Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.



IT'S ALL ABOUT ENERGY!

LESPAKKET OVER DE TOEKOMST VAN ENERGIE, OLIEWINNING EN CO_2

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

IT'S ALL ABOUT ENERGY!

INHOUD

		PAGINA
Deel 1	**DE TOEKOMST VAN ENERGIE**	
1.1	Energie is alles, alles is van energie; een inleiding	3
1.2	Scenario 1: ieder voor zich	7
1.3	Scenario 2: samen staan we sterker	9
Deel 2	**OPSPORING EN WINNING VAN AARDOLIE**	
2.1	Hoe is aardolie ontstaan?	13
2.2	Hoe sporen we aardolie op?	15
2.3	Hoe krijgen we aardolie uit de grond?	17
2.4	De toekomst van aardolie	21
Deel 3	**OPLOSSINGEN VOOR HET CO_2-VRAAGSTUK**	
3.1	De techniek en de vier kernvragen	23
3.2	Afvangen	25
3.3	Fasetoestand	27
3.4	Opslag en veiligheid	29
3.5	Veiligheid en samenleving	31
3.6	Cijfers en voorspellingen	33

COLOFON

Dit lesmateriaal is geschreven door drie deelnemers van het *Eerst de Klas* programma: Matthijs van Vulpen, Cazimir ten Brink en Simon Verwer (www.eerstdeklas.nl).

Eerst de Klas is een initiatief van het onderwijs, het bedrijfsleven en de overheid. In het programma worden talentvolle academici de mogelijkheid geboden om hun carrière te starten als docent op een school voor voortgezet onderwijs. Ze werken daar vier dagen per week, halen een eerstegraads lesbevoegdheid aan de universiteit, en participeren één dag per week in een leiderschapsprogramma georganiseerd door het bedrijfsleven. In het kader van het leiderschapsprogramma heeft Shell de deelnemers de opdracht gegeven dit lesmateriaal te ontwikkelen.

Dit lesmateriaal is tot stand gekomen door middel van gesprekken met een groot aantal experts van Shell. Deze gesprekken vormen de bouwstenen van het lesmateriaal. Op deze plaats willen wij iedereen bedanken die aan het lesmateriaal heeft bijgedragen. Met name de stuurgroep van Shell, bestaande uit André van Aperen, Theo Eyckenschild, Ewald Breunesse en Virgil Sewberath Misser.

EINDREDACTIE, ONTWERP EN VORMGEVING DE FABRIEK Communicatie Creatie Coaching, Amsterdam
ILLUSTRATIES, GRAFIEKEN MokerOntwerp, Amsterdam
FOTOGRAFIE Hollandse Hoogte, Shell, Nuon en diverse andere bronnen
REPRODUCTIE Shell Service Point

© 2012 Shell International B.V.

In samenwerking met: inGenious Shaping the future of maths and science education; Jet-Net Jongeren en Technologie Netwerk Nederland

Wilt u meer informatie of exemplaren van dit lesprogramma bestellen, stuur dan uw verzoek per e-mail naar communicatie@shell.com.

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

IT'S ALL ABOUT ENERGY! 1.1

Energie is alles, alles is van energie; een inleiding

Over energie hoef je niet na te denken. Het is er altijd, vrijwel overal, veilig en betrouwbaar. Energie is zo vanzelfsprekend als het aanzetten van je mobiele telefoon of het opendraaien van de waterkraan. Dat wij in Nederland zo gemakkelijk en vanzelfsprekend over energie kunnen beschikken is eigenlijk heel bijzonder. En zelfs iets om trots op te zijn.

Je gebruikt op een dag tal van vormen van energie. Om te beginnen natuurlijk je eigen energie, die je opwekt door het eten van een bord muesli of een krentenbol. Maar je gebruikt dagelijks ook allerlei andere energiebronnen. Voor de industriële revolutie gebruikte de mens als belangrijkste bron van energie hout en turf om te koken en te verwarmen. Voor verlichting was de belangrijkste brandstof lampolie. Sindsdien komt onze energie hoofdzakelijk uit aardgas, kolen en aardolie, ook wel fossiele brandstoffen genoemd.
Aardgas, kolen en aardolie zijn essentiele energiebronnen om te kunnen doen wat je wilt: je gebruikt het voor een lekkere warme douche op een koude winteravond, om met de auto op bezoek te kunnen gaan bij je opa of oma en voor de koelkast om je blikje cola lekker koel te houden.
Het probleem is dat deze bronnen niet onuitputtelijk zijn; ze raken op! En dat kan op langere termijn grote consequenties hebben voor de manier waarop je leeft.



Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

1.1 DE TOEKOMST VAN ENERGIE

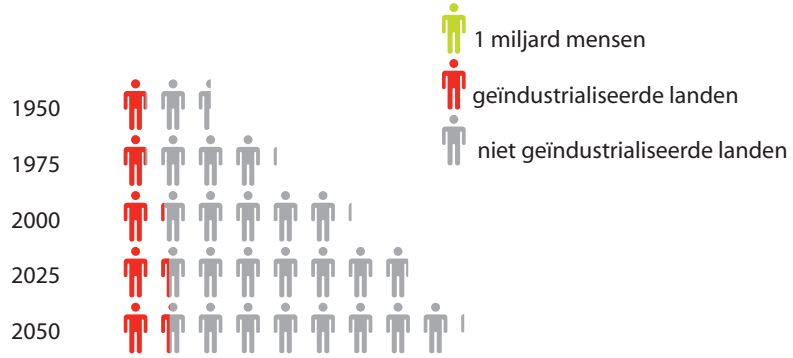
Als het gaat om energie in de toekomst, dan staan we voor grote uitdagingen. De volgende drie belangrijke ontwikkelingen zijn daarbij bepalend:

1) **De komende vijftig jaar zal de vraag naar energie ten minste verdubbelen.**
2) **De makkelijk bereikbare olie wordt schaarser.**
3) **De uitstoot van broeikasgassen neemt sterk toe.**

Wat houden deze drie ontwikkelingen precies in?

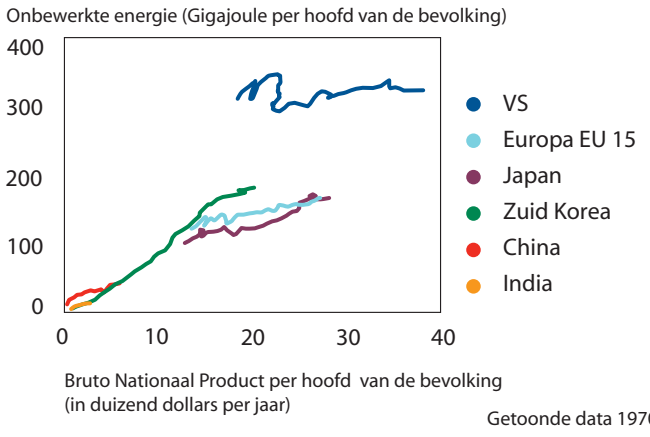
In Azië, Afrika en Latijns-Amerika komen er in rap tempo enorm veel mensen bij. Bovendien wil de bevolking van deze gebieden genieten van dezelfde welvaart als wij. Deze combinatie van bevolkingstoename en hogere welvaart betekent dat de vraag naar energie in de nabije toekomst enorm toeneemt. Er zal dus veel meer energie nodig zijn om in de vraag te voorzien.
Een van de belangrijkste bronnen van energie is aardolie. Veel van de producten die wij gebruiken, worden namelijk gemaakt van deze natuurlijke stof. En terwijl de vraag steeds groter wordt, wordt het steeds lastiger om voldoende aardolie te winnen. De makkelijk bereikbare bronnen raken uitgeput.
De derde ontwikkeling houdt in dat door het toegenomen verbruik van energie er meer CO_2 wordt uitgestoten. Een hogere CO_2-concentratie leidt tot opwarming van de aarde, met klimaatverandering en natuurrampen als mogelijk gevolg.

Wereldbevolking



De toename van de wereldbevolking tot en met 2050.
(Bron: Shell Energy Scenario's Online beschikbaar via www.shell.com/scenarios)

De energieladder beklimmen



In deze complexe grafiek zie je het effect van een hoger welvaartsniveau op het gebruik van energie: hoe hoger, hoe groter.
(Bron: Shell Energy Scenario's. Online beschikbaar via www.shell.com/scenarios)

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

Op zoek naar antwoorden

We staan aan de vooravond van hele grote veranderingen. In deze lessenserie gaan we kijken wat we aan deze drie ontwikkelingen kunnen doen. We gaan onderzoeken wat ze precies inhouden en wat mogelijke antwoorden zijn. Bij elk van de drie ontwikkelingen stellen we een cruciale vraag die de rode draad van ieder deel vormt.

1) **Wat kunnen we doen om te zorgen dat iedereen voldoende energie tot zijn of haar beschikking zal hebben?**
2) **Wat kunnen we doen om meer en efficiënter aardolie te produceren?**
3) **Wat kunnen we doen om de CO_2-uitstoot te beperken?**

Zoals je waarschijnlijk aanvoelt, zijn dit belangrijke vragen. Het is onzeker of wij in de toekomst op zo'n vanzelfsprekende manier als nu over voldoende energie zullen beschikken. In ieder geval *weten* we dat de fossiele brandstoffen op raken. Daar kunnen we dus op *anticiperen*. Hoe we dat het beste kunnen doen, daarover verschillen de meningen flink. Regeringen, olie- en gasbedrijven en milieuorganisaties zijn constant met elkaar in debat om samen de beste manier te vinden om te garanderen dat iedereen ook over vijftig jaar over voldoende energie kan beschikken. Maar wat is het beste? Hierover gaat het eerste deel (1.1 t/m 1.3).

Op dit moment halen wij tachtig procent van onze energie uit fossiele brandstoffen. Ondanks het feit dat we steeds meer energie uit alternatieve energiebronnen halen, is het waarschijnlijk dat aardolie en aardgas de belangrijkste grondstoffen voor energie blijven in de 21e eeuw. Het aanboren van (lastig bereikbare) olievelden is een fascinerende technologie die meer dan ooit in ontwikkeling is. Hierover gaat het tweede deel (2.1 t/m 2.4).

Wetenschappers hebben vastgesteld dat CO_2 mede verantwoordelijk is voor de opwarming van de aarde, omdat het bijdraagt aan het broeikaseffect. Deze opwarming kan leiden tot natuurrampen, zoals tropische stormen, verzuring van de oceanen en het smelten van poolkappen. Om dit tegen te gaan kan CO_2 onder de grond worden opgeslagen. Hierover gaat het derde deel (3.1 t/m 3.6).

Let's go!

Het verhaal van de energie-uitdaging is erg indrukwekkend en complex. Daardoor zou je het idee kunnen krijgen dat jij daar als enkeling geen invloed op kan uitoefenen. Sommige mensen vinden deze uitdaging zo enorm groot dat ze bij voorbaat de handdoek in de ring gooien. Maar zo kun je natuurlijk een probleem nooit oplossen. Iedereen, ook jij, kan invloed hebben op deze veranderingen en een bijdrage leveren aan de energie-uitdaging.

Uiteindelijk zijn we namelijk allemaal individuen die samen tot enorm veel in staat zijn. Door goed nadenken, nieuwe technologie en hard werken kan jij zelf het verschil maken. *Let's go!*



OPDRACHTEN

1. *Hoe zou jij in je eigen leven zuiniger met energie kunnen omgaan? Noem drie voorbeelden.*
2. *De vraag naar energie, het aanbod, en de uitstoot van koolstofdioxide zijn drie begrippen die in deze inleiding van het lesprogramma aan bod zijn gekomen. Wat is de relatie tussen deze drie begrippen?*
3. *Schets een doemscenario en een droomscenario over energie in de toekomst.*
4. *Er zijn ook drastische maatregelen denkbaar om energie te besparen. Sommige van deze maatregelen kunnen stuiten op ethische bezwaren. Bijvoorbeeld de stelling: "De hele wereld moet aan geboortebeperking doen". Bedenk twee argumenten voor en tegen.*
5. *Stel je voor dat er totaal geen energietekort zou bestaan. Hoe zou de wereld er dan uitzien?*

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

De toekomst van de energie

In de volgende twee lesdelen gaan we de toekomst van de energie nader onderzoeken. Maar hoe doe je dat? De toekomst valt natuurlijk niet te voorspellen. Er is niemand die over een glazen bol beschikt en je precies kan vertellen hoe de wereld er over pakweg vijftig jaar uit ziet.
We gaan twee mogelijke toekomstscenario's doordenken. Met een scenario wordt een schets van mogelijke gevolgen van huidige ontwikkelingen bedoeld. Voordat we dit gaan doen, stellen we eerst twee dames aan je voor.

In elk scenario zijn vier factoren van belang, namelijk: de vraag naar energie, het aanbod, de technologie en het milieu.

- De **vraag naar energie** is de totale behoefte aan energie van alle aardbewoners.
- Het **aanbod** is de beschikbare voorraad aan energie (olie, gas, zon, wind, etc.).
- Met **technologie** bedoelen we kennis en hulpmiddelen die nodig zijn om bijvoorbeeld apparaten en machines te ontwikkelen, te laten werken en te herstellen.
- Het **milieu** is de term die we gebruiken voor onze leefomgeving.

TANIA: There Are No Ideal Answers ?

Het is belangrijk om in te zien dat geen enkel antwoord op de energie-uitdaging ideaal is. Ieder nadeel heeft z'n voordeel, zoals Johan Cruijff altijd zegt. Als je bijvoorbeeld massaal inzet op windenergie, staan er binnenkort bij iedereen windmolens in de achtertuin. Bovendien bestaat er (nog) geen enkele technologie die alleen maar 'goed' is. Kernenergie kan bijvoorbeeld met minder luchtvervuiling meer energie opwekken dan een kolencentrale, maar levert wel radioactief kernafval op.

TINA: There Is No Alternative !

Is het feit dat er geen ideale antwoorden zijn een reden om er het er dan maar helemaal niet meer over te hebben? Natuurlijk niet. Er bestaat namelijk geen alternatief. We hebben maar één aarde en daar moeten we het mee doen. En het is zeer onwaarschijnlijk dat we binnenkort met z'n allen zullen verhuizen naar een nog niet ontdekte planeet. Het is dus noodzakelijk om er over na te denken.

Je zult herkennen dat de hierna beschreven scenario's voor een deel al werkelijkheid geworden zijn. Zo zijn overheden druk bezig om afspraken te maken over de uitstoot van CO_2. De vraag is: wat de beste manier is om tot zulke afspraken te komen? Dat is het onderwerp van de twee scenario´s



Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.



Scenario 1: ieder voor zich

Het eerste scenario is pessimistisch. Het laat de mogelijke gevolgen zien over de komende vijftig jaar. Het uitgangspunt is dat landen vooral gericht zijn op het veilig stellen van hun eigen energievoorraad.
In dit scenario laten landen – dat wil zeggen regeringen en grote bedrijven – zich in de eerste plaats leiden door het beschikbare aanbod aan energie. Ze zijn vooral gericht op het veiligstellen van het energie-aanbod voor hun eigen land. Dat is natuurlijk logisch. Want waarom zou bijvoorbeeld de Nederlandse overheid zich druk gaan maken over hoe Duitsers of Belgen aan hun energie komen? Die hebben immers een eigen regering die daar voor zorgt, toch?

Afhankelijkheid

Een belangrijk begrip in de energie-uitdaging is afhankelijkheid. Iedereen op de energiemarkt is namelijk van elkaar afhankelijk. Er zijn veel gebieden in de wereld, zoals Amerika en West-Europa, waar meer energie gebruikt wordt dan binnen de eigen grenzen beschikbaar is. Deze landen moeten energie importeren en zijn daarom afhankelijk van landen met een overschot aan energie, zoals Rusland en Saoedi-Arabië. Maar landen met een overschot zijn op hun beurt weer afhankelijk van de export voor hun inkomsten. Zonder vraag naar energie verdienen zij geen geld. Kortom, op de energiemarkt is iedereen van iedereen afhankelijk.

In het 'ieder voor zich'-scenario denken landen niet na over de toekomst omdat het probleem nog niet als urgent ervaren wordt. Het voelt hetzelfde als leren voor een proefwerk dat je pas over vier weken hebt, terwijl je voor morgen wel twee S.O.'s hebt staan.
Deze toekomstschets lijkt, zoals je merkt, erg voor de hand te liggen. Maar aan andere kant toch ook weer niet helemaal. Want Nederlanders, Duitsers en Belgen (en alle andere landen in de wereld) vissen uiteindelijk allemaal in dezelfde energievijver. En die vijver raakt op. Sneller dan we zouden willen. Dat komt vooral omdat er steeds meer vissers met ook steeds grotere hengels langs de kant komen zitten. Terwijl iedereen druk bezig is met het zekerstellen van zijn of haar energievoorraad, wordt het aanbod dus steeds beperkter. Met grote gevolgen voor iedereen. Te veel vraag naar een product, leidt tot schaarste.

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

1.2 DE TOEKOMST VAN ENERGIE

KLIMAAT

In dit scenario besteden mensen minder aandacht aan het klimaat. Dat je benzine hebt om je auto te starten, is veel belangrijker dan de vraag of de aarde over een jaartje of honderd – als je er zelf waarschijnlijk toch niet meer bent – misschien wat is opgewarmd.
Bovendien wil iedereen natuurlijk een lage prijs voor hun energie betalen.
In dit toekomstbeeld is de kans groot dat landen zich daarom vooral concentreren op steenkool: daar is op dit moment nog veel van en het is goedkoop.
Steenkool is wel één van de meest vervuilende energiebronnen.



Een kolencentrale gelegen in de Rotterdamse haven.

Een alternatieve energiebron in dit scenario is kernenergie, maar juist het bouwen van een kerncentrale is een dure, tijdrovende en complexe onderneming. En daar komt nog bij dat radioactief afval schadelijk is voor de gezondheid en het milieu als het niet goed wordt opgeslagen.



Zicht op de Belgische kerncentrale van Doel.

Uiteindelijk komt iedereen in het 'ieder voor zich'-scenario in de problemen omdat er niet voldoende energie is voor iedereen. En in plaats van de krachten te richten op het samen oplossen van de problemen, probeert iedereen voor zichzelf het beste eruit te halen. Iedereen loopt constant achter de feiten aan totdat uiteindelijk de bodem in zicht komt.

OPDRACHTEN

1. *Het 'ieder voor zich'-scenario gaat uit van het eigen belang van landen. Geef twee argumenten voor en tegen dit scenario.*
2. *'Het klimaat' is een vage term. Wat wordt er volgens jou mee bedoeld? En wat houdt dan precies het klimaatprobleem in?*
3. *Hieronder staan drie begrippen uit het 'ieder voor zich'-scenario. Leg uit hoe deze volgens jou met elkaar samenhangen: economische groei, schaarste, klimaatprobleem.*
4. *Schrijf een toespraak van ongeveer tien regels die jij als politicus of politica uit zou spreken om jongeren bewust te maken van het energievraagstuk. Ga na - voordat je de toespraak schrijft - wat jij zelf een goede toespraak vindt. Ga bijvoorbeeld op zoek op YouTube naar toespraken van beroemde politici of artiesten. Wat doen zij goed? Probeer deze elementen ook in jouw eigen rede te verwerken. Het is leuk als een paar toespraken in de klas worden voorgedragen.*

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.



Scenario 2: samen staan we sterk

Het uitgangspunt van dit scenario verschilt enorm van het 'ieder voor zich'-scenario waarover je in het vorige lesdeel hebt gelezen. In deze toekomstschets vormt besef van de energie-uitdaging de sleutel naar een samenwerking tussen landen. Anders gezegd, landen realiseren zich dat we tenslotte allemaal in hetzelfde schuitje zitten.
Dit besef of bewustzijn is in dit toekomstbeeld een zaak van iedereen, vanuit de gedachte dat iedere burger niet alleen rechten maar ook plichten heeft op het gebied van energie. Er is sprake van een open samenleving waarin burgers en organisaties ideeën geven aan de overheid en gestimuleerd worden nieuwe ideeën te uiten om meer gebruik te kunnen maken van alternatieve energiebronnen.

Samenwerking

Samenwerking is hier de sleutel tot succes. Burgers worden meer en meer bewust van het feit dat ze wereldbewoners zijn. Ze doen voorstellen om duurzamer te leven, om kennis en ideeën uit te wisselen en om internationale, bindende afspraken te maken over de energievoorraden en CO_2-uitstoot. Bovendien staat de technologische ontwikkeling niet stil en lukt het steeds beter om olie- en gasvoorraden op een meer efficiënte wijze uit te baten en te gebruiken.
De samenwerking wordt geboren uit noodzaak omdat landen doorhebben dat ze het alleen niet zullen redden. Samenwerken is geen makkelijke zaak. Dat heb je zelf vast ook al eens gemerkt. Toch zal er volgens dit scenario intensiever en verregaander samengewerkt moeten worden dan ooit tevoren. En dat zal lang niet altijd soepel verlopen. Niet alleen overheden, maar vooral bedrijven zullen het voortouw moeten nemen.
Het idee van dit scenario is dat iedereen zich bewust is van de energie-uitdaging en een bijdrage levert aan de oplossingen. Een voorbeeld van een al bestaande oplossing die past in dit scenario is dat er minder CO_2 in de lucht komt omdat alle landen een afspraak hebben gemaakt over hoeveel elk land mag uitstoten. Deze afspraak komt er op neer dat CO_2 uitstoten geld kost en dat CO_2 opvangen geld oplevert. Op deze manier kan de overheid nieuwe technologieën en innovatie stimuleren op het gebied van CO_2-reductie.

CO_2-handel



Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

1.3 DE TOEKOMST VAN ENERGIE

WAT IS CO_2?

Stel je voor dat de aarde wordt omgeven door een dekentje dat ons beschermt tegen afkoelen van de aarde. Het dekentje houdt de warmte van de zon vast op de aarde. Dit dekentje (een luchtlaag met CO_2-moleculen) is in de loop van de geschiedenis dikker en dunner geworden. De afgelopen jaren echter, is deze deken heel erg dik geworden en wordt er teveel warmte vastgehouden: dit noemen we het broeikaseffect. Wetenschappers, regeringen, maatschappelijke organisaties en betrokken burgers zijn bang dat het broeikaseffect gaat leiden tot catastrofale natuurrampen. Het verhaal is iets ingewikkelder, want ook andere factoren dan CO_2 hebben invloed op het klimaat.

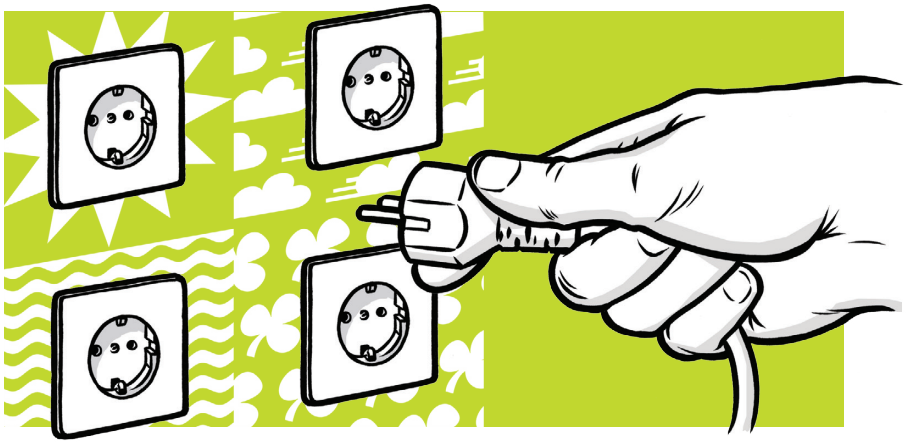


Gunstig voor iedereen en alles

In het 'samen staan we sterk'-scenario spelen grote landen als India en China, net als bij het 'ieder voor zich'-scenario, een belangrijke rol. De regeringsleiders beseffen dat nu het moment is om andere energiebronnen aan te boren en in te zetten op grensverleggende ontwikkelingen in wind- en zonne-energie. Grote landen met ruime voorraden aan fossiele brandstoffen, zoals Rusland of Saoedi-Arabië, verkopen grote hoeveelheden van hun fossiele brandstoffen waarmee ze veel geld verdienen. Dit geld investeren zij in het ontwikkelen van nieuwe technologieën. Dit is gunstig voor landen die energie importeren, omdat zij zo over een ruime voorraad energie kunnen beschikken tegen een schappelijke prijs. In het 'samen staan we sterk' scenario zijn alle landen erop gericht om in harmonie met onze planeet te komen en om toekomstige groei mogelijk te maken. Iedereen spant zich in om zoveel mogelijk te anticiperen op toekomstige veranderingen.

OPDRACHTEN

1) *Het 'samen staan we sterker'-scenario gaat uit van 'besef' of 'bewustzijn'. Wat wordt hiermee bedoeld? Gebruik in je antwoord in ieder geval de termen* bewustzijn, samenwerking *en* duurzaamheid. *Hoe denk jij hierover? Leg uit.*
2) *Stel je voor dat iemand tegen jou zegt: "Wat heeft dit allemaal met mij te maken?" Kun jij diegene op basis van het 'samen staan we sterker'-scenario uitleggen waarom het belangrijk is om wél na te denken over de energie-uitdaging?*
3) *Samenwerken is niet makkelijk wordt in de tekst gesteld. Heb jij hier ervaring mee? Wat kan er soms lastig aan zijn? Wat zijn jouw tips voor goed samenwerken?*



4) *Alternatieve energie zal steeds belangrijker worden. Ken jij behalve wind- en zonne-energie nog andere vormen van alternatieve energie? Wat weet jij daar precies van?*

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

IT'S ALL ABOUT ENERGY!

DE OLIEVOORRADEN RAKEN OP, MAAR HOE SNEL PRECIES?

Het tijdstip van opraken van de aardolie is al heel vaak voorspeld. De Club van Rome, een groep vooraanstaande wetenschappers, voorspelde aan het begin van de jaren '70 dat de aardolievoorraden rond het jaar 2000 op zouden zijn. Dat klopte dus niet. Het is belangrijk te beseffen dat een scenario dus niet waar hoeft te zijn. Desalniettemin lijkt het erop dat we, dankzij technologische vooruitgang, steeds beter kunnen inschatten hoeveel aardolie er nog te winnen is. Daarom kunnen we tegenwoordig betere scenario's schrijven dan vroeger. Het is dan ook de moeite waard om met elkaar over de toekomst na te denken. Een goede voorbereiding is immers het halve werk.

HUISWERKOPDRACHT

Ga op internet op zoek naar theorieën over het einde van de olie. Sleutelwoorden die je kunt gebruiken zijn 'peak-oil' en 'energy risk'. Omschrijf in vijf regels wat deze theorieën inhouden en lever er commentaar op met behulp van argumenten.

Je kunt ook een documentaire bekijken van het televisieprogramma Tegenlicht met de titel 'Energy Risk'. Deze uitzending is online te bekijken via http://tegenlicht.vpro.nl



Een andere blik: Greenpeace

Ook al zijn er – volgens TANIA – geen ideale antwoorden, het ene idee is wel beter dan het andere. Hierover wordt door regeringen, bedrijven en milieuorganisaties heftig gedebatteerd. Maar wat is beter? En wie bepaalt dat? De twee scenario's in dit lesprogramma zijn gebaseerd op de ideeën ontwikkeld door het energiebedrijf Shell. Maar ook Greenpeace – de bekende milieuorganisatie – ontwikkelt dit soort ideeën. Je kunt je voorstellen dat een bedrijf andere dingen belangrijker vindt dan een milieuorganisatie.

HUISWERKOPDRACHT

Download de energiescenario's van Greenpeace (via www.energyblueprint.info; ook als iPhone app. beschikbaar) en maak een vergelijking tussen de scenario's van Shell en van Greenpeace. Wat valt je op? Wat zijn de overeenkomsten en de verschillen? Welke vind je beter en waarom?

Het Grote Energiescenario Lagerhuisdebat

De energie-uitdaging is een zaak die iedereen aangaat en vanuit politiek oogpunt een hot issue. Bij de energie-uitdaging zijn veel partijen betrokken met soms dezelfde, maar vaak ook verschillende belangen. De vier belangrijkste hiervan zijn: de regeringen, de energiebedrijven, de milieuorganisaties en de burgers.

Het doel van het debat in de klas is, om aan de hand van een aantal stellingen, het publieke debat over energie te voeren.
De leraar zal je uitleggen hoe het debat precies in z'n werk gaat.
Je krijgt de tijd om je voor te bereiden op de stellingen.

STELLINGEN

- *Slechts een enkeling wil extra betalen voor duurzame energie.*
- *Technologie is uiteindelijk de redding van de mensheid.*
- *Fossiele brandstoffen zullen er altijd in voldoende mate blijven.*
- *Over 50 jaar gebruiken we alleen nog maar hernieuwbare energie.*
- *De mens is de oorzaak van de klimaatverandering.*
- *Alleen energiebesparing is hét antwoord op het klimaatprobleem.*

Je kunt natuurlijk ook zelf stellingen bedenken.

Meer informatie over het opstellen van een Lagerhuisdebat is te vinden op: http://www.debatindeklas.nl/debatvormen/lagerhuis/

Meer informatie over energiescenario's vind je hier:
www.yourdiscovery.com/nl/energy/
www.energyexplorers.nl
www.energietransitiemodel.nl
www.energygalaxy.com
Frank Niele, Energy: the Engine of Evolution, Elsevier Science, 2005.

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

1.3 DE TOEKOMST VAN ENERGIE

AANTEKENINGEN

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

Hoe is aardolie ontstaan?

Door de toenemende vraag naar energie zal ook de vraag naar fossiele brandstoffen toenemen. Onder fossiele brandstoffen verstaan we aardolie, aardgas en steenkool. Tegelijkertijd zal de toegang tot deze brandstoffen steeds moeilijker worden. Kortom, meer vraag en minder aanbod. Wat zouden we hier aan kunnen doen?

Om deze vraag te beantwoorden zullen we eerst gaan kijken naar hoe aardolie is ontstaan en hoe het in de grond zit. Daarna gaan we ontdekken hoe aardolie uit de grond wordt gehaald. Dat blijkt lang niet zo simpel te zijn als je wellicht denkt! Ten slotte bekijken we wat de toekomst van de olieproductie is. Waar hierna aardolie wordt besproken, zou je ook heel vaak 'aardgas' kunnen lezen. Deze twee fossiele brandstoffen zijn geologisch en chemisch gezien familie van elkaar. Aardgas heeft als voordeel dat het minder CO_2-uitstoot om evenveel energie als aardolie te leveren. En er is de laatste jaren over de hele wereld veel aardgas ontdekt. Het zal daarom nog lang een belangrijke energiebron blijven, misschien meer nog dan aardolie.

Op de plaatsen waar nu aardolie wordt gevonden, moeten honderden miljoenen jaren geleden zeeën of moerassen zijn geweest. Dit is nog voor de tijd dat dinosauriërs leefden. Dit tijdperk heet het Carboon. De organismen die toen in zeeën leefden, zoals plankton, zijn toen ze stierven op de bodem terecht gekomen. In verloop van tijd ontstond er een aardlaag van organisch materiaal. Bovenop deze aardlaag van organisch materiaal zijn later andere aardlagen afgezet. Deze nieuwe aardlagen bestonden uit kalk en zout van zeeën die verdampten, of uit zand en klei die zijn afgezet uit rivieren. Op sommige plekken ontstond er zo een dichte aardlaag, dat vocht en lucht niet meer konden doordringen. Deze ondoordringbare aardlaag is essentieel bij het vinden en winnen van olie: alleen onder een zogenoemde *caprock* kan olie zitten.

Door het gewicht van de nieuwe aardlagen werden de organische resten samengeperst en kwamen ze onder een hoge druk en temperatuur te staan. Ook zijn aardlagen voortdurend in beweging: hierdoor werden de organische resten soms helemaal verplaatst. Nu kun je begrijpen waarom aardolie soms onder woestijnen wordt gevonden.

Zelfs hier (in Oman) was vroeger een zee!



Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

2.1 OPSPORING EN WINNING VAN AARDOLIE

OPDRACHT 1

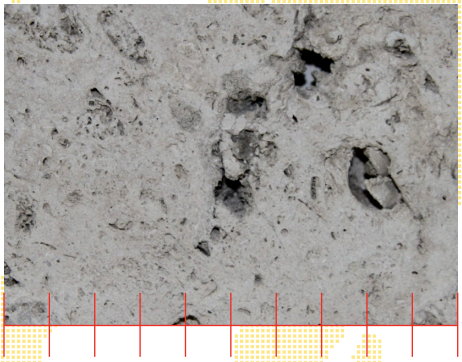
De temperatuur in de aardlagen die zich verplaatsen kan soms flink oplopen. Kun je een reden bedenken waarom de temperaturen in deze aardlagen zo kan toenemen?

In de aardlagen met organisch materiaal is onder deze omstandigheden – een hoge druk, een hoge temperatuur en een lange periode van tijd – een chemisch proces op gang gekomen. Bij dit chemische proces zijn de organische resten omgezet in koolwaterstoffen: stoffen die bestaan uit koolstofatomen en waterstofatomen. Als je aardolie scheikundig ontleedt, zal je dus zien dat aardolie bestaat uit allemaal verschillende ketens van koolstofatomen en waterstofatomen.

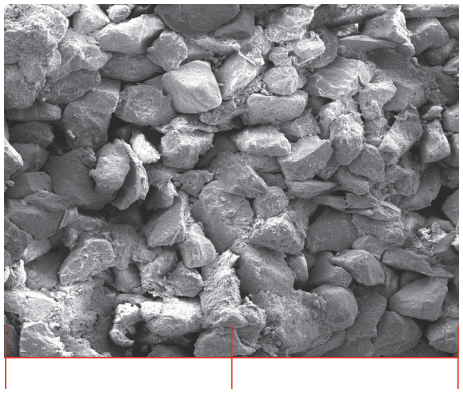
De aardolie zit dus niet in meren of in grotten onder de grond: het zit in de aardlagen. Om precies te zijn: het zit in de vele kleine openingen van de gesteenten in de aardlagen – de poriën. In deze poriën kunnen gas, water of olie zitten. Elk gesteente heeft een bepaalde hoeveelheid poriën en elk gesteente is in een bepaalde mate poreus.

Als een gesteente erg poreus is hoeft dat niet meteen te betekenen dat water en aardolie er ook goed doorheen kunnen stromen: een gesteente kan namelijk veel poriën hebben die niet met elkaar verbonden zijn. Of bijvoorbeeld water of aardolie goed door een gesteente kan stromen hangt af van de permeabiliteit. Hiermee bedoelen we de doorlaatbaarheid van het gesteente. Als een gesteente een grote permeabiliteit heeft, dan kunnen water, olie of gas er goed doorheen stromen.

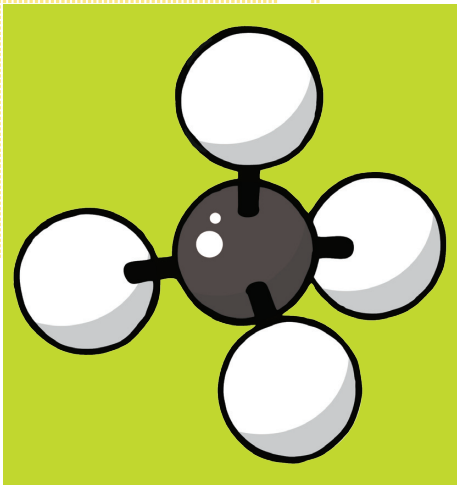
Naast de permeabiliteit van het gesteente, zijn de eigenschappen van een vloeistof ook van belang of het goed door een gesteente kan stromen. Probeer maar eens honing door een rietje te drinken, dat gaat lang niet zo makkelijk als cola. Dat komt doordat honing veel stroperiger is dan cola. De stroperigheid van een vloeistof wordt ook wel de viscositeit genoemd. Zo heeft water meestal een veel lagere viscositeit dan olie. Daardoor zal water makkelijker door een permeabel gesteente stromen dan aardolie.



De poriën van kalksteen zijn met het blote oog te zien. Het stuk kalksteen op de afbeelding hierboven is 10 centimeter breed. In deze poriën kan olie zitten.



In zandsteen zitten de poriën veel dichter op elkaar: deze microscopische opname van zandsteen is in werkelijkheid slechts 2 millimeter breed! Ook in zandsteen kan olie zitten.



Een afbeelding van de koolwaterstof methaan. Het zwarte atoom in het midden is het koolstofatoom. Hier omheen zitten vier waterstofatomen.

OPDRACHT 2

Maak de volgende zinnen kloppend door het onjuiste antwoord door te strepen:

- *Een gesteente met wel veel poriën, maar die poriën zijn niet met elkaar verbonden, is wel/ niet permeabel.*
- *Als olie een hogere/ lagere viscositeit heeft dan water, dan zal olie moeilijker door een permeabel gesteente stromen dan water.*
- *Als een permeabele aardlaag zowel aardolie als water bevat, dan zal in verloop van tijd de olie zich boven/ onder het water verzamelen.*

Een dwarsdoorsnede van een gesteente met een permeabiliteit waar olie doorheen kan stromen.



Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

Hoe sporen we aardolie op?

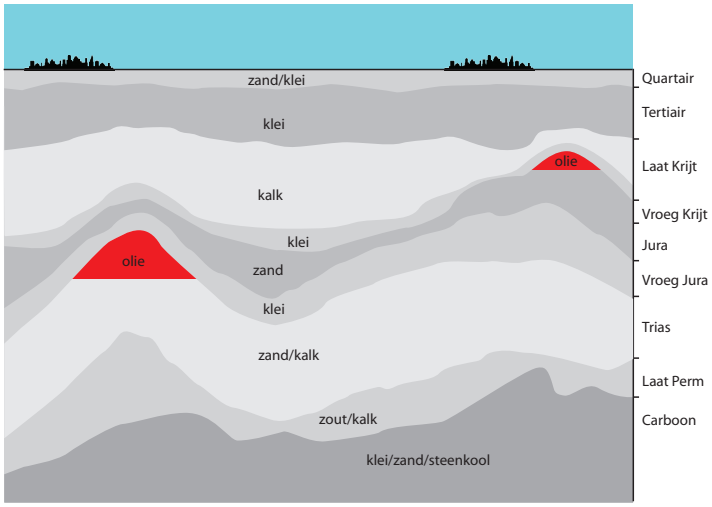
Zoals we in deel 2.1 gezien hebben, kan aardolie stromen via de poriën van gesteenten. Zoals je weet drijft olie op water. Dit betekent dus dat als aardolie met grondwater in aanraking komt, de aardolie naar boven zal drijven. Als de aardolie niet door een caprock wordt tegengehouden, zal het doorsijpelen naar de oppervlakte, waar deze dan verdampt. Als de aardolie onderweg wel door een caprock wordt tegengehouden, dan kan het zich daar ophopen. Dit heeft tot gevolg dat het gesteente onder de caprock vol olie zal gaan zitten. Het met olie gevulde gesteente onder de *caprock* noemen we een oliereservoir. Om aardolie te vinden gaan geologen op zoek naar een *caprock*.

Het opsporen van olie gebeurt door middel van seismisch onderzoek. Hierbij worden via een akoestische bron (meestal een vrachtwagen met een trilplaat) golven de grond ingestuurd. Geluidsgolven hebben namelijk in verschillende aardlagen verschillende snelheden. Steeds als een geluidsgolf in een andere aardlaag terechtkomt, zal de geluidsgolf door het verschil in voortplantingssnelheid worden afgebogen en weerkaatst. De weerkaatste geluidsgolven worden boven de grond opgevangen door lange opstellingen van geofoons.

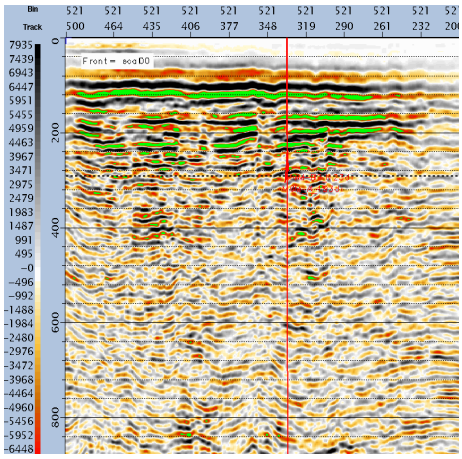
Je kunt een geofoon zien als een soort microfoon: een 'geluidopnemer'. De gegevens die de geofoons hebben opgemeten worden vervolgens verwerkt door hele krachtige computers. Op deze manier kan de aardbodem in kaart worden gebracht. Tegenwoordig is het zelfs mogelijk om de aardbodem driedimensionaal weer te geven. Geologen kunnen dan als het ware door de aardlagen heen kijken. Op deze manier zoeken zij naar een *caprock*: de meest waarschijnlijke plek waaronder aardolie of aardgas kan worden gevonden.

OPDRACHT

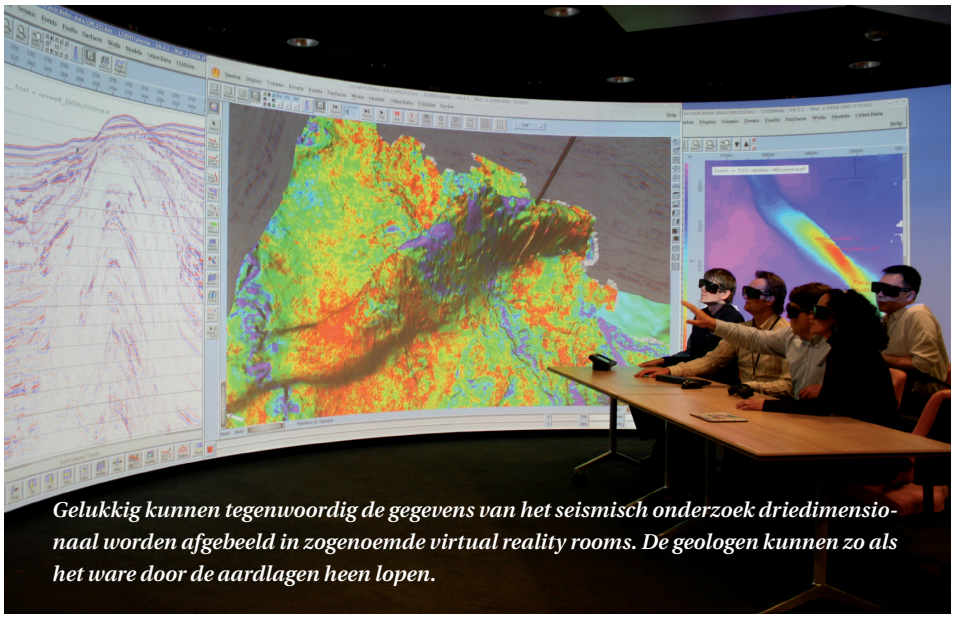
In de afbeelding van een dwarsdoorsnede van een stukje aardkorst zie je dat aardlagen uit verschillende materialen bestaan. Alleen in de onderste aardlaag is steenkool te vinden. Waarom is er geen steenkool in de bovenste lagen te vinden?



Hier zie je een dwarsdoorsnede van een stukje aardkorst. Doordat aardolie miljoenen jaren geleden is ontstaan, kan het kilometers diep onder de grond zitten. Aardolie kan alleen onder een afdichtende gesteentelaag ('caprock') gevangen zitten.



De samenstelling van de aardbodem wordt door middel van seismisch onderzoek in kaart gebracht. Hier zie je de gegevens van een aardlaag van wel één kilometer diep. Wat een warboel!



Gelukkig kunnen tegenwoordig de gegevens van het seismisch onderzoek driedimensionaal worden afgebeeld in zogenoemde virtual reality rooms. De geologen kunnen zo als het ware door de aardlagen heen lopen.

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

2.2 OPSPORING EN WINNING VAN AARDOLIE

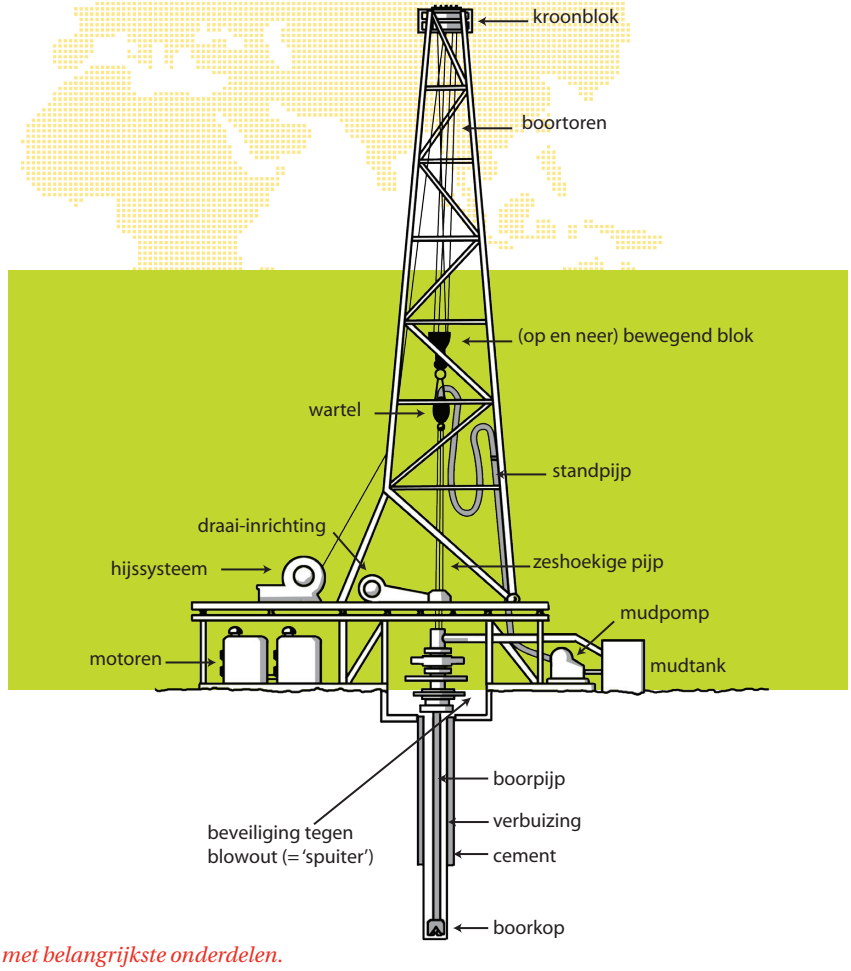
AANTEKENINGEN

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

Hoe krijgen we aardolie uit de grond?

Als geologen een vermoeden hebben waar de aardolie zich bevindt, kan het boren beginnen. Voor verschillende grondlagen worden verschillende boorkoppen gebruikt. Voor hard gesteente, zoals graniet, heb je een hele andere boorkop nodig dan wanneer je door zand heen wilt boren. In de boorkoppen die door graniet heen gaan, zitten vaak diamanten. Deze boorkoppen kunnen wel 100.000 euro per stuk kosten! Boorkoppen die door zandlagen moeten boren, hoeven niet zo hard te zijn. Deze boorkoppen zijn vaak van staal of wolfraam gemaakt en kosten tussen de 4.000 en 24.000 euro per stuk. De boorkoppen worden aangedreven door de boorpijp, die in zijn geheel draait. Maar het is ook mogelijk dat de boorkop draait door een afzonderlijke motor vlak boven de boorkop. In dat geval draait de boorpijp niet mee.

De boorpijp bestaat uit losse buizen die in elkaar worden geschroefd. Tijdens het boren draait de hele pijp, die boven op grond wordt aangedreven. Dit betekent dat als de boorkop vervangen moet worden, alle buizen één voor één weer los geschroefd moeten worden bij het naar boven halen van de boorpijp. Na een bepaalde diepte geboord te hebben, wordt er in het boorgat een buis (een *casing*) geplaatst. De casing zorgt ervoor dat het boorgat niet instort. Als de casing geplaatst en met cement verankerd is, wordt er verder geboord met een boorkop met een kleinere diameter. Dit proces herhaalt zich net zo lang totdat de juiste diepte is bereikt.
De meeste boorputten zijn tussen de 1000 en 4000 meter diep. Boven is de *casing* ongeveer 50 cm tot 75 cm breed; onderin ligt de breedte van de *casing* tussen de 15 cm en 20 cm. In verhouding met de diepte is de boorput dus helemaal niet zo breed: je kunt het vergelijken met een haar waarmee je vanaf het plafond een euromunt probeert te raken!



Boortoren met belangrijkste onderdelen.



Een boorkop van wolfraam.



PolyCrystaline Diamond Compact, een boorkop met diamant. De zwarte rondjes zijn de diamanten.

OPDRACHT 1

Eén gat boren kost gemiddeld 20 miljoen euro. Tegenwoordig wordt er ongeveer één op de vier keer raak geboord. Stel, een vat olie (= 159 liter) levert 60 euro op. Bereken hoeveel vaten er verkocht moeten worden om alleen het boren terug te verdienen.

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

2.3 OPSPORING EN WINNING VAN AARDOLIE

OPDRACHT 2

Bedenk een reden waarom de casing onderin de boorput smaller is dan bovenaan. Hint: een buis met een kleine diameter kan veel grotere krachten weerstaan dan een buis met een grotere diameter!

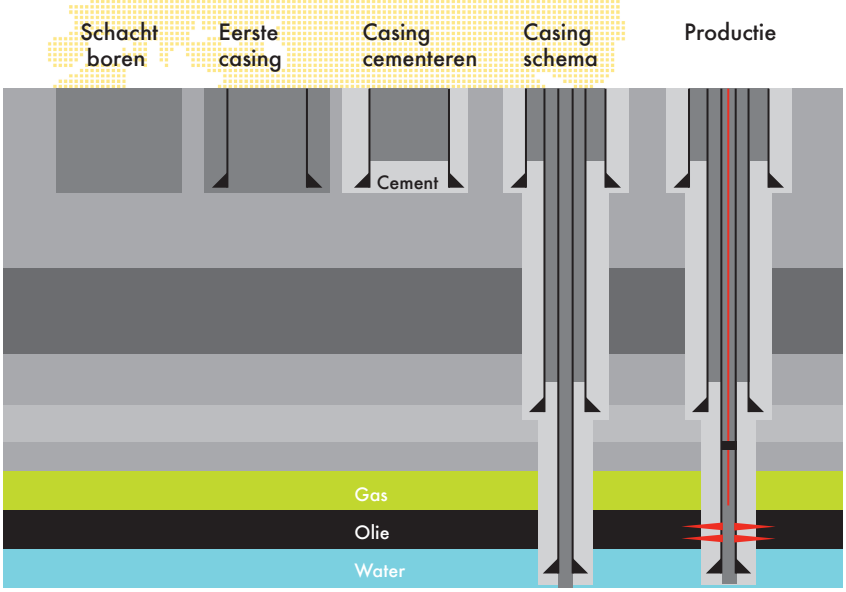
Je ziet op de afbeelding dat de *casings* ook gecementeerd worden. Dit heeft tot doel de casings te verankeren zodat ze niet kunnen verschuiven. Daarnaast worden ook de aardlagen door het cement afgesloten. Hoe het cementeren in zijn werk gaat en hoe de aardolie uit de bodem uiteindelijk door de boorput naar boven kan stromen, wordt hierna uitgelegd.

Tijdens het boren moet al het los geboorde gesteente naar de oppervlakte worden gebracht. Hier is een hele slimme manier voor bedacht. Het boren gebeurt namelijk niet droog, maar met het boren wordt een boorvloeistof mee gepompt. De boorvloeistof heet in vaktermen mud. De *mud* houdt de boorkop koel én neemt het losgemaakte boorgruis mee naar boven. Dit is goed op de afbeelding te zien.

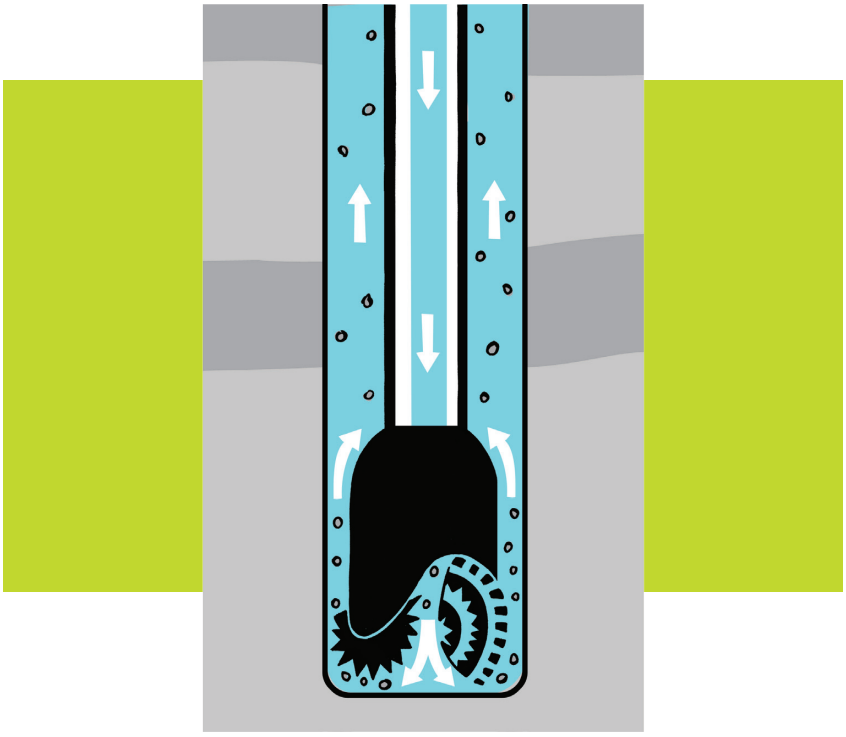
OPDRACHT 3

Boorput, boorpijp, boorkop, casing, mud, seismisch onderzoek: je zou er bijna gek van worden! Weet jij nog wat ze allemaal betekenen? Schrijf de termen onder elkaar op en beschrijf in je eigen woorden wat ze inhouden.

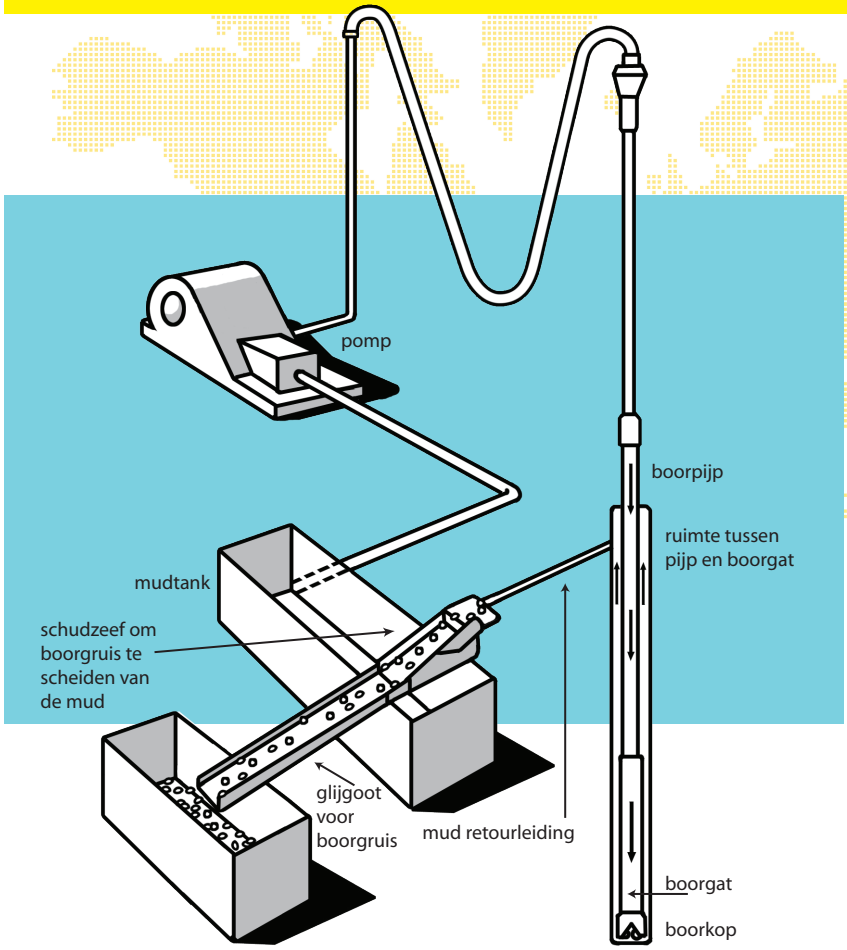
Olie- en gasputconstructie



Om instorten te voorkomen worden metalen buizen (casings) in het boorgat geplaatst en verankerd met cement. Merk op dat de casings bovenaan breder zijn.



Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.



Al dat boorgruis dat met de mud mee naar boven komt geeft natuurlijk veel informatie over het gesteente in de grond. Als wordt waargenomen dat het boorgruis oliehoudend is, dan kan dat betekenen dat er olie gevonden is! Het gesteente wordt in een bak bij de schudzeef door mensen onderzocht.

Het is belangrijk dat de *mud* de juiste dichtheid heeft. Een stof met een hogere dichtheid heeft bij hetzelfde volume meer massa dan een stof met een lagere dichtheid. Dit is belangrijk om te voorkomen dat de olie oncontroleerbaar naar boven komt als het olievereservoir is aangeboord. De kolom van mud in de boorput moet zo zwaar zijn dat het de oliedruk onderin kan bedwingen.

De dichtheid van de mud kan vanaf het boorplatform aangepast worden. In het geval dat de druk in het olievereservoir onverwachts zo hoog is dat de kolom van mud de omhoogkomende olie niet kan tegenhouden, dan treedt de blowout preventer in werking. De blowout preventer is bovenaan de boorput geïnstalleerd en zal de boorpijp meteen dichtknijpen als de olie omhoog wil spuiten. De druk in het olievereservoir kan wel 350 bar of nog meer zijn: dat is een 350 keer grotere druk dan de druk van de buitenlucht.

OPDRACHT 4

De dichtheid van een stof zegt hoe groot de massa (bijvoorbeeld hoeveel kilogram) van die stof is als je er bijvoorbeeld 1 m^3 van hebt. De eenheid van dichtheid is dan kg/m^3. Zo is de massa van 1 m^3 water ongeveer 1000 kg. De dichtheid van water is dan 1000 kg/m^3.
Om een (olie-)druk van 350 bar te bedwingen, is een tegendruk van een vloeistofkolom (met dichtheid 1000 kg/m^3) van ongeveer 3500 meter hoogte nodig. Bereken hoeveel m^3 water hiervoor nodig is als je mag aannemen dat de gemiddelde oppervlakte van de doorsnede van de boorput 0,10 m^2 is. (In dit theoretische geval bestaat de boorvloeistof dus alleen uit water).
Hint: de inhoud van de boorput is gelijk aan de oppervlakte van de doorsnede van de boorput keer de hoogte!

OPDRACHT 5

a. Waaruit zou de mud bestaan als de dichtheid van water te laag is? Hint: wat betekent dit Engelse woord in het Nederlands?
b. Stel, je komt erachter dat de dichtheid van de mud die je gebruikt hebt alsnog te laag is. Hoe zou je snel de dichtheid van de mud kunnen veranderen om de druk van het olievereservoir toch onder controle te houden?



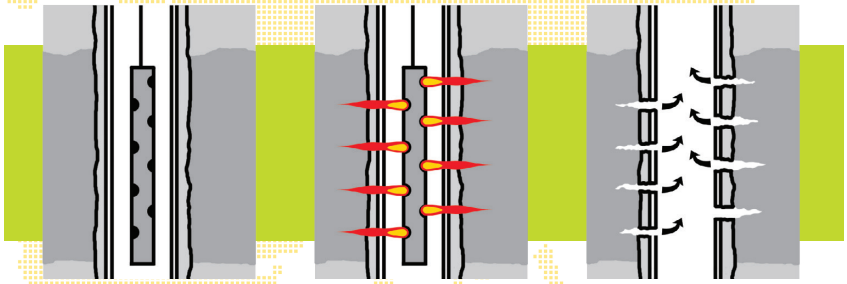
Toen er nog geen blowout preventers waren…

Om de *casings* te verankeren wordt een speciaal soort cementslurry naar beneden gepompt. Het cement dat voor het verankeren van de *casings* wordt gebruikt is veel dunner dan het cement in de huizenbouw. Het is de bedoeling dat de slurry precies de ruimte tussen de boorschacht (de aardlagen) en de casing opvult. Hiervoor wordt berekend hoeveel slurry er precies in die ruimte past. Die hoeveelheid wordt dan naar beneden gedrukt en 'geplaatst' in de ruimte tussen de casing en de boorschacht. Voor elke casing moet dit met cement vastzetten afzonderlijk gebeuren. Per put gebeurt dit meerdere keren, met tussenpozen van enkele dagen tot weken.

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

2.3 OPSPORING EN WINNING VAN AARDOLIE

Maar als het cement eenmaal is uitgehard, hoe kan de olie dan uit het gesteente in het boorgat komen? Vaak is de oplossing simpeler dan je denkt: er wordt gewoon een gat in de casing geschoten! De kogel baant zich een weg door de casing, dwars door het cement - het gesteente in. Zo ontstaat een kleine tunnel in de olie bevattende aardlaag. De olie stroomt uit het omringende gesteente het tunneltje in, om vervolgens in de boorput terecht te komen. Nu kan de olie eindelijk zijn weg naar boven vinden.



Het perforeren van de casing als de boorput eenmaal klaar is. Eindelijk kan er olie geproduceerd worden!

OPDRACHT 6

Stel, je bent een well-engineer op een boorplatform in de Noordzee. Jullie hebben een mooi groot oliereservoir gevonden en de juiste diepte bereikt. Nu is het jouw taak om de boorput te gaan verankeren. Je hebt daarvoor de juiste benodigde hoeveelheid cement berekend. Dan kom je erachter dat er te weinig cement is, en ze zijn al begonnen met het cement in de boorput te pompen! Hoe kun je ervoor zorgen dat het boren niet voor niets is geweest?

OPDRACHT 7

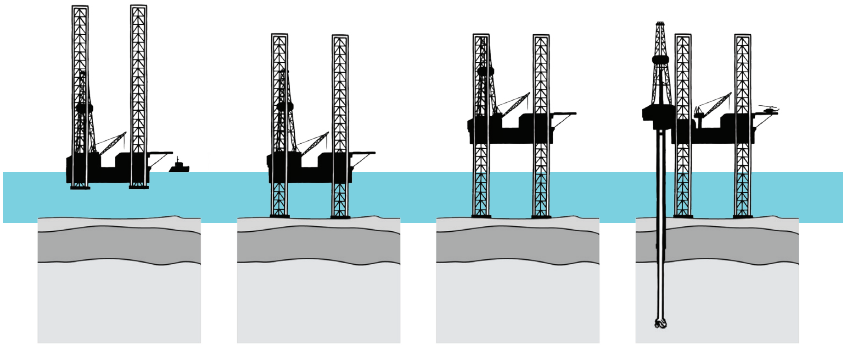
Ga op internet op onderzoek uit naar de verschillende manieren om naar olie te boren. Kies één manier uit (bijvoorbeeld boren met behulp van een Jack-Up, een semi-submersible, een submersible, door middel van deep sea drilling et cetera) en kijk of je antwoord kunt geven op de volgende vragen:

- *Hoe zou je aan jouw platform kunnen komen (welk bedrijf heeft jouw soort platform in bezit)?*
- *Hoe diep kan jouw platform boren?*
- *Waar wordt jouw platform tegenwoordig ingezet?*
- *Hoe wordt jouw platform op zijn plek gehouden?*

Geef je antwoorden duidelijk en mooi weer en presenteer je bevindingen aan de klas. Probeer ze te overtuigen dat jouw manier om naar olie te boren de beste manier is !

EXTRA: Boren op zee

Boren in zeeën gaat via *Jack-ups, semi-submersibles of boorschepen*.
Een Jack-up is een drijvend platform dat door een sleepboot op de juiste plek wordt gevaren. De stalen poten zakken dan naar de zeebodem, waardoor het platform wordt verankerd. Het platform wordt vervolgens omhooggestuwd. Jack-ups kunnen worden gebruikt in water tot ongeveer 120 meter diep.
Booreilanden die drijven worden *semi-submersibles* genoemd. Deze kunnen in veel dieper water boren dan Jack-ups. Tegenwoordig zijn er semi-submersibles die op 3,5 km waterdiepte wel meer dan 10 km diep kunnen boren. Zulke semi-submersibles worden met lijnen aan zware ankers op de zeebodem bevestigd. Om de boorschepen die zo diep boren op hun plek te houden, worden verstelbare schroeven gebruikt die automatisch de positie van het boorschip vasthouden. Dit wordt ook wel *dynamic positioning* genoemd.



De installatie van een Jack-up.



Semi-submersibles kunnen tegenwoordig ook gewoon de vorm van een schip hebben. Verschil is dat boorschepen niet verankerd zijn, in tegenstelling tot semi-submersibles.

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

De toekomst van aardolie

'Om de hoek' boren

Tegenwoordig is het mogelijk om *zijwaarts* te boren. Dankzij deze technologie kunnen een heleboel oliereservoirs aangeboord worden die vroeger niet te bereiken waren of die meer zouden kosten om te produceren dan dat ze zouden opleveren.
Een mooi voorbeeld hoe zijwaarts boren wordt toegepast, is in zogenoemde *snake wells*: als een slang bewegen boorkoppen zich vanaf één boorplatform van oliereservoir naar oliereservoir. Ze kunnen zelfs omhoog boren! Dus met één boorput kunnen meerdere (kleine) oliereservoirs bereikt worden. Op deze manier kunnen alsnog reservoirs aangeboord worden die vroeger te klein (en daarom te duur) waren om apart een put voor te boren.
Boren in een bepaalde richting heeft ook andere nuttige toepassingen. Zo kan olie die bijvoorbeeld onder stedelijke gebieden ligt van een afstand bereikt worden.
Een boorkop kan ongeveer vijf tot tien graden per honderd meter diepte afbuigen. Dat lijkt weinig, maar toch kan zo bijvoorbeeld vanuit Rijswijk de kust van Scheveningen worden bereikt. Dat is wel acht kilometer! En bedenk daarbij dat ook de boorpijp nog moet worden meegebogen, terwijl deze van staal is.

Slimme velden

Een andere technologische ontwikkeling bij het boren naar en het produceren olie wordt aangeduid met *Smart Fields*. Deze term komt van oliemaatschappij Shell. Het principe van *Smart Fields* is "meten is weten": wanneer je weet wat er gebeurt, kun je betere beslissingen nemen over hoe het oliereservoir het best geproduceerd kan worden. In het boorgat van een *Smart Field* zitten een glasvezelkabel en een heleboel sensoren die continu en *real time* onder andere de temperatuur, de druk en de samenstelling van de olie in het oliereservoir meten. Al deze data (vele terabytes per dag) worden door computers verwerkt, zodat er direct nuttige aanpassingen aan de boorput kunnen worden doorgevoerd. Zo kan er bijvoorbeeld stoom in het boorgat worden geïnjecteerd, zodat de olie een lagere viscositeit krijgt en dus beter kan gaan stromen. Hierdoor kan uiteindelijk wel tien procent meer uit een olieveld worden gehaald! Een productieput kan meestal niet gebruikt worden om stoom te injecteren; daar is een andere put voor nodig.



Het principe van een snake well.



Als je bij Rijswijk begint, dan kan de boorkop de kust bij Scheveningen bereiken. Dat is wel acht kilometer verder!

WIST JE DAT ER GEMIDDELD ZESTIG PROCENT VAN DE OLIE IN EEN VELD ACHTERBLIJFT?

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

2.4 OPSPORING EN WINNING VAN AARDOLIE

Al met al zorgt de technologische vooruitgang ervoor dat er in de toekomst olievelden geproduceerd kunnen worden die in het verleden niet gevonden of niet geëxploiteerd konden worden. Desalniettemin is de hoeveelheid aardolie niet oneindig. Bovendien komt er bij de verbranding van aardolie CO_2 vrij. En uiteindelijk willen we dat de concentratie van CO_2 in de atmosfeer omlaag gaat. Daarom is het belangrijk om goed na te denken over alternatieve energiebronnen. Ook is er een ontwikkeling aan de gang om CO_2 in de grond – waar eerst het aardgas zat -- op te slaan. Deze technologie wordt met CCS aangeduid: Carbon Capture and Storage.



OPDRACHT 1

De hoeveelheid olie die geproduceerd wordt, wordt vaak uitgedrukt in vaten (of in het Engels: barrels) olie. Ook de prijs van olie gaat per vat. Eén vat komt overeen met ongeveer 159 liter. In 2008 werden er ongeveer 85 miljoen vaten olie per dag geproduceerd.

Het is moeilijk voor te stellen hoeveel 85 miljoen vaten nu precies zijn. Om toch een beetje een voorstelling van grote volumes te krijgen worden volumes vaak vergeleken met olympische zwembaden. Hiermee wordt bedoeld een zwembad van 50 m bij 25 m en 2 m diep. Bereken hoeveel olympische zwembaden olie er in 2008 per dag geproduceerd werden. Stel dat door slim produceren er per dag vijf procent meer olie gewonnen kan worden. Hoeveel meer olympische zwembaden komen er dan per dag bij?

OPDRACHT 2

Zoals je geleerd hebt is de hoeveelheid aardolie niet oneindig. De laatste tijd wordt er steeds meer olie gevonden op andere, 'onverwachte' plekken, zoals in oliezandvelden in Canada. Deze oliezandlagen liggen vlakbij het aardoppervlak en kunnen afgegraven worden. Het schijnt dat er in deze alternatieve velden evenveel olie zit als in alle andere 'gewone' olievelden samen, diep onder het aardoppervlak. Vind je het een goede ontwikkeling dat deze olie ook geproduceerd wordt? Leg je antwoord uit.

Vergelijk je antwoord vervolgens met die van je klasgenoten: wat vinden zij? Ga het debat aan, en verlies TINA (There Is No Alternative) en TANIA (There Are No Ideal Answers) daarbij niet uit het oog.



AANTEKENINGEN

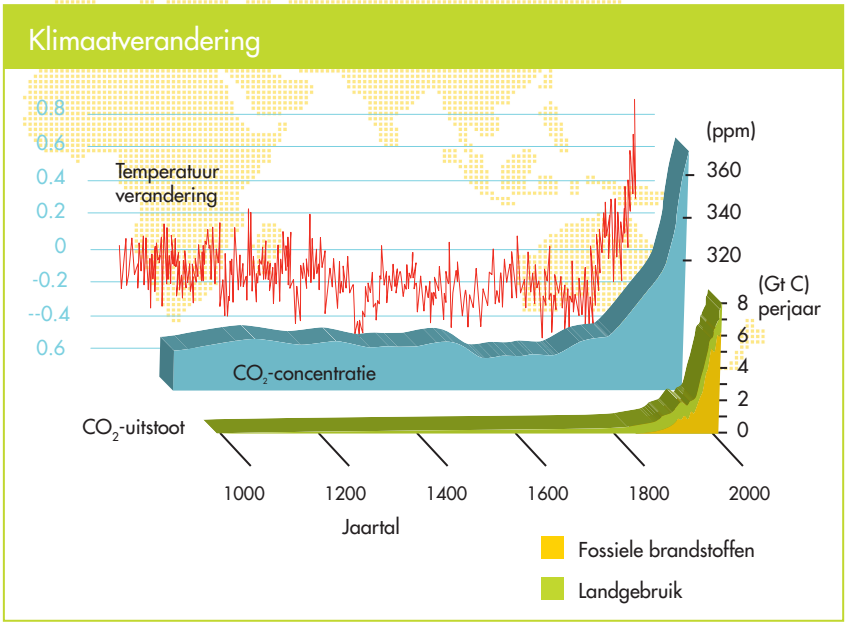
Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

De techniek en de vier kernvragen

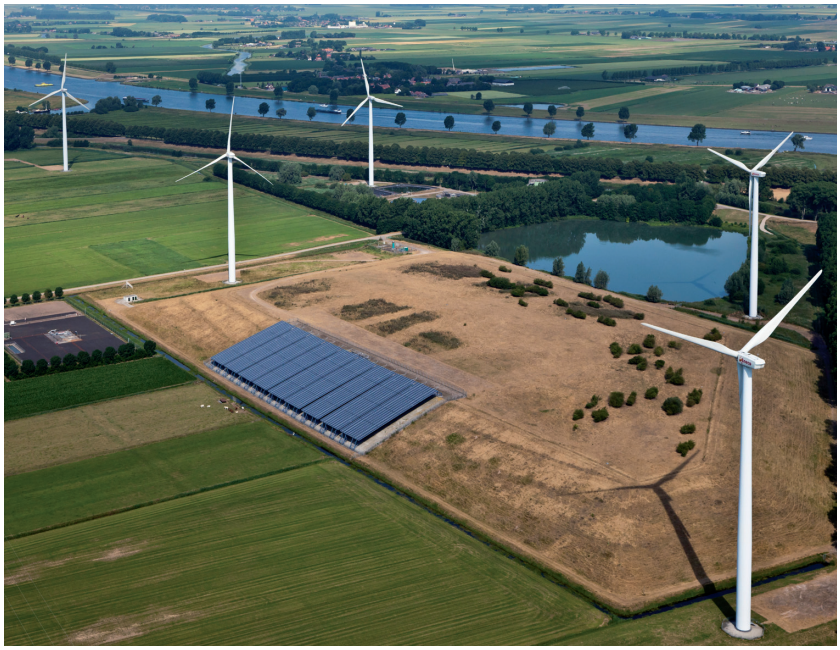
Het begraven van de CO_2-berg

Met de groei van het aantal mensen en de toegenomen vraag naar energie zal de uitstoot van schadelijke broeikasgassen toenemen.

Deze grafiek laat het verloop zien van de CO_2-concentratie in de lucht van de afgelopen duizend jaar. De CO_2-concentratie is recentelijk sterk toegenomen (het jaar 1900 tot 2000). In het jaar 2006 is de CO_2-concentratie 382 ppm (*parts per million*). De eenheid ppm is een maat voor de concentratie gasdeeltjes in lucht. In het geval van CO_2 zijn 382 op de miljoen gasdeeltjes CO_2-moleculen. Om het broeikaseffect tegen te gaan hebben regeringsleiders afgesproken dat er niet meer dan 450 ppm aan CO_2 in de lucht mag zitten.
In het deel over energiescenario's heb je gelezen over de mogelijke gevolgen van het klimaatprobleem. Over het vooruitzicht van zulke grote veranderingen kan je je terecht zorgen maken. Soms leidt dit zelfs tot angst voor de toekomst. Immers als de aarde opwarmt zullen de poolkappen smelten, wat tot catastrofale rampen kan leiden. Aan de andere kant zijn er tal van nieuwe technologieën die kunnen bijdragen aan een beperking van de uitstoot van het schadelijke broeikasgas CO_2. De laatste twintig jaar bijvoorbeeld, hebben wetenschappers al belangrijke technologische uitvindingen gedaan: door de inzet van innovatieve technologie is de uitstoot van schadelijke broeikasgassen niet toegenomen. Eén van deze innovatieve technologische ontwikkelingen is CO_2-afvang en -opslag.



Deze grafiek laat het verband zien tussen CO_2-concentratie en klimaatverandering.



Beeld van het Ecopark Waalwijk, een voormalige stortplaats. In het park worden drie technologieën die bijdragen aan het afremmen van de groei van CO_2 gecombineerd: zonne-energie, windenergie en stortgas energie (biogas). Andere voorbeelden van innovatieve technologie die hieraan bijdragen zijn betere warmtewisselaars en warmte/koude opslag.

Innovatieve technologie: het toepassen van grensverleggende ideeën of methodes.

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

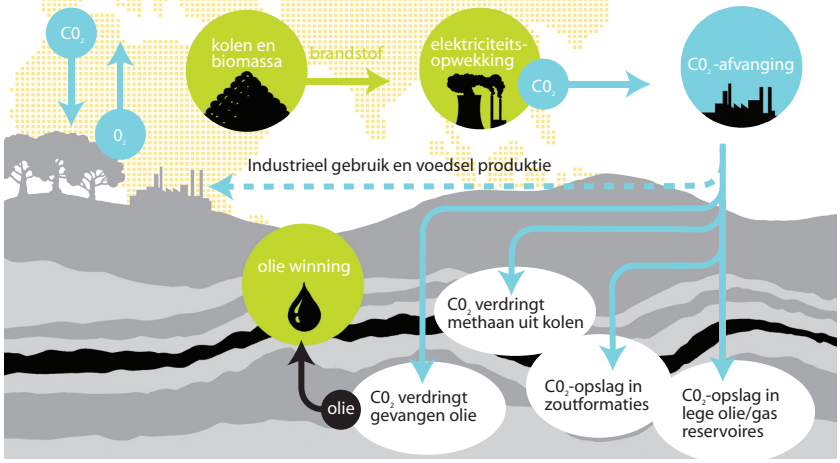
CO_2-afvang, transport en opslag

Carbon Capture and Storage (CCS) is de officiele Engelse naamgeving voor het afvangen en opslaan van CO_2.
Het idee hierachter is ontstaan omdat steeds meer gasvelden leeg raken. Deze gasvelden waren leeg geproduceerd waardoor men op het idee kwam ze met CO_2 op te vullen, met als doel het klimaatprobleem tegen te gaan.

Hoe werkt het opslaan van CO_2?

Het idee is betrekkelijk eenvoudig: CO_2 wordt afgevangen bij een fabriek of elektriciteitscentrale die CO_2 produceert bij de verbranding van steenkool of aardgas. Het CO_2 wordt vervolgens via buizen geleid naar plekken waar het in de poriën van gesteenten onder de grond opgeslagen kan worden.

Bij een elektriciteitscentrale van Vattenfall-NUON bij Roermond wordt een demonstratieopstelling gebouwd die moet aantonen dat CCS niet alleen mogelijk is maar ook veilig én rendabel kan worden uitgevoerd. Om zo'n opstelling te bouwen moet met talloze zaken rekening gehouden worden. Het afvangen van CO_2-gas en het in de grond pompen is een complex proces.
Technici en wetenschappers hebben zich over dit vraagstuk gebogen. De vragen die zij zichzelf gesteld hebben staan hieronder beschreven. De vragen zijn leidend voor de paragrafen over CO_2-afvang en opslag.



Schematisch weergave van CO_2-afvang



In Buggenum, bij Roermond, staat een elektriciteitscentrale van Vattenfall-NUON die gebruik gaat maken van de CCS-technologie. Bij de rode cirkel wordt een CCS-installatie gebouwd.

DE VIER KERNVRAGEN VAN TECHNICI EN WETENSCHAPPERS OVER CCS

1. Over de afvang van CO_2
Het is lastig om CO_2-gas te scheiden van andere gassen in een elektriciteitscentrale. Wat voor een techniek kunnen we hier het beste toepassen?

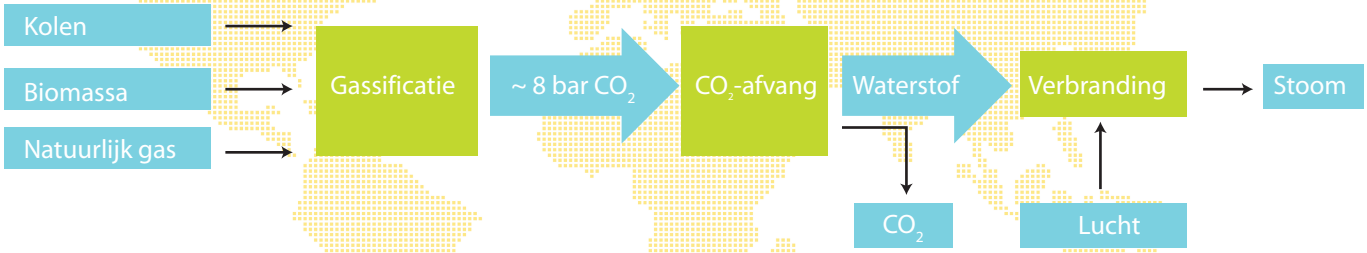
2. Over de fase (toestand) van CO_2
CO_2 neemt in de gasfase veel ruimte in beslag (lage dichtheid). CO_2 wordt daarom in een zogeheten superkritische fase gebracht, zodat er meer CO_2 opgeslagen kan worden. Wat is een superkritische fase en waarom is deze fasetoestand nuttig voor het opslaan van CO_2?

3. Over de opslag van CO_2 en veiligheid
Het opslaan van CO_2 moet gecontroleerd gebeuren en er mag geen CO_2 weglekken. Hoe kan CO_2 zo veilig mogelijk worden opgeslagen?

4. Over CO_2 en cijfers
Hoe kan de opslag van CO_2 bijdragen aan het verminderen van het klimaatprobleem?

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

De eerste kernvraag: afvangen



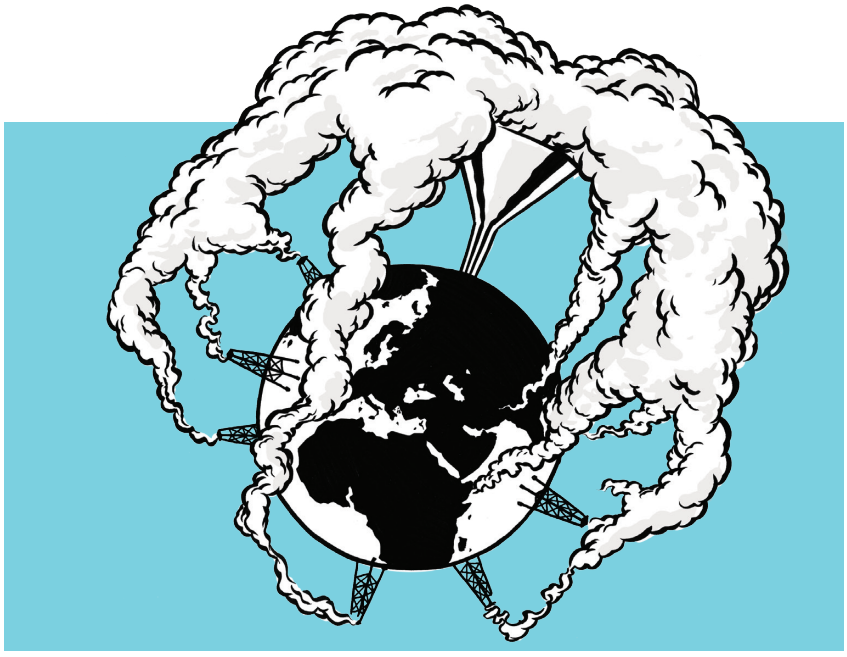
Dit blokschema laat zien hoe brandstoffen onvolledig verbrand kunnen worden en hoe het CO_2-gas verwijderd kan worden van het waterstofgas. Het waterstofgas wordt gebruikt als brandstof. (Bron: ECN, Ruud van den Brink.)

Het is noodzakelijk om CO_2-gas te scheiden van andere gassen, voordat het onder de grond wordt gestopt, omdat verontreinigd CO_2-gas problemen kan opleveren bij zowel het transport als de opslag. Gassen scheiden is heel moeilijk. Gassen zijn namelijk heel vluchtig en mengen zich snel met andere gassen. Om pure CO_2 in de grond op te slaan moest er een techniek bedacht worden om CO_2 te kunnen afvangen.

Bij de elektriciteitscentrale bij Roermond wordt gebruikt gemaakt van de techniek pre-combustion afvang. Het bijzondere aan pre-combustion is dat het CO_2-gas wordt afgevangen vóórdat de verbranding plaats heeft gevonden. Het idee hierbij is dat de fossiele brandstoffen eerst onvolledig worden verbrand tot waterstofgas en CO_2-gas.

$$C_xH_y\ (g/l) + O_2\ (g) \rightarrow H_2\ (g) + CO_2\ (g)$$

Vervolgens worden CO_2 en H_2 door een oplossing van amines (organische moleculen) geleid, waar het CO_2 zich aan bindt. Het waterstofgas bindt niet aan de amines en wordt verwijderd via een pijpleiding. Het vrijgekomen waterstofgas wordt vervolgens verbrand om elektriciteit op te wekken. Het CO_2 laat los van de amines als de temperatuur wordt opgevoerd. Het resultaat is puur CO_2-gas.



VRAGEN

1. *Denk je dat het mogelijk is om gewone lucht te ontdoen van CO_2? Heeft dat zin? Hint: bedenk hoeveel CO_2 er per volume eenheid in gewone lucht zit.*
2. *CO_2-afvang gebeurt onder hoge druk en temperatuur. Denk je dat het afvangen van CO_2 daardoor veel kost? Hoe zou je het proces van CO_2-afvang goedkoper kunnen maken?*
3. *Bij CO_2-afvang worden amines gebruikt. De amines treden op als zogeheten katalysatoren. Wat zijn katalysatoren? Zoek de term op internet op. Waarom is het belangrijk dat het gasmengsel na het onvolledig verbranden zo zuiver mogelijk langs deze katalysatoren gaat?*

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

3.2 OPLOSSINGEN VOOR HET CO_2-VRAAGSTUK

AANTEKENINGEN

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

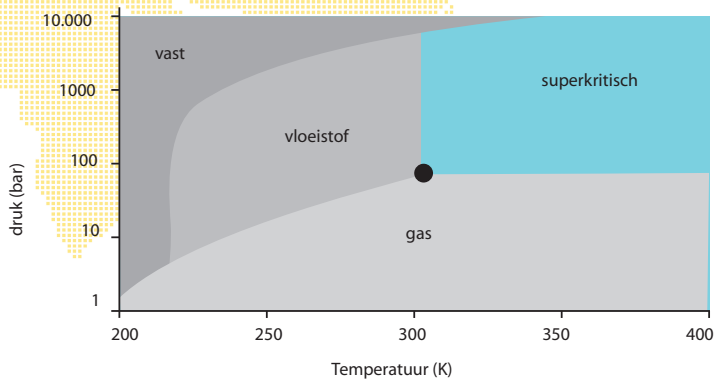
De tweede kernvraag: fasetoestand

Toen het idee van CO_2-opslag was geboren stonden technici voor de tweede uitdaging: hoe pers je zoveel mogelijk CO_2-gas in een zo'n klein mogelijke ruimte? Een analogie voor het probleem is het volgende: stel je voor dat jij lucht met je hand letterlijk in een gipsplaat wil persen. Dat is natuurlijk onmogelijk. Of kan het toch?
Het probleem waar technici voor stonden heeft te maken met de dichtheid. De dichtheid van een stof is de massa gedeeld door het volume. Bedenk dat een kilo water veel meer volume (ruimte) inneemt dan een kilo lood.

Als CO_2 wordt opgeslagen gebeurt dit niet in de gasfase. Moleculen in de gasfase nemen namelijk heel veel ruimte in beslag. Denk aan maar aan vuurwerk. Siervuurwerk zit in kleine potjes in de vaste fase, op het moment dat je deze afsteekt, zie je een grote grijze gaswolk ontstaan.
Wetenschappers vonden de gasfase dus niet geschikt en hebben onderzocht wat dan wel de beste fase is om CO_2 onder de grond op te slaan. Het blijkt dat er een fase bestaat die een mengelmoes is tussen een gas en een vloeistof: de superkritische fase.

Wat is de superkritische fase? De superkritische fase is eigenlijk niets meer dan een gas bij hoge druk en temperatuur. Maar toch heeft deze fase speciale kenmerken: de superkritische fase heeft een veel hogere dichtheid dan de gasfase en is veel minder visceus dan de vloeistoffase. Viscositeit – of stroperigheid – wat je hebt geleerd in het onderdeel over olie, is de weerstand die een vloeistof biedt bij stromen.
Om het samen te vatten: de superkritische fase is handig om te gebruiken voor CO_2-opslag omdat de dichtheid hoog is (dus veel deeltjes in een klein volume) én omdat het makkelijk door de grondlagen kan stromen.

Fasen CO_2



Hier zie je bij welke druk en welke temperatuur CO_2-gas superkritisch wordt.

Ruimte-inname CO_2

Fase	Dichtheid (1kg CO_2 in deze fase neemt zoveel ruimte in beslag)
Vast	0,64 liter
Vloeibaar	1,30 liter
Gas	500 liter X 500
Super Kritisch	1,18 liter

De bovenstaande tabel laat zien hoeveel ruimte 1 kilogram CO_2 in de verschillende fasetoestanden inneemt.

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

3.3 OPLOSSINGEN VOOR HET CO_2-VRAAGSTUK

Om CO_2 in een superkritische fase te brengen, moet het gas gecomprimeerd worden onder hoge temperatuur. Het is belangrijk voor je begrip van CO_2-transport en opslag dat je CO_2 vanaf dit moment niet meer voorstelt in de gasfase, maar in de superkritische fase.

CO_2 in superkritische fase wordt gebruikt om cafeïne op te lossen uit koffie om zo cafeïnevrije koffie te verkrijgen. Ook wordt het gebruikt als oplosmiddel voor verf die op kleding gespoten wordt.

VRAGEN

1. *Waarom zou het ongunstig zijn om CO_2 in de grond te pompen in de gasfase? Waarom is het een ongunstig idee om CO_2 in de vaste fase in de grond te drukken? Immers: in deze fase heeft CO_2 de hoogste dichtheid.*
2. *Bedenk wat de eigenschappen van een gas, een vloeistof en superkritische vloeistof zijn. Vul de onderstaande kolom in. Denk bij viscositeit aan wat je in het hoofdstuk over olie hebt geleerd; viscositeit is een maat voor de stroperigheid van een stof.*

Eigenschappen	*Gas*	*Vloeistof*	*Superkritisch*
Viscositeit (hoog/laag)			
Neemt veel ruimte in beslag (veel/weinig)			
Kookpunt of temperatuur (hoog/laag)			

3. *Superkritisch CO_2 kan als oplosmiddel optreden. Bedenk een aantal nuttige toepassingen voor het gebruik van CO_2 als oplosmiddel. Bedenk daarbij dat als je iets oplost in superkritisch CO_2 en het vervolgens in de buitenlucht loslaat, dat de CO_2 verdampt tot een gewoon gas.*

AANTEKENINGEN

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

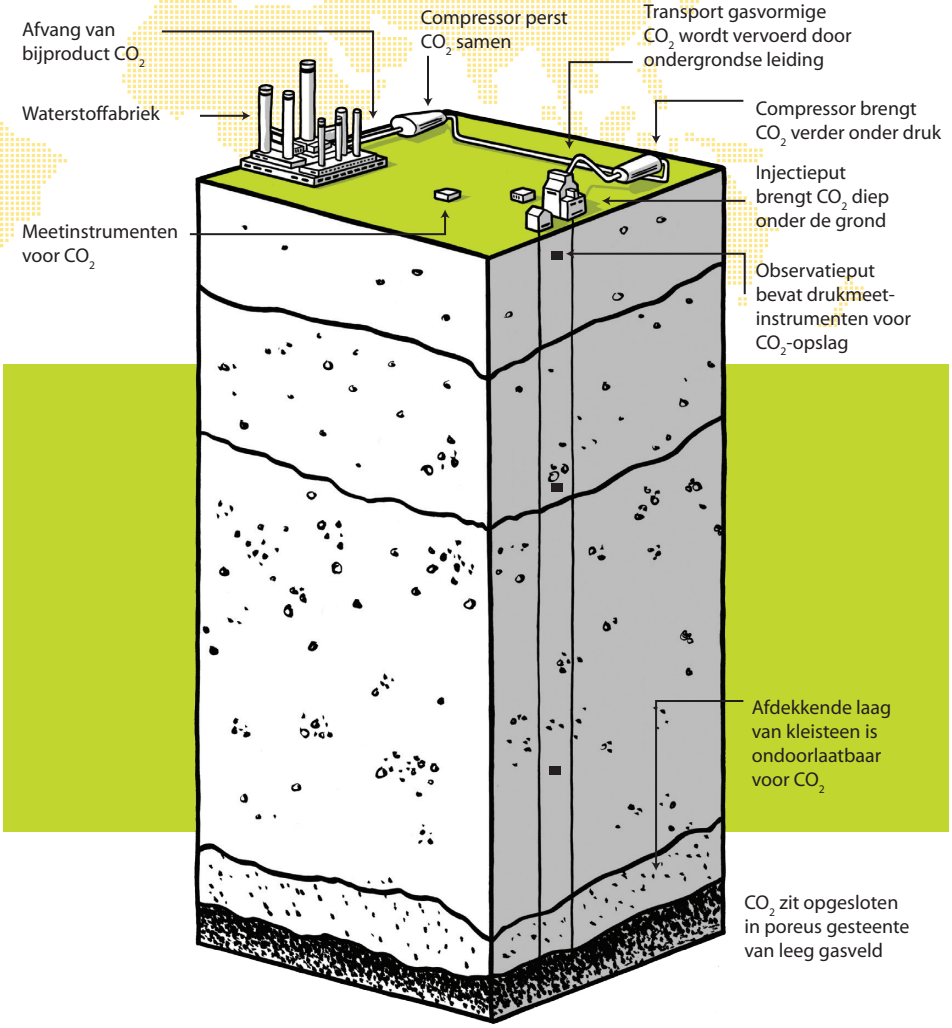
Opslag en veiligheid

Opslag

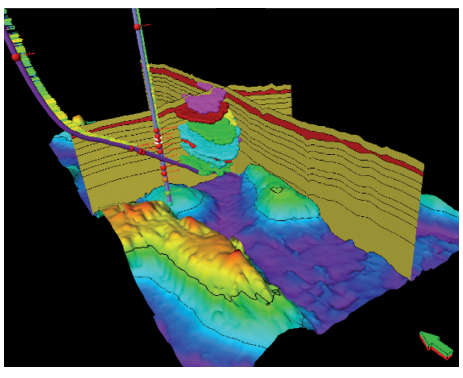
De derde uitdaging waar de technici voor stonden was het opslaan van CO_2 onder de grond. Opslaan gebeurt in diepe grondlagen die worden afgeschermd door een ondoordringbare laag (caprock). Dit zijn plekken waar, zoals je hebt geleerd bij het stuk over oliewinning, eerder gas en olie zat. Als alle gas en olie uit deze lagen is gepompt, is het veld geschikt voor het opslaan van CO_2.
In het onderstaande schema is te zien hoe CO_2 onder de grond wordt gepompt. Meestal zitten de aardlagen waar opslag mogelijk is op zo'n twee kilometer diepte.

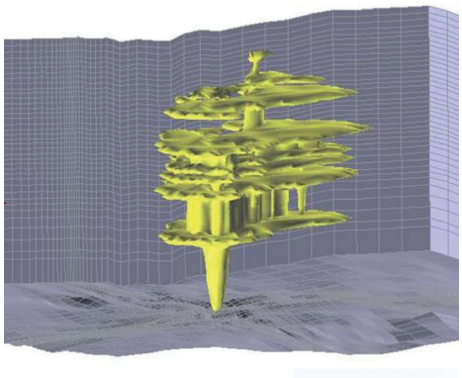
De opdracht van de technici was om het CO_2 zo veilig mogelijk op te slaan. Om dit te doen moesten er allerlei metingen uitgevoerd worden. Hoe ziet een leeg gasveld eruit? Hoeveel CO_2 kan er in opgeslagen worden? Gasvelden zitten altijd onder een ondoordringbare laag. Bij de metingen moet dan ook duidelijk worden dat er geen haarscheuren in de caprock zitten, omdat anders de mogelijkheid bestaat dat CO_2 ontsnapt.

Als de CO_2 eenmaal onder de grond is gepompt, lost het langzaam, over de jaren, op in het diepe grondwater dat niet in verbinding staat met de ondiepe grondwaterlagen. Ook kan in sommige gesteenten de CO_2 heel langzaam reageren met een deel van het gesteente. Het is dan gemineraliseerd, dat wil zeggen: CO_2 zal verbindingen aangaan met andere moleculen waardoor het CO_2 verandert in een vaste stof.



Dit plaatje laat de diepte en de verschillende stappen zien die nodig zijn voor het transport van CO_2 onder de grond.





In deze figuren zie je hoe seismische data worden verwerkt tot een computermodel van het gasveld. Je ziet in het rechter plaatje dat een gasveld er heel grillig uit kan zien. In zo'n grillig ondergronds veld wordt de CO_2 in superkritische fase gepompt. Het zal langzaam het hele veld vullen, totdat het is opgevuld. Technici kunnen door middel van dit soort plaatjes uitrekenen hoeveel CO_2 er in een gasveld gepompt kan worden.

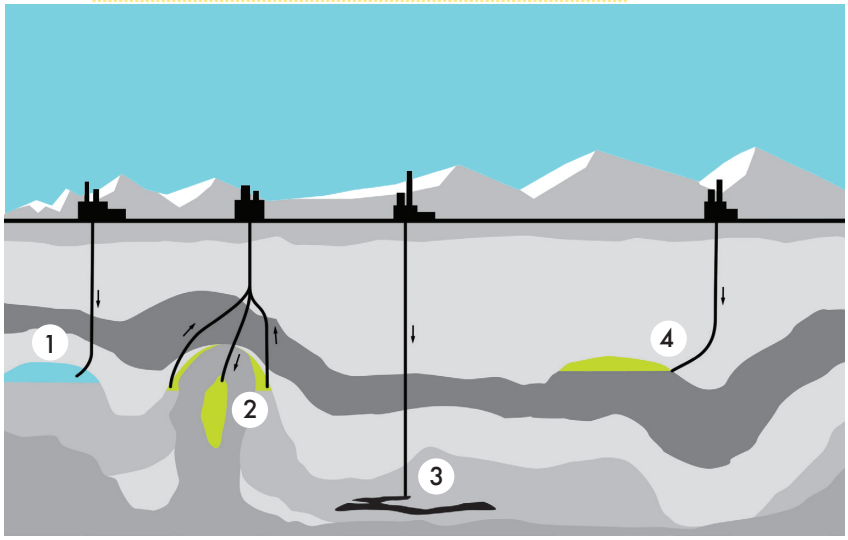
Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

3.4 OPLOSSINGEN VOOR HET CO_2-VRAAGSTUK

Niet alleen gasvelden zijn geschikt voor het opslaan van CO_2, ook diepe grondlagen die zout water bevatten, zijn vaak geschikt. Hieronder staat een lijstje met grondlagen waar CO_2 in opgeslagen zou kunnen worden.

CO_2 kan opgeslagen worden in vier soorten grondlagen

1. Lege gas- of olievelden.
2. Grondlagen die zout water bevatten (*saline aquifers*).
3. Niet mijnbare steenkoollagen (te diep onder de grond voor mijnbouw).
4. Gas- of olievelden waarin CO_2 wordt geïnjecteerd om het aardgas of de olie er sneller uit te krijgen.



In bovenstaand figuur zijn de vier verschillende manieren van CO_2-opslag aangegeven.

AANTEKENINGEN

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

De derde kernvraag: veiligheid en samenleving

Je begrijpt inmiddels wel dat overal ter wereld olie en gasvelden liggen, waar die belangrijke *caprock* zit. In de loop van de jaren zijn op een aantal van deze plekken ook steden gebouwd. Die staan bovenop een *caprock*.
In Nederland hebben we ook een aantal van dat soort plekken. Bijvoorbeeld Barendrecht bij Rotterdam. Er was een plan om daar een CO_2-opslag project te realiseren, in een 'leeg' gasveld onder Barendrecht.
Bewoners die boven het gasveld woonden, waren heel bezorgd over dit project. Enerzijds waren ze huiverig dat de opslag van CO_2 onder hun huizen voor een waardevermindering van hun huis zou zorgen. Anderzijds waren ze bezorgd dat, als er een lek zou zijn in het gasveld, het CO_2 hen zou kunnen verstikken.
Het protest van de bewoners heeft heel zwaar gewogen in de besluitvorming over het project. Er werden zelfs vragen in de Tweede Kamer gesteld. Uiteindelijk is het project afgeblazen en is er gezocht naar andere locaties.

Als een nieuwe technologie zoals CCS wordt geïntroduceerd in de samenleving kan dit dus voor heftige reacties zorgen. Vaak zijn mensen bang voor het onbekende. Zoals het spreekwoord zegt: onbekend maakt onbemind.
De angst van de mensen is voor een groot gedeelte gebaseerd op de *feilbaarheid* van de technologie. Daarmee bedoelen we dat er dingen mis kunnen gaan. Om te weten te komen hoe feilbaar CCS is, moeten we eerst onderzoeken wat er precies mis kan gaan.

CO_2 EN VEILIGHEID

Voor het afvangen en opslaan van CO_2 moet er aan veel veiligheidseisen voldaan worden. Bijvoorbeeld bij het transport van CO_2. In de Verenigde Arabische Emiraten was er een plan om een pijplijn van CO_2-gas langs een snelweg aan te leggen. Veiligheidsingenieurs gaven aan dat dit echter geen goed plan was. In het ergste geval – als de pijp zou breken – zou het CO_2-gas dan namelijk ontsnappen en de motoren van de auto's tot stilstand brengen. Dit zou grote verkeersongelukken tot gevolg kunnen hebben. Het plan om de leiding langs de snelweg te leggen is toen afgeblazen.

De grootste risico's van CO_2-opslag zijn:

- CO_2-opslag zou de bodemstructuur kunnen verzwakken, waardoor er een grotere kans is op seismische activiteit (aardbevingen).
- Uitbarsting van injectieput (blow-out).
- Een lek in de *caprock* waardoor CO_2 omhoog kan stromen en geleidelijk aan het aardoppervlak kan ontsnappen.

Ook zijn er factoren te bedenken die risico's kunnen minimaliseren:

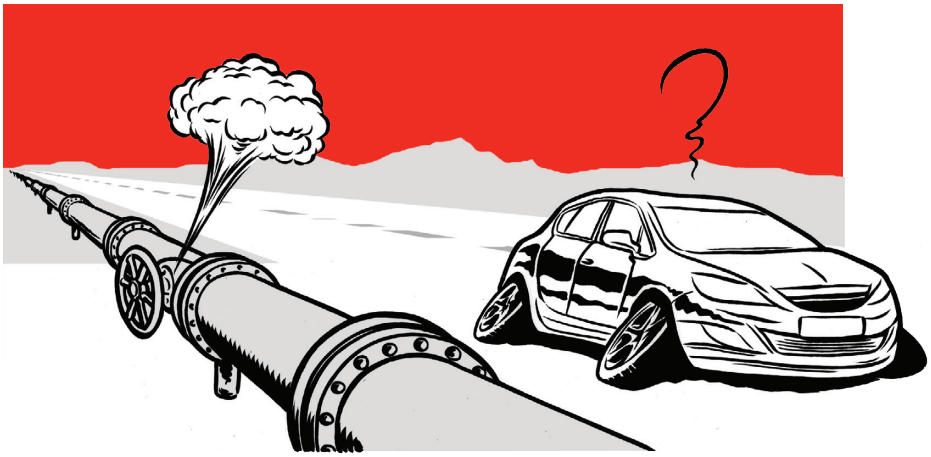
Factoren voor veilige CO_2-opslag:

- Zorgvuldig in kaart brengen gas- en olievelden en *caprock*.
- CCS herstelt gedeeltelijk het drukevenwicht tot de situatie voordat er gas werd gewonnen. Dit beperkt bodemdaling.
- CO_2-transportafstand van de energiecentrale tot het gasveld tot een minimum beperken.

De afweging om CO_2 op te slaan onder een woonwijk is heel lastig. Je zadelt de bewoners met iets op waar ze niet direct profijt van hebben. Of toch wel? Uiteindelijk zal de vermindering van CO_2-uitstoot globaal moeten bijdragen aan het verminderen van het broeikaseffect. En dit is iets waar we allemaal profijt van hebben.

VRAGEN

1. *Waarom, denk je, stoppen de motoren van auto's op het moment dat ze in contact komen met koolstofdioxide gas? Wat voor stoffen heeft een auto nodig om te rijden?*
2. *Bedenk een tweetal andere plekken waar het niet handig is om een CO_2-pijpleiding voor transport te hebben. Bedenk ook een tweetal plekken waar dit handiger zou zijn.*
3. *Doe deze vraag in tweetallen. Ga een rollenspel aan. De ene persoon is een technicus van een CCS-project, de ander is een tegenstander. Ga met de kennis die je nu hebt van het project een discussie aan vanuit je rol. Schrijf aan het eind van de discussie op wat de conclusie was van jullie discussie. Probeer elkaar met argumenten te overtuigen. Zoek ter voorbereiding op het rollenspel naar 'argumentenkaart CO_2-afvang en opslag' op internet.*
4. *Zou jij zelf op een plek willen wonen waar CCS wordt toegepast? Beargumenteer je antwoord in een aantal zinnen.*
5. *Internetopdracht. Zoek alle risico's op die worden genoemd in de tabel over de risico's van CO_2-opslag. Ga per risico na, wat precies het gevaar is wanneer de risico's werkelijkheid zouden worden.*



Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

3.5 OPLOSSINGEN VOOR HET CO_2-VRAAGSTUK

AANTEKENINGEN

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

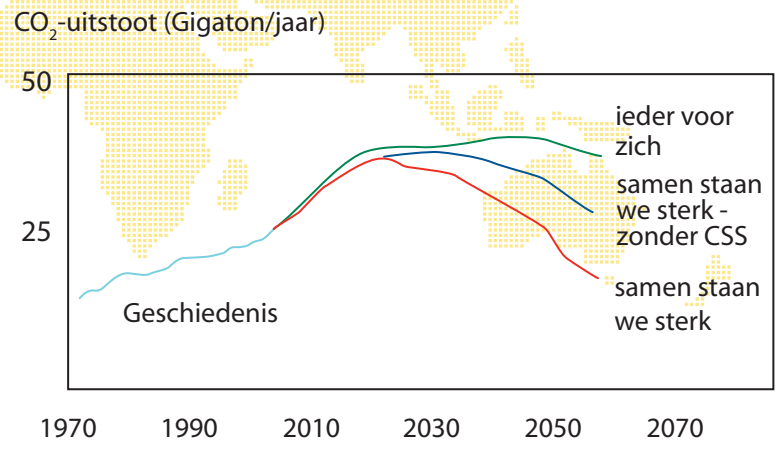
De vierde kernvraag: cijfers en voorspellingen

Nu je alle risico's en de complexiteit hebt gezien van het proces van CCS zou je jezelf de volgende vraag kunnen stellen: Waarom stappen we niet massaal over op duurzame energie die geen CO_2-gas oplevert, zodat we CCS niet hoeven toe te passen?
Het antwoord is heel complex en wordt gedeeltelijk beantwoord in het deel over energiescenario's. Als we volledig over willen stappen op hernieuwbare energiebronnen moeten er hele grote stappen worden gemaakt, misschien wel té grote stappen. Mensen, regeringen en bedrijven moeten dan namelijk gaan veranderen. Het allerbelangrijkste is het besef dat het klimaatprobleem globaal is en dat iedereen zich realiseert dat hij of zij op een of andere wijze hieraan bijdraagt. Bovendien is het besef van belang dat jij er zelf iets aan kan doen: jij kan die verandering zijn!
Zolang deze verandering nog geen werkelijkheid is, is CCS een stap in de goede richting. Het kan op korte termijn toegepast worden om de uitstoot van CO_2 te verminderen.

In deze grafiek zie je de scenario's waarmee je hebt kennisgemaakt in het onderdeel over energiescenario's. De groene lijn stelt het 'ieder voor zich'-scenario voor, de rode lijn het 'samen staan we sterker'-scenario en de blauwe lijn het samen staan we sterker'-scenario zonder de CCS-technologie. Je ziet dat in alle scenario's de vooruitzichten op de uitstoot van CO_2 zijn weergegeven voor de komende jaren. In het 'ieder voor zich'-scenario stijgt de CO_2-uitstoot het snelst. Ook is te zien hoe belangrijk CCS gaat zijn in de reductie van de uitstoot van CO_2: er zal significant meer CO_2 worden uitgestoten in het 'samen staan we sterker'-scenario.

Volgens voorspellingen wordt in 2030 in de Europese Unie 4.2 Gigaton aan CO_2 per jaar uitgestoten (gigaton = 1.000.000.000.000 kg). Dit is onvoorstelbare hoeveelheid! Als CCS wijdverbreid in de EU wordt toegepast, zou het 0.4 Gigaton aan CO_2 per jaar kunnen afvangen. Dit is bijna tien procent! Er is dus veel hoop op deze techniek gevestigd, omdat het een significante bijdrage kan leveren aan de vermindering van uitstoot van CO_2.

Effect CCS



Een nadeel van CCS is dat er zo'n twintig tot dertig procent meer energie nodig is uit elektriciteitscentrales om CO_2 op te slaan. Maar aan verbetering van de afvangtechnologie wordt hard gewerkt. Tevens zullen elektriciteitscentrales veel duurder worden om te bouwen, omdat CCS-installaties zeer kostbaar zijn. Er moet dus veel geld geïnvesteerd worden door zowel de politiek als het bedrijfsleven om de CCS van de grond te krijgen. Ook moeten er technologische oplossingen worden bedacht om CCS efficiënter te maken.
Alle stappen die leiden naar een duurzamere toekomst moeten ondernomen worden. Er is niet één antwoord op het klimaatprobleem en de drie ontwikkelingen.



VRAGEN

1. *Denk jij dat CCS zal bijdragen aan een duurzame toekomst? Geef twee redenen waarom wel en twee waarom niet.*
2. *Vind jij het een bezwaar dat het opslaan CO_2 zoveel meer energie kost? Beargumenteer je antwoord.*
3. *In het jaar 2009 was er 3.262 PJ (Petajoule) aan energie verbruikt in Nederland. Zoek op in Binas wat een Petajoule is. Stel dat je 1200 PJ opgewekte energie kan koppelen aan CCS met een extra energieverbruik van vijfentwintig procent (voor CCS). Wat zou het totale energie-verbruik zijn geweest?*
4. *Veel tegenstanders van CCS zien het als symptoombestrijding. Een voorbeeld van symptoombestrijding zijn pijnstillers. Je neemt een pijnstiller omdat je bijvoorbeeld hoofdpijn hebt. Door een pijnstiller wordt de pijn onderdrukt, maar de oorzaak wordt er niet door weggenomen. Beargumenteer in twee zinnen waarom tegenstanders van CCS deze techniek als symptoombestrijding zien?*

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.



AANTEKENINGEN

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

AANTEKENINGEN

Dit document is gedownload door () op November 23, 2026.
Mag alleen gekopieerd worden voor gebruik binnen de school van 'gebruiker'. Zie ook de abonnementsvoorwaarden van Leapo.

