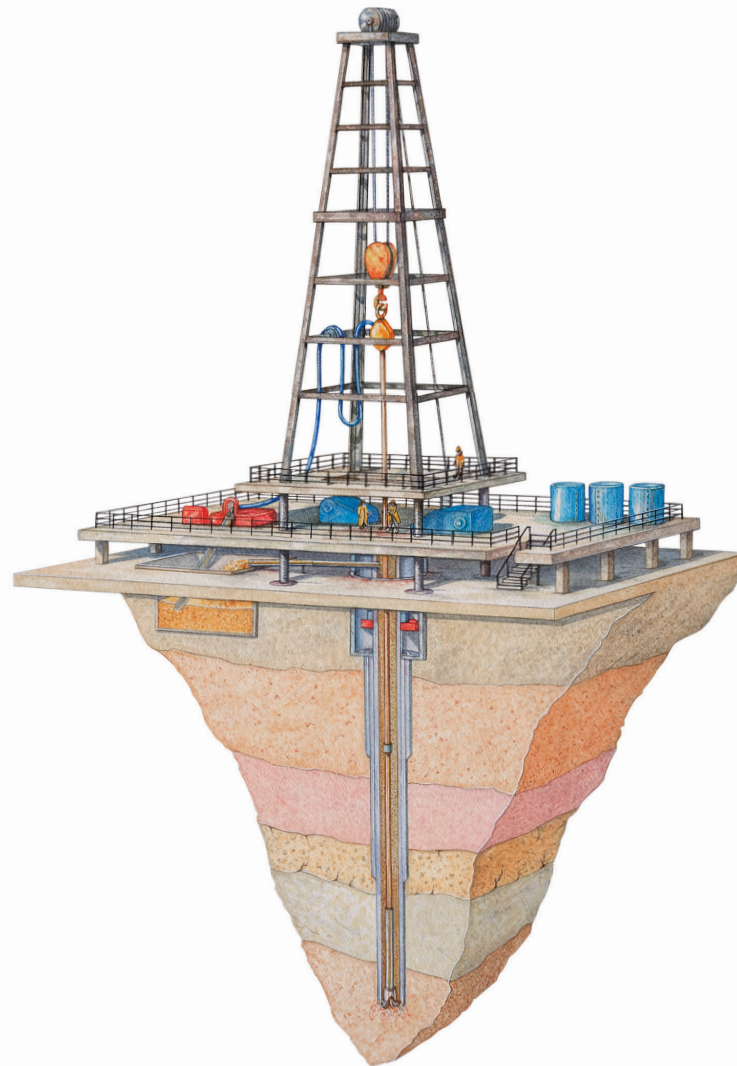


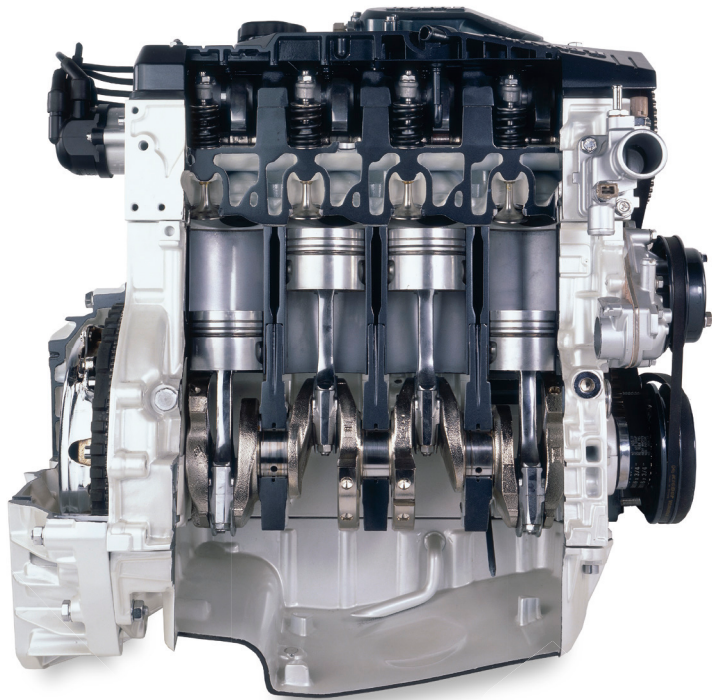
OLIE EN AARDGAS

Lees het verhaal van
aardolie en de vele
manieren waarop onze
levensstijl daardoor
wordt bepaald



OLIE EN AARDGAS





Verbrandingsmotor



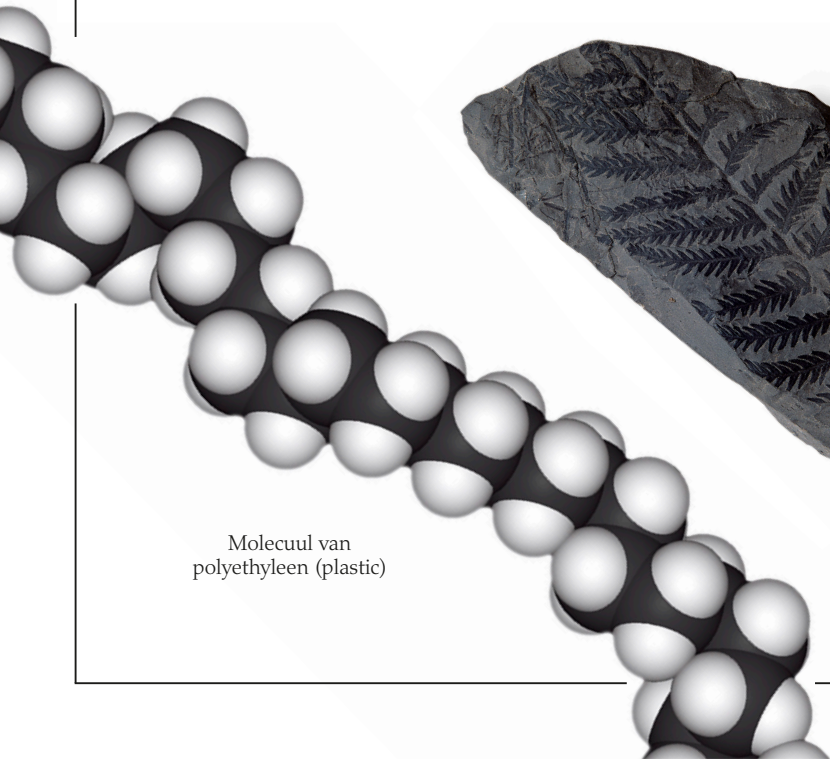
Romeinse olielamp



Wasmiddel met petrochemische verbindingen



Vrachtwagen met dieselmotor



Molecuul van polyethyleen (plastic)



Stuk kool met fossiele varen



Boodschappenmandje met recyclebare verpakking



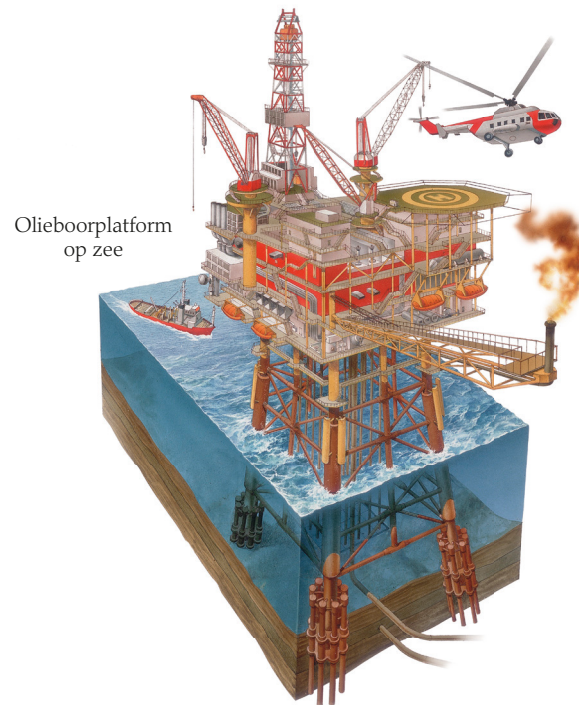
Boorkop van
olieboorplatform



OLIE EN AARDGAS



Campingkooktoestel dat brandt
op butaan verkregen uit aardgas



Olieboorplatform
op zee



Aangeboden door de Netherlands Section van de Society of Petroleum Engineers



DK. Publishing, Inc.





LONDEN, NEW YORK,
MELBOURNE, MÜNCHEN EN DELHI

Consultant Mike Graul

Eindredacteur Camilla Hallinan

Eindredacteur grafische kunst Martin Wilson

Manager uitgeverij Sunita Gahir

Categorie-uitgever Andrea Pinnington

DK-fotobibliotheek Claire Bowers

Productie Georgina Hayworth

DTP-ontwerpers Andy Hilliard, Siu Ho, Ben Hung

Omslagontwerper Andy Smith

Senior digitale producent Poppy Newdick

Digitale conversie door:

DK Digital Production, Londen

Voor Cooling Brown Ltd.:

Creative directeur Arthur Brown

Projectredacteur Steve Setford

Redacteur grafische kunst Tish Jones

Foto-onderzoeker Louise Thomas

Voor DK New York:

Projectredactrice Karen Whitehouse

Ontwerp en productie Kelly Maish

Afbeeldingen Katherine Linder

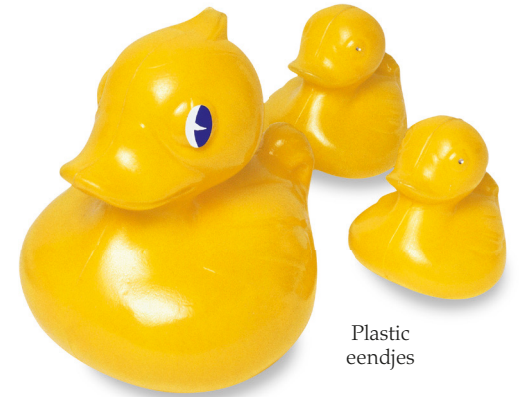
Eerst uitgegeven in de VS in 2007
door DK Publishing, 345 Hudson Street,
New York, New York 10014

Deze digitale editie is uitgegeven in 2013
door Dorling Kindersley Ltd

(ePub) 978-1-4654-1755-8

Copyright © 2013 Dorling Kindersley Limited, Londen 2013

Alle rechten voorbehouden onder internationale en pan-Amerikaanse copyrightverdragen. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteursrechtbehoudende.



Plastic eendjes



Kerosinelamp



Tijdschriften gedrukt met inkt op oliebasis



Bakelieten telefoon



Olie drijft op het water

Ontdek meer op
www.dk.com

Inhoud

6
In de ban van olie
8
Olie in de Oudheid
10
Olie voor verlichting
12
Het begin van het olietijdperk
14
De oliebonanza
16
Wat is olie?
18
Waar olie vandaan komt
20
Aardgas
22
Onconventioneel aardgas
24
Oliefukien
26
Vaste olie
28
Hoe olie wordt gevonden
30
Geavanceerde technologie

Vrachtwagen voor seismisch onderzoek



32	54
Oliewinning	Olie en het milieu
34	56
Diepzeeboringen	Vraag en verbruik
36	58
Diepwatertechnologie	Olie opslaan
38	60
Olieleidingen	Alternatieven voor olie
40	62
Olie op de oceaan	Brandstof voor elektriciteit
42	64
Raffineren van olie	Tal van
44	carrièremogelijkheden
Energie en vervoer	66
46	De maatschappij tot dienst
Materialen gemaakt van olie	68
48	Tijdpad
Plastics en polymeren	71
50	Meer informatie
Mondiale olie	72
52	Dankwoord en erkenningen
Olie en macht	

In de ban van olie

ONZE WERELD WORDT BEHEERST DOOR OLIE. De mens maakt al duizenden jaren gebruik van olie, maar sinds de vorige eeuw gebruiken we deze energiebron in enorme hoeveelheden. Het dagelijks oliegebruik in de wereld is gestegen van minder dan honderdduizend vaten in 1900 tot meer dan 70 miljoen vaten in 2000—meer dan 11 miljard liter per dag. Olie is onze belangrijkste bron van energie, de brandstof voor onze vervoermiddelen, en aardgas wordt gebruikt voor de opwekking van elektriciteit waarvan we afhankelijk zijn voor onze moderne levensstijl. Olie en aardgas vormen tevens de grondstoffen voor vele belangrijke verbindingen, waaronder de meeste soorten plastic.

VLOEIBARE ENERGIE

Onbewerkte vloeibare olie—ook wel ruwe olie of aardolie genoemd—ziet er dan wel niet zo mooi uit, maar is een zeer geconcentreerde vorm van energie. Sterker nog, er zit genoeg energie in één vat aardolie (159 liter) om zo'n 2700 liter water aan de kook te brengen.

Een stevige behuizing van polycarbonaat beschermt de kwetsbare interne elektronische onderdelen

Grote tankwagens vervoeren 15.000–30.000 liter of meer

OLIE EN HET TIJDPERK VAN DE INFORMATIETECHNOLOGIE

Een mooie, gestroomlijnde laptop lijkt absoluut niets te maken te hebben met aardolie, maar zonder olie zou die computer er niet zijn. Olie vormt niet alleen de grondstof voor polycarbonaat, de kunststof behuizing van de computer, maar levert ook de energie voor de productie van de meeste interne onderdelen. Olie en aardgas worden gebruikt voor het opwekken van de elektriciteit waarmee de batterijen van de computer worden opgeladen.



WE REIZEN ER OP LOS

De benzine die wordt geproduceerd uit aardolie levert de energie voor de motor in onze auto waarmee we gemakkelijk kunnen reizen met een vanzelfsprekendheid en snelheid die vroeger onvoorstelbaar was. Veel forenzen rijden naar hun werk en leggen daarbij afstanden af waar men vroeger te paard dagenlang over deed. Er zijn in de wereld meer dan 600 miljoen motorvoertuigen op de weg, en dat aantal stijgt met de dag. De hoeveelheid olie die verbrand wordt om deze mate van mobiliteit mogelijk te maken is bijna niet te bevatten: ongeveer een miljard vaten per maand.



GEHEIMEN VAN DE SUPERMARKT

Mensen in ontwikkelde landen eten gevarieerder dan ooit tevoren—en dat is grotendeels te danken aan olie. Olie vormt de brandstof voor de vliegtuigen, schepen en vrachtwagens die onze levensmiddelen vanuit de hele wereld naar de supermarkt in de buurt transporteren. Het vormt ook de brandstof voor de meeste auto's waarmee we naar die supermarkt rijden. Olie wordt gebruikt voor de productie van het plastic waarin het voedsel wordt verpakt en levert de energie voor onze koelkasten waarin ons voedsel vers blijft.



VLEKKELOZE SPRONG

Olie speelt zelfs een rol in de simpelste en meest elementaire activiteiten. Zo werd skateboarden een ware rage na de ontwikkeling van PUR ofwel polyurethaan, een op olie gebaseerde kunststof die zowel stevig als glad is. Daarmee houdt het verband met olie nog niet op. Het schuim in de helm van de skateboarder is samengesteld met geëxpandeerd polystyreen (EPS), een andere kunststof. EPS laat zich gemakkelijk vervormen en vangt zo bij een val de schok op. En knie- en elleboogbeschermers worden gemaakt van een derde kunststof op oliebasis, HDPE (polyethyleen met hoge dichtheid).

Schokabsorberende helm van EPS, geëxpandeerd polystyreen



IN DE STAD GAAT ALLES GEWOON DOOR

Vanuit de ruimte gezien zijn de steden op aarde bij nacht net sterren. De verlichting van onze steden is alleen mogelijk door het verbruik van een enorme hoeveelheid energie—en een groot deel daarvan is afkomstig uit olie en aardgas. Door al dat licht zijn de steden niet alleen veiliger, maar kunnen essentiële activiteiten ook de hele nacht doorgaan.



Satellietopname van Azië bij nacht

Kniebeschermer van HDPE, polyethyleen met hoge dichtheid

Gladde, duurzame wieljes van PUR, polyurethaan

Tarwe



OLIE OP DE BOERDERIJ

Landbouw en veeteelt in de ontwikkelde wereld zijn totaal veranderd door de toepassing van olie. Met olie als brandstof voor voertuigen zoals tractoren en oogstmachines kan een boer het land bewerken met minimale inzet van landarbeiders. Met een vliegtuig kan één persoon een grote akker in een paar minuten met verdelgingsmiddelen besproeien. Zelfs de middelen waarmee ongedierte en onkruid worden bestreden, voor een betere oogst, kunnen gemaakt zijn van chemische verbindingen die zijn afgeleid van olie.

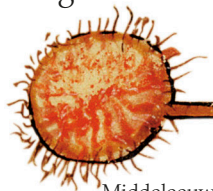
OLIE ONDERWEG

Onze van olie afhankelijke levensstijl kan alleen in stand worden gehouden door iedere dag grote hoeveelheden olie over de wereld te vervoeren—miljoenen vaten. Een deel van de olie wordt in supertankers op zee vervoerd, terwijl andere olie door lange pijpleidingen wordt gepompt. De meeste pompstations worden van benzine voorzien door tankwagens zoals op de foto links. Zonder dit soort tankwagens zou het dagelijks leven binnen een paar dagen lamgelegd worden. Als men een eeuw geleden op vakantie ging, dan was dat meestal niet verder dan een korte treinreis. Nu vliegen miljoenen mensen de wereld rond voor een vakantie van een paar weken. Net als de meeste auto's maken vliegtuigen gebruik van brandstof die op olie is gebaseerd, en ook het oliegebruik in de luchtvaartindustrie neemt voortdurend toe.

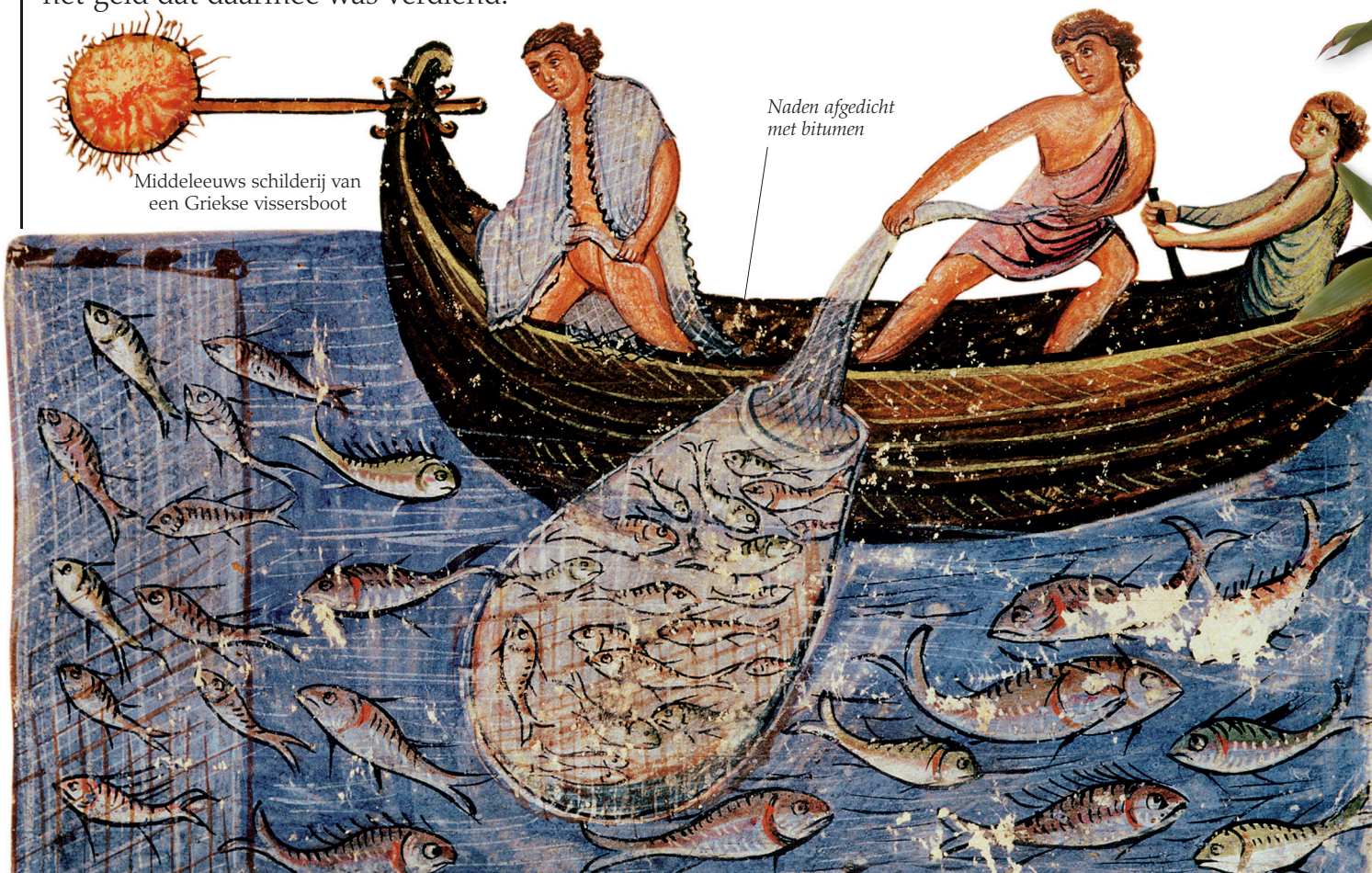


Olie in de Oudheid

IN VEEL GEBIEDEN IN HET MIDDEN-OOSTEN komt de olie uit de grote ondergrondse reservoirs naar de oppervlakte in poelen met kleverige zwarte vloeistof of in brokken. Al lang geleden ontdekte men hoe nuttig dit zwarte goedje was, dat bitumen werd genoemd (ook wel pek, pik, zoals in pikzwart, of teer). Jagers uit het Stenen Tijdperk gebruikten het om pijlpunten van vuursteen aan hun pijlen te bevestigen. Ten minste 6500 jaar geleden voegden mensen die leefden in de moerassstreken van wat nu Zuid-Irak is, bitumen toe aan stenen en cement om hun huizen waterdicht te maken als bescherming tegen overstromingen. Al gauw ontdekte men dat bitumen voor van alles en nog wat gebruikt kon worden, van het afdichten van watertanks tot het lijmen van gebroken potten. In de Babylonische tijd was er overal in het Midden-Oosten een levendige handel in dit 'zwarte goud'. Er werden hele steden gebouwd met het geld dat daarmee was verdiend.



Middeleeuws schilderij van een Griekse vissersboot



Naden afgedicht met bitumen

DE EERSTE OLIEBORINGEN
Niet alle olie in die tijd werd aan de oppervlakte gevonden. Meer dan 2000 jaar geleden begonnen de Chinezen in Sichuan putten te boren. Met behulp van ijzeren uiteinden op bamboestokken konden ze zout water onder de grond aanboren. Ze hadden dit pekewater nodig om zout te winnen voor medische en culinaire doeleinden (voedsel conserveren). Toen ze nog dieper boorden, stootten ze op olie en aardgas. Het is niet bekend of de Chinezen de olie gebruikten. Het aardgas werd verbrand onder grote pannen met pekewater om het water te laten verdampen, zodat het zout overbleef.

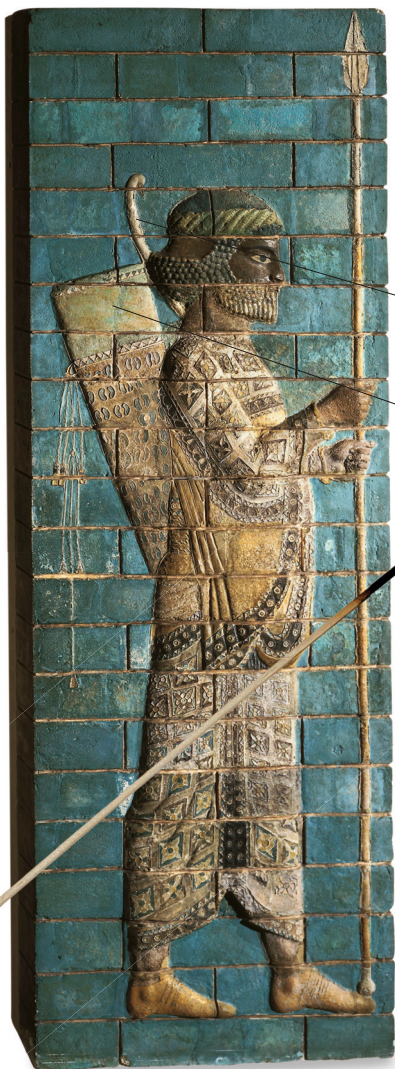


Bamboe

LEKKEN DICHTEN
Zo'n 6000 jaar geleden, ten tijde van de Obeid-cultuur, in de moerassen van wat nu het zuiden van Irak is, realiseerde men zich dat bitumen zich bijzonder goed leent voor het waterdicht maken van boten. Men smeerde de rieten boten aan de binnen- en buitenkant in met een laag bitumen om naden en lekken te dicht. Dit idee werd in de hele wereld overgenomen door bouwers van houten boten. Het proces, dat breeuwen wordt genoemd, bleef in gebruik totdat men overging op scheepsrompen van metaal en glasvezel. Matrozen werden ook wel 'pikbroeken' genoemd, omdat hun kleding onder de pek zat als gevolg van het breeuwen en ze hun kleren ook met teer insmeerden om deze waterdicht te maken.

BITUMEN IN BABYLON

De meeste gebouwen in Babylon waren afhankelijk van bitumen. Voor koning Nebukadnezar (605–562 v. Chr.) was dit het allerbelangrijkste materiaal en een teken van de geavanceerde technologie in zijn koninkrijk. Het werd voor van alles en nog wat gebruikt, van badkuipen tot metselspecie. Nergens was bitumen echter zo belangrijk als in de hangende tuinen, de spectaculaire daktuinen met bomen en welig tierende planten. Bitumen werd waarschijnlijk gebruikt als waterdichte voering voor de bloembedden, en ook voor de pijpleidingen die het water aanvoerden.



Fresco met Perzische boogschutter, 510 v. Chr.

Boog over de schouder

Koker voor pijlen

In olie gedrenkte doek om pijlpunt gewikkeld

BRANDENDE PIJLEN

Aanvankelijk was men alleen geïnteresseerd in de dikke, kleverige vorm van bitumen die zo geschikt was voor lijmen en afdichtingen. Deze vorm werd *iddu* genoemd, een verwijzing naar de stad Hit of Id (in het huidige Irak). Een dunnere vorm met de naam *naft* (de basis voor ons woord naftaleen) was zo ontvlambaar dat het vrijwel onbruikbaar was. In de 6de eeuw v. Chr. beseften de Perzen dat *naft* een dodelijk strijdmiddel kon zijn. Perzische boogschutters brachten het aan op hun pijlen om brandende projectielen op hun vijanden af te vuren. In de 6de eeuw n. Chr. werkte de Byzantijnse marine dit idee verder uit. Zij maakten brandbommen ('Grieks vuur') van bitumen vermengd met zwavel en ongebluste kalk.



WARM WELKOM

Als een vijand vroeger stadsmuren probeerde te beklimmen, goot men kokende olie over hem heen. Voor zover bekend gebeurde dit voor het eerst in 67 n. Chr. toen de Joden de stad Jotapata tegen de Romeinen verdedigden. In de Middeleeuwen werd deze strategie toegepast om kastelen tegen een aanval te beschermen. De tactiek werd waarschijnlijk niet vaak gebruikt, en als dat al zo was, dan werd er plantaardige olie of dierlijk vet gebruikt, want olie was buitengewoon duur.

De belegering van Carthago



ZWARTE MUMMIES

De oude Egyptenaren conserveerden hun doden als mummies door ze te laten weken in een mengsel van stoffen als zout, bijenwas, cederhars en bitumen. Het woord 'mummie' is mogelijk gebaseerd op het Arabische woord *mumya*, naar de berg Mummy in Perzië waar bitumen werd gevonden. Tot voor kort gingen geleerden ervan uit dat er geen bitumen voor mummificatie werd gebruikt en dat de naam gewoon verwees naar het feit dat mummies zwart worden na blootstelling aan lucht. Uit chemische analyses is nu echter gebleken dat er wel degelijk bitumen bij Egyptische mummies werd toegepast, maar alleen tijdens de latere 'Ptolemeïsche' periode (323–30 v. Chr.). Het bitumen werd naar Egypte getransporteerd vanaf de Dode Zee, waar het op het water dreef.



Gemummificeerd hoofd

CARTHAGO IN BRAND

Bitumen is zeer brandbaar, maar het is een krachtige lijm en zo waterafstotend dat het veelvuldig werd gebruikt op daken in oude steden zoals Carthago. Deze stad lag aan de kust van Noord-Afrika, in wat nu Tunesië is. Carthago was in zijn hoogtijdagen zo machtig dat de stad niet onder deed voor Rome. Onder leiding van Hannibal vielen de Carthagers Italië binnen. Rome herstelde zich echter en viel Carthago in 146 v. Chr. aan. Toen de Romeinen Carthago in brand staken, kon het vuur zich wel heel gemakkelijk verspreiden met al dat bitumen op de daken, en de hele stad werd in de as gelegd.



Zilveren munt uit Carthago

Olie voor verlichting

GEDRENDE ZEER LANGE TIJD was het enige licht in de nachtelijke duisternis naast dat van de sterren en de maan afkomstig van vuren of fakkels. Zo'n 70.000 jaar geleden ontdekte de prehistorische mens dat oliën met een heldere, stabiele vlam branden. Ze maakten de eerste olielampen door een steen uit te hollen, deze te vullen met mos of plantaardige vezels die in olie waren gedrenkt en daarna het mos in brand te steken. Later ontdekten ze dat de lamp langer en feller brandde als er een "kousje" of een pit (gemaakt van een vezel) werd gebruikt die in een schoteltje olie was gedompeld. De olie kon dierlijk vet zijn, bijenwas of plantaardige olie van olijven of sesamzaadjes. Soms was het echter aardolie, dat aangetroffen werd in kleine plassen op de grond. Olielampen bleven de belangrijkste bron van verlichting tot de uitvinding van de gaslamp in het Victoriaanse tijdperk.



Voorraad
plantaardige olie

Pit

VERLICHTING IN EGYPTE

Een eenvoudige lamp kon worden gemaakt door een pit op de rand van een stenen schaal te leggen. Als de schaal met de hand uit steen was gehouwen, was de lamp duur en waarschijnlijk zeldzaam. Later leerden pottenbakkers schalen in grote hoeveelheden te maken. Ze leerden snel het ontwerp te veranderen door de randen te knijpen en kneden, zodat er een smalle hals ontstond waarin de pit kon worden geplaatst. Dit is een 2000 jaar oude stenen lamp uit het Oude Egypte.



DE DAMES MET DE LAMP

In de jaren 90 van de negentiende eeuw was er goed geld te verdienen met de verkoop van kerosine voor lampen, dus kerosineproducenten probeerden hun product een aantrekkelijk imago te geven. Het Franse bedrijf Saxoleïne bracht een serie posters uit van de kunstenaar Jules Chéret (1836–1932). Daarop waren allerlei bekende Parijsiennes te zien die laaiend enthousiast waren over olielampen gevuld met brandstof van Saxoleïne, die volgens het bedrijf schoon, reukloos en veilig was.

KEROSINELAMP

Gedurende de 70 jaar nadat Aimé Argand zijn lamp had uitgevonden (zie hieronder) werd in de meeste olielampen walvistraan gebruikt. In het midden van de negentiende eeuw kwam daarin verandering met de productie van een goedkopere brandstof die kerosine of paraffine wordt genoemd, gemaakt uit aardolie. Aan het begin van de jaren 60 van de negentiende eeuw brandden de meeste lampen op kerosine.

Hoewel een kerosinelamp lijkt op het ontwerp van Argand, heeft deze een brandstofreservoir onderaan, onder de pit, in plaats van een aparte cilinder. De vlam wordt geregeld door de mate waarin de pit uit het brandstofreservoir steekt aan te passen.

Glazen pijp
voor betere
lichtstrooming
en
bescherming
tegen tocht



Glazen kap om
het licht
gelijkmaticg te
verspreiden

Pithouder

Ventilatie-openingen voor
toevoer van lucht voor vlam

Glazen pijp

Reservoir van
wandistraan

ROMEINSE NACHTEN

De Grieken verbeterden lampen door een deksel op de schaal te plaatsen, met daarin een kleine opening voor de olie en een tuit voor de pit.

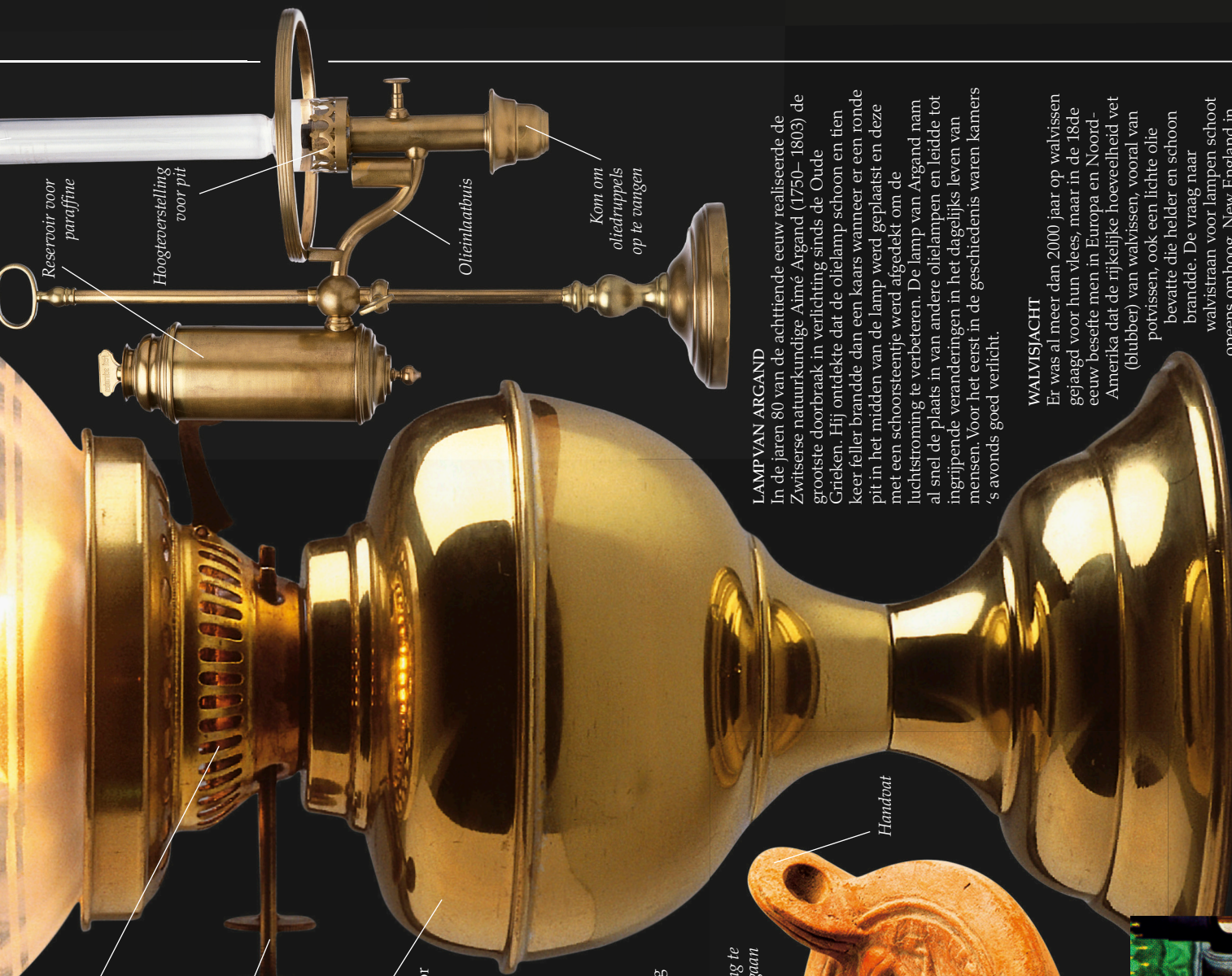
Door het deksel werd er minder olie gemorst en werd de stroming van de lucht beperkt. Zo ging de olie veel langer mee. In de

Romeinse tijd had teder huishouden een reeks aardewerken en bronzen lampen, die vaak uitgebreid versierd waren. Op het deksel van deze Romeinse lamp ziet u de vernietiging van Carthago door brand en de Carthaagse koningin Dido.

Deksel om de verbranding te
beheersen en morsen tegen te gaan

Tuit

Handvat



Reservoir voor
paraffine

Hoogteinstelling
voor pit

Olieinlaatbuis

Kom om
oliedruppels
op te vangen

LAMP VAN ARGAND

In de jaren 80 van de achttiende eeuw realiseerde de Zwitserse natuurkundige Aimé Argand (1750–1803) de grootste doorbraak in verlichting sinds de Oude Grieken. Hij ontdekte dat de olielamp schoon en tien keer feller brandde dan een kaars wanneer er een ronde pit in het midden van de lamp werd geplaatst en deze met een schoorsteenje werd afgedekt om de luchtstroming te verbeteren. De lamp van Argand nam al snel de plaats in van andere olielampen en leidde tot ingrijpende veranderingen in het dagelijks leven van mensen. Voor het eerst in de geschiedenis waren kamers 's avonds goed verlicht.

WALVISJACHT

Er was al meer dan 2000 jaar op walvissen gejaagd voor hun vlees, maar in de 18de eeuw besefte men in Europa en Noord-Amerika dat de rijkelijke hoeveelheid vet (blubber) van walvissen, vooral van potvissen, ook een lichte olie bevatte die helder en schoon brandde. De vraag naar walvistraan voor lampen schoot opeens omhoog. New England in het noordoosten van Amerika werd het centrum van grootchalige walvisvaart, en deze werd bekend door de roman Moby Dick van Herman Melville uit 1851.

BRANDENDE TOORTSEN

In films uit Hollywood worden middeleeuwse kastelen 's nachts verlicht met brandende toortsen die in aan de muur bevestigde houders (muurkandelaars) werden geplaatst. De toortsen waren bundels van stokken die in hars of pek waren gedompeld om ze feller te laten branden. In werkelijkheid werden toortsen alleen voor speciale banketten gebruikt, zoals te zien is op deze afbeelding van de Toortsdans in het Golfboek (een getijdenboek) met miniaturen van Simon Bening uit Brugge, ca. 1500 (toortstragers uiterst links). Voor dagelijks licht gebruikten mensen lampen zoals die van de Oude Egyptenaren, of eenvoudige bieskaarsen—dunne kaarsen met een pitje van biezen gedompeld in dierlijk vet.



Het begin van het olietijdperk

IN HET MIDDEN-OOSTEN had men al eeuwen lang met alambiëken olie gedestilleerd om kerosine voor lampen te maken. Het moderne olietijdperk begon in 1853, toen de scheikundige Ignacy Łukasiewicz (1822–82) ontdekte hoe dit op industriële schaal kon worden gedaan. In 1856 richtte hij de eerste raffinaderij voor ruwe olie ter wereld op in Ulaszowice in Polen. De Canadees Abraham Gesner (1791–1864) was er in 1846 in geslaagd om kerosine te maken uit steenkool, maar olie bevatte veel meer kerosine en de productie daarmee was goedkoper. Kerosine nam al snel de plaats in van de dure walvistraan als brandstof voor lampen. Door de stijgende vraag naar kerosine gingen sommigen hals over kop op zoek naar nieuwe oliebronnen.



EERSTE OLIEPUT TER WERELD

In 1847 werd de eerste olieput ter wereld geboord in Bakoe aan de Kaspische Zee, in het tegenwoordige Azerbeidzjan. Bakoe maakte al gauw een bloeiperiode mee door de nieuwe vraag naar olie. Er werden honderden putten geboord om de vloeibare olie aan de enorme ondergrondse reservoirs te onttrekken. In het midden van de negentiende eeuw (1860) produceerde Bakoe 90 procent van alle olie in de wereld. Op dit schilderij van Herbert Ruland zie je het Bakoe van 1960. Bakoe is vandaag de dag nog steeds een oliestad van belang.

Oil Springs, Ontario, 1862

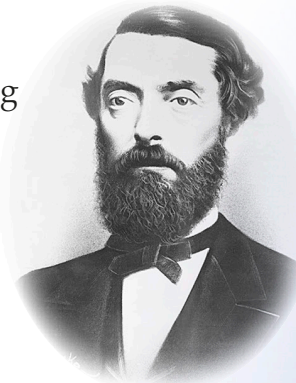


EMMERS MET OLIE

In 1858 zag James Williams (1818–90) in dat de olieachtige zwarte moerassen in Lambton County in Ontario, Canada, wel eens een bron van aardolie zouden kunnen zijn voor kerosine. Hij groef een gat en ontdekte dat de olie zo rijkelijk naar boven welde dat hij de ene emmer na de andere kon vullen. Dit was de eerste olieput in Amerika. Het gebied kreeg de naam Oil Springs en binnen een paar jaar stonden overal eenvoudige boortorens—de frames voor de ondersteuning van de boorapparatuur.



Aandeel van Seneca Oil Company



Edwin L. Drake

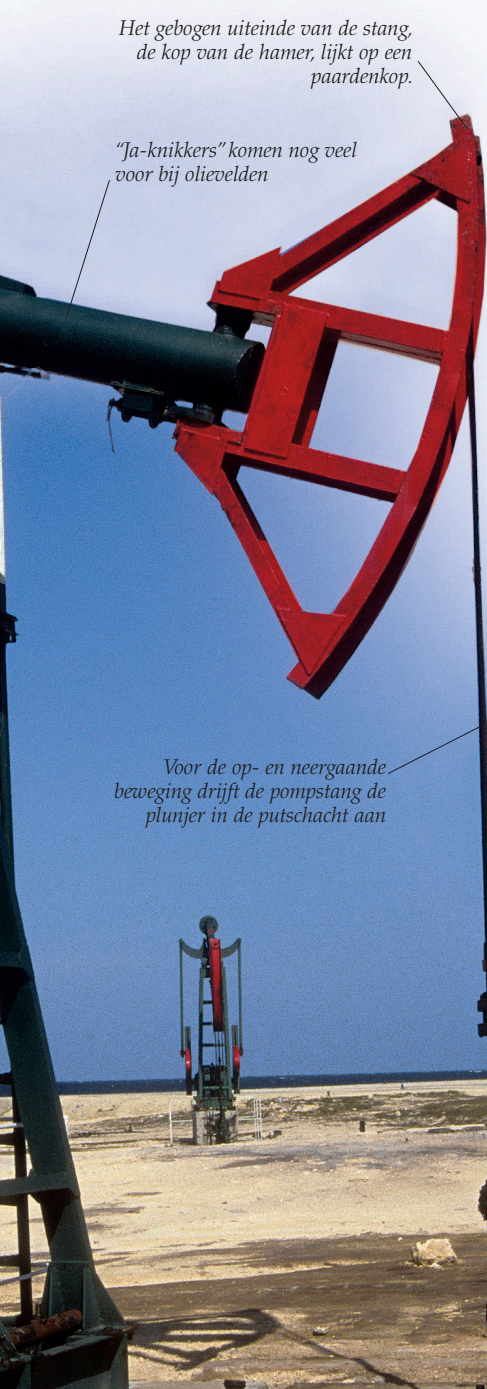
Een paar krukken, aangedreven door een elektrische motor, trekt één uiteinde van de pompstang omhoog en duwt het omlaag

Pompkruk

“YANKEE VINDT OLIE!”

De jurist George Bissell uit New York (1812–84) was ervan overtuigd dat er vloeibare olie onder de grond kon worden aangeboord. Hij richtte het bedrijf Seneca Oil op en nam Edwin L. Drake (1818–80), een gepensioneerde treinconductor, in dienst die hij naar Titusville, Pennsylvania, stuurde waar de waterputten vaak door olie waren vervuild. Op 28 augustus 1859 boorden Drake en zijn mannen op 21 m diepte olie aan: dit was de eerste olieput in de VS.





Het gebogen uiteinde van de stang, de kop van de hamer, lijkt op een paardenkop.

"Ja-knikkers" komen nog veel voor bij olievelden

Voor de op- en neergaande beweging drijft de pompstang de plunjer in de putschacht aan

Ja-knikker in het Schoonebeek-olieveld (1963)

JA-KNIKKER

In de begintijd lagen de belangrijkste oliebronnen net onder de oppervlakte. Er werden talloze putten gegraven om bij de olie te komen. Soms kwam de olie vanzelf onder de eigen druk naar de oppervlakte. Nadat er voldoende olie was afgevoerd, viel die druk weg en moest de olie naar boven gepompt worden. De pomp die daarvoor meestal werd gebruikt werd "Ja-knikker" genoemd vanwege de manier waarop de pompstang langzaam op en neer beweegt. Wanneer het balanssegment ofwel de "kop" aan het ene einde van de stang valt, gaat de plunjer de put in. Als de kop omhoog komt, zuigt de plunjer olie naar het oppervlak.



OLIEVONDST IN NEDERLAND

In Nederland werd voor het eerst in de jaren twintig van de vorige eeuw geboord naar aardolie. In 1924 werd de eerste vondst gedaan in Corle nabij Winterswijk. Het bleek een te kleine hoeveelheid om tot winning over te gaan. In 1938 werden tijdens het World Petroleum Congress bij een demonstratieboring aan de Mient in Den Haag sporen aardolie aangetroffen door de Bataafse Petroleum Maatschappij (BPM). Pas in 1943 werd door de BPM het eerste winbare olieveld in het Drentse grensdorp Schoonebeek ontdekt. Het olieveld bleek het grootste olieveld in Noordwest-Europa te zijn dat ooit op land is gevonden. Het werd na de Tweede Wereldoorlog op grote schaal met behulp van zogenaamde "ja-knikkers" in productie genomen.



GASVELD IN GRONINGEN

Het aardgasveld in Groningen werd in 1959 door de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) ontdekt bij het dorp Slochteren. Het Groningen-veld bleek het grootste gasvoorkomen van Europa te zijn en was toentertijd zelfs het op twee na grootste gasveld ter wereld. Een groot netwerk van pijpleidingen is aangelegd om zowel de Nederlandse huishoudens als onze buurlanden van aardgas te voorzien.



Een van de eerste boorplatformen in de Noordzee (1970)

NOG MEER GAS IN NOORDZEE
 Van onze economische redactie DEN HAAG, dinsdag
 Placid International Oil, die begin van dit jaar circa 70 km noordwesten van Den Helder aardgas aanboorde op het Nederlandse deel van de Noordzee, heeft bij een tweede boring, ongeveer vijf km verder, ongeveer vijf km verder van de eerste, opnieuw gas aangetroffen.
 Het booreiland Penrod 58 zal over vijftien dagen deze boor- plaats verlaten om verder in de naaste omgeving een nieuwe boring te beginnen. Er zullen verschillende boringen nodig zijn om de commerciële exploitatie van de commerciële exploitatie van het gas te kunnen vaststellen.
 Naast Placid is op dit moment ook de Nederlandse Aardolie Mij. (Shell/Esso) bezig met drie boringen op het Noordzeeplaat. De NAM heeft tot dusver op twee plaatsen gas aangetroffen, Mobil Oil op één plaats, terwijl onlangs Tenneco olie aanboorde.

BORINGEN OP ZEE

In de jaren 60 van de vorige eeuw kwamen Amerikaanse olie- en gasbedrijven naar Nederland om een tweede gasveld met de omvang van het veld in Groningen in de Noordzee te zoeken. Met boorplatformen afkomstig uit de Golf van Mexico deden ze de eerste proefboringen. Een dergelijk groot gasveld is echter nooit meer gevonden. Wel zijn er talloze kleinere gasvelden ontdekt. Het eerste gasveld werd in februari 1970 aangeboord door Placid International Oil Limited. Productie uit de Noordzee volgde in 1975 toen de eerste gaspijpleiding naar land was aangelegd.

Krantenkniptel uit dagblad De Telegraaf (1970)



Stoomauto van Bordino, 1854

UITGEPUFT

Sommige van de allereerste auto's hadden stoommachines in plaats van inwendige verbrandingsmotoren zoals de meeste auto's van nu. Deze hier werd in 1854 gebouwd door Virginio Bordino (1804–79), en daarin werd steenkool verbrand om water in stoom om te zetten. De volgende generatie stoomauto's gebruikten benzine of kerosine en waren veel effectiever, maar het duurde nog steeds bijna een half uur voordat er voldoende stoom was ontwikkeld om te kunnen gaan rijden. Bij een auto met een inwendige verbrandingsmotor kon men echter instappen en meteen wegrijden—vooral na de uitvinding van de elektrische startmotor in 1903.

GOOI MAAR VOL!

Naarmate meer en meer Amerikanen in de jaren 20 achter het stuur kropen, verschenen er door het hele land pompstations langs de wegen waar de automobilisten hun lege benzinetanks weer konden vullen. Destijds waren de benzinetanks veel kleiner, zodat er geen grote afstanden konden worden afgelegd op een volle tank. Daarom had bijna ieder dorp, iedere buurt en ieder stadje een eigen benzinestation, met de eigen karakteristieke pompen in de stijl van de oliemaatschappij. Deze pompstations uit de jaren 20 vormen nu een geliefd onderdeel van het erfgoed.

Iedere pomp had bovenop een eigen verlichting, zodat deze 's avonds gemakkelijk te zien was



De oliebonanza

IN HET BEGIN VAN DE 20STE EEUW WERD ook in Europa een automobielenindustrie opgebouwd. Oliebedrijven zoals de Bataafse Petroleum Maatschappij boorden daarom in eerste instantie naar aardolie. Na de vondst van het enorme gasveld in Groningen veranderde Nederland in een aardgasland. Vandaag de dag gebruiken de meeste Nederlanders gas om hun huis te verwarmen en om te koken. Met de winning en verkoop van aardgas uit Groningen heeft Nederland veel geld verdiend. Een deel van onze welvaart hebben we te danken aan het Groningse gas. Ook nu nog worden grote hoeveelheden aardgas uit Groningen gewonnen en verkocht.

De wielen werden vroeg in het proces aangebracht, zodat het chassis gemakkelijk kon worden verplaatst

Centraal in de constructie van de T-Ford was het stevige chassis van vanadiumstaal



T-TIJD

Henry Ford (1863–1947) wilde een “motorrijtuig voor de grote massa maken—een auto met zo'n lage prijs dat niemand met een goed salaris er niet een kan kopen.” Het resultaat was het model T, de eerste massaal geproduceerde auto ter wereld. Hij kwam in 1908 op de markt, en was meteen een groot succes. Binnen vijf jaar waren er een kwart miljoen T-Fordjes, 50 procent van alle auto's in de VS. In 1925 was nog steeds de helft van alle Amerikaanse auto's van het model T, maar nu waren dat er 15 miljoen. Het model T leidde tot de eerste hausse in oliebruik.



De spatschermen konden gewoon in een paar seconden worden vastgeschroefd terwijl de auto voorbijkwam in de productielijn

MASSAPRODUCTIE

Aan het begin van de 20ste eeuw waren auto's hebbedingetjes van rijkelui. Een auto werd gemaakt door ambachtslieden en kostte daarom kapitalen. Dat veranderde met de uitvinding van massaproductie: grote ploegen arbeiders voegden onderdelen aan gedeeltelijk geassembleerde auto's toe die voorbijkwamen op productielijnen in een fabriek. Zo konden auto's goedkoop en in grote aantallen worden gebouwd. De auto werd het dagelijks vervoermiddel van de gewone Amerikaan.



Het bedrijf Gilmore werd opgericht door een melkveehouder in Los Angeles nadat hij op olie was gestoten toen hij een waterput boorde voor zijn koeien

Oude pompen zijn nu verzamelobjecten die vaak voor duizenden dollar van de hand gaan

Op het display ziet u de prijs van de getankte hoeveelheid

De onderste teller geeft de getankte hoeveelheid aan

Benzine wordt via de slang uit een ondergrondse opslagtank aangevoerd

DE GROTE VERKOOPTruc
Zwarte, kleverige olie is niet bepaald een fraai product. De marketingjongens van oliemaatschappijen wrongen zich dan ook in allerlei bochten om olie aantrekkelijk te maken en zo de omzet te maximaliseren. In advertenties en reclame werden heldere kleuren en stijlvolle locaties gebruikt en het neusje van de zalm onder jonge eigentijdse kunstenaars werd aangetrokken om prachtige posters te maken. Deze voor Shell Oils dateert van 1926. De olie zelf is nergens te zien.



Bij gebrek aan het authentieke artikel verfdn sommige vrouwen hun benen om de kleur van nylon kousen na te bootsen



Nylon kousen imiteren, in de jaren 40

NYLON KOUSEN
In de jaren 30 probeerden bedrijven manieren te vinden voor het benutten van de olie die was overgebleven na extractie van motorolie. In 1935 gebruikte Wallace Carothers van het chemiebedrijf DuPont™ olie om een sterke, elastische kunstvezel te maken die nylon werd genoemd. De nylon kousen die in 1939 op de markt kwamen, waren direct zeer in trek bij jonge vrouwen. Tijdens de Tweede Wereldoorlog (1939-45), toen er een tekort aan nylon was, bootsten vrouwen vaak nylon kousen na door zwarte "naden" op de achterkant van hun benen te tekenen.

Nylon kousen

LAAT UW BOLIDE BRULLEN

De oliemaatschappijen vochten om de gunst van de klant en ze ontwierpen daarvoor hun eigen unieke logo. Vaak had dat niets van doen met olie. Het was eerder een beeld waardoor de olie opeens aantrekkelijker of interessanter werd. Deze pomp van het bedrijf Gilmore uit de jaren 30 was kenmerkend: de benzine wordt in verband gebracht met een brullende leeuw. Vandaag de dag kijkt niemand meer op van zulke beeldvorming, maar in die tijd was dit heel bijzonder.

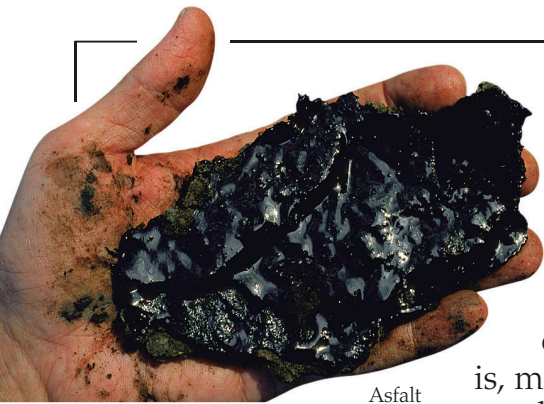
Advertentie geeft een geïdealiseerd beeld van het huiselijk leven



Advertentie voor Tupperware uit de jaren 50

DE EERSTE KUNSTSTOFFEN

Veel kunststoffen die nu wijdverbreid zijn komen voort uit de oliehausa, omdat wetenschappers ontdekten hoe ze kunststoffen zoals PVC en polyetheen konden maken uit olie. Toen de welvaart na de Tweede Wereldoorlog weer toenam, werden allerlei goedkope plastic producten geïntroduceerd voor alledaags gebruik in huis. De bekendste waren de "Tupperware"-doosjes om voedsel in te bewaren, in 1946 uitgevonden door de scheikundige Earl Tupper van DuPont™.



Asfalt

KLEVERIG GOEDJE

Op sommige plaatsen welt olie uit de grond. Door blootstelling aan de lucht verdampen de vluchtige componenten, zodat er een zwarte slib overblijft of zelfs een brok zoals deze. Als de olie net dikke stroop lijkt, wordt het bitumen genoemd; als het meer op karamel lijkt, heet het asfalt. Deze vormen van olie worden vaak aangeduid als pek of teer.

AARDGAS

Olie bevat verbindingen die zo vluchtig zijn dat ze snel verdampen en aardgas vormen. Bijna iedere oliebron bevat genoeg van deze verbindingen om in ieder geval wat aardgas te maken. Sommige bronnen bestaan vrijwel geheel uit gas.



Aardgasvlam

Wat is olie?

OLIE EN AARDGAS worden ook wel petroleum genoemd. Dat woord komt uit het Latijn en betekent "rotsolie." Aardolie is een donkere stof die meestal vloeibaar is, maar ook in vaste vorm of gasvorm voorkomt. Als het rechtstreeks uit de grond komt als vloeistof, spreken we van ruwe olie als het donker en kleverig is, en anders van condensaat als het helder en vluchtig is (gemakkelijk verdamp). In vaste vorm heet het asfalt, en in halfvaste vorm heet het bitumen. Aardgas komt zelfstandig of in combinatie met olie voor. Aardolie ontstaat op natuurlijke wijze, uit de vergane resten van organismen. Hoewel het een simpele drab lijkt, is het in werkelijkheid een complex mengsel van verbindingen. In raffinaderijen en petrochemische installaties kunnen allerlei verschillende chemische groepen worden afgescheiden, waaruit vervolgens een groot aantal andere stoffen worden gemaakt.

RUWE OLIE

Ruwe olie is meestal dik, maar komt voor in heel veel samenstellingen en kleuren, zoals zwart, groen, rood of bruin. Zo is ruwe olie uit Sudan gitzwart, en is de olie uit de Noordzee donkerbruin. Olie uit de staat Utah in de VS is oranje van kleur, maar de olie uit delen van Texas is bijna geel. "Zoete" ruwe olie is gemakkelijk te raffineren omdat deze weinig zwavel bevat. "Zure" olie daarentegen bevat meer zwavel en vereist een langer durende behandeling. De kleur hangt grotendeels af van de dichtheid (specifieke zwaartekracht) van de olie.



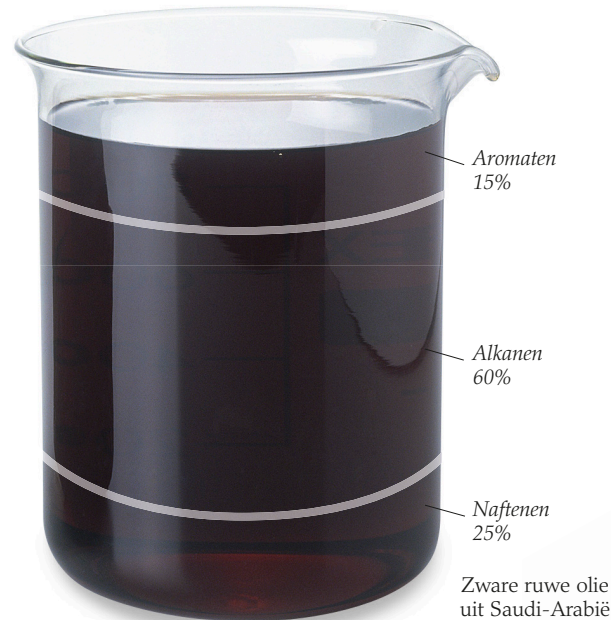
Bruine ruwe olie



Zwarte ruwe olie

OLIEMENGSSEL

Olie bevat voornamelijk verbindingen die bestaan uit de elementen waterstof (14 procent van het gewicht) en koolstof (84 procent). Deze elementen zijn verbonden in olie als zogeheten koolwaterstoffen. Er komen drie hoofdsoorten koolwaterstoffen in olie voor, te weten alkanen, aromaten en naftenen. In het diagram ziet u de verhoudingen (bij benadering) van deze stoffen in zware ruwe olie uit Saudi-Arabië, die meer alkanen bevat dan vele andere soorten ruwe olie.



Aromaten
15%

Alkanen
60%

Naftenen
25%

Zware ruwe olie
uit Saudi-Arabië



Lichte oliën
drijven op
water

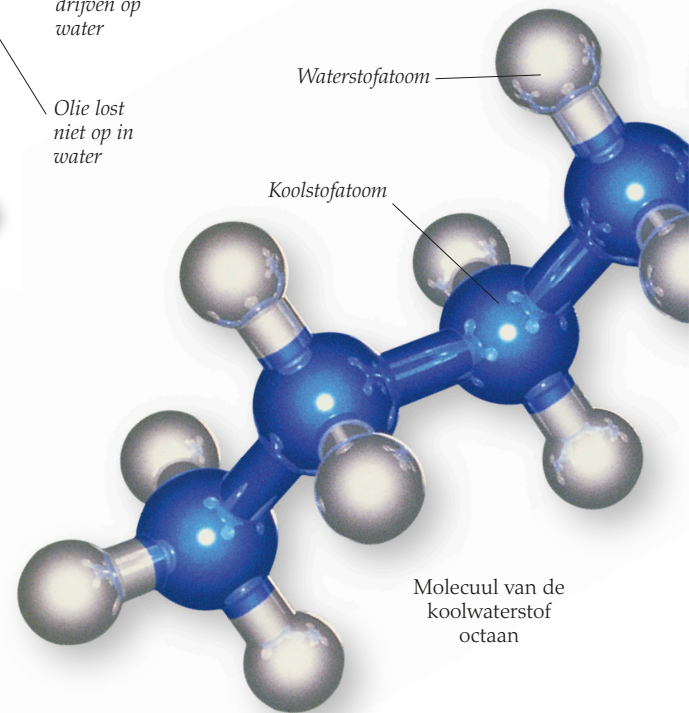
Olie lost
niet op in
water

LICHTE EN ZWARE OLIE

Dunne en vluchtige oliën (die snel verdampen) worden "licht" genoemd, en dikke, stroperige olie (die niet zo gemakkelijk stroomt) "zwaar." De meeste oliën drijven op water, maar sommige zware oliesoorten zinken (echter niet in zeewater, want dat heeft een hogere dichtheid dan zoet water).

KOOLWATERSTOFVERBINDINGEN

De moleculen van koolwaterstoffen in ruwe olie hebben ring- of ketenstructuren. Alkanen, zoals methaan en octaan, bestaan uit ketens. Aromaten zoals benzeen, hebben ringvormige moleculen, terwijl naftenen (cycloalkanen) zware koolwaterstoffen met een ringstructuur zijn. Olie bevat ook kleine hoeveelheden verbindingen zonder waterstof die NSO's worden genoemd (en hoofdzakelijk uit stikstof, zwavel en zuurstof bestaan).



Molecuul van de
koolwaterstof
octaan



KOEIENGAS

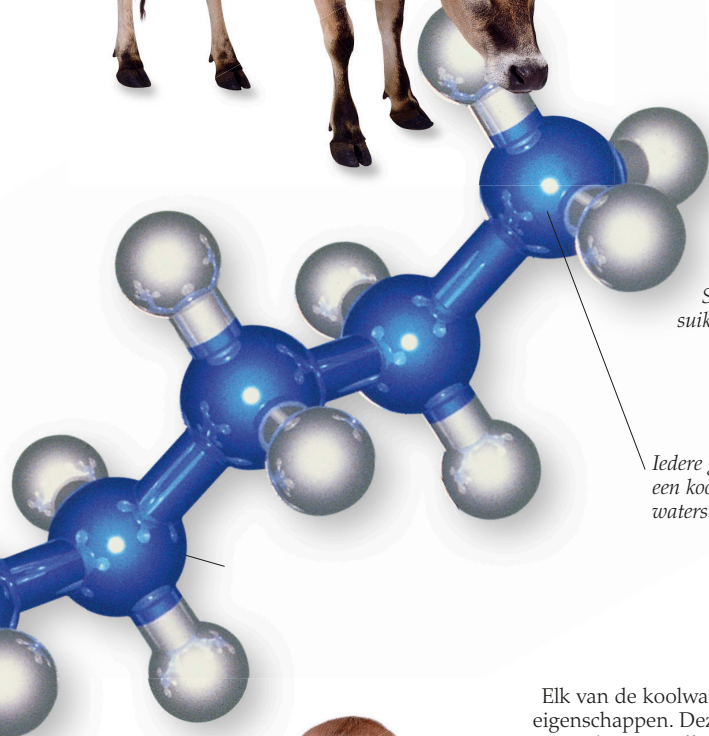
Methaan, een bestanddeel van olie, is een koolwaterstof die rijkelijk in de natuur voorkomt. Het is een simpele koolwaterstof, ieder molecuul bestaat uit een enkel koolstofatoom dat vier waterstofatomen heeft gebonden. Er zijn grote hoeveelheden methaan ingesloten in organisch materiaal op de zeebodem. De veestapel van de wereld stoot ook grote hoeveelheden methaan uit in de vorm van winden. Het methaan ontstaat in het spijsverteringskanaal van de dieren waarin bacteriën voedsel afbreken.

Rijst is een goede bron van zetmeel



Suikerriet is rijk aan suikers, die het lichaam meteen van energie voorzien

Iedere groep bestaat uit een koolstofatoom en twee waterstofatomen



PLANTAARDIGE KOOLWATERSTOFFEN

Koolwaterstoffen komen ook voor in vele plantaardige oliën en dierlijke vetten. De geur van planten en bloemen is te danken aan koolwaterstoffen die etherische oliën worden genoemd. Parfumbereiders verhitten, stomen of kneuzen vaak planten om deze etherische oliën te onttrekken voor toepassing in hun geuren. Etherische oliën met de naam terpenen worden gebruikt als natuurlijke smaakstoffen in voedsel. De terpeen kamfer wordt onder andere toegepast in mottenballen, omdat kleermotten niet gesteld zijn op de geur van kamfer.



Lavendel

De geur van lavendel wordt bepaald door een mengsel van terpenen

KOOLHYDRATEN

Veel mensen halen nogal eens de begrippen koolwaterstoffen en koolhydraten door elkaar. Koolwaterstofmoleculen hebben een structuur van koolstof- en waterstofatomen, maar koolhydraten bevatten daarbij ook zuurstofatomen. Door de toevoeging van zuurstof zijn er vele complexe vormen mogelijk die van essentieel belang zijn voor levende organismen. Koolhydraten zoals zetmelen en suikers vormen de elementaire energiebronnen voor zowel planten als dieren. De energie in zetmelen komt langzamer vrij dan die in suikers.

Stookolie (voor energiecentrales en schepen)

Zware smeerolie

Gemiddeld zware smeerolie

Lichte smeerolie

Diesel

Vliegtuigbrandstof (kerosine) Benzine

Bitumen



OLIE UITSPILTSEN

Elk van de koolwaterstoffen in ruwe olie heeft andere eigenschappen. Deze kunnen pas worden benut nadat ruwe olie is geraffineerd (verwerkt) en in verschillende groepen koolwaterstoffen is gescheiden, zoals hier te zien is. De groepen worden in wezen verdeeld op grond van dichtheid en viscositeit (stroperigheid), waarbij bitumen de hoogste dichtheid en viscositeit heeft, en benzine de laagste.

KOOLWATERSTOFFEN IN HET LICHAAM

Er bevinden zich vele natuurlijke koolwaterstoffen in het menselijk lichaam. Een daarvan is cholesterol, de olieachtige, vetachtige stof in het bloed die bijdraagt aan de vorming van de wanden van bloedvaten. Andere cruciale koolwaterstoffen in het lichaam zijn de steroïdehormonen, zoals de geslachtshormonen progesteron en testosteron, die zeer belangrijk zijn voor seks en voortplanting.

Kinderen kunnen niet worden verwekt zonder de hormonen (specifieke koolwaterstoffen) in het lichaam van hun ouders



Waar olie vandaan komt

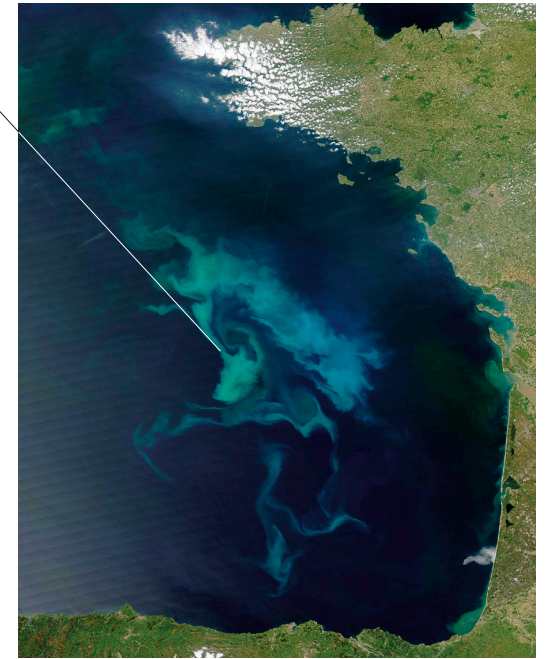
WETENSCHAPSBEOEFENAREN DACHTEN VROEGER DAT OLIE ontstond door chemische reacties tussen mineralen in rotsgesteenten diep onder de grond. Nu gaan de meesten ervan uit dat slechts een klein deel van de olie zo is ontstaan. Het grootste deel van de olie in de wereld is volgens hen in de loop der tijd ontstaan uit de restanten van organismen. De theorie is dat de overblijfselen van talloze microscopische mariene organismen zoals foraminiferen en vooral plankton zich op de zeebodem ophoopten als een dikke smurrie, en geleidelijk bedolven werden onder sedimenten. De resten werden in de loop van miljoenen jaren—eerst door bacteriën en daarna door hitte en druk in de aarde—omgezet in vloeibare olie. De olie sijpelde langzaam door de rotsen en kwam terecht in ondergrondse holten die fuiken worden genoemd, en daar wordt de olie nu onttrokken via olieputten.

Uitvergroting van diatomeeën

Diatomeeën hebben een glasachtig skelet van silica (siliciumdioxide)

Skeletten van diatomeeën kunnen allerlei vormen hebben, vaak met complexe en prachtige structuren

De lichtgroene en lichtblauwe vlekken duiden op fytoplanktonbloei



BLOEI IN DE OCEANEN

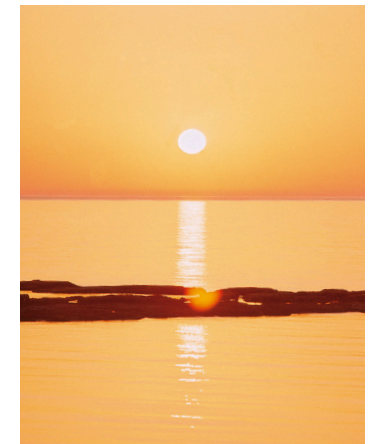
De vorming van olie is waarschijnlijk vooral afhankelijk van de enorme planktongroei in de ondiepe wateren voor de kust van continenten. Deze planktonbloei leidt tot dikke massa's fytoplankton. Deze massa's kunnen zo groot zijn dat ze zichtbaar zijn op satellietfoto's zoals deze hierboven van de Golf van Biskaje. Dergelijke bloei komt meestal voor in de lente, wanneer het zonlicht en de opwelling van koud water vol voedingsstoffen uit diepere lagen van de zee tot een explosieve groei van plankton leiden.

PLANKTONSOEP

De oppervlaktewateren van oceanen en meren zijn rijk aan drijvend plankton. Deze organismen zijn zo klein dat ze niet met het blote oog te zien zijn. De restanten daarvan vormen een dikke deken op de zeebodem. Er zijn twee hoofdsoorten plankton. Fytoplankton kan net als planten zijn eigen voedsel maken met behulp van zonlicht. Zoöplankton voedt zich met fytoplankton en met ander zoöplankton. Diatomeeën zijn de meest voorkomende soort fytoplankton.

BRON VAN GECONCENTREERDE ENERGIE

Olie zit vol energie, die is opgeslagen in de bindingen in de koolwaterstofmoleculen. Al die energie is afkomstig van de zon. Lang geleden gebruikten kleine organismen, fytoplankton, de energie uit het zonlicht om eenvoudige verbindingen in voedsel om te zetten (fotosynthese). Naarmate de dode fytoplankton in olie veranderde, werd de ingesloten energie steeds meer geconcentreerd.

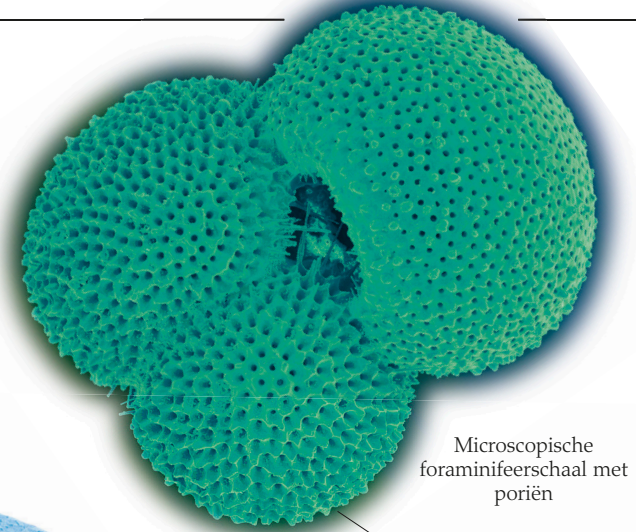




Krijtotsen waarin zich gefossiliseerde foraminiferen bevinden, Sussex, Engeland

FORAMINIFEREN

Foraminiferen (heel kleine eencellige organismen) komen in enorme hoeveelheden in de werelddoceanen voor. Net als diatomeeën vormen ze belangrijk bronmateriaal voor olie. Foraminiferen vormen een schaal of huisje om zich heen. Krijtotsen zijn rijk aan fossiele schalen van foraminiferen. Iedere geologische periode en gesteentelaag heeft zijn eigen speciale foraminiferen, dus bedrijven die olievelden zoeken, kijken bij het boren naar de foraminiferen om een beeld te krijgen van de geschiedenis van het gesteente.



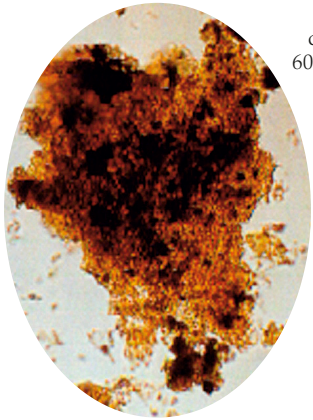
Microscopische foraminifeerschaal met poriën

Schaal is gemaakt van calciumcarbonaat

Microscopisch beeld van kerogeendeeltje

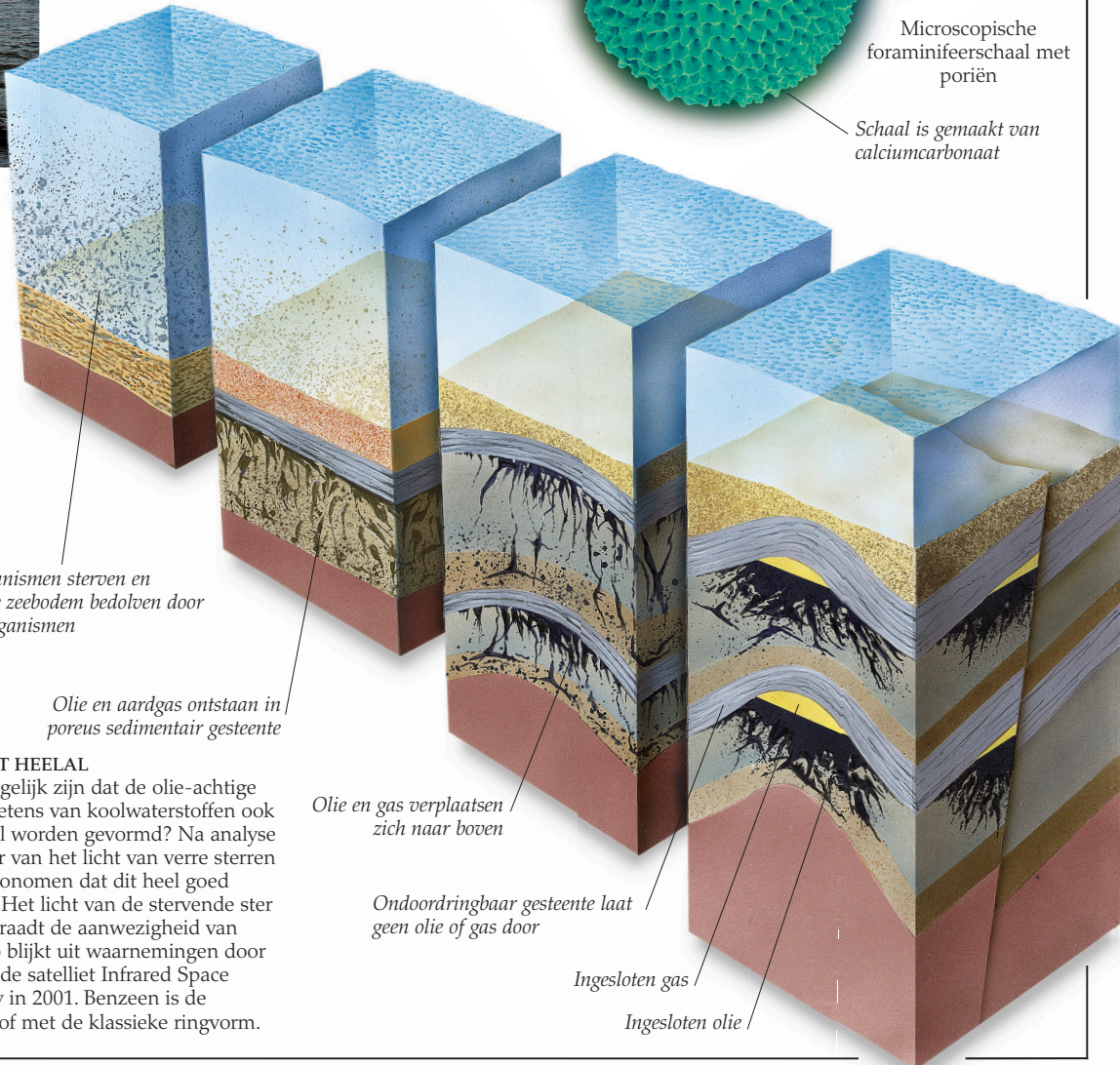
HOE OLIE ONTSTAAT

De dode mariene organismen op de zeebodem rotten eerst weg onder invloed van bacteriën, waarbij de stoffen kerogeen en bitumen worden gevormd. Naarmate kerogeen en bitumen dieper onder afzettingen worden bedolven—tussen 1000 en 6000 m—gaan ze door de toegenomen hitte en druk “koken”. Ze veranderen daardoor in belletjes olie en aardgas. De belletjes verspreiden zich door poreus gesteente, net als water in een spons. In de loop van miljoenen jaren sijpelen sommige daarvan door het gesteente omhoog, en komen terecht in fuiken als ze worden omsloten door ondoordringbare rotslagen.



HALVERWEGE

Een klein deel van de restanten van microscopisch kleine mariene organismen wordt omgezet in olie. De rest verandert in kerogeen. Dit is een bruin/zwarte vaste stof in sedimentaire gesteentes (die zijn gevormd uit het puin van andere gesteentes en ander organisch materiaal). Voor de omzetting in olie moet kerogeen onder druk worden verhit tot meer dan 60 °C.



Mariene organismen sterven en worden op de zeebodem bedolven door meer dode organismen

Olie en aardgas ontstaan in poreus sedimentair gesteente

Olie en gas verplaatsen zich naar boven

Ondoordringbaar gesteente laat geen olie of gas door

Ingesloten gas

Ingesloten olie

OLIE IN HET HEELAL

Zou het mogelijk zijn dat de olie-achtige ringen en ketens van koolwaterstoffen ook in het heelal worden gevormd? Na analyse van de kleur van het licht van verre sterren denken astronomen dat dit heel goed mogelijk is. Het licht van de stervende ster CRL618 verraadt de aanwezigheid van benzeen, zo blijkt uit waarnemingen door middel van de satelliet Infrared Space Observatory in 2001. Benzeen is de koolwaterstof met de klassieke ringvorm.



Aardgas

DUIZENDEN JAREN GELEDEN MERKTEN mensen in delen van Griekenland, Perzië en India dat er een gas uit de grond opsteeg dat gemakkelijk vlam vatte. Deze aardgasvlammen werden soms het middelpunt van mythen of geloofsovertuigingen. Aardgas is een mengsel van gassen, maar bestaat hoofdzakelijk uit methaan—de eenvoudigste en lichtste koolwaterstof. Net als olie ontstaat aardgas onder de grond uit de resten van kleine mariene organismen en komt vaak met de ruwe olie mee naar boven in olieputten. Het kan ook uit velden komen die alleen gas en condensaat bevatten of uit “natuurlijke” bronnen die alleen aardgas bevatten. Tot voor kort werd er weinig gedaan met dat aardgas. Aan het begin van de 20ste eeuw werd het bij olieputten als afval beschouwd en verbrand. Tegenwoordig wordt aardgas bijzonder gewaardeerd als schone brandstof waarmee in een kwart van de behoefte van de wereld aan energie wordt voorzien.

DWAALLICHT

Als organisch materiaal gaat rotten, kan er een gas vrijkomen (dat nu biogas wordt genoemd) dat een mengsel is van methaan en fosfine. Belletjes biogas die uit moerassen opborrelden en kortstondig brandden, gaven aanleiding tot de legende van het dwaallicht — spooklichtjes die door geesten of de duivel zouden worden gebruikt om reizigers naar hun ondergang te leiden, zoals hier is afgebeeld.

EXTRACTIE EN VERWERKING

Aardgas wordt vaak gewonnen in installaties zoals deze hieronder. Het gas is zo licht dat het uit zichzelf uit de put opstijgt; er hoeft niet gepompt te worden. Voordat het afgevoerd wordt voor gebruik moeten onzuiverheden en ongewenste stoffen worden verwijderd. “Zuur gas,” dat veel zwavel en koolstofdioxide bevat, is zeer corrosief en gevaarlijk, en vergt dus meer bewerking. Omdat verwerkt aardgas geurloos is, worden er stoffen toegevoegd die thiolen heten en een opvallende geur hebben, zodat gaslekken kunnen worden opgemerkt.

Een LNG-tanker heeft meestal een capaciteit van meer dan 150 miljoen liter, met dezelfde energie als 91 miljard liter aardgas in de gasvorm



Aanleg van de NGT-pijpleiding in het Waddengebied

GASLEIDINGEN

De NGT was de eerste pijpleiding die gas van de Noordzee naar het Nederlandse vasteland transporteerde (1975). Op de bodem van de Noordzee ligt inmiddels een uitgebreid netwerk van pijpleidingen (zie ook pagina 39.)

Installatie voor extractie en verwerking bij gasveld bij Novy Urengoy, West-Siberië, Rusland

Met verwerkingseenheden (gaswassers) worden onzuiverheden en ongewenste stoffen verwijderd uit het gas



REVOLUTIE OP STRAAT

De introductie van gaslantaarns op straat in Londen aan het begin van de 19de eeuw betekende een ware omwenteling. Het duurde niet lang voordat de straten in steden over de hele wereld 's avonds helder werden verlicht, waar ze vroeger bijna geheel in duisternis gehuld waren. Hoewel aardgas al in 1816 voor straatverlichting werd gebruikt, brandden de meeste lampen in de 19de eeuw op steenkoolgas, dat uit steenkool werd verkregen. Aan het begin van de 20ste eeuw begon elektrische verlichting de plaats in te nemen van gasverlichting.



Gaslampen moesten iedere avond één voor één worden aangestoken

GASTANKER

Niet al het gas wordt per pijpleiding aangevoerd—zeker niet als het grote afstanden over zee af moet leggen. Grote schepen met bolvormige opslagtanks vervoeren gas over de oceanen in de vorm van vloeibaar aardgas, ofwel LNG. Daartoe wordt aardgas afgekoeld tot $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$. Bij die temperatuur wordt aardgas vloeibaar. In de vloeistoffase bedraagt het volume minder dan 1/600ste van het volume dat het als gas inneemt.



Versterkte tanks houden het gas onder druk en in vloeibare vorm

Eén tank bevat genoeg energie om vijf minuten lang te voldoen aan de elektriciteitsbehoeften van de VS

Verwerkt aardgas wordt voor distributie naar leidingen gepompt



LICHTGAS

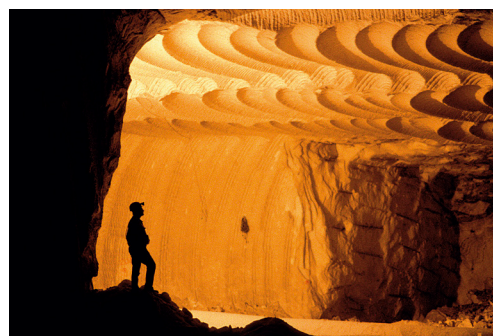
Tegen het midden van de 18e eeuw hadden de meeste steden hun eigen gasfabrieken om steenkoolgas te maken, (ook wel stadsgas of lichtgas genoemd). Het gas werd opgeslagen in gashouders, grote metalen tanks. Lichtgas werd niet alleen gebruikt voor verlichting, maar ook voor koken en verwarming. Het raakte in onbruik in de tweede helft van de 20ste eeuw, nadat aardgas door de ontdekking van uitgestrekte aardgasvelden en de aanleg van pijpleidingen gemakkelijker verkrijgbaar was geworden. Aardgas was ook goedkoper en veiliger dan lichtgas.

Gashouders daalden in de grond naarmate de hoeveelheid gas die ze bevatten afnam

Propana geeft bij verbranding een blauwe vlam te zien

GASGROT

Aardgas is te brandbaar om in tanks te worden opgeslagen en neemt ook te veel plaats in. Nadat het is verwerkt en per pijpleiding naar de plaats van bestemming is gebracht, wordt het gas ondergronds opgeslagen voorafgaande aan gebruik, soms in oude zoutmijnen zoals deze in Italië. Andere ondergrondse opslagplaatsen zijn aquifers (rotsformaties die water bevatten) en uitgeputte gasreservoirs (poreus gesteente dat vroeger "ruwe" aardgas bevatte).



GASSEN DIE UIT AARDGAS WORDEN VERKREGEN

De verwerking van aardgas levert gassen op zoals ethaan, propaan, butaan en isobutaan. De meeste daarvan worden apart verkocht. Zo worden propaan en butaan in flessen verkocht als brandstof voor campingkookstellen. Sommige gasputten bevatten ook helium. Dit is vooral bekend als vulling voor ballonnen, maar het is ook een koelmiddel voor allerlei apparaten zoals kernreactors en bodyscanners.



Rond de Bermuda-driehoek komen gashydraten veelvuldig voor en die zouden schepen hebben kunnen doen zinken. Het is echter een mythe dat er daar veel schepen zijn gezonken.

METHAANHYDRAAT

Methaanhydraat (methaanijs) is een kooivormige structuur van ijs rondom methaanmoleculen. Het wordt gevormd bij lage temperatuur en onder hoge druk. Methaanhydraat wordt gevonden in sedimenten op de bodem van de oceaan en in de permafrost in het Noordpoolgebied. Het ziet eruit als ijs, maar wordt gevormd bij temperaturen boven het vriespunt van water. Als er een brandende lucifer bij wordt gehouden, ontbrandt het. Sommigen denken dat er genoeg methaanhydraat is om honderden zo niet duizenden jaren energie te leveren.

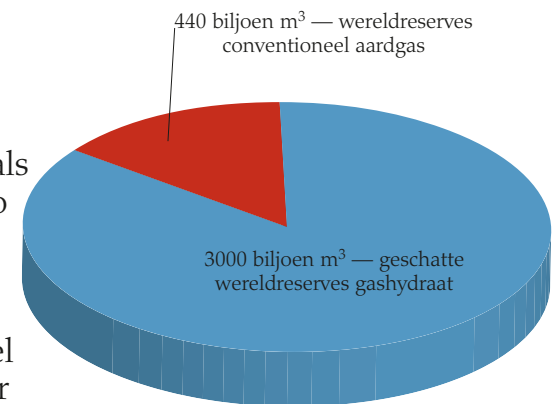
STEENKOOVERGASSING

Bij steenkoolvergassing wordt steenkool omgezet in brandbare gassen door de steenkool te ontleden in de chemische bestanddelen. Na reiniging kunnen deze gassen—koolstofmonoxide, koolstofdioxide, waterstof, methaan en stikstof—worden gebruikt als brandstoffen of grondstoffen voor energieproducten.

Vergassing is een van de beste manieren om de schone brandstof waterstof te produceren voor de auto van de toekomst. De methode heeft ook voordelen qua efficiëntie. Met de warmte die vrijkomt bij de verbranding van steenkool kan water worden gekookt voor stoom die een turbinegenerator aandrijft. De eerste commerciële elektriciteitscentrales die van steenkoolvergassing gebruik maken zijn nu in bedrijf. Veel experts verwachten dat vergassing aan de basis zal staan van nieuwe energiecentrales met schone technologie.

Onconventioneel aardgas

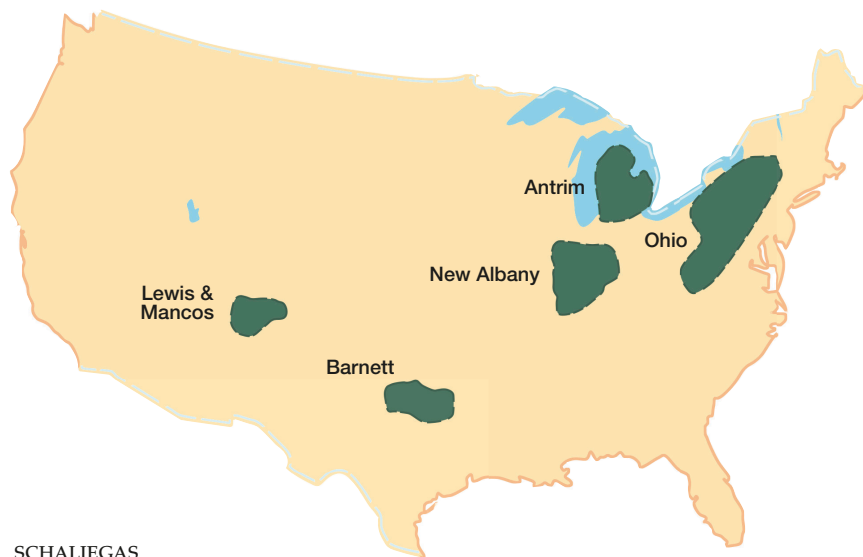
VAN ALLE FOSSIELE BRANDSTOFFEN levert aardgas de schoonste verbranding op en aardgas geniet de voorkeur als brandstof voor elektriciteitscentrales. Het verbruik loopt zo snel op dat producenten de groeiende vraag amper kunnen bijbenen. Steeds meer aardgas zal afkomstig zijn uit onconventionele bronnen. De winning van ongewoon aardgas is moeilijker en duurder dan die van conventioneel aardgas. Tegelijkertijd zijn onconventionele bronnen langer productief dan conventionele bronnen en daardoor kan de levering gedurende langere tijd worden voortgezet. Het gas is in wezen dezelfde stof als conventioneel aardgas en wordt op dezelfde manieren gebruikt, zoals voor de opwekking van elektriciteit, verwarming, koken, vervoer en producten voor industrieel en huishoudelijk gebruik. Er worden voortdurend nieuwe technologieën ontwikkeld om nauwkeuriger schattingen te kunnen doen van de hoeveelheid gas in deze onconventionele reservoirs en om de reservoirs te stimuleren om gas te produceren. Wat nu ongewoon is, is morgen misschien wel heel normaal, dankzij doorbraken in de technologie of innovatieve processen.



Bron: US Geological Survey World Petroleum Assessment 2000.

In deze vergassingsinstallatie in Tampa, Florida, wordt steenkool gebruikt om een gas te verkrijgen dat schoon verbrandt. Er wordt ten minste 95 procent van de zwavel uit het steenkoolgas verwijderd.





SCHALIEGAS

Schaliegas is aardgas dat is opgeslagen in gesteentes die hoofdzakelijk bestaan uit schalie, een fijnkorrelig sedimentair gesteente. Hierboven staan de gebieden in de Verenigde Staten waar schaliegas gewonnen wordt. Ook in Europa bevinden zich waarschijnlijk grote hoeveelheden schaliegas in de aardbodem. In Polen, Engeland, Zweden, Hongarije en Roemenië wordt met behulp van proefboringen onderzocht of het mogelijk is om het schaliegas te produceren. De schattingen voor de winbare hoeveelheden schaliegas in Nederland lopen uiteen van 200 – 500 miljard m³. Anno 2014 is er nog geen exploratieput voor schaliegas geboord in Nederland. Het is daarom nog niet duidelijk of gas uit schalie in voldoende hoeveelheid en economisch kan worden gewonnen.



GAS OP GROTERE DIEPTEN

Gas op grotere diepten is aardgas dat voorkomt in reservoirs op een diepte vanaf 4500 m. Het gaat daarbij vaak om onderzeese reservoirs, dus de put moet meer dan 4500 m diep zijn en de boorstang moet ook eerst nog een weg van honderden meters door zeewater afleggen.

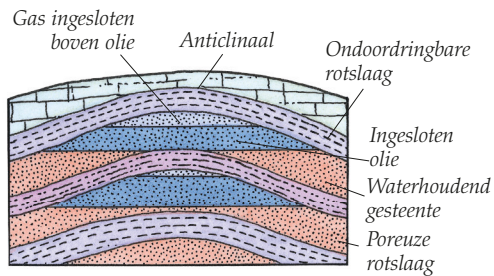
METHAAN IN STEENKOOLLAGEN

CBM (coalbed methane) is methaan in ondergrondse steenkoollagen. De bijna vloeibare methaan bevindt zich aan de binnenkant van de steenkoolporiën en wordt in bedwang gehouden door de waterdruk. Wanneer water wordt weggepompt om de druk te verlichten, ontsnapt de methaan en kan deze in een leiding worden afgevoerd, gescheiden van het water. CBM kan op rendabele wijze worden gewonnen, maar het probleem vanuit milieuoogpunt is wat er met het water moet gebeuren. De methaan in steenkoollagen komt meestal vrij bij het delven van steenkool in mijnen, en dat betekent een gevaar voor mijnwerkers. Vroeger werd de methaan geloosd in de atmosfeer. Tegenwoordig kan methaan echter worden gewonnen en met aardgaspijpleidingen naar de klant worden getransporteerd. Het reservaat van de Southern Ute, een Indianenstam, dat een oppervlakte beslaat van zo'n 3000 km² in het San Juan-bekken in de VS, is gesitueerd boven op een van de grootste CBM-voorraden ter wereld. De stam beheert momenteel de distributie van ruwweg één procent van de aardgasvoorraad in de VS, en is een lichtend voorbeeld voor andere stammen die in hun reservaat ook over natuurlijke energiebronnen in de bodem beschikken.



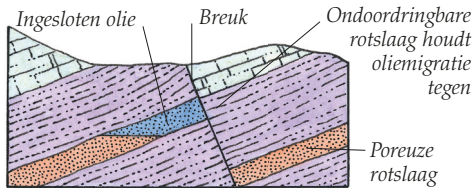
ZONES MET ABNORMAAL HOGE DRUK

Zones met abnormaal hoge druk zijn ondergrondse aardgasreserves die onder ongewoon hoge druk staan, gegeven hun diepte. Ze bevatten lagen zand of slib en bevinden zich op een diepte van 4500 - 7500 m onder het aardoppervlak. Deze zones ontstaan wanneer lagen klei worden afgezet en snel in elkaar worden gedrukt boven op meer poreus, absorberend materiaal zoals zand of slib. Door de snelle verdichting van de klei en de hoge druk worden water en aardgas naar buiten geperst. Dit baant zich een weg naar de meer poreuze afzettingen. In Nederland worden in 2014 twee hoge druk velden in ontwikkeling genomen.



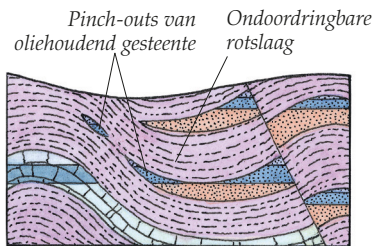
ANTICLINAALFUIK

Olie raakt vaak ingesloten onder anticlinalen—plaatsen waar lagen gesteente in de vorm van een boog naar boven toe zijn gedruwd door de verplaatsing van schollen. Als een van deze verbogen lagen ondoordringbaar is, kan opwellende olie hieronder gevangen raken en zich ophopen. Anticlinaalfuiken zoals deze bevatten veel olie.



BREUKFUIK

Zo nu en dan scheuren rotslagen en schuiven ze over of onder elkaar langs. Het resultaat wordt een breuk genoemd. Oliefuiken kunnen op allerlei manieren ontstaan. De meest gebruikelijke manier is wanneer als gevolg van de breuk een laag ondoordringbaar gesteente door een laag poreus gesteente schuift waar de olie eerder wel doorheen kon sijpelen.



TAPS TOELOPENDE FUIK ("PINCH-OUT")

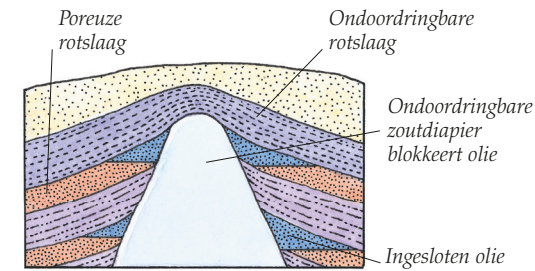
Anticlinaalfuiken, breukfuiken en zoutdiapierfuiken ontstaan door de plaatsing van de rotslagen, en worden structurele fuiken genoemd. Stratigrafische fuiken ontstaan door variaties in de rotslagen zelf. Een pinch-out is een veelvoorkomend type stratigrafische fuik. Dit soort fuiken ontstaat vaak uit oude stroombeddingen, waar een lensvormig gebied van poreus zand ingesloten raakt in minder poreus schalie en siltsteen.

Oliefuiken

OLIEMAATSCHAPPIJEN ZOEKEN BIJ OLIEBORINGEN naar oliefuiken. Dit zijn plaatsen waar zich olie onder de grond ophoopt nadat het uit de omringende gesteentes is gesijpeld. Dit trage proces van sijpelen, dat ook wel migratie wordt genoemd, begint al snel nadat er vloeibare olie is gevormd in een zogeheten moedergesteente. Schalie, dat rijk is aan kerogeen, een vaste organische materie, is het meest voorkomende soort moedergesteente. De olie ontstaat wanneer de kerogeen onder invloed van hitte en druk diep onder de grond verandert. Naarmate het moedergesteente in de loop der tijd onder steeds meer afzettingen komt te liggen, kunnen de olie en het gas eruit geperst worden als water uit een spons, en door poreuze gesteentes migreren. Dit zijn gesteentes met veel poriën of kleine scheurtjes waardoor vloeistoffen kunnen sijpelen. De olie is vaak vermengd met water en omdat olie op water drijft, migreert de olie omhoog. Soms stuit de olie echter op ondoordringbaar gesteente. Deze raakt dan ingesloten en gaandeweg ontstaat een reservoir.

VERBOGEN ROTSEN

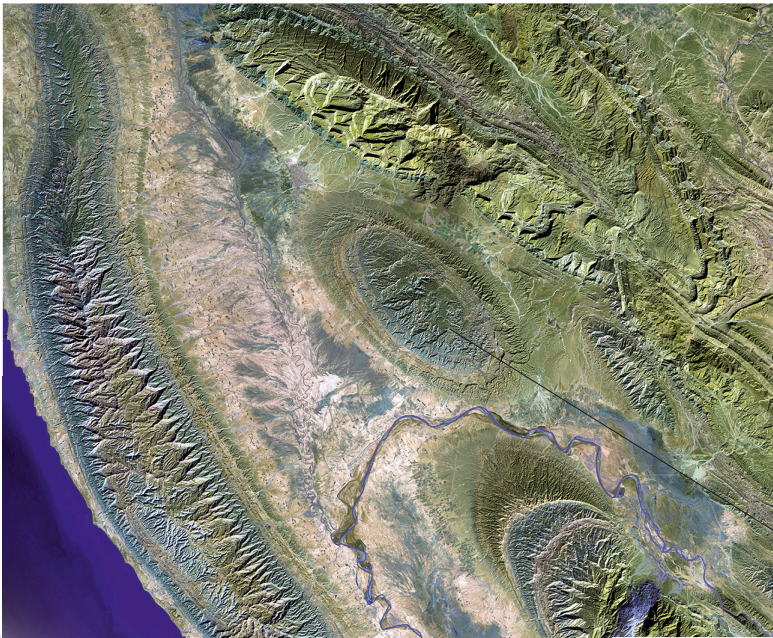
Het is haast niet te geloven dat hard gesteente kan worden verbogen, maar er ontstaan enorme drukken door de verschuiving van de tektonische platen (schollen) waaruit de korst (buitenste laag van de aarde) bestaat. De lagen sedimentair gesteente die u in deze rotsen ziet waren oorspronkelijk horizontaal toen ze gevormd werden uit afzettingen op de zeebodem. De boog (anticlinaal) ontstond doordat reusachtige stukken van de aardkorst naar elkaar toe bewogen en tussenliggende rotslagen verfrommelden. Talloze anticlinalen zoals deze veranderden in oliefuiken.



ZOUTDIAPIERFUIK

Als er grote zoutafzettingen diep onder de grond ontstaan, bollen ze door hitte en druk naar boven toe op in koepels. De koepels duwen bovenliggende rotslagen opzij. Daarbij kunnen de rotslagen door lagen van poreus gesteente dringen, en zo blokkeren ze de olie en vormen op die manier een fuik.





VAN BOVEN GEZIEN
 Anticlinalen vormen vaak lange koepels die er als ovale uitzien op geologische kaarten of op satellietfoto's. Hier zie je een satellietfoto van een reeks ovale anticlinaalkoepels in het Zagros-gebergte in het zuidwesten van Iran. Iedere koepel vormt een aparte, taps toelopende minibergketen, die er van boven uitziet als een reusachtige halve meloen. Dergelijke koepels vormen belangrijke doelen voor bedrijven die op zoek zijn naar grote oliebronnen. Het Zagros-gebergte bevat inderdaad een van de oudste en grootste olievelden ter wereld.

Anticlinaalkoepel

Anticlinaal (boogvormige plooiing naar boven)

Gesteente dat donker is geworden door het organische materiaal waaruit olie kan ontstaan

RESERVOIRGESTEENTES
 De olie die in moedergesteente wordt gevormd is pas bereikbaar nadat de olie naar gesteentes met veel poriën en scheuren heeft kunnen sijpelen. Gesteentes waarin zich olie ophoopt, worden reservoirgesteentes genoemd. De meeste reservoirgesteentes zoals zandsteen en in mindere mate kalksteen en dolomiet, hebben vrij grote korrels. De korrels zitten niet zo dicht op elkaar, zodat de olie er tussendoor kan sijpelen.



Zandsteen



Dolomiet

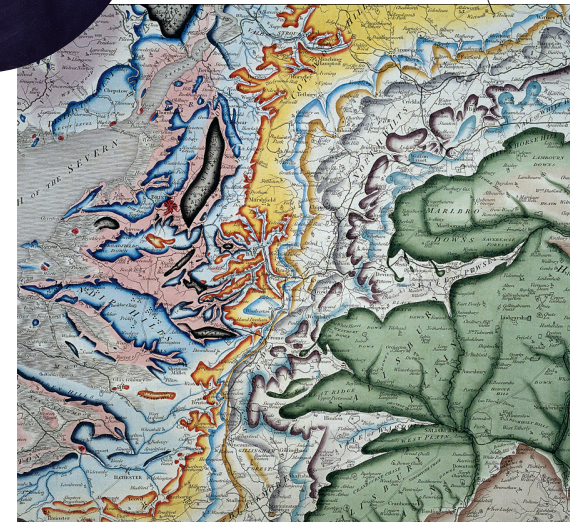


Pisolitische kalksteen

Korrels ter grootte van een erwt



William Smith (1769–1839)



Detail van de geologische kaart van Engeland en Wales, gemaakt door Smith, 1815

DE LAGEN VAN WILLIAM SMITH
 Onze kennis van rotslagen is gebaseerd op het werk van William Smith, een Engelse ingenieur die de eerste geologische kaarten tekende. Toen Smith routes onderzocht voor kanalen, merkte hij dat iedere rotslaag verschillende fossielen bevatte. Hij zag in dat als dezelfde fossielen in verschillende lagen op zekere afstand van elkaar voorkwamen, die lagen even oud moesten zijn. Zo kon hij rotslagen door het landschap traceren en begreep hij hoe ze waren gevouwen en hoe er breuken waren ontstaan.

DEKGESTEENTE

Olie blijft door poreuze gesteentes migreren totdat de weg versperd wordt door ondoordringbare gesteentes—rotsen waarvan de poriën te klein en de scheuren te smal zijn of niet voldoende onderling verbonden zijn om olie of water verder te laten sijpelen. Daar waar ondoordringbaar gesteente olie opsluit in een fuik, spreken we van fuikgesteente of dekgesteente. Dit gesteente fungeert als een deksel op het oliereservoir. De meest voorkomende soort dekgesteente is schalie.



Schalie

Zeer fijne korrels die zeer dicht op elkaar geperst zijn

Ieder type gesteente is weergegeven met een bepaalde kleur



Zware olie

DE MEESTE OLIE DIE WORDT GEBRUIKT is zwarte, vloeibare ruwe olie uit ondergrondse formaties. Dit is evenwel slechts een klein gedeelte van de olie die in de bodem zit. Een grote hoeveelheid meer vaste olie komt ondergronds voor in de vorm van oliezanden en olieschalies. Oliezanden (vroeger teerzanden genoemd) zijn zand- en kleiafzettingen waarin elke korrel bedekt is met kleverige bitumen. Olieschalies zijn gesteentes die zijn doordrenkt met kerogeen—het organische materiaal dat in vloeibare olie verandert wanneer het onder druk wordt verhit. De oliewinning uit schalie en oliezanden berust op verhitting, zodat de olie eruit druipt. Veel deskundigen denken dat als de reserves van ruwe olie zijn geslonken, olieschalie en oliezanden een van onze belangrijkste bronnen van olie zullen worden.

VIES ZAND

Oliezand ziet eruit als zwarte, zeer plakkerige modder. Iedere korrel zand is bedekt met een laagje water dat is omgeven door een "vlek" van bitumen. In de winter befrist het water, zodat het zand zo hard als beton wordt. In de zomer, als het water smelt, wordt het zand kleverig.



OLIEZANDEN VAN ATHABASCA

Er zijn over de hele wereld oliezanden gevonden, maar de grootste afzettingen bevinden zich in Alberta, Canada en in Venezuela, elk goed voor een derde van de wereldhoeveelheid. Alberta is de enige plaats waar oliezanden in beduidende mate worden geëxploiteerd, omdat de afzettingen in Athabasca (met 10% van de oliezanden van Alberta) de enige zijn die dicht genoeg aan de oppervlakte liggen voor rendabele winning.

EXTRACTIETECHNIEKEN
Als oliezanden dicht bij de oppervlakte liggen, kunnen ze worden afgegraven. Vrachtwagens vervoeren het zand naar een machine die de brokken in stukken breekt en dan vermengt met heet water, zodat er een "slurry" ontstaat. Deze slurry gaat naar een scheidingsinstallatie waar de olie wordt verwijderd voor verwerking in een raffinaderij. Als het zand op te grote diepte ligt voor opgraving, probeert men de olie te winnen door insputting van stoom. De bitumen smelt en dat bevordert de afscheiding van de olie. De mix wordt elders verwerkt. Een andere methode is de injectie van zuurstof om een brand te veroorzaken en de olie te smelten. Dit zijn experimentele technieken.

Iedere vrachtwagen vervoert 400 ton zanderig bitumen, het equivalent van 200 vaten ruwe olie

Deze vrachtwagens zijn de grootste ter wereld, ze wegen elk 400 ton





Gefossiliseerde schedel van de *Smilodon* (sabeltandtijger)



Smilodons verscheuren een mammoet in een teerput

VAN DE WAL IN DE SLOOT: GEEN ZEER MAAR TEER

Teerputten, of beter gezegd asfaltputten, zijn holten waarin licht vloeibare asfalt uit de grond opwelt, waardoor er een kleverige zwarte poel ontstaat. Er zijn zelfs complete fossielen van prehistorische *Smilodons* (sabeltandtijgers) en hun prooi, de mammoet, in teerputten gevonden, zoals de bekende La Brea-put in Californië. Vermoedelijk kwam de opgejaagde mammoet vast te zitten in de kleverige teerput en de *Smilodon* die zijn prooi achterna zat, belandde ook in dezelfde hachelijke situatie.

Smilodon is ook bekend onder de naam "sabeltandtijger" vanwege de sabelvormige hoektanden waarmee het vlees van de prooi werd gescheurd



Asfaltmeer Pitch Lake, Trinidad

ASFALTMEER

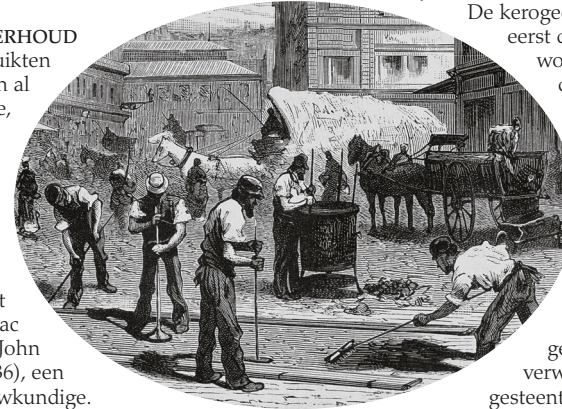
Pitch Lake in Trinidad is een groot natuurlijk meer van asfalt dat vermoedelijk 75 m diep is. Er wordt aangenomen dat het meer zich boven het snijpunt van twee breuken (scheuren in de rotsbodem) bevindt, en dat het asfalt van grote diepten opwelt. De Engelse ontdekkingsreiziger Sir Walter Raleigh ontdekte het meer op zijn reizen door het Caraïbisch gebied in 1595 en gebruikte het asfalt om zijn schepen waterdicht te maken voor de lange reis terug naar huis.



Sir Walter Raleigh (1552-1618)

OLIE VOOR WEGENONDERHOUD

De oude Babyloniërs gebruikten zo'n 2500 jaar geleden al bitumen om gladde, waterdichte wegen te maken. De techniek voor moderne wegdekken dateert uit het begin van de 19de eeuw, toen wegbouwers wegen begonnen aan te leggen met een mengsel van grind en hete teer of bitumen. Het materiaal werd tarmac genoemd, naar de uitvinder John Loudon McAdam (1756-1836), een Schotse wegebouwkundige.



SCHOTSE OLIE

De moderne olie-industrie begon in Schotland in 1848, toen James Young (1811-83) een manier ontdekte om kerosine voor lampen te maken uit olie afkomstig van bronnen aan de oppervlakte. Dergelijke plaatsen waren zeldzaam in Groot-Brittannië, dus zocht Young zijn heil in olieschalie uit de Schotse laaglanden (cannelkool of torbaniet). In 1851 richtte hij de eerste olieraffinaderij ter wereld op in Bathgate bij Edinburgh.



Olieschalies worden zwart door de kerosine in de poriën van het gesteente



Mergel, een type olieschalie

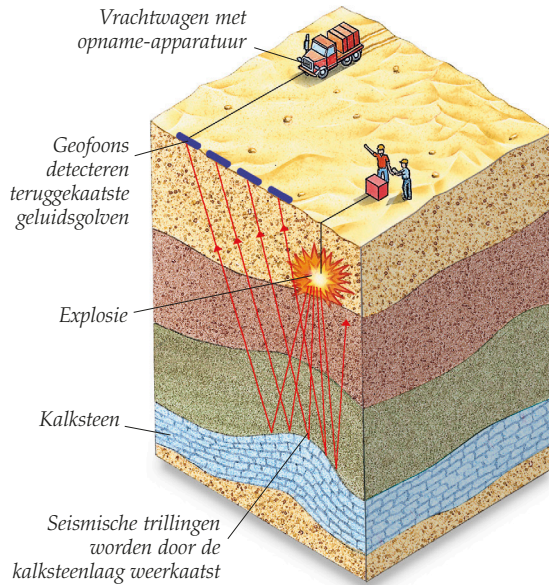
OLIESCHALIE

Hoewel er vaste afzettingen van olieschalie aanwezig zijn, is extractie lastig.

De kerosine moet eerst door smelten worden verwijderd en dan in olie worden omgezet met intense hitte. Voordat een zogenaamde retortbehandeling kan worden gedaan, moet het gesteente eerst gedolven worden. Het hele proces is echter relatief duur. Ingenieurs denken dat de olie mogelijk ook kan worden gesmolten door elektrische verwarmingselementen in het gesteente aan te brengen.

Hoe olie wordt gevonden

VROEGER WAS HET VINDEN van oliebronnen giswerk als de olie niet aan de oppervlakte zichtbaar was. Nu gebruikt men geologische kennis en inzichten in de manieren waarop oliebronnen ontstaan om gebieden te vinden waar olie kan zitten. Zo weten we dat er een redelijke kans is dat er olie zit in een van de ongeveer 600 bekkens met sedimentair gesteente in de wereld. De exploratie is dan ook gericht op deze gebieden. Ongeveer 160 bekkens bleken olie te bevatten, 240 bekkens bleken niets op te leveren. Het zoeken naar olie kan beginnen door de bestudering van blootliggende rotslagen of het scannen van satelliet- en radarbeelden. Als er een potentieel gebied is gelokaliseerd, verrichten de deskundigen geofysisch onderzoek om subtiele aanwijzingen te vinden, zoals geringe variaties in het magnetisch veld of de zwaartekracht van de aarde die toe te schrijven zijn aan oliebronnen.



LAAT MAAR TRILLEN

Bij seismisch onderzoek worden krachtige trillingen opgewekt waarbij golven door een explosie of akoestische signalen van een generator door de grond worden verzonden. Onderzoekers registreren hoe de gesteentes golven weerkaatsen: verschillende soorten gesteente doen dat op verschillende manieren en zo kan een nauwkeurig beeld worden gevormd van de rotsstructuur.

De grond graat trillen door hydraulisch bediende stootblokken

Zachte banden voor rijden over ruw terrein
Contragewichten houden vrachtwagens in balans

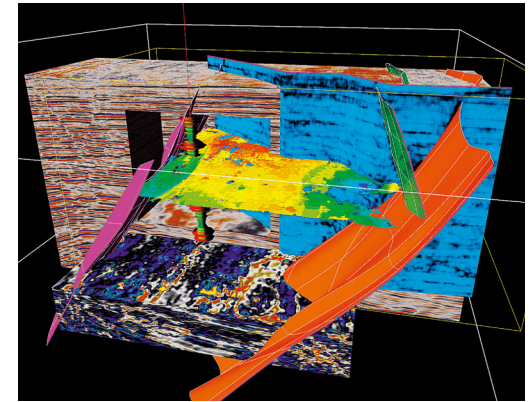


VRACHTWAGENS

Bij seismisch onderzoek aan land worden de trillingen veroorzaakt door kleine explosieve ladingen in de grond of met speciale vrachtwagens. Deze vrachtwagens zijn voorzien van een hydraulisch bediend stootblok dat de grond met zeer grote kracht kan laten trillen, van zo'n 5 tot 80 keer per seconde. De geluidsgolven, die duidelijk te horen zijn, penetreren tot diep in de grond. Ze worden weerkaatst en aan de oppervlakte geregistreerd door detectoren die geofoons worden genoemd.

OP ZOEK NAAR OLIE IN DE ZEEBODEM

Men zoekt ook naar olie onder de zeebodem via seismisch onderzoek. Schepen slepen kabels met geluidssensoren (hydrofoons). Vroeger werden de trillingen opgewekt met dynamiet, maar dat ging teveel ten koste van het zeeleven. Nu worden de trillingen veroorzaakt door persluchtballen, die geluidsgolven uitzenden als ze uitzetten en op weg naar de zeebodem krimpden.



Computermodel van rotsformaties

COMPUTERMODELLEN

Bij het modernste onderzoek gebruikt men sondes om de structuren in een gebied te onderzoeken. De resultaten worden in een computerprogramma ingevoerd en daarmee wordt een 3-dimensionaal model van de rotsformaties gevormd. De constructie van zulke 3-D modellen kost wel veel geld, maar er kunnen miljoenen dollars verspild worden als er op een verkeerde plaats geboord wordt.



Schroeven voor het aanpassen van de veerspanning

Binnenin een zwaartekrachtmeter bevindt zich een gewicht dat aan veren is opgehangen



Op het scherm zie je lichte variaties in de rek van de veren als gevolg van verschillen in de zwaartekracht

AFGAAN OP ZWAARTEKRACHTVERSCHILLEN

Rotsgesteenten met verschillende dichtheden hebben licht verschillende waarden voor de zwaartekracht. Met zwaartekrachtmeters kunnen deze minieme verschillen aan de oppervlakte worden gemeten met behulp van een gewicht dat aan veren is opgehangen. Ze kunnen nog variaties bespeuren van 1 deel op de 10 miljoen. Deze verschillen verraden kenmerken zoals zoutdiapieren en formaties van dicht gesteente onder de grond, waarmee geologen een beeld van de structuur van het gesteente onder de oppervlakte kunnen vormen.



MAGNETISCH ZOEKEN

Speurtochten naar olie met behulp van magnetisme worden gewoonlijk uitgevoerd met een vliegtuig zoals dit. Het is uitgerust met een zogeheten magnetometer. Dit apparaat detecteert variaties in het magnetisch veld van de grond. De sedimentaire gesteenten waar zich waarschijnlijk olie bevindt, zijn over het algemeen veel minder magnetisch dan de gesteentes die vulkanisch ontstaan en veel magnetische metalen zoals ijzer en nikkel bevatten.

De boorinstallatie begint aan een nieuwe put



PROEFBORING

Vroeger werden putten lukraak aangeboord als olieprospectors niet meer dan een vaag vermoeden hadden dat er daar olie in de grond zou kunnen zitten. Dergelijke putten werden "wildcat"-putten genoemd. Tegenwoordig worden proefboringen uitgevoerd op locaties waar de resultaten van onderzoek suggereren dat er een redelijke kans is dat er olie aangeboord kan worden. Zelfs dan is de kans dat er zoveel olie of gas wordt gevonden dat exploitatie commercieel interessant is, minder dan 20%.

BOORMONSTER

Boren is de enige manier om er zeker van te zijn dat er op een locatie een olie- of gasveld aanwezig is, en om wat voor soort olie het gaat. Nadat er een proefput is geboord, wordt er boorputregistratie-apparatuur gebruikt om de fysische en chemische eigenschappen van de gesteentes te onderzoeken. Er worden monsters van de gesteentes naar de oppervlakte gehaald voor uitvoerige analyse in het laboratorium.

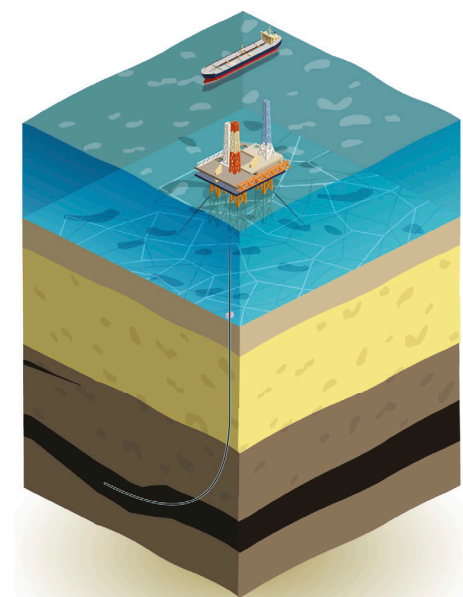


Geavanceerde technologie

OLIE- EN GASMAATSCHAPPIJEN BESCHIKKEN over grote hoeveelheden data en gebruiken veel rekencapaciteit en gegevens. Deskundigen gebruiken de gegevens voor de interpretatie van geologische structuren kilometers diep onder het aardoppervlak. Ingenieurs kunnen door meer dan 8 km gesteente boren om bronnen op extreme diepten bij hoge temperaturen en druk te bereiken. Productie-ingenieurs brengen olie en gas naar de oppervlakte door kilometers van pijpleidingen, ook onder extreme omstandigheden, en leveren deze met nog meer pijpleidingen aan bij raffinaderijen. Daar worden “zware” en zwavelhoudende ruwe oliën geraffineerd tot bruikbare producten. Met geavanceerde technologieën zoals satellieten, GPS (Global Positioning System), sensoren op afstand en 3-D en 4-D seismiek is het mogelijk oliereserves te ontdekken met minder boringen, en dat leidt tot een productie met een kleinere impact op de omgeving die rendabeler is dan ooit tevoren. Het antwoord op de vraag waar olie mee wordt gevonden, zou dus in dit opzicht computers zijn!

MEER NAAR BOVEN KRIJGEN

Het is raar maar waar: de meeste olie die wordt ontdekt, was eigenlijk al gevonden. Doorgaans produceren oliemaatschappijen slechts een deel van de olie die ze vinden. Twee keer zo veel olie als wordt gewonnen blijft achter omdat het te moeilijk is om deze olie naar boven te pompen of het zou te duur zijn om dat te doen. Het is een geweldige uitdaging én kans om ook deze resterende olie uit de grond te krijgen. Door de dimensie tijd toe te voegen ontstaat 4-D seismiek: er worden in de loop der tijd momentopnames gemaakt van een reservoir, zodat veranderingen in het reservoir tijdens de productie kunnen worden gevolgd. Met nieuwe technologie zoals 4-D seismiek kan men nog meer olie winnen en daardoor nemen olievoorraden en de productie toe.

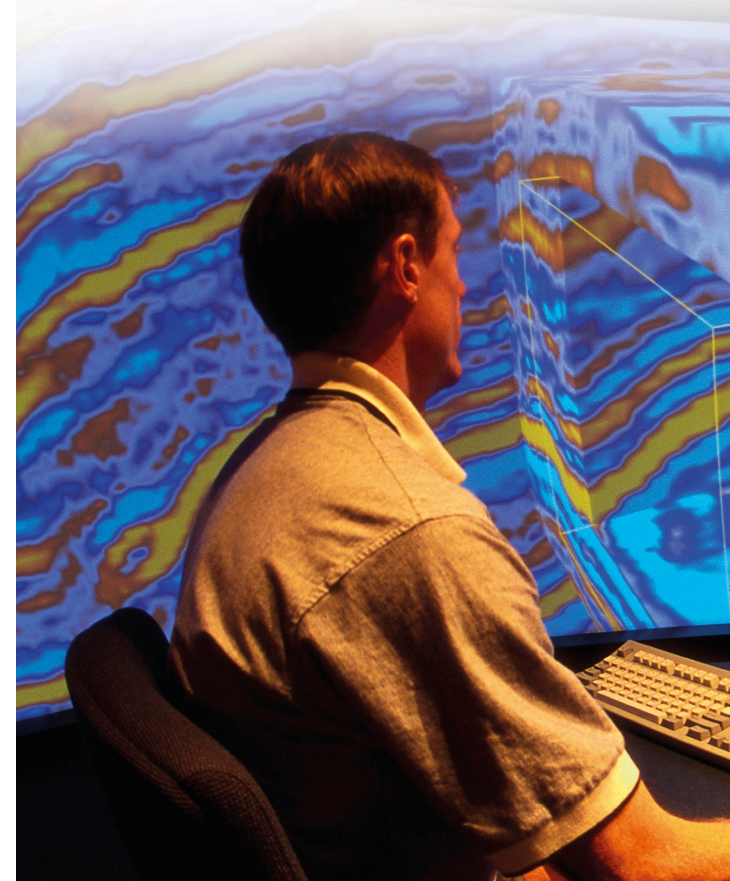


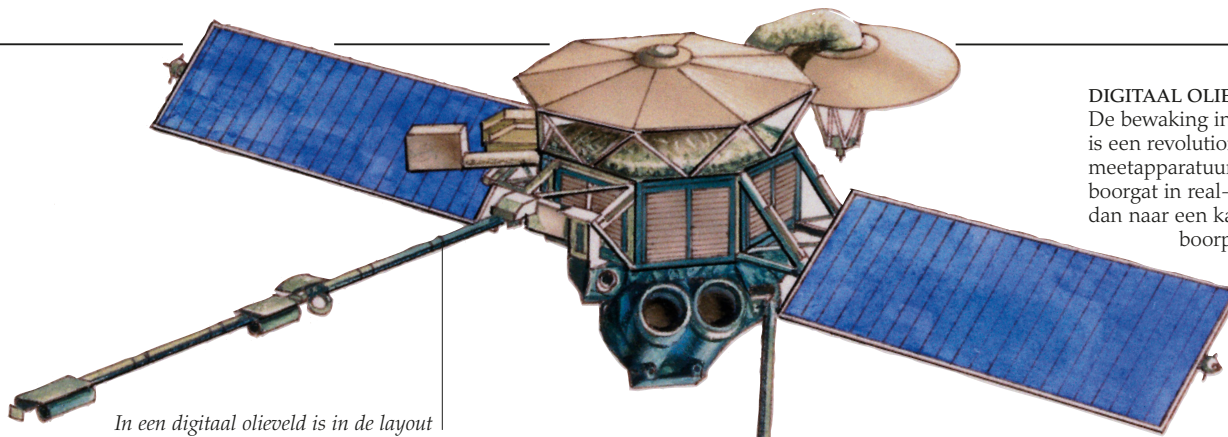
HORizontaal BOREN

Operators kunnen nu niet alleen verticaal boren, maar ook kilometers horizontaal in elke gewenste richting vanaf een enkele beginput. Door verscheidene putten vanaf één locatie te boren wordt de oppervlakte aan land die nodig is om een veld in ontwikkeling te nemen beperkt en kan de put worden geboord waar deze de minste schade aanricht aan het milieu. In Alaska zou het aantal putten waarvoor in 1977 260.000 m² nodig was nu in een gebied van minder dan 36.000 m² kunnen worden gerealiseerd. Op zee kunnen vele putten vanuit een enkel platform worden geboord. Bovendien kan met horizontaal boren olie worden bereikt die zich in zeer smalle, dunne reservoirs bevindt. Hiermee wordt ook een groter deel van het reservoir bereikt, en daardoor nemen de winbare volumes toe en wordt de noodzaak van meer putten verder beperkt.

NAUWKEURIGHEID VAN DE BORINGEN

Er kunnen nu meerdere putten vanuit één platform worden geboord met verbazingwekkende nauwkeurigheid. Een ingenieur in een regelkamer in Houston kan elektronisch een boorkop bij een platform voor de kust van Afrika manoeuvreren in een ruimte zo groot als een gemiddelde slaapkamer. Dankzij vorderingen in de technologie is het succes van boringen enorm verbeterd en worden er minder putten aangeboord terwijl hetzelfde (zo niet een groter) volume aan olie wordt gewonnen. De kostenbesparingen zijn reusachtig, aangezien één misplaatste boorput op zee wel meer dan 100 miljoen dollar kan kosten.





In een digitaal olieveld is in de layout onder water een digitaal regel-/bewakingsstelsel opgenomen dat gegevens van de put via een satellietverbinding naar een beslissingscentrum verstuurt, waar een team in real-time beslissingen kan nemen om de prestaties van de put te verbeteren.

DIGITAAL OLIEVELD

De bewaking in real-time van wat er gaande is in de put tijdens de boringen en productie is een revolutionaire ontwikkeling. Slimme boorsystemen zijn uitgerust met sensoren en meetapparatuur bij de boorkop, zodat het boorpersoneel de omstandigheden bij het boorgat in real-time kan meten. Gegevens worden naar het boorplatform verzonden en dan naar een kantoorsteam ergens in de wereld gestuurd, zodat de medewerkers het boorprogramma ieder moment kunnen aanpassen als dat nodig is. Deze sensoren moeten zeer robuust zijn, zodat ze de schokken en extreme omstandigheden van het boren kunnen doorstaan. Op dezelfde manier worden "slimme" productieputten op afstand bewaakt, gemodelleerd, aangestuurd en opnieuw geconfigureerd.

NANOTECHNOLOGIE

Met nanotechnologie wordt materie op moleculair niveau gemaakt en gemanipuleerd. Daardoor is het mogelijk materiaal te maken met betere eigenschappen, zoals een laag gewicht en zeer grote sterkte, of een betere geleiding van elektriciteit en warmte. Er zijn vele toepassingen voor de energiesector mogelijk. Er vindt momenteel onderzoek

plaats naar een geavanceerde vloeistof gemengd met deeltjes die afmetingen hebben in de orde van nanometers en superfijn poeder. Deze vloeistof zou de boorsnelheid aanmerkelijk kunnen vergroten. Siliciumcarbide, een keramisch poeder, zou kunnen worden gemaakt in die grootteorde, en dat levert uitzonderlijk harde materialen op waarmee hardere, meer slijtvaste en duurzame boorapparatuur zou kunnen worden gemaakt. In de toekomst kan de industrie mogelijk nanosensoren toepassen voor het onderzoek naar eigenschappen diep in het reservoir. De olie-industrie past al katalysatoren op nanoschaal toe bij de raffinage van aardolie en er vinden studies plaats over nanodeeltjes met unieke katalysatorcapaciteiten om effectiever en doelmatiger dik kleverig oliezand om te zetten in uitvoerig geraffineerde olie.

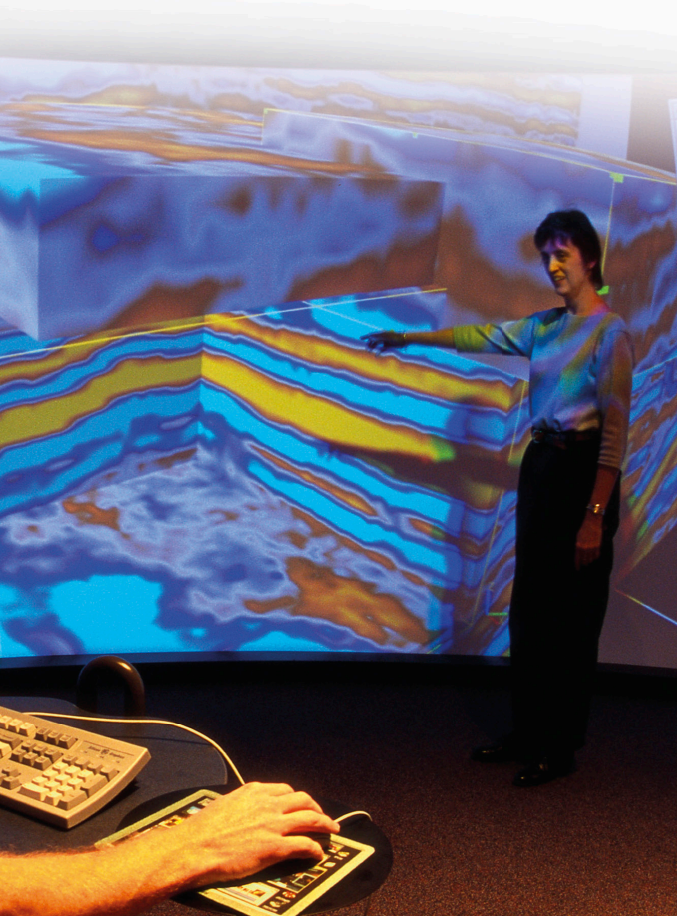
KIJKEN IN 3-D

Er kan een gewone 3-D visuele omgeving worden gecreëerd waarin een team van geologen en geofysici, samen met reservoir-, productie- en boortechnici en ook zakelijke partners geheel kunnen opgaan. Met een klik van de muisknop kunnen ze massieve geologische formaties verkennen, een blok gesteente oppakken en daarop inzoomen om te zien wat er in zou kunnen zitten. Deze ontdekkingsreis wordt uitgevoerd op een reusachtig en gebogen computerscherm dat wordt gevoed door een batterij computers van topkwaliteit en grafische software waar een videogamer vol afgunst naar zou kijken. Draadloze technologie en satellietgegevens verruimen de mogelijkheden voor wereldwijde samenwerking, zodat een team op kantoor en een team op het platform gegevens met elkaar kunnen delen en gezamenlijk kunnen handelen op basis van complexe technische informatie.



BOREN OP MARS

Vele technologische ontwikkelingen in de olie- en gasindustrie worden ook elders toegepast, zoals in de ruimtevaart. NASA gebruikt technologie voor boringen naar aardolie voor de verkenning van Mars. NASA heeft momenteel vijf projecten lopen met boormachines die moeten worden gebruikt in onbemande expedities naar planeten. De machines worden aangestuurd door kunstmatige intelligentie en moeten gaan boren in ijslagen en permafrost die, zoals men zich voorstelt, vergelijkbaar zijn met die onder het oppervlak in de poolgebieden van Mars.

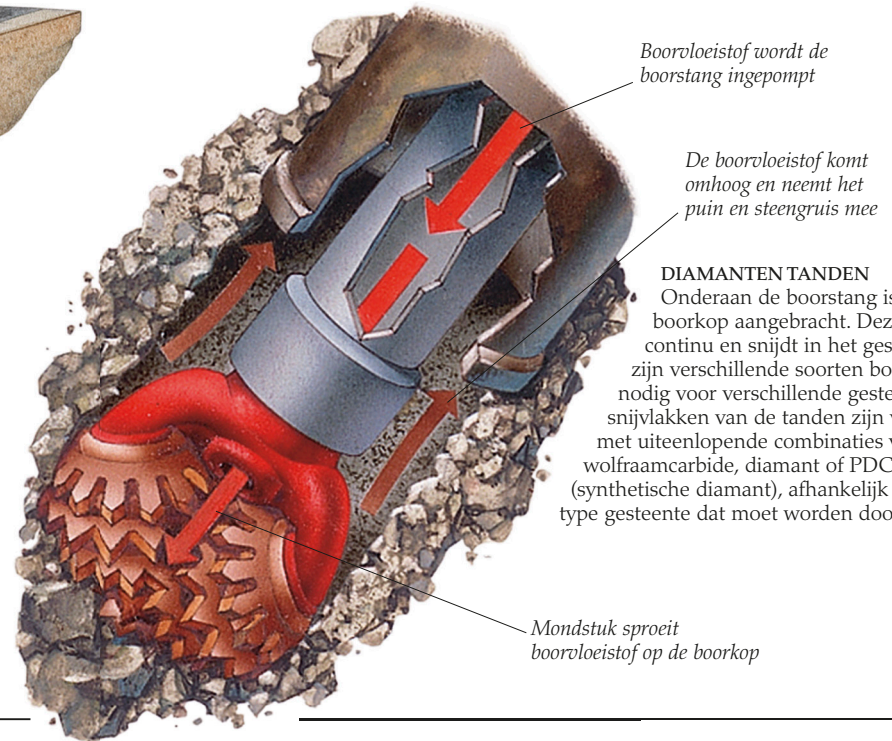
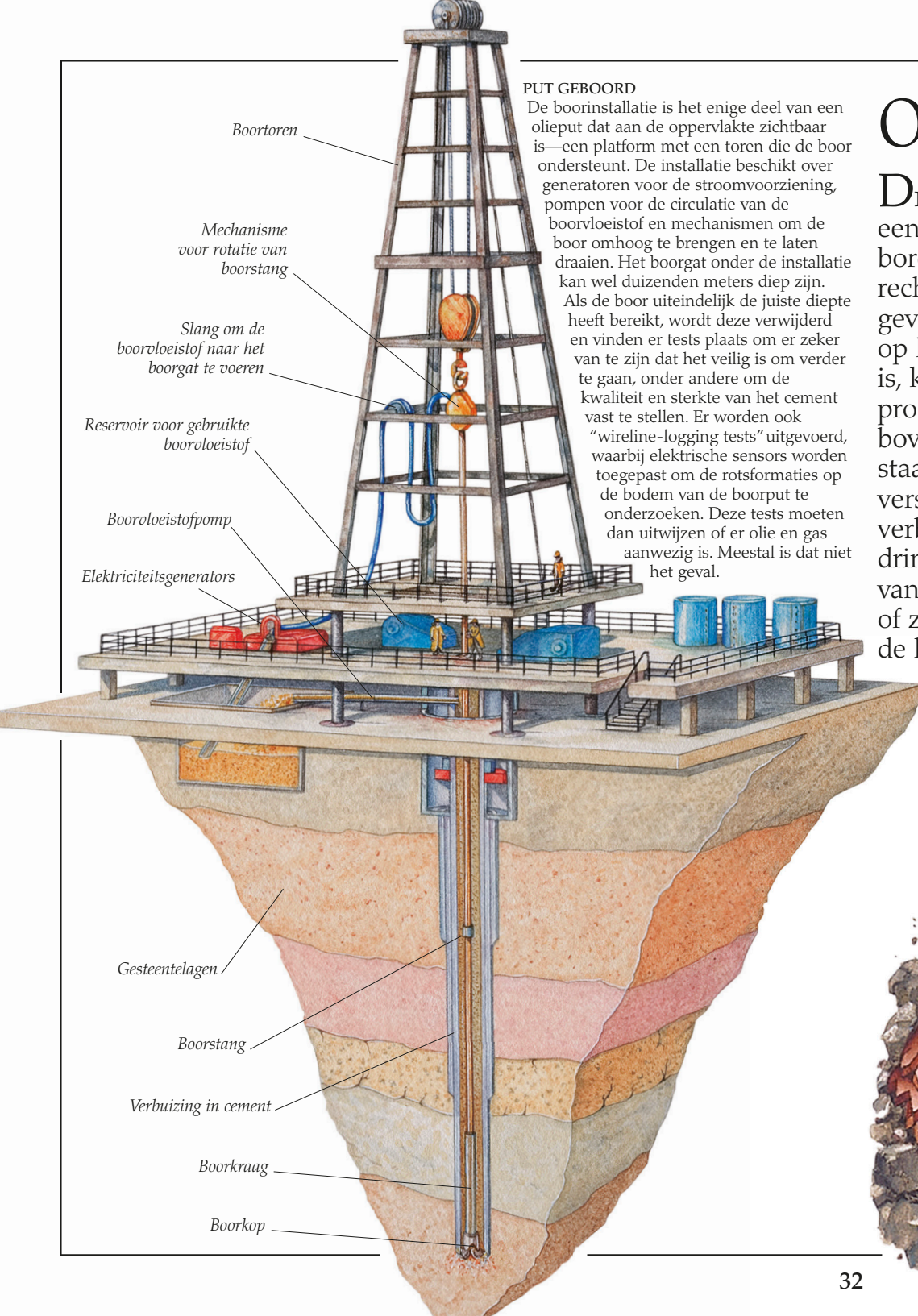


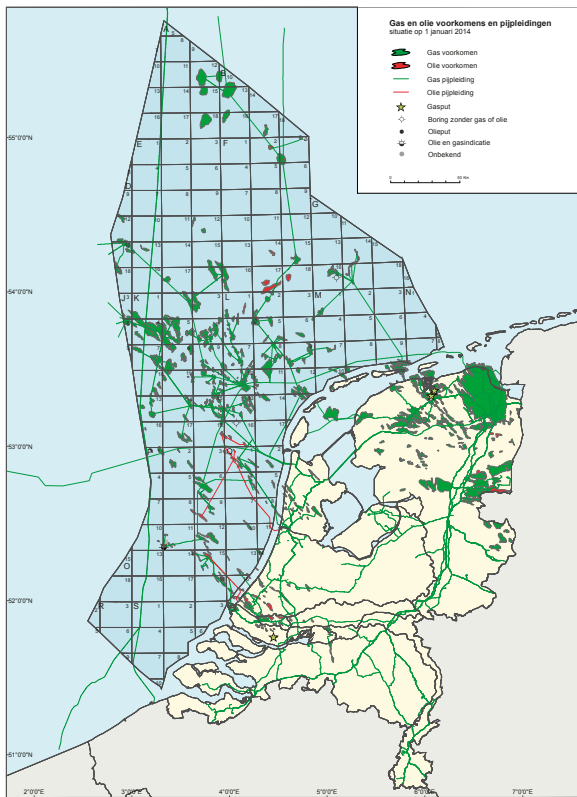
Oliewinning

DE EERSTE STAP BIJ DE EXTRACTIE van olie is het vinden van een geschikte locatie om te gaan boren. Voordat er echter met boren kan worden begonnen, moeten bedrijven zorgen dat ze het recht hebben om op een bepaalde plaats te boren, en dat de gevolgen van de boorwerkzaamheden geen grote invloed hebben op het milieu. Dat kan wel jaren duren. Als alles eenmaal geregeld is, kan het groene licht voor boren worden gegeven. De precieze procedure kan variëren, maar het idee is om eerst te boren tot net boven het punt waar de olie zit. Dan wordt er een verbuizing van staal en cement in het zojuist geboorde gat aangebracht om dit te verstevigen. Vervolgens worden er kleine gaten gemaakt in de verbuizing bij de onderkant, zodat de olie naar binnen kan dringen, en de put wordt afgesloten met een speciaal samenstel van regel- en veiligheidskleppen, de "afsluiter". Tot slot kan er zuur of zand dat onder hoge druk staat de put in gepompt worden om de laatste rotslaag te doorbreken, zodat de olie kan wegstromen.

PUT GEBOORD

De boorinstallatie is het enige deel van een olieput dat aan de oppervlakte zichtbaar is—een platform met een toren die de boor ondersteunt. De installatie beschikt over generatoren voor de stroomvoorziening, pompen voor de circulatie van de boorvloeistof en mechanismen om de boor omhoog te brengen en te laten draaien. Het boorgat onder de installatie kan wel duizenden meters diep zijn. Als de boor uiteindelijk de juiste diepte heeft bereikt, wordt deze verwijderd en vinden er tests plaats om er zeker van te zijn dat het veilig is om verder te gaan, onder andere om de kwaliteit en sterkte van het cement vast te stellen. Er worden ook "wireline-logging tests" uitgevoerd, waarbij elektrische sensors worden toegepast om de rotsformaties op de bodem van de boorput te onderzoeken. Deze tests moeten dan uitwijzen of er olie en gas aanwezig is. Meestal is dat niet het geval.





Nederlandse olievelden (rood) en gasvelden (groen) en netwerk van pijpleidingen (2014)

STANG EN VLOEISTOF

Het valt niet mee om door duizenden meters gesteente te boren. Een boorplatform heeft geen enkelvoudige boor, maar een lange stang die uit honderden segmenten bestaat, die worden toegevoegd als er dieper moet worden geboord. Boorvloeistof wordt continu langs de stang gepompt om de wrijving tot een minimum te beperken, de boorkop te koelen en te reinigen en de fragmenten van het doorboorde gesteente naar de oppervlakte te brengen.



OLIEVELDEN

In Nederland zijn meer dan 1500 exploratie- en evaluatieboringen uitgevoerd. Hiermee zijn meer dan 450 gasvelden ontdekt en ruim 40 olievelden. In Nederland wordt dus vooral aardgas gevonden en gewonnen. Vandaag de dag worden ongeveer 15 exploratieputten per jaar geboord. Naast de 1500 exploratie- en evaluatieboringen zijn meer dan 1750 putten geboord om de olie en het gas te winnen. Het aantal productieboringen bedraagt op dit moment zo'n 20 per jaar.



Installatie van het G17d-AP platform in de Noordzee (2005)



Het L10-A gasproductiecomplex, het oudste productieplatform in het Nederlands deel van de Noordzee (1975)

Boortoren waarmee tot een diepte van 3 à 4 km kan worden geboord

Kantoor en slaapvertrekken voor mensen die in ploegendienst werken



BOORVERGUNNING

Op dit moment zijn een kleine 20 olie- en gasbedrijven in Nederland actief in het opsporen en/of winnen van aardolie en aardgas. Deze bedrijven hebben van de Nederlandse Staat, via het Ministerie van Economische Zaken, een vergunning gekregen om in bepaalde gebieden booractiviteiten te ondernemen. De Nederlandse Staat, vertegenwoordigd door het Staatstoezicht op de Mijnen (SodM), ziet erop toe dat deze activiteiten volgens de wet- en regelgeving worden uitgevoerd. TNO ondersteunt het Ministerie van Economische Zaken bij vergunningsaanvragen en publicaties over de Nederlandse olie- en gasvoorraden. EBN (Energie Beheer Nederland) is namens de Nederlandse Staat deelnemer in de meeste exploratie- en productievergunningen in Nederland. Olie- en gasbedrijven zijn verplicht om gegevens over de ondergrond en de productie van aardolie en aardgas aan TNO te leveren. Deze gegevens worden door TNO publiek gemaakt.

Diepeeboringen

SOMS WORDEN ER UITGESTREKTE olievoorraden diep onder de bodem van de oceaan gevonden. Voor de winning van die olie worden grote constructies op zee gebouwd als basis voor boorplatforms die in de gesteentes van de zeebodem gaan boren. Na verwerking op het platform wordt de olie aan land gebracht met pijpleidingen of opgeslagen in kolossale opslagtankers voordat de olie wordt overgeladen in kleinere tankers. Booreilanden zijn gigantische installaties. Ze hebben vaak poten van honderden meters lang die tot de zeebodem reiken. Het Petronius Platform in de Golf van Mexico is bijvoorbeeld de hoogste vrijstaande structuur ter wereld, 610 m vanaf de zeebodem. Booreilanden moeten ontzettend stevig zijn: ze moeten bestand zijn tegen stormen en het onafgebroken geweld van grote golven.



De boortoren is een stalen installatie waarmee de boorpijp verticaal uit het boorgat kan worden getrokken.

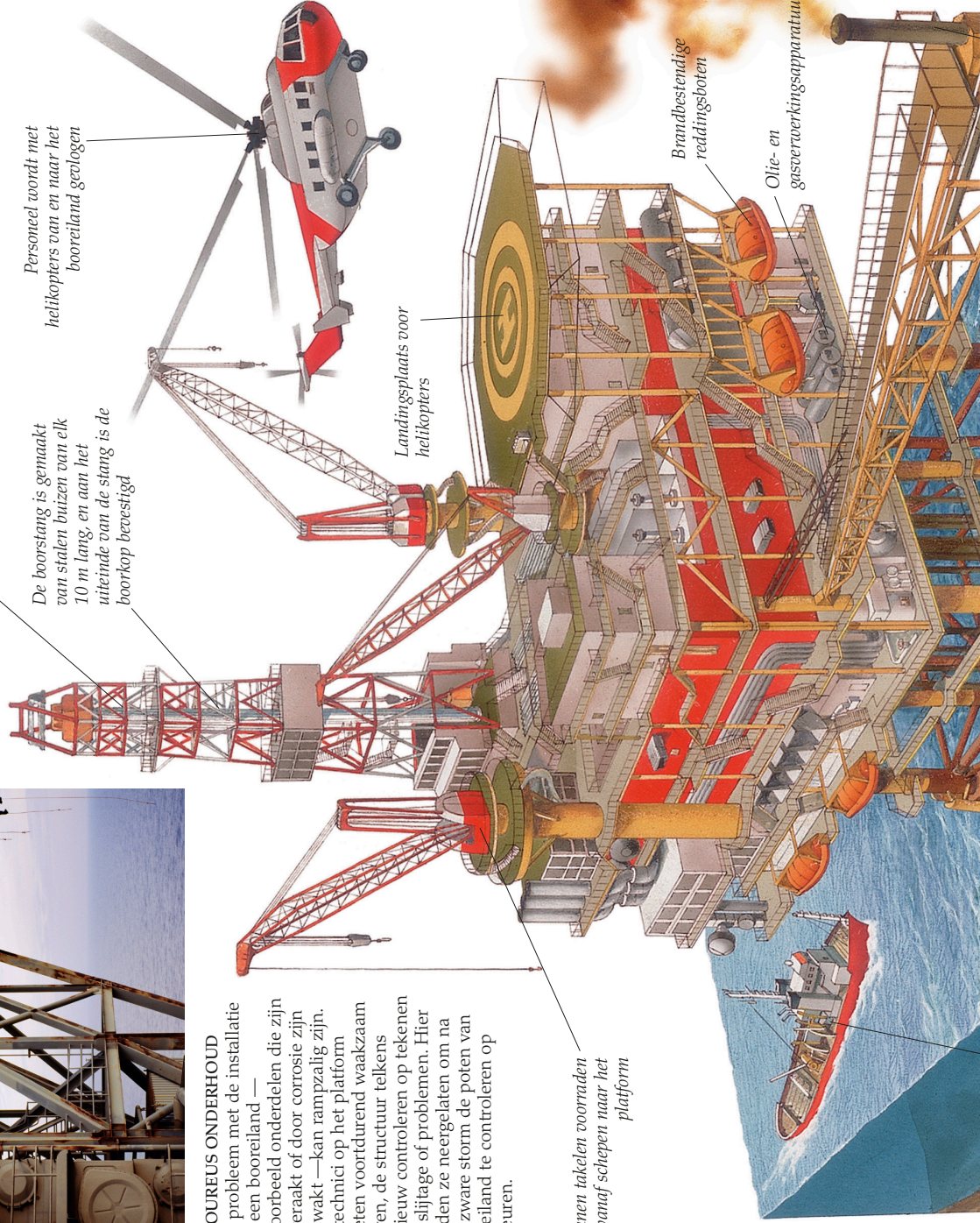
RIGOREUS ONDERHOUD
Een probleem met de installatie van een booreiland — bijvoorbeeld onderdelen die zijn losgeraakt of door corrosie zijn verzwakt — kan rampzalig zijn. De technici op het platform moeten voortdurend waakzaam blijven, de structuur telkens opnieuw controleren op tekenen van slijtage of problemen. Hier worden ze neergelaten om na een zware storm de poten van het eiland te controleren op scheuren.

Kranen takelen voorraden vanaf schepen naar het platform



IJSBERGEN VERSLEPEN

Er zijn significante reserves aangetroffen in de "ijsbergsteeg" ter hoogte van Newfoundland, waar in de winter stormen met een windsnelheid van 160 km/u golven van wel 30 meter hoog kunnen veroorzaken, en de altijd aanwezige mist het zicht tot praktisch nul kan reduceren. Olieplatforms veranderen niet of slechts langzaam van plaats, dus ijsbergen op drift kunnen de werkzaamheden danig beïnvloeden. Als er wordt voorspeld dat de bedrijfsvoering door een ijsberg kan worden verstoord, wordt er een krachtige sleepboot ingezet die een sleepkabel op de ijsberg aanbrengt en dan kracht uitoefent om de ijsberg in de gewenste richting te sturen. Die kleine aanpassing is genoeg om er voor te zorgen dat de ijsberg het platform veilig passeert.



De boorstang is gemaakt van stalen buizen van elk 10 m lang, en aan het uiteinde van de stang is de boorkop bevestigd

Personeel wordt met helikopters vervoerd naar en van het booreiland geologen

Landingsplaats voor helikopters

Brandbestendige reddingsboten

Olie- en gasverwerkingsapparatuur



Boom met veiligheidsfakkel

Bij brand kunnen brandveerboten duizenden liters water per minuut op de vlammen spuiten

Palen worden in de zeebodem geheid

Productieputten



Stalen mantel voor ondersteuning van het booreiland

Pijpleiding naar gasopslag en tankerplatform

PRODUCTIEPLATFORM

Het hart van ieder booreiland is het platform, dat deel van de structuur dat zichtbaar is boven de oppervlakte. Er werken dag en nacht massa's mensen op het platform, die de installatie onderhouden en de boor bedienen. Als de installatie alleen maar een exploratiefunctie heeft, kan het gedeeltelijk verplaatsbaar zijn. Het kan een drijvende betonnen structuur zijn die met kabels aan de zeebodem is verankerd of een hefplatform dat op uitschuifbare poten rust. Als het eiland geheel in productie is, is een meer permanente structuur vereist. Het eiland wordt gedeeltelijk aan wal gebouwd, dan te water gelaten en in delen over zee vervoerd en met stalen of betonnen pijlers in de zeebodem vastgezet. Dan pas is de montage voltooid.

Roterende kegels van de boorkop vermalen het gesteente



INTENSIEF EN ROUSTABOUTS

Zelfs de namen van de functies klinken stoer! Roustabouts zijn medewerkers die zorgen dat het boorgebied in orde is en blijft. Roughnecks zijn wat meer ervaren werkers die op het boorplatform zelf werken en werkzaamheden uitvoeren zoals het toevoegen van nieuwe pijpsegmenten aan de boorstang, zoals hier te zien is, en reparatie van de boorapparatuur. Tegenwoordig zijn overalls met lange mouwen en het dragen van handschoenen en een veiligheidsbril verplicht.

DAT IS NOG EENS EEN BOOR!

Om zoveel mogelijk olie te bereiken, worden er meerdere putten vanaf het platform geboord, met wel 30 boorstangen die allerlei richtingen opgaan. Sommige putten strekken zich kilometers uit voordat ze het olieveld bereiken. Voor elke put is een boorstang nodig. Aan het einde van iedere stang bevindt zich een boorkop die zich een weg baant door het gesteente op de zeebodem. Hij heeft drie draaiende kegelvormige tandwielen die het gesteente vermalen.



REPARATIES ONDER WATER

Ieder booreiland heeft een team van zeer ervaren duikers die permanent oproepbaar en inzetbaar zijn. Duikers zijn onontbeerlijk, niet alleen tijdens de bouw van de boorinstallatie, maar ook voor bewaking van de structuur, leidingen en kabels onder water en het verrichten van reparaties waar nodig. Op zeer grote diepten dragen de duikers speciale pakken met dikke lagen om hun lichaam te beschermen tegen de immense druk van het water.

Diepwatertechnologie

DE EERSTE OFFSHORE OLIEPUT ver van land werd in 1947 geboord op een diepte van 4,5 meter. Nog niet zo lang geleden betekenden werkzaamheden in diep water exploratie in waterdieptes tot 150 zo'n meter. Tegenwoordig bedoelt men met diep water 1500 m en met ultradiep water 3000 m. De bouw van een groot nieuw olie- of gasproductieplatform kan miljarden dollars kosten en wel drie jaar duren. De meeste exploratie vindt tegenwoordig in diep en ultradiep water plaats. De uitdagingen bij de exploitatie van voorraden in de bodem van dergelijke diepe zeeën kunnen formidabeler zijn dan die bij het ruimteonderzoek.

CONSTRUCTIE ONDER WATER

Alle olie- en gasproductieplatforms ondersteunen de apparatuur die nodig is om het gas, water, de olie en vaste stoffen die uit de putten komen van elkaar te scheiden. Op de platforms worden olie en gas ook gereinigd voor transport naar een raffinaderij of gasverwerkingsinstallatie. Het zijn in feite grote installaties met een kleine raffinaderij erbovenop. De bouw, het vervoer en de installatie zijn duur. Veel apparatuur voor de olie- en gasproductie wordt op de zeebodem aangebracht. Installaties onder water moeten bestand zijn tegen langdurige blootstelling aan zeewater en tegen zeer grote druk gedurende de 20 jaar of langer dat ze geacht worden mee te gaan. Een veilige en betrouwbare werking is essentieel, en onderhoud is kostbaar en lastig. Bovendien moet deze apparatuur aan het eind ook weer veilig van de zeebodem verwijderd kunnen worden. Er is nu nieuwe technologie beschikbaar om de olie, het gas en het water al op de zeebodem te verwerken en te scheiden, dus is er geen verwerkingsplatform meer nodig. Al deze onderwatertechnologie kan in een faciliteit aan de wal worden bewaakt en aangestuurd. Voor het transport van de vloeistoffen vanuit de zeebodem is een uitgebreid netwerk van pijpleidingen en drukverhogende pompen onder water nodig, om de olie en het gas vele kilometers weg te pompen.

ONDERWATERROBOTS (ROV'S)
De ontwikkeling in het vermogen van mensen om onder water te werken is verbluffend, van de "duikhelmen" uit de 16de eeuw tot de onderwaterrobots van nu. Via ROV's (Remotely Operated Vehicles, op afstand bediende voertuigen) worden de onderzeese systemen geïnstalleerd en gerepareerd. Deze apparaten zijn vergelijkbaar met de rovers die in de ruimtevaart worden gebruikt. Een medewerker op een naburig platform of schip bedient de ROV's. Via een verbindingskabel (umbilical) wordt het vaartuig gevoed en worden er commando- en regelsignalen verzonden, en status- en sensorgegevens terug gestuurd naar de operator. ROV's variëren van kleine vaartuigen met één TV-camera tot complexe systemen met verscheidene robotarmen, videocamera's, mechanische gereedschappen enz. Ze kunnen doorgaans vrij bewegen, maar sommige dalen af naar de bodem en zijn bevestigd aan kabels. Andere hebben rupsbanden en rijden over de zeebodem.



IEDEREEN AAN BOORD

Bij offshore exploratie en productie staan de duizenden mannen en vrouwen die op de booreilanden werken centraal. Ze werken meestal in een rooster van een week of twee weken op en een week of twee weken af. Ze worden met moderne helikopters van en naar het eiland gevlogen. Op het eiland werken ze in het algemeen in ploegdiensten van 12 uur en dat omvat het werk aan de boorinstallatie of het bewaken, testen en afstellen van de productieputten. Veel booreilanden zijn voorzien van de gemakken en faciliteiten van een eerste klas hotel, zoals een bibliotheek, fitnessruimte, bioscoop, ziekenboeg en vele andere voorzieningen voor ontspanning en het welzijn van het personeel. Op ten minste één platform in de Noordzee zijn leden van de Britse vereniging van vogelaars gestationeerd; zij rubriceren en bestuderen actief de talrijke vogels die platforms op hun route als rustplaats gebruiken. In de Golf van Mexico bestuderen sommige medewerkers de bewegingen van de monarchvlinder, een regelmatige bezoeker tijdens het trekseizoen.



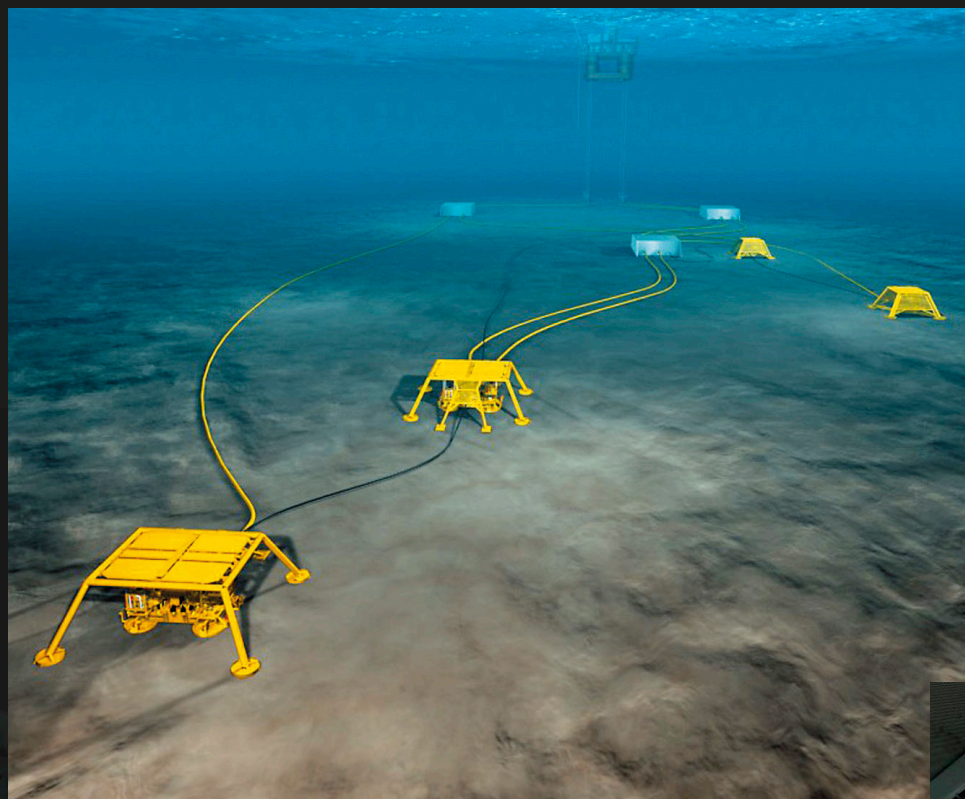
PRODUCTIESCHEPEN

Het is ook een hele opgave om de olie uit de diepzee op de markt te brengen. Behalve pijpleidingen worden ook zogeheten FPSO's, Floating Production, Storage and Offloading-schepen gebruikt in diep water waar traditionele platforms niet haalbaar zijn. FPSO's zijn stationaire omgebouwde olietankers die net als traditionele platforms zijn uitgerust met scheidingsapparatuur. De gigantische schepen slaan de olie op en als de shuttletankers arriveren, wordt het product vervolgens overgeladen.

ONTDEKKING VAN NIEUWE SOORTEN

Door middel van het project SERPENT (Scientific and Environmental ROV Partnership using Existing iNdustry Technology"), een samenwerkingsverband van hoofdrolspelers in de olie- en gasindustrie, wordt getracht supermoderne ROV-technologie en boorschepen meer toegankelijk en beschikbaar te maken voor de wetenschappelijke gemeenschap. Daardoor zijn tot dusver al meer dan 20 nieuwe soorten ontdekt en is nieuw gedrag van mariene soorten geobserveerd.

Foto: Project SERPENT



DE GROOTSTE AFSLUITER TER WERELD

Het meest gecompliceerde en duurste veld van Noorwegen op zee, het Ormen Lange-gasveld, is ontwikkeld zonder productieplatform. Het aardgas uit de 24 onderzeese putten wordt naar een verwerkingsfaciliteit aan de westkust van Noorwegen gepompt, voordat het via een 1200 km lange onderzeese pijpleiding - de langste ter wereld - naar Easington aan de oostkust van Engeland wordt vervoerd. Alle installaties bevinden zich op een diepte van 760 tot 1035 meter. Ormen Lange heeft in totaal 14 afsluiters onder water. Een afsluiter, of Christmas tree in het jargon, is een module op de kop van een olie- of gasput die bestaat uit kleppen voor tests en onderhoud en veiligheidssystemen voor uitschakeling, plus een arsenaal aan controle-instrumenten. De afsluiters wegen 65 ton en zijn twee keer zo groot als andere afsluiters die vaak worden gebruikt bij offshore-installaties. Gas uit het veld Ormen Lange zal in maximaal 20 procent van de behoefte aan gas in Groot-Brittannië voorzien gedurende maximaal 40 jaar.



DIEPER EN DIEPER

De exploratie in diep water begint aan de oppervlakte met een vloot van seismische schepen. De boten gebruiken lange kabels en sturen daarmee pulsen door het water naar de zeebodem waar de golven met verschillende snelheden door de gesteentes worden weerkaatst. Door de terugkaatsingen te registreren en te analyseren kunnen geofysici vaststellen wat voor rotsformaties zich onder de oppervlakte bevinden. Met deze seismische methode worden formaties geïdentificeerd waarin koolwaterstoffen opgesloten zouden kunnen zitten—er wordt daarmee op zich geen olie en gas gevonden. Nadat de seismiek is geanalyseerd en mogelijke olie- en gashoudende formaties in kaart zijn gebracht, wordt begonnen met proefboringen om na te gaan wat er in die gesteentes zit. Met nieuwe boorschepen en half-afzinkbare platformen kan het boorpersoneel op veel grotere diepten werken dan met de meer conventionele platforms die verankerd zijn op de bodem van de oceaan. Deze schepen maken gebruik van dynamische positionering waarbij voortdurend plaatsbepalingen worden verricht via GPS-satellieten om het schip op de juiste plaats te houden.



Olieleidingen

IN DE BEGINTIJD VAN DE OLIE-INDUSTRIE werd olie met veel moeite in houten vaten per kar afgevoerd bij de olieputten. De oliemaatschappijen zagen al snel in dat de olie het best kon worden verplaatst door deze door leidingen te pompen. Tegenwoordig zijn er uitgebreide netwerken van pijpleidingen over de hele wereld, aan land en op zee. Alleen al in de VS liggen er oliepijpen met een lengte van in totaal 305.000 km. De pijpleidingen vervoeren allerlei soorten olieproducten, van benzine tot kerosine, soms in "batches" in dezelfde leiding, maar gescheiden door speciale pluggen. De grootste zijn de hoofdleidingen die ruwe olie uit de boorgebieden naar raffinaderijen of havens leiden. Sommige hebben een diameter van maar liefst 122 cm en zijn 1600 km lang. Hoofdleidingen worden gevoed door kleinere verzamelpijpleidingen die olie uit afzonderlijke putten vervoeren.



Aerogel is zulk goed isolatiemateriaal dat een dunne laag genoeg is om de hitte van deze vlam tegen te houden en te voorkomen dat de lucifers ontbranden.

HOU HET WARM

Als olie te koud wordt, wordt deze dikker en is dan moeilijker door pijpleidingen te pompen. Daarom worden veel leidingen in koude delen op aarde en onder zee geïsoleerd met "aerogel." Dit wordt gemaakt van een sponsachtige gelei van silica en koolstof en is het lichtste materiaal ter wereld. Het bestaat voor 99 procent uit lucht. Daardoor heeft aerogel een bijzonder goede isolerende werking.



SLIMME SCHRAPERS

Iedere pijpleiding bevat schrapers, mobiele pluggen die met de olie mee stromen. Ze scheiden "batches" olieproducten of controleren de leidingen op problemen. De schrapers worden "pigs" genoemd, omdat de eerste modellen als varkens piepten terwijl ze door de leidingen gingen. "Slimme" schrapers zijn inspectie-eenheden met geavanceerde sensors. Ze worden voortgedreven door de olie en leggen honderden kilometers af, waarbij ze de gehele pijp inspecteren op defecten zoals corrosie.



DE ROL VAN POLITIEK BIJ DE ROUTES VAN PIJPLEIDINGEN

Europese landen wilden toegang tot de olievelden bij de Kaspische Zee om meer olieleveranciers te krijgen. Dus verleenden ze steun aan de bouw van de pijpleiding Bakoe- Tbilisi-Ceyhan (BTC). Deze loopt over een afstand van 1776 km van de Kaspische Zee in Azerbeidzjan naar de kust van de Middellandse Zee in Turkije via Georgië. Hier poseren de leiders van Georgië, Azerbeidzjan en Turkije bij de voltooiing van de pijpleiding in 2006.



DE AANLEG VAN PIJPLEIDINGEN

Voor een pijpleiding moeten tienduizenden segmenten van stalen buizen worden verbonden. Ze moeten goed worden gelast om lekken te voorkomen. De leiding is betrekkelijk snel gelegd, daar alle delen geprefabriceerd zijn, maar het duurt jaren om de route te plannen en de toestemming van alle betrokken partijen te krijgen.



PIJPLEIDINGEN EN MENSEN

Sommige pijpleidingen worden aangelegd in gebieden waar armoede heerst en het milieu erg kwetsbaar is, zoals hier in Sumatra, Indonesië. Arme mensen die in de buurt van de pijpleiding wonen profiteren niet van de weelde en rijkdom die door de olie of het gas in de leiding wordt gegeneerd, maar hun dagelijks leven wordt wel verstoord door de aanleg—en door eventuele lekken als de pijpleiding eenmaal in bedrijf is gesteld. Vandalisme kan ook tot gevaarlijke situaties leiden.

Deze wacht beschermt een pijpleiding in Saudi-Arabië



DE DREIGING VAN TERRORISME

De olieaanvoer met pijpleidingen is zo belangrijk dat deze het doelwit kunnen worden van terroristen, vooral omdat er zoveel leidingen door politiek instabiele gebieden lopen, zoals delen van het Midden-Oosten. Als bescherming tegen deze dreiging worden oliepijpleidingen op sommige plaatsen continu beveiligd door gewapende bewakers. Veel pijpleidingen zijn echter te lang om in hun geheel te kunnen worden bewaakt.



GASUNIE TRANSPORT SERVICES

In Nederland beheert Gasunie Transport Services (GTS) het gastransportnetwerk. GTS is verantwoordelijk voor de transportcapaciteit in Nederland en voor de koppeling met andere pijpleidingen, zoals met lokale leidingen voor thuisgebruik en met gasleidingen in het buitenland.



Het netwerk van gaspijpleidingen in Centraal-Europa

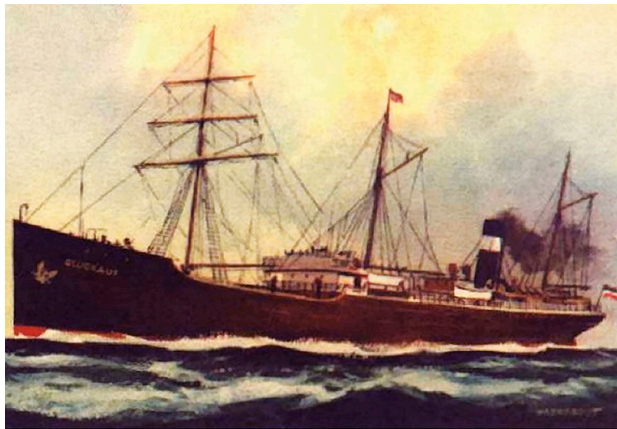


Olie op de oceaan

ER VAREN DAG EN NACHT ZO'N 3500 tankers op zee die olie vervoeren van de producent naar de afnemers. Meestal gaat het om ruwe olie, soms om geraffineerde producten, en die vereisen een speciale behandeling. Zo moet bitumen worden verhit tot meer dan 120 °C voordat het kan worden geladen. De hoeveelheid olie die de tankers vervoeren is reusachtig. Iedere dag is het equivalent van 30 miljoen vaten olie onderweg. Dat is anderhalf keer de dagelijkse hoeveelheid die wordt verbruikt in de Verenigde Staten, en 15 keer die voor het Verenigd Koninkrijk. Denk aan 2000 Olympische zwembaden boordevol olie om u een voorstelling te maken van deze hoeveelheid. Moderne ontwerpen met dubbele romp en navigatiesystemen betekenen dat de meeste olie veilig wordt vervoerd. Helaas komen er af en toe ongelukken voor en dan stroomt olie de zee in. Slechts een klein deel van alle olie die wordt vervoerd komt op die manier vrij, maar de gevolgen kunnen desastreus zijn.

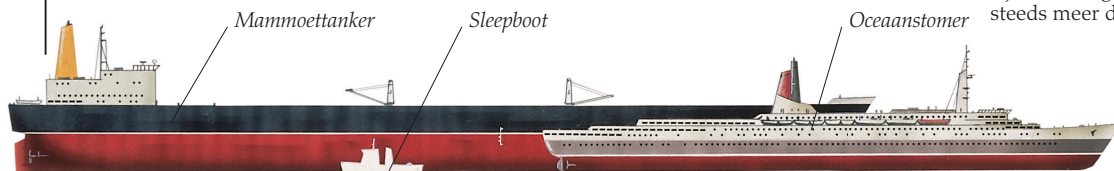
EERSTE TANKER

In 1861 vervoerde het Amerikaanse zeilschip de *Elizabeth Watts* 240 vaatjes olie van Philadelphia naar Engeland. Het was een riskante aangelegenheid, een dergelijke brandbare stof in houten vaten op een houten schip. In 1884 bouwden Britse scheepsbouwers het stalen stoomschip *Glückauf* (hier rechts), waarbij de olie zich in een stalen tank bevond. Dit was de eerste moderne olietanker.



MAMMOETTANKERS

De grootste olietankers, ook wel mammoettankers genoemd, zijn veruit de grootste schepen ter wereld. Ze wegen leeg meestal meer dan 300.000 metrische ton en kunnen miljoenen liters olie vervoeren, met een waarde van honderden miljoenen dollars. Deze monsterschepen zijn in zo'n hoge mate geautomatiseerd dat er maar 30 bemanningsleden nodig zijn. De omvang van deze tankers betekent dat ze er 10 km over doen om te stoppen, en 4 km om te keren. In de branche wordt onderscheid gemaakt tussen Ultra Large Crude Carriers (ULCC's, ultragrote olietankers) en Very Large Crude Carriers (VLCC's, zeer grote olietankers). Deze laatste zijn minder groot, maar ze wegen nog steeds meer dan 200.000 metrische ton.



OCEAANREUZEN

Mammoettankers zijn gigantische schepen, waarbij zelfs de grootste oceaanstomers in het niet vallen. Sommige zijn nog langer dan het Empire State Building hoog is. Het grootste schip dat ooit gebouwd is was de *Mont*, die verscheidene naamsveranderingen onderging (zoals *Knock Nevis*, *Jahre Viking*, *Happy Giant*, *Seawise Giant*) voordat het vaartuig buiten dienst werd gesteld en gesloopt. Het schip was 458,45 m lang en woog leeg 544.763 metrische ton en volledig geladen 825.614 metrische ton.

De woon- en werkruimte van de bemanning bevindt zich overwegend in het dekhuis aan de achterkant

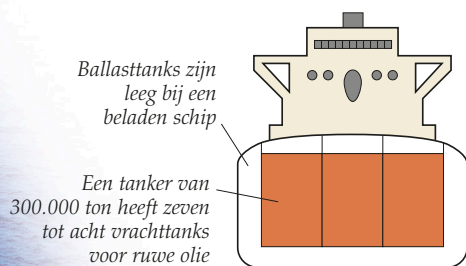
Het inwendige van de romp is verdeeld in aparte tanks, dit om de hoeveelheid olie die ontsnapt als de romp wordt doorboord tot een minimum te beperken

De overgrote meerderheid van de olie bevindt zich onder de waterlijn, met het oog op stabiliteit van het schip



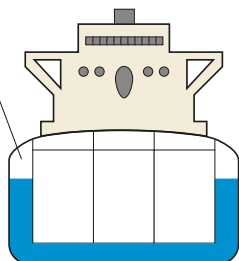
DUBBELE ROMP VOOR EXTRA VEILIGHEID

Alle grote nieuwe tankers moeten nu wettelijk zijn voorzien van een dubbele romp, met een tweede scheepswand achter de buitenste, voor extra beveiliging tegen olie lekken mocht het schip schade oplopen. De ruimte van 2-3 m tussen de wanden kan ook worden gevuld met water ter compensatie van het verschil in gewicht (en stabiliteit) wanneer de tanker na het lossen van de olie leeg terugvaart.



Beladen schip

Als de olietanks leeg zijn, neemt de tanker ongeveer 100.000 ton aan zee water in als ballast



Schip zonder lading

NATUURLIJKE LEKKAGE

Natuurlijke percolatie is de grootste enkelvoudige bron van aardolie in het mariene milieu wereldwijd, meer dan 4 miljoen vaten per jaar, dat is 47 procent van de totale input. Andere bronnen zijn het vervoer over zee (33 procent) en industrieel afval (12 procent), bijvoorbeeld via afvalstromen in rivieren. Mondiaal gezien zijn ongelukken als die met de Exxon Valdez in 1989 en recentelijk het Macondo incident in de Golf van Mexico relatief klein, maar voor het milieu ter plaatse zijn ze desastreus.



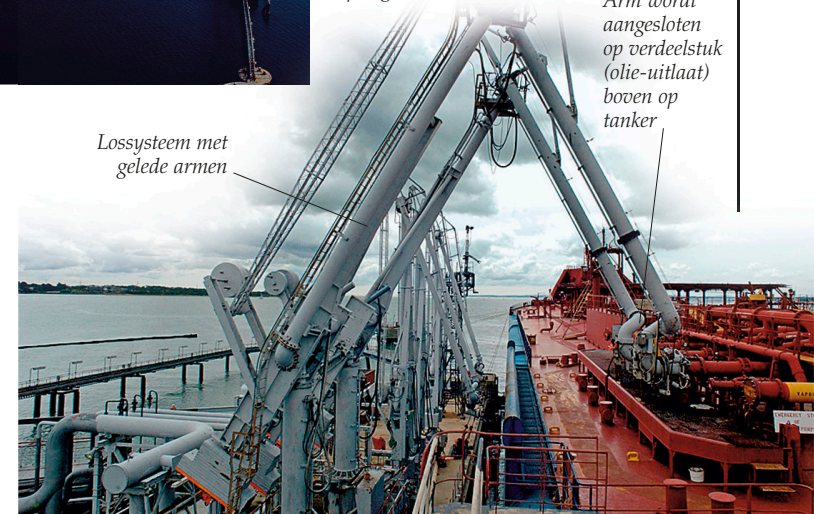
OLIETERMINAL

Gegeven de diepgang van deze enorme tankers moet het water bij de olieterminals ten minste 20 m diep zijn, dus er zijn maar enkele plaatsen geschikt daarvoor. De pieren waar de tankers afmeren worden soms zo ver in zee gebouwd dat de havenarbeiders en de bemanning een auto nodig hebben voor vervoer vanaf en naar het schip. Er zijn plannen om nieuwe terminals te bouwen in de vorm van kunstmatige eilanden in diep water, van waaruit de olie met leidingen naar het vasteland wordt vervoerd.

Opslagtanks aan land

Arm wordt aangesloten op verdeelstuk (olie-uitlaat) boven op tanker

Lossysteem met gelede armen



OLIE POMPEN

Er wordt een lossysteem met lange, gelede armen gebruikt om de olie uit de tanker te verwijderen. Deze armen worden door een computer aangestuurd en in positie gebracht, zodat deze precies aangrijpen op de olie-uitlaat van het tankerdek, die het verdeelstuk wordt genoemd. Alle olietanks van het schip zijn hiermee via kleppen en pijpleidingen verbonden. Als de armen eenmaal goed op het verdeelstuk zijn aangesloten, begint de zogeheten ladingpomp de olie naar buiten te pompen.

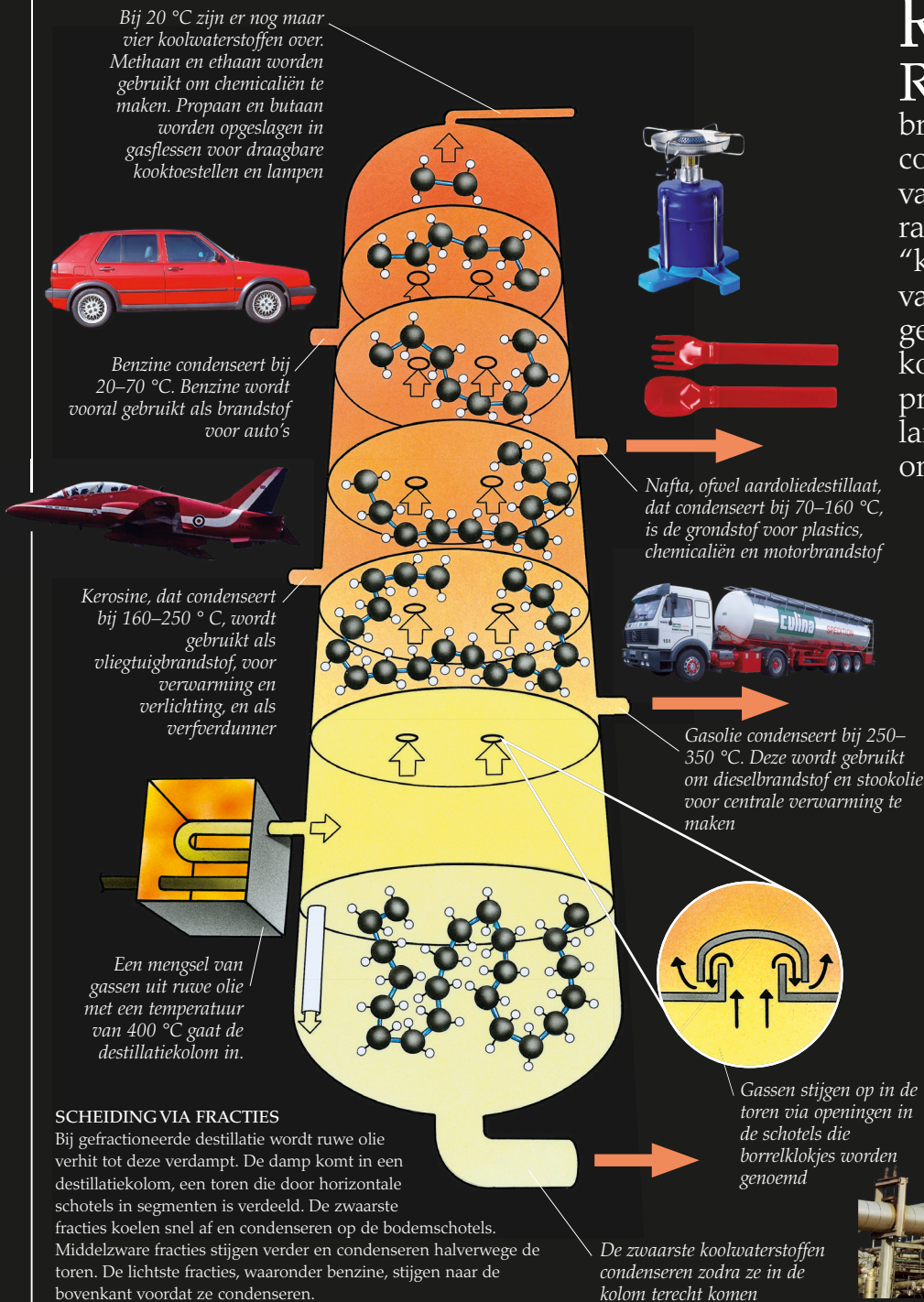


EXXON VALDEZ

De olie lekkage uit de Exxon Valdez voor de kust van Alaska in 1989 was een van de grootste, meest gepubliceerde en bestudeerde milieurampen. De tanker liep op de klippen en er stroomde naar schatting 42 miljoen liter olie uit het gehavende schip die een kustgebied van 1.900 km lang bedekte. Twintig jaar na deze olieramp zijn bepaalde diersoorten nog steeds niets de gevolgen te boven gekomen. In 1991 kwam Exxon overeen de VS en de staat Alaska 900 miljoen dollar te betalen voor het herstel van de natuur. Er is sinds die ramp veel bereikt op het gebied van maatregelen om herhaling van zo'n catastrofe te voorkomen. De oliesector en de overheid zijn nu aanzienlijk beter in staat om te reageren op zo'n situatie dan in 1989.

Raffineren van olie

RUWE OLIE MOET WORDEN BEWERKT in een raffinaderij om bruikbare stoffen te verkrijgen. Hier wordt ruwe olie gesplitst in componenten om benzine en honderden andere producten te maken, van vliegtuigbrandstof tot olie voor centrale verwarming. Bij de raffinage wordt een combinatie van "gefractioneerde destillatie" en "kraken" toegepast. Bij gefractioneerde destillatie worden bestanddelen van olie in "fracties" gescheiden, zoals lichte olie of zware olie, waarbij gebruik wordt gemaakt van hun verschillende dichtheden en kookpunten. Bij het kraken worden de fracties nog verder gesplitst in producten zoals benzine; Onder druk en verhitting worden de zware en lange koolwaterstofmoleculen gekraakt, zodat kortere koolstofketens ontstaan – dat wil zeggen, andere, lichtere verbindingen.



DE KOLOM UIT
De temperatuur in een destillatiekolom neemt geleidelijk af met de hoogte: iedere schotel is iets koeler dan die eronder. Elke fractie wordt met een eigen leiding afgevoerd na condensatie of het neerslaan op de schotels. Lichte brandstoffen zoals propaan worden bovenaan verwijderd. De zwaarste fractie, het residu, wordt aan de onderkant onttrokken. De leidingen brengen fracties die nog verder moeten worden verwerkt naar de plaats voor de volgende raffinagefase.



OLIE IN OPSLAG
Wanneer ruwe olie uit olievelden per pijpleiding of schip arriveert, wordt deze voor verwerking opgeslagen in gigantische tanks. Olivolumes worden meestal uitgedrukt in vaten, waarbij een vat 159 liter bevat. Een typische grote olieraffinaderij kan ongeveer 12 miljoen vaten ruwe olie in zijn tanks opslaan—genoeg om de VS voor 18 uur van olie te voorzien.

FLEXICOKER

De eerste raffinaderijen konden maar een klein gedeelte van de ruwe olie verwerken. Een kwart van ieder vat kon bijvoorbeeld tot benzine worden verwerkt. Tegenwoordig wordt van meer dan de helft van het vat benzine gemaakt, en van het grootste deel van de rest kunnen ook nuttige producten worden gemaakt. Flexicokers converteren residu in lichtere producten zoals diesel. Aan het einde van het proces blijft een residu over (cokes), dat bijna volledig uit koolstof bestaat en als vaste brandstof wordt verkocht.

RAFFINADERIJ

Een typische raffinaderij, zoals deze in Jubail in Saudi-Arabië, is een gigantisch complex met pijpleidingen en tanks die een oppervlak beslaan zo groot als honderden voetbalvelden. De destillatiekolom is de grote toren links op de foto hieronder. Grote raffinaderijen werken continu, 365 dagen per jaar, en er werken tussen de 1000 en 2000 mensen. Het personeel regelt de activiteiten vanuit regelkamers. De raffinaderijen maken verrassend weinig lawaai, het enige wat je hoort is het zachte en lage gebrom van zware machines.



GEKRAAKT

Sommige fracties zijn klaar voor gebruik als ze de destillatiekolom uit komen. Andere moeten naar kogelvormige krakers zoals deze worden gevoerd. Hoewel sommige benzine wordt geproduceerd door destillatiekolommen, wordt de meeste geproduceerd in krakers uit de zware fracties, in een proces dat katalytisch kraken wordt genoemd. Hiervoor is een intense hitte van zo'n 540 °C en een poedervormige katalysator nodig. De katalysator versnelt de chemische reacties waarbij de koolwaterstoffen worden opgebroken.





Energie en vervoer

OLIE IS DE BELANGRIJKSTE energiebron voor mobiliteit: meer dan 80% van de olie wordt gebruikt voor vervoermiddelen. Olie wordt verbrand voor de verwarming van huizen en om stoomturbines aan te drijven voor de opwekking van elektriciteit. De overgrote hoeveelheid wordt echter als gas, diesel, kerosine en stookolie verbrand in motoren van vervoermiddelen. De energie in olie komt vrij bij verbranding en kan dus maar een keer worden gebruikt. Iedere dag zijn er 30 miljoen vaten olie nodig om onze auto's, vrachtwagens, treinen, schepen en vliegtuigen voort te bewegen.

GEbruikt voor uiteenlopende doeleinden

Dankzij oliebranders veranderde het dagelijks leven radicaal vanaf 1920. Daarvoor werden huizen verwarmd met een haardvuur dat constant aandacht opeiste en rook veroorzaakte. Er was veel kool of hout nodig. Fornozen op olie (hierboven) werden gebruikt voor verwarming en koken.



WAT WORDT ER GEMAAKT MET DE OLIE UIT ÉÉN VAT?

- Smeermiddelen 0,9%
- Andere raffinageproducten 1,5%
- Asfalt & "road oil" (waterdicht asfaltbindmiddel voor wegen) 1,7%
- LRG (Liquified Refinery Gas, vloeibaar raffinaderijgas) 2,8%
- Zware stookolie 3,3%
- Verhandelbare cokes 5,0%
- Raffinaderijgas 5,4%
- Vliegtuigbrandstof 12,3%
- Aardoliedestillaat/nafta 15,3%

Benzine 51,4%

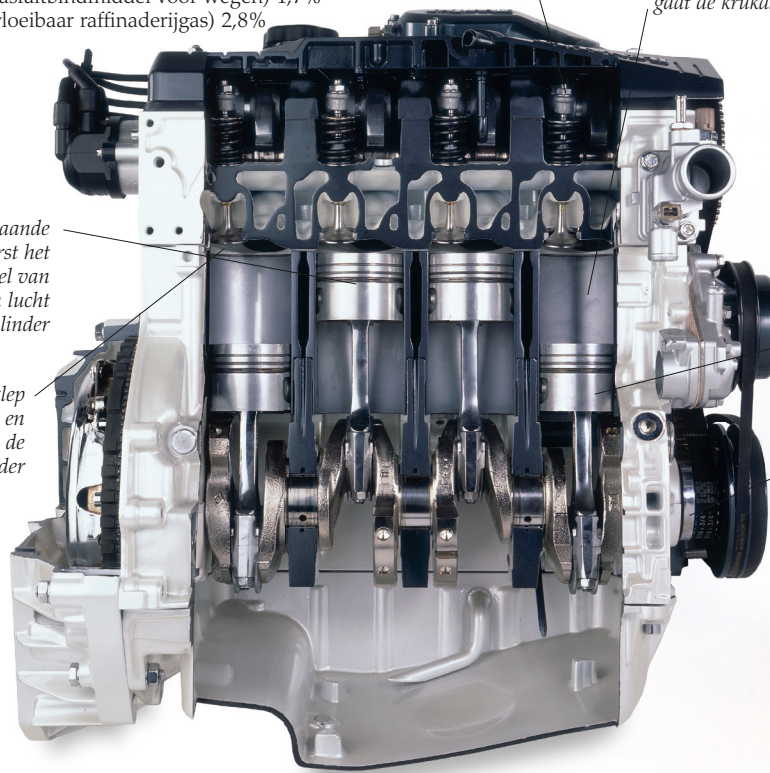
Bron: California Energy Commission

INWENDIGE VERBRANDING

De meeste auto's worden aangedreven door een inwendige verbrandingsmotor waarin benzine wordt verbrand. Benzinedamp wordt de cilinders ingeleid en gecompriëerd door een omhoog komende zuiger. Door die drukverhoging wordt de damp zo warm dat deze ontbrandt door een elektrische vonk. De verbrandingsgassen duwen de zuiger omlaag. Deze neergaande beweging wordt omgezet in een draaiende beweging van een verbonden krukas, die de wielen van de auto via assen en tandwielen in beweging brengt.

2. Omhoog gaande zuiger perst het mengsel van brandstof en lucht samen in de cilinder

1. Brandstofinlaatklep laat lucht en brandstof toe in de cilinder



3. De bougie geeft een vonk af en de brandstof wordt ontstoken, en bij de verbranding komen hete gassen vrij

4. Hete gassen zetten uit, de zuiger wordt omlaag geduwd en daardoor gaat de krukas draaien

De ontstekingsstijpsten verschillen per cilinder, zo wordt de krukas draaiende gehouden

Draaiende riemen drijven een ventilator en koelvoelstoppomp aan om de motor af te koelen

Elektrische auto
Reva G-Wiz



De G-Wiz heeft een bereik van 64 km en een topsnelheid van zo'n 64 km/u

TWEE MOTOREN IN ÉÉN

Met het oog op het brandstofverbruik en milieuvuiling hebben autofabrikanten een "hybride" auto geïntroduceerd die zowel een benzinemotor als een elektrische motor heeft. De motor wordt gestart en een accu wordt opgeladen. De accu voedt een elektrische motor, die het werk van de benzinemotor overneemt. Sommige auto's worden geheel aangedreven door accu's. De accu's van de Reva G-Wiz die u hier ziet kunnen worden opgeladen door deze aan te sluiten op een stopcontact bij u thuis.





OLIE CRUCIAAL IN ONS LEVEN

Onder invloed van de grotere mobiliteit van mensen ontstonden er uitgestrekte voorsteden zoals deze. De huizen zijn ruim en hebben grote tuinen, maar als winkels en het kantoor behoorlijk ver weg liggen, is een auto wel handig. In het begin van de jaren '70 nam de bevolking in het centrum van de grote steden in de Randstad af. Mensen verhuisden uit Amsterdam, Rotterdam, Utrecht en Den Haag naar dorpen op het platteland. Dankzij benzine was het mogelijk om dagelijks met de auto te forenzen over grote afstanden.

De brandstof wordt opgeslagen in tanks in de vleugels



F1-auto's verbruiken meestal 2,5 liter brandstof voor iedere km, en onder andere daarom maken ze pitstops tijdens een race, om bij te tanken

OLIE VOOR RACEAUTO'S

Door de verhouding tussen koolwaterstoffen te variëren en extra componenten toe te voegen, kunnen oliemaatschappijen brandstof geschikt maken voor verschillende typen motoren. De voorschriften voor Formule 1 betekenen dat raceauto's een brandstof gebruiken die vergelijkbaar is met die van productieauto's, maar het is een vluchtige versie die tot grote prestaties leidt. Brandstof voor raceauto's is zeer onrendabel en belast de motor te zeer voor dagelijks gebruik.

De brandstof wordt opgeslagen in tanks in de vleugels



ZWAAR TRANSPORT

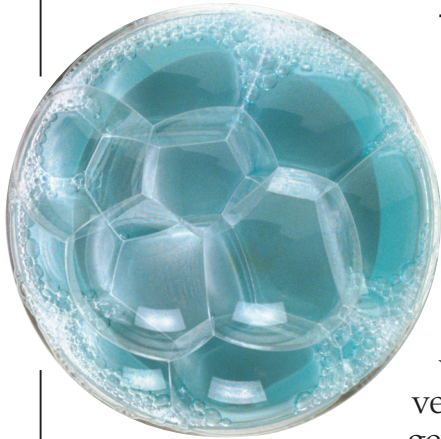
De meeste auto's rijden op benzine.

Vrachtwagens en bussen daarentegen rijden meestal op de dikkere dieselolie. Dieselmotoren hebben geen vonk nodig. De zuigers comprimeren de lucht in de cilinders zozeer dat de dieselolie bij insputting in de cilinders meteen ontbrandt.

Dieselmotoren zijn efficiënter dan benzinemotoren en de bedrijfskosten zijn lager, maar ze zijn zwaarder en steviger in verband met de extra compressie. Ze zijn dan ook trager dan benzinemotoren, en daarom minder populair bij automobilisten.

VLEIGTUIGBRANDSTOF

Ongeveer driekwart van alle olie die voor vervoer wordt gebruikt komt voor rekening van wegvoertuigen, maar steeds meer olie wordt verbruikt door vliegtuigen. Een groot verkeersvliegtuig kan wel meer dan 77.000 liter verbruiken op een vlucht van ca. 4000 km (van Amsterdam naar Teheran). Vliegtuigbrandstof verschilt enigszins van benzine, het vlampunt (de ontstekingstemperatuur) ligt hoger. Daardoor is vliegtuigbrandstof veel veiliger te vervoeren dan benzine.



Materialen gemaakt van olie

OLIE IS NIET ALLEEN EEN BRON VAN ENERGIE, maar ook een belangrijke grondstof. De koolwaterstoffen in olie kunnen worden verwerkt tot stoffen die petrochemische verbindingen worden genoemd. Daarbij veranderen de koolwaterstoffen gewoonlijk zodanig dat het moeilijk is om olie als oorsprong van petrochemische producten te herkennen. Er kunnen heel veel materialen worden gemaakt van petrochemische verbindingen, van kunststoffen tot parfum. Veel olieproducten zijn een alternatief voor natuurlijke materialen, zoals synthetisch rubber voor natuurlijk rubber, en wasmiddelen voor zeep. Olie is ook de basis voor nieuwe en unieke materialen zoals nylon.

SCHOONMAKEN

De meeste wasmiddelen zijn gemaakt op basis van petrochemische verbindingen. Met alleen water krijg je geen vetvlekken van oppervlakken, want olie en vet stoten het water af. Wasmiddelen bevatten oppervlakte-actieve stoffen, ook wel surfactanten genoemd, die door zowel vet als water worden aangetrokken. Ze hechten zich aan het vuil en weken het los, zodat het vuil tijdens het wassen wordt verwijderd.

Olie in lippenstift werkt als smeermiddel



Lippenstift

Eyeliner

KNAPVOOR DE DAG KOMEN
Lippenstift, eyeliner, mascara, vochtinbrengende producten en haarkleurmiddelen zijn enkele schoonheidsproducten op basis van petrochemische verbindingen. Zo is vaseline, een wasachtig, kerosine-achtig materiaal dat is gemaakt van olie, een van de belangrijkste bestanddelen van de meeste bodylotions. Sommige producenten prijzen hun producten aan als "gemaakt zonder aardolie," als deze opmerkelijk genoeg geen olieproducten bevatten.

Gras dat is behandeld met kunstmest gemaakt van petrochemische verbindingen

LEVEN MET AARDOLIE
Ter illustratie van de vele manieren waarop we olie gebruiken vroegen we dit Amerikaanse gezin voor hun huis te poseren met alle dingen in hun huis die gemaakt zijn van materialen op basis van olie. Ze moesten zowat hun hele huis leeg halen, want er waren maar heel weinig dingen die niets met olie van doen hadden. Behalve de vele plastic voorwerpen waren er geneesmiddelen uit het medicijnkastje in de badkamer, schoonmaakmiddelen uit de keuken, kleren van synthetische vezels, cosmetica, lijmen, textielverf, schoeisel en nog veel meer.





Kunststof omlijsting voor radio's, tv's en computers (polystyreen)

Schuimkussens (polyurethaan)

Duurzaam speelgoed (HDPE)

Kunststof veiligheidsramen (PVC)

Doosjes om voedsel in te bewaren (polyetheen)

Lichtgewicht lenzen voor brillen (polycarbonaat)

Onbreekbare voorwerpen voor opslag (polycarbonaat)

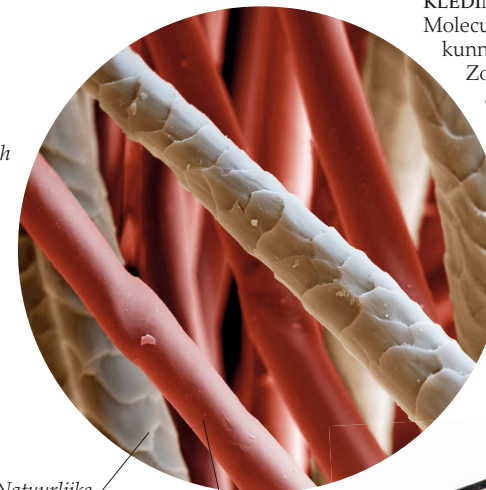
Kruiken (synthetisch rubber)

Natuurlijke vezel (wol)

Synthetische vezel (acryl)

KLEURIGE KAARS
Kaarsen kunnen worden gemaakt van bijenwas en andere natuurlijke wasen, maar de meeste goedkope kaarsen worden gemaakt van paraffinewas. Bij de productie van deze geurloze was wordt olie door klei gefilterd en behandeld met zwavelzuur. Door een kleur toe te voegen worden de kaarsen aantrekkelijker. Paraffinewas wordt ook gebruikt in polijstmiddelen, waskrijt en vele andere producten.

Kaars van paraffinewas



IK VOEL ME AL EEN STUK BETER
Olie is van oudsher bekend om de medicinale eigenschappen. In de Middeleeuwen werd het gebruikt voor de behandeling van huidaandoeningen. Vandaag de dag is het een bron voor enkele van de belangrijkste geneesmiddelen, zoals ontstekingsremmers en de pijnstiller aspirine. Deze zijn allebei koolwaterstoffen.

Aspirine



KLEDINGVEZELS

Moleculen in petrochemische verbindingen kunnen aan elkaar worden gekoppeld. Zo ontstaat een grote verscheidenheid aan synthetische vezels, zoals nylon, polyester en elastaan (spandex), elk met speciale eigenschappen. Op deze foto gemaakt met behulp van een microscoop zie je hoe glad acrylvezel (rood) is vergeleken met schapevool (crèmekleurig). Acryl droogt sneller dan wol, omdat de vezels geen ruwe uiteinden hebben waar zich waterdruppels aan kunnen hechten.

LEZEN MET OLIE

Als je dit boek leest en naar de plaatjes kijkt, kijkt u in feite naar olie. De drukinkt is namelijk gemaakt van kleine gekleurde deeltjes (pigment) die zijn opgelost in een oplosmiddel. Het oplosmiddel is meestal een kerosine-achtige vloeistof die is gedestilleerd uit aardolie. Voor verf en nagellak wordt ook gebruik gemaakt van op aardolie gebaseerde oplosmiddelen als drager voor het pigment.



Plastics en polymeren

Iedere etheenmonomeer in de keten heeft twee waterstofatomen (wit) en twee koolstofatomen (zwart)

POLYMEREN MAKEN

Polymeren zijn lange ketens van moleculen die uit kleinere moleculen (monomeren) bestaan. Zo is polyetheen een plastic polymeer dat bestaat uit 50.000 moleculen van een simpele koolwaterstofmonomeer, etheen. Men koppelt de etheenmonomeren aan elkaar door middel van een chemische reactie die polymerisatie wordt genoemd. Mondiaal gezien wordt er ieder jaar meer dan 60 miljoen ton polyetheen geproduceerd.

De polymeer polyetheen

PLASTICS SPELEN een belangrijke rol in het moderne leven. Denk aan doosjes waarin we voedsel vers houden en de afstandsbediening van de tv. Kunststoffen zijn materialen die kunnen worden verwarmd en in bijna iedere vorm kunnen worden gemodelleerd, dankzij hun structuur, die bestaat uit onvoorstelbaar lange molecuulketens die polymeren worden genoemd. Sommige polymeren zijn natuurlijk, zoals hoorn en barnsteen. Vrijwel alle polymeren die we nu gebruiken zijn echter door de mens vervaardigd, de meeste uit olie en aardgas. Wetenschappers kunnen de koolwaterstoffen in olie gebruiken om een steeds grotere verscheidenheid aan polymeren te maken, niet alleen voor plastics, maar ook synthetische vezels en andere materialen.



18de-eeuwse snuifdoos van schildpad

NATUURLIJKE POLYMEREN

Vroeger maakte men knopen, handvatten, kammen en dozen van natuurlijke polymeren zoals schellak (een afscheidingsproduct van de lakschildluis) ofwel karet (gemaakt van de schilden van voornamelijk de karetschildpad). Een schildpaddoosje zoals dit werd gemaakt door het schild te verhitten en smelten en daarna te laten afkoelen en verharden in een gietvorm.



Bakelieten telefoon

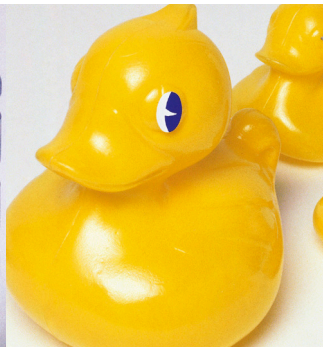
DE EERSTE KUNSTSTOF

De eerste halfsynthetische kunststof, Parkesine, vernoemd naar Alexander Parkes (1813-90), werd in 1861 door deze uitvinder geproduceerd. Hij slaagde erin cellulose, de natuurlijke polymeer die in katoen wordt aangetroffen, aan te passen. Het tijdperk van de moderne plastics begon in 1907, toen Leo Baekeland (1863-1944) ontdekte hoe nieuwe polymeren konden worden gemaakt met chemische reacties. Zijn revolutionaire polymeer, Bakeliet, werd gemaakt door fenol en formaldehyde met elkaar te laten reageren bij een hoge druk en temperatuur. Bakeliet kende vele toepassingen, van vliegtuigpropellers tot sieraden en deurknoppen, maar vooral als behuizing voor elektrische apparaten, want het is een voortreffelijke isolator.



POLYETHEEN

Stevig, zacht en flexibel polyetheen is een zeer veelzijdige kunststof. De stof werd het eerst door ICI gemaakt in 1933 en is dan ook een van de oudste plastics. De meeste plastic flessen voor water en frisdrank zijn van polyetheen.



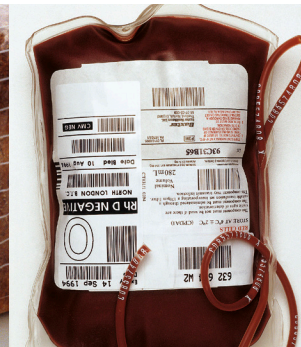
HDPE

Er zijn vele soorten polyetheen, zoals HDPE (hogedichtheid-polyetheen). HDPE is zeer stevig en compact en wordt veel toegepast in de fabricage van onder andere speelgoed, bekertjes, wasmiddelflacons en vuilnisbakken.



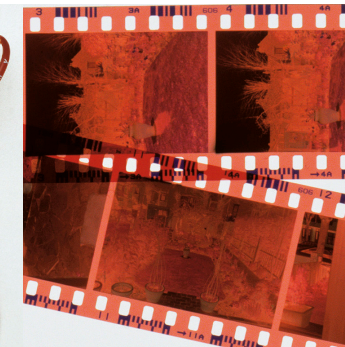
LDPE

In LDPE (lagedichtheid-polyetheen) zitten de polymeren minder dicht op elkaar, en dat maakt het plastic zeer licht en flexibel. Doorzichtige LDPE-folie wordt veel gebruikt om brood te verpakken en voedsel te omwikkelen en langer goed te houden.



PVC

Na toevoeging van weekmakers wordt de stof gebruikt voor de productie van schoenen, shampooflessen, bloedzakken etc.



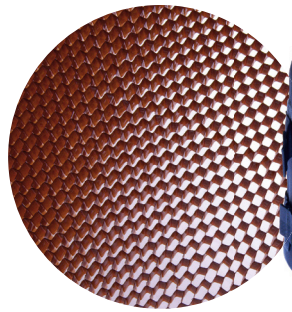
POLYPROPEEN/POLYPROPYLEEN

Polypropreen is bestand tegen de meeste oplosmiddelen en zuren, en wordt vaak gebruikt voor flessen voor chemicaliën. Fotografische film is ook gemaakt van polypropreen: dit wordt niet aangetast door de stoffen die bij de ontwikkeling worden gebruikt.



POLYSTYREEN

Polystyreen in harde en doorzichtige vorm wordt gebruikt voor items zoals CD-doosjes. Als polystyreen wordt gevuld met kleine gasballetjes, ontstaat het lichte schuim waarmee eieren worden verpakt. Dit schuim wordt ook gebruikt voor wegwerpbekertjes, want het isoleert warmte goed.



Aramide vezels



Kogelvrij vest van Kevlar®

TAAIE DRADEN

In 1961 ontdekte de chemicus Stephanie Kwolek (geboren in 1923) van DuPont™ hoe vaste vezels gesponnen konden worden uit vloeibare chemische stoffen waaronder koolwaterstoffen. De vezels die zo ontstaan, aramide vezels, zijn verbluffend sterk. Aramide vezels zoals Kevlar® kunnen worden geweven tot een materiaal dat licht genoeg is om als kledingstuk te dragen, en toch stevig genoeg om een kogel tegen te houden.



DE KRACHT VAN KOOLSTOF

Door koolstofvezels op te nemen kunnen kunststoffen zoals polyester worden veranderd in ongelooflijk sterk en licht materiaal dat CFRP of CRP wordt genoemd (carbon-fiber reinforced plastic, met koolstofvezel versterkte kunststof). Omdat het uit plastic en koolstof bestaat, wordt CFRP geclassificeerd als composiet materiaal. Het is ideaal voor sterk en licht materiaal zoals het frame van dit tennisracket.

POLYCARBONAAT

Omdat polycarbonaat moeilijk te breken is en bestand is tegen zeer hoge temperaturen, wordt het steeds vaker gebruikt in de productie. DVD's, MP3-spelers, afdekkingen van elektrische verlichting en lenzen van zonnebrillen worden doorgaans gemaakt van polycarbonaat.

VEEL VOORKOMENDE PLASTICS

Koolwaterstoffen kunnen op verschillende manieren worden gekoppeld en zo kunnen honderden verschillende soorten polymeren worden gemaakt, die elk een speciale eigenschap hebben. Als de polymeerstrengen strak en dicht bij elkaar worden gehouden, is de kunststof stijf zoals polycarbonaat. Als de strengen gemakkelijk over elkaar kunnen glijden, is het plastic buigzaam zoals polyetheen. De makers van plastic items kunnen dus een plastic kiezen dat precies de gewenste eigenschappen heeft voor het beoogde doel.

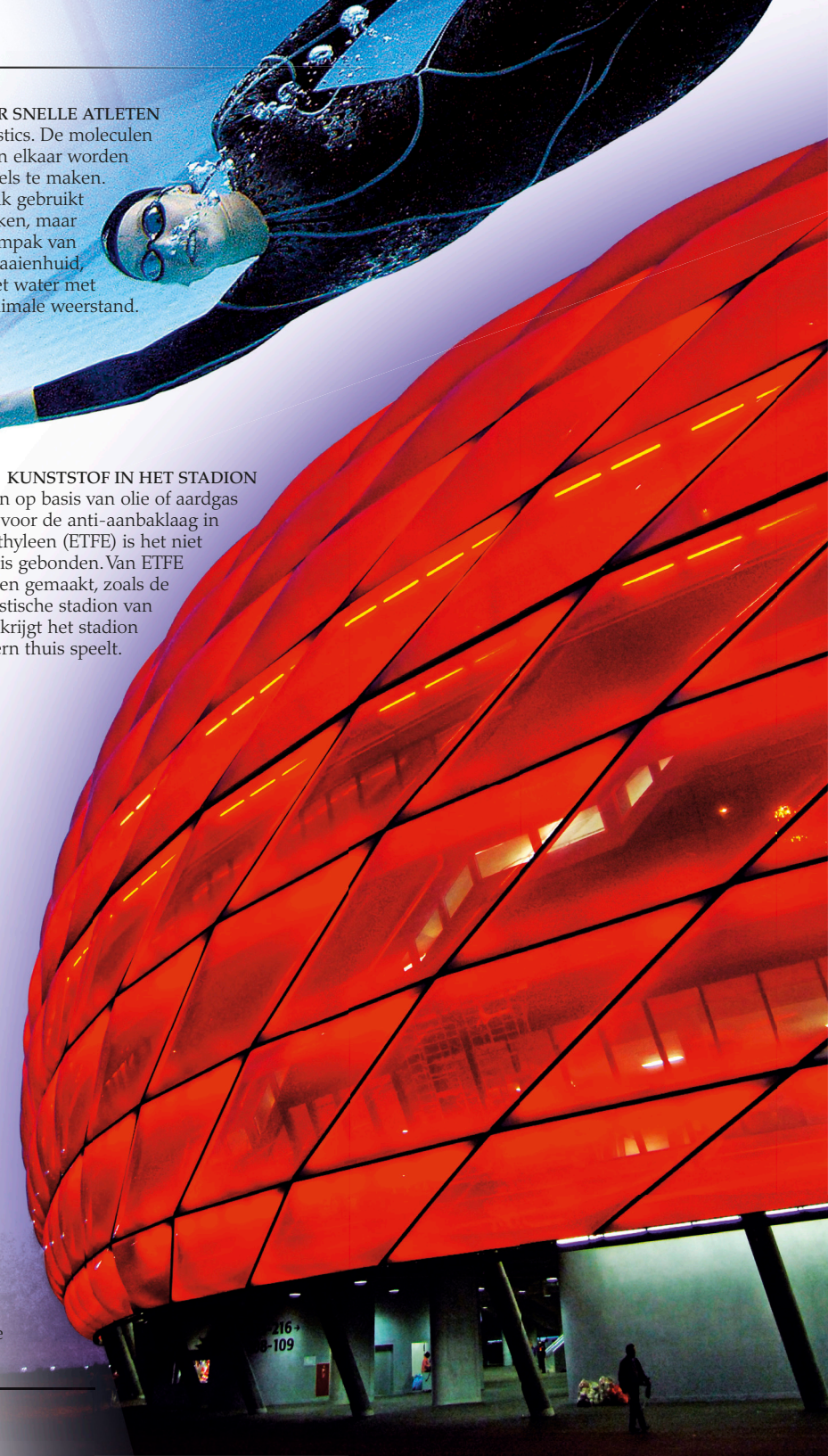
VEZELS VOOR SNELLE ATLETEN

Niet alle koolwaterstofpolymeren zijn plastics. De moleculen van de polymeren kunnen ook aan elkaar worden geregen om lichte, sterke vezels te maken. Synthetische polymeervezels worden vaak gebruikt om niet alleen alledaagse kleren te maken, maar ook speciale sportkleding. Met dit zwempak van Fastskin®, gebaseerd op studies van haaienhuid, glijdt de zwemmer soepel door het water met minimale weerstand.



KUNSTSTOF IN HET STADION

Plastic polymeren hoeven niet koolwaterstoffen op basis van olie of aardgas te zijn. In polymeren zoals Teflon® (gebruikt voor de anti-aanbaklaag in koekenpannen) en ethyleentetrafluorethyleen (ETFE) is het niet waterstof maar fluor dat aan de koolstof is gebonden. Van ETFE kunnen stevige, halfdoorzichtige platen worden gemaakt, zoals de "kussens" die je hier kunt zien bij het futuristische stadion van Bayern München, de Allianz Arena. Hiermee krijgt het stadion een rode gloed als Bayern thuis speelt.



Mondiale olie

OLIE HEEFT SOMMIGE PERSONEN IMMENSE RIJKDOM GEBRACHT, tot grote winsten voor bedrijven geleid en arme landen welvarend gemaakt. Sinds de begindagen in de 19de eeuw hebben oliebaronnen bijna van de ene dag op de andere een fortuin gemaakt. Zo was daar Hadji Zeynalabdin Taghiyev (1823–1924) in Bakoe, Azerbeidzjan. In de VS was de eerste oliemiljonair Jonathan Watson (1819–94) uit Titusville, Pennsylvania, waar Drake de eerste oliebron in de VS aanboorde (p. 12). Daarna ontstonden de grote oliedynastieën van John D. Rockefeller (1839–1937) en Edward Harkness (1874–1940), en later de Texaanse oliemagnaten zoals Haroldson Hunt (1889–1974) en Jean Paul Getty (1892–1976), die elk ooit de rijkste man ter wereld waren. Aan het einde van de 20ste eeuw waren het Arabische sjeiks. Nu is het de beurt van Russische zakenlieden.

De Jumeirah Emirates Office Tower is een van de hoogste gebouwen ter wereld



DE EERSTE OLIEGIGANT

Standard Oil begon als een kleine olieraffinerij in Cleveland, Ohio, maar groeide al snel uit tot het eerste gigantische oliebedrijf, waarmee Rockefeller en Harkness hun fortuin maakten. In de jaren 1920 en '30 werd het bedrijf bekend in de ontwikkelde wereld onder de naam Esso, en benzinestations van Esso zoals dit in New Jersey, vormen nu dan ook een vertrouwd beeld. De onderneming heet nu ExxonMobil en is het grootste oliebedrijf dat het eigendom is van investeerders.

WELVAART DOOR OLIE

De olierijkdom heeft landen zoals Saudi-Arabië, de Verenigde Arabische Emiraten en andere staten aan de Perzische Golf getransformeerd. Een halve eeuw geleden waren dit grotendeels landen met weinig natuurlijke hulpbronnen waar woestijnnomaden een eenvoudig leven leidden, zoals hun voorouders dat al duizenden jaren gedaan hadden. De economieën van deze landen hebben een hoge vlucht genomen en er zijn nu blinkende moderne steden zoals Dubai City in de VAE, dat bekend staat om zijn gastvrijheid en een rijk cultureel erfgoed.

WIE IS DE GROOTSTE?

In 2013 nam Royal Dutch Shell de topositie in op de lijst Fortune Global 500 van grootste bedrijven ter wereld op basis van jaaromzet. Ten tijde van de publicatie van dit boek is ExxonMobil het grootste en meest winstgevendende oliebedrijf dat het eigendom is van investeerders, maar niet het grootste oliebedrijf ter wereld. Saudi Aramco is veruit de grootste oliemaatschappij met 260 miljard vaten aan olie en aardgasreserves, vergeleken met 23 miljard voor ExxonMobil, dat daarmee de twaalfde plaats inneemt. De 10 grootste olie- en aardgasbedrijven ter wereld zijn in feite allemaal nationale oliemaatschappijen (overheidsbedrijven).

De 10 grootste olie- en gasbedrijven ter wereld:

1. Saudi Aramco (Saoudi-Arabië)
2. National Iranian Oil Co. (Iran)
3. Gazprom (Rusland – deels in handen van de staat)
4. Qatar Petroleum (Qatar)
5. Kuwait Petroleum Co. (Koeweit)
6. Petróleos de Venezuela (Venezuela)
7. Adnoc (Verenigde Arabische Emiraten)
8. Nigerian National Petroleum Co. (Nigeria)
9. Sonatrach (Algerije)
10. Libya NOC (Libië)



Chelsea FC



KEROSINE VERBINDT DE WERELD

In 2007 verzorgden de luchtvaartmaatschappijen over de hele wereld bijna 2,4 miljoen lijnvluchten per maand. Internationale routes tussen West-Europa en het Midden-Oosten namen het meest toe. Vliegtuigbouwers onderzoeken de mogelijkheid om biobrandstoffen toe te passen bij vliegtuigen, maar het probleem is dat deze niet dezelfde energie-inhoud hebben als fossiele brandstoffen. Vliegtuigbrandstof moet vloeibaar blijven bij de lage omgevingstemperaturen waarmee een vliegtuig onderweg te maken heeft en biobrandstoffen hebben de neiging eerder te stollen dan de van aardolie afgeleide equivalenten.

Afvalgas van oliewinning wordt verbrand (afgefakkeld)



VLOEK VAN DE HULPBRONNEN

De "vloek van de hulpbronnen" is de paradox dat landen met natuurlijke hulpbronnen economisch vaak zwakker kunnen zijn dan landen zonder deze bronnen. Overheden zorgen er niet altijd voor dat iedereen kan delen in de rijkdom en welvaart dankzij olie-inkomsten. Hierdoor worden de verschillen tussen arme en rijke bevolkingsgroepen alleen maar groter. Maar ook de "Hollandse ziekte" kan gezien worden als een "vloek van de hulpbronnen". Door de ontdekte aardgasreserves steeg de waarde van de munt en daalde de concurrentiepositie van Nederland ten opzichte van het buitenland. Hierdoor verminderde de export en nam de werkloosheid juist toe.

Zonnepanelen van BP in de Filipijnen



GROEN BEWUSTZIJN

Milieuproblemen met olie hebben het imago van deze brandstof geen goed gedaan. De olie-industrie heeft vele verbeteringen doorgevoerd die de gevolgen van hun activiteiten voor het milieu beperken, en investeert fors in alternatieve energie.

RUSSISCHE RIJKDOMMEN

Toen de Sovjet-Unie aan het begin van de jaren '90 uiteenviel, werden veel olie- en gasbedrijven die in handen waren van de staat verkocht. Roman Abramovitsj (hier links), een gewiekste Russische investeerder, kocht met het geld dat hij verdiende aan olie- en gas de Londense voetbalclub Chelsea, hetgeen hem en de club geen windeieren legde.



In 2000 veranderde BP het bedrijfslogo in een bloemsymbool





BRANDSTOF VOOR DE MARINE
Oliegigant BP werd opgericht als de Anglo-Persian Oil Company nadat er in 1908 olie in Iran was ontdekt. In de Eerste Wereldoorlog (1914–18) was olie van cruciaal belang voor Groot-Brittannië. Als First Lord of the Admiralty eiste Churchill dat de marine van steenkool op olie overging en dat markeerde het begin van het moderne olietijdperk. De meeste andere landen volgden kort na de oorlog dit voorbeeld en zo werden de oorlogsvloten aanvankelijk de grootste afnemers van olie.



Benzine

BRANDENDE OLIEVELDEN IN OORLOGSTIJD

Olie speelde een hoofdrol bij recente oorlogen in de regio van de Perzische Golf. Het leger van de Iraakse dictator Saddam Hoessein viel in 1990 Koeweit binnen omdat het land olie in Iraakse olievelden zou hebben aangeboord. Toen de VS en bondgenoten Koeweit bevrijdden was dat ook om de aanvoer van olie veilig te stellen. De Iraeken staken op hun terugtocht oliebronnen in brand (hier rechts).

Olie en macht

OLIE IS ZO BELANGRIJK voor het moderne leven dat landen oorlog voeren om olie. Olie is cruciaal voor de rijkdom van een natie, als bron van energie voor vervoer en de industrie. De olie kan ook van vitaal belang zijn voor de verdediging van een natie, aangezien veel militaire voertuigen en machines olie nodig hebben. Het is dan ook geen wonder dat olie een centrale rol speelde in veel conflicten in de 20ste eeuw en dat is nog steeds het geval. Door de enorme olievoorraden van landen in het Midden-Oosten zoals Iran en Irak staan deze landen in het nieuws en is de aandacht van de wereld gericht op de gang van zaken daar. De ontginning van olievelden in Rusland, Venezuela, Nigeria en andere landen maakt de politieke puzzel van olie nog complexer.



Sjeik Yamani stond bekend als een uitgekookt onderhandelaar

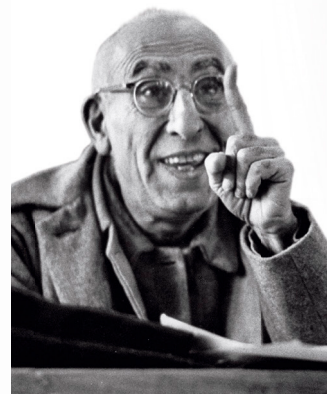
LEIDER VAN OLIEKARTEL

In de jaren 60 richtten belangrijke olieproducerende naties, waaronder die in het Midden-Oosten, de OPEC (Organization of Petroleum Exporting Countries) op om hun belangen te behartigen. Sjeik Yamani van Saudi-Arabië was 25 jaar lang een vooraanstaande OPEC-figuur. Hij is bekend vanwege de oliecrisis van 1973, toen hij de OPEC overhaalde de olieprijs te verviervoudigen.



DE OLIECRISIS

In 1973 brak er oorlog uit tussen Israël en Arabische landen onder aanvoering van Syrië en Egypte. OPEC stopte de export van olie naar landen die Israël steunden, zoals de VS en veel Europese landen. Dit leidde tot ernstige olietekorten in het Westen, dat al lange tijd afhankelijk was van olie uit het Midden-Oosten. Er ontstonden lange rijen bij de pompstations. In Nederland werden auto-loze zondagen ingesteld.



DE VAL VAN MOSSADEQ

Mohammed Mossadeq (1882–1967) was van 1951 tot 1953 de populaire, democratisch verkozen premier van Iran. Hij werd afgezet in een staatsgreep door het leger met steun van de VS en Groot-Brittannië nadat hij de Anglo-Iranian Oil Company had genationaliseerd die voordien onder beheer stond van de Britse overheid.



MODERNE VAE

Na de ontdekking van olie meer dan 30 jaar geleden groeiden de Verenigde Arabische Emiraten (VAE) uit van een aantal kleine vorstendommen in de woestijn tot een moderne staat met een hoge levensstandaard. Als centrum van handel en toerisme is Dubai welvarend geworden en dat blijkt uit de enorme winkelcentra en luxehotels aan zee, die jaarlijks zo'n zeven miljoen toeristen trekken. Het tempo waarin de economie van Dubai groeit overtreft zelfs dat van China, en dat is een van de snelst groeiende economieën ter wereld.

De olieveldbranden in Koeweit in 1991 werden veroorzaakt door Iraakse troepen en duurden zeven maanden. Het equivalent van een miljard vaten olie ging in vlammen op.

DORST NAAR OLIE IN CHINA

Energie is onmisbaar voor economische bedrijvigheid. De behoefte aan olie in China bepaalt mede de buitenlandse politiek van het land en de relaties met andere landen. China heeft meer olie nodig dan het zelf kan produceren. Daarom heeft China belangen in exploratie en productie in Kazachstan, Rusland, Venezuela, Soedan, Iran, Saoedi-Arabie, Canada en Afrika. De import van olie door China zal van 2,5 miljoen vaten per dag in 2005 toenemen tot 9,2 miljoen vaten per dag in 2020.

OLIE EN DE TWEDE WERELDOORLOG

De leiders in de Tweede Wereldoorlog, aan beide zijden, wisten dat aardolie onmisbaar was voor de strijdkrachten. Voor de oorlog hadden experts het idee van Adolf Hitler dat hij de wereld kon veroveren afgedaan als onzinnig, voornamelijk omdat Duitsland vrijwel geen eigen aardolievoorraden had. Hitler had echter een groot industrieel complex opgebouwd voor de productie van synthetische aardolie uit steenkool, en daar had Duitsland bepaald geen gebrek aan. Olie werd een oorlogsstrategie en de Geallieerden begonnen met bombardementen om dit industriële complex te vernietigen, en zo het Duitse leger te verlammen. Olietekorten speelden ook Japan parten.



Junker 52 (Duits) uit de jaren 30

Wolkenkrabbers langs de Sheikh Zayed Road in Dubai.

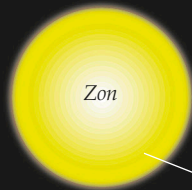
OPKOMST VAN NATIONALE OLIEMAATSCHAPPIJEN

Een nationale oliemaatschappij (NOC) is een staatsbedrijf dat de olie- en gasvelden van een land beheert. De grootste NOC's zijn te vinden in Saoedi-Arabië, Iran, Koeweit, de VAE, Brazilië en Venezuela, maar ze opereren ook in Noorwegen, Maleisië, India en Mexico. Tegenwoordig beheren nationale oliemaatschappijen driekwart van de oliereserves van de wereld. NOC's zijn geavanceerde, zeer capabele en winstgevendende organisaties geworden, die hun land financiële armsgelooft en ook prestige verlenen. Zo betekent het streven van Venezuela om meer invloed op de eigen hulpbronnen te krijgen dat er een kleinere rol voor internationale oliebedrijven in dat land is weggelegd.



Olie en het milieu

DE WERELD IS AFHANKELIJK VAN OLIE en gas voor energie en dat zal de komende tientallen jaren nog wel zo blijven, ondanks groeiende ongerustheid over de opwarming van de aarde en de uitstoot van koolstofdioxide (CO₂) als gevolg van menselijke activiteiten. Bezorgdheid over klimaatverandering leidt tot nieuwe regels en manieren om de uitstoot van koolstofdioxide te beperken. Daarvoor zijn veranderingen nodig in energieproductie en de manier waarop wij, en bedrijven, energie gebruiken. De praktijken in de olie-industrie zijn de afgelopen 50 jaar erg veranderd, en er zijn vele rigoureuze controlemechanismen en technologische innovaties doorgevoerd om zorgvuldiger met het milieu om te gaan. De olie- en aardgassector in de VS heeft sinds 1990 148 miljard dollar geïnvesteerd om haar staat van dienst op milieugebied een beter aanzien te geven—\$504 voor iedere man, vrouw en ieder kind in de VS. Het resultaat is te zien in kleinere “voetafdrukken” (de oppervlakte van het gebied dat wordt verstoord), minder afval en verspilling, schonere en veiligere werkzaamheden.

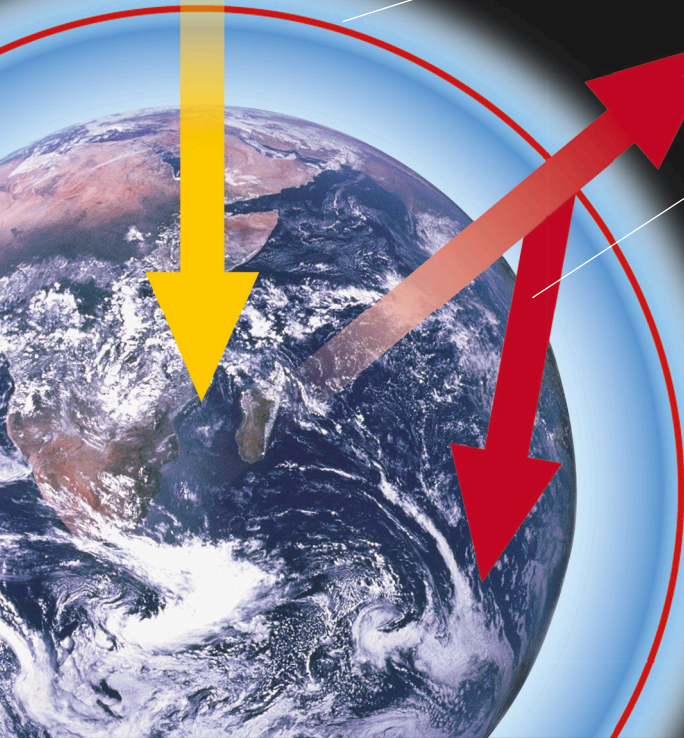


Zonnestraling verwarmt de aarde

Broeikasgassen omringen de aarde

Infrarood straling die weer door de grond wordt uitgezonden ontsnapt in de ruimte

Infrarood straling die wordt geabsorbeerd door broeikasgassen, waardoor de aarde warmer wordt



HET BROEIKASEFFECT

De zonnestraling verwarmt de grond en deze zendt de infrarood straling terug de atmosfeer in. Veel van die straling ontsnapt in de ruimte, maar een deel wordt geabsorbeerd door bepaalde gassen in de atmosfeer, zoals koolstofdioxide, waterdamp en methaan, die dezelfde werking hebben als het glas in een broeikas. Dit “broeikaseffect” houdt de aarde warm genoeg om het leven hier in stand te houden. Extra koolstofdioxide in de atmosfeer absorbeert misschien te veel infrarode straling, waardoor de aarde warmer wordt. Koolstofdioxide wordt uitgestoten door energiecentrales waarin fossiele brandstoffen worden verbrand (voornamelijk steenkool), door auto's en gebouwen. Ontbossing is de tweede belangrijke oorzaak van een verhoging van koolstofdioxide in de atmosfeer. Ontbossing is verantwoordelijk voor 25 procent van de uitstoot van koolstofdioxide die in de atmosfeer komt als gevolg van het omzagen en verbranden van bomen (ieder jaar een bosgebied met een oppervlakte van 138.000 km²). De uitstoot van methaan, het op één na belangrijkste broeikasgas, vindt hoofdzakelijk plaats in de landbouw, bijvoorbeeld door rijstvelden en winderigheid bij koeien, en door productie van fossiele brandstof.



PLANTEN WATER GEVEN

Pistachenoten en vele andere voedingsgewassen in Californië worden gekweekt met water dat naar de oppervlakte is gebracht door olie- en gasproductie. Water uit de productie van methaangas uit steenkoollagen in Wyoming wordt getest op geschiktheid voor het bewateren van gerst en andere gewassen. Nieuwe technieken voor het verwijderen van verontreinigende stoffen uit water dat tijdens olie- en gaswinning wordt geproduceerd leiden tot aanzienlijke verbetering in de kwaliteit van het water dat aan de oppervlakte wordt geloosd.



VEILIGHEID BIJ ORKANEN

In 2005, vlak voordat de orkanen Katrina en Rita door de Golf van Mexico raasden, werden alle productieplatforms geëvacueerd om het personeel in veiligheid te brengen, en werd de productie stopgezet. Daardoor kwamen er geen mensen om het leven en waren er geen significante olielekken. Er bevinden zich meer dan 4000 platformen in de Golf van Mexico. Dat betekent dat meer dan 97 procent van de platformen deze record-brekende stormen hebben doorstaan. De faciliteiten op zee die na 1988 zijn gebouwd zijn zodanig ontworpen dat ze een storm die eens in de 100 jaar voorkomt kunnen weerstaan.

KLEINE VOETAFDRUKKEN

In de afgelopen 30 jaar zijn de voetafdrukken van productiefaciliteiten enorm afgenomen. De afmetingen van boorvelden zijn met wel 80 procent verkleind. Als het olieveld Prudhoe Bay in Alaska zou worden geopend met de huidige technologie, zou de voetafdruk bijna een derde zijn van de faciliteit die er nu ligt. Dankzij nieuwe seismische technologie en teledetectietechnologie, vanuit de lucht of de ruimte (per satelliet), is de kans nu groter dat een potentiële olie- of gasbron succes oplevert. Daardoor zijn er minder boorgaten nodig, die de omgeving aantasten. Met geavanceerd gestuurd boren is toegang mogelijk tot een ondergronds doel dat niet groter is dan een kast op meer dan 10 km afstand van de boorinstallatie, zodat er meerdere putten geboord kunnen worden vanaf één locatie.



MONDIALE VERANDERINGEN

Hoewel de VS in 2005 de grootste uitstoot van koolstofdioxide uit energiegebruik veroorzaakte, wordt de grootste toename van uitstoot van koolstofdioxide verwacht van ontwikkelingslanden. Het terugdringen van koolstofdioxide-emissies vereist een mondiale aanpak die meerdere decennia zal beslaan. De benodigde acties zijn onder andere verhoging van de energie-efficiency van onze apparatuur, beperking van de vraag, toepassing van meer alternatieve energiebronnen die niets met koolstof te maken hebben (wind-, zonne-, getijden- en geothermische energie), overgang op hernieuwbare brandstoffen zoals ethanol en methoden voor opvang en opslag van koolstof.

KOOLSTOF OPVANGEN

Steenkool kan worden omgezet in een schoon brandend gas en de koolstofdioxide kan worden opgevangen en diep onder de grond worden opgeslagen in uitgeputte olie- en gasreservoirs. Zo kan de luchtvervuiling door steenkoolgebruik dramatisch worden ingeperkt. De verbranding van steenkool vormt de belangrijkste bron van koolstofdioxide uit energieproductie. De olie- en gasindustrie is verantwoordelijk voor olie- en gasvelden die met hun geologische structuur mogelijk de beste locaties zijn voor koolstofopslag. In sommige gevallen kan de koolstofdioxide worden gebruikt om meer olie uit reservoirs te krijgen.

UITSTOOT BEPERKEN

Sinds de jaren 70 hebben schoner brandende benzine en efficiëntere motoren geleid tot een reductie van 41 procent in de uitstoot van schadelijke gassen door voertuigen. En dat ondanks een aanzienlijk groter aantal auto's en afgelegde kilometers.

De uitstoot van 33 auto's die tegenwoordig van de band komen staat gelijk aan de uitstoot van één auto uit de jaren 60.



AARDBEVINGEN DOOR GASWINNING IN GRONINGEN

KANS OP AARDBEVINGEN

Aardgasreservoirs zijn een soort spons van steen. In de steen zitten kleine holtes die gevuld zijn met aardgas. Als dit gas wordt gewonnen, dan blijft er minder druk in de holtes van het gesteente over waardoor de grond kan worden samengedrukt. De bodem klinkt dan een beetje in. Sommige gedeelten van het reservoir worden in een ander tempo samengedrukt dan andere, en hierdoor kunnen diep in de ondergrond verschuivingen plaatsvinden. De grond komt dan in trilling, en we spreken van een aardbeving.

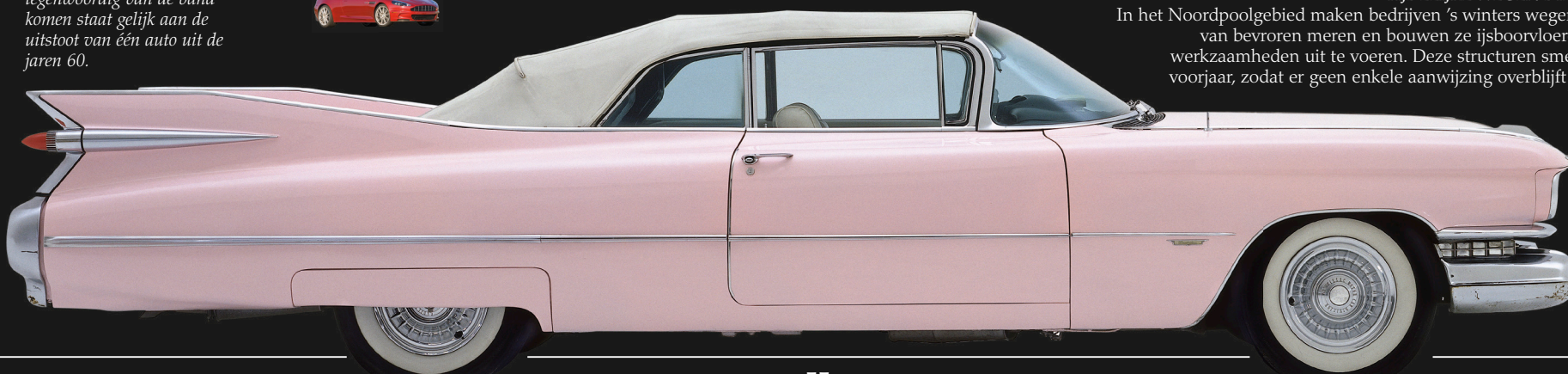
DE SCHADE BEPERKT HOUDEN

In Groningen hebben zulke aardbevingen tot schade geleid aan huizen, boerderijen en andere gebouwen. Omdat in Nederland de gasbedrijven samenwerken met de overheid bij het winnen van het gas, zijn ze ook samen verantwoordelijk voor de gevolgen ervan. In de eerste instantie zullen de huizen dus moeten worden gerepareerd. Daarnaast heeft Henk Kamp, de Minister van Economische Zaken, in 2014 aangekondigd hoe hij met de andere problemen omgaat. De gaswinning wordt teruggebracht, de gebouwen worden verstevigd en de schadeafhandeling wordt verbeterd. Ook krijgt de regio geld om de leefbaarheid in het gebied te verbeteren.



TIJDELIJKE WEGEN DIE SMELTEN

In het Noordpoolgebied maken bedrijven 's winters wegen op het ijs van bevroren meren en bouwen ze ijsboorvloeren om hun werkzaamheden uit te voeren. Deze structuren smelten in het voorjaar, zodat er geen enkele aanwijzing overblijft dat ze ooit bestonden.




Vraag en verbruik

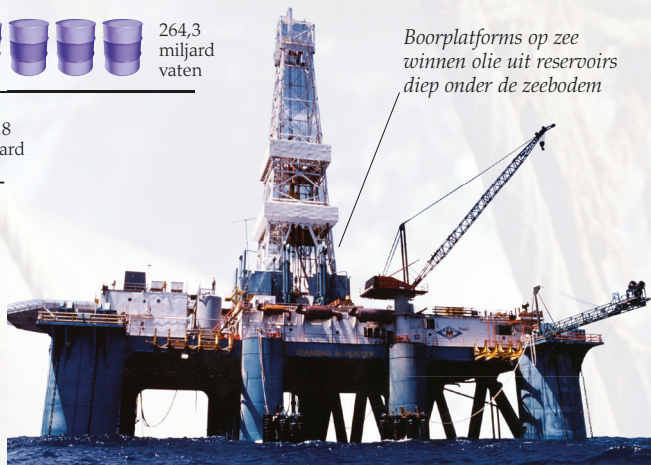
DE WERELD VERBRUIKT momenteel ongeveer 86 miljoen vaten olie per dag —zo'n 160.000 liter per seconde. En de mondiale behoefte aan energie blijft groeien naarmate economieën zich ontwikkelen en de bevolking toeneemt, vooral in de ontwikkelingslanden. Naar verwachting zal in 2030 meer dan 80 procent van de wereldbevolking in de huidige ontwikkelingslanden wonen. Tegelijkertijd daalt de olie- en gasproductie in de huidige westerse wereld en Europa. Steeds meer blijken olie en aardgas geconcentreerd te zijn in uitdagende en nieuwe gebieden. Het Internationaal Energieagentschap schat dat de toename in de vraag naar energie de komende 25 jaar een investering van 20 biljoen dollar vereist—\$3000 voor iedereen die nu leeft. Meer dan de helft van dat bedrag is bestemd voor de opwekking en distributie van elektriciteit. De uitdaging waar we voor staan is de productie van ruim voldoende, schone en betaalbare energie om de economie draaiende te houden.



OLIERESERVES PER LAND (2006)

Het grootste onderaardse olieveld ter wereld is het Ghawar-veld in Saudi-Arabië. Dit enorme veld beslaat 280 bij 30 km, en levert ruim 6 procent van alle olie in de wereld. De rest van de oliereserves van de wereld bevindt zich ook grotendeels onder de grond in het Midden-Oosten. Canada heeft reserves die bijna zo omvangrijk zijn als die van Saudi-Arabië, maar dat is overwegend olie in de vorm van olie-zand, en dat is moeilijk te winnen.

 = ongeveer 20 miljard vaten



Boorplatforms op zee winnen olie uit reservoirs diep onder de zeebodem

Saudi-Arabië
12,9%



Rusland
12,1%

NIEUWE OLIERESERVES

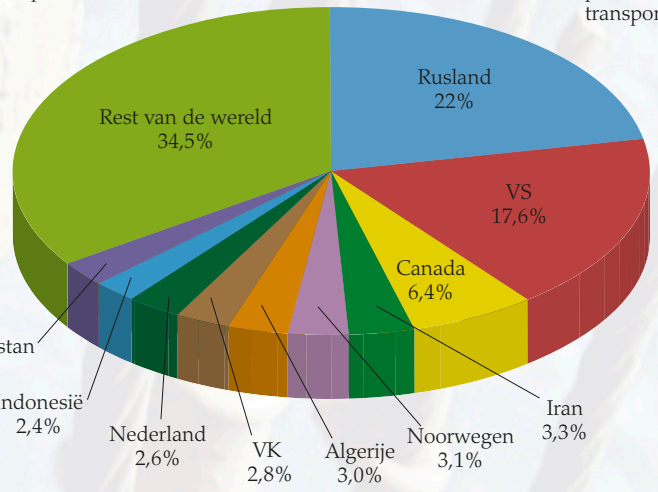
Met de groeiende behoefte aan energie over de hele wereld, worden we geconfronteerd met de uitdaging om voldoende, schone en betaalbare energie voor de mondiale economie te produceren en daarbij het milieu te beschermen. Het Geologisch Instituut van de VS schat het totale volume van winbare conventionele olie, inclusief aardgasvloeistoffen, op ruim 3,3 biljoen vaten. Daarvan is tot nu toe minder dan een derde verbruikt, zodat er nog bijna 2,4 biljoen vaten geproduceerd kunnen worden. Daarnaast bestaan er ook grote hoeveelheden "niet-conventionele" olie—zo'n 7 biljoen vaten aan olie op plaatsen die niet zonder technologische vorderingen toegankelijk zijn.



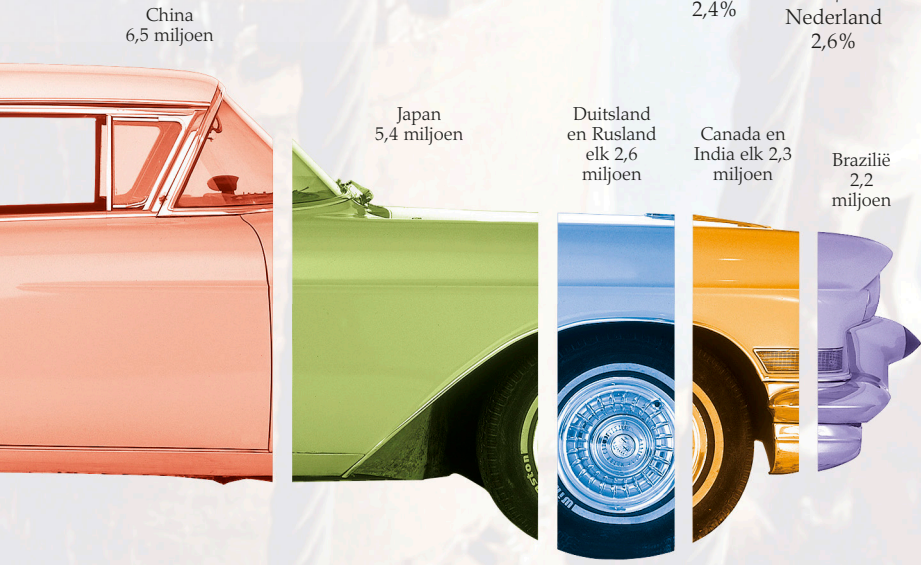
VS
20,5 miljoen vaten per dag



TOP 10 VAN OLIEPRODUCERENDE LANDEN
 Drie landen—Saudi-Arabië, Rusland en de VS—pompen een derde van de olie in de wereld uit de grond. Er wordt per dag een hoeveelheid van meer dan 10 miljoen vaten olie gewonnen uit de velden in Saudi-Arabië, en dat land is daarmee de grootste olieproducent ter wereld.



GROOTSTE PRODUCENTEN VAN AARDGAS
 Van alle bronnen van fossiele energie heeft aardgas sinds de Tweede Wereldoorlog de grootste groei in het gebruik te zien gegeven. In 1950 droeg aardgas voor ongeveer 10 procent bij aan de mondiale energieproductie, maar nu is dat bijna 23 procent. Rusland, de VS en Canada produceren samen ongeveer 46 procent van het aardgas ter wereld.



DE GULZIGSTE NATIES
 De wereld verbruikt ieder jaar zoveel olie dat daarmee een zwembad met een inhoud van 4 km³ kan worden gevuld. De VS verbruikt meer dan 20 miljoen vaten per dag, een kwart van de totale hoeveelheid, en meer dan drie keer zo veel als de op een na grootste verbruiker, China. De meeste olie is brandstof voor auto's en vrachtwagens. Het energieverbruik van China neemt zienderogen toe. Hoewel het aantal auto's in China tussen 2000 en 2006 verdubbelde, heeft maar een op de 40 Chinezen een auto, terwijl een op de twee inwoners van de VS een auto heeft. Het valt te verwachten dat de verkoop van auto's en de vraag naar brandstof in China fors zal toenemen. Het Internationaal Energieagentschap voorspelt dat in 2030 60 procent van de energie zal worden verbruikt in ontwikkelingslanden.

RUSSISCHE GASGIGANT
 Gazprom, deels eigendom van de Russische overheid, is momenteel het grootste gasproducerende bedrijf ter wereld, goed voor circa 20 procent van de gasvoorraden in de wereld. Gazprom beheerst bijna 60 procent van de Russische gasreserves, en het bedrijf neemt acht procent van het BNP van Rusland voor zijn rekening. De Europese Unie wordt door Gazprom in een kwart van de behoefte aan gas voorzien, en Gazprom kan dankzij deze afzetmarkt grote nieuwe investeringen doen in productie en transport.



AARDOLIE HOUDT DE BOEL DRAAIENDE
 Aardolieproducten vormen de brandstof voor bijna alle motorvoertuigen, vliegtuigen, marineschepen en treinen over de hele wereld. In totaal leveren producten die zijn afgeleid van olie, zoals benzine, kerosine (vliegtuigbrandstof), diesel en stookolie bijna 40 procent van de energie voor huishoudens, bedrijven en producenten. Aardgas en steenkool voorzien elk in minder dan 25 procent van de mondiale behoefte aan energie.



Olie opslaan

HET OLIEVERBRUIK IN DE WERELD neemt al meer dan een eeuw onafgebroken toe, en de vraag zal naar verwachting de komende 25 jaar met 60 procent toenemen. Olie, aardgas en steenkool blijven de primaire energiebronnen, en hernieuwbare energiebronnen en geavanceerde technologieën zijn nodig om aan de groeiende behoefte aan energie te voldoen. Daarnaast is er reden tot ongerustheid over klimaatverandering. Beide factoren betekenen dat we energie zorgvuldig moeten gaan gebruiken en de energie-efficiëntie moeten zien te vergroten. Energie-efficiëntie is de goedkoopste en meest beschikbare vorm van nieuwe energie. Iedereen kan onze planeet helpen door slimme keuzes te maken als het op energieverbruik aankomt.

Dankzij de aërodynamische vorm is er minder energie nodig om snel te reizen

MET DE TREIN REIZEN

In plaats van in de auto te stappen kunnen we de trein, tram en bus nemen. Die verbruiken twee tot drie keer minder energie per persoon voor iedere afgelegde kilometer dan als auto. In Nederland wordt ongeveer 10% van de afstand tussen huis en werk met de trein afgelegd.

DE BENENWAGEN NEMEN

Met wandelen of fietsen wordt het milieu het minst belast. In alle steden in Nederland zijn er speciale fietspaden om het fietsen veiliger en leuker te maken. Bijna de helft van alle mensen in het Verenigd Koninkrijk geeft toe dat ze de auto pakken om gauw even ergens naar toe te gaan terwijl ze best hadden kunnen gaan lopen of fietsen.



De energie voor het voortbewegen van een fiets is hernieuwbaar en levert geen vervuiling op

Plaatselijke producten zijn meestal vers, er hoeft dus geen energie gebruikt te worden voor koeling



De meeste groenten kunnen plaatselijk geteeld worden

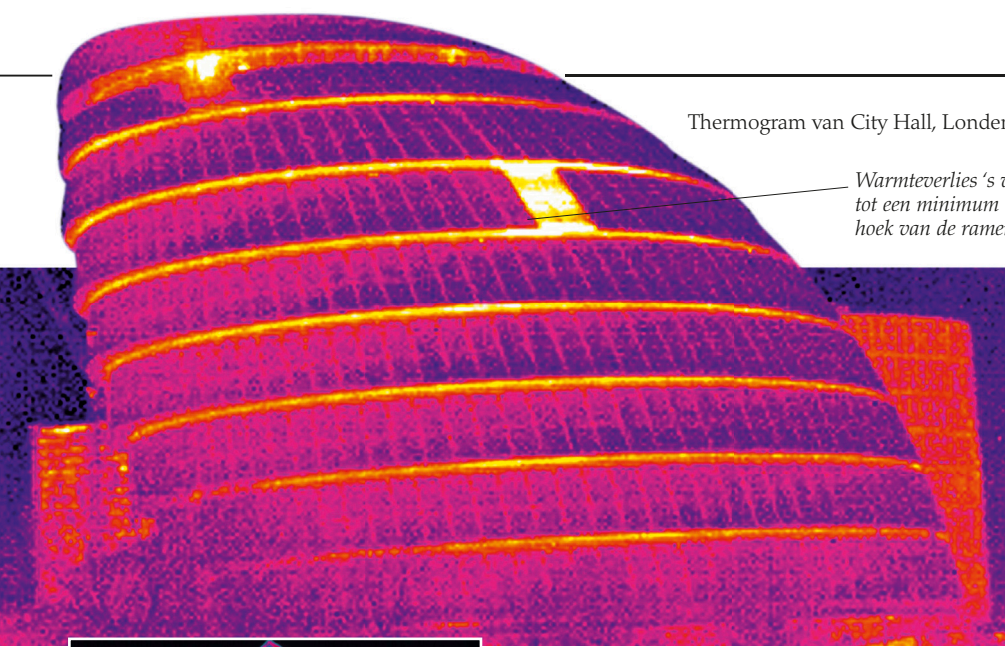
PLAATSELIJKE PRODUCTEN KOPEN IN DE BUURT

De levensmiddelen in uw boodschappenwagentje hebben meestal duizenden kilometers afgelegd. In plaats van naar de grote supermarkt te rijden en eten uit een ver land te kopen, kunnen we olie besparen door naar de buurtwinkel te gaan, of naar boerenmarkten en streekmarkten, waar het voedsel rechtstreeks van boerderijen uit de buurt komt.



"VAMPIER"-ENERGIE

Met "vampier"-energie bedoelen we energie die verbruikt wordt door apparaten die 24 uur per dag stroom trekken, zelfs als ze uit staan en niet worden gebruikt. Het gaat hierbij onder meer om televisietoestellen, videorecorders en DVD-spelers, computers, printers, stereo-installaties en magnetrons. U kunt uw energieverbruik terugdringen door de stekker van deze apparaten uit het stopcontact te trekken als u ze niet gebruikt. Zet uw computer uit als u hem niet gebruikt.



Thermogram van City Hall, Londen

Warmteverlies 's winters blijft tot een minimum beperkt door de hoek van de ramen



Er ontsnapt veel warmte via de ramen

Alleen dikke muren beperken warmteverlies tot een minimum

WARMTEVERLIES VERMINDEREN

Door vast te leggen hoe heet oppervlakken zijn kan men een infrarood thermogram maken waaruit het warmteverlies van een gebouw kan worden afgeleid. Op het thermogram hier links ziet u dat dit oude huis de meeste warmte verliest via de ramen en het dak (de witte en gele gebieden). Daarom is het belangrijk om dubbele beglazing te hebben en daken van isolatiemateriaal te voorzien om de warmte binnen te houden. In veel nieuwe gebouwen worden energiebesparende technieken toegepast. City Hall in Londen (hierboven) ziet er cool uit vanwege de bouw, het ontwerp en de ongebruikelijke vorm. Het gebruikt 75 procent minder energie dan een conventioneel gebouw van dezelfde omvang.

Vetplanten zoals sedum zijn ideaal voor begroeide daken, aangezien ze met weinig water toekunnen en weinig grond nodig hebben.

GROENE, BEGROEIDE DAKEN

Steeds meer daken zijn groen zoals dit dak, bedekt met vetplanten (sedum) en gras—niet alleen op het platteland, maar ook in steden. Zo zijn er in Chicago nu meer dan 250 kantoorgebouwen met groene daken, en ieder nieuw openbaar gebouw krijgt zo'n groen dak. Groene daken zien er niet alleen mooi uit, ze bieden ook uitstekende isolatie, houden de warmte 's zomers buiten en 's winters binnen. Daardoor is er minder energie nodig voor airconditioning en centrale verwarming.



De meeste verpakkingen kunnen worden gerecycled

Er worden iedere dag ongeveer 40 miljoen plastic flessen weggegooid in de VS

RECYCLING VAN AFVAL

Er is bijna altijd minder energie nodig om dingen te maken van gerecycled materiaal dan uit nieuwe grondstoffen. Als frisdrankblikjes bijvoorbeeld worden gemaakt van aluminium schroot, is er 95 procent minder energie nodig dan wanneer bauxiet wordt gebruikt. Voor plastic is dit vreemd genoeg niet het geval. We besparen echter ook dan nog steeds olie, want plastics worden voornamelijk geproduceerd uit olie.

ENERGIEVERBRUIK TERUGDRINGEN

We kunnen energie in huis besparen door gewoon minder te verbruiken. De thermostaat van de verwarming een graadje lager zetten bespaart al heel veel energie. Hetzelfde geldt voor het uitdoen van lampen die niet worden gebruikt, en het uitzetten van de TV en computer in plaats van deze standby te laten staan. Met de installatie van energiebesparende fluorescentielampen (hier rechts) bespaart u nog meer, omdat deze wel 80% minder stroom verbruiken dan gewone lampen.



Energiebesparende lampen verbruiken minder energie en gaan langer mee omdat ze koel blijven





BRANDSTOF UIT AFVAL?

Dagelijks worden er massa's afval op vuilstortplaatsen gekieperd. Daar breken bacteriën materialen zoals voedsel en papier af, waarbij een gasmengsel vrij komt dat voor 60 procent uit methaan bestaat. Wetenschappers proberen manieren te vinden om de methaan op te vangen en als brandstof te gebruiken.

Alternatieven voor olie

UIT BEZORGDHEID OVER DE TOENEMENDE vraag naar energie en het klimaat (CO₂) is men gaan zoeken naar andere manieren om voertuigen aan te drijven. Benzine heeft een zeer hoge energiedichtheid, is gemakkelijk te gebruiken en daardoor een geduchte concurrent van alternatieve brandstoffen, vooral voor vervoersdoeleinden. Bijna alle grote autoproducenten werken aan de ontwikkeling van auto's die niet op benzine of diesel rijden, maar de meeste verkeren nog in het experimentele stadium.

Sommige alternatieven bieden slechts minimale voordelen en ze zijn allemaal nog niet economisch haalbaar. Het kan wel meer dan twintig jaar duren voor een nieuwe technologie algemeen ingang vindt. Als voorbeelden noemen we voorwielaandrijving en brandstofinspuiting. Door de ontwikkeling van dergelijke nieuwe technieken is minder olie nodig. De technologie van biomassa, waarmee gewassen in energiebronnen worden omgezet, dient zich aan als alternatief.



BEDREIGDE FLORA EN FAUNA

Als er extra land omgeploegd moet worden om gewassen te telen voor biobrandstof, kan dat schadelijk zijn voor de natuur. Intensieve landbouw en veeteelt vormen nu al een probleem voor op de grond broedende vogels, zoals veldleeuweriken (zie hierboven), die geschikte broedplaatsen zoeken. Door de toepassing van insecticiden zijn er ook onvoldoende insecten om de jonge vogels te voeden.

Zaden bevatten olie met hoge energie-dichtheid

Vlas



Maïs

Maïs bevat koolhydraten die in ethanol kunnen worden omgezet

BRANDSTOFFEN UIT PLANTEN

Biobrandstoffen gemaakt van planten zijn hernieuwbare brandstoffen, omdat we deze gewassen na de oogst weer opnieuw kunnen verbouwen. Biobrandstoffen worden gemaakt door suiker en zetmeel in planten zoals maïs en rietsuiker om te zetten in ethanol of door de olie uit sojabonen, raapzaad, vlaszaad en andere plantaardige oliën om te zetten in biodiesel.

Methanol kan worden geproduceerd uit hout en landbouwafval. Als iedere hectare aan maïs in de VS exclusief voor de productie van ethanol werd gebruikt, zou minder dan 25 procent van de benzine die wordt verbruikt door ethanol kunnen worden vervangen.

Biobrandstoffen zijn slechts een klein beetje schoner dan conventionele brandstoffen.

Bonen groeien in peulen

Raapzaad



Sojabonen

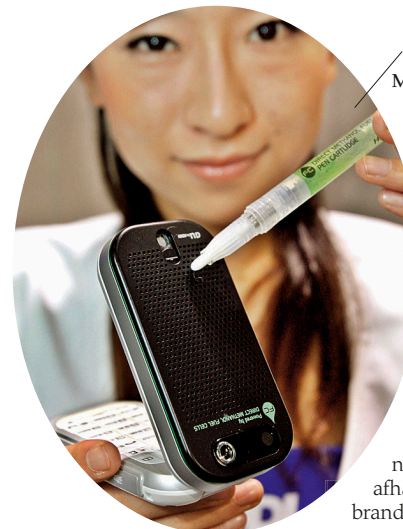


WATERSTOF UIT METHANOL

Een van de problemen met auto's die op waterstof rijden is dat er tot dusverre nog maar weinig benzinstations zijn aangepast voor het leveren van waterstof. Zolang dat het geval is, moeten auto's met waterstofcellen hun eigen waterstof maken door deze uit andere brandstoffen te halen. In de Nekar 5 van Daimler-Chrysler wordt methanol als bron van waterstof toegepast. Dit kan net als benzine via een pomp worden aangeboden bij het benzinstation.



De experimentele Nekar 5 van Daimler-Chrysler



Brandstofcel wordt bijgevuld met methanol uit een cassette

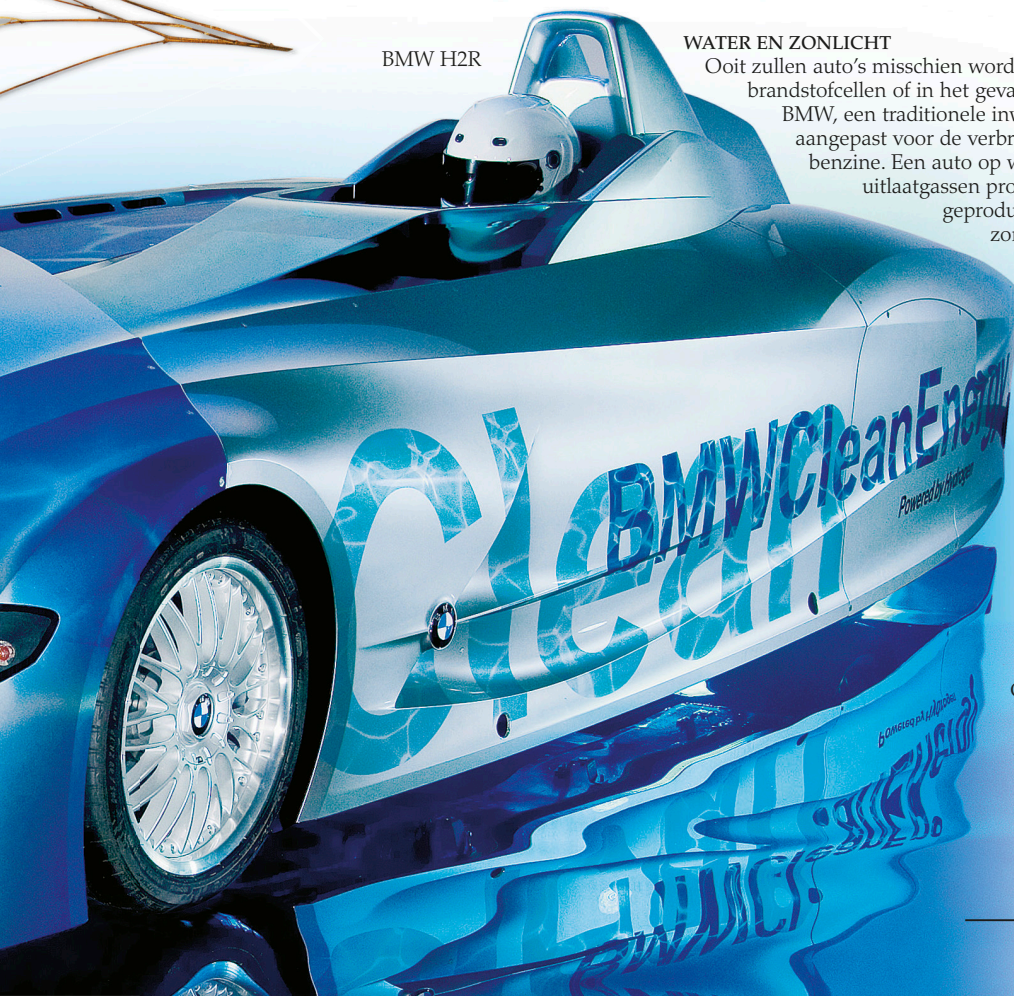
MOBIEEL MET METHANOLBATTERIJ

De batterij van een mobiele telefoon moet na een paar uur te zijn gebruikt weer worden opgeladen.

Wetenschapsbeoefenaren werken aan kleine brandstofcellen die hun eigen elektriciteit genereren om de batterij op te laden met methanol als brandstof.

Momenteel wordt de meeste methanol gemaakt van aardgas, dat is goedkoper dan productie uit plantaardig materiaal. Het gebruik van methanol doet dus niet meteen iets aan onze afhankelijkheid van fossiele brandstoffen.

BMW H2R



WATER EN ZONLICHT

Ooit zullen auto's misschien worden aangedreven door waterstof, via brandstofcellen of in het geval van de experimentele H2R van BMW, een traditionele inwendige verbrandingsmotor die is aangepast voor de verbranding van waterstof in plaats van benzine. Een auto op waterstof zou geen schadelijke uitlaatgassen produceren. De waterstof kan worden geproduceerd door water met behulp van zonne-energie te splitsen in waterstof en zuurstof. De auto zou dus in feite rijden op water en zonlicht—de meest duurzame vorm van energie.

ENERGIEBRON UIT DE KEUKEN

Een automotor kan zo worden aangepast dat deze op plantaardige olie kan draaien. De olie wordt verkregen door oliehoudende planten en zaden te persen (pure plantaardige olie, of PPO) of het kan gaan om gebruikte plantaardige olie na bakken of frituren (GPO). De horeca produceert niet genoeg GPO om hiermee veel invloed op het benzineverbruik uit te oefenen. Net als bij biobrandstoffen zou de productie van PPO heel veel extra landbouwgrond vereisen voor de verbouwing van de benodigde gewassen (en dat zou tot verdere ontbossing kunnen leiden).

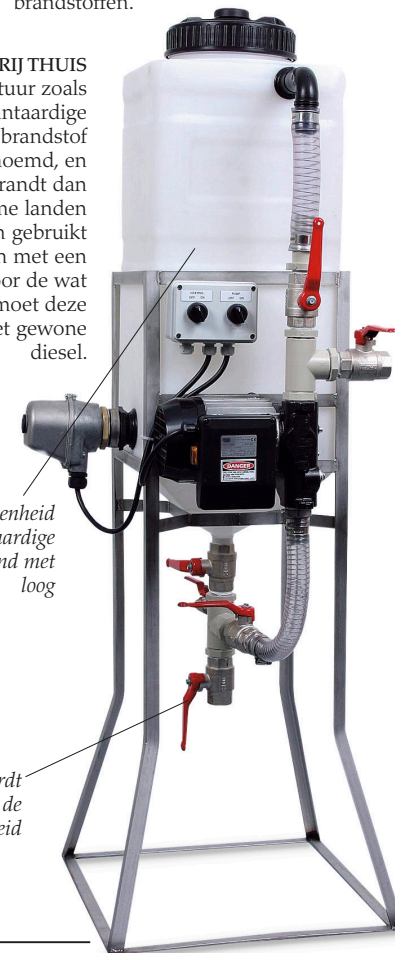
JE EIGEN RAFFINADERIJ THUIS

Met simpele apparatuur zoals deze kun je thuis plantaardige olie omzetten in een brandstof die biodiesel wordt genoemd, en die iets schoner brandt dan gewone diesel. In warme landen kan biodiesel zo worden gebruikt in voertuigen met een dieselmotor, maar voor de wat koudere landen moet deze worden gemengd met gewone diesel.



In de omzeteenheid wordt plantaardige olie verdund met loog

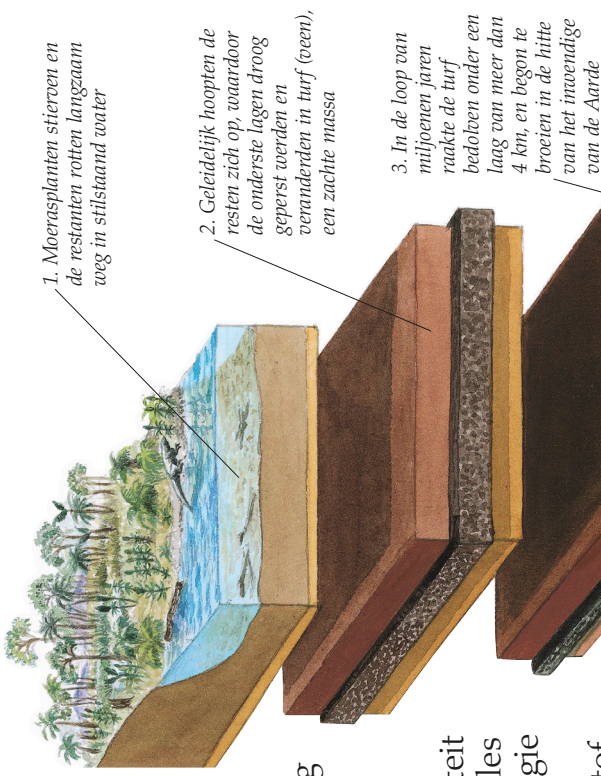
Biodiesel wordt afgetapt uit de omzeteenheid



Brandstof voor elektriciteit

ONGEVEER 40% VAN DE PRIMAIRE energievoorziening ter wereld wordt gebruikt om elektriciteit op te wekken en de vraag naar elektriciteit stijgt in ontwikkelingsgebieden.

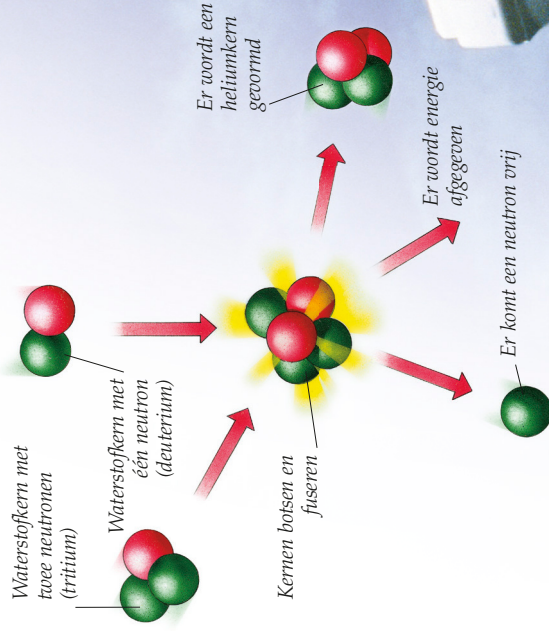
Elektriciteitscentrales maken gebruik van verschillende brandstoffen. Steenkool is de belangrijkste energiebron voor de opwekking van elektriciteit. Aardgas wordt steeds belangrijker in dit opzicht, omdat de verbranding schoner is dan bij steenkool. Momenteel wordt circa 20% van de elektriciteit met aardgas gegenereerd. Waterkrachtcentrales nemen 16% voor hun rekening, en kernenergie draagt voor 15% bij aan de productie van elektriciteit. Olie is voornamelijk een brandstof voor vervoermiddelen en 7% van de elektriciteit wordt hiermee opgewekt. Alle andere bronnen, inclusief geothermische energie, zonne-energie, windenergie, hernieuwbare brandstoffen en brandbare afvalstoffen, genereren slechts zo'n 2% van de elektriciteit wereldwijd.



Steenkoollaag

KERNENERGIE

Kernenergie is een niet-hernieuwbare bron van energie uit atoomkernen. Bij kernspijting worden atoomkernen gespleten, waarbij energie vrijkomt in de vorm van warmte. Als de atoomfragmenten (neutronen) andere atomen treffen, worden deze ook gespleten, wat nog meer hitte oplevert en zo kan een kettingreactie ontstaan. De vrijgekomen warmte verhit water, waardoor stoom ontstaat waarmee turbines worden aangedreven die generatoren activeren waarmee energie in elektriciteit wordt omgezet. Radioactieve materialen worden ook gebruikt voor de diagnose en behandeling van ziekten zoals kanker, de verwijdering van stof op film en het meten van de hoeveelheid lucht in slagroom! Een enkele pellet splijstof van 6 gram levert evenveel energie als een ton steenkool. Kernenergie produceert geen koolstofdioxide (het belangrijkste broeikasgas), geen zwaveldioxide en geen stikstofoxiden. Er ontstaat echter gevaarlijk radioactief afval en verwarmd afvalwater van kerncentrales kan schadelijk zijn voor in het water levende organismen.



STEENKOOI

Steenkool is een niet-hernieuwbare energiebron die is ontstaan toen miljoenen jaren geleden dode planten op de bodem van moerassige bossen onder een laag water en vuil kwamen te liggen. Door de hitte en de druk veranderden deze plantenresten in wat we nu steenkool noemen. Steenkool komt op ieder continent voor, ook in Antarctica. Mondiaal gezien bedragen de steenkoolreserves meer dan 1 biljoen ton—bij nog zo'n 180 jaar mee vooruit. Steenkool kan direct worden verbrand voor verwarming of om te koken, maar de meeste steenkool wordt gebruikt in energiecentrales om elektriciteit op te wekken. Met nieuwe technologie kan de aanzienlijke uitstoot van broeikasgassen door kolen-gestookte energiecentrales aanmerkelijk worden verminderd.



GEOTHERMISCHE ENERGIE

Geothermische energie wordt gegenereerd in de kern van de aarde zo'n 6000 km onder het oppervlak. Het trage maar gestage verval van radioactieve deeltjes in de aarde leidt tot temperaturen die hoger zijn dan die aan de oppervlakte (de buitenste lagen) van de zon. Het hete rotsgesteente verhit het water ondergronds, en daardoor ontstaat stoom.

De meeste geothermische reservoirs worden gevonden door het aanboren van stoomputten, zonder dat er zichtbare aanwijzingen bovengronds waren. Soms komen ze aan de oppervlakte in vulkanen, warmwaterbronnen en geisers. De meeste geothermische activiteit vindt plaats in een hoofdzijdevormig gebied aan de randen van de Grote Oceaan. Dit gebied wordt wel de Ring van Vuur genoemd.

Geothermische energie kan worden gebruikt om huizen te verwarmen en elektriciteit te produceren door het warme ondergrondse water of stoom naar de oppervlakte te pompen; de hoeveelheid uitgestoten CO₂ is laag. Geothermische energie produceert ongeveer 1/6 van de koolstofdioxide die door een op aardgas gestookte energiecentrale in de lucht geloosd wordt. Het is een hernieuwbare energiebron omdat het water aangevuld wordt door neerslag en de warmte doorlopend binnin de aarde wordt geproduceerd.

WINDENERGIE

Wind is een hernieuwbare energiebron en een vorm van zonne-energie. Naarmate door zonlicht opgewarmde lucht opstijgt, neemt de atmosferische druk op het aardoppervlak af en neemt koelere lucht de plaats in van de opgestegen lucht. Zo ontstaat wind.

Windturbines zetten de bewegingsenergie van de wind om in mechanische arbeid of elektriciteit. Ze zijn niet voor alle plaatsen geschikt vanwege de grote oppervlakte die nodig is en vanwege het lawaai. Windmolenparken (clusters van windturbines) vinden echter meer en meer ingang in landen zoals Denemarken en Duitsland. We kunnen niet op de lange termijn voorspellen wanneer of hoe hard de wind gaat waaien, maar het is een schone en onuitputtelijke bron. Als de windturbines eenmaal geïnstalleerd zijn, is het gebruik van wind heel goedkoop.

ZONNE-ENERGIE

Zonne-energie is hernieuwbare energie (licht of warmte) die afkomstig is van de zon. Deze energie kan direct of indirect worden omgezet in andere vormen van energie, zoals elektriciteit, zonder vervuiling van het milieu. Er zijn grote oppervlakken nodig om zonne-energie op te vangen en de initiële investering is groot.

Er worden zonnepanelen van staal, glas of plastic gebruikt om het zonlicht op te vangen, en daarmee worden water- of luchtleidingen verwarmd. Fotovoltaïsche cellen converteren hitte van de zon meteen in elektriciteit. Deze kunnen op een aantal manieren worden gebruikt, van energievoorziening van handapparatuur zoals rekenmachines tot het opwekken van elektriciteit voor een hele stad.



ENERGIE UIT WATER (WATERKRACHT, GOLVEN EN GETIJDEN)

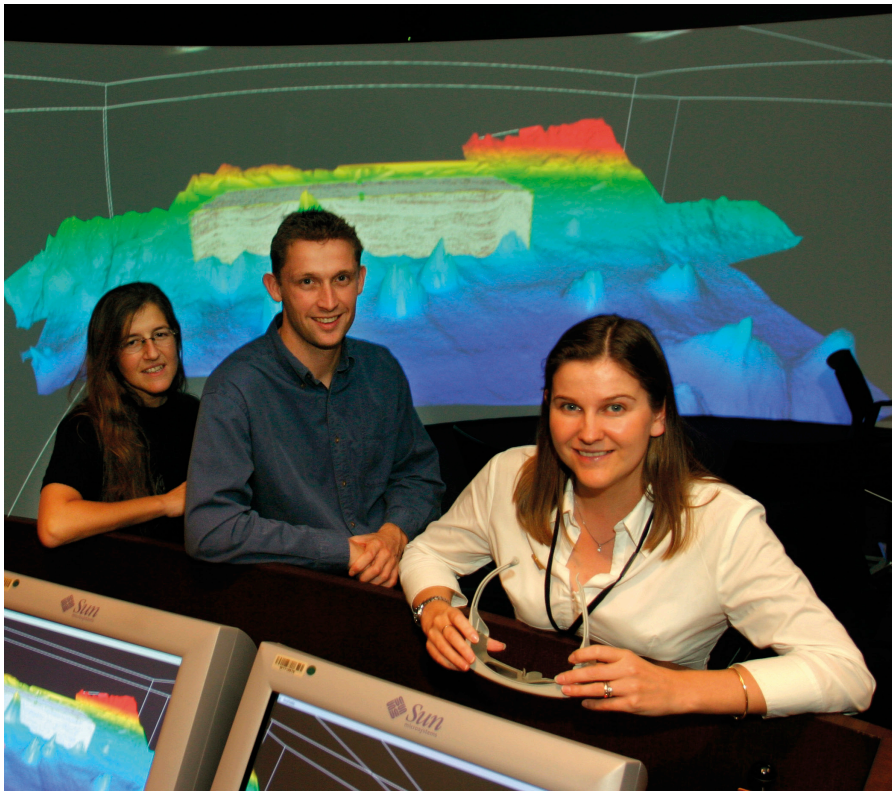
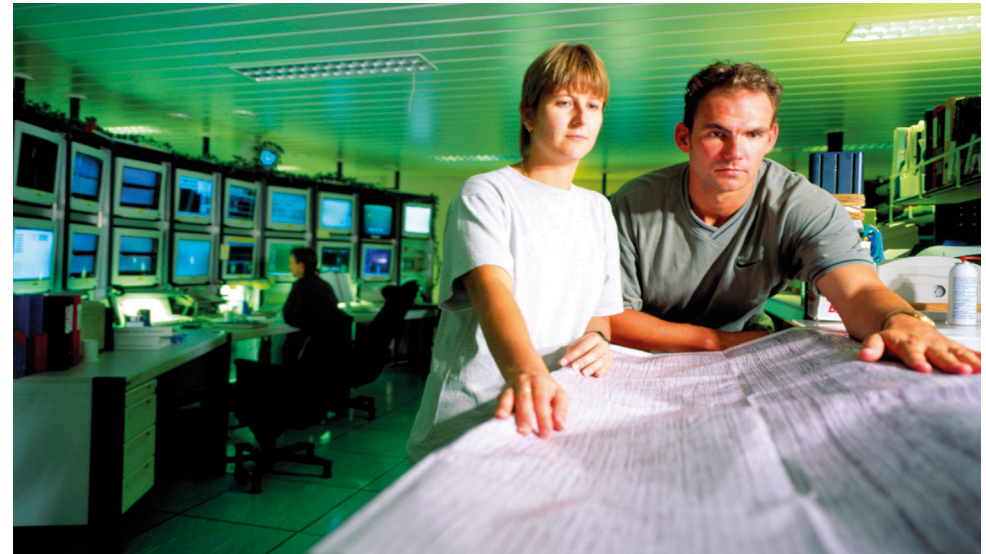
Waterkracht wordt al duizenden jaren aangewend om koren te malen en simpele machines aan te drijven. Vandaag de dag is deze bron van hernieuwbare energie goed voor de productie van een vijfde van de elektriciteit ter wereld. Stromend water zet turbines in beweging die generatoren aandrijven die vervolgens energie in elektriciteit omzetten. Water is een schone, betrouwbare en krachtige energiebron die kan worden afgestemd op de vraag. In periodes van droogte kan water echter schaars worden en dan zijn vaak toch fossiele brandstoffen nodig voor extra vermogen. Dammen en veranderingen in de kwaliteit van het water kunnen ook negatieve gevolgen hebben voor aquatische habitats (het leven in waterige omgevingen) en terrestrische ecosystemen. Verder vormen de golven die ontstaan door wind die over het oppervlak van de oceaan waait, ook een reusachtige bron van energie. Als golven in een nauw en ondiep kanaal komen, nemen ze in kracht en omvang toe, en daarvan kan gebruikt worden gemaakt door ze rechtstreeks worden gebruikt om turbines aan te drijven. Waterkrachtssystemen zijn duurder in het gebruik dan fossiele brandstofsysteemen

ENERGIE, NIET ALLEEN MAAR OLIE

De moderne olie- en gasmaatschappijen zijn ook energiebedrijven die veel investeren in de ontwikkeling van alternatieve energiebronnen. Zo is Chevron de grootste ontwikkelaar van technologie voor geothermische energie; de olie- en gasindustrie is de grootste producent en gebruiker van waterstof; ExxonMobil, BP, Chevron, Shell en ConocoPhillips zijn belangrijke partners in samenwerkingsverbanden tussen de overheid en de industrie, bijvoorbeeld bij de ontwikkeling van waterstof als brandstof voor voertuigen; Shell en Petrobras zijn de grote namen in de mondiale industrie voor windenergie en biobrandstoffen.

Tal van carrièremogelijkheden

ER WERKEN OVER DE HELE WERELD MEER dan een miljoen mensen in de olie- en gassector, die uitstekende carrièremogelijkheden biedt. Banen lopen uiteen van handarbeiders in het veld tot geschoolde operators en onderhoudstechnici en functies als ingenieurs, wetenschappelijk medewerkers en managers. Er wordt uitdagend en spannend werk aangeboden in uiteenlopende omgevingen. Het personeel dat onderzoek doet en boringen verricht gaat vaak van de ene plaats naar de andere. Medewerkers bij een boorput en in de aardgasverwerking blijven meestal langere tijd op dezelfde plaats. Kantoor- en administratiepersoneel en executives werken meestal op kantoor. Geologen, ingenieurs en managers kunnen hun tijd verdelen tussen kantoor en de verschillende locaties, vooral bij proefboringen.



PROFESSIONALS

Geoloog—Geologen bestuderen de samenstelling, processen en geschiedenis van de aarde en kunnen met die kennis aardolie vinden. Ze kunnen weken lang gebieden in kaart brengen, meten en grondmonsters verzamelen. Daarna voeren ze in laboratoria tests uit om de monsters te analyseren en vast te stellen hoe ze zijn ontstaan. Geologen gebruiken krachtige computers om modellen van de aarde te maken en te wijzigen, zodat ze suggesties kunnen doen voor boorlocaties. Een geoloog past kennis van scheikunde, natuurkunde, wiskunde en biologie toe. Voor sommige instapbanen volstaat de bachelorgraad, maar voor iemand met een master-grad of Ph.D. zijn de kansen op werk groter.

Petrofysicus—Petrofysici bestuderen metingen die in het boorgat gedaan worden om zo informatie over het gesteente, het reservoir en de aanwezigheid van olie en/of gas te verkrijgen. Hiervoor gebruiken ze verschillende logs/metingen, zoals weerstandslogs, gamma raylogs, magnetische-resonantielogs, enz. Met deze logs worden eigenschappen van gesteenten zoals de porositeit en vochtinhoud berekend. Ze kunnen worden aangevuld met metingen in een laboratorium bij onderdelen van een geboorde kern, om de porositeit te kalibreren en de permeabiliteit van het gesteente vast te stellen.

Geofysicus—Een geofysicus bestudeert de aarde met behulp van zwaartekracht, magnetisme, elektriciteit en seismische methoden. Sommigen werken in het veld voor onderzoek, anderen zitten achter een bureau en voeren berekeningen uit om modellen te toetsen. Geofysici hebben een sterke achtergrond in aardwetenschappen met de nadruk op wiskunde, geologie en natuurkunde. Voor de meeste banen als geofysicus is een master-grad vereist.

Aardolie-ingenieur—Aardolie-ingenieurs zijn betrokken bij alle fasen van olie-exploratie, boringen en productie. Ze zoeken naar olie- en gasreservoirs en ontwikkelen veilige en doelmatige methoden om deze hulpbronnen naar het aardoppervlak te krijgen. Veel aardolie-ingenieurs reizen veel of wonen in het buitenland, en moeten voor hun werk naar woestijnen, gebergten en koude regio's of zee om onontgonnen energiebronnen op te sporen. Sommigen zitten echter op kantoor, analyseren rapporten en aanbevelingen van ingenieurs in het veld en adviseren de besluitvormers en beleidsmakers in het bedrijf of het zin heeft om door te gaan. Aardolie-ingenieurs moeten minimaal een master's in engineering of aardwetenschappen hebben. De meesten zetten hun studie daarna voort.





MASSALE VERVANGING VAN DE BEMANNING

De behoefte aan personeel in de branche is nu al groot en neemt alleen maar toe vanwege de groeiende vraag naar olie en gas. De baisse in de oliesector in de jaren 80 betekende dat er weinig mensen werden aangenomen, waardoor het aantal studenten in aardwetenschappen kelderde. Nu is er een hausse en door natuurlijk verloop zijn er veel vacatures. De gemiddelde leeftijd van het personeel is 49, en de komende 10 jaar moeten deze medewerkers worden opgevolgd. Er zijn dus prima kansen om snel carrière te maken.



SALARISSEN

De olie- en gasector biedt op alle niveaus de hoogste gemiddelde salarissen van alle sectoren. Het loon voor de fysiek zware banen op instapniveau is zelfs goed. Hoger opgeleide medewerkers (universitair, HBO-niveau) in managementposities of technische functies verdienen meestal het meest. Het salaris van boormeesters hangt af van ervaring en training, en bestaat meestal uit een vast dagtarief plus een toeslag voor de kosten van het levensonderhoud. Medewerkers op booreilanden verdienen over het algemeen meer dan hun collega's aan wal in verband met de zwaardere werkomstandigheden.



MILIEU- EN VEILIGHEIDSKUNDIGEN

Milieubeschermingstechnici— Deze technici voeren tests uit in het laboratorium en in het veld om het milieu te bewaken en bronnen van verontreiniging te onderzoeken. Ze kunnen gas-, bodem- of watermonsters nemen of ook andere materialen testen, en dan de juiste corrigerende maatregelen nemen.

ARBO-technici—Het is de verantwoordelijkheid van de ARBO (Arbeidsomstandigheden)-specialisten om hun kennis van de industriële processen, mechanica, scheikunde, psychologie en ARBO-wetgeving toe te passen met het oog op veiligheid op het werk en veiligheid van het product.



FUNCTIEVEREISTEN

Mensen die het helemaal maken in de olieindustrie zijn vaak technisch ingesteld, alert op veiligheidsproblemen, goed in het volgen van instructies en teamspelers. Nieuwe medewerkers kunnen verschillende opleidingen genoten hebben. Voor de meeste instapbanen voor handarbeiders, zoals "roustabouts" of "roughnecks", is meestal weinig of geen training of ervaring vereist, maar kandidaten moeten wel medisch gekeurd worden. De basisvaardigheden worden vaak op het werk geleerd. De carrièrevooruitzichten zijn het gunstigst voor hen die over vaardigheden en ervaring beschikken. De bemanning van booreilanden, zelfs op instapniveau, heeft in het algemeen meer ervaring dan hun collega's op het vasteland vanwege de kritieke aard van het werk. Voor functies als geoloog, geofysicus of aardolie-ingenieur is minimaal de bachelor-graad nodig, maar veel bedrijven geven de voorkeur aan iemand met een master's of Ph.D.

AFFAKKELEN VAN GAS BEPERKEN

Aardolie en aardgas komen naast elkaar voor in de aarde, en komen allebei door boringen naar het oppervlak. Het opvangen van aardgas is duur (er is infrastructuur nodig voor de verwerking en het transport via pijpleidingen) en daarom wordt het afgefakkeld (verbrand). Alleen al in Afrika gaat elk jaar 40 miljard m³ gas in rook op — genoeg om te voorzien in de helft van de elektriciteitsbehoefte van het continent. Het partnerschap voor de vermindering van het affakkelen van gas is opgericht door oliemaatschappijen en gas-producerende landen, met steun van de Wereldbank. De groep heeft normen opgesteld voor affakkeling voor haar leden die zo vrijwillig affakkeling sneller kunnen beperken. De groep werkt ook aan projecten om aardgas en LPG (autogas) te gebruiken in de gemeenschappen in de omgeving van affakkelingslocaties. Er valt nog meer te doen om affakkeling te beperken en het partnerschap is uitgebreid om zijn activiteiten te kunnen voortzetten.



LOKALE ONTWIKKELING REALISEREN

Toen ConocoPhillips een olieveld ontdekte in de Golf van Paria, een ecologisch kwetsbaar gebied bij het eiland Trinidad, uitte de plaatselijke bevolking hun bezorgdheid over de gevolgen die productie zou kunnen hebben op de visserij, trekvogels en de economie. Het bedrijf verzekerde hen dat het het milieu zou beschermen en dat het iets terug zou geven aan de gemeenschap. Het bedrijf heeft vissers geleerd hoe ze hun vangst langer kunnen bewaren, vrouwen vaardigheden om handel te drijven geleerd, training in gezondheid en welzijn gegeven en gezorgd dat drinkwater gemakkelijker verkrijgbaar is. Er worden ook plaatselijke bewoners in dienst genomen en dat draagt bij aan de economische groei. Het bedrijf werkt samen met milieubeschermingsgroepen aan het in stand houden van de biodiversiteit.

De maatschappij tot dienst

ENERGIE IS NODIG VOOR ALLES wat we doen — verwarming voor gezondheid en comfort, elektriciteit voor verlichting en apparaten, de aandrijving van voertuigen. Duurzame energie betekent dat energie veilig en op economisch zinvolle wijze wordt geproduceerd die in sociaal en milieutechnisch opzicht verantwoord is, zodat het welzijn van latere generaties niet in gevaar wordt gebracht. Olie- en gasbedrijven opereren vaak in minder ontwikkelde gebieden met een kwetsbaar milieu, en hun activiteiten kunnen een enorm economisch effect hebben op de gastlanden. Ze zijn pioniers in sociale verantwoordelijkheid in de gemeenschappen waarin ze opereren door samen te werken met medewerkers, hun familie, de plaatselijke gemeenschap en de samenleving als geheel ter verbetering van hun kwaliteit van leven, op manieren die goed voor het bedrijf én de ontwikkeling van de gemeenschap zijn. De voorbeelden van partnerschappen en projecten die hier worden gegeven vertegenwoordigen slechts een fractie van wat de sector doet om de relatie met de gemeenschap tot wederzijds voordeel te bevorderen.



HET LOOD ERUIT KRIJGEN

De luchtkwaliteit is in veel ontwikkelingslanden aanzienlijk verslechterd als gevolg van verstedelijking en het toegenomen gebruik van motorvoertuigen. Veel auto's rijden nog steeds op gelode benzine, hoewel bekend is dat lood een giftige stof is en bijdraagt aan emissies die de luchtkwaliteit negatief beïnvloeden. Meer dan 80 internationale organisaties, waaronder de Petroleum Industry of East Africa, besloten tijdens een bijeenkomst om over de hele wereld lood uit benzine te verwijderen en schonere technologie in auto's toe te passen. Ze richtten het PCFV (Partnership for Clean Fuels and Vehicles) op, begonnen een educatieve campagne en implementeerden regels waarmee gelode benzine ten zuiden van de Sahara in Afrika geleidelijk aan is verdwenen. Begin 2006 werden de productie en import van gelode benzine beëindigd en was er voor de hele bevolking ongelode brandstof verkrijgbaar. PCFV breidt haar werkzaamheden nu verder uit naar andere ontwikkelingslanden zoals Gambia en Thailand.



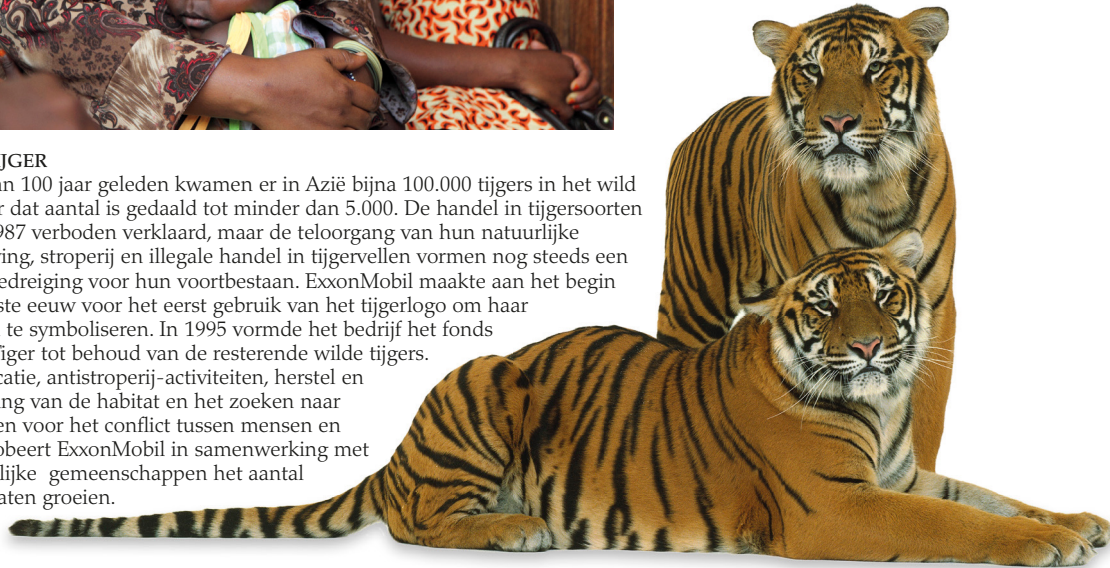
OVERDRACHT VAN HIV/AIDS VAN MOEDER OP KIND STOPPEN

In de Republiek Congo hebben naar schatting 1 miljoen mensen AIDS, en vrouwen maken meer dan de helft daarvan uit. Als operator in Congo wilde het Italiaanse bedrijf Eni de verspreiding van de ziekte voorkomen en haar medewerkers en gemeenschappen in de getroffen gebieden beschermen. Eni richt zich op het voorkomen van de overdracht van moeder op kind en financiert dan ook plaatselijke ziekenhuizen, zodat deze AIDS-tests kunnen doen voor zwangere vrouwen. Het bedrijf biedt advies en begeleiding aan gezinnen en behandelt baby's die besmet zijn. Het resultaat is dat de sterftecijfers zienderogen zijn afgenomen in Congo, en het programma is een voorbeeld voor andere landen.

RED DE TIJGER

Minder dan 100 jaar geleden kwamen er in Azië bijna 100.000 tijgers in het wild voor, maar dat aantal is gedaald tot minder dan 5.000. De handel in tijgersoorten werd in 1987 verboden verklaard, maar de teloorgang van hun natuurlijke leefomgeving, stroperij en illegale handel in tijgervellen vormen nog steeds een ernstige bedreiging voor hun voortbestaan. ExxonMobil maakte aan het begin van de 20ste eeuw voor het eerst gebruik van het tijgerlogo om haar producten te symboliseren. In 1995 vormde het bedrijf het fonds Save the Tiger tot behoud van de resterende wilde tijgers.

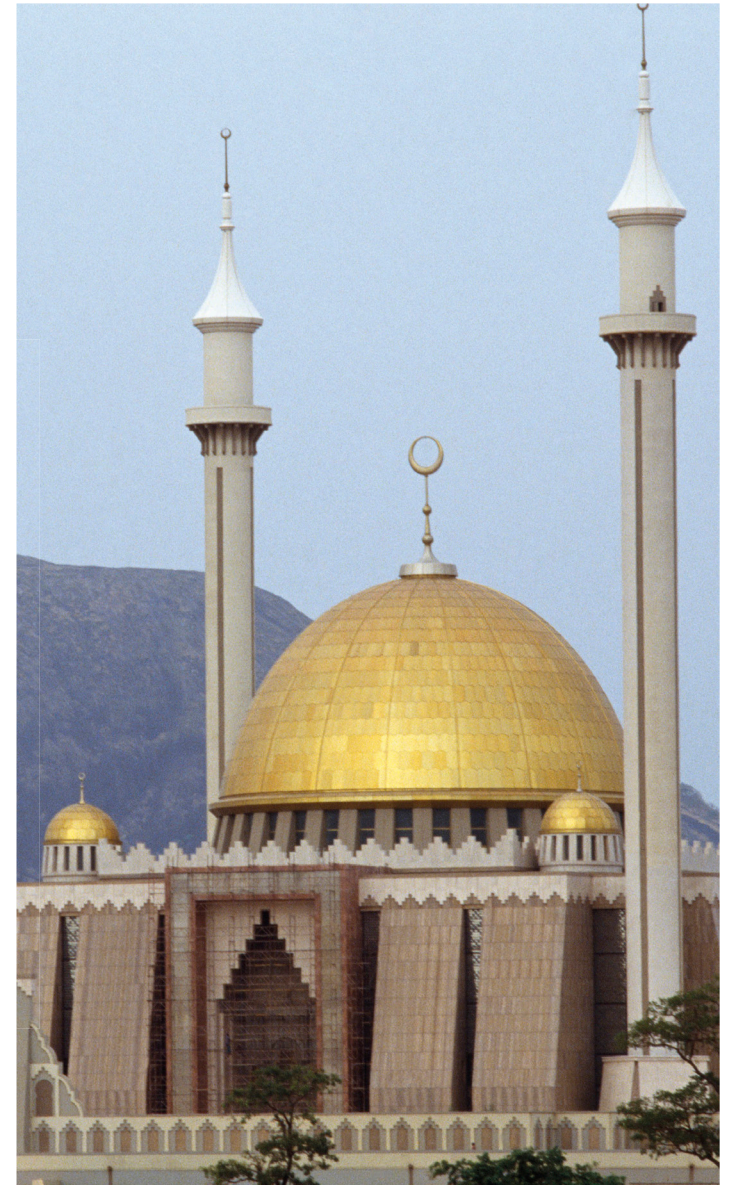
Door educatie, antistroperij-activiteiten, herstel en bescherming van de habitat en het zoeken naar oplossingen voor het conflict tussen mensen en natuur probeert ExxonMobil in samenwerking met de plaatselijke gemeenschappen het aantal tijgers te laten groeien.



VAARDIGHEDEN VOOR PAKISTAANSE VROUWEN

In bepaalde regio's van Pakistan waar industrialisatie achterwege is gebleven moeten veel mensen in hun levensonderhoud voorzien door landbouw, een onbetrouwbare bron van inkomsten, gegeven de instabiliteit van het weer en ontoereikende irrigatiesystemen. Mannen zoeken daarom werk in nabijgelegen steden en vrouwen verkopen het resultaat van hun handwerk op de markt. Zij ontberen echter de vaardigheden om hun handel tot bloei te brengen. Met het Sartiyoon Silai Karhai Markaz Vocational Training Center moedigt

BHP Billiton economische onafhankelijkheid aan door vrouwen te leren borduren, naaien, stikken en kleren maken. Honderden vrouwen hebben het centrum al bezocht, en veel vrouwen hebben zelfs kleding- en cosmeticawinkeltjes geopend.



TRAINING VAN SHARIA-RECHTERS IN NIGERIA

Hervormingen van het politieke systeem in Nigeria hebben geleid tot de invoering van Islamitisch recht en de benoeming van religieuze leiders tot rechter. Hoewel zij de Koran en de leerstellingen van de Islam van buiten kennen, hebben veel rechters geen formele opleiding genoten en ontberen zij de kennis om resoluties aangaande mensenrechten uit te voeren. Statoil, een Noors olie- en gasbedrijf, bood financiële steun aan het Legal Defence and Assistance Project voor juridische bijstand in Nigeria, zodat 20% van de rechters in het land cursussen in mensenrechten konden volgen.

Tijdpad

VOORAL IN HET MIDDEN-OOSTEN WERD olie duizenden jaren lang voor allerlei doeleinden gebruikt, als brandstof voor lampen tot en met manieren om daken en schepen waterdicht te maken. Het mondiale olietijdperk begon zo'n 150 jaar geleden met de introductie van de eerste kerosinelampen in 1857, en belangrijker nog, met de uitvinding van de inwendige verbrandingsmotor in 1862, die uiteindelijk leidde tot de ontwikkeling van de automobiel. Tegenwoordig ligt olie ten grondslag aan de wereldeconomie en vormt dan ook een wezenlijke factor in de wereldpolitiek.

Egyptische mummiekist



CA. 4500 VOOR CHRISTUS
Mensen in wat nu Irak is gebruiken bitumen uit natuurlijk oliebronnen om hun huizen waterdicht te maken.

CA. 4000 VOOR CHRISTUS
Mensen in het Midden-Oosten gebruiken bitumen om hun boten waterdicht te maken ("breeuwen"). Deze praktijk werd tot het begin van de 20ste eeuw toegepast.

CA. 600 VOOR CHRISTUS
Koning Nebukadnezar gebruikt bakstenen met bitumen voor de bouw van de Hangende tuinen van Babylon, en pijpleidingen met voeringen van bitumen om de tuinen van water te voorzien.

CA. 500 VOOR CHRISTUS
Perzische boogschutters smeren bitumen op hun pijlen die hiermee in brandende projectielen veranderen.

450 VOOR CHRISTUS
De Griekse geschiedschrijver Herodotus beschrijft bitumenputten in de buurt van Babylon, die van groot belang worden geacht door de Babyloniërs.

CA. 300 VOOR CHRISTUS
Aanhangers van het Zoroastrisme bouwen vuurtempels in plaatsen als Azerbeidzjan. Aardgas wordt verbrand waarmee een vlam in de tempel in stand wordt gehouden.



Zoroastrische vuurtempel in Azerbeidzjan

CA. 200 VOOR CHRISTUS
De oude Egyptenaren gebruiken soms bitumen bij het mummificeren van de doden.

CA. 1 VOOR CHRISTUS
De Chinezen winnen olie en gas bij pogingen om zout aan te boren. Ze verbranden het gas om het zout aan het water te onttrekken.

67 NA CHRISTUS
De Joden verdedigen de stad Jotapata door kokende olie over hun Romeinse belagers te gooien.

100
De Romeinse geschiedschrijver Plutarchus beschrijft olie die uit de grond opwelt in de buurt van Kirkuk (in het huidige Irak). Dit is een van de eerste historische documenten waarin wordt gesproken over vloeibare olie.

1264
De Venetiaanse koopman en ontdekkingsreiziger Marco Polo beschrijft hoe hij olie uit de grond ziet sijpelen in de buurt van Bakoe (in het huidige Azerbeidzjan) en hoe het in grote hoeveelheden wordt verzameld voor medische doeleinden en verlichting.

16DE EEUW
In Krosno, Polen, wordt olie uit de Karpaten gebruikt voor straatverlichting.

1780-1790
De Zwitserse natuurkundige Aimé Argand maakt een lamp met walvistraan als brandstof en daarmee zijn alle andere lampen achterhaald.

CA. 1800
Tarmac ofwel teergebonden macadam (een mengsel van gezeefd grind en teer) wordt voor het eerst gebruikt om een goed wegdek te maken.

1807
Steenkoolgas vormt de brandstof voor de eerste echte straatlantaarns ter wereld in Londen.

1816
Begin van de steenkoolgasindustrie voor de VS, in Baltimore.

1821
Aardgas wordt voor het eerste commercieel geleverd in Fredonia, New York. Het gas wordt via uitgeholde houtblokken naar de huizen geleid.

1846
De Canadees Abraham Gesner bereidt kerosine uit steenkool.

1847
De eerste olieput wordt geboord bij Bakoe, Azerbeidzjan.

1849
Abraham Gesner ontdekt hoe kerosine kan worden gemaakt uit aardolie.

1851
In Canada vormen Charles Nelson Tripp en anderen de eerste oliemaatschappij in Noord-Amerika, de International Mining and Manufacturing Company, om asfalt te winnen uit teerputten in Ontario.

De Schotse scheikundige James Young opent de eerste olieraffinaderij ter wereld in Bathgate, bij Edinburgh, om olie te produceren uit torbaniet, een soort olieschalie (ook wel "boghead coal" genoemd, een algenrijke koolsoort).



Kerosinelamp

1853

De Poolse scheikundige Ignacy Łukasiewicz ontdekt hoe op industriële schaal kerosine uit aardolie kan worden gemaakt.

1856

Ignacy Łukasiewicz richt de eerste raffinaderij voor aardolie op in Ulaszowice in Polen.

1857

De Amerikaan Michael Dietz patenteert een schoonbrandende lamp die kerosine gebruikt in plaats van het duurdere walvistraan. Binnen een paar jaar verdringt dit type lamp de variant met walvistraan.

1858

De eerste olieput in Noord-Amerika wordt geopend in Oil Springs, Ontario, Canada.

1859

De eerste olieput in de VS wordt geboord door Edwin L. Drake in Titusville, Pennsylvania.

1860

De Canadian Oil Company is de eerste geïntegreerde oliemaatschappij die productie, raffinage en marketing in eigen beheer heeft.

1861

De reis van het zeilschip Elizabeth Watts van Pennsylvania naar Londen met olie als lading is het eerste gedocumenteerde olietransport.

1862

De Fransman Alphonse Beau de Rochas patenteert de viertakt inwendige verbrandingsmotor. Deze motor die benzine als brandstof gebruikt, wordt in de 20ste eeuw de basis voor de meeste auto's.

1865

De Russische ingenieur Ivanitsky vindt de dieptepomp uit om

J. D. Rockefeller

olie uit putten te winnen en voert tests uit in de olievelden van Azerbeidzjan.

1870

J. D. Rockefeller richt Standard Oil (Ohio) op, dat later de naam verandert in Esso, en tegenwoordig ExxonMobil heet.

1872

J. D. Rockefeller krijgt een aandeel van meer dan 25 procent in de aardoliemarkt van de VS.

1878

De eerste oliebron in Venezuela wordt geëxploiteerd bij het Meer van Maracaibo.

1885

De industrieel en ingenieur Gottlieb Daimler vindt de moderne benzinemotor uit, met een verticale cilinder en een carburateur voor de aanvoer van de benzine.

De Duitse ingenieur Karl Benz bouwt de eerste praktische auto met benzinemotor voor verkoop.

Er wordt olie gevonden in Sumatra door de Koninklijke Nederlandse Petroleum Maatschappij (Koninklijke Olie).

1901

De eerste diepe olieput en gusher in Spindletop, Texas, vormt de aanzet tot de hausse in olie.

1905

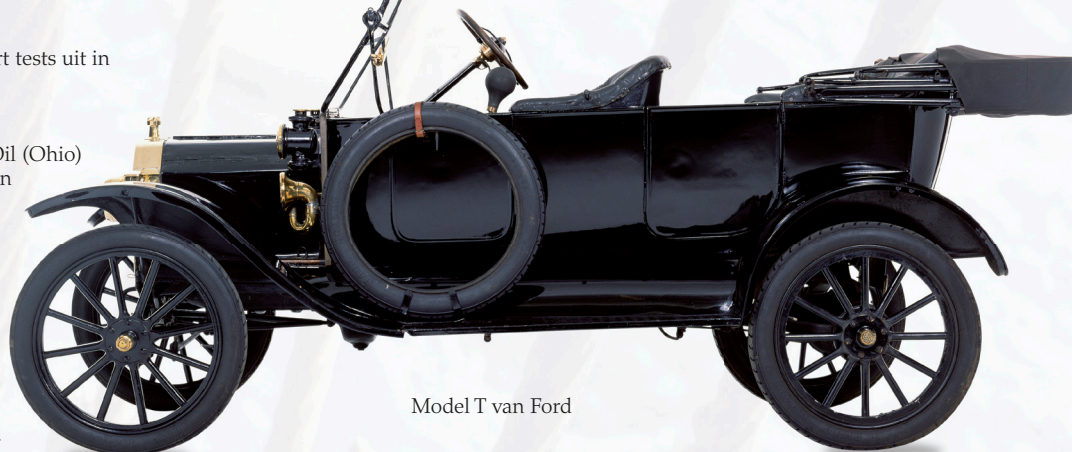
Het olieveld in Bakoe wordt in brand gestoken tijdens onlusten in het Russische Rijk in verband met het bewind van Tsaar Nicolaas II.

1907

De Britse oliemaatschappij Shell en de Koninklijke Nederlandse Petroleum Maatschappij gaan op in Royal Dutch Shell.

1908

De eerste auto die in massaproductie werd genomen, het model T van Ford, komt op de markt. Door massaproductie worden auto's betaalbaar. Steeds meer mensen worden de trotse eigenaar van een automobiel en de vraag naar benzine schiet omhoog.



Model T van Ford

Er wordt olie gevonden in Perzië (nu Iran), en dat leidt tot de oprichting van de Anglo-Persian Oil Company—de voorloper van de moderne oliegigant BP—in 1909.

1910

In Tampico aan de Golf van Mexico wordt olie gevonden.

1914–18

Tijdens de Eerste Wereldoorlog blijkt dat het Britse beheer van de Perzische olie voor schepen en vliegtuigen een doorslaggevende factor is in de overwinning op Duitsland.

1927

Het bedrijf Schlumberger maakt als eerste een log van metingen van de elektrische weerstand in bodemformaties om oliebronnen te detecteren in Merkwiller-Pechelbronn in Frankrijk.

1932

Er wordt olie gevonden in Bahrein.

1935

Uitvinding van nylon, een van de eerste synthetische weefsels gemaakt van olieproducten.

De eerste toepassing van katalytisch kraken in olieraffinage. Hierbij wordt gebruik gemaakt van intense hitte en een katalysator om zware koolwaterstoffen op te breken.

1938

Grote olievondsten in Koeweit en Saudi-Arabië.

1939–45

Tweede Wereldoorlog: het beheer van olievoorraden, met name in Bakoe en het Midden-Oosten, speelt een cruciale rol bij de overwinning van de Geallieerden.

1943

Ontdekking van het olieveld in Schoonebeek

1947

Eerste commerciële olieput op zee ("offshore") geboord door een "mobiel" platform, in water van 5 meter diep in de Golf van Mexico voor de kust van Louisiana.

Start van de oliewinning in Schoonebeek

1948

Het grootste conventionele olieveld ter wereld ontdekt in Ghawar, Saudi-Arabië. Het bevat een hoeveelheid olie van ca. 80 miljard vaten.

1951

De Anglo Persian Oil Company (nu de Anglo Iranian Oil Company) wordt genationaliseerd door de Iraanse regering. Dit leidt tot een staatsgreep die door de VS en Groot-Brittannië wordt gesteund om de macht van de Sjah (koning) te herstellen.

Vervolg van tijdpad op pagina 70



De Trans-Alaska-pijpleiding



1959
Ontdekking van het gasveld in Groningen

1960
OPEC (Organization of Oil Exporting Countries) wordt opgericht door Saudi-Arabië, Venezuela, Koeweit, Irak en Iran.

1963
Start van gaswinning uit het veld in Groningen

1967
De commerciële productie van olie begint in de teerzanden van Alberta in Canada, de grootste oliebron ter wereld.

1968
Olie aangeboord in Prudhoe Bay in het noorden van Alaska. Dit wordt de grootste bron van olieproductie voor Noord-Amerika.

1969
Een olieramp als gevolg van een blow-out op een booreiland voor de kust van Santa Barbara, Californië brengt grote schade toe aan het mariene milieu.



De oliedrab opruimen na de ramp met de Exxon Valdez

In de Noordzee worden olie en aardgas gevonden, en dat betekent een meevaller van 25 jaar voor landen zoals Nederland en het Verenigd Koninkrijk.

1970
Eerste gasvondst in het Nederlandse deel van de Noordzee (L10-A)

1971
De OPEC-landen in het Midden-Oosten beginnen met de nationalisatie van hun oliebronnen om hun reserves in eigen beheer te krijgen.

1973
OPEC verviervoudigt de oliepijzen en stopt de export van olie naar Westerse landen die Israël steunen in de oorlog met Arabische landen onder aanvoering van Egypte en Syrië. Dit leidt tot ernstige olietekorten in het Westen.

1975
Eerste gaswinning uit de Noordzee (L10-A)

Als reactie op de oliecrisis van 1973 wordt de Strategic Petroleum Reserve (SPR) door de VS ingesteld teneinde

een noodvoorraad olie aan te leggen in zoutdiapieren (zoutkoepels). In 2005 heeft de VS naar verwachting 658 miljoen vaten olie op deze manier in opslag.

1977
De Trans-Alaska oliepijpleiding wordt voltooid

1979-81
De prijs van olie stijgt van \$13 naar \$34 per vat.

1989
De mammoettanker Exxon Valdez loopt aan de grond in de Prince William Sound, Alaska, en de uit het gehavende schip wegstromende olie veroorzaakt een milieuramp voor de kust van Alaska.

1991
Olievelden in Koeweit in brand gestoken tijdens de Golfoorlog.

1995
Op grond van een VN-resolutie mag Irak weer wat olie exporteren in het Olie voor Voedselprogramma.

1996
Qatar opent de eerste grote exportfaciliteit voor vloeibaar aardgas (LNG) ter wereld.

2003
De Senaat in de VS verwierpt een voorstel voor olie-exploratie in het ANWR (Arctic National Wildlife Refuge, een natuureservaat) in het noorden van Alaska.

2005
De orkaan Katrina teistert het kustgebied bij de Golf van Mexico en veroorzaakt chaos in de olie-industrie.

2006
Rusland stopt met de levering van gas aan Oekraïne en draait de gaskraan pas weer open nadat het land heeft ingestemd met prijsverhogingen.

BP sluit het olieveld Prudhoe Bay gedeeltelijk vanwege corrosie van de pijpleidingen in Alaska.

2007
Het Internationaal Energieagentschap voorspelt dat China in 2007 de VS zal overtreffen met de uitstoot van koolstofdioxide, en dat India in 2015 de op twee na grootste producent van CO₂ zal zijn.

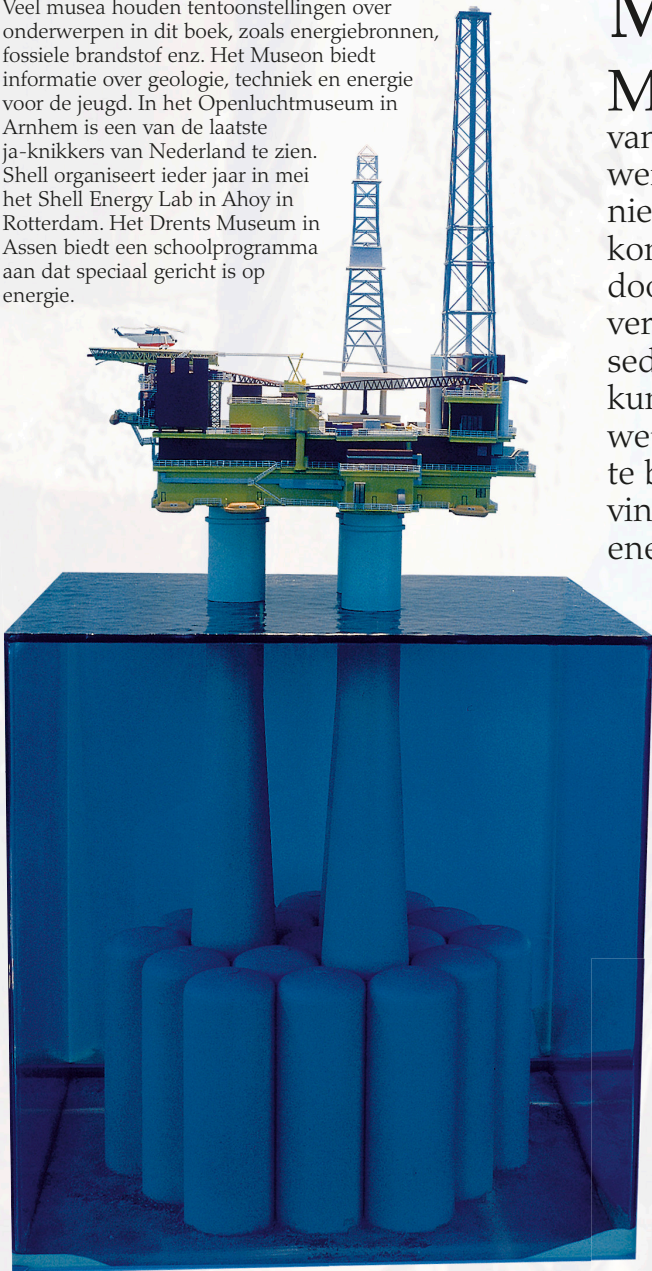
2008
De prijs van olie bereikt een recordhoogte van \$147 per vat voordat deze instort als gevolg van een mondiale economische crisis.

Een overstromde olie-installatie in de VS na de orkaan Katrina in 2005



MUSEUMBEZOEK

Veel musea houden tentoonstellingen over onderwerpen in dit boek, zoals energiebronnen, fossiele brandstof enz. Het Museon biedt informatie over geologie, techniek en energie voor de jeugd. In het Openluchtmuseum in Arnhem is een van de laatste ja-knikkers van Nederland te zien. Shell organiseert ieder jaar in mei het Shell Energy Lab in Ahoy in Rotterdam. Het Drents Museum in Assen biedt een schoolprogramma aan dat speciaal gericht is op energie.



Museummodel van een booreiland

Meer informatie

MET DIT BOEK HEB JE een indruk gekregen van de grootste en meest complexe industrie ter wereld, maar jouw ontdekkingsreis hoeft hier niet per se te eindigen. Je kunt meer te weten komen over de geologische aspecten van olie door de rotsgesteenten in jouw omgeving te verkennen en te leren vaststellen in welke sedimentaire gesteenten olie wordt gevormd. Je kunt ook meer leren over de geschiedenis, wetenschap en technologie van olie door musea te bezoeken. Op allerlei websites over energie vind je meer informatie over verstandige energiekeuzen.

Afvalmaterialen voor recycling

Door recycling kunnen we het energieverbruik terugdringen

Panorama's en gedetailleerde weergaven kunnen helpen bij de uitleg van het raffinageproces



NUTTIGE WEBSITES

- Informatie over de toekomst van aardgas in Nederland:
aardgas-in-nederland.nl/de-toekomst-van-aardgas/aardgasreserves-en-verbruik/
- Informatie over de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM), de grootste producent van aardgas in Nederland:
www.nam.nl
- Informatie over olie, gas en geothermische energie in Nederland en de Nederlandse sector van de Noordzee:
www.nlog.nl
- De officiële website van Staatstoezicht op de Mijnen, de dienst onder het Nederlandse Ministerie van Economische Zaken:
www.sodm.nl
- Informatie over schaliegas in Nederland: www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/schaliegas
- Informatie over Gasunie Transport Services, het Nederlandse bedrijf voor transport en levering van aardgas:
www.gasunietransportservices.nl
- Lees meer over de deelname van de Nederlandse staat in de productie van olie en aardgas, Energie Beheer Nederland (EBN):
www.ebn.nl
- Lees artikelen over Nederlandse olie en energie:
www.kennislink.nl/publicaties/olie-en-gas
- Kijk op de website van het Ministerie van Economische Zaken
www.rijksoverheid.nl/ministerie/ez

Index ABC

aardbevingen, 39
aardgas, 16, 20–23, 57, 70
aardolie, 16, 46–47, 64
aardolie, 6, 12, 16, 42–43, 68, 69
Abramovitsj, Roman, 51
Adair, Paul Neal, 33
advertenties, 15
aerogel, 38
affakkelen, 66
afsluiters, 32, 37
Alaska, 30, 39, 41, 70
alkanen, 16
alternatieven voor olie, 60–63
Anglo-Persian (Iranian) Oil Company, 52, 69
anticlinalen, 24–25
Arabisch sjeiks, 50–51, 52
aramidevezels, 49
Argand, Aimé, 10–11, 68
aromaten, 16, 70
asfalt, 16, 27, 68
auto's, 14–15, 44–45, 51, 55, 60, 61, 66, 69
Babylonisch bitumen, 9, 27, 68
bakeliet, 48
Bakoe, 12
Bakoe-Tbilisi-Ceyhan (BTC) - pijpleiding, 38, 70

benzeen, 19
benzine, 6, 14–15, 42, 45, 51, 55, 66
benzinstations, 14–15, 50
biobrandstoffen, 51, 60–61
biogas, 20, 70
Bissell, George, 12
bitumen, 8, 9, 16, 17, 19, 26, 68
blowouts, 33, 70
booreilanden, 32–37, 54–55, 71
boorputten, 29, 32
boortorens, 12, 13, 32
Bordino, Virginio, 14
boren, 8, 12, 30–33, 36–37
BP, 51
branden, oliebronnen, 13, 33
brandstofcellen, 61
breeuwen, 8
breuken, 24, 39
broeikaseneffect, 54
butaan, 21
Carothers, Wallace, 15
carrière, 64–65, 71
Carthago, 9
Chéret, Jules, 10–11
China, 8, 53, 57
cholesterol, 17
cokes, 43
condensaat, 16, 20

DE

destillatiekolommen, 42
destilleertoestel, 12

diesel, 45, 55, 61
Drake, Edwin L., 12, 69
duikers, booreilanden, 35
dwaallicht, 20
Egyptische mummies, 9
elektriciteit, 58, 59, 62–63
energie, 18, 44–45, 58–59, 60–63
ethaancentrales, 44, 62–63
ethane, 48–49, 70
etherische oliën, 17
Exxon Valdez, 41, 70
ExxonMobil, 50–51, 67

FG

fakkels, 10–11
flexicokers, 43
foraminiferen, 19
Ford, Henry, 14
fossiele brandstoffen, 22, 54
fotosynthese, 18
fotovoltaïsche cellen, 63
fuiken, 18, 19, 24–25, 71
fytoplankton, 18
gas, 16–17, 20–21
gashouders, 21
gasolie, 42
gasfractioneerde destillatie, 42
genesmiddelen, 47
Gesner, Abraham, 12
getijdenenergie, 63
Getty, Jean Paul, 50
gusher, oliebronnen, 13, 69

HIJK

Harkness, Edward, 50
HDPE, 48
helium, 21
huizen, energie besparen, 59
Hunt, Haroldson, 50
hybride automotoren, 44
isobutaan, 21
ja-knikkers, 13
kaarsen, 47
kernenergie, 62, 71
kerogeen, 19, 24
kerosine, 12, 10–11, 14, 27, 42, 68, 69
Koewit, 52, 53, 70
koolhydraten, 17, 60
koolstofdioxide, 54–55, 70
koolstofvezel, kunststof versterkt met, 49
koolwaterstoffen, 16–17
kraken, 42–43, 69

LMN

landbouw, 7, 60
LDPE, 48
LNG (vloeibaar aardgas), 20–21, 70
Lukasiewicz, Ignacy, 12, 69
magnetisch onderzoek, 29
Mars, boren op, 31
massaproductie, 14, 69
materialen gemaakt van olie, 46–49

McAdam, John Loudon, 27
menselijk lichaam, 17, 58
methaan, 17, 22–23, 60–61, milieubezwaren, 51, 54–55
Mossadeq, Mohammed, 52
motoren, 44–45, 70
mummies, 9
musea, 69, 71
naftene, 16, 42
nanotechnologie, 31
Nigeria, 51, 67
nylon kousen, 15

OP

octaan, 16–17
Oekraïne, 70
olie opslaan, 58–59
oliecrisis (1973), 52, 70
olielekken, 27
olieputten, 12–13, 29, 32–33
oliereserves, 56–58
olieschalie, 26
olieterminals, 41
olievelden, 13
olievlekken, 41
oliezand, 26
oorlog, 8–9, 52–53
OPEC, 52, 70
opwarming van de aarde, 54
paraffinewas, 47
Parkes, Alexander, 48
Parkesine, 48
pek, 16

petrochemische verbindingen, 46–47
pijpleidingen, 20, 38–39, 70
Pitch Lake (asfaltmeer), Trinidad, 27
plankton, 18
plantaardige olie, 61
planten, 17, 54, 60
plastics, 15, 48–49, 71
politiek rond olie, 52–53
polycarbonaten, 49
polyethen, 48
polymeren, 48–49, 71
polypropreen/
polypropyleen, 48
polystyreen, 48
productie, 56–57
propaan, 21, 71
PVC, 48

RS

raceauto, brandstoffen, 45
raffinaderijen, 12–13, 42–43, 61, 69, 71
Raleigh, Sir Walter, 27
recycling van afval, 59, 71
Rockefeller, John D., 50, 69
rotsgesteenten, 19, 21, 24–25, 29, 32
roughnecks, 35, 65
roustabouts, 35, 65
Rusland, 50–53, 69, 70
schepen, 40–41, 68, 69
schoonheidsproducten, 46

schrapers (pigs), pijpleidingen, 38
seismisch onderzoek, 28, 30, 37
Smith, William, 25
sociale verantwoordelijkheid, 66–67
stadsgas, 21
steenkool, 22–23, 55, 62
steenkoolgas, 21, 22, 68
steenkoolteer, 17
steroïdhormonen, 17
stoomauto, 14
straatlantaarns, 21
supermarkten, 6, 58
supertankers, 40

TUV

Taghiyev, Hadji, 50
tankers, 20–21, 40–41
tarmacadam, 27, 68
technologie, 28–31
teer, 16
teerputten, 27
teerzanden, 26
terpenen, 17
terrorisme, 39
tijdpad, 68–70
traan, 10–11
Trans-Alaska-pijpleiding, 39, 70
transport, 7, 44–45, 58
turbines, 64, 63
turf, 62
vaten, 42

verbruik van olie, 6, 52–53, 56–57
Verenigde Arabische Emiraten (VAE), 50, 53
verlichting, 7, 10–11, 21
vliegtuigbrandstof, 45
vloek van de hulpbronnen, 51
vorming van olie, 18–19
VS, oliebronnen, 57

WXYZ

wasmiddelen, 46
waterkracht, 63
waterkracht, 63
waterstofauto's, 61
Watson, Jonathan, 50
websites voor informatie, 71
wegen, 27, 55
welvaart, 50–51
wildcat-putten, 14, 29
wildcatters, 14
Williams, James, 12
windenergie, 62–63
Yamani, sjeik, 52
Young, James, 27
zoete olie, 16
zonne-energie, 51, 62, 63
zure olie, 16
zuur gas, 20
zwaartekrachtmeters, 29

Dankwoord en erkenningen

Dorling Kindersley bedankt de volgende personen: Karen Whitehouse voor haar redactiewerk; Dawn Bates voor het prooflezen; Hilary Bird & Heather MacNeil voor de index; Claire Bowers, David Ekholm-Jalburn, Clarie Ellerton, Sunita Gahir, Joanne Little, Susan St Louis, Steve Setford, & Bulent Yusef voor hun hulp met clip art; David Ball, Kathy Fahey, Neville Graham, Rose Horridge, Joanne Little & Sue Nicholson voor de wandkaart; Margaret Parish voor de lokaliseratie voor de Amerikaanse markt bij de oorspronkelijke editie; Margaret Watson (SPE); Kelly D. Maish voor veelvuldige ontwerpen en composities; Katherine Linder voor beeldbewerking. Verder zijn we erkentelijk voor het gebruik van *Pioneers op de Noordzee, 1975-2005: 30 jaar gasproductie op het Nederlandse Continentale Plat* – *Pioneers on the North Sea: 30 years of gas production on the Dutch Continental Shelf*, Paul Schaap, Gaz de France en *Groningen-gasveld vijftig jaar, kloppend haart van de Nederlandse gasvoorziening*, Joep Schenk met intermezzo van Petra Timmer, NAM, Boom en de GROTE WINKLER PRINS – *Encyclopedie in twintig delen. Hoofdredactie Prof. Dr. A.J. Wiggers. Prof. Dr. R.F. Lissens, Prof. Dr. A. Devreker, Prof. Dr. G.A. Koor, Prof. Dr. H.A. Lauwerier. Zevende geheel nieuwe druk, Elsevier, Amsterdam en Brussel, 1975 voor informatie; en bedanken Bob Fleumer, Sander Flores, Wintershall Noordzee, Gaz de France Suez, EBN, NAM en Schlumberger voor de foto's.*

Tot slot bedanken wij de Nederlandse afdeling van de Society of Petroleum Engineers voor de bijdragen aan deze Nederlandse versie.

De uitgever wenst ook de volgende instellingen en personen te bedanken voor hun toestemming om hun foto's te reproduceren:

Legenda: a-hierboven; b-hieronder/onderaan; c-midden; f-uiterst; l-links; r-rechts; t-bovenaanzicht

2 Dorling Kindersley: Judith Miller/Ancient Art (tc); Oxford University Museum of Natural History (cb); Wikipedia: (bl); 3 Dorling Kindersley: Natural History Museum, Londen (tl); Schlumberger (br); Schlumberger (bl); 4 Dorling Kindersley: Judith Miller/Luna (bc); The Science Museum, Londen (f); 5 Woodside Energy Ltd. (www.woodside.com.au): (tr); 6 Met dank aan Apple. Apple en het Apple-logo zijn handelsmerken van Apple Computer Inc., geregistreerd in de VS en andere landen: (c); Corbis: Derek Triask (bl); Getty Images: Stone + Andrew Macpherson (tr); Science Photo Library: Paul Rapson (tl); 6-7 Corbis: Lester Leikowitz (bc); 7 Alamy Images: Wordspec/NASA (tr); Getty Images: Photographer's Choice/Joe McBride (tc); 8 Alamy Images: Visual Arts Library (Londen) (b); 9 Alamy Images: Popperfoto (c); The Bridgeman Art Library: Private Collection, Archives Charmet (tc); Dorling Kindersley: The Trustees of the British Museum (tr, bl, br); Judith Miller/Cooper Owen (tl); TopFoto.co.uk: HIPP/The British Library (c/Castle); 10-11 Dorling Kindersley: The Science Museum, Londen (c); 10 Dorling Kindersley: The Science Museum, Londen (bc); Mary Evans Picture Library: (tl); 11 Alamy Images: Lebricht Music and Arts Photo Library (br); North Wind Picture Archive (tr); Dorling Kindersley: Dave King/Mot dank aan The Science Museum, Londen (tl); Judith Miller/Ancient Art (bc); 12 alg.-images: (cl); Corbis: Bettmann (tc, ca); Oil Museum of Canada, Oil Springs, Ontario: (bl); 13 Specialistisch materiaal: Mark Edwards (bc); 13 Gaz de France Suez (br); Schlumberger (tr); Schlumberger (tc); Gaz de France Suez (bc); 14 Corbis: Bettmann (bc); Hulton-Deutscher Collection (bl, cr); Dorling Kindersley: National Motor Museum, Beaulieu (tl, cr); 15 The Advertising Archives: (tr, cr); Alamy Images: John Crall/Transtock Inc. (f); Corbis: Hulton-Deutscher Collection (c); Dorling Kindersley: The Science Museum, Londen (cb); 16 Dorling Kindersley: Natural History Museum, Londen (bl); Getty Images: National Geographic/Sarah Leen (tl); 16-17 Science Photo Library: Laguna Design (c); 17 Science Photo Library: Paul Rapson (br); 18 NASA: Jeff Schmalz, MODIS Rapid Response Team, GSFC (tr).

Specialistisch materiaal: Darylne A. Murawski (bl); 19 Alamy Images: Phototake Inc. (tr); Dorling Kindersley: Rough Guides (tl); NASA: Susan R. Trammell (UNC Charlotte) et al., ESAIC, HST, ESA (bc); Dr Richard Tyson, School of Geoscience and Civil Engineering, Newcastle University: (cl); 20 Gaz de France Suez (tr); Mary Evans Picture Library: (tl); 20-21 Alamy Images: Bryan & Cherry Alexander Photography (b); Dorling Kindersley: National Maritime Museum, Londen (c); 21 Alamy Images: Csubimages srl (bc); Angel Svo (tr); Corbis: Hulton - Deutscher Collection (tc); 22 U.S. Department of Energy's National Energy Technology Laboratory: (br); 23 Canadian Society for Unconventional Resources: (cr); Woodside Energy Ltd. (www.woodside.com.au): (bl); 24-25 Specialistisch materiaal: Walter H. Hodge (b); 25 Dorling Kindersley: Natural History Museum, Londen (c Sandstone). Satellietbeeld van Landsat 7 met dank aan NASA Landsat Project Science Office en USGS National Center for Earth Resources Observation Science: (tl); The National History Museum, Londen: (br, c); 26 Corbis: Lara Solt/Dallas Morning News (tl); Rex Features: Norm Betts (bl); 26-27 Rex Features: Norm Betts (b); 27 Corbis: (tc); Dorling Kindersley: National Maritime Museum, Londen (c); Natural History Museum, Londen (tl); Getty Images: Hulton Archive (tr); The National History Museum, Londen: Michael Long (cla); Science & Society Picture Library: (bc); 28 EBN (br); Science Photo Library: Chris Sattlberger (cra); Woodside Energy Ltd. (www.woodside.com.au): (bl); 29 Corbis: Bob Rowan/Progressive Image (cra); Tim Wright (tr); Micro-g Lacoste: (tl); Woodside Energy Ltd. (www.woodside.com.au): (b); 30-31 Corbis: Greg Smith (bc); 30 Photography: Science, Shell International Ltd.: (bc); 31 Getty Images: exis/iStock Vectors (tl); NASA: (br); 33 NAM (br); TNO (tl); Specialistisch materiaal: Russell Gordon (bl); Gaz de France Suez (tc); Gaz de France Suez (tr); 34 Corbis: Greg Locke/Reuters (tl); Getty Images: National Geographic/Justin Guariglia (bc); 35 Corbis: Stephanie Maze (bl); Dorling Kindersley: Natural History Museum, Londen (br); Getty Images: Image Bank/Cousteau Society (cr); 36 ©

BP p.l.c.: (br); Saudi Aramco: (tl); Transocean: (tr); 37 SERPENT Project: (bl); Statoil: Norsk Hydro (tr); Transocean: (br); 38 Alamy Images: G.P. Bowater (cr); Getty Images: Mustafa Ozer/AFP (bc); NASA: JPL (bl); ROSEN Swiss AG: (c); 38-39 Corbis: Ted Streshinsky (tc); 39 Alamy Images: Bryan & Cherry Alexander Photography (b); Gas Infrastructure: Europe (bl); Gasunie Transport Services (tr); Langevin Jacques/Corbis Sygma (tc); 40 Auke Visser, Holland: (cl); 40-41 Alamy Images: Stock Connection Blue (c); 41 Alamy Images: Roger Bamber (cr); Corbis: Karen Kasmauski (br); Getty Images: Stone/Keith Wood (tc); 42 Corbis: Roger Ressmeyer (cr); Dorling Kindersley: Peter James Kindersley (cl); Science Photo Library: Paul Rapson (bc); 43 Alamy Images: AGStockUSA, Inc. (tc); G.P. Bowater (tr); Corbis: Kazuyoshi Nomachi (b); 44 Corbis: Matthias Kulka (bl); Lake County Museum (tl); 45 Alamy Images: kolvenbach (cl); mark wagner aviation-images (b); Getty Images: Lonely Planet Images/ Jim Warwick (tl); 46-47 National Geographic Society: (c); 46 Science Photo Library: NASA/ESA/STSC/ESA; KARKOSCHKA, UARIZONA (cl); 47 Science Photo Library: Eye of Science (c); 48 Dorling Kindersley: Judith Miller/Wallis & Wallis (tl); Judith Miller/ Luna (c); Wikipedia: (tr); 49 Alamy Images: imagebroker/Stefan Obemeyer (br); Karl Martilla (tl/Aramid); Dorling Kindersley: Paul Wilkinson (cl); Getty Images: Science & Society Picture Library (cb); Greg Wood/AFP (tr); Science & Society Picture Library: (tl); 50 Corbis: Joe Fuste Raga (b); Mary Evans Picture Library: (tr); 51 © BP p.l.c.: (c, br); Corbis: dpa (cl); Ed Kashi (bl); brian minkoff/ Demotix (tr); Getty Images: Alex Livesey (tc); 52 Alamy Images: Patrick Steel (cl); Corbis: Bettmann (bc); Getty Images: Hulton Archive (tl); Carl Mydans/Time Life Pictures (cl); Library Of Congress, Washington, D.C.: Warren K. Leffler (tr); 52-53 Corbis: Peter Turrely (c); 53 Corbis: Arvid Albert/Arcaid (tl); 54 Alamy Images: ImageState (c); Corbis: AgStock Images (tr); Dorling Kindersley: NASA (bl); 55 NAM (tc); NAM (c); R&T/Brian Blades (tl); Dorling Kindersley: Garry Darby, American 50s Car Hire (b); 56 Alamy Images: Paul Glendell (tr); Dorling Kindersley: Alan

Keohane (cl); Clive Streeter/Met dank aan The Science Museum, Londen (tr); TOTAL UK Limited 2005: (c); Vattenfall Group: (cr); 56-57 © BP p.l.c.: (Achtergrond); Corbis: Matthias Kulka (f); Dorling Kindersley: Garry Darby, American 50s Car Hire (bc); 57 Getty Images: Photographer's Choice/David Seed Photography (tr); Magenn Power Inc. (www.magenn.com); Chris Radisch (br); 58 Alamy Images: Richard Cooke (f); Andre Jenny (tr); 59 Alamy Images: allOver Photography (br); Science Photo Library: Tony McConnell (tl); Alfred Pasiaka (cl); 60 Alamy Images: David R. Frazier Photolibrary, Inc. (tl); Specialistisch materiaal: Joerg Boethling (bl); 60-61 BMW Group UK: (bc); 61 Biody Engineering: (br); Daimler AG: (tc); Getty Images: Yoshikazu Tsuno/AFP (tr); 62-63 Getty Images: Stone/David Frazier (c); 63 Corbis: Otto Rogge (br); Paul A. Souders (tl); 64 Photographic Services, Shell International Ltd.: (tr); Woodside Energy Ltd. (www.woodside.com.au): (tr, bl); 65 © BP p.l.c.: (tc, c, cr); Statoil: (bc, tr); Transocean: (tl); 66 Corbis: Ocean (cl); Getty Images: De Agostini (br); 67 Corbis: Sophie Elbaz/Sygma (tr); Getty Images: SM Rafiq Photography/ Flickr (bc); Tom Stoddart Archive/Hulton Archive (tl); 68-69 © BP p.l.c.: (Achtergrond); 68 Alamy Images: Egyptisch, Ptolemaïsche periode (332-30 voor Christus)/The Bridgeman Art Library Ltd. (bl); Specialistisch materiaal: Knut Mueller (tr); 69 Corbis: Bettmann (bl); 70-71 © BP p.l.c.: (achtergrond); 70 © BP p.l.c.: (tl); Corbis: Natalie Fobes (bl); Getty Images: Jerry Grayson/Hellifics Australia Pty Ltd. (br); 71 Met dank aan Apple. Apple en het Apple-logo zijn handelsmerken van Apple Computer Inc., geregistreerd in de VS en andere landen: (bc/Laptop); © BP p.l.c.: (br/On Screen); Dorling Kindersley: Peter Griffiths & David Donkin - Modelimages (bl); Jackit Images; Corbis: Roger Ressmeyer (tl); Getty Images: Stone/ Keith Wood (tr); ROSEN Swiss AG; flr; Science Photo Library: Eye of Science tr; Chris Sattlberger; tc; Still Pictures: Mark Edwards c.

Alle andere beelden © Dorling Kindersley. Kijk voor meer informatie op www.kimages.com