

L-C. Røsberg

Hvordan dannes olje og gass?



**Institutt for geofag
Universitetet i Oslo
Våren 2004**

1 Forord

Denne rapporten er skrevet med den hensikt og gi leseren en god og lettfattelig innføring i hvordan olje og gass dannes, og kriterier som må oppfylles for at dette skal kunne ses på som en naturressurs. (I rapporten vil ordet hydrokarboner kunne bli brukt i stedet for olje og gass).

Det er lagt en hovedvekt på selve dannelsesprosessene, og overgangene mellom disse.

Det er ingen forutsetning, men gjerne en fordel med grunnleggende kunnskaper innen geologi og kjemi, for å kunne forstå sammenhengen i hele rapporten.

Rapporten bygger på studier (GEO1010 - Naturgeografi, Jordas oppbygning og landformer, GEO1020 - Geologiske prosesser og materialer og GEO4240 Seismisk tolkning, samt KJM1000 - Kjemi), og faglitteratur.

Rapporten er lagt opp suksessivt, og gir dermed best sammenheng ved å bli lest i sin helhet. Sammendraget gir kun en rask og lett gjennomgang av innholdet.

Lykke til med lesingen.

Tilbakemeldinger på rapporten kan gis på e-post: rosjar@frisurf.no

2. april 2004

Lars-Christian Røsberg

2 Innholdsfortegnelse

1	Forord.....	2
2	Innholdsfortegnelse	3
3	Sammendrag.....	4
4	Innledning.....	5
4.1	Bakgrunn for valg av tema	5
4.2	Problemstilling og problemformulering.....	5
4.3	Rapportens oppbygning.....	5
4.4	Rapportens avgrensninger	5
5	Organisk materiale, produksjon og akkumulasjon - dannelse av kildebergart	6
5.1	Fotosyntesen og karbon kretsløpet.....	6
5.2	Plankton.....	7
5.3	Nedbrytning av organisk materiale	7
5.4	Avsetning av organisk materiale	8
6	Diagenetisk dannelse av kerogen, og modning.....	9
6.1	Dannelse av kerogen	9
6.1.1	Kerogentype I - Alginitt	9
6.1.2	Kerogentype II - Exinitt	10
6.1.3	Kerogentype III - Vitrinitt.....	10
6.2	Modning	10
6.3	Hydrokarboner	11
7	Migrasjon til reservoarbergarter.....	12
7.1.1	Kapillærtrykk	12
7.1.2	Porøsitet.....	12
7.1.3	Permeabilitet.....	13
7.2	Migrasjon	13
7.3	Reservoarbergarter	14
8	Stratigrafi og strukturers avgjørende rolle som oljefeller	15
8.1	Strukturelle feller.....	15
8.1.1	Folding	15
8.1.2	Forkastninger.....	15
8.1.3	Domdannelse.....	16
8.2	Stratigrafiske feller.....	16
8.2.1	Utkiling.....	17
8.2.2	Kanalsand	17
8.2.3	Diskordans.....	17
8.2.4	Rev	17
9	Konklusjon	18
9.1	Eksempel på god timing.....	18
10	Kildehenvisninger	19

3 Sammendrag

For å danne olje og gass eller hydrokarboner, er en avhengig av organisk materiale som akkumuleres i sedimenter. Den viktigste faktoren for dannelse av organisk materialet er fotosyntesen.

Dette organiske materialet gjennomgår kjemiske prosesser, og omdannes til kerogen. Disse prosessene skjer under gunstig pålagring og dermed økt trykk fra pålagrede sedimenter, gjennom en såkalt diagenese.

Kildebergarter som inneholder kerogen må synke videre inn for å gjennomgå en modningsprosess. Modningsprosessen styres særlig av temperaturen, men også trykk, tid og kjemiske prosesser spiller en aktiv rolle. Til sammen fører dette til at kerogen blir omdannet til hydrokarboner, og da videre kan migrere ut av kildebergarten.

Hydrokarboner migrer som en følge av økt trykk i kildebergarten, og deretter som en følge av kapillærtrykket, denne migreringen skjer altså i flere faser.

Videre er en avhengig av at hydrokarbonene migrerer opp i en reservoarbergart, som er forseglet av en takbergart, vi kaller dette en "felle". Det finnes flere forskjellige feller, og vi deler de inn i to typer strukturelle og stratigrafiske feller. For å få slike feller er en avhengig av enten bevegelse (for eksempel forkastninger), eller (gunstig sedimentasjon).

Når vi kan finne hydrokarboner i slike reservoarer i storskala har vi en naturressurs.

Det hele er avhengig av å ha funnet sted ved riktig geologisk "timing". Det er nemlig strenge kriterier og forutsetninger for hvordan hydrokarboner dannes.

4 Innledning

4.1 Bakgrunn for valg av tema

Temaet er valgt ut i fra interesse knyttet til emner rundt olje og gass. Videre også for å få og kunne gi en god og lettfattelig innføring i hvilke kriterier som må oppfylles, for at olje og gass skal kunne dannes og finnes i såkalte reservoarer, slik at de kan utnyttes som en naturressurs.

4.2 Problemstilling og problemformulering

Problemstillingen som er valgt er:

”Hvordan dannes olje og gass?”.

For å kunne avgrense problemstillingen, er følgende problemformulering valgt, med tanke på oppgavens omfang, og tilrådig tid:

”Hvordan dannes olje og gass, og hvilke generelle kriterier må oppfylles for at olje og gass skal kunne ses på som en naturressurs?”

4.3 Rapportens oppbygning

Rapporten er skrevet suksessivt og vil gi en best forståelse ved fullstendig lesning. Kapitlene kan leses og oppfattes hver for seg, men ett av målene med rapporten er nettopp å gi et helhetlig bilde av dannelsen av olje og gass, noe en vil få ved å kjenne til hele innholdet.

4.4 Rapportens avgrensninger

Rapporten vil gi et konkret enkelt bilde av de generelle kriterier som må oppfylles med tanke på problemformuleringen.

5 Organisk materiale, produksjon og akkumulasjon - dannelse av kildebergart

Hydrokarboner er et produkt av en langvarig og flerstadig prosess. Fotosyntesen spiller en av de første og viktigste rollene i disse prosessene. Fotosyntesen driver karbon kretsløpet, og bidrar med å generere organisk materiale, på forskjellige måter. Ut i fra dette vil man hele tiden ha mulighet for å få avsatt organisk materiale på havbunnen. Videre vil en gunstig overleiring kunne føre til at man får en god kildebergart.

5.1 Fotosyntesen og karbon kretsløpet

I planter og plankton dannes organisk materiale gjennom fotosyntesen. Lavenergi-karbondioksid (CO_2) i atmosfæren gir opphavet til karbon som vi finner i både levende og dødt materiale. Gjennom fotosyntesen bindes karbon fra CO_2 i planter, det bygges altså opp organisk materiale som fett, høyenergi karbohydrater og protein. For å danne organisk materiale, gjennom fotosyntesen, er man avhengig av CO_2 , næringsstoffer (viktigste: nitrogen og fosfor) og vann. De organiske materialene er igjen næring for dyr, og går inn i næringskjeden gjennom planteetende dyr (biomasse). Gjennom dyrs respirasjon (ånding) blir CO_2 igjen frigjort til atmosfæren.[5.1]

Fotosyntesen er i faktum grunnlaget for hele vår næringskjede, og den er dermed den som bidrar med det meste liv på jorden.

På store havdyp finner vi kjemosyntesen, en syntese som tilsvarende fotosyntesen, men som er uavhengig av lys. Det er omtrent 0,02 % av solenergien som treffer jorden som inngår i denne fotokjemiske prosessen (fotosyntesen). [5.1].

VIKTIGE BEGREPER

Alger, en eller flercellede planter (planteplankton) som lever i vann og fuktige miljøer.

Biomasse, er alt levende materiale innen et område.

Næringskjede, kalles en kjede, hvor deler av organisk stoff er næring for dyr, disse dyr som igjen er næring for andre dyr, for hvert ledd øker det trofiske nivået.

Organisk materiale, stoff som inneholder karbon, med unntak av karbonater og karbonoksider.

Trofisk nivå, organismer som ernærer seg like langt ut i næringskjeden er på samme trofisk nivå.

Planteplankton, organismer i vannmasser (for det meste encellede alger) som produserer organisk stoff. Bruker karbon- dioksid (CO_2 som er oppløst i vann) gjennom fotosyntesen, og frigjør oksygen (O_2). Plankton danner næringsgrunnlaget for andre dyr.

5.2 Plankton

Den viktigste produsenten av organisk materiale er planktoniske alger (planteplankton/fytoplankton). Plankton formerer seg ukjønnnet ved todeling, men kan også ha kjønna formering. [5.2]

En viktig type fytoplankton som gir opphav til petroleum er diatomeer, disse har skall av amorft silika. Den organiske delen her består av 63 % karbohydrater, 29 % protein og 8 % som løses i organisk løsemiddel. Blågrønne alger (cyanobakterier) som lever i bunnen på grunne områder, bidrar også til organisk materiale i sedimenter. [5.1]

Dyreplankton(zooplankton, 2. trofiske nivå) lever av fytoplankton (1. trofiske nivå), og befinner seg dermed et trofisk nivå høyere. Som en regel reduseres biomassen (og dermed organisk materiale) ned til 10 % (av opprinnelige biomasse) for hvert steg opp i trofisk nivå. Ved et fjerde nivå vil da 1 tonn være redusert til 1 kilo organisk materiale! Dermed vil fysisk store døde organismer (For eksempel på 4. trofiske nivå) tilføre lite organisk materiale, i forhold til fytoplankton (alger), og til en viss grad zooplankton.

Andre viktige typer plankton (zooplankton, blir spist av andre dyr på 3. trofiske nivå) som gir organisk avfall er:

- Radiolarier – disse har skall av silika og finnes særlig i tropiske farvann
- Foraminiferer – disse har skall av kalsiumkarbonat
- Pteropoder – dette er en snegl (pelagisk gastropod), skallet er av karbonat

5.3 Nedbrytning av organisk materiale

Mer enn 90 % av det organiske materialet som dannes, brytes ned gjennom oksidasjon eller mikrobiologiske prosesser (bakterier, sopp og protozoer) [5.1]. Den vanligste nedbrytningsprosessen skjer ved hjelp av oksygen (O_2), her blir det organiske materialet brutt ned til CO_2 og vann (H_2O).

På bunnen vil mikrobiologiske prosesser (gjennom bakterier) også bryte ned organisk materiale. Bioturbasjon (bunnomrøring på grunn av dyr som graver i sedimentene) vil også føre til mer eksponering mot oksygenholdig vann ved bunnen [5.3].

I bunnområder med lite oksygen vil mikrobiologiske prosesser spille en stor rolle. Sulfat reduserende bakterier vil for eksempel kunne redusere sulfat til sulfider, ved å forbruke organisk materiale.

5.4 Avsetning av organisk materiale

Organisk materiale, for det meste gjennom planteplankton, dannes av fotosyntesen i de øvre delene av vannmassene (fotosyntesen virker ned til 100 – 150 meter i vannet). Her blir de spist av dyreplankton, som igjen spises av for eksempel fisk. Gjennom fiskens avfallsprodukter vil rester av organisk materiale "pellets" falle mot bunnen. Slike pellets er til tross for kornig størrelse, langt større enn plankton og vil synke raskere til bunns enn dette. Ved lengre synketid er muligheten større for at det organiske materialet blir oksidert.[5.1]

Ved stagnert bunnvann vil det ikke være bioturbasjon, og dermed større mulighet for bevaring av organisk materiale. På steder hvor det ikke finnes bioturbasjon, vil en kunne få sedimenter med perfekt uforstyrret laminasjon.

Langsom avsetning av klastiske sedimenter, vil føre til lengre mulighet for oksidasjon av det organiske materiale, rask sedimenter avsetning vil føre til lite organisk materiale og mye sedimenter, dermed er det mest gunstige med en avsetning som ligger i mellom da sett i forhold til den organiske avsetningen. På denne måten vil en ha det beste utgangspunkt for å få dannet en god kildebergart gjennom diagenese.

6 Diagnetisk dannelse av kerogen, og modning

Organisk materiale som synker til havbunnen og overleires, og dermed ikke er destruert ved oksidasjon, omdannes fra humussyrer, karbohydrater, aminosyrer og andre organiske forbindelser til kerogen og bitumen. Kerogen er samlebetegnelsen for organisk materiale som er uløselig i organiske løsemidler, vann og oksiderende syrer, mens bitumen, som utgjør ca. 10 %, er løselig i organiske løsningsmidler. [6.1]

6.1 Dannelse av kerogen

Ved overleiring vil komplekse organiske forbindelser som aminosyrekomplekser og karbohydrater dannes, samtidig danner humussyrer og andre organiske stoffer forbindelser i form av polymerer. Aminosyrekomplekser og karbohydrater brytes videre ned til aminosyrer, og store komplekse karbohydratforbindelser brytes ned til enklere sukker forbindelser. Disse to produktene vil igjen kunne reagere med hverandre og danne større forbindelser igjen gjennom polymerisering, ved at aminosyrer reagerer med karbohydrater (melanoidreaksjon). [6.1]

Polymeriseringen fører til at graden av organisk materiale minker når en kommer ned på et par titals meter dyp, og de nydannede komplekse organiske forbindelsene kalles kerogen.

I denne omdanningen fjernes funksjonelle grupper som ketoner, aldehyder og syregrupper. Ved en slik fjerning vil det organiske materialet miste oksygen, nitrogen, vann og CO₂. Dermed får også kerogen et høyere hydrogen/karbon (H/C) og lavere oksygen/karbon (O/C) forhold, enn det den opprinnelige forbindelsen hadde.

Ved å se på størrelsesforholdet mellom H/C og O/C deler en inn kerogen i tre typer; I, II og III (alginitt, exinitt og vitrinitt), foruten dette har vi også rent kull, som gjerne blir omtalt som kerogen type IV. [6.2]

6.1.1 Kerogentype I - Alginitt

Organisk materiale som inneholder mye lipider (fettstoffer) med lange alifatiske kjeder er sapropelisk kerogen. Disse har et relativ høyt H/C forhold på mellom 1,3 og 1,7. Oksygeninnholdet er lavt og har et O/C forhold som er mindre enn 0,1. Denne kerogen typen gir oss mye gass, men heller lite gass.

6.1.2 Kerogentype II - Exinitt

Denne kerogen typen ligger midt i mellom de to andre kerogen typene ved at det har relativt høyt H/C innhold, og et lavt O/C innhold. Denne kerogen typen er vanlig i marine sediment bassenger, og er et blandingsresultat av; fytoplankton, zooplankton og mikroorganismer. Dette er den vanligste kildebergarten for olje, og opphavet til de største oljefeltene vi kjenner.

6.1.3 Kerogentype III - Vitrinitt

Humisk kerogen består av organisk materiale fra landplanter. Her finner vi lavt H/C forhold, og et høyt O/C forhold, dette svarer igjen til sammensetningen av plante materiale. Denne kildebergarten vil avgi mye vann, karbondioksid og hydrokarbongass (oftest metan, CH₄), men lite olje.

6.2 Modning

Overlagring på bergarten inneholdende kerogen vil kunne medføre innsynkning på grunn av den isostatisk likevekten "ønskes" opprettholdt, på denne måten vil temperaturen øke med dypet. Modningsprosessen fra kerogen til hydrokarboner er i stor grad avhengig av temperatur, men også andre faktorer spiller en rolle for å nå den bestemte aktiveringsenergien som må til for prosessen:[6.2]

- Temperatur
- Trykk
- Tid
- Katalysatorer (*Mineraler og stoffer som framskynder, eller på annen måte begünstiger prosessen. Et eksempel kan være forskjellige leirmineraler*).

Temperaturen er den klart viktigste faktoren i denne sammenhengen, og om en tar utgangspunkt i en temperatur på 20 °C ved overflaten og en normal geotermisk temperaturgradient (i jordas øvre lag) som ligger rundt 30 °C per kilometer (km), så må en ned til 2-3 km dyp for å oppnå en temperatur på 70-80 °C, som er en ideell omvandlingstemperatur. Allerede ved cirka 50 °C vil en viss omvandling finne sted. Ved temperaturer over 150 °C vil alle de lengre hydrokarbonkjedene bli brutt, og det dannes metan og rent kull (grafitt), med andre ord går H/C forholdet mot null. De gunstigste temperaturene finner vi fra 70-130 °C – "oljevinduet". Prosessen som finne sted kalles krakking, hvor stadig lettere hydrokarbonforbindelser dannes av de lengste hydrokarbonkjedene, og av kerogenet. [6.1]

Ved forvandling av organisk materiale spaltes først vann og oksygen av, og så forbindelser anriket av hydrogen, dette gir en fargeforandring fra lyst til mørkt brunt og svart.

Tidsmessig vil en typisk gunstig omvandlingsprosess kunne ta over 10 millioner år! Dette til tross av at en kan fremstille prosessen kunstig i laboratorier, men da med langt høyere temperaturer og under andre forutsetninger.

6.3 Hydrokarboner

Olje- og gassprodukter slik vi kjenner de inngår i en samlebetegnelse for en gruppe kjemiske stoffer som kalles hydrokarboner. Hydrokarboner er bygget opp av grunnstoffene hydrogen og karbon, og det er mange forskjellige grupper av hydrokarboner, som alkaner, naftener og aromatiske hydrokarboner. De forskjellige hydrokarbonene har forskjellig kokepunkt, alt etter størrelsen på molekylet de har. Metan som består av CH_4 , er et lett og lite molekyl som koker ved -161°C . Dekan som er stort og tungt koker ved 174°C . I et petroleumsreservoar hvor temperaturen er litt over 100°C vil metan være i gassform, mens dekan er flytende.[6.3]

Når gass produseres ut av reservoaret vil trykket i reservoaret synke. Dette kan føre til at de tyngste gassene går over fra gassform til flytende, altså kondenserer gassene, hvis de ikke allerede har et kondensat. Pentan, heksan og heptan er vanlige hydrokarboner i kondensat form. [6.3]

7 Migrasjon til reservoarbergarter

Hydrokarbonenes vandring fra kildebergarten til reservoarbergarten, er og en langsom prosess over flere millioner år. Det hele utspiller seg i dybder fra rundt 3 -1,5 km, og det er derfor umulig å studere dette inngående [7.1].

Fordi man har et godt bilde av sluttproduktet, og dets opprinnelse er man i dag i stand til å kunne gi et godt bilde av migrasjonsprosessen fra kildebergartene frem til reservoarbergartene.

7.1.1 Kapillærtrykk

Trykkforskjell på hver side av en fasegrense, er kapillærtrykket. Dette trykket øker når porene i et materiale blir mindre. Finkornede leirsedimenter vil dermed kunne trekke på for eksempel vann. Dette kapillærtrykket spiller en stor rolle i migrasjon og akkumulasjon av hydrokarboner. En godt sortert sandstein med liten vannmetning vil ha et stort kapillærtrykk, og følgelig være et godt reservoar. [7.2]

7.1.2 Porøsitet

Porøsitet i en bergart er forholdet mellom volumet av porer fylt med vann, og totalvolumet av bergarten, denne kan måles i laboratoriet, gjerne på kjerneprøvemateriale fra brønner.

$$\text{Porøsitet } (\emptyset) \text{ i } \% = \frac{\text{volumet av porene i se dim entet}}{\text{volumet av bergartsprøven}} \bullet 100 \%$$

Porøsiteten er avhengig av flere faktorer [7.1]:

- Kornsortering – *god sortering gir god porøsitet*
- Rundingsgrad/kornenes form – *runde korn gir bedre porøsitet enn kantede*
- Overlagring – *er denne høy vil porøsiteten synke med dypet, på grunn av trykket*
- Sementering – *høy sementering vil styrke bergarten og gi dårligere porøsitet*
- Sprekker – *både permabilitet (gjennomstrømning) og porøsitet øker med sprekker*
- Lagdeling – *en horisontalt lagdelt bergart vil kunne ha forskjellig porøsitet vertikalt*
- Interpartikulær porøsitet – *porøsitetstype for kalkstein, spesielt gunstig*
- Kjemisk oppløsning – *bergarten oppløses kjemisk, hvilket kan gi økt porøsitet*
- Krystalldannelse – *åpning mellom krystaller gir bedre porøsitet*

Det er viktig og skille mellom to forskjellige typer av porøsitet i sammenheng med hydrokarboner; absolutt porøsitet og effektiv porøsitet. Den absolutte innebærer alle porene i bergarten, selv de som er isolerte, gjerne på grunn av dårlig permabilitet. Det motsatte er effektiv porøsitet, hvor man regner porene væske kan strømme gjennom.

Videre skilles det også mellom primær og sekundær porøsitet, hvor den primære er porøsiteten ved avsetning av materialet. Leirsedimenter vil ha en typisk porøsitet (porer fylt med vann) fra 50 – 80 % ved avsetning, men synker raskt ved overlaging. En sandstein vil ha ved tilsvarende avsetning en porøsitet på mellom 25 og 40 %. [7.2]

Vi har to typer av primærporøsitet, intergranular (porøsitet mellom kornene) og intragranular (porøsitet inne i kornene). Sandstein vil ikke ha intragranular porøsitet, noe som kalksteinsbergarter oppbygget av skallfragmenter vil ha.

Gjennom økende overleiring forandres porøsiteten, og denne "begravings-porøsiteten" er sekundær porøsiteten. Som regel avtar porøsiteten med økende dyp (tettpakning), men trykket kan også forårsake omkrystallisering, for eksempel fra kalkstein til dolomitt.

7.1.3 Permeabilitet

Permeabiliteten (gjennomstrømningen) er en særlig viktig faktor, med god kjennskap til denne kan man forutsi hydrokarbonenes strømningsretninger i reservoaret. Permeabiliteten kan variere sterkt innenn for mindre områder, og også om en måler permeabiliteten vertikalt og horisontalt i et begrenset område. Gjennom forøk på kjerneprøver i laboratorium, kan en ved hjelp av Darcys likning, måle permeabiliteten. Dette kan gi en pekepinn for permeabiliteten i reservoaret. [7.1]

7.2 Migrasjon

Forskning i dag baserer seg på at migrasjon skjer i faser, hvorpå man deler dette inn i en primærfase, sekundærfase og tertiærfase.

Gjennom dannelse av hydrokarboner i bergarten vil poretrykket som oppstår føre til at bergarten sprekker opp for å slippe hydrokarbonene ut, slik at bergarten igjen kan lukke seg. Denne prosessen gjentas ved at nytt trykk bygger seg opp, og sådan har man en pumpende eller pulserende prosess. Denne migrasjonen ut av bergarten er primær

migrasjon fasen, en fase som vil pågå så lenge det er nok kerogen til å bygge opp et "utløsende trykk". Migrasjonen ut av kildebergarten vil kunne skje i alle retninger.

Videre vil de nå frigjorte hydrokarbonene strømme oppover i sprekker og gjennom lagene, helt til de når overflaten, eller støter på en takbergart, som er formet som en oljefelle. Kapillærtrykket sørger for denne strømmingen, som kalles sekundær migrasjon.

Etter hvert vil en oljefelle kunne bli fylt opp, og en eventuell videre sekundær migrasjon vil dermed føre til at olje "strømmer over"/ut fra oljefellen, vi har da det som kalles tertiær migrasjon. Denne migrasjonen vil da skje videre oppover, enten til havbunn/bakkenivå, eller til en ny oljefelle.

7.3 Reservoarbergarter

Sandstein avsatt på forskjellige måter, eller kalk og dolomitt fra revdannelse, er gode reservoarbergarter. Hydrokarbonene vil trenge inn og fortrenge vanninnholdet, som man finner i porene fra avsetningen. Gjennomtrengningen måles i permabilitet, mens den potensielle plassen som er til rådighet i en bergart måles i porøsitet (mellomrom mellom kornene).

Permabilitet og porøsitet er dermed de to kritiske faktorene for en reservoar bergart. For at hydrokarboner skal kunne trenge helt inn i en reservoarbergarts porer, er man avhengig av god innstrømning/gjennomstrømning. Porøsiteten bør være over 15 %, og nedre grense kan sies å gå ved 10-12 %. Sandsteiner som har vært begravd dypere enn 4 kilometer har ofte en porøsitet på 10-20 % (kritisk/ugunstig), mens sandsteiner fra et dyp på 2-3 kilometer har en gjennomsnittlig porøsitet på 20-30 % som er svært gunstig. [7.2]

8 Stratigrafi og strukturers avgjørende rolle som oljefeller

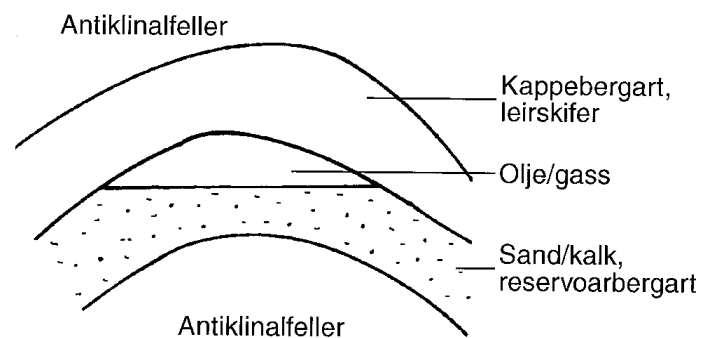
Som nevnt tidligere tender hydrokarboner til å strømme oppover i lagene, og for at de skal holde seg i et reservoar, er en avhengig av at reservoaret er forseglet av en spesiell type bergart. En slik bergart kaller vi forseglingsbergart eller takbergart, den fungerer som en hydrokarbonfelle forutsatt for at den opptrer sammen med riktig geometri. Slike feller deles inn i strukturelle feller og stratigrafiske feller, avhengig i hvordan de er dannet. [8.1]

8.1 Strukturelle feller

Strukturelle feller blir dannet med bakgrunn i bevegelse. Det finnes flere typer av slike feller, som for eksempel flere typer domdannelse, forkastninger og folding. Dette er den mest vanlige typen av oljefeller.

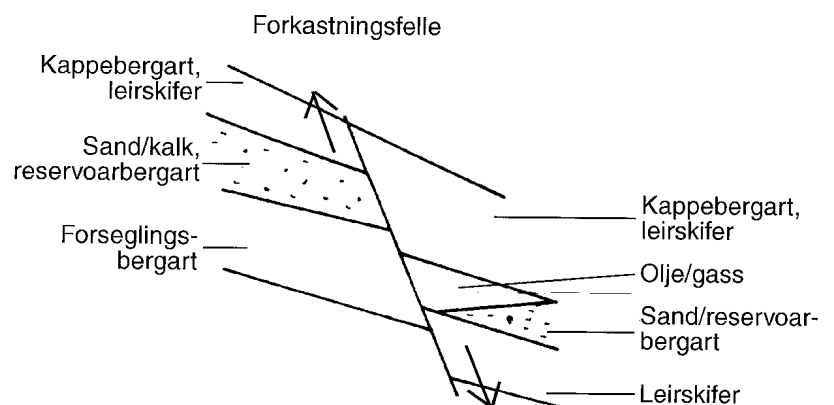
8.1.1 Folding

I en antiklinal må en ha en foldeakse i begge retninger, for å få et lukket volum.



8.1.2 Forkastninger

I områder hvor man finner strekkspenninger (rifting), vil det være stor mulighet for at blokker "faller inn" langs forkastningsplan, enten gjennom rette eller skråstilte forkastningsplan. På denne måten får en dannet horst og graben forkastninger. Selve forkastningsplanet må være tett (sealing, dermed vil ikke hydrokarboner kunne strømme ut).



Typer av forkastninger er:

- Normal forkastning – gjerne i forbindelse med graben strukturer
- "Strike-Slip" forkastning
- Overskyvningsforkastning
- Vekstforkastning

I forkastninger blir sedimentlag forskjøvet i forhold til hverandre.

8.1.3 Domdannelse

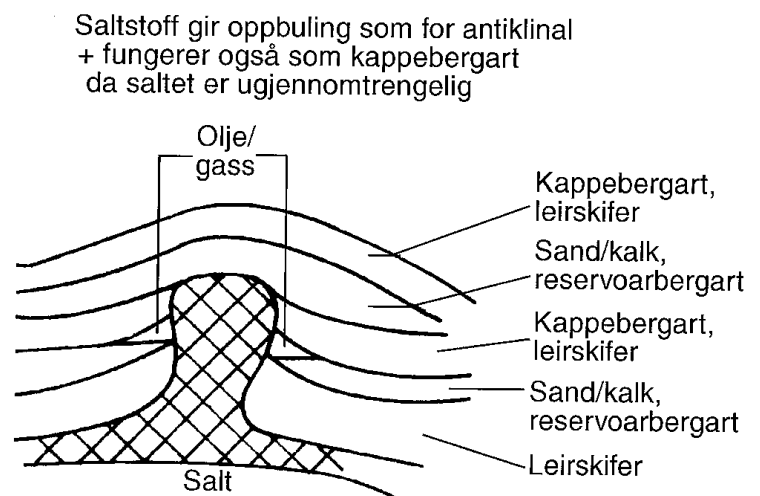
Salt har en lavere egenvekt enn bergarter, og vil "flyte" oppover gjennom oppdrift. Salt tykkelsen må være på minst 100-200 meter, for at dette skal skje. De viktigste saltmineralene er halitt (NaCl), gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), og anhydritt (CaSO_4).

Denne prosessen blir trigget av store overlageringer, og stort trykk. Slik salt tektonikk kan bevege seg gjennom de nærmeste sedimentlag og danner intrusjoner i yngre avsetninger lengre oppe. Som et resultat av dette kan en få; feller i lagene over saltdomen, i toppen av saltdomen (cap rock), i lagene som bøyer inn mot saltstrukturen, eller på grunn av stratigrafisk utkiling av lag rundt saltdomen.

Vekst antiklinaler er en annen form for domdannelse. Her vil områder i et sedimentbasseng synke langsommere inn enn omkringliggende områder. Slik domdannelse dannes samtidig med avsetningen av sedimenter, og ikke i forbindelse med senere folding.

8.2 Stratigrafiske feller

De stratigrafiske fellene dannes på bakgrunn av avsetningsforhold og/eller erosjon. Eksempler på slike feller er utkiling, kanalsand, diskordans og rev.



8.2.1 Utkiling

Porøse sandlag kan kile ut i en mer tett bergart, for eksempel en skifer, i en såkalt updip, altså i motsatt retning av fallet til skiferen.

8.2.2 Kanalsand

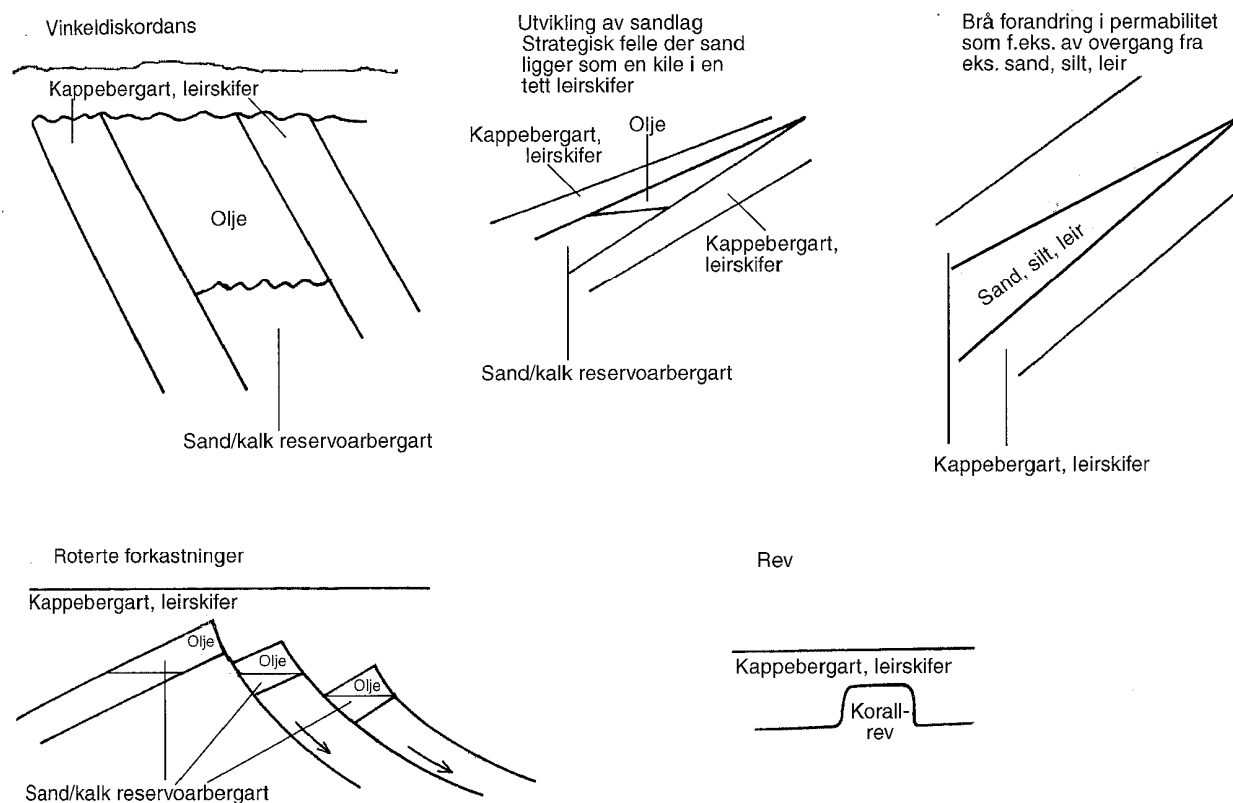
Fluviale kanaler av sandstein vil kunne være omgitt av tett leire og leirrike sedimenter. Før de begravnes ytterligere av for eksempel leirsedimentasjon.

8.2.3 Diskordans

Ved overliring av flere skråstilte sedimentære lag, der et av disse lagene inneholder en reservoarbergart, vil vi ha mulighet til å få dannet en felle.

8.2.4 Rev

Skifersedimentasjon omkring revene dekker det, slik at hydrokarboner fra underliggende skifer og inn i revet.



Illustrasjoner: Erling Skagseth, Hans M. Gundersen, 1998: Geologi og formasjonsevaluering.

9 Konklusjon

Som vi har sett vil dannelsen av olje og gass være forutbestemt ved at man har en riktig timing på alle prosessene. Videre er det både prosesser i liten skala (fotosyntese) og i stor skala (gjerne regionale geologiske prosesser) som må koordineres.

Først må en ha organisk avsetning som ikke blir oksidert, videre er en avhengig av riktig mengde sedimentasjon, og dette er prosesser som må skje i et sedimentasjonsbasseng. Ved gunstig overleiring vil en kunne få dannet kerogen av det organiske materialet, altså danner man en kildebergart. Forut for modningen og migrering fra denne kildebergarten, må det dannes strukturelle eller stratigrafiske feller, slik at en får samlet hydrokarbonene i reservoarbergarter, som igjen har en takbergart over seg – alt til riktig tid, "timing".

9.1 Eksempel på god timing

Det som gjør at Nordsjøen er meget rik på olje og gass, er nettopp en rekke slike gunstige hendelser i den geologiske utviklingshistorien. Rifting i Jura ga rotasjon av blokker med skråstilte lag med reservoarbergarter. I forbindelse med riftingen og forandringene i forholdene i øvre Jura ble det stagnerende forhold, på denne måten ble det avsatt svart skifer (Kimmeridge-skiferen), som er kildebergart for det meste av oljen og gassen i Nordsjøen.

I Perm-Trias, Jura, og Tertiær finnes det en rekke gode sandsteinsreservoarbergarter. I tillegg er kalksteinen i øvre Kritt også en brukbar reservoarbergart på tross av lav permeabilitet. Det ble avsatt skifer i Kritt og leirsteiner i Tertiær som er gode takbergarter. Saltvannsavsetningene i øvre Perm gir gode takbergarter for gass i den sørlige Nordsjøen. Saltdiapirer gir strukturer i krittlagene slik at det dannes feller der skifer fra under-tertiær er takbergarter.

10 Kildehenvisninger

- [5.1] Knut Bjørlykke, 2. utgave 2001: Sedimentologi og Petroleumsgeologi
- [5.2] <http://www.energifakta.no/documents/Fysikk/Kretslovene/fotosynt.htm>
- [5.3] <http://www.miljolare.no/fagstoff/vann/artikler/kompendier/planteplankton/plankton.php>
- [6.1] Knut Bjørlykke, 2. utgave 2001: Sedimentologi og Petroleumsgeologi
- [6.2] Erling Skagseth, Hans M. Gundersen, 1998: Geologi og formasjonsevaluering
- [6.3] Truls Grønneberg, Merete Hannisdal, Bjørn Pedersen og Vivi Ringnes, 2. utgave 2001/2002: Kjemien stemmer 2KJ/ Kjemien stemmer 3KJ
Erling Skagseth, Hans M. Gundersen, 1998: Geologi og formasjonsevaluering
- [7.1] Erling Skagseth, Hans M. Gundersen, 1998: Geologi og formasjonsevaluering
- [7.2] Knut Bjørlykke, 2. utgave 2001: Sedimentologi og Petroleumsgeologi
- [8.1] Knut Bjørlykke, 2. utgave 2001: Sedimentologi og Petroleumsgeologi
- [6.4] <http://www.sft.no/publikasjoner/>