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.

DOCENTENHANDLEIDING

IT'S ALL ABOUT ENERGY! 1



Beste docent,

Voor u ligt een uitdagende lessenserie over hét onderwerp van de 21e eeuw: de energie uitdaging. Door een explosieve bevolkingstoename en een hoger welvaartsniveau in landen als India, China en Brazilië neemt de vraag naar energie in hoog tempo toe. Tegelijkertijd worden fossiele brandstoffen zoals aardolie en aardgas schaarser en moet de CO_2-uitstoot beperkt worden. Deze drie ontwikkelingen – een grotere vraag, een kleiner aanbod en de beperking van de CO_2 -uitstoot – vormen de rode draad van deze lessenserie.

In *It's all about energy!* maken leerlingen kennis met de maatschappelijke ontwikkelingen die aan de energie-uitdaging ten grondslag liggen en ze maken ook kennis met de fascinerende technologieën waarmee deze uitdaging kan worden aangegaan.

Deze docentenhandleiding bestaat uit:

1) een verantwoording van de lessenserie;
2) een samenvatting;
3) modelantwoorden bij de opgaven van ieder deel;
4) Modelantwoorden bij de toets.

Verantwoording

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

Eerst de Klas is een traineeship waarin jonge, talentvolle academici de mogelijkheid wordt geboden om zowel kennis te maken met de wereld van het onderwijs als met het bedrijfsleven, waaronder Shell. Shell heeft de deelnemers de opdracht gegeven om lesmateriaal te ontwikkelen over haar kernactiviteiten. De auteurs van dit lesmateriaal hebben vervolgens de mogelijkheid gekregen om binnen Shell in contact te komen met experts op het gebied van energie. Deze gesprekken zijn leidend geweest voor het lesmateriaal.

Het hoofddoel van dit lesmateriaal is het bevestigen van de keuze voor een natuurprofiel. De doelgroep is leerlingen uit derde en vierde klassen op HAVO en VWO niveau. Het lesmateriaal stuurt aan op de bewustwording van de energie-uitdaging.

Volgens de voorzitter van het Platform Bèta Techniek, Jeroen van der Veer, is het noodzakelijk dat meer jongeren een natuurprofiel kiezen wil Nederland blijven concurreren als kenniseconomie en zal er in de nabije toekomst een speciale rol weggelegd zijn voor werknemers met een technologische achtergrond.

De drie ontwikkelingen in de energie-uitdaging die wij als rode draad van de lessenserie hebben genomen kunnen op twee manieren worden opgevat: beangstigend en uitdagend. Deze lessenserie beoogt het laatste te bewerkstelligen. Sleutelwoorden voor onze benaderingswijze zijn: inspirerend, uitdagend, persoonlijk en diepgaand.

Wij wensen u én uw leerlingen veel plezier met het lesmateriaal!

Utrecht, maart 2012.

Cazimir ten Brink
Matthijs van Vulpen
Simon Verwer

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 IT'S ALL ABOUT ENERGY!

SAMENVATTING

Energie wordt in de Westerse wereld ervaren als een vanzelfsprekendheid. Deze vanzelfsprekendheid is onterecht en zal in de 21e eeuw steeds sterker onder druk komen te staan. Aan de basis hiervan staan drie ontwikkelingen.

Deze drie indrukwekkende ontwikkelingen kunnen verlammend werken, maar dagen tegelijkertijd uit om in te gaan op de vraag wat hieraan gedaan kan worden:
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 CO_2-uitstoot te beperken?

In het eerste deel wordt ingegaan op de vraag wat regeringen, olie- en gasbedrijven en milieuorganisaties zouden kunnen doen om een rechtvaardige verdeling van energie mogelijk te maken. Aan de hand van twee mogelijke scenario's wordt er respectievelijk een pessimistisch en een optimistisch toekomstbeeld geschetst. Ook worden uitspraken over het opraken van de fossiele brandstoffen gerelativeerd en wordt een kritisch geluid van Greenpeace samengevat om de twee scenario's, gebaseerd op het perspectief van Shell, te contrasteren.

In het tweede deel wordt ingegaan op de ontwikkeling dat de makkelijke toegankelijke aardolie opraakt. Om te kijken wat we hieraan kunnen doen, beschouwen we eerst wat aardolie precies is en hoe komt het dat aardolie op kan raken. Daarna gaan we in op hoe aardolie tegenwoordig geproduceerd wordt. Met deze kennis op zak kunnen we gaan nadenken over hoe we meer uit een veld kunnen halen en hoe we ook moeilijk toegankelijke olievelden kunnen produceren.

In het derde deel wordt ingegaan op het klimaatprobleem met betrekking tot CO_2-uitstoot. In dit deel wordt een oplossing aangedragen in de vorm van innovatieve technologie: CO_2-afvang en opslag. De techniek wordt eerst globaal uitgelegd om vervolgens in detail te treden over het proces van het afvangen van CO_2, de scheikunde achter CO_2, de opslag en veiligheid van CO2, om af te sluiten met de cijfers achter CO_2-afvang en opslag.

Toets

Bij het lesmateriaal *It's All About Energy* is ook een toets met antwoordmodel gevoegd. De volledige toets is bedoeld voor een afsluitende toets na behandeling van alle drie de delen. Mocht de docent de voorkeur hebben om de delen afzonderlijk van elkaar te toetsen, dan zijn de vragen hiervoor natuurlijk tevens geschikt.

Overzicht van de inhoud

Deel 1 DE TOEKOMST VAN ENERGIE
1.1 Energie is alles, alles is van energie; een inleiding
1.2 Scenario 1: ieder voor zich
1.3 Scenario 2: samen staan we sterker

Deel 2 OPSPORING EN WINNING VAN AARDOLIE
2.1 Hoe is aardolie ontstaan?
2.2 Hoe sporen we aardolie op?
2.3 Hoe krijgen we aardolie uit de grond?
2.4 De toekomst van aardolie

Deel 3 OPLOSSINGEN VOOR HET CO_2-VRAAGSTUK
3.1 De techniek en de vier kernvragen
3.2 Afvangen
3.3 Fasetoestand
3.4 Opslag en veiligheid
3.5 Veiligheid en samenleving
3.6 Cijfers en voorspellingen

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.

MODELANTWOORDEN BIJ DE OPGAVEN

IT'S ALL ABOUT ENERGY! 3

1.1 Energie is alles, alles is van energie; een inleiding

1) *Hoe zou jij in je eigen leven zuiniger met energie kunnen omgaan? Noem drie voorbeelden.*

Een goed antwoord bevat voorbeelden van aanpassingen van eigen consumentengedrag.
Voorbeeld van een goed antwoord:
Ik zou zuiniger met energie om kunnen gaan door mijn computer uit te zetten als ik niet in mijn kamer ben, een trui aan te trekken in plaats van de verwarming hoger te zetten en door minder lang te douchen.

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?*

Een goed antwoord bevat de volgende elementen:
- Een argumentatie waarin de drie begrippen met elkaar in verband worden gebracht.
- Een antwoord waaruit blijkt dat de leerling de causale relatie tussen deze drie ontwikkelingen begrijpt.
- Een antwoord waaruit blijkt dat de leerling begrijpt dat deze drie ontwikkelingen met elkaar op gespannen voet staan.

Voorbeeld van een goed antwoord:
De relatie tussen deze drie begrippen is er een van oorzaak en gevolg. Het gebruik van en dus de vraag naar energie zal toenemen terwijl het aanbod schaarser wordt. Dit heeft gevolgen voor de prijs van energie; deze zal stijgen. Bovendien is het belangrijk dat de uitstoot van koolstofdioxide wordt beperkt, om een te grote temperatuurstijging te voorkomen.

3) *Schets een doemscenario en een droomscenario over energie in de toekomst.*

Een goed antwoord bevat de volgende elementen:
- Doemscenario: een eigen, creatieve verbeelding van een mogelijke teloorgang van de aarde ten gevolge van het op raken van de fossiele brandstoffen.
- Droomscenario: een eigen, creatieve verbeelding van een bloei van nieuwe technologieën voor zowel fossiele als alternatieve energiebronnen door middel van samenwerking tussen regeringen, bedrijven en milieuorganisaties.

4) *Er zijn ook drastische maatregelen denkbaar om energie te besparen. Bijvoorbeeld de stelling: "De hele wereld moet aan geboortebeperking doen" Bedenk twee argumenten voor en tegen.*

Een goed antwoord bevat de volgende elementen:
Voor:
1) Een vermindering van het aantal mensen betekent waarschijnlijk een verkleinde energievraag.
2) Een vermindering van het aantal mensen zorgt voor een vermindering van de uitstoot van koolstofdioxide.

Tegen:
1) Mensen horen vrij te zijn in hun keuze hoeveel kinderen ze willen krijgen.
2) Een dergelijke maatregel is onwenselijk omdat mensen, net als in China, de regels zullen proberen te omzeilen met mogelijke dramatische gevolgen.
3) Stel je voor dat er totaal geen energietekort zou bestaan. Hoe zou de wereld er dan uitzien?

Een goed antwoord bevat de volgende elementen:
- Een eigen, creatieve verbeelding van een wereld vol overvloed en mogelijke decadentie.
- Een besef dat een energieoverschot catastrofale gevolgen zou hebben voor de uitstoot van CO_2.

Of
- Een eigen, creatieve verbeelding waarin een CO_2 neutrale vorm van energie in overschot aanwezig is, zoals zonne-energie. Dit zou ook een oneindige recycling van afvalproducten mogelijk maken.

Voorbeeld van een goed antwoord:
Als er totaal geen energietekort zou bestaan, dan zouden mensen zich totaal niet laten remmen in hun gebruik van energie. Immers, als er een overschot aan energie zou bestaan, dan zou de prijs ook heel laag zijn en dan zouden mensen bijvoorbeeld hun elektrische apparaten nooit uit zetten. Een energieoverschot zou dan ook catastrofale gevolgen hebben voor het klimaat omdat er dan veel meer CO_2 zou worden uitgestoten, met onder meer overstromingen als gevolg.

1.2 Scenario 1: ieder voor zich

1) *Het 'ieder voor zich' scenario gaat uit van het eigen belang van landen. Geef twee argumenten voor en tegen dit scenario.*

Een goed antwoord bevat de volgende elementen:
Voor:
1) Landen, dat wil zeggen regeringen, willen in de eerste plaats zorgen voor hun eigen burgers.
2) Regeringen opereren niet anders dan personen. Net als mensen worden regeringen met name voortgedreven door eigen belang.

Tegen:
1) Landen, dat wil zeggen regeringen, zullen beseffen dat de problemen te urgent zijn om enkel hun eigen belang na te streven.
2) Samenwerken is ook een vorm van eigen belang, omdat uiteindelijk samenwerking bedoeld is om er zelf beter uit te komen.

2) *Het klimaat is een vage term. Wat wordt er volgens jou mee bedoeld? En wat houdt dan precies het klimaatprobleem in?*

Een goed antwoord bevat de volgende elementen:
- Een antwoord waaruit blijkt dat het klimaat de gemiddelde toestand van de atmosfeer in een bepaald gebied is. Dit gebied kan natuurlijk ook de aarde in haar geheel zijn.
- Een uitleg waaruit blijkt dat het klimaatprobleem een algemene noemer is voor allerlei problemen met betrekking tot extreme weersomstandigheden, zoals de stijgende zeespiegel en de toename van het aantal orkanen.

Voorbeeld van een goed antwoord:
Ik denk dat met het klimaat de algemene weersomstandigheden over een lange periode worden bedoeld. Het probleem met het klimaat is dat er steeds meer overstromingen, orkanen en tsunami's 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.

4 IT'S ALL ABOUT ENERGY!

MODELANTWOORDEN BIJ DE OPGAVEN

3) Hieronder staan drie begrippen uit het 'ieder voor zich'-scenario . Leg uit hoe deze volgens jou met elkaar samenhangen: economische groei, schaarste, klimaatprobleem.

Een goed antwoord bevat de volgende elementen:
- Een argumentatie waarin de drie begrippen met elkaar in verband worden gebracht.
- Een antwoord waaruit blijkt dat de leerling de causale relatie tussen deze drie ontwikkelingen begrijpt.
- Een antwoord waaruit blijkt dat de leerling begrijpt dat deze drie processen elkaar versterken.

Voorbeeld van een goed antwoord:
Deze drie termen hebben met elkaar te maken omdat ze het logisch gevolg van elkaar zijn. Meer economische groei leidt tot een grote vraag naar energie, wat leidt tot schaarste met als gevolg een nog groter 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

Naar eigen beoordeling van de docent.

1.3. Scenario 2: samen staan we sterker

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.

Een goed antwoord bevat de volgende elementen:
- Een antwoord op de vraag wat er wordt bedoeld met besef of bewustzijn.
- Een antwoord waarin de termen bewustzijn, samenwerking en duurzaamheid met elkaar in verband worden gebracht.
- Een antwoord op de vraag hoe de leerling denkt over het belang van bewustzijn.

Voorbeeld van een goed antwoord:
Ik denk dat er met bewustzijn wordt bedoeld het besef dat een beter milieu bij jezelf begint. Om de energie-uitdaging aan te kunnen is het noodzakelijk dat iedereen beseft hoe belangrijk een duurzame wereld is voor onszelf en toekomstige generaties. Bovendien hebben we allemaal hetzelfde probleem, dus is het beter om samen te werken. De sleutel tot een meer duurzame wereld is gedeeld bewustzijn en samenwerken.

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?

Een goed antwoord bevat een uitleg waaruit blijkt dat de energie uitdaging ons allemaal aangaat.
Voorbeeld van een goed antwoord:
Ik zou aan diegene uitleggen dat de energie-uitdaging een urgent probleem is dat iedereen aangaat. Door de toegenomen vraag en het gekrompen aanbod wordt de energie uitdaging in de toekomst alleen maar groter. De eerste stap naar een wereld met een rechtvaardige verdeling van energie is kennis en gedeeld bewustzijn.

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?

Naar eigen beoordeling van de docent.

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?

Naar eigen beoordeling van de docent.

Het grote energie scenario Lagerhuisdebat, docenteninstructie:

Voor het houden van een debat zijn vele vormen denkbaar. Een groot aantal voorbeelden van debatten zijn te vinden op internet.
Een veel gekozen vorm is het Lagerhuisdebat. Deze vorm heeft de voordelen dat er veel leerlingen tegelijkertijd aan kunnen deelnemen, dat er veel interactie is en dat er veel sterke oneliners gebruikt kunnen worden.
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.
Om het debat naar een hoger niveau te tillen is het wenselijk dat leerlingen zich voorafgaand aan het debat voorbereiden. Dit kan zowel op vorm als op inhoud.
Wat de inhoud betreft kunnen leerlingen zich inlezen op het internet om zich beter te kunnen verplaatsen in hun positie in het debat.
Wat de vorm betreft zou er in de klas aandacht kunnen worden besteed aan een aantal debattechnieken.
Het debat wordt in goede banen geleid door een debatleider (bij voorkeur een leerling) en de bijdragen worden beoordeeld door een jury (een groepje leerlingen).
U heeft als leraar in het debat een rol op de achtergrond. In theorie kunnen de leerlingen het debat zelfstandig voeren. Mocht het om bepaalde redenen niet goed lopen – bijvoorbeeld omdat leerlingen niet op hun beurt wachten – dan is het wenselijk dat u kort en efficiënt bijstuurt.

Voor de opdrachten in les deel 2 bevelen wij aan deze in groepjes van twee te laten uitvoeren.

2.1 Hoe is aardolie ontstaan?

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?

Een goed antwoord bevat de volgende elementen:
- Aardlagen kunnen ook naar beneden verplaatsen, dichter naar de aardkern toe.
- Dichter bij de aardkern is de temperatuur hoger.

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.*

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.

- *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.*

Antwoorden:
* niet.
* hogere.
* boven.

2.2 Hoe sporen we aardolie op?

Opdracht 1

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?

Een goed antwoord bevat de volgende elementen:
* Kool, dat net als aardolie een fossiele brandstof is, is opgebouwd uit koolwaterstoffen. Deze zijn net als aardolie ontstaan uit de resten van organisch materiaal. Dit organisch materiaal is afkomst uit de Carboon periode.
* Organisch materiaal wordt onder een hoge druk, een hoge temperatuur en in een lange periode van tijd omgezet in fossiele brandstoffen. De hoge druk en hoge temperatuur wordt (mede) veroorzaakte door de massa van de bovenliggende aardlagen.
* De bovenste aardlagen zijn nog te jong. Organisch materiaal heeft ook nog niet de tijd gehad om zich om te zetten in kolen

2.3 Hoe krijgen we aardolie uit de grond?

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 levert 60 euro op. Bereken hoeveel vaten er verkocht moeten worden om alleen het boren terug te verdienen.

Antwoord:
* Raak boren kost gemiddeld 4 x (20 x 10^6) = 80 x 10^6 euro.
* Gemiddeld moeten er 80 x 10^6 / 60 = 1,33 x 10^6 vaten verkocht worden om het boren terug te verdienen.

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!

Een goed antwoord bevat de volgende elementen:
* Een casing is in principe een buis. Een casing met een kleinere diameter kan dus een grotere kracht (en dus ook een grotere druk) weerstaan dan een casing met een grotere diameter.
* Onderin de grond heerst een grotere druk dan bij de oppervlakte. De casings moeten diep in de grond dus een hogere druk kunnen weerstaan

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.

Een goed antwoord bevat de volgende elementen:
* Boorput: het gat in de grond dat geboord wordt om aardolie of aardgas naar de oppervlakte te krijgen. In het Engels heet dit een well.
* Boorpijp: de boorpijp bestaat uit losse buizen die in elkaar geschroefd worden. De buizen zijn gemiddeld 10 meter lang. Aan de boorpijp zit de boorkop bevestigd.
* Boorkop: de boorkop boort door het gesteente heen. In een bepaald opzicht is een boorkop te vergelijken met een boor van een boormachine. Voor verschillende gesteentes zijn verschillende boorkoppen beschikbaar.
* Casing: een metalen buis die ervoor zorgt dat de boorput niet instort. De aardolie stroomt uiteindelijk ook door de casing naar boven. De casing wordt door cement op zijn plek gehouden.
* Mud: boorvloeistof die tijdens het boren wordt mee gepompt. Mud houdt de boorkop koel, neemt het boorgrijs mee naar boven én compenseert de opwaartse oliedruk.
* Seismisch onderzoek: door middel van seismisch onderzoek kan de aardbodem in kaart worden gebracht. Hiervoor worden er geluidsgolven de grond ingestuurd, meestal door trilplaten achter vrachtauto's. Explosieven kunnen ook worden gebruikt. Op zee zorgen krachtige ontsnappingen van lucht voor geluidsgolven. De weerkaatste geluidgolven worden door geofoons opgevangen en door krachtige computers verwerkt.

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!

Antwoord:
Hoeveelheid benodigd water: 3500 m x 0,1 m^2 = 350 m^3
* Opmerking: 3500 m komt dicht in de buurt van een gemiddelde boorput.

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 oliereservoir toch onder controle te houden?

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.

6 IT'S ALL ABOUT ENERGY!

MODELANTWOORDEN BIJ DE OPGAVEN

Het goede antwoord bevat de volgende elementen:

* Het goedkoopst zal zijn een soort modder te gebruiken. Ofwel: water met een goed oplosbare substantie erin die de dichtheid vergroot.
* Door meer water bij de mud te pompen kan de dichtheid verlaagd worden.
* Door meer substantie bij de mud te pompen kan de dichtheid verhoogd 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?

Het goede antwoord bevat de volgende elementen:

* Als er te weinig cement in de put gepompt wordt zal een gedeelte van de punt niet verankerd kunnen worden.
* Als een gedeelte van de put niet verankerd is kan de put instorten.
* Als er onvoldoende cement aanwezig is, zal het cement dat al in de put zit eruit gepompt moeten worden. Het cement kan niet later worden toegevoegd, omdat als het cement eenmaal is uitgehard, er niet meer door de put gepompt kan worden.

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 boorschip) 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 !

Naar eigen beoordeling van de docent.

2.4 De toekomst van aardolie

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.

a. Bereken hoeveel olympische zwembaden olie er in 2008 per dag geproduceerd werden.

b. Stel dat door slim produceren er per dag 5% meer olie gewonnen kan worden. Hoeveel meer olympische zwembaden komen er dan per dag bij?

Het goede antwoord bevat de volgende elementen:

a.

* De inhoud van een olympisch zwembad is 50 m x 25 m x 2 m = 2500 m^3.
* 2500 m^3 komt overeen met 2,5 miljoen liter.
* 85 miljoen vaten komt overeen met 85 x 159 x 10^6 / 2,5 x 10^6 = ruim 5400 olympische zwembaden.

b.

Door slim produceren komen er per dag 5% van 5400 olympische zwembaden bij. Dat zijn 270 olympische zwembaden.

Opdracht 2

Zoals je geleerd hebt is de hoeveelheid aardolie niet oneindig. De laatste tijd wordt er steeds meer winbare olie gevonden op andere, 'onverwachte' plekken, zoals in oliezandvelden in Canada, vlak onder het aardoppervlak. Het schijnt dat er in deze alternatieve velden evenveel olie zit als in alle 'gewone' olievelden 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.

Het goede antwoord bevat de volgende elementen:

* Voorbeelden van argumenten tegen het produceren van zandvelden in Canada zijn: het heeft een grote impact op het landschap; het geld kan beter gebruikt worden voor investeringen in duurzame energie; het verbruik van meer olie vergroot de uitstoot van CO_2 .
* Voorbeelden van argumenten vóór het produceren van zandvelden in Canada zijn: we blijven in staat in de energievraag te voorzien; door het produceren kan de prijs van olie omlaag; het gaat om technologieën in opkomst die het proces effectiever kunnen laten verlopen (zoals CO_2-afvang).
* Meer informatie is onder andere te vinden op: http://www.energysquare.nl/News/ShellDossier.aspx?Id=43

3.2 Afvangen

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.

Het goede antwoord bevat de volgende elementen:

* Het heeft geen zin om gewone lucht af te vangen.
* Gewone lucht bestaat voor 0.03% uit CO_2.
* Het is kostbaar om lucht af te vangen in grote hoeveelheden.

Voorbeeld van een goed antwoord:
Het is erg kostbaar om lucht af te vangen in een CO_2-ontluchtingsinstallatie. De concentratie van CO_2 is zo laag in de lucht dat maar een zeer klein percentage CO_2 kan gescheiden worden van een grote hoeveelheid lucht.

Daarom heeft het geen zin om gewone lucht te ontdoen van 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.

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?

Het goede antwoord bevat de volgende elementen:
* Het kost veel geld om CO_2 af te vangen.
* Om stoffen onder hoge druk en temperatuur te krijgen is veel energie nodig. Energie kost geld.
* Er kan gewonnen aan de efficiëntie van de amine oplossing. Als deze onder minder extreme omstandigheden (hoge druk en temperatuur) kan werken, kan het proces veel efficiënter worden.

Voorbeeld van een goed antwoord:
Afvang kost veel geld omdat er veel energie geleverd moet worden om de stoffen onder druk en op hoge temperatuur te krijgen. Wanneer dit systeem niet meer zo verhit en onder druk gezet hoeft te worden dan win je aan efficiëntie.

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?

Het goede antwoord bevat de volgende elementen:
* Een katalysator is een stof die niet wordt verbruikt in een reactie, maar de reactie versnelt (verlaging van de activeringsenergie).
* Als andere stoffen (NOx bijvoorbeeld) langs deze katalysatoren gaan kunnen zij de katalysator beschadigen of er mee reageren.
* Het is belangrijk dat er geen andere stoffen in de CO_2-stroom zitten zodat er geen beschadiging optreedt bij de katalysatoren en de productiestroom constant blijft.

3.3 Fasetoestand

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.

Het goede antwoord bevat de volgende elementen:
* Het is ongunstig om CO_2 in de gasfase in de grond te pompen door de lage dichtheid van de gasfase. Gas heeft veel ruimte nodig. Dit is een probleem als de beschikbare ruimte onder de grond beperkt is.
* Een vaste stof stroomt niet, dus het is onmogelijk om het onder de grond te krijgen. Een vaste stof heeft weliswaar een hoge dichtheid, maar kan niet getransporteerd worden ondergronds.

Een voorbeeld van een goed antwoord:
CO_2 in vaste fase is te vergelijken met ijs. Ijs is moeilijk te transporteren en zal niet de grond in stromen en zich verdelen in de holtes onder de grond. Gas heeft een hele lage dichtheid. Er zal relatief weinig gas onder de grond opgeslagen worden in deze fase, wat ongunstig is, wanneer de beschikbare ruimte beperkt is.

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)	laag	hoog	laag
Neemt veel ruimte in beslag (veel/weinig)	veel	weinig	weinig
Kookpunt of temperatuur(hoog/laag)	laag	hoog	hoog

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.

Het goede antwoord bevat de volgende elementen:
* Haarkleurspray kan makkelijk opgelost worden in CO_2. Als het de kleur wordt aangebracht op het haar is geen water nodig om het te kleuren.
* Nagellak kan gesprayd worden als het opgelost wordt in CO_2.

3.5 Veiligheid en samenleving

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?

Het goede antwoord bevat de volgende elementen:
* Auto's hebben een verbrandingsmotor.
* Een verbrandingsmotor verbruikt zuurstof om te werken.
* CO_2 is een zwaar gas die blijft 'drijven' op de grond.
* CO_2 verdrijft het zuurstof uit de automotor, waardoor deze stopt met werken.

Een voorbeeld van een goed antwoord:
Een auto heeft een verbrandingsmotor.
Voor verbranding heb je tenminste zuurstof

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.

nodig. Koolstofdioxide kan niet gebruikt worden voor verbranding en zal dus de verbrandingsreactie stoppen.

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.

Het goede antwoord bevat de volgende elementen:
* Onhandige plekken: urbane gebieden, autowegen, vliegvelden, ondergrondse metro.
* Handige plekken: bosrijke gebieden, rurale gebieden, ondergronds, onder water.

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-opslag' op internet.

Voor de docent:
Laat de leerlingen de argumentenkaart gebruiken. De conclusie moet een reflectie zijn op de argumenten die voorkomen op de argumentenkaart. De leerlingen moeten de conclusie schrijven alsof ze persoonlijk zijn betrokken met het project. Belangrijk is dat ze praktische voorbeelden neerzetten.
Een voorbeeld van een goed antwoord:
Ik wil geen CO_2-opslag onder mijn huis, omdat ik niet in een aardbeving wil terecht komen en dat mijn huis instort.
CO_2-opslag kan juist de drukvermindering door gaswinning weer opheffen en dus voor stabiliteit van de bodem zorgen.

4) Zou jij zelf op een plek willen wonen waar CCS wordt toegepast? Beargumenteer je antwoord in een aantal zinnen.

Voor de docent: Laat de leerlingen gebruikmaken van de argumentenkaart. De antwoorden moeten een reflectie zijn op de kennis die ze hebben opgedaan in de module en wat hen dus in de persoonlijke levenssfeer raakt.

3.6 Cijfers en voorspellingen

1) Denk jij dat CCS zal bijdragen aan een duurzame toekomst? Geef 2 redenen waarom wel en twee waarom niet.

Het goede antwoord bevat de volgende elementen:
* Bijdragen aan duurzame toekomst: Er zal netto minder CO_2 in de lucht komen. CCS is een van de stappen die nodig is om het klimaatprobleem tegen te gaan. CCS zal uiteindelijk de CO_2-emissiemarkt stimuleren.
* Geen bijdrage aan een duurzame toekomst: CCS stimuleert niet om snel over te gaan op duurzame energie. CCS kost zelf veel energie waardoor er meer fossiele brandstoffen verbruikt moeten worden.

2) Vind jij het een bezwaar dat het opslaan CO_2 zoveel meer energie kost? Beargumenteer je antwoord.

Het goede antwoord bevat de volgende elementen:
* Een voorbeeld van een bezwaar: ja, want de fossiele brandstoffen worden ingezet om de CO_2 onder de grond te stoppen en raken sneller op.
* Geen bezwaar: het is belangrijk dat er stappen worden gemaakt tegen het klimaatprobleem, dus CO_2 moet zo snel mogelijk onder de grond worden opgeslagen. De voordelen wegen op tegen de nadelen
* Neutraal: combinatie van bovenstaande antwoorden

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 kan afvangen met een extra energieverbruik van 25% (voor CCS). Wat zou het totale energieverbruik zijn geweest?

Het goede antwoord bevat de volgende elementen:
* Petajoule: 1.0×10^{15} J.
* CCS verbruikt 25% meer energie. Dus 25% van $1200 \times 1{,}0 \times 10^{15} = 300 \times 10^{15}$ J
* Totale verbruik $3.262 \times 10^{15} + 300 \times 10^{15} = 3.562 \times 10^{15}$ J

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?

Het goede antwoord bevat de volgende elementen:
Wanneer er wordt overgeschakeld naar duurzame energie zal er geen energie meer nodig zijn van fossiele brandstoffen en dus zal er geen CO_2 vrijkomen. CCS is dus een symptoombestrijding van de verbranding van fossiele brandstoffen.

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.

TOETS

IT'S ALL ABOUT ENERGY! 9

Antwoordmodel proefwerk It's All About Energy deel 1 (51 punten, 20 vragen)

5pt. ***1***

Als het gaat om energie in de toekomst, dan staan we voor drie grote uitdagingen: Noem deze 3 ontwikkelingen en leg uit hoe ze met elkaar in verband staan.

Een goed antwoord bevat de volgende elementen:

A) Een antwoord waarin de volgende drie factoren worden benoemd:
   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.

B) Een uitleg waarin helder wordt verwoord dat deze drie ontwikkelingen tot op zekere hoogte met elkaar conflicteren.

3pt. ***2***

In het lesmateriaal heb je kennis gemaakt met de begrippen TANIA en TINA. Geef in je eigen woorden waar deze afkortingen voor staan en hoe ze relevant zijn voor het debat over energie.

Een goed antwoord bevat de volgende elementen:

A) Een antwoord waarin de begrippen TANIA en TINA worden uitgelegd.
   1) TANIA is There is No Ideal Answer
   2) TINA staat voor There Is No Alternative

B) Een uitleg waarin helder wordt verwoord dat energiegebruik een gegeven is waarvoor geen alternatief bestaat en dat aan iedere oplossing nadelen zitten verbonden.

3pt. ***3***

In hoofdstuk 1 van It's All About Energy heb je kennis gemaakt met twee perspectieven op de toekomst van de energie: het 'ieder voor zich'-scenario en het 'samen staan we sterk' scenario. Welke van de scenario's is volgens jou het meest waarschijnlijk? Geef antwoord op deze vraag in maximaal 5 zinnen. Onderbouw je standpunt met argumenten. Maak gebruik van het begrip 'duurzaamheid.', waarbij je dit begrip tevens uitlegt.

Een goed antwoord bevat de volgende elementen:

A) Een standpuntbepaling op basis van ten minste één argument met ten minst één voorbeeld.

Voorbeeld van een goed antwoord:

Ik vind het 'Ieder voor zich scenario het meest waarschijnlijk omdat mensen egocentrisch zijn. Regeringen en bedrijven zijn ook vooral gericht op zichzelf. Ik denk niet dat dit snel zal gaan veranderen. Duurzaamheid staat voor het zorgvuldig omgaan met je leefomgeving en op dit moment gebeurt dat totaal niet.

2pt. ***4***

Uit welke twee atoomsoorten bestaan fossiele brandstoffen?

Uit koolstofatomen en waterstofatomen; zuurstof is niet perse nodig! (vb. Aardgas)

2pt. ***5***

Geef twee oorzaken waardoor je op sommige plekken géén olie zult vinden.

Er was vroeger geen zee; er is geen caprock.

2pt. ***6***

Is er een verband tussen de aantal poriën in een gesteente en zijn permeabiliteit?

ja, hoe meer poriën, des te meer permeabel een gesteente is, mits de poriën met elkaar zijn verbonden; nee, het aantal poriën hoeft geen invloed te hebben op de permeabiliteit van een gesteente: de poriën kunnen of te klein zijn of niet met elkaar zijn verbonden.

3pt. ***7***

Leg in drie stappen uit hoe aardolie wordt gevonden.

Stap 1: onderzoek of er op deze plek vroeger een zee was; stap 2: stuur trillingen de grond in en vang ze op en localiseer de caprock(of: door middel van seismisch onderzoek een caprock zoeken); stap 3: doe een proefboring.

4pt. ***8***

Maak een schets van de doorsnede van een boorput met meerdere casings na het cementeren.

Combinatie van de afbeeldingen op pagina 2 van 2.3.

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.

10 IT'S ALL ABOUT ENERGY!

TOETS

3pt. ***9***

Stel de dichtheid van mud is 1,234 kg/m³. Je bereikt een olieveld met een druk van 400 bar (4.000.000 kg/ m²) op 2,7 km diepte. Is de dichtheid van de mud groot genoeg om een blow-out tegen te gaan? Ga er vanuit dat de gemiddelde doorsnede van de boorput 0,10 m² is.

Inhoud is 0,1 x 2700 = 270 m³ (1p). Massa van de mud in de boorput is 270 x 1,234 = 333,18 kg (1p). Je hebt dus lang niet genoeg tegendruk! Je krijgt een blow-out (1p)

2pt. ***10***

Het record waarin de zeebodem naar olie werd geboord is op 3051 meter waterdiepte. Leg uit welke installatie daarvoor werd gebruikt. Geef twee redenen.

Een semi-submersible/ een boorschip: kan met ankers verzekeren aan de bodem/ in positie worden gehouden door middel van dynamic positioning. Kan zich aanpassen aan de stromingen.

2pt. ***11***

Door middel schuin boren (snake wells] kunnen velden onder stedelijke gebieden worden gewonnen. Geef nog twee andere situaties waarin snake wells ingezet kunnen worden.

Het aftappen van een toren dat in brand staat; het winnen van meerdere kleine velden in de buurt van elkaar.

2pt. ***12***

Geef een definitie van de superkritische fase.

De superkritische fase is een toestand van een stof waarin het de eigenschappen heeft van zowel een gas als een vloeistof. De stof is weinig visceus en heeft toch een hoge dichtheid.

2pt. ***13***

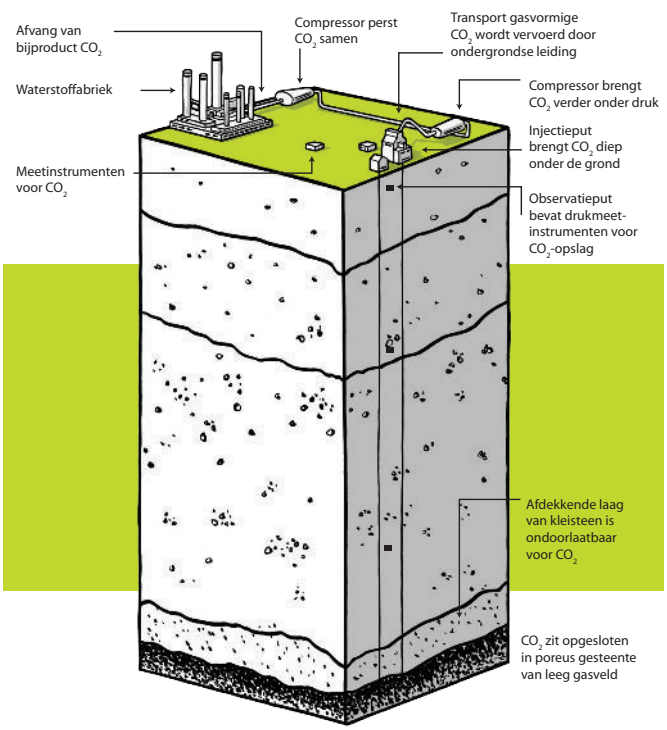
Geef 2 voordelen voor het gebruiken van de superkritische fase voor ondergrondse CO_2-opslag.

De voordelen van de superkritisch fase is dat er meer CO_2 onder de grond kan dan in de gas fase en dat deze beter ondergronds stroomt, doordat het minder visceus is dan de vloeibare fase.

5pt. ***14***

Maak een schematische tekening hoe CO_2 onder de grond wordt opgeslagen. Geef met pijlen aan welke onderdelen wat zijn.

Voor elk goed onderdeel een 1/2 punt.



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.

TOETS

IT'S ALL ABOUT ENERGY! 11

3pt. ***15***

Uit welke drie stappen bestaat pre-combustion? Geef bij elk van de drie termen een betekenis aan de begrippen.

1. Vergassing 2. CO_2-afvang 3. Verbranding

1. De brandstoffen worden onder invloed van zuurstof gesplitst in waterstofgas en koolstofdioxide
2. Koolstofdioxide wordt afgevangen en via een aparte buis richting de CCS-installatie geleid.
3. Het waterstofgas wordt verbrand waarbij elektriciteit wordt gegenereerd.

2pt. ***16***

Wat betekent viscositeit? Bedenk zelf een voorbeeld waarin je laat zien wat viscositeit precies is of doet.

Viscositeit is de stroperigheid van stoffen. Een goed voorbeeld is appelstroop en water. Water valt direct uit een glas wanneer je deze omdraait. Wanneer je een glas appelstroop omdraait duurt het heel lang voordat het er uit glijdt.

1pt. ***17***

Wat is de belangrijkste voorwaarde, ivm de veiligheid, waar een leeg gasveld aan moet voldoen voordat het gebruikt mag worden om CO_2 in op te slaan?

Er mogen geen gaten zijn in de caprock, omdat anders CO_2 naar boven kan ontsnappen.

3pt. ***18***

Geef de drie factoren voor veilige CO_2-opslag.

1. Het zorgvuldig in kaart brengen van het gasveld en caprock
2. Koolstofdioxide herstelt het drukevenwicht, waardoor er minder bodemdaling ontstaat
3. De afstand van de centrale tot de ccs installatie verkleinen

1pt. ***19***

Waardoor was het mislukt om CO_2 op te slaan in Barendrecht?

De bewoners niet genoeg ingelicht over het project. De bewoners hadden teveel twijfels over de feilbaarheid van de technologie.

1pt. ***20***

Waarom is het belangrijk om CO_2 onder de grond op te slaan als je dit bekijkt uit een breed perspectief?

CCS kan een aanzienlijk winst opleveren tov van de uitstoot van CO_2 waardoor klimaatdoelstellingen gehaald kunnen 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.

