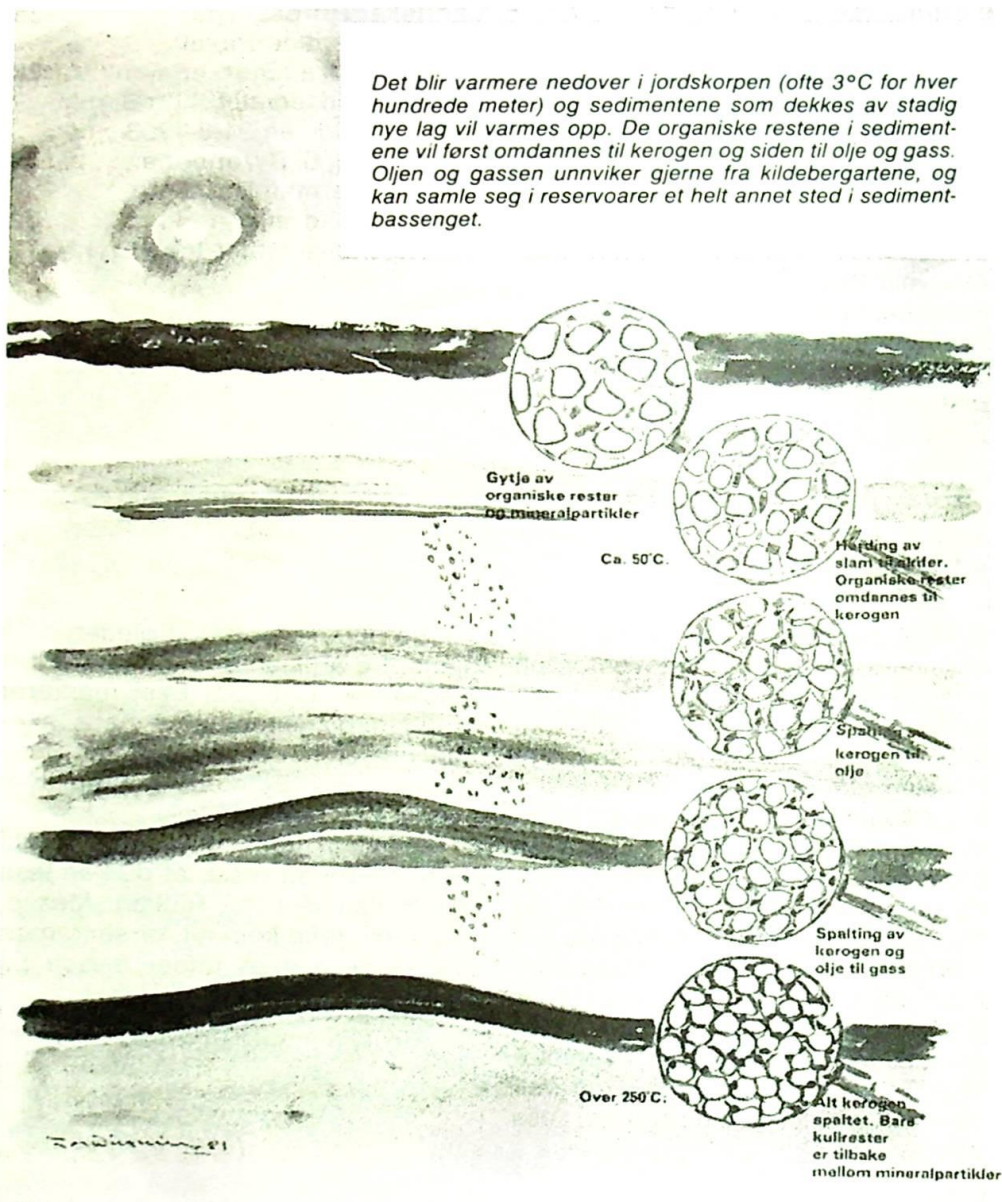


OLJESKIFER OG KILDEBERGARTER

FRA ESSO PERSPEKTIV 2-81.

AV INGE BRYHNI, ILLUSTRASJONER TOR WILTHILL.



HVORDAN SEDIMENTENE UTVIKLET SEG

I California fins en bergart som består av gjennomsnittlig 15% olje og forøvrig bare skall av kiselalger. Enkeltvis er kiselalgene (eller diatomeene) for små til at vi kan se dem uten mikroskop, men i California har de bygget opp et stenlag som er opptil 370 meter tykt. En regner med å utvinne 300 millioner tonn petroleum fra denne bergarten over en periode på 45 år (produksjon på 20 000 fat pr. dag). Oljen skal trekkes ut med et oppløsningsmiddel eller utvinnes ved å varme opp stenen i store beholdere (retorter).

Kiselalge-avleiringen i California er et sjeldent eksempel på at en stenart kan være såvel kildebergart som reservoar for petroleum. Oljen er dannet ved nedbrytning av det organiske materialet i algene, og den har funnet plass inne i de mikroskopisk små skallene eller i porene mellom dem. Petroleum vil imidlertid vanligvis være å finne i et reservoar et helt annet sted enn der hvor det opprinnelig ble dannet.

Kildebergarter

Viktige forutsetninger for å få dannet en forekomst av petroleum er at det er avleiret kalk, slam, mudder, leire og sand (sedimenter) i et tykt «sediment-basseng», og at det i dette fins lag med høye innhold av mikroskopisk små planter og dyr som ble nedbrudt og avleiret under oksygenfattede forhold. Det er disse lag som representerer kildebergartene i sediment-bassenget.

Med kildebergarter mener vi et fin-kornet sediment som - der det ligger i dag - har avgitt tilstrekkelig mengde

olje eller gass til å danne en petroleumforekomst. Hvis en tilsvarende bergart ikke er blitt oppvarmet tilstrekkelig i naturen til å ha avgitt petroleum, vil vi heller snakke om et kerogen-rikt sediment eller en «oljeskifer». Under leting etter petroleum må vi derfor spørre:

- Fins det i sediment-bassenget lag med rikelig organisk materiale og av riktig slag?
- Har de noen steder vært på tilstrekkelig dyp til at det organiske materialet kan ha blitt modnet til olje eller gass?
- Er bergarten tilstrekkelig utett til at oljen eller gassen kan ha stukket av og samlet seg et annet sted?

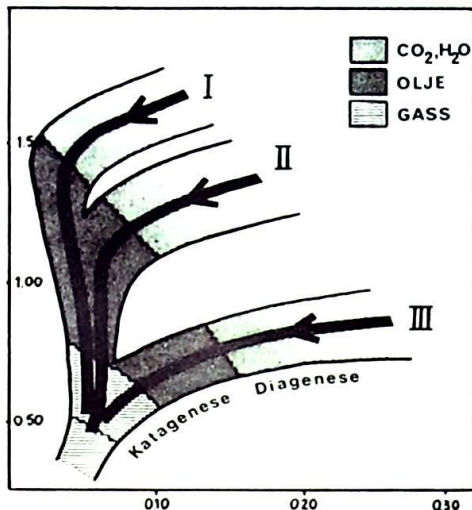
For å ta stilling til slike spørsmål må petroleumgeologen gå nøye inn på hva som skjer under modningen av det organiske innholdet i sedimentene til olje og gass.

Levende organismer består kjemisk sett av proteiner (eggehvite-stoffer), karbohydrater (sukker, stivelse, cellulose) og lipider (fett, voks etc.). Av disse er lipidene minst oppløselige i vann og vil derfor bli anriket i forhold til de andre etterhvert som organiske rester samler seg i bunnslammet i havet eller innsjøer. Små mineralpartikler som faller gjennom vannsøylen, kan ha særlig betydning ved at de river med seg noe av de organiske rester (særlig lipidene) som svever omkring i vannet. Under vekten av yngre avleiringer og forhøyet temperatur på dypet, vil disse organiske restene etterhvert omdannes til kerogen - forløperen for olje eller gass.

Kerogen

Hva er så kerogen, som antas å være den aller mest utbredte form for organisk karbon på Jorden? Egentlig et voksaktig stoff som er så finfordelt i de sedimentære bergartene at vi knapt kan se det. La oss utsette en kalksten eller leirskifer for brutal behandling med saltsyre og flussyre: Mineralpartiklene etses da vekk og bare et fint brunlig til beksvart pulver blir igjen. Dette er kerogenet i bergartene. I store trekk er det to hovedtyper: Sapropelisk kerogen som er omdanningsprodukt hovedsakelig av planteplankton under oksygenfattige forhold og Humisk kerogen som er dannet fra landplanter under mer oksygenrike forhold. Olje og gass er for det meste dannet fra sapropelisk kerogen, mens humisk kerogen gir stenkull og noe gass, men ikke olje. Kerogen er et makromolekyl som består av karbon (C) og hydrogen (H), litt oksygen (O) og mindre mengder svovel og nitrogen. Ved kjemisk analyse vil vi kunne karakterisere kerogenet nærmere som Type I, II og III. Type I er strukturløs (amorf) eller har gjennkjennbare algerester. Den er den «beste» for videre utvikling til petroleum fordi den inneholder forholdsvis mye hydrogen i forhold til karbon (mye av normale eller forgrenete parafiner). Type III har lite hydrogen og gir eventuelt bare gass.

Etter hvert som sedimentene blir overliret av stadig nye lag og kommer på store dyp, blir de varmet opp. Kerogenet begynner å avgi først olje og gass og siden bare gass. Derved blir det forholdsvis mindre hydrogen i det gjenværende mer kullaktige kerogen (se Fig.). Petroleumsdannelsen vil kunne fortsette inntil forholdet mellom hydrogen og karbon i keroge-



Skjema for omdannelse av kerogen med stigende temperatur på dyptet av et sediment-basseng. Det organiske materialet vil modne som vist ved sorte piler for de tre typer kerogen. Type I og II, som består av lipidrikt, amorf materiale og algerester (sapropelisk kerogen) har et høyt innhold av hydrogen og kan gi mye petroleum. Type III, som inneholder mer treaktig materiale (humisk kerogen) har lavere innhold av hydrogen og vil gi lite petroleum (eventuelt bare gass).

net er sunket til en verdi på ca. 0.45. Blir det enda lavere, vil det ikke bli dannet mer olje, men kanskje ennå noe gass. Jo høyere hydrogenkarbon forholdet var opprinnelig, desto mer petroleum vil kerogenet kunne avgi (eller ha avgitt som kildebergart).

Kjemisk analyse vil derfor kunne gi svar på om kerogenet opprinnelig var av en type som kunne avgi olje eller gass og eventuelt hvor langt modningen er kommet. Fargen og glansen av kerogenet eller planterestene vil kunne vise hvor høy temperaturen har vært. Er kerogenet av en «god» type og langt fremskredet i modningsprosessen, kan petroleum kanskje ha vandret fra kildebergarten til en forekomst et annet sted i sedimentasjonsbassenget. Kerogenanalyse er derfor viktig for at vi skal

kunne danne oss et bilde av hvilke muligheter et sedimentasjonsbas-seng eller mindre leteområder byr på.

Kildebergartene i Nordsjøen

Fra Syd-England gjennom Nederland og Tyskland og Polen går det et belte med tallrike forekomster av gass. Gassen er kommet fra de opptil 3.500 meter tykke kullførende avleiringerne. «Coal Measures», som ligger umiddelbart under forekomstene. I sentrale og nordre deler av Nordsjøen er de store olje- og gassfeltene hovedsakelig knyttet til «Sentralgraven» og «Vikinggraven». Disse langstrakte gravforsekningene med særlig tykke sedimentmasser begynte å danne seg som rifter i jordskorpen i midten av Trias-tiden (ca 220 millioner år siden). Grunnen fortsatte å synke og riftene er nå fylt med flere kilometer

tykke avleiringer.

Kildebergarten til forekomstene i Sentralgraven og Vikinggraven er en skifer som kalles for «Kimmeridgean Shale»; - opprinnelig et dypvannsmudder med mye organisk materiale avleiret i siste del av Juratiden (ca 150 millioner år siden). Skiferen er tynn, umoden eller mangler helt langs flankene av gravforsekningene, men er tykk og passende dypt begravet langs etter midten. Allerede i slutten av Kritt-tiden (ca 65 millioner år tilbake) var Kimmeridgean-skiferen kommet på så stort dyp at oljen begynte å pipe ut av den, og ennå i dag spaltes nok kerogenet i de grunnere dalene av gravforsekningene. Vi kan si at det under hele Sentralgraven og Vikinggraven er et aktivt «hydrokarbonkjøkken» hvor petroleum er dannet eller fortsatt dannes fra kerogenet i Kimmeridgean-skiferen.

STEIN - EN EVENTYRLIG HOBBY

**VI HAR ALT DU TRENGER
DET NYE DIAMANTSAGBLADET STAR FAMAD 5**



SLIPEBORD OG SAGER FOR KURS OG SKOLER
«STAR» OG «GRAVES» HOBBYMASKINER
RÅSTEIN, MINERALER, BEARBEIDET STEIN,
INNFATNINGER, SMYKKER OG GAVEARTIKLER

B. GJERSTAD

UTSTYR FOR SMYKKESTEINSLIPING

FORRETNING: KIRKEVEIEN 63, 1344 HASLUM
POSTADRESSE: SØRHALLA 20, 1344 HASLUM
TELEFON (02) 53 36 86

Dessverre for danskene går skiferen over i avleiringer med lavere innhold av organisk materiale i den danske sektor.

Oljeskifer

Sedimenter som har blitt liggende nær overflaten med liten overleiring av yngre lag, vil ennå ikke ha avgitt petroleum. Olje og gass dannes først når kerogenet er blitt utsatt for en temperatur på minst 50°C (dvs. vært på mer enn en halvannen kilometers dyp) gjennom geologiske tidsrom. Men har ikke naturen selv sørget for å ta knekken på kerogenet, kan vi gjøre det, ved oppvarming. Ved høy temperatur vil nemlig kerogenet spaltes og drives ut, som damp, og den dampen vil ved avkjøling kunne gi olje og gass.

En bergart som kan gi olje i økonomisk mengde ved oppvarming, kalles for oljeskifer. Mange er virkelige skifre mens andre er mer massive, karbonat-rike slamstener. Kerogenet er i mange tilfelle algerester og svarer kjemisk til Type I og II, dvs. organisk materiale med forholdsvis rikelig hydrogen i forhold til karbon. De fleste kjente oljeskifre ble opprinnelig avsatt som slam i innlandssjøer, grunne hav og laguner.

I forrige århundre var det adskillig produksjon av skiferolje, - bare i USA var det i 1859 hele 53 selskaper som laget olje av skifer. Men i løpet av dette året gjorde oberst Drake sitt funn hvor råoljen strømmet opp av en borebrønn helt av seg selv, og skiferoljen ble med ett slag konkurranseudyktig. Det skulle gå mer enn hundre år før den for alvor kunne ta opp konkurransen igjen.

Idag utvinnes det olje fra skifer bare i Kina og i Estland - men det er ingen

tvil om at skiferoljen snart vil gjøre seg sterkere gjeldende på markedet. Sålenge prisene på råolje ennå var lave i 1960-70-årene, hadde det liten hensikt å lage olje fra skifer, men med mangedoblete oljepriser og politisk ustabilitet i flere av leverandørlandene er det naturlig man nå har tatt opp produksjon av skiferolje til fornyet vurdering. Reservene er enorme: fra de idag kjente forekomstene av oljeskifer vil man kunne utvinne ialt 530 milliarder m³ olje. Det aller meste av denne naturrikdom finnes i USA, Canada og Brazil.

Når olje drives ut av stenen ved oppvarming, er det naturens egen modning av kerogen som etterlignes. Men mens naturen trenger temperaturer på 50-250°C, millioner av år og ikke nødvendigvis bergarter med høye kerogen-innhold, må vi ty til temperaturer på omkring 500°C og meget kerogen-rike bergarter for å få prosessen til å gå raskt og økonomisk. For at det skal lønne seg å varme opp en oljeskifer, må den kunne avgi mer energi i form av petroleum enn den selv trenger til oppvarmingen. Det vil i praksis si at oljeskiferen må ha minst 2.5 % eller helst mer enn 5% organisk materiale som kan omdannes til olje. Dette betyr at bergarten må kunne avgi minst 25 l olje pr. tonn for å kunne kalles oljeskifer.

Verdens største oljeskiferforekomst

Den største forekomsten av oljeskifer er Green River-formasjonen i USA. Den inneholder over 300 milliarder tonn potensiell olje i en båndet karbonatrik bergart dannet som et kalkslam på bunnen av en stor ferskvannsjø i Colorado, Utah og Wyo-

ming en gang i Tertiærtiden. Det investeres nå 1.8 milliarder dollar i et prosjekt som tar sikte på å utvinne over 500 millioner fat olje over en 30-års periode fra 1985 av. «Malmen» inneholder nærmere 100 liter olje pr. tonn.

To metoder er under utvikling. Ved den ene vil oljeskiferen brytes i dagbrudd eller tunneldrift, knuses og varmes opp i retorter. Kerogenet spaltes og bringes til å reagere med ekstra tilført hydrogen før den avkjøles og raffineres til bensin, dieselolje og flybensin. Ulempen ved denne metoden er at det blir store mengder avfall. Dette unngås ved den andre metoden, hvor hele utvinningen foregår nede i berggrunnen, f.eks. ved at oljeskiferen knuses og varmes opp der den ligger under overflaten. Varm damp og varm luft presses ned, mens det frigjorte oljen pumpe



Sten stinn av olje! Denne stenen fra Green River-området i USA veier 9 kg og kan forventes å gi noe under én liter olje ved oppvarming. Forekomsten ved Green River er verdens største i sitt slag, og inneholder 300 milliarder tonn olje (nok til 100 års forbruk etter dagens nivå). Foto: BR. Elgvad.

**RÅSTEIN - INNFATNINGER
KJEDER - ARMBÅND - NÅLER
GAVEARTIKLER**

**MINERALER:
NORSKE - UTENLANDSKE**

**MASKINER OG
UTSTYR FOR
STEINSLIPING**

ÅPNINGSTIDER:
Fra kl. 14⁰⁰ - 18⁰⁰
Lørdag 10⁰⁰ - 15⁰⁰
Mandag stengt



**Velkommen til
BERGKRYSALLEN**

Øivind Larsen

Robergrønningen - N.Eik - 3109 Lofts-Eik



**TLF.
033-68773**

opp fra oppsamlingsbrønner eller tunneler i bunnen av gruen. Ved en variant av denne metoden planlegges det å sprengne skiferen istykker istedenfor kjempemessige «retorter» på størrelse med 30-etasjers husblokker. Dieselolje pumpes inn i toppen av den istykkersprengte massen sammen med luft og vanddamp. Det tennes på, og brannen eter seg langsomt nedover med en varmefront foran seg som driver oljen ut av stenmassene. Den syntetiske råoljen kan tappes fra tunnelen i bunnen av «retorten». Etter ca. 300 dager vil brannen ha trengt helt til bunns og ca. 175.000 fat olje vil ha blitt pumpet opp til overflaten. Ifølge planene vil en ha 60 «retorter» igang samtidig og derved få en samlet produksjon på 95.000 fat syntetisk olje om dagen.

Den svenske skiferoljen

Sverige var tidlig ute med produksjon av olje fra skifer. Allerede i slutten av forrige århundre ble det etter et halvannet års drift fremstilt tilsammen 92 tonn olje ved oppvarming av alunskifer. Alunskiferen er dannet fra en kalkrik gytje som ble avleiret i grunne havområder som strakte seg fra de baltiske statene over til Mellom-Sverige for 500 millioner år siden. Gytjen med de delvis nedbrudte restene etter alger og marine smådyr ble i tidens løp omvandlet til en svart kerogenrik skifer. I Närke kan det opptil 15 m tykke skiferlaget deles i en lavere kerogenrik og en øvre uranrik del. Ved oppvarming gir skiferen i den øvre delen 6-7 vektprosent olje, mens den øvre delen gir 5 vektprosent olje.

I Estland er kerogenet mer modnet slik at alunskiferen har virket som kildebergart for olje- og gassforekom-

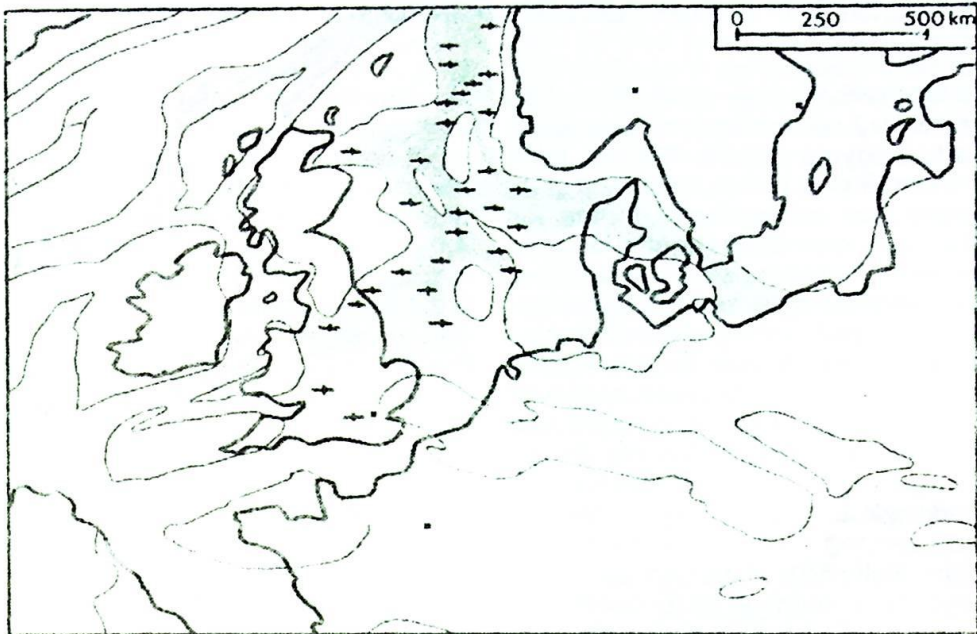
ster. I Norge, derimot, har varme og deformasjon nær beltet for den kaledonske fjellkjedefordningen forlenget drevet ut det petroleum alunskiferen opprinnelig kunne avgi.

Problemene med tilførsel av drivstoff førte til at den svenske stat tok opp igjen skiferolje-produksjonen ved begynnelsen av annen verdenskrig, og svenske marinefartøyer kunne snart gå med svenskprodusert olje. Fabrikken ble videre utbygget etter at krigen tok slutt, og i 1958 var den årlige produksjonen kommet opp i 750 000 fat olje pluss verdifulle biprodukter som gass, svovel, kalk og amoniakk. Til dette gikk det med 3.5 millioner tonn skifer som ble brutt fra et kjempemessig dagbrudd i Kvärntorp, - i sin tid Skandinavias største dagbrudd. Hver dag ble ca 8.500 tonn skifer knust ned til grus-størrelse og transportert på belter til retorter, hvor den ble varmet opp uten lufttilførsel til 500-600°C. Kerogenet ble spaltet og dampen ble suget ut og avkjølt til olje og gass.

Skiferoljeproduksjonen i Sverige - som var et statlig foretagende - kunne imidlertid ikke konkurrere med billig importert olje i begynnelsen av 1960-årene. Driften ble lagt ned, men ressursene er der fremdeles. For hele Sverige regner en med reserver av oljeskifer for en produksjon av tilsammen 410 millioner tonn olje.

Hvor tar naturen energien fra?

Ved teknikkens hjelp kan vi drive olje og gass ut av en kerogen-rik bergart. Til dette trengs det høy temperatur og derfor energi - gjerne olje eller kull som brennes. Naturen har modnet kerogen til olje og gass ved langt lavere temperaturer fra kildebergarter som kan ha vært langt fattigere. Hvor



Nordvest-Europa i slutten av Jura-tiden, da den viktigste kildebergarten for forekomstene i Nordsjøen ble til. Mudder med mye organisk materiale (vist ved horisontale streker) ble avleiret på dypt vann i gravforsenkninger, særlig mellom Storbritania og Norge (Sentralgraven og Vikinggraven).

har naturen hentet energien til denne omdannelsen? Svaret er at naturen har benyttet seg av den varmen som stadig strømmer fra dypet mot overflaten -geotermisk energi, eller i siste instans kjerneenergi.

Temperaturen stiger jo vanligvis med dypet, - oftest blir det ca 3°C varmere for hver 100 meter vi borer oss ned i jorden. Årsaken til dette er at alle bergarter inneholder små mengder radioaktive grunnstoffer. Når de radioaktive stoffene spaltes, vil de avgi varme som må ledes vekk. Dermed blir det en jevn varmestrøm mot overflaten og temperaturøkning mot dypet. Noe av denne energien vil benyttes til å varme opp de sedimentære bergartene og spalte kerogenet til olje og gass.

Petroleum er altså ikke bare tidligere tiders solenergi. Under modningen av de brunsvarte, voksaktige organiske restene i stenen til olje og gass har naturen også benyttet seg av energien fra atomenes indre. Når vi forbrenner petroleum, gjør vi oss derfor nytte også av tidligere tiders kjerneenergi!

