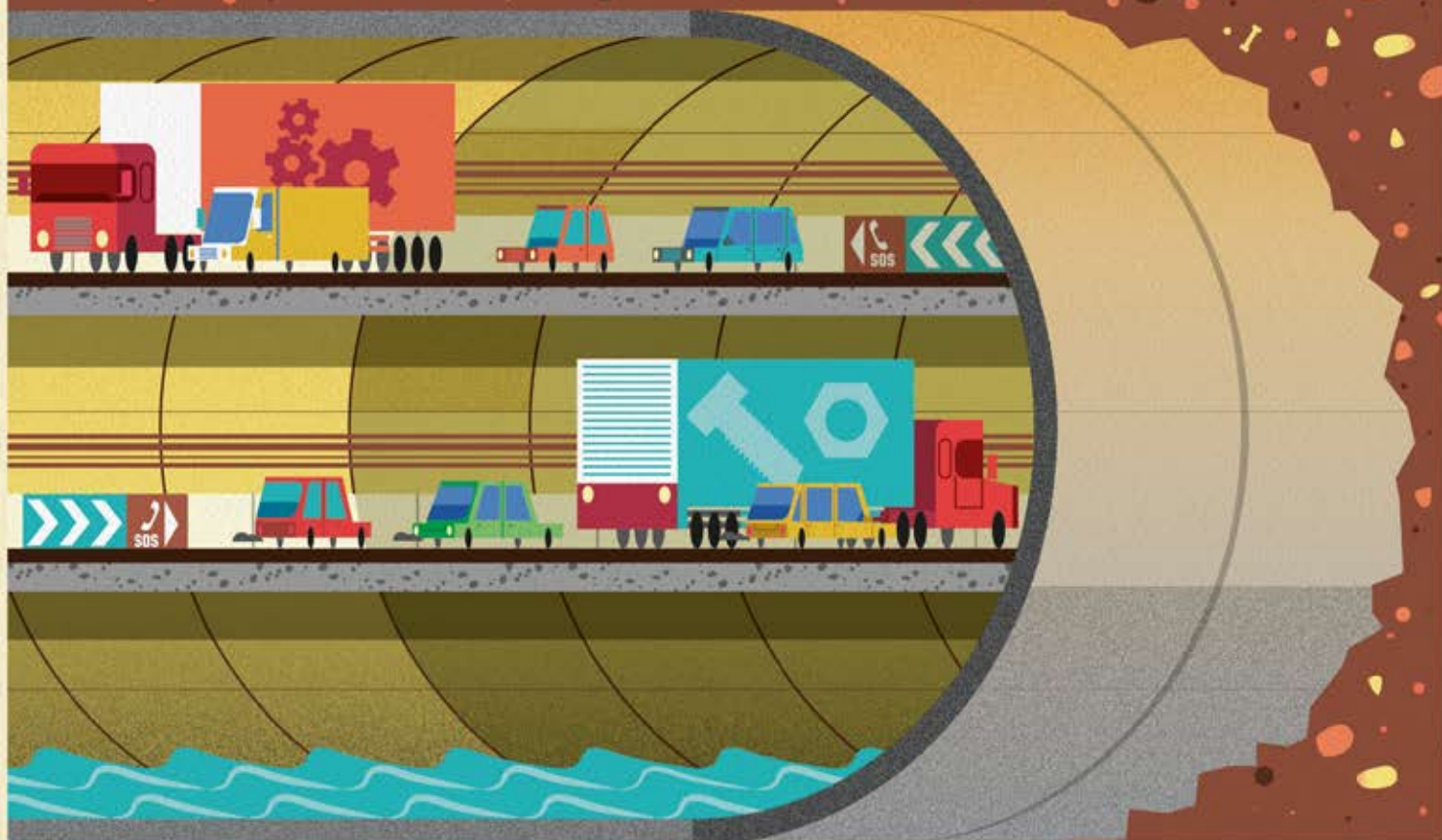


INGENIEURS

Ontwerpen

TUNNELS



GRAAFWERK!

Tunnels graaf je als het moeilijk is om over land van de ene plaats naar de andere te reizen. Bijvoorbeeld door een berg heen. Ook zijn er tunnels die onder het water door gaan. In Nederland is de langste wegtunnel de Westerscheldetunnel met 6,6 km. De langste spoortunnel is de Groene Harttunnel met 8,6 km.

De oudste tunnels werden 4000 jaar geleden al gemaakt, maar de techniek wordt nog steeds verbeterd.

De langste tunnels ter wereld

De langste tunnels ter wereld worden gebruikt om water te vervoeren naar de grote steden. Dit zijn de zes langste tunnels:

- Delaware aquaduct, New York, VS: 137 km
- Päijänne watertunnel, Finland: 120 km
- Dahuofang watertunnel, China: 85,3 km
- Orange-Fish riviertunnel, Zuid Afrika: 83 km
- Bolmen watertunnel, Zweden: 82 km
- Emisor Oriente tunnel, Mexico: 62,5 km

Volg de tunnel om de bijbehorende plaats te vinden.

2180–2160 v. Chr.

Mensen in **Babylonië** maakten tunnels van baksteen om water naar de akkers te brengen.

37 v. Chr.

Tussen de Italiaanse plaatsen Napels en Pozzuoli werd een tunnel van 700 meter gebouwd. Met ventilatie, zodat de mensen onder de grond genoeg lucht kregen.

1667–1680

Het kanaal van Midi in Frankrijk kreeg een tunnel door een berg heen. Bij de bouw van de tunnel werd voor het eerst buskruit gebruikt om de rotsen op te blazen.

1825

Ingenieur Marc Isambard Brunel bedacht een techniek waarmee hij een tunnel onder water door kon maken. Dat deed hij in de zachte klei onder de rivier de Theems, bij Londen. De tunnel werd in 1843 geopend (zie blz. 6).

1866

De Zweedse uitvinder Alfred Nobel vond het dynamiet uit. Hiermee kon je rotsen opblazen.

1874

Peter M. Barlow en James Henry Greathead bedachten samen een cirkelvormig tunnelschild. Dit werd ook gebruikt bij het graven van de eerste ondergrondse spoorlijn ter wereld: de metro van Londen.

1907

Carl Akeley vond het **sputbeton** uit. Dat is **beton** dat je onder hoge druk tegen de muren van een tunnel spuit. Zo droogt het natte beton sneller en heb je geen gietmallen nodig. Het werd voor het eerst gebruikt in de Verenigde Staten, in Chicago.

1927

In de Holland tunnel in New York werden voor het eerst mechanische ventilatoren gebruikt. Hiermee werd de lucht in de tunnel ververst (zie blz. 10).

1952

James S. Robbins bouwde de eerste moderne tunnelboormachine (TBM). De techniek van het tunnelbouwen verbeterde enorm door dit apparaat.

THEEMS TUNNEL

De Theems tunnel werd gebouwd tussen 1825 en 1843. Wat een vernieuwend en spannend bouwproject was dat! Het was de eerste tunnel onder een brede rivier, de Theems. De ingenieurs gebruikten nieuwe, nooit eerder toegepaste technieken. Bij de opening van de tunnel noemden de mensen dit knappe staaltje bouwkunst daarom ook wel het 'achtste wereldwonder'.

Het idee



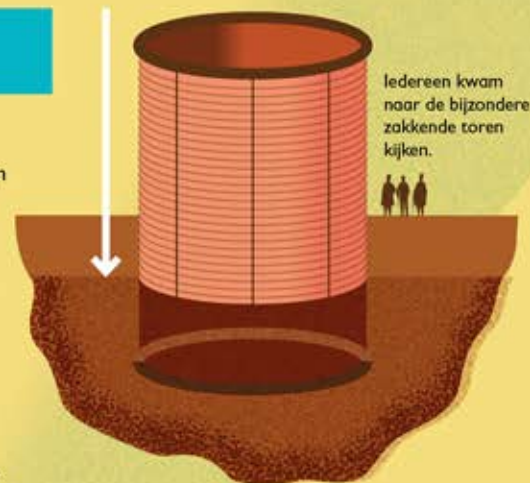
Bouw een tunnel tussen Rotherhithe en Wapping, onder de druk bevaren rivier de Theems door, bedoeld voor voetgangers en paard en wagen.

Ingenieurs: Marc Isambard Brunel, Thomas Cochrane en Isambard Kingdom Brunel

Locatie (plek): van Rotherhithe naar Wapping, Londen

Ingang in toren

Marc Brunel bedacht een slim plan om veilig onder de grond te kunnen beginnen met de bouw van de tunnel. In Rotherhithe liet hij, een eindje van de rivieroever af, een hoge ronde toren van baksteen bouwen. De boven- en onderkant van de ronde toren versterkte hij met ijzeren ringen die met elkaar verbonden waren door ijzeren staven. Toen de toren gebouwd was, haalde men voorzichtig het zand onder de toren weg. Omdat de toren zo zwaar was, zakte hij door de **zwaartekracht** meteen naar beneden.



Na twee maanden was de toren helemaal in de grond gezakt. Toen bouwden werklui de **fundering** van de toren. Daarna braken ze een deel van de ronde muur af. Nu konden ze beginnen met het graven van de tunnel.

Tunnelschild

Marc Brunel en Thomas Cochrane bedachten het tunnelschild. Hierdoor konden meerdere werklui tegelijkertijd graven.



Voetgangers konden via een trap de tunnel in. Door geldgebrek kwamen er geen toeritten voor paard en wagen. Maar vanaf 1869 liep er een spoorlijn door de tunnel. Reis je nu naar het centrum van Londen? Dan gebruik je de tunnel nog steeds.

Het tunnelschild was een groot, rechthoekig raamwerk, sterk genoeg om het dak en de zijkanten van de tunnel te ondersteunen. Binnen het gletijzeren raamwerk werkten de mijnwerkers op drie verdiepingen. Zij groeven de tunnel, terwijl de mannen achter het schild gauw de bakstenen muren van de tunnel metselden.

De complete tunnel was 396 meter lang, 11 meter breed, 6 meter hoog en lag 23 meter onder het wateroppervlak.

Theems

Mensen die het werk van dichtbij wilden bekijken, konden een kaartje kopen. Daarmee werd geld ingezameld voor de bouw. Aan het einde van de tunnel hingen spiegels, zodat hij langer leek.

INGENIEURS Ontwerpen TUNNELS

Over de hele wereld zijn er tunnels die mensen en plaatsen met elkaar verbinden, dwars door de ruigste gebieden.

Hoe gaat dat eigenlijk: enorme tunnels bouwen die niet instorten?

In *Tunnels* lees je over beroemde tunnels, ondergronds en onder zee, overal ter wereld. Welke problemen moesten er overwonnen worden bij de bouw?

Kijk ook naar de tekeningen en de prachtige foto's! Zo begrijp je hoe ongelooflijk knap het is om dit soort bouwwerken te ontwerpen en te bouwen.

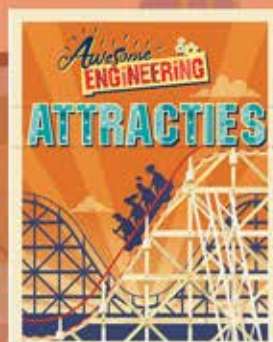
Lees ook de andere boeken van deze serie:

corona



9 789463 414128

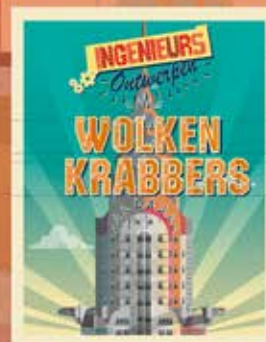
www.schoolsupport.nl



978-94-6341-413-5



978-94-6341-415-9



978-94-6341-414-2