hvorfor erosionen må have fundet sted indenfor et forholdsvis begrænset tidsrum.

Erosionsfasen i sen hauterivien er det første synlige tegn på nogle tektoniske ændringer, der på lidt længere sigt skulle føre til en total forandring af Central Trugets indsynkningsmønster. For det første begyndte trugets indsynkningshastighed kraftigt at aftage. For det andet mindskedes betydningen af de lokale depocentre. I stedet skete en mere ensartet regional indsynkning. For det tredje viser nogle af de tidligere indsynkningsbassiner tegn på begyndende hævnning (inversionstektonik). Samtidig hermed, og måske delvis som følge af de tektoniske ændringer, indtraf et tydeligt skifte i lithologien af det aflejrede sediment. Hidtil havde lersedimentationen domineret, men fra nu af indtog kalkbjergarter en stedse mere betydende plads (Michelsen et al. 1987).

### Kalksedimentation i barremien

Den del af nedre kridt lagserien, der er aflejret i tidsrummet fra sen hauterivien til albien, er inddelt i Tuxen, Sola og Rødby Formationerne (Jensen et al. 1986 og fig. 2). Udbredelsen af disse formationer vidner om en stadig udvidelse af aflejringsbassinet (fig. 5). Sandsynligvis havde den fortsatte transgression stor betydning for de ovenfor nævnte lithologiske forskelle mellem den ældste og den yngste del af nedre kridt lagene,

idet kildeområderne for de klastiske sedimentet, som følge af havets transgression, gradvist blev mindre og samtidig mere fjerntliggende. En medvirkende årsag er nok også, at der skete en øget tilførsel af kalkmateriale. Kalken består af mikroskopiske rester af kalkskallede planktoniske mikroorganismer, hovedsagelig kokkolitter og foraminiferer. Netop i tidlig kridt-tid oplevede disse grupper en betydelig ekspansion både med hensyn til artsrigdom og produktivitet (Thomsen 1987).

Tuxen Formationen består af mergel- og kalksten, som er rige på gravegange og spor lavet af bundlevende dyr i sedimentet. Den er aflejret under iltrige forhold i tidsrummet sen hauterivien til sen barremien (fig. 2). Selv om aflejringerne generelt skete under rolige forhold, viser sedimentstrukturen, at omløjring fra tid til anden fandt sted. Tykkelsen af denne formation er op til 90 m i den nordlige del af Central Truget.

Dele af Tuxen Formationen er i det danske Valdemar felt et oliereservoir (Skovbro 1991).

### Anaerobe bundforhold i aptien og albien

Oven på Tuxen Formationen følger Sola Formationen. Den lithologiske forskel mellem de to formationer er en af de mest markante i Nord-søens nedre kridt og kan på mange måder sammenlignes med overgangen fra Farsund til Åsgard Formationen. Der er dog den forskel, at hvor grænsen mellem Farsund og Åsgard Formationerne afspejler et skift fra iltfattige til iltrige forhold, så er det omvendte nu tilfældet. Sola Formationen består især i den nederste del af sorte, finlaminerede kalkrige lersten og mergelsten, stedvis med et organisk kulstofindhold på helt op til 10–12%. Det høje kulstofindhold samt bevaringen af den fine lamination viser, at aflejringerne fandt sted under iltfattige forhold (Jensen & Buchardt 1987). Årsagen til de iltfattige forhold er endnu ikke entydigt fastlagt, men tilstedeværelsen af lignende sediment i nedre aptien i store dele af verden antyder, at globale begivenheder måske spillede en væsentlig rolle.

Sola Formationen er i den sydlige del af Central Truget 15–30 m tyk (Thomsen & Jensen 1989). Mod nord stiger tykkelsen til omkring 80 m nær grænsen til den norske sektor. Aflejringerne

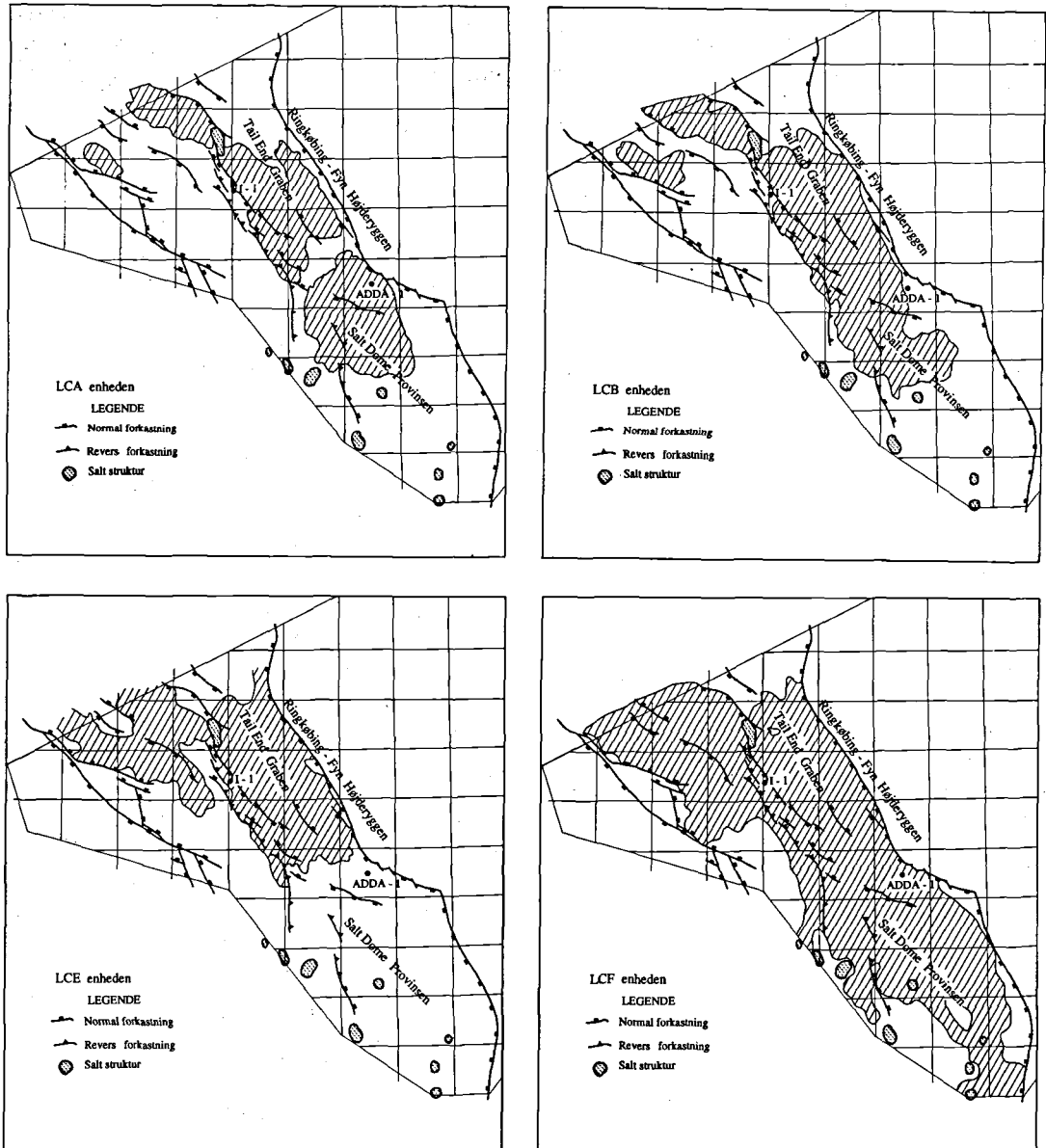


Fig. 5. Udbredelsen af de nedre kretassiske seismiske enheder LCA, LCB, LCE og LCF. Den nederste enhed, LCA enheden, er til stede i mindre, isolerede områder. Som følge af en kontinuerlig transgression ses til og med enhed LCB en fortsat udvidelse af allejringsbassients størrelse. LCE enheden har en noget mindre udbredelse, hvilket formodes at skyldes bortero-dering af enheden i den sydlige del af Central Truget. Endelig afsluttes nedre kridt sekvensen af LCF enheden, der viser den maksimale udbredelse af nedre kridt sedimenterne, på nær i den allersydligste del af truget, hvor enheden er delvis eroderet.

Distribution of the Lower Cretaceous seismic units LCA, LCB, LCE, and LCF. The lowermost unit, LCA, is present only in small isolated areas. The LCB unit covers a larger area as a result of a continuous transgression during the earliest Cretaceous. The LCE unit has a more narrow distribution, probably due to erosion in the southern part of the Central Trough. The LCF unit shows the widest distribution of all the Lower Cretaceous units. It is absent in the southernmost part of the trough because of erosion.

af denne formation tog sin begyndelse midt i barremien-tid og afsluttedes i tidlig albien. Sedimenter fra hele aflejningsperioden er dog ikke altid til stede. Biostratigrafiske undersøgelser viser, at både ældre og yngre dele af formationen kan mangle (Thomsen 1987, Heilmann-Clausen 1987). Årsagen til den forskelligartede udvikling af Sola Formation skal sikkert søges i den lokale hævnning af de tidligere indsynkningsbassiner, der indledtes i sen hauterivien tid (Vejbæk 1986).

I den yngste del af Sola Formationen findes indslag af lyse og rødlig bioturberede mergel- og kalksedimenter. Lignende sedimenter er karakteristiske for Rødby Formationen, der er den yngste formation i Nordsøens nedre kridt (Jensen et al. 1986, Thomsen 1987, Thomsen & Jensen 1989 og fig. 2). Rødby Formationen er aflejret under iltrige forhold i albien-tiden. Tykkelsen er meget ringe til trods for, at albien omfatter et anseligt tidsrum (sammenlign fig. 2 og 4). Det viser, at tilførslen af erosionsprodukter fra omliggende landområder var stærkt nedsat.

Tuxen, Sola og især Rødby Formationens sedimenter danner en overgang mellem den klastisk prægede sedimentation i begyndelsen af tidlig kridt og kalksedimentationen i sen kridt.

## Afslutning

Denne gennemgang af den geologiske udvikling i tidlig kridt er geografisk begrænset til Central Truget i den danske del af Nordsøen. Mange af de kortlagte lithologiske enheder og adskillige af de påviste geologiske begivenheder kendes også fra områder uden for Central Truget. Nogle kan spores over store dele af Nordvesteuropa og en af

de iltfattige episoder, synes endog at have global udbredelse. Det er derfor åbenbart, at en fuld forståelse af de processer, som har kontrolleret udviklingen i Central Truget, kun kan opnås, hvis et større geografisk område inddrages i undersøgelsen.

## Litteratur

- Heilmann-Clausen, C., 1987: Lower Cretaceous dinoflagellate biostratigraphy in the Danish Central Trough. *Danm. geol. Unders. Ser. A*, 17, 89 s.
- Jensen, T. F. & Buchardt, B., 1987: Sedimentology and geochemistry of the organic carbon rich Lower Cretaceous Sola Formation (Barremian-Albian), Danish North Sea. In: Glennie, K. & Brooks, J. (Red.): *Proceedings from the 3rd Conference on Petroleum Geology of NW Europe*, 441-452; Graham & Trotman.
- Jensen, T. F., Holm, L., Frandsen, N. & Michelsen, O., 1986: Jurassic - Lower Cretaceous lithostratigraphic nomenclature for the Danish Central Trough. *Danm. geol. Unders. Ser. A*, 12, 68 s.
- Michelsen, O., Frandsen, N., Holm, L., Jensen, T.F., Møller, J.J. & Vejbæk, O.V., 1987: Jurassic - Lower Cretaceous of the Danish Central Trough; depositional environments, tectonism, and reservoir. *Danm. geol. Unders. Ser. A*, 16, 45 s.
- Rawson, P.T. & Riley, L.A., 1982: Latest Jurassic - Early Cretaceous Events and the "Late Cimmerian Unconformity" in the North Sea Area. *AAPG Bull.*, vol. 66, 12, 2628-2648.
- Skovbro, B., 1991: Vandrette borer i Valdemar feltet lover godt. *Geologisk Nyt*, 1, 6-8.
- Thomsen, E., 1987: Lower Cretaceous calcareous nannofossil biostratigraphy in the Danish Central Trough. *Danm. geol. Unders. Ser. A*, 20, 89 s.
- Thomsen, E. & Jensen, T. F., 1989: Aptian to Cenomanian stratigraphy in the Central Trough of the Danish North Sea sector. *Geol. Jb.* A 113, 337-358.
- Vejbæk, O., 1986: Seismic Stratigraphy and tectonic evolution of the Lower Cretaceous in the Danish Central Trough. *Danm. Geol. Unders. Ser. A*, 11, 46 s.
- Ziegler, P. A., 1982: *Geological Atlas of Western and Central Europe*. Elsevier, Amsterdam, 130 s. 40 tavler.