

# Dinoflagellater

## - et værktøj til biostratigrafisk tolkning

Af geolog Trine Krathus

Vores kendskab til de miocæne dinoflagellater er stadig begrænset, både her i Danmark og i store dele af verden. Men hvad er en dinoflagellat? Hvorfor er det vigtigt at kende mere til dem? Hvad kan de bruges til? Det er nogle af de spørgsmål, der vil blive besvaret i denne artikel, som er blevet til på baggrund af resultater fra mit speciale.

Hvorfor undersøge de miocæne formationer i Danmark?

I de senere år er der lavet en række undersøgelser af de miocæne formationer i Jylland med henblik på kortlægning af Ribe Formationen, som har vist sig at være et vigtigt grundvandsreservoir. Undersøgelserne er udført af alle de jyske amter med undtagelse af Nordjyllands Amt, hvor Ribe Formationen ikke findes.

I forbindelse med kortlægningen har Sønderjyllands Amt bl.a. lavet en lufthæveboring i Vollerup. Denne boring og en boring ved Tinglev Vandværk er begge blevet undersøgt med henblik på en biostratigrafisk tolkning af alder på de gennemborede lag og en tolkning af det miocæne aflejningsmiljø.

### Sønderjyllands geologi

De miocæne formationer ses i den vestlige del af Jylland. Lagserien består mod vest af fire marine formationer (Vejle Fjord For-



Prøvetagning ved Vollerup-boringen. Boringen er 216 m dyb. Der er taget prøver for hver meter. (Foto: Forfatteren)

mationen, Arnum Formationen, Hodde Formationen samt Gram Formationen), mens der mod øst er aflejret to limniske formationer (Ribe Formationen og Odde-rup Formationen).

Aflejringen af disse formationer er foregået i et dynamisk, kystnært miljø, hvor kystlinien har bevæget sig mellem øst og vest. I den tidlige del af Miocæn var klimaet varmt-tempereret til subtropisk, hvilket medførte, at der blev afsat tungsandslag, der kan ses som markante peaks på en gamma ray-log.

I Tidlig og Mellem Miocæn var det vestlige Danmark gennemskåret af store flodsystemer, som førte sedimenter fra det

Skandinaviske Skjold ud i Nordsøen. Midt i perioden bredte havet sig mod øst, og i denne forbindelse blev der afsat en række kullag, der som tungsandslagene også ses i store dele af Jylland.

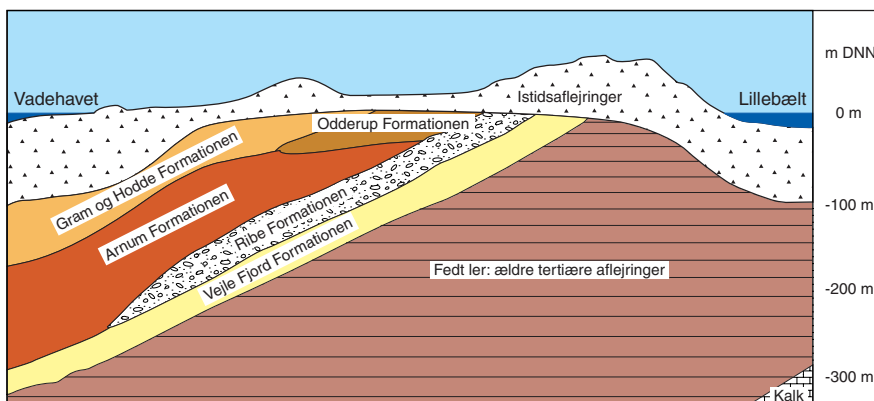
### Hvorfor biostratigrafi?

Der anvendes forskellige metoder til kortlægning af sedimentære formationer. Udover biostratigrafi kan man f.eks. også anvende seismik og logs.

Fordelene ved at anvende biostratigrafi er bl.a., at man kan få en høj opløsning af det profil, man ønsker at undersøge. Hvis man arbejder med kerneprover eller et blotet profil kan opløseligheden blive ned til nogle få centimeter, alt efter hvor tæt man udtager prøver. Arbejder man med lufthæveboringer, kan opløsningen dog ikke altid blive så god, idet der oftest "kun" udtages prøver for hver meter.

Ved brug af biostratigrafi er der, som ved anvendelse af seismik og logs, mulighed for at lave en datering af lagene og korrelere til andre områder. Ved korrelering af biostratigrafiske data er det muligt at observere hiati (manglende aflejring), som man normalt ikke ser f.eks. på seismiske sektioner og logs.

I forbindelse med miljøtolkning har det også vist sig, at biostratigrafi har været nyttig. De forskellige plante- og/eller dyregrupper, der bliver undersøgt, havde forskellige foretrukne miljøer, ligesom det ses



Forenklet tværsnit gennem Sønderjylland fra Lillebælt til Vadehavet. DNN = Dansk Normal Nul. (Grafik: KB og UVH efter "Kortlægning af Ribe Formationen" af Rud Friberg og Steen Thomsen, 1999)

i dag. Ud fra disse betragtninger kan man komme frem til et meget realistisk billede af aflejningsforholdene. Dette benyttes bl.a. ved sekvensstratigrafisk tolkning af seismik og logs, hvor man inddrager biostratigrafi i de tilfælde, hvor der er tvivl om aflejningsforhold/miljø.

### Hvorfor bruge dinoflagellater?

Oftest anvender man foraminiferer og andre kalkskallede fossiler til biostratigrafiske undersøgelser, idet præparationen af disse er hurtigere og billigere end præparationen af dinoflagellater. Det er dog ikke altid, at de kalkskallede fossiler kan bruges i biostratigrafiske undersøgelser, eftersom de ikke findes i kalkfri prøver.

De miocæne formationer i Danmark er meget kalkfattige, men til gengæld er der et stort indhold af organisk materiale og dermed også dinoflagellater. Der kan dog også være problemer med de bevarende af det organiske materiale. Aflejres dinoflagellater i iltholdige miljøer og/eller højenergimiljøer, risikerer man, at de nedbrydes eller går i stykker. Er de gået i stykker, indikerer resterne ofte, om miljøet har været marint eller nonmarint.

I de undersøgte borerer fandt man ingen foraminiferer, og derfor mente man, at disse var limniske, men indholdet af dinoflagellater viste noget ganske andet. Prøverne fra Tinglev Vandværk var fulde af dinoflagellater, mens indholdet i prøverne fra Vollerup boringen var mere sparsomme, men der var dinoflagellater nok til at på-

Placeringen af de to undersøgte borerer. (Grafik: UVH)



vise, at der var tale om marine aflejringer i begge borerer.

### Korrelation og datering

For at kunne datere lagene fra de to undersøgte borerer er det vigtigt at kunne korrelere de fundne dinoflagellat-selskaber til andre undersøgelser. En af måderne at gøre dette på er undersøgelse af særligt markante arter. Det kunne f.eks. være en art med kort optræden som *Cannosphaeropsis passio* og *Gramocysta verricula*, der er to

vigtige arter i den øvre del af Miocæn. *C. passio* er ikke tidligere fundet i Danmark, men det har været muligt at korrelere arten til en lokalitet i det østlige USA. *C. passio* markerer her grænsen mellem Mellem og Øvre Miocæn. En art markerende grænsen mellem to zoner betegnes en markør.

*G. verricula* derimod er en vigtig markør i den danske lagserie, og er umiddelbart ikke fundet i udenlandske undersøgelser.

Ved at se på arter, der kendetegner en

## Dinoflagellater

En dinoflagellat er en encellet organisme (alge), der findes i alle marine miljøer, hvor de forskellige arter foretrækker forskellige dybder, temperaturer og saliniteter. Nogle dinoflagellater er "kødædende" og betegnes som dyr, mens andre er fotosyntetiske og betragtes som planter.

Dinoflagellater er opbygget af en slags vægge eller plader. Disse vægge kan være lavet af cellulose, hvilket ikke forstener. Andre er lavet af ekstremt modstandsdygtige organiske vægge, og det er disse, der oftest undersøges. Enkelte dinoflagellater har vægge, der indeholder kalcit eller silica. Disse former ses dog ikke, når man arbejder med de organiske væggede arter, idet de opløses under præparationen.

Dinoflagellater har et motilt (fritsvømmende stadium og et dvalestadium i deres livscyklus. I det motile stadium har de to flagellater, som de bruger, når de bevæger sig i vandmasserne

Epoke	Fm	Tinglev Vandværk	Vollerup	USA de Verteuil & Noris (1996)	N.Tyskland Strauss et al. (i trykken)	DK Piasecki (1980)	DK Poulsen (1995)
Miocæn	Øvre	Gram Fm.	12	DN9	Aum	<i>D. verricula</i> Zone	DN6a
			11				
			10				
			9				
	Mellem	Hodde Fm.	8	DN8	Gve	<i>A. andalousiensis</i> Zone	
			7				
			6				
			5				
			4				
			3				
			2				
			1				
Nedre	Arnum Fm. Vejle Fjord Fm.	5	DN4	Cpa	<i>N. aqueducta</i> Zone	DN5 DN4	
		5					
			5	DN3	Cpl Pmc Cgo	<i>L. truncatum</i> Zone	DN3
			4 3 2 1	DN2			DN2
							DN1

Korrelation mellem de undersøgte borerer (Tinglev Vandværk og Vollerup) og tidligere undersøgelser. (Grafik: BES)

# Palynomorfer

Palynomorfer er gruppen af organiske partikler. Gruppen består af acritarcher, amorft organisk materiale (A.O.M.), brun lignin, sort lignin, non-saccate pollen, saccate pollen, sporer, Pediastrum og dinoflagellater.

Brun lignin, sort lignin, non-saccate pollen, saccate pollen, sporer og Pediastrum indikerer alle et kystnært miljø. De saccate pollen findes dog længere ude i bassinet end non-saccate pollen og sporer, idet deres luftsække gør dem lettere, og de transporteres således lettere længere væk fra kysten.

Acritarcher er oftest fundet længere ude i bassinet end dinoflagellater, da de er mindre, og de aflejres efter samme princip som sandkorn – de største/tungeste aflejres først.

En del af det A.O.M., der ses i palynologiske prøver, stammer fra omdannet plantemateriale, sporer, pollen, phytoplankton samt andet algemateriale. Omdannelsen sker i iltholdige miljøer. Efter omdannelsen bevares A.O.M. bedst under iltfrie forhold.

bestemt periode og/eller på sammensætningen af arter, er det muligt at korrelere til andre undersøgelser, og derved er det også muligt at kunne datere lagene.

I de undersøgte borer har det været muligt at korrelere til undersøgelser fra Danmark, Nordtyskland og USA. Jo flere undersøgelser, der er korreleres til, desto "sikrere" en korrelation får man.

På skemaet forrige side kan man se korrelationen mellem de to borer og tidligere undersøgelser. Skemaet viser forskellige forfatteres forslag til zoner i Danmark, USA og Nordtyskland. Prøverne fra Vollerup-boringen er ældst og stammer fra Nedre Miocæn, og muligvis når profilet lidt op i Mellem Miocæn. Som det ses på skemaet, har det ikke været muligt at lave en detaljeret korrelation af den nederste del af boringen. Dette skyldes, at materialet har været af meget ringe kvalitet, og de undersøgelser, der er

*Boring ved Vollerup. I forgrunden ses de udtagede prøver i hvide spande. Boringen er foretaget for Sønderjyllands Amt i 1998. (Foto: Forfatteren)*



korreleret til, heller ikke har været særlig detaljeret.

Prøverne fra Tinglev Vandværk er yngre og repræsenterer det meste af Mellem og Øvre Miocæn. Som det ses af skemaet, er korrelationen mere detaljeret, og øverst er der fundet en hiatus.

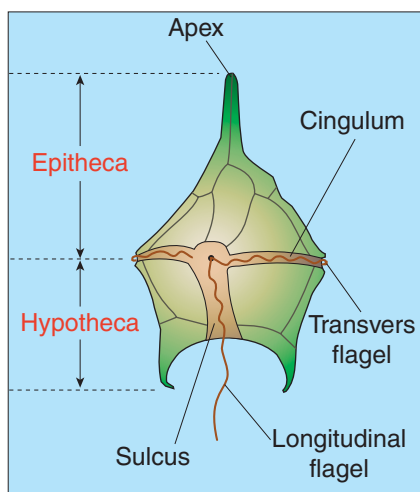
## Aflejringsmiljøet

Udover datering af lagserier kan dinoflagellater også anvendes til tolkning af aflejringsmiljøet. Endnu kendes der ikke så meget til miljøtolkning inden for dinoflagellater, som tilfældet er med foramini-

ferer, men det har dog været muligt at komme frem til en tolkning af aflejringsmiljøet i Miocæn.

Tolkningen af de dinoflagellater og palynomorfer, der er fundet i prøverne, har dannet et billede af havdybde og temperatur og ændringerne i disse.

De resultater, der kom frem under tolkningen, minder meget om det, der er set i tidligere undersøgelser. I løbet af Tidlig Miocæn trak havet sig tilbage mod vest (regression), hvorved aflejringsforholdene blev mere lavvandede, og noget tyder på, at forholdene har været urolige, hvilket bl.a.



*Skitse af en typisk dinoflagellats opbygning set forfra. (Grafik: MLH)*

# Lufthæveboring

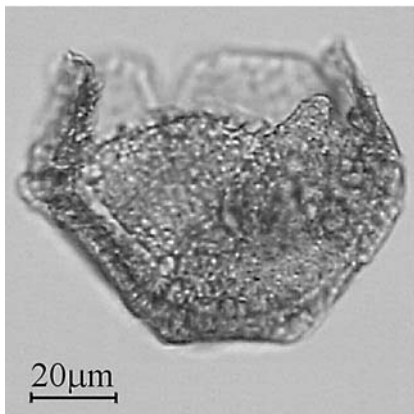
En lufthæveboring betegnes også som en omvendt skylleboring. Princippet bag en lufthæveboring bygger på, at man har to forbundne kar, som indeholder den samme væske. Da de indeholder den samme væske, vil overfladeniveauerne i de to kar være ens. Tilfører man luft til det ene kar, vil rumvægten her blive mindre, hvilket vil medføre, at væsken fra det andet kar vil strømme over i karret med luft for at skabe ligevægt.

Under boringen pumpes der så meget luft ind i borestængerne, at man ikke opnår en ligevægtssituation mellem væske-

trykket i borestangen og væsketrykket mellem borestænger og borehulsvæg. Denne situation vil medføre, at der sker en strømning af boremudder ned mellem borehulsvæg og borestænger og op i borestængerne. Borehastigheden afhænger af lufttilførslen pr. tidsenhed.

Idet transporttiden for materialet er relativt kort, vil laggrænserne være rimeligt veldefinerede, og prøverne, der udtages af de gennemborede aflejringer, er rimeligt repræsentative.

Der udtages normalt en prøve for hver gennemboret meter.



Gramocysta verrucula er en vigtig markør i den danske lagserie. (Foto: Forfatteren)

kan ses på dinoflagellaternes tilstand. De fleste er gået itu. Klimaet har generelt været tempereret til subtropisk, sandsynligvis med indflydelse af lidt koldere havstrømme fra nord i perioder.

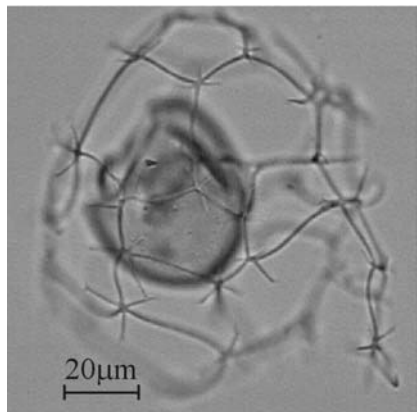
Grænsen Tidlig-Mellem Miocæn er karakteriseret ved endnu en regression, hvor de klimatiske forhold var lidt køligere end i begyndelsen af Tidlig Miocæn.

Midt i Mellem Miocæn steg havniveauet (transgression), hvilket medførte roligere aflejringsforhold. Temperaturen var som tidligere, men op gennem perioden faldt den gradvist.

På grænsen mellem Mellem og Sen Miocæn nåede havniveauet sin maksimale udbredelse, men det varede ikke ved, for hen mod slutningen af Sen Miocæn faldt det igen. Temperaturen var nu af en mere tempereret karakter.

### Fremtiden

Selvom vi stadig kun kender lidt til de miocæne dinoflagellater, ved vi dog nok til at kunne korrelere resultaterne til andre undersøgelser både i Danmark og i udlandet. Ved mere forskning inden for området vil det være muligt, at kunne lave en mere detaljeret opdeling af Nedre Miocæn og eventuelt inddrage perioden i flere zoner. ■



Dinoflagellaten Cannosphaeropsis passio kendetegner grænsen mellem Mellem og Øvre Miocæn. (Foto: Forfatteren)

## Kort nyt

### Verdens første is-CD

Langt mod nord i Sverige, helt præcist i Jukkasjärvi i Kiruna, har musikeren og komponisten Terje Isungset indspillet verdens første is-CD med en række musikere. Indspilningen fandt sted i en 5 x 10 meter stor hule bygget af en blanding af sne og is. Alle de benyttede instrumenter – bl.a. trompeter, harper, xylofoner og trompeter – blev fremstillet af is, som ikke overraskende viste sig at være særdeles skrøbelige, og lyden, de frembragte, var meget lav. Det var derfor nødvendigt at indspille CD'en på et højt lydniveau, hvorfor musikerne optrådte i knitrefrit tøj; et uheldigt, stille host lød under de givne forhold som et torden-skrald. Besværlighederne til trods er Isungset begejstret; kold is producerer nemlig en unik, varm klang, og ifølge Isungset har forløbet været en form for magi. Jukkasjärvi er i forvejen berømt for "ishotellet", et hotel bygget udelukkende af is, hvor musikerne naturligvis indlogerede sig.

[www.aftenposten.no/MLH](http://www.aftenposten.no/MLH)

### Fund af fem Mars-meteoritter

Man antager, at ca. fem ud af de omkring 20.000 meteoritter, der hvert år rammer jorden, stammer fra Mars. Med de senere års intense jagt på vidnesbyrd om oceaner og liv på den røde planet er det derfor ikke mærkeligt, at interessen for disse Mars-fragmenter er stor, når man endelig finder dem. Med fem nyfundne Mars-meteoritter er det samlede antal nu oppe på 24 eksemplarer; det ene er med sine 13,5 kg den næststørste kendte meteorit fra Mars. Den største meteorit, Zagami-meteoritten, faldt ned i Nigeria i 1962 og vejede 18 kg.

De fem meteoritter blev fundet af forskellige ekspeditioner i Antarktis og Oman og Sahara-ørkenene i tidsrummet 2000-2001. Mars-meteoritter menes at være afrevne klippefragmenter fra voldsomme komet- eller asteroidenedslag på Mars' overflade; med tiden bevæger nogle af disse fragmenter sig for tæt på jorden, indfanges af tyngdekraften og slår ned på jordoverfladen.

[www.cnn.com/MLH](http://www.cnn.com/MLH)

### Drikkevand fyldt med gift

Nye undersøgelser viser, at hver fjerde af landets 90.000 mindre vandboringer og brønde er så forurenede med rester af sprøjtegifte og kemikalier, at deres vand ikke er egnet til drikkevand.

Danskerne skal til at betale regningen for adskillige års lemefædig omgang med vores fælles drikkevand.

"I løbet af de kommende år vil op mod en femtedel af drikkevandet være så fyldt

med rester af sprøjtegifte og kemikalier, at det skal renses i specielle kulfiltre, før vi kan drikke det", vurderer Anders Bækgaard, direktør i Danske Vandværkers Forening.

Ude på landet er situationen endnu værre: Ifølge foreløbige tal fra en ny, omfattende undersøgelse fra bl.a. Miljøstyrelse er vandet fra omkring 25 % af Danmarks 90.000 mindre vandboringer og brønde så forurenede, at det overskrider grænseværdierne og derfor ifølge de danske drikkevandsregler ikke længere er egnet som drikkevand.

Ifølge afdelingsleder Poul-Frederik Christensen fra Sønderjyllands Amts grundvandsafdeling, hvor nogle af tallene kommer fra, betyder en overskridelse ikke nødvendigvis, at vandet er livsfarligt at drikke: "Men i nogle prøver har vi konstateret en overskridelse på 200 gange grænseværdien, og her ville jeg ikke selv turde drikke vandet."

Selv om de danske problemer med at skaffe rent drikkevand synes store, er det intet i forhold situationen i resten af verden. Mangel på vand er hver år skyld i 2,2 mio dødsfald. FN har derfor udråbt mangelen på rent vand til én af de største udfordringer de kommende år.

*Jyllandsposten/PBSJ*

### Voldsomt jordskælv i Tyrkiet

Søndag den 3. februar ramte to kraftige jordskælv Tyrkiet. Det første og kraftigste jordskælv med centrum i byen Bolvadin i Afyon-provinsen blev målt til 6.0 på Richter-skalaen og kunne mærkes i Istanbul 500 km derfra. Jordskælvet kostede over 40 mennesker livet. Det efterfølgende jordskælv ramte det vestlige Tyrkiet.

[www.berlingske.dk/MLH](http://www.berlingske.dk/MLH) ■

Helikopter EM

-spørg COWI

COWI A/S  
Vand og vandressourcer  
Parallevej 2, 2800 Kongens Lyngby  
Tel: 4597 2270