

Olie og gasefterforskning i Nordsøen:
**MENNESKETS UUDSLUKKELIGE
TØRST EFTER ENERGI**

OLIENS ABC

NORDSØENS ABC

**NORDSØENS "PLAYS" OG
RESSOURCER**

Den naturlige baggrund og menneskets uudslukkelige tørst efter energi



Kai Sørensen

Vi vesterlændinge har fået et skizofrent forhold til energi: Hele vor kultur bygger på let adgang til energi, men afbrændingen af fossile brændsler, især af olie og kul, er storleverandør af luftforurening og CO₂, og ingen kan idag tillade sig at lukke øjnene for konsekvenserne.

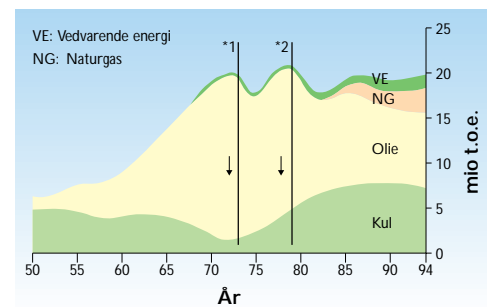
Politikerne forsøger at ændre på vores vaner med både pisk og gulerod, men resultaterne er ikke ligefrem imponerende. Det store flertal er ikke parate til at betale den nødvendige pris. Vort forbrug af fossil energi er således et godt mål for den reelle vilje til at ændre adfærd i en mere miljøbevidst retning. I Danmark såvel som i andre vestlige lande taler tallene deres tydelige sprog: vort forbrug af olie, kul og gas er steget år for år så langt tilbage som til anden verdenskrig.

Trods det generelt støt stigende forbrug knækkede forbrugskurven i to omgange i halvfjerdserne (se fig.1: *1 og *2). Dette skete som et resultat af dannelsen af

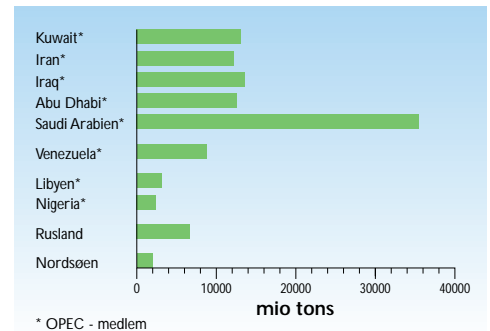
OPEC samt OPEC's vilje til at bruge olie-våbnet. Den historie kender de fleste. Det er mindre kendt, hvorfor prisen på olie og gas, der ved samme anledning, og til olieselskabernes og producentlandenes store tilfredshed, begyndte en iltens vej mod tinderne, ikke desto mindre hurtigt tabte pusten, og i løbet af det sidste tiår, efter det store prisfald i slutningen af 1986, i realiteten er faldet. Forklaringen på dette fænomen skal findes i Nordsøen og Alaska: da krisen i halvfjerdserne virkelig begyndte at kradsede i den oliehungrende verden udenfor OPEC var produktionen netop disse to steder på vej opad, og i løbet af firserne blev den så stor, at OPEC's våben blev sløvere og sløvere.

Ser man på de tilbageværende reserver i Nordsøen er det klart, at vores mulighed for at holde olieprisen i skak ikke er vedvarende (fig. 2).

Hvordan det kunne lade sig gøre at opbygge en kæmpe olie og gasproduktion fra Nordsøen i løbet af et tiår er dette nummers emne. Det har en masse med geologi at gøre. Husk på at geologi er "the heart of the matter" i verdens største industri.



Figur 1. Kurve, der viser det danske energiforbrug tilbage til anden verdenskrig, omregnet til tons olieækvivalenter (t.o.e.).



Figur 2. Søjler, der viser OPEC's oliereserver i forhold til Nordsøens (Gas ikke medregnet).

Kilde: BP Statistical Review of World Energy, juni '95

Oliens ABC

Olie og gas er kulbrinter som dannes gennem anoxiske omdannelser af alger og højere udviklede planter, der ved skæbnens gunst er blevet bevaret i undergrundens sedimentære aflejringer. Ved tilstrækkeligt høje temperaturer og høj koncentration af organisk materiale dannes olie, og deraf efterfølgende gas. Gas kan også dannes direkte fra kulrigt udgangsmateriale. Disse omdannelser er komplicerede processer: således danner det mest brintrige udgangsmateriale (alger) det mest brintfattige produkt, olie (om-

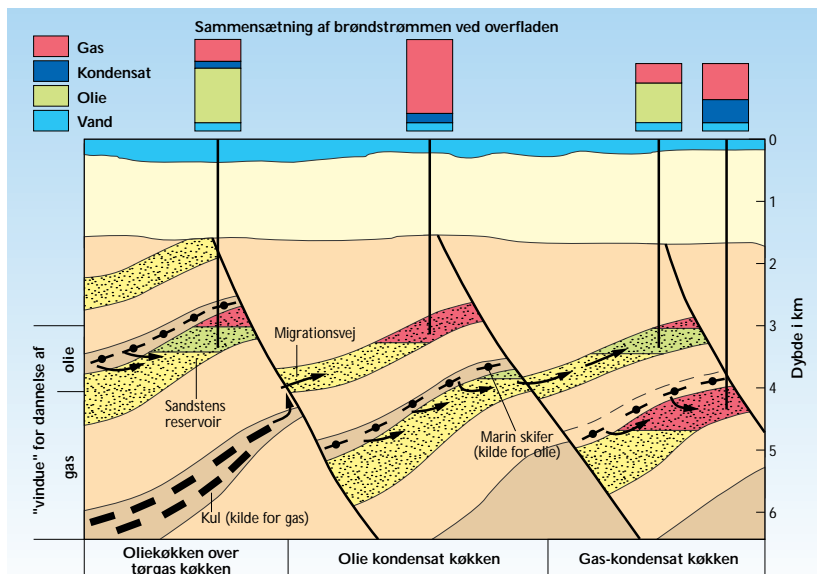
trentlig atomar formel CH²), medens det mest kulrige udgangsmateriale (landplanter) danner det mest brintrige slutprodukt, gas (atomar formel CH⁴).

Bjergarter, som kan danne olie eller gas kaldes kildebjergarter, og de områder, hvor kulbrinter dannes, kaldes køkkener. De hulrum, som findes mellem de sedimentære bjergarters mineralske partikler, er normalt fyldt med vand. Olien eller gassen vandrer/migrerer fra køkkenet og op i overliggende bjergarter ved at fortrænge

dette vand, og hvis ellers hulrummene er talrige nok (porøs bjergart) samt store og jævnt fordelte (permeabel, d.v.s. lader væske eller gas strømme), har man muligheden for en ansamling af kulbrinter, som kan produceres d.v.s. bringes til jordens overflade. Den porøse og permeable bjergart, hvor olien eller gassen ansamles, kaldes et reservoir. Kulbrinterne kan fanges der, hvis naturen har sørget for en passende geometrisk konstellation og forsejling af reservoiret, en fælde, således at kulbrinterne ikke vandrer videre.

Naturen har altså gjort sin del af arbejdet: dannet olie, fået den til at migrere ind i et reservoir, som er konfigureret som en fælde. Nu mangler der kun en geolog til at finde fælden, hvorved fælden bliver gjort til et fund. Sættes fundet i produktion betegnes det som et felt.

Under naturlige betingelser (fig. 3) kan kulbrinterne i reservoiret findes på tre måder: som væske og gas; som væske; og som gas. Er der tale om en væske, vil den ved overfladen dele sig i tre komponenter: olie, gas og vand. Ved reservoirbetingelser, d.v.s. nede i selve reservoiret, kan der være opløst store mængder gas i olien. Er der tale om gas i reservoiret, som produceres til en overflade flere kilometer oppe, kondenseres noget til væske, kaldet kondensat, der meget ligner benzin. Gas dannet fra kulrige kildebjergarter, som f.eks. stenkul, indeholder kun få højere kulbrinter og giver kun lidt kondensat ved produktion til overfladen. Det er en såkaldt "tør gas". Gas som er dannet af marine skifre er rige på højere kulbrinter og udfælder store

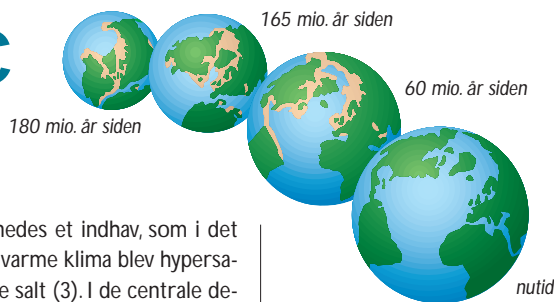


Figur 3. Kulbrintesystemets kompleksitet. Både kildebjergarter og reservoiret findes i forskellige dybder. Migrationsvejen fra køkken til fælde kan være kort eller lang. Kombineres disse muligheder som her er resultatet indviklet.

mængder kondensat ved produktion. En sådan gas kaldes "våd" eller "rig". Olie, som er dannet af samme type kilde, indeholder

meget opløst gas (let olie). Den danske Nordsø indeholder våd gas og let olie. I den sydlige Nordsø er der kun tør gas.

Nordsøens ABC



Nordsøens geologiske historie kan ikke fortælles kort. På dette sted vil vi blot op-ridse hovedtrækkene: de ti hovedbegivenheder i nordsøens oliehistorie, hvor tallene i parentes (1) i teksten henviser til pictogrammerne i figur 4.

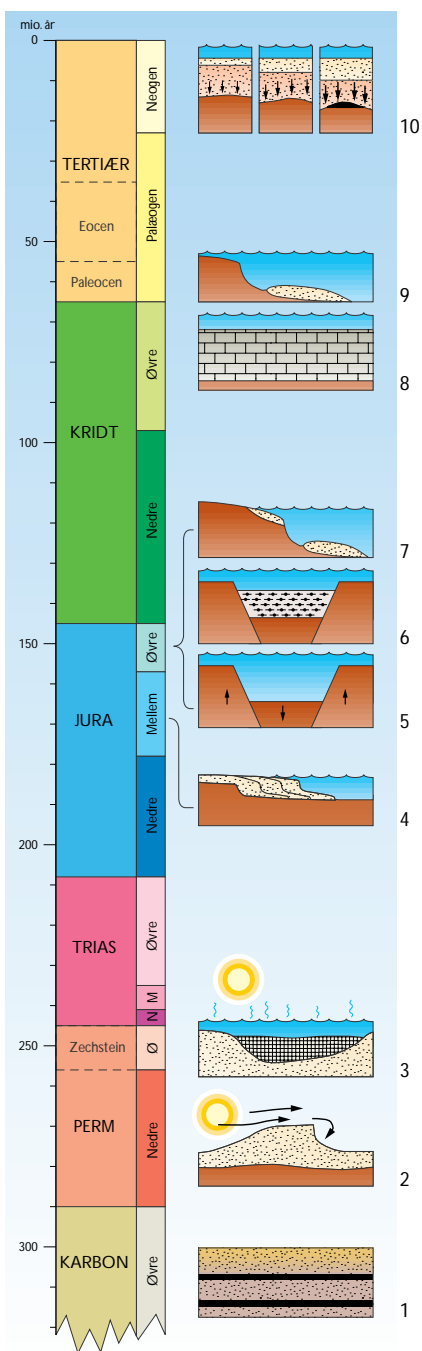
I tidlig Perm var Nordvesteuropa et goldt, afsvedet landskab som Sahara er idag. I perioder med nedbør var der kortlivede søer, som saltede til: kort sagt et ugæstfrit sted. Men der var ørkensand (2), velsortet og velafrundet, i det der idag er den sydlige del af Nordsøen. Under ørkensandet lå resterne af Kultidens bregneskove (1) bevaret og mindede om mere fugtige tider og klodens omskiftelighed.

Den tidlige Permtids landskaber blev senere oversvømmet af havvand, og i Nord-

vesteuropa dannedes et indhav, som i det fortsat tørre og varme klima blev hypersalint og udfældede salt (3). I de centrale dele af dette bassin samledes i løbet af slutningen af Perm op til een kilometer salt. Kullene dannede på et senere tidspunkt gas, der migrerede opad og samledes i det gode ørkensand, hvor dette er forseglet af det overliggende salt. En sådan kombination af omstændigheder: kildebjergart, reservoir og segl, kaldes et "play". Dette begreb skal vi bruge som løftestang i forståelsen af Nordsøens efterforskningshistorie.

Det salte Permbassin stod i forbindelse med verdenshavet. Både med et ocean nord for Skandinavien og Grønland (husk

at Atlanten ikke eksisterede), og et ocean syd for Europa: Tethys. Dette Tethyshav er en anden vigtig nøgle til forståelsen af Nordsøens geologi, fordi det igennem en væsentlig del af den Mesozoiske historie nåede ind over Nordsøen og bragte marin sedimentation med sig. Den Permiske historie sluttede med en kontinent-kontinent-kollision, som skabte Uralkæden, og foran den et tørt flodslettelandskab, hvor "redbeds" afsattes mod nord og marine karbonater mod syd i Tethys-havets lavvandede randhav (shelfhav). Igennem Triaspe-



Figur 4. Episoder af Nordsøens oliegeologi. Læs nærmere i teksten.

rioden bevægede dette hav sig adskillige gange indover land, hver gang fulgt af en tilbagevækst over Nordvesteuropa. I slutningen af Trias bredte et shelfhav sig over næsten hele Nordvesteuropa, og først midt i Jura dukkede dele af Nordsøen op af dette hav i forbindelse med en

kortvarig vulkansk puls. Langs dette landområdes kyster, som strakte sig fra det nuværende Bornholm-Skåneområde og mod nordvest til Shetlandsøerne, afsattes sand i form af store deltasletter (4), som bredte sig, for senere at blive oversvømmet igen. Dette Mellem Jura sand er Nordsøens vigtigste reservoir for olie, især på norsk og engelsk område i den nordlige del af Nordsøen.

I løbet af Øvre Jura blev store dele af Nordsøen igen oversvømmet af havet, og midt ned igennem Nordsøen blev der etableret en brudzone (5), som blev den dybe kerne i et vidtstrakt shelfhav. Brudzonen, som også kaldes en riftzone i analogi til nutidige riftdalssystemer á la det østafrikanske, har tre hovedgrene (fig. 8):

- Vikinggraven,
- Centralgraven og
- Moray Firth

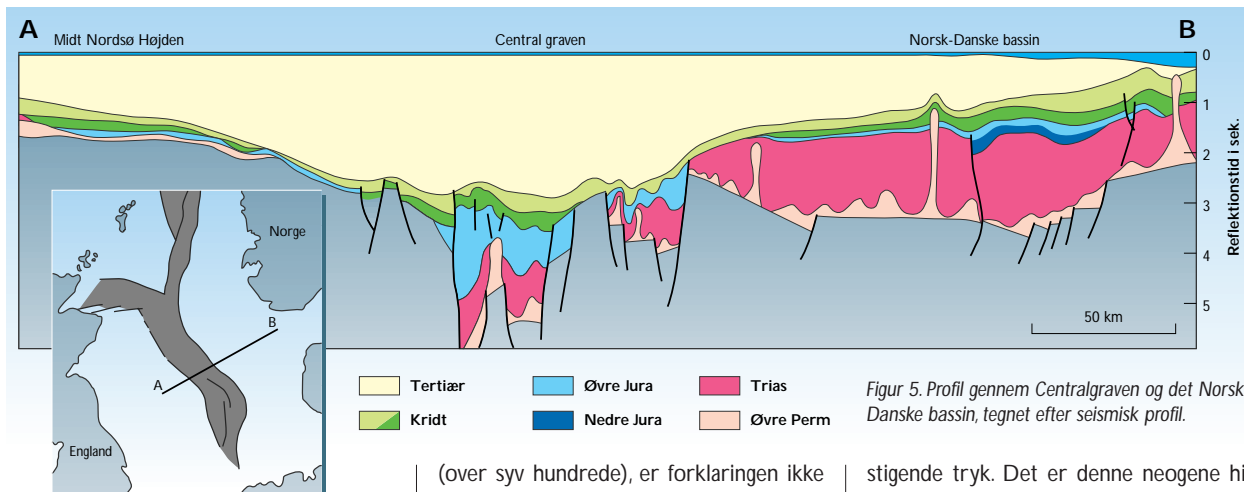
men består iøvrigt af et stort antal enkeltforkastninger, som spiller en stor rolle i dannelsen af fælderne af både jurassisk, men også, indirekte, af yngre alder. I havet som lå henover de tre riftgrene, blev forholdene i slutningen af Jura reducerende i de dybeste eller mest isolerede dele, og der afsattes skifre med et højt indhold af marine alger. Disse skifre blev til Nordsøens altdominerende oliekildebjergart (6); de kendes i England som "Kimmeridge Clay". De vigtigste "plays" i den nordlige del af Nordsøen, nord for en linie fra Esbjerg til Hull (fig. 8) har denne kildebjergart som fællestræk.

I Øvre Jura var der således riftaktivitet, og der blev afsat en kildebjergart af fremragende kvalitet. Alene for disse to forhold skyldes Øvre Jura sig ud i oliesammenhæng. Men historien er ikke slut med det. I Øvre Jura blev der også dannet reservoirbjergarter (7) i form af sandsten. Efter dannelsen af det store centrale landområde i Mellem Jura bredte havet sig udover hele Nordsøområdet, men på grund af den samtidige tektonik er aflejningsforholdene i Øvre Jura meget varierende. I nærheden af den nuværende Nordsø fandtes landområder og tæt på dem lavvandede

havområder, som nogle steder var brede, andre steder smalle. I disse "shelfområder" aflejredes marine sandsten. Fra disse lavvandede områder blev der lejlighedsvis "pumpet" sand ud i de dybere dele af bassinet i form af turbiditter, forårsaget af tektonisk aktivitet.

I løbet af Øvre Jura og Nedre Kridt blev tilførslen af erosionsmaterialer til Nordsøen gradvist reduceret for at ophøre helt i løbet af Nedre Kridt. I den sidste del af Kridtperioden strakte Tethyshavets shelf sig langt mod nord, og karbonater blev aflejret over størstedelen af denne shelf. I Danmark kender vi disse som skrivkridt. Dele af kridtserien kan have reservoiregenskaber (8).

I Nordvesteuropa blev denne aflejring af kridt undertrykt ved overgangen fra Kridt til Tertiær, da den begyndende havbundsudspredning i Nordatlanten skabte nyt land langs det nydannede oceans kyster. Det mest markante landområde blev skabt omkring de nuværende Britiske Øer. Herfra skylledes store mængder af nedbrydningsmaterialer ud i Nordsøen, hvor de danner et af Nordsøens klassiske reservoirer: sand fra den tidlige del af Tertiær (Paleocæn og Eocæn). Dette reservoir (9) blev fundet tidligt i Nordsøens udforskningshistorie. I slutningen af Tertiær blev især den skandinaviske halvø, og måske de fjernere Karpaten og Alper leverandør af nedbrydningsprodukter til Nordsøen. Store mængder sand findes i disse kilometer-tykkede aflejringer, men de mangler forsejling og er derfor ikke af kommerciel interesse. Ikke desto mindre spiller denne sene tertiære (neogene) historie en altafgørende rolle for Nordsøens oliegeologi. Indsunkningen i den yngre del af Tertiæret bragte Nordsøens kildebjergarter ned på dybder, hvor olie og gas kunne dannes i store mængder (10). Den stadige indsinking, der fortsatte ind i Kvartær, og stadig foregår, har betydet en effektiv bevaring af olie og gas i hundredvis af påviste fund. Den manglende indsinking i Neogen i det østlige Danmark (fig. 5) er den geologiske baggrund for den manglende efterforsknings succes i det danske område øst for den centrale Nordsø. Ved hjælp af mo-



Figur 5. Profil gennem Centralgraven og det Norsk-Danske bassin, tegnet efter seismisk profil.

dellering kan man med en rimelig grad af nøjagtighed "datere" dannelsen af olie i Nordsøen, og faktisk er en meget stor del af al den olie, som idag er fundet, dannet inden for de sidste 10 millioner år. Når der i dag i Nordsøen er gjort så mange fund

(over syv hundrede), er forklaringen ikke bare heldige omstændigheder omkring dannelsen af kildebjergarter, reservoirer og fælder, men at størstedelen af Nordsøen er under aktiv indsynkning. Dette betyder fortsat dannelse af olie og gas - også idag. Samtidig forbedres fældernes evne til at bevare kulbrinter på grund af det stadigt

stigende tryk. Det er denne neogene historie, som først og fremmest betyder forskellen i succes eller fiasko ved efterforskningen i sedimentære bassiner i vores del af verden: Neogen indsynkning giver succes; det modsatte: Neogen hævnning, giver fiasko. Det Norsk-Danske bassin er en fiasko af denne type.

Nordsøens "plays" og ressourcer

Det er idéer, der finder olie

Vi har brugt ordet "play" én gang tidligere. Lad os gentage: det er et sæt af omstændigheder, som kan føre til dannelsen af udvindbare forekomster af olie eller gas i undergrunden. Et play kan være spekulativt, d.v.s. endnu ikke bevist i stand til at levere "kommercielle fund", eller det kan være etableret. Derudover kan man anskue begrebet på endnu en måde: et play består af prospekter, d.v.s. strukturer, hvor playets "sæt af omstændigheder" menes opfyldt, men endnu ikke er efterprøvet gennem boring samt af fund. Ordet "play" anvendes altså på to forskellige måder: som noget abstrakt (sæt af omstændigheder) og som noget konkret (et antal fund og prospekter). Tænk på Platon og distinktionen mellem ideen om en stol og alle stole! Når denne dobbelthed er forstået, så kan man også forstå det centrale dictum i efterforskning: *Det er ideer, der finder olie!* Nordsøens fundhistorie kan beskrives ved

hjælp af en halv snes "plays", hvoraf de fem alene indeholder mere end 95% af ressourcerne (fig. 6). Vi vil koncentrere den efterfølgende beretning til disse fem plays og deres tilhørende "fairways", d.v.s. de områder, hvor play'enes betingelser er opfyldt.

Siden 1964 er der blevet boret ca. 2700 efterforskningsboringer i Nordsøen, og disse har resulteret i 800 fund. De udvindelige ressourcer af olie og gas i disse fund beløber sig, omregnet til olieækvivalenter, til det nydeligt runde tal 100 milliarder tønder ("barrels" olie ækvivalenter: b.o.e). Der går ca. 6 tønder til en kubikmeter. Dette er et højt tal, men bagsiden af historien er, at disse ressourcer produceres i et stadigt øgende tempo. Hvert år produceres olie og gas svarende til ca. 3 milliarder b.o.e., et tempo som nu klart overstiger det tempo, hvori nye ressourcer findes.

Nordsøen kan opdeles i to adskilte provinser, en sydlig, som kaldes den "Karbone Gasprovins" og en nordlig, som vi vil kalde den "Jurassiske Riftprovins". I den sydlige gasprovins har karbone kul været kilde for en lang række gasfund, herunder regionens suverænt største: det hollandske Groningen felt. I den nordlige provins, som er stærkt præget af den tektoniske aktivitet i Jura, har den øvre jurassiske Kimmeridge Clay været kilde for både olie og gas.

Den Karbone Gasprovins: Perm Play'et.

Alle plays i den Karbone Gasprovins i den sydlige Nordsø og Holland har som forudsætning gas dannet fra karbone kul. Nordsøens udforskningshistorie starter i virkeligheden her med erkendelsen i starten af tresserne af den umådelige størrelse af Groningen gasfeltet i Holland og muligheden af, at dette plays fairway strakte sig ud i Nordsøen. Samtidig foregik en tekno-

Play	UK	N	DK	NL	Sum	Antal Fund
Palæogen	1037	313	-	-	1350	97
Kridt	61	826	320	-	1207	38
Øvre Jura	1034	1468	-	-	2502	124
Mellem Jura	1814	2237	40	-	4091	119
Perm	825	-	-	3699	4524	294
Andre	353	34	-	231	618	127
Sum	5324	4888	360	3930	14592	799

Figur 6. Ressourcer per "play" per land; opgjort i t.o.e. Perm play'et er et rent gas play. De øvrige plays er olie og gas play. Tallene angiver summen af de fundne ressourcer. De producerede er ikke fratrukket her (som de er i fig. 2). Kilde: Spencer, Leckie & Chew, (1996).

logisk udvikling, der muliggjorde olieefterforskning og -udvinding til havs i området omkring den mexikanske golf, med en blød start i den relativt beskyttede Maracaibo Sø i Venezuela. Efterforskningen i Nordsøen har således kun været mulig på grund af en sideløbende teknologisk udvikling, dels i den Mexicanske Golf og senere, efterhånden som belønningerne kom i Nordsøen, også der. Nordsøens udfordringer er nu en væsentlig drivkraft bag den teknologiske udvikling indenfor olieindustrien.

Skønt der er flere mulige reservoirer i den sydlige gasprovins, er det de tidlige Perm sandsten, der indeholder den helt overvejende mængde af ressourcer; dels fordi de i sig selv kan være meget tykke (op til 300 m) og af god kvalitet (høj porøsitet og permeabilitet). Men også fordi de er meget effektivt forseglede af det øvre permiske salt. Så selv om der i den sydlige Nordsø findes gode sandsten af Trias alder, har disse været afskærmet for gas fra de karbone kul af det øvre permiske salt. Den sydlige Nordsøes dominerende play er Nedre Perm sand med tørgas fra de karbone kul, effektivt forseglede af salt. Denne forsegling er så effektiv, at gasfelterne visse steder i den sydlige Nordsø har overlevet perioder med markant hævnning. En stor del af gasreserverne i dette play produceres af et konsortium bestående af Shell og Exxon, medens f. eks. BP først sent fik farten af dette play, da de største fund var gjort. I udforskningshistorien af et play vil de

største fund blive gjort tidligt i historien, og for olieselskaberne er det derfor vigtigt hele tiden at være på vagt overfor nyudviklinger. Af de ca. 4000 milliarder m³ gas, der er fundet i den karbone gasprovins, er mere end halvdelen fundet i Groningen feltet, og mere end 95% er havnet i sandsten af tidlig Perm (Rotliegend) alder. Der gøres stadig fund i Rotliegend sandsten, som oftest i mindre strukturer, der blot har "stået på venteliste". Endvidere efterforskes nye plays - ikke uden succes - men gasreserverne i den karbone gasprovins er på markant tilbagegang. Det tomrum, som dette ville efterlade hos de europæiske forbrugere, erstattes af gas fra den nordlige Nordsøes jurassiske riftprovins, hvor de norske gasfelter har en central betydning.

Den jurassiske riftprovins

I den tidlige udforskning af Nordsøen havde man således en opfattelse af Nordsøen som en "gasprovins," og det er på denne

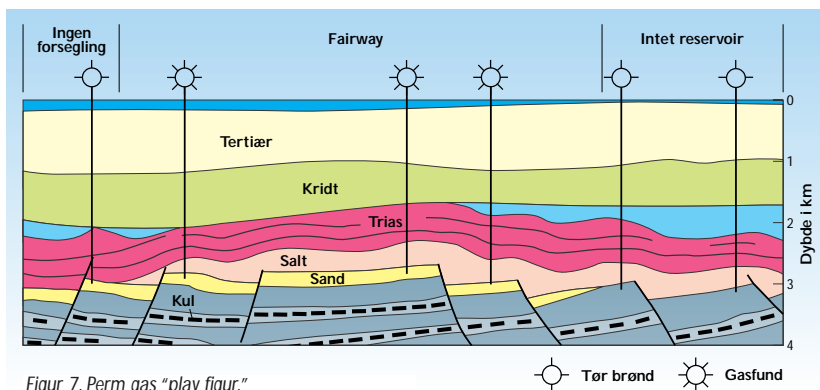
baggrund man skal forstå udtalelsen om, at "jeg vil drikke al den olie, der er i Nordsøen" - en udtalelse som er blevet tillagt forskellige personer (i Norge direktøren for N.G.U., i England BP's chefgeolog), og som afgjort er apokryf.

Der skulle dog ikke gå mange år før der i den nordlige Nordsø blev fundet olie: først i kalk i den danske og norske del af Nordsøen i slutningen af tresserne, og hurtigt derefter i palæocænt sand i den engelske del. Olie i Jura sandsten blev fundet i 1971 og i de nærmest efterfølgende år, således at man med rette kan hævde, at de vigtigste plays i den nordlige Nordsø blev etableret indenfor en periode på fem år i slutningen af tresserne og begyndelsen af halvfjerdserne.

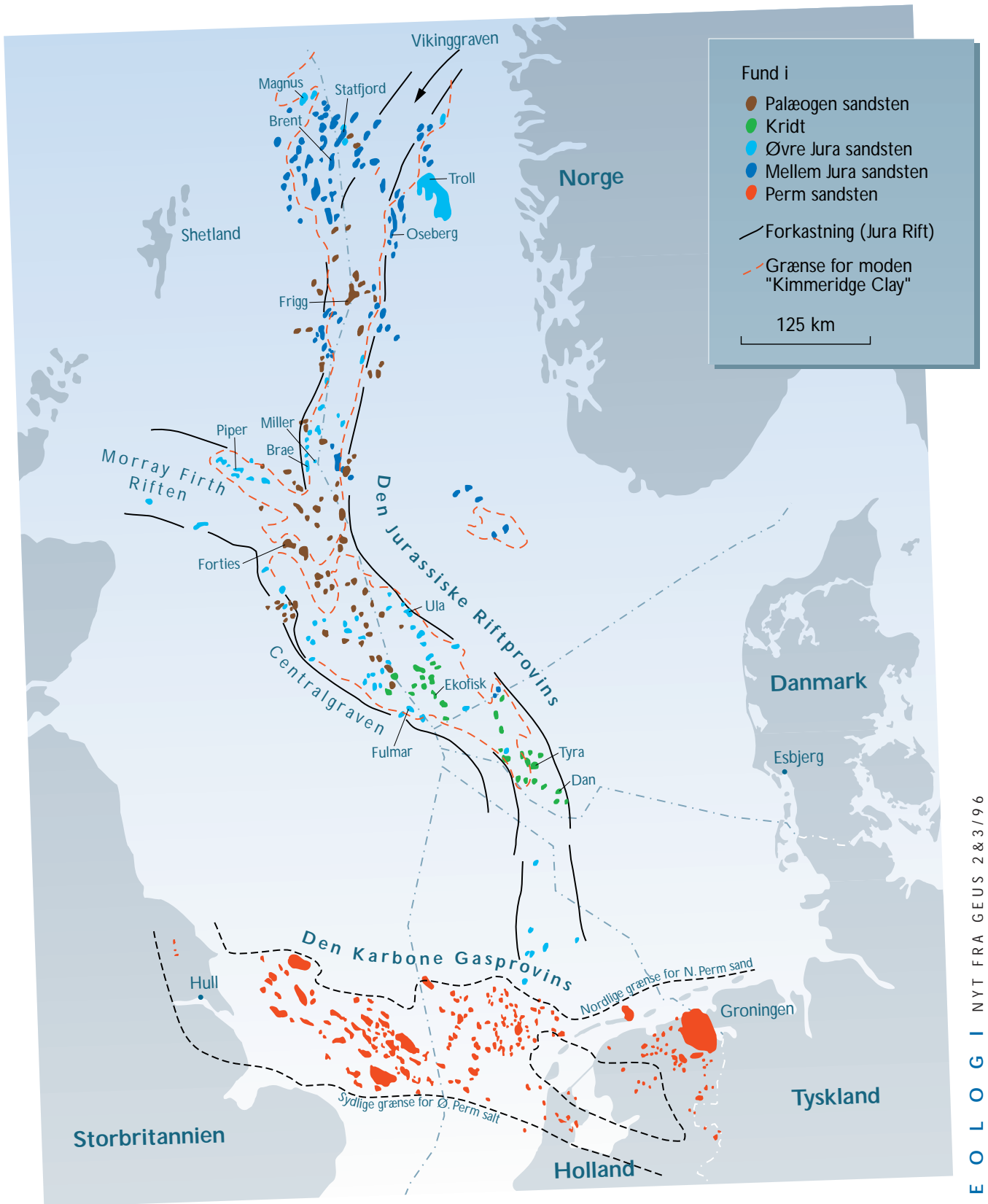
Grunden til denne rækkefølge skyldes først og fremmest udviklingen i kvaliteten af seismiske data. I den tidlige efterforskningshistorie kunne man ikke "se" meget dybere end til toppen af kalken og derfor var det den og den overliggende palæogene sektion, der først blev efterforsket. I det følgende vil vi gå stratigrafisk frem og starte med Mellem Jura play'et og efterfølgende beskrive Øvre Jura, Kridt og Palæogen play'ene.

Mellem Jura Play'et

I tresserne kunne man som sagt ikke "se" de dybereliggende, jurassiske lag seismisk. I den allernordligste Nordsø kunne man se bunden af kridtsektionen (aflejringerne af Kridt alder déroppe består af skifer), og man kunne se en markant topografi (fig. 9), men ikke hvad der lå under den! Den mest



Figur 7. Perm gas "play figur."



Figur 8. Nordsøens fund. Fundene (ca. 700 i de fem hovedplay) fordeler sig indenfor de overordnede "fairways": den Jurassiske Riftprovins og den Karbone Gasprovins. Kildebjergarten er "Kimmeridge Clay" i den førstnævnte og Karbon Kul i den sidstnævnte.
 Kilde: Spencer, Leckie & Chew, (1996).

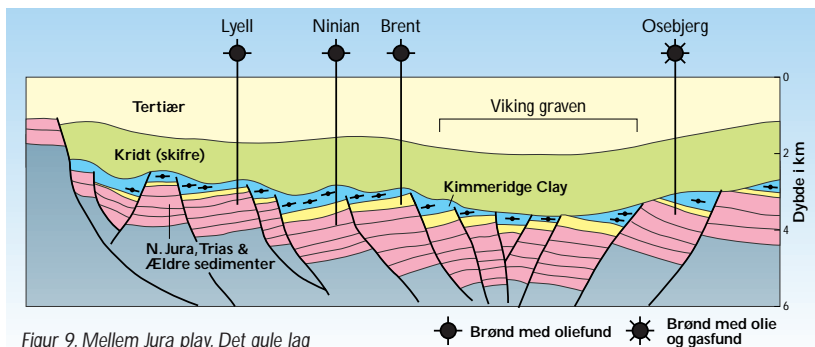
udbredte opfattelse af bund Kridt reflek-
toren var, at der under den var grundfjeld
- med andre ord, at disse markante struk-
turer var en slags Shetlandsøer med skifer
over. Så i 1971 borede Shell en under-
sørgelsesbrønd, der skulle få olieeventyret
gjort til virkelighed for alvor (husk på det
var startet allerede med ét kæmpefund i
kalk, nemlig Ekofisk og ét kæmpefund i Pa-
leocænt sand, nemlig Forties). Brønden var
Brent fundbrønden. Den gennemborede
mere end 200 m sandsten, og der var olie
igennem hele reservoiret. Shell forseglede
brønden og undlod at teste den. De be-
høvede ikke en test for at bekræfte, at det
var en gigant.

Nu ventede de blot på den næste licens-
runde og søgte så på alle de blokke hvor
dette play også så ud til at kunne slå til. I
dagens Nordsø ville et selskab ikke få lov
til at handle så taktisk. Mellem Jura sand-
stenene blev navngivet Brent Formationen
(i den nordligste Nordsø), og i løbet af en
kort årrække blev der gjort en lang række
fund i dette play: Statfjord, Oseberg, Snor-
re og Gullfaks i Norge, Brent, Beryl, Cor-
morant, Lyell og Ninian i England. Mindre
fund er også gjort udford sydvest Norge, i
Danmark (Harald og Lulita) og inderst i
Moray Firth. Dette play udmærker sig ved,
at kildebjergarten er yngre end reservoi-
ret, og det har kun kunnet lade sig gøre at
få olie til at migrere ind i reservoiret, fordi
den øvre jurassiske forkastningsteknik
har bragt kilde og reservoir i tektonisk
kontakt, som illustreret på playfiguren (fig.
9). I dette play er der fundet 30 milliarder
b.o.e., den altovervejende del heraf er olie.
Tilsammen indeholder de to største felter,
Brent og Statfjord, en trediedel af disse
ressourcer. De resterende ressourcer for-
deler sig på så mange som 117 fund.

En procent af ressourcerne i dette play er
danske! Efterforskningen af Jura kom sent
i gang i Danmark, i forbindelse med Dansk
Undergrunds Consortiums tvungne tilba-
gelevering af efterforskningsarealer i be-
gyndelsen af 80'erne.

Øvre Jura plays

Efter afsætningen af de mellem jurassiske,
deltaiske sandsten rundt om den ophæve-



Figur 9. Mellem Jura play. Det gule lag er "Brent" sandsten.

de centrale Nordsø trængte havet ind
over hele området i løbet af Øvre Jura.
Samtidig blev en række forkastninger dan-
net, gamle forkastninger blev reaktiveret,
og et komplekst billede af områder under
indsynkning og områder under hævnning
tog form i løbet af Øvre Jura. Man kunne
kalde det "Geologist's paradise": tektonisk
aktivitet, afsætning af reservoir sand og af-
lejring af kildebjergarter fandt sted i Øvre
Jura, og denne periode indtager derfor en
særlig plads i alle Nordsøgeologers hjer-
ter.

I de fleste olieprovinser er der ét hoved-
problem: i den Nordlige Nordsø er det at
finde reservoir-bjergarter (der skal indgå i
en fældekonfiguration), i den sydlige Nord-
sø at finde lukninger under Øvre Perm sal-
tet. Den nordlige Nordsø reservoir-pro-
blem har sit stratigrafiske brændepunkt i
Øvre Jura. Reservoierne i de øvrige
"plays" er forholdsvis enkle at forstå og
derfor at efterforske. Øvre Jura reservoi-
erne er komplekse, og i virkeligheden er
der ikke bare ét Øvre Jura play men flere,
fordi reservoierne er så forskellige. Det
hænger sammen med morfologien (for-
men) i Øvre Jura. De to kerneelementer
er:

- 1) Den øvre jurassiske kystlinie, og
- 2) Havbundsmorfologien, med et finere
ord "bathymetrien".

Betydningen af disse to elementer fremgår
af playfiguren (figur 10).

Alle de jurassiske sandsten fra øvre Jura er
marine, og så langt er der fornuft i at an-
skue Øvre Jura fundene som tilhørende

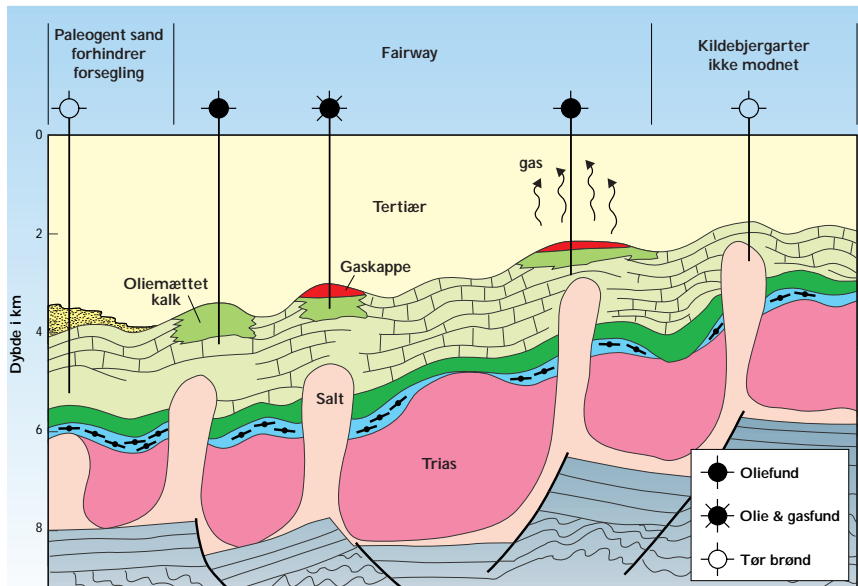
blot ét play - pædagogisk fornuft. Men for
efterforskeren er det vigtigt at forstå nu-
ancerne. Nogle steder er shelfen smal og
låst fast til en forkastning: Det giver én type
reservoir. Andre steder er shelfen bred og
blev udsat for en langvarig oversvøm-
melsesproces, hvor fluktuationerne i hav-
niveau betød markante korttidsvariationer
i kystens beliggenhed. For sandsten knyttet
til en kystlinie afsat under disse betingelser
er problemet med at finde reservoirsand
sammenligneligt med problemet at slutte
sig til vejrets karakter på den dag i
middelalderen, da Gåsetårnet var færdig-
bygget. Det er ikke nogen let opgave. Der-
udover var Øvre Jura en tektonisk aktiv
periode, og Nordsøområdet blev udsat for
tilbagevendende jordskælv. Dette er noget
vi slutter os til, tildels ud fra forekomsten
af forkastninger samt en særlig type af se-
dimerter, de såkaldte turbiditter, som er
afsat på dybt vand, men med oprindelse på
lavt vand, hvor de er løsnet og transporte-
ret til dybt vand i form af sedimenttunge
suspensioner. I princippet er der tre ho-
vedtyper af reservoir: forkastningsbundne
marine sandsten i forbindelse med snævre
shelver, sandsten fra brede shelver med en
labil kystlinie samt turbiditter aflejret på
dybt vand. Langt de fleste ressourcer i det-
te play findes i sandsten afsat på brede, la-
bile shelver, heriblandt det norske Trollfelt
- play'ets absolutte topscorer, som er ver-
dens største off-shore gasfelt, de engelske
Piper og Fulmar oliefelter, samt de norske
Ula og Gyda felter. Af dette plays samlede
ressourcer på 20 milliarder b.o.e. tegner
Troll sig for næsten halvdelen, ca. 1250
milliarder kubikmeter gas. Med produkti-
onspriser på lidt under en krone pr. kubik-
meter, og Nordvesteuropas suverænt

G E O L O G I NYT FRA GEUS 2 & 3 / 96

højeste forbrugerpriser på over fire kroner pr. kubikmeter - som i Danmark - kan enhver med papir og blyant se hvilken betydning for økonomien et enkelt felt som Troll kan have i et gasproducerende land som Norge og en gasforbrugende region som Nordvesteuropa. I Danmark er der gjort tre fund i Øvre Jura sandsten nemlig Gert, Ravn og Elly - men reserveerne i disse fund er i Nordsøsammenhæng forsvindende små. Fund knyttet til snævre shelfer omfatter en række fund i det såkaldte "Brae strøg", mens langt transporterede turbiditter danner hovedreservoiret i fund som Claymore, Miller og Magnus felterne i Moray Firth og Viking Graven.

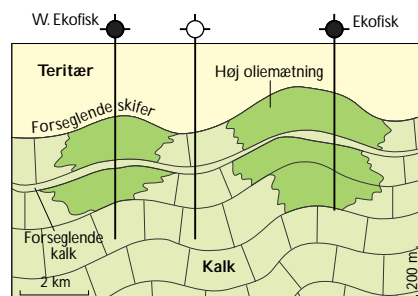
Øvre Kridt Play'et

Nordsøens første fund af et gigantoliefelt blev gjort i Kalk af Øvre Kridt alder i december 1968: Ekofisk. Men allerede da var der gjort fund af olie og gas i kalk i den danske del af Nordsøen (Anne i 1966, Roar og Tyra i 1968) og olie i den norske del (Valhall i 1967). Disse begivenheder var skelsættende i to henseender: fundene viste, at der i hvert fald i den nordlige Nordsø var en olieprovins med muligheder for at gøre virkeligt profitable fund, og at dele af kalken havde reservoirkvalitet. Reservoiret i dette play er afsat efter dannelsen af de mange forkastninger, som spiller en afgørende rolle for dannelsen af fælterne i næsten alle Jurafundene i Nordsøen. Alligevel er dette play afhængig af strukture-



Figur 11. Kalk play figur

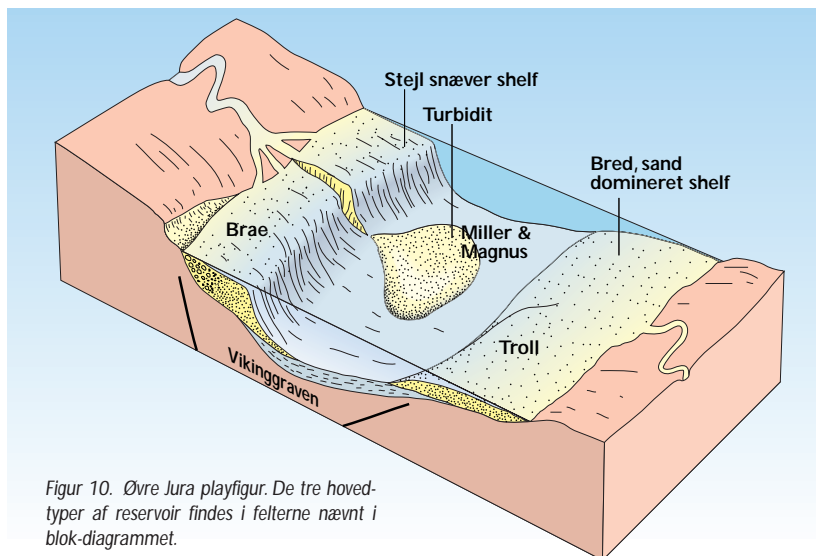
ring (af salt), fig. 11. Hvordan har det så kunnet lade sig gøre? Her kommer saltet fra Perm tiden ind igen. De intense tektoniske bevægelser i Øvre Jura betød også en forøget bevægelse af det meget mobile salt, som skød op i et stort antal saltstokke (diapirer). Andre diapirer, som var dannet i Trias, blev aktiveret igen. Diapirernes stærke vækst holdt op inden aflejringen af kalken, men de endte tæt på overfladen, og i virkeligheden er de fleste oliefund i kalk fanget i strukturer, som er fremkommet ved sammenpresning over næsten immo-



Figur 12. Høj porøsitet og mætning under strukturel lukning i et af de norske kalkfelter

bile saltstrukturer. Fund i kalk er koncentreret i to forholdsvis snævre fairways (se fig.8) - ét beliggende helt på norsk, og ét helt på dansk område. Kridt playet's fairway er begrænset til Centralgraven, hvor der var tykt salt til strukturering og tyk kildebjergart. Derudover skabte saltbevægelserne migrationsveje gennem den nedre del af kalken. Og de "skabte" formentlig også reservoiregenskaberne! Det er ikke sådan, at den øverste del af kalken overalt indenfor playet's fairway's er af reservoirkvalitet- se f.eks. fig. 12, hvor variationen i oliemætning og porøsitet i et norsk kalkfelt er vist.

Oliemætningen i de to felter kan ses at være høj nedunder niveauet for strukturel lukning. Det viser, at reservoirkvaliteten forringes væk fra strukturen, og at denne forringelse er så markant, at kalken ændrer



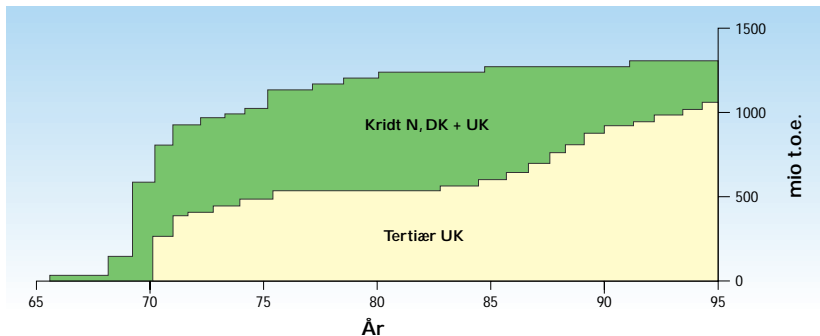
Figur 10. Øvre Jura playfigur. De tre hovedtyper af reservoir findes i felterne nævnt i blok-diagrammet.

sig fra at være et reservoir til at fungere som sit eget segl. De snævre fairways og begrænsningen af reservoirkvalitet til områderne over salt diapirer kan bedst forklares ved følgende model:

Forudsætningen for den gode reservoirkvalitet er tidlig migration af olie ind i kalken. Det forudsætter tidlig olie-dannelse, og den er mest sandsynlig i de dybeste dele af Centralgraven - alle kommercielle fund i kalk ligger i umiddelbar nærhed af de allerdybeste dele af Centralgraven. For at få olie migreret ind i det totale kalkvolumen er det nødvendigt med gode transport-korridorer, hvorfra kalkens matrix kan fyldes. Sprækkedannelse i forbindelse med struktureringen over diapirerne skabte dette netværk af "motor-veje" for migration. Nærhed til de dybeste dele af Centralgraven begrænser playet i øst-vestlig retning og mod syd, men hvorfor fortsætter det ikke længere mod nord? Forklaringen på denne begrænsning er simpel: mod nord kommer et nyt reservoir (næste afsnit) ind på toppen af kalken, og det har betydet, at kalken i dette område mangler topsegl. Den overvejende del af de danske olie- og gasreserver findes i kalk.

Det Tertiære Play

Indtil for knapt et år siden var der ikke gjort fund i Tertiæret i Danmark, men med Statoils Siri fund har dette ændret sig. I den engelske og norske del af Nordsøen er der gjort tæt på hundrede fund i Tertiæret i



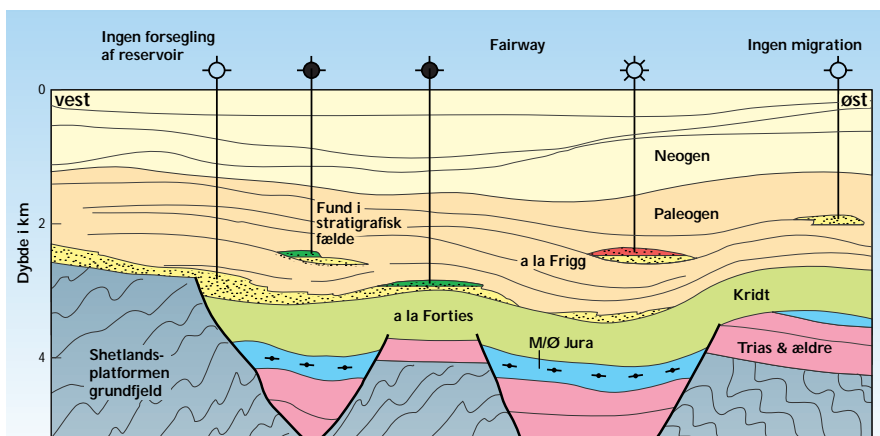
Figur 14. Fundkurver for Kridt og Tertiær. Man ser, hvordan de store fund gøres tidligt, og at det meste bliver fundet i løbet af ca. 5 år. Politisk bestemte begrænsninger i efterforskningstempoet kan naturligvis forrykke dette billede, men på det tidspunkt i Nordsøens efterforskningshistorie, hvor de store kalkfund i Norge og Danmark blev gjort, var der ikke megen politisk fod på bremsepedalen.

Tertiær fundkurven for England er helt anderledes. Den starter som en "normal" fundkurve der så i 1985 får nyt liv. På 10 år fordobles de fundne mængder med en række fund af moderat størrelse. Denne vækst skyldes ny teknologi (3D seismik) og forbedret geologisk forståelse (seismisk- og sekvensstratigrafi).

Kilde: Spencer, Leckie & Chew, (1996).

sand af Paleocæn og Eocæn alder, og der gøres stadig fund i dette play. Således var fire ud af ni fund i Norge i 1995 i dette play. Den væsentligste geologiske forudsætning for dette play er hævnningen af den nord-vestlige del af England-Skotland og "Shetlandsområdet" i forbindelse med dannelse af Nordatlanten. Fra disse hævede områder eroderedes store mængder sand, som aflejredes på en forholdsvis snæver shelf øst for de nuværende Shetlandsøer. Fra denne shelf pumpedes sand ud i de dybe dele af Nordsøen i form af turbiditter - både ud i Vikinggraven, og gennem Moray Firth ud i Centralgraven. Dette plays fairway er således nemt at forstå: området, hvor playet virker, er begrænset af udbredelsen af

sandet i kombination med udbredelsen af struktureringen. De tertiære fund (se fig.13) kan være fanget i tre typer af fælder. Den første type er i strukturelle fælder, hvor det paleocæne sand er draperet over underliggende højder. Det gigantiske Fortiesfelt, som sammen med Ekofisk indvarslede Nordsøens olie-eventyr, er af denne type. Det tykke sand i Fortiesfeltet, som består af turbiditter, er på grund af senere sammenpresning af hele Tertiærpakken under sin egen vægt, struktureret henover en underliggende grundfjeldsryg, på samme måde som kalkstrukturerne er dannet ved sammenpresning henover salt diapirer. Den anden type udgøres af nogle af de tertiære turbiditter, der er stablet ovenpå hinanden, så de i sig selv - i samspil med overliggende foresejlede ler - danner strukturelle fælder. Det største gasfelt i dette play, Frigg-feltet, danner en fælde af denne type. Mens sandet i Forties er af Paleocæn alder, er sandet i Frigg af Eocæn alder, og i den nordlige Nordsø kan mængden af sand ses at aftage gennem den ældste del af Tertiæret (Palæogen). Den tredje fundtype i Palæogenet er såkaldt stratigrafiske fælder, hvor lateral foresejle opnås gennem litologisk ændring fra reservoir (sandsten) til ikke-reservoir (skifer). Denne sidste type fund har vist sig vanskelig at efterforske. Det kan f.eks. aflæses af den Tertiære fundkurve for den engelske del af Nordsøen (fig.14).



Figur 13. Playfigur for Paleogen. Det meste sand i Paleogenet (undtaget det på Shetlands platformen) er afsat som turbiditter. Der er også sand i Neogen, men det indeholder ikke kulbrinter p.g.a. manglende foresejle.

G E O L O G I NYT FRA GEUS 2 & 3 / 96

Noget om størrelser

Hvad gør et oliefelt stort? Der er tre elementer - ret banalt. For det første skal der være tilstrækkelige mængder kildebjergart tilstede. Denne betingelse er til overmål opfyldt i den centrale og nordlige Nordsø og i den sydlige gasprovin. Indenfor disse områder er manglende fyldning af en struktur næsten aldrig blevet tilskrevet utilstrækkelige mængder kildebjergart. For det andet skal tykkelsen af reservoiret være tilstrækkelig. I Nordsøen findes de tykkeste reservoirer i Øvre Jura sandsten og konglomerater i forkastningsbundne fælder (Brae type, fig.10). Reservoirtykkelsen overstiger i disse felter tit højden af oliekolonnen, d.v.s. den nederste del af reservoiret i disse felter med exceptionelt tykke reservoirer er vandførende. I de øvrige giganter er reservoirerne af 2-300 m tykkelse. Fra disse øvre grænser findes reservoirtykkelse ned til nogle få meter. Mange felter på land, hvor selv små fund kan være kommercielle, har reservoirtykkelse under 10 m. Derudover kan fældens areal variere voldsomt. Det største felt i Nordsøen, Troll, dækker et areal på 770 km².

Et oliefelt kan være stort selv om det dækker et areal på mindre end 10 km², blot re-

servoiret er tykt og af god kvalitet. Fulmar er et godt eksempel: Det havde - før produktionstart - reserver på ca. 80 mio m³ olie, skønt dets areal er mindre end 10 km². Forudsætningerne for dette er: Det totale reservoirvolumen i feltet er areal (8 km²) gange tykkelse (200 m) minus fradrag for kanteffekter; d.v.s. ca. 8.000.000 x 200 = 1.6 mia m³ - fradrag for kanteffekter hvilket giver 1.2 mia m³. Den gennemsnitlige porøsitet er over 20 %, hvilket er godt for et sandstensfelt. Det giver et porevolumen på 250 mio m³.

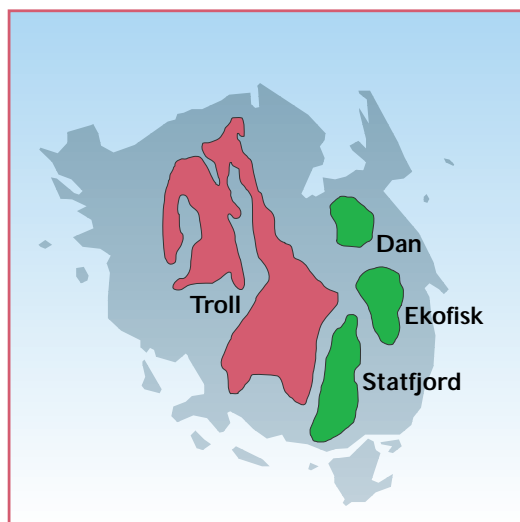
I et godt reservoir vil den såkaldte mætning være over 80%, d.v.s. porevæsken i oliezoonen indeholder mere end 80% olie, hvilket giver et olievolume i reservoiret på mere end 200 mio m³. Fra sandstensfelterne med gode reservoireregenskaber kan man idag producere mere end 50% af de oprindelige "in place" reserver, således at Fulmar oprindeligt havde reserver på ca. (olien skrumper på vej til overfladen) 80 mio m³ trods sin beskedne arealmæssige udstrækning.

Nordsøens største oliefelt, Statfjord, har oprindelige "in place" reserver på mere

end 1000 mio m³ og dækker et areal på ca. 140 km². Af disse forventer man at udvinde ca. 60%. Da man startede med at producere fra Statfjordfeltet forventedes en udnyttelsesgrad på 40%. Hver dag produceres 100.000 m³ olie fra Statfjordfeltet, hvilket er mere end dobbelt så meget som den samlede danske olieproduktion.

Ekofisk kalkfeltet har ligeså store "in place" reserver som Statfjordfeltet. Med en udnyttelsesgrad på ca. 40%, hvilket endda er exceptionelt højt for et kalkfelt, bliver reserverne på Ekofisk imidlertid mindre end Statfjords. Det største danske oliefelt, Dan, har "in place" reserver på ca. 500 mio m³, men man regner kun med at kunne udnytte ca. 20% af disse mængder, så de producerbare ressourcer er ca. 100 mio m³.

I områder af Nordsøen, hvor der eksisterer en "infrastruktur", det vil sige en behandlingsplatform, hvor "brøndstrømmen" kan skilles i sine komponenter vand, olie og gas, og hvorfra anlæg til transport af olie og gas forefindes (rørledning eller lasteanlæg til tankskibe) - kan det være profitabelt at udnytte små fund, med reserver på 1-2 mio m³. Så meget om stort og småt.



Figur 15. Størrelser af et gasfelt og tre olie-felter i Nordsøen sammenlignet med Fyn.



Dansk efterforskning: Quo Vadis

De danske olie- og gasreserver ligger i overvejende grad i kalkfelter, med et lille tilskud af reserver fundet i både Mellem Jura og Øvre Jura sandsten. Ingen af Jurafundene er endnu sat i produktion.

Hvilken fremtid har dansk efterforskning? Man får nogen hjælp til at besvare det spørgsmål i den historie om Nordsøens fund, som netop er opridset. Den viser, at de fund, der er lette at gøre, når først gennembruddet i et play er gjort, kommer forholdsvis hurtigt. Fundhistorien for kalkfelterne, som grafisk er illustreret i fig. 14, viser dette. Det mellem jurassiske play, som har givet 3 fund i Danmark, er knyttet til et reservoir med regional udbredelse, og er som sådan begrænset til strukturelle lukninger i det område, hvor dette reservoir er tilgængeligt for migration fra et køkken. De mest oplagte prospekter i dette play er boret på dansk område, og de tilbageværende ligger på meget stor dybde i Centralgraven. Det betyder meget store efterforskningsomkostninger, og for tiden er efterforskningen efter dybe, jurassiske prospekter næsten gået i stå i både den danske og norske del af Centralgraven. Man kan ikke forvente, at der i fremtiden vil ske væsentlige forøgelse af de danske reserver gennem efterforskning af Mellem Jura playet.

For Øvre Jura, Kridt og Tertiær er svaret ikke så let at give. Vi kan koge erfaringen fra Nordsøhistorien ind til én spådom: væsentlige tilskud til de danske olie- og gasressourcer vil komme fra vanskelige dele af de kendte play - fra stratigrafiske fælder - hvis de findes. Lad os se på mulighederne nede fra og op.

I øvre Jura i Danmark er der fundet sand mange steder, men ikke kulbrinter i følelige mængder. Der mangler et eller flere gedigne fund. De har været efterforsket, men en stor del af efterforskningen foregik på et tidspunkt, hvor den seismiske kvalitet var dårlig, og efterforskning efter Øvre Jura subtile fælder er kritisk afhængig af seismik af god kvalitet. Seismik af den kvalitet findes ikke over hele det område, hvor det er relevant af lede. Der er stadig et håb for dette play i Danmark, men på grund af de lave

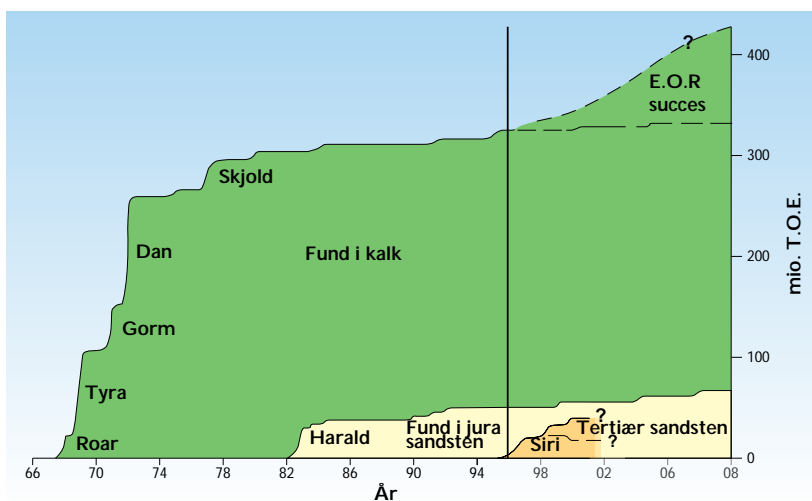
oliepriser og de høje omkostninger ved denne form for efterforskning, vil det ikke blive intensivt efterforsket medmindre et relativt stort fund gøres, eller olieprisen stiger markant.

I kalken, som findes i hele det danske område, hvor der er en god oliekilde-bjergart (d.v.s. i Centralgraven), har en forholdsvis beskedens indsats på at efterforske kalken udenfor strukturel lukning kun givet ét positivt resultat, Mærsk Addafelt, som endnu ikke er sat i produktion. Forholdene i Norge tyder på, at de subtile fælder skal findes i fortsættelse af de åbenlyst strukturelle fælder (fig.12). De vil i så fald komme til at optræde i statistikken som en produktion i tilgift til den forventede. Det er formentlig, hvad vi kan forvente af dette play: bevidste og ubevidste forøgelse af de oprindeligt beregnede ressourcer i de allerede kendte fund. Vi kan forvente bidrag af begge slags. Det er uklart, om der er håb for subtile fælder helt adskilt fra de allerede kendte strukturelle fælder.

Til jul (1995) gjorde Statoil et fund i Tertiæret (Siri), ca. 25 km øst for Centralgraven. Omstændighederne ved dette fund er ikke offentligt tilgængelige, da selskaberne kan

hemmeligholde efterforskningsdata i fem år ifølge undergrundsloven. Vi har i Danmark to fundkurver, en Kridtkurve og en Jurakurve (fig. 16). Uden at sige mere om Siri end hvad der kunne læses i aviserne, kan man håbe på, at Siri udgør starten på en ny kurve i dansk efterforskningshistorie, en Tertiærkurve. I forhold til hvad Statoil har sagt til pressen, kan man med sindsro komme med følgende spådom: At kurven ikke har fundet sin endelige form. Ekstremerne er følgende: at kurven falder lidt. Nogle selskaber tillader sig at være optimister offentligt. Det andet ekstrem: At dette er starten på en rigtig kurve, som vil vise sig at indeholde en større Siri end først antaget, og dertil flere fund i aftagende størrelse.

Alt i alt kan man være forsigtigt optimistisk med hensyn til dansk efterforskning. Og når priserne på olie næste gang tager et hop opad, er der endda et par subtile efterforskningsmål, som hidtil har været økonomisk utillokkende at tage fat på. Vi bliver aldrig et nyt Norge, heller ikke tilnærmelsesvist, men vi kan i vores undergrund have reserver til et væsentligt længere tidsrum, end man nu antager på basis af de allerede gjort fund.



Figur 16. Den danske fundkurve: sum af oprindeligt fundne reserver mod tid, og fremtidige muligheder. De danske fund i kalk overskygger fundene i Jura sandsten og fremtidige fund i begge play vil (sandsynligvis) være få og små. I disse to play vil en væsentlig forøgelse af reserverne kunne komme fra en forbedret indvindningsteknologi ("enhanced oil recovery" succes). En ny fundkurve er påbegyndt med Siri-fundet. Vores håb til fremtiden har nu to ben at stå på: e.o.r.-succes og en Tertiærkurve, der vil stige jævnt i det næste tiår. Fundtal fra Energistyrelsen (se "læs videre") ekskl. "mulig indvinding". Af de ca. 360 mio t.o.e., der ialt er fundet, er ca. 1/3 allerede produceret.

Olien, søstrene og



SAMFUNDET

Siden olieproduktion startede i 1972 fra Danfeltet, er det lykkedes for Danmark at blive selvforsynende med kulbrinter. Vi importerer stadig kul, men eksporterer idag olie og gas. Vi har en selvforsyningsgrad på 77%, hvoraf den vedvarende energi scorer de 8 point, olien og gassen resten. Rent nationaløkonomisk har den stigende selvforsyningsgrad, sammen med de faldende oliepriser, skaffet dansk økonomi adgang til "Det gode Selskab".

Hvorfor skal de udenlandske olieselskaber, de overlevende af "De syv Søstre" samt de nye moguler, have så fremtrædende en rolle i den industri? Hvorfor klarer vi det ikke selv og stryger hele gevinsten? Lad os se, hvad et stort olieselskab gør: Det er med til at finde olien. Det finansierer bygning af produktionsanlægget. Det raffinerer råolien og gassen og transporterer det til forbrugerne. Og det sælger olieprodukter. Hele denne kæde af aktiviteter er kapitalkrævende og med mange risikoelementer. Det er risikoelementet, der i realiteten holder hånden over de store olieselskaber. Politikerne i den kapitalistiske del af verden vil ikke påtage sig denne risiko. Det svarer til at købe aktier i blot et selskab, hvis ens ressourcebase er blot ét land som Danmark (Norge er anderledes stillet). Selskaberne, til gengæld, spreder deres risiko over hele verden. Multinationaliteten er i realiteten en økonomisk nødvendighed i olieindustrien. Selv lande med en lang tradition for statslig produktion, som Venezuela, landene fra det tidligere Sovjet og Iran, for blot at nævne de mest markante eksempler, indbyder i dag de internationale olieselskaber til deltagelse i efterforskning og produktion. Tidsånden kan ændre sig, men måske først når der ikke er så meget mere olie at finde. Vi må altså leve med denne struktur i olieindustrien. Vores opgave som nation er at gøre dette på den bedst mulige måde.



MILJØET

Efter sidste års Brent Spar diskussion har der muligvis i offentligheden bredt sig en fornemmelse af, at olieaktiviteterne i Nordsøen udgør en stor miljørisiko. Sandheden er, at landene omkring Nordsøen har reguleret aktiviteterne så meget, at konsekvenserne af selve efterforsknings- og produktionsindsatsen ikke er til at få øje på sammenlignet med så mange andre miljøtrusler. Olieforurening af vores strande kan således altid føres tilbage til rensning af tanke i skibe i transit gennem Nordsøen. Engang imellem sker der stranding af råolietankskibe på klippekyster. Her er problemet ikke selve udvindingen, men de begrænsede muligheder, som politikerne har for at regulere skibes adfærd. Det store problem er forureningen, der sker i forbindelse med afbrændingen af olie og gas. I Nordsøområdet og den øvrige forbrugstunge del af verden er dette først og fremmest et nationalt livstilsproblem, (se fig.1), og ikke et problem, der kan løses ved at bede olieselskaberne om at opføre sig anderledes. I den del af verden, som ikke har et stærkt myndighedsapparat, og som ikke er medlem af inderkredsen, foregår produktion nødvendigvis ikke efter samme miljøbevidste retningslinier. Vi kan derfor hjælpe miljøet på to måder:

- 1) Ved at nedsætte vort energiforbrug, og
- 2) Ved at hjælpe tredieverdens producentlande til at formulere miljøregler og træne dem i at anvende dem overfor olieselskaberne. Ved at nedsætte forbruget af energi, især af fossil energi, er vi også med til forlænge den tid, hvor olie kan købes for en rimelig pris. Faldende produktion af olie fra Nordsøen og fra Alaska står for døren. Og dermed en tredje oliekrise. Vil vi reagere nu og planlægge en fremtid med dyr olie, eller vil vi vente til krisen er over os?



FORSKNINGEN

Som samfund har vi endnu en forpligtelse i omgangen med olieindustrien. Vi må sikre, at de dyrebare ressourcer bliver udnyttet på den samfundsmæssigt bedste måde. God økonomi for et olieselskab er ikke ensbetydende med god samfundsøkonomi. Der kan være bedre økonomi i at producere 20 mio tons olie fra et felt med få produktionsboringer på 15 år end i at producere 30 mio tons med flere boringer over 20 år. For at kunne deltage kvalificeret i diskussioner med olieselskaberne er det nødvendigt for samfundet at opbygge en parallelkompetence på en række områder. GEUS er de danske myndigheders "professionelle arm" i det spil (se "aktører" side 15). Vi lærer den rolle dels gennem arbejde for samfundets "myndighedsarm", Energistyrelsen, dels gennem forskningsaktiviteter. Derudover yder GEUS olieselskaberne konsulenttjenester. Dette sidste element er vigtigt. Det giver GEUS lejlighed til at følge med i områdets intellektuelle og teknologiske udvikling. Uden den opdatering ville relevansen af vores rådgivning hurtigt degenerere. Disse opgaver afdækker endvidere problemer, som kan være relevante forskningsopgaver. Så trekanten forskning-rådgivning-konsulentarbejde er ikke bare en økonomisk nødvendighed. Den sikrer, at GEUS kompetence bliver udbygget i takt med udviklingen i den industri, som vi deltager i reguleringen af. Dette sikrer GEUS en vis uafhængighed, som betyder, at vi kan sige nej til opgaver, som ikke er relevante, til fordel for opgaver af både relevans og kvalitet. GEUS er ikke nået til vejs ende i denne proces. Der er stadigvæk områder, hvor vi ikke har opbygget den nødvendige parallelkompetence, men vi arbejder på det. Ikke for vores egen skyld, men for samfundets.

Ordliste

Deltaisk: aflejret i et delta-miljø.

Efterforskningsboring/undersøgelser-brønd: en boring, som udføres med det formål at efterprøve, hvorvidt et prospekt indeholder producerbare kulbrinter. Oftest er indholdet vand!

Fairway: det område hvor et play's betingelser er opfyldt.

Forkastning: et brud eller brudzone, langs hvilken der er sket en forskydning af de to sider relativt til hinanden.

Fælde: enhver form for barriere, der forhindrer kulbrinternes migration og derved bevirker, at disse akkumuleres. En fælde består af et reservoir samt et topsegl.

Hypersalint: med et saltindhold, som er væsentligt højere end saltindholdet i normalt havvand.

Kulbrinter: en fælles betegnelse for organisk materiale, bestående udelukkende af kulstof (C) og brint (H).

Kildebjergarter: Den eller de bjergarter, hvori der kan dannes olie. Kaldes også moderbjergart. (Eng: Source Rock)

Køkkener: betegnelse for områder i undergrunden, hvor kulbrinter dannes.

Let olie: olie, som har en lav specifik vægtfylde.

Mesozoisk: fra jordens middelalder (Trias, Jura og Kridt).

Migration: bevægelsen når kulbrinter "vandrere" fra deres kildebjergart (køkkenet) gennem permeable bjergarter til reservoiret.

Migrationsvej: den vej gennem bjergarterne, som kulbrinterne følger for at nå frem til reservoiret.

Morfologi: formen og strukturen af en given flade.

Play: i abstrakt forstand et sæt af omstændigheder, der skal opfyldes for at danne en ansamling af kulbrinter i en reservoir-bjergart. Konkret: prospekter og fund hvori betingelserne formodes opfyldt, eller er påvist opfyldt.

Prospekt: en fælde, som endnu ikke er undersøgt ved boring.

Red beds: en bjergart bestående hovedsagelig af sand og ler, med en karakteristisk rød farve, som skyldes tilstedeværelsen af det jernrige mineral hæmatit. Hæmatit ligger som en kappe om hvert enkelt korn i bjergarten.

Reflektor: betegnelse for den flade, som adskiller to bjergarter med forskellige seismiske egenskaber. Den kortlægges ved seismiske undersøgelser, hvor lydølger sendes ned gennem jorden og reflekteres ved disse lagflader.

Reservoir: Betegnelse for porøst og permeabelt geologisk lag, som kan indeholde olie og gas.

Riftzone/brudzone: et system af brud i jordens skorpe, d.v.s. i den yderste sprøde del af jorden.

Saltdiapir: en søjle af salt, som har rejst sig op gennem de overliggende bjergarter fra et saltlag, som oftest er placeret mellem 2 til 6

km under toppen af saltsøjlen. Søjlen er typisk 1 - 5 km i diameter.

Segl: en bjergart, hvis permeabilitet er så ringe, at den ikke tillader kulbrinterne at migrere igennem. Derved fanges kulbrinterne i den underliggende bjergart.

Shelf: Den svagt hældende undersøiske del af et kontinent. Området strækker sig normalt til en dybde af 200 m eller til kanten af den kontinentale skråning ud mod dybhavet.

Shelfhav/randhav: et hav beliggende over shelfen, sjældent dybere en 2-300 m.

Stratigrafisk fælde: en fælde for kulbrinter, som er betinget af ændringer i bjergarternes egenskaber og udbredelse.

Strukturel fælde: en fælde for kulbrinter, som er betinget af foldning, forkastning eller anden deformation af bjergarterne.

Tektonisk aktivitet: aktivitet, som hidrører fra tektonik, d.v.s. bevægelser i den ydre del af jorden, som forårsager forkastninger og andre deformationer, ofte ledsaget af jordskælv.

Test: forsøgsproduktion af olie eller gas af fund i en efterforskningsboring.

Turbiditter: et sediment, der er aflejret efter bevægelse af en "tungeagtig" strøm af materiale i suspension ned ad en skråning.

Tørgas: naturgas med et lavt indhold af flydende kulbrinter.

Våd/rig gas: naturgas indeholdende flydende kulbrinter.

Her kan man læse videre

Følgende artikel indeholder tal om om fund og ressourcer:

A.M. Spencer, G.G. Leckie & K.J. Chew: North sea hydrocarbon plays and their resources (artikel i en bog af K.W. Glennie og A. Hurst, der vil blive publiceret senere i 1996 som en "Geological Society Special Publication" om "NW Europe's hydrocarbon industry"). Tabeller og kort fra denne artikel er anvendt ved udarbejdelsen af dette nummers figurer nr. 6, 8 og 13.

En indgående beskrivelse af Nord-søens oliegeologi, og dens udforskningshistorie, er:

K.W. Glennie (ed.) "Introduction to the Petroleum Geology of the North Sea.

Blacwell Scientific Publications, Oxford 1990 (3 udg.)

På dansk kan følgende nyere artikler anbefales:

Erik Nygaard: Norsøens skrivekridt/ Chalk in the North Sea. Den indre opbygning af "Skrivekridt-lagene" i Nordsøen. DGU Årsberetning 1989, p. 29-31.

Stefan Hultberg: Olieefterforskning i Nordsøen / Oil Exploration in the North Sea. DGU Årsberetning 1991, p. 55-59.

Olie- og gasindvinding. DGU Information, November 1993. Tema nummer.

Færøerne, Geologi og Olie, DGU Information, December 1994. Tema nummer.

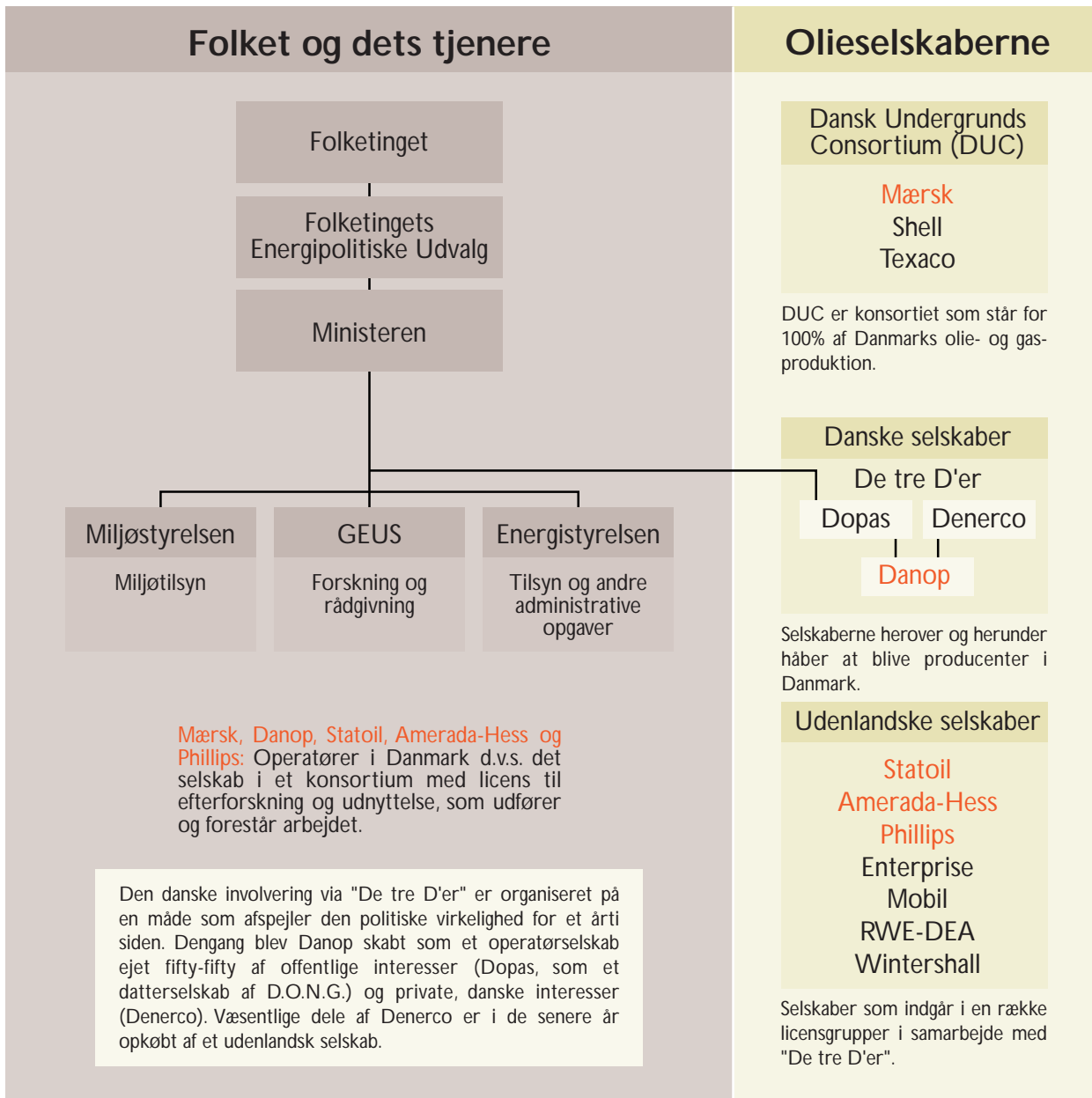
Energi-Nyt, Nyhedsblad fra Energistyrelsen, september 1990: Tema: Olie- og gasefterforskning og indvinding. ISSN: 0905-6416.

Danmarks Olie- og Gasproduktion 1995. Årsrapport fra Energistyrelsen. ISBN: 87-8744-0548.

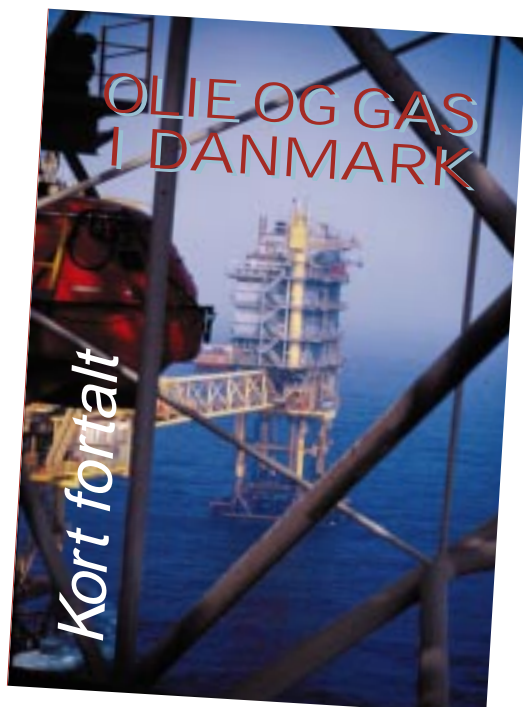
Ib Marcussen & Stefan Hultberg. 1995. Olie og Gas i Danmark - kort fortalt. Kort Fortalt nr. 4, DGU. ISBN: 87-89813 - 11 -1.

Christensen, J.E.: Olieefterforskning i Norge. Geologisk Nyt 3/95

Aktører på Kulbrinteområdet



Dette temanummer om Olie og Gasefterforskning i Nordsøen er udarbejdet af statsgeolog Kai Sørensen. Før sin ansættelse ved GEUS var han ansat i Statoil, først som overgeolog i Stavanger, siden som efterforskningschef i Danmark. Han har også en fortid som underviser ved Århus Universitet og DTU, og har som forsker opholdt sig ved Imperial College i London, ved M.I.T. i Boston og ved Cornell University. Ved GEUS er Kai Sørensen chef for geofysisk afdeling.



OLIE OG GAS I DANMARK - kort fortalt

Bogen er den fjerde populærvideenskabelige bog i "kort fortalt" serien.

- I bogen fortælles om de geologiske forudsætninger for forekomsterne af olie og gas i den danske undergrund.
- I et indledende kapitel skildres efterforskningens historie, og derefter beskrives Nordsøens geologiske udvikling, som den er blevet klarlagt gennem de oplysninger om geologien, som de mange borer og geofysiske undersøgelser har tilvejebragt.
- Der fortælles om, hvorledes døde planter og dyr omdannes til olie og gas, og om hvorfor og hvor disse lette stoffer kan findes under stort tryk i de tungere bjergarter.
- De forskellige undersøgelsesmetoder, der benyttes til opsporing af olie- og gasforekomster, beskrives.
- Bogen er rigt illustreret og udformet på en sådan måde, at den kan læses uden forudgående, dybere kendskab til geologi.

Bogen forhandles af Geografforlaget, 5464 Brenderup.

Tlf.: 64 44 16 83. Pris: 88.- Kr.

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse, GEUS, er en forsknings- og rådgivningsinstitution under Miljø- og Energiministeriet. Institutionens hovedformål er at udføre videnskabelige og praktiske undersøgelser på miljø- og energiområdet samt at foretage geologisk kortlægning af Danmark, Grønland og Færøerne.

GEUS udfører tillige rekvirerede opgaver på forretningsmæssige vilkår.

Interesserede kan bestille et gratis abonnement på **GEOLOGI - NYT FRA GEUS**. Bladet udkommer med jævne mellemrum, 4 gange om året.

GEUS giver i øvrigt gerne yderligere oplysninger om de behandlede emner eller andre emner af geologisk karakter.

Henvendelser bedes rettet til Knud Binzer

Eftertryk er tilladt med kildeangivelse.

GEOLOGI - NYT FRA GEUS er redigeret af geolog Knud Binzer (ansvarshavende) i samarbejde med en redaktionsgruppe på institutionen.

Konsulent: Marianne Vasard Nielsen.

Skriv, ring eller mail:

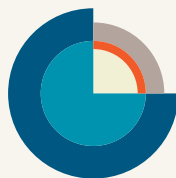
GEUS

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse
Thoravej 8, 2400 København NV.

Tlf.: 38 14 20 00

Fax.: 38 14 20 50

E-mail: geus@geus.dk



GEUS

GEUS publikationer:

Hos Geografforlaget kan alle GEUS' udgivelser købes.

Henvendelse kan ske enten på tlf.:

64 44 16 83 eller telefax: 64 44 16 97.



Adressen er:

GEOGRAFFORLAGET 5464 Brenderup

ISSN 1396-2353

Produktion: GEUS Grafisk

Tryk: From & Co.

Forsidebillede: Statoil A/S

Illustrationer: Carsten Thuesen