

**BRUGGEN BOUWEN: KANGOEROE 3^e -4^e LEERJAAR / GROEP 5-6****24. DE ROMEINEN BOUWEN EEN BRUG****1**

Om een vaste brug te bouwen, maakten de Romeinen gebruik van een schipbrug. Dit zijn verschillende schepen die naast elkaar in het water liggen en een brug vormen. De vaste brug werd van hout gemaakt en steunde op vijf stenen pijlers, die in de rivier kwamen te staan. Er werden houten wanden, damwanden, opgesteld. Op die manier konden de werklieden de pijlers bouwen zonder onder water te moeten werken.

2

Eerst werden er palen naast elkaar in de rivierbodem geslagen. Het waren kaarsrechte stammen met afgeschraapte bast en waaraan met een bijl een punt was gehakt. Ze werden met kettingen bijeen gehouden in een vorm zodat het water van de rivier er gemakkelijk langs kon stromen.

3

Gaten tussen de palen werden met taaie klei dichtgemaakt. Het water uit de op die manier gevormde put halen, was een hele karwei, de Romeinen beschikten immers nog niet over pompen. Ze ledigden de put met emmers die stuk voor stuk uit de put werden gehesen. Bij het bouwen van een pijler, plaatsten de Romeinen in de drooggelegde rivierbodem palen in een kring met een zware blok. Aan de binnenkant van die palenkring werden horizontaal planken aangebracht. Binnen deze bekisting werd een mengsel gestort van kleine stenen en kalk, waaraan puzzolaanaarde was toegevoegd. De puzzolaanaarde zorgde ervoor dat het mengsel, het beton, snel hard werd. Met vlakke blokken natuursteen aan de buitenkant en beton aan de binnenkant, bouwden ze op de gestorte fundering van de pijler.

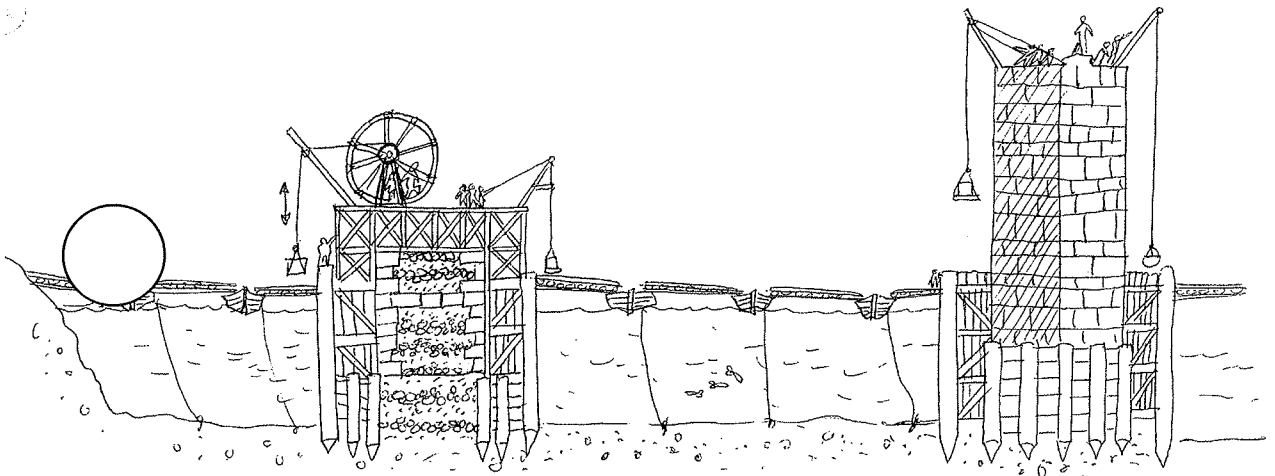
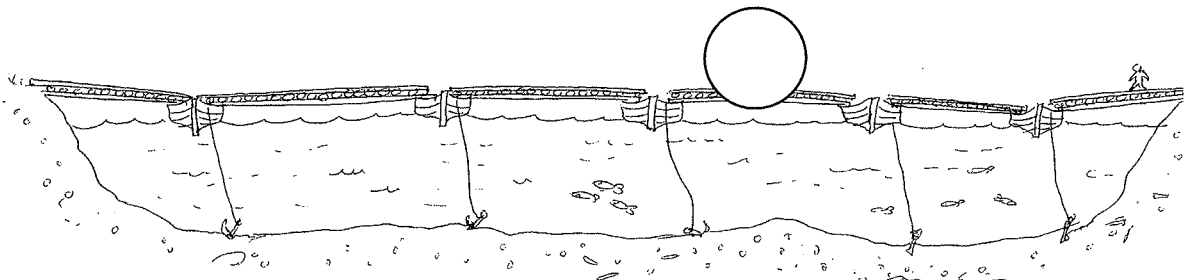
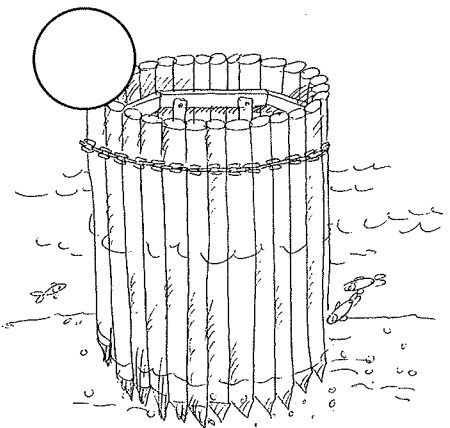
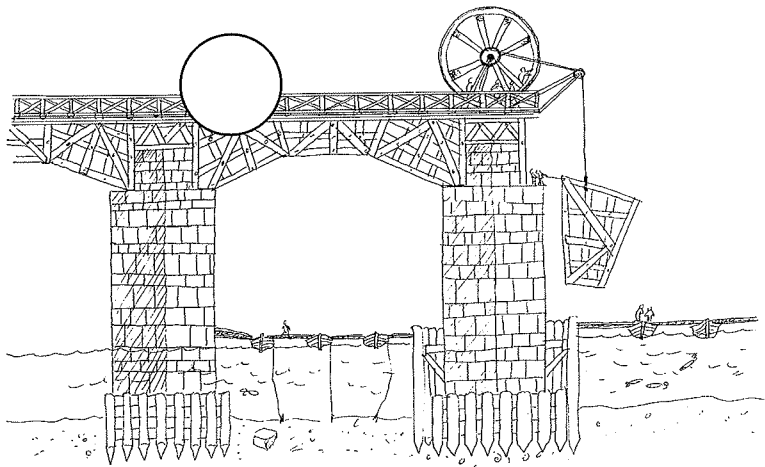
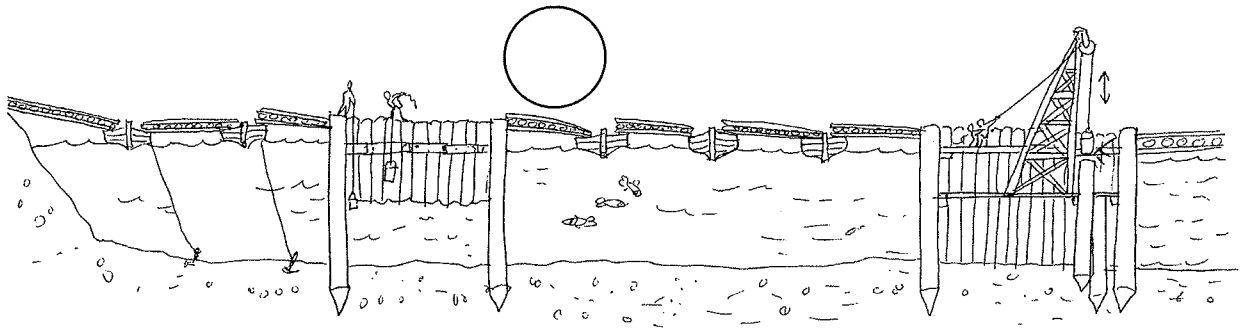
4

Ze bouwden de pijlers ongeveer 10 meter boven het wateroppervlak en brachten er houten bogen tussen aan. Voor het zware hijswerk bij de bouw van een brug, werden tredradkranen gebruikt.

5

Over de houtconstructie werd een houten weg, het brugdek, aangebracht. Aan weerskanten werd een leuning gemaakt die ervoor zorgde dat voetgangers, ruiters en wagens niet van de brug zouden vallen. Het brugdek was ruim 15 meter boven de rivier, zodat schepen met volle zeilen eronder door konden varen. De damwanden rondom de pijlers werden verwijderd en de schipbrug afgebroken.

a. Nummer de tekeningen volgens de tekstfragmenten.





b. Vul aan. Kies een gepast synoniem.

afschrapen – pijler – puzzolaanaarde – bodem – hijsen – wand –
 schipbrug – bekisting – kalk – dam – bast – klei – tredradkraan

vlotbrug, pontonbrug	.....
Brugsteun	.....
Waterkering	.....
Schot	.....
Boomschors	.....
Schoonkrabben	.....
leem, aarde	.....
Bedding	.....
Damwand	.....
Metselspecie	.....
Cement	.....
Takel	.....
Takelen	.....



c. Nummer de zinnen in de juiste volgorde van 1 tot en met 5.

- Het afbakenen van damwanden.
- De constructie van het brugdek
- De aanleg van een schipbrug.
- De opbouw van de pijlers
- Het leggen van de fundering



d. Kies een woord dat het best bij de omschrijving past.

afschrapen – pijler – puzzolaanaarde – bodem – hijsen – wand –
 schipbrug – bekisting – kalk – dam – bast – klei - tredradkraan

- op water drijvende brug bestaande uit meerdere pontons
- ondersteunend deel van brugfundament (onderbouw brug)
- alles wat aangelegd is om water tegen te houden
- houten afrastering
- deel van een boom onder de schors
- schoonmaken door de ruwe buitenkant eraf te krabben
- fijnkorrelige grondsoort om te boetseren, dicht te maken, te pleisteren
- vaste ondergrond onder water
- tijdelijke betimmering om de mortel in de gewenste vorm te houden
- leemachtige grondsoort
- roodachtige vulkanische grond of aarde
- toren met kabels en katrollen om zware voorwerpen op te hijsen
- een last optillen door middel van bijvoorbeeld een tredradkraan



25. DE ROMEINEN BOUWEN EEN AQUADUCT

25.1 De bouwtechniek van een aquaduct

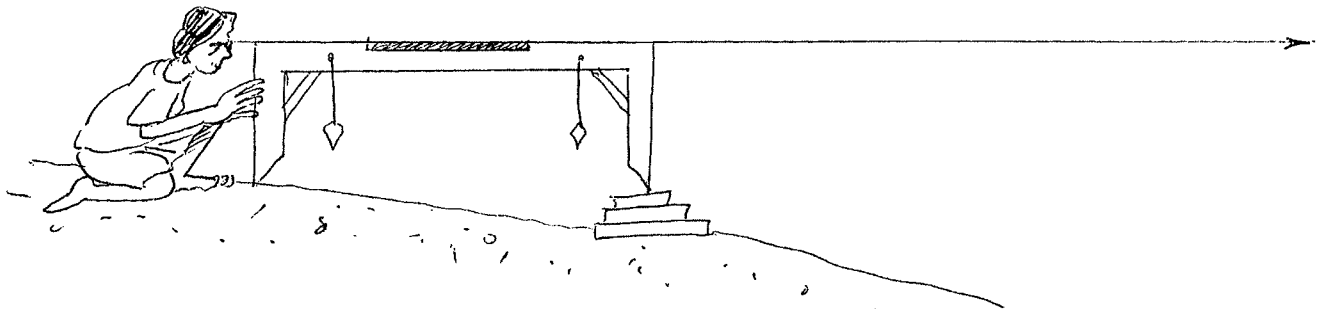
Aquaducten of waterleidingen

Het woord 'aquaduct' is afgeleid van de Latijnse woorden 'aqua' (water) en 'ducere' (leiden). Velen denken onterecht dat aquaducten door de Romeinen werden uitgevonden. Vanaf de vroegste oudheid, werden woongebieden in Mesopotamië al van water voorzien door overdekte kanalen die een verbinding vormden met de rivieren de Tigris en de Eufraat. Ook de Oude Grieken hebben onderaardse gangen en kanalen gebruikt, die in de rotsen waren uitgehouwen, om het water naar droge gebieden te laten stromen.

De Romeinen construeerden talrijke aquaducten om water te transporteren naar steden en industriële gebieden. Rome zelf had de hoogste concentratie van aquaducten, maar liefst elf, gebouwd over een periode van 500 jaar en onder de regering van 36 keizers. Deze aquaducten behoren tot de grootste technische prestaties van het oude Rome. Zij behaalden een technische norm die zelfs in de 1000 jaar daarop niet werd geëvenaard en doorstaan nog steeds 'de tand des tijds'. Heel bekend zijn de Aqua Marcia/Rome (Italië), Pont du Gard (Frankrijk), Caesarea (Israel), Segovia (Spanje).

Vele steden, voornamelijk in Noord-Afrika, gebruiken ook nu nog de oude aquaducten voor hun watervoorziening.

De Chorobates

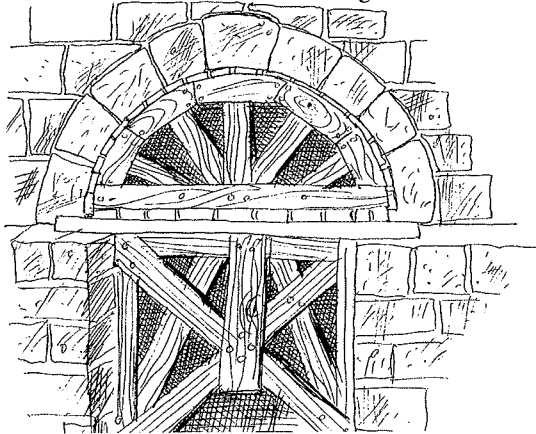


Na het kiezen van een geschikte plaats voor het bouwen van een aquaduct, werd een kaart gemaakt. Hierop kon je de hoogte van heuvels en dalen die op het traject lagen aflezen. Om die hoogten te bepalen, gebruikten de landmeters een **chorobates**. Met dit instrument konden ze een horizontaal vlak uitzetten. De chorobates had de vorm van een tafel met bovenin een gleuf. In de gleuf deden ze water. Zo zagen ze wanneer het oppervlak van het water evenwijdig was aan de bovenzijde van de tafel en die dus 'waterpas' stond. Aan de zijkant van de tafel hingen vier gewichten aan draden. Wanneer die draden verticaal, evenwijdig aan de poten van de tafel hingen, was dat een extra aanwijzing dat de chorobates **waterpas** stond.

Door langs het bovenvlak van de chorobates te kijken, konden de landmeters een denkbeeldige horizontale lijn over de hele weg van het aquaduct uitzetten. Om de tien meter langs deze lijn werd de hoogte tussen de lijn en de grond gemeten. Ze tekenden de lijnen op perkament en duiden de verticale afstanden aan. Door alle punten met elkaar te verbinden, kregen de kaarttekenaars het juiste profiel van het landschap. Bij het tekenen van het aquaduct op het perkament, zagen de ingenieurs of het aquaduct op de grond, door de bodem of ver boven de grond zou lopen. Het aquaduct moest van begin tot eind steeds gelijkmatig aflopen om het water te laten stromen.

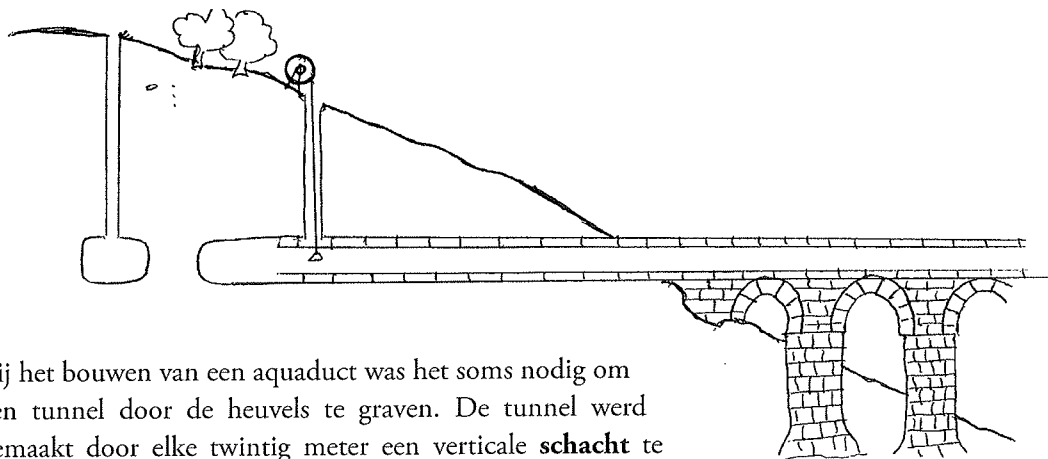
Bouwen in de hoogte

Om te voorkomen dat mensen water zouden stelen of vergiftigen, werd het grootste deel van het aquaduct ongeveer dertien meter boven de grond gebouwd. Het werd ondersteund door een lange rij bogen op hoge vierkante **pijlers** die op diepe **fundamenten** rustten. De fundamenten en pijlers waren gebouwd van blokken natuursteen aan de buitenkant, gemetseld met mortel, en lagen beton binnenin. Om beton te maken, spreidden de metselaars eerst een laag ruwe steenblokken in het te vullen gedeelte. Dan bedekten opperlieden de stenen met een laag mortel om alles samen te binden. Na het zakken van de mortel, legden ze er een volgende laag op.



Na het bouwen van twee pijlers, bouwden ze er met behulp van een **houten formeel** een boog tussen. De ruimte tussen twee bogen werd met metselwerk opgevuld. Het aquaduct zelf was een stenen buis met een rechthoekige doorsnede van ruim een meter breed en twee meter hoog. Die buis werd boven op de bogen gebouwd. De binnenkant van de buis werd met een laag harde mortel afgewerkt om lekken te voorkomen.

Tunnels graven



Bij het bouwen van een aquaduct was het soms nodig om een tunnel door de heuvels te graven. De tunnel werd gemaakt door elke twintig meter een verticale **schacht** te delven. De diepte van de schachten werd bepaald door de maten die ze op de profielkaart terugvonden. De werklieden groeven een horizontale **verbindingsgang** vanuit de bodem van de schachten. De aarde werd naar boven gehesen en als er een gedeelte van de tunnel klaar was, bekleedden de metselaars dat met stenen en een laag harde mortel.

Werklieden

Het hoofd van de waterbouwkundige afdeling reed eens per de week de stad uit om het bouwwerk te inspecteren. De ploegbazen en de werklieden woonden in kampen die met het aquaduct mee verhuisden.

a. Ga op zoek naar het juiste vetgedrukte woord in de tekst.

Een aquaduct is een soort

Een waterpas of

De basis van een gebouw is het

Steunen die iets overeind houden zijn

Timmerwerk om metselwerk te ondersteunen of een

Ondergrondse gangen of

b. Ga in de tekst op zoek naar het antwoord op de vragen.

Welke volkeren kenden nog voor de Romeinen aquaducten?

.....

Waarom denken velen dat de Romeinen de aquaducten hebben uitgevonden?

.....

.....

Uit welke Latijnse woorden kun je de betekenis van aquaduct 'waterleiding' afleiden?

.....

Waaruit blijkt dat verscheidene aquaducten 'de tand des tijds' hebben doorstaan?

.....

.....

Op welke drie verschillende manieren kon een aquaduct zijn loop hebben?

.....

Hoe kon je met een chorobates verticaal en loodrecht meten?

.....

.....

Op welke manier verschilt de chorobates van een moderne waterpas?

.....
.....

Waarom werd het grootste gedeelte van de aquaduct zo hoog boven de grond gebouwd?

.....

Welke soort brug is een aquaduct? Een liggerbrug, een boogbrug of een hangbrug?

.....

Waarom werd de binnenkant van de buis van een aquaduct met mortel afgewerkt?

.....

Waarom werden de tunnels door de heuvels op zo een korte afstand van 20 m gegraven?

.....
.....
.....

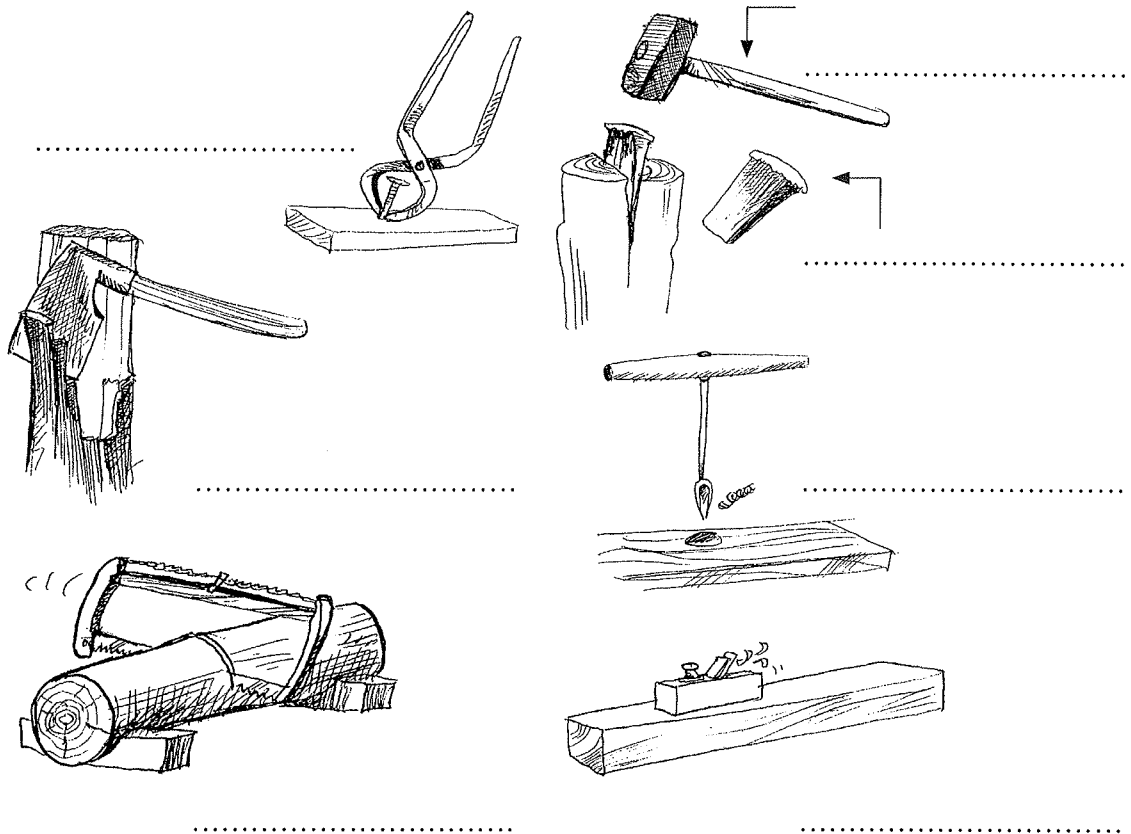


c. Zoek afbeeldingen van verschillende aquaducten.

25.2 Houtbewerkinggereedschap

a. Schrijf het juiste woord bij de tekening. Kies uit.

bijl – schaaf – voorhamer – spanzaag – wig – avegaar/handboor – nijptang



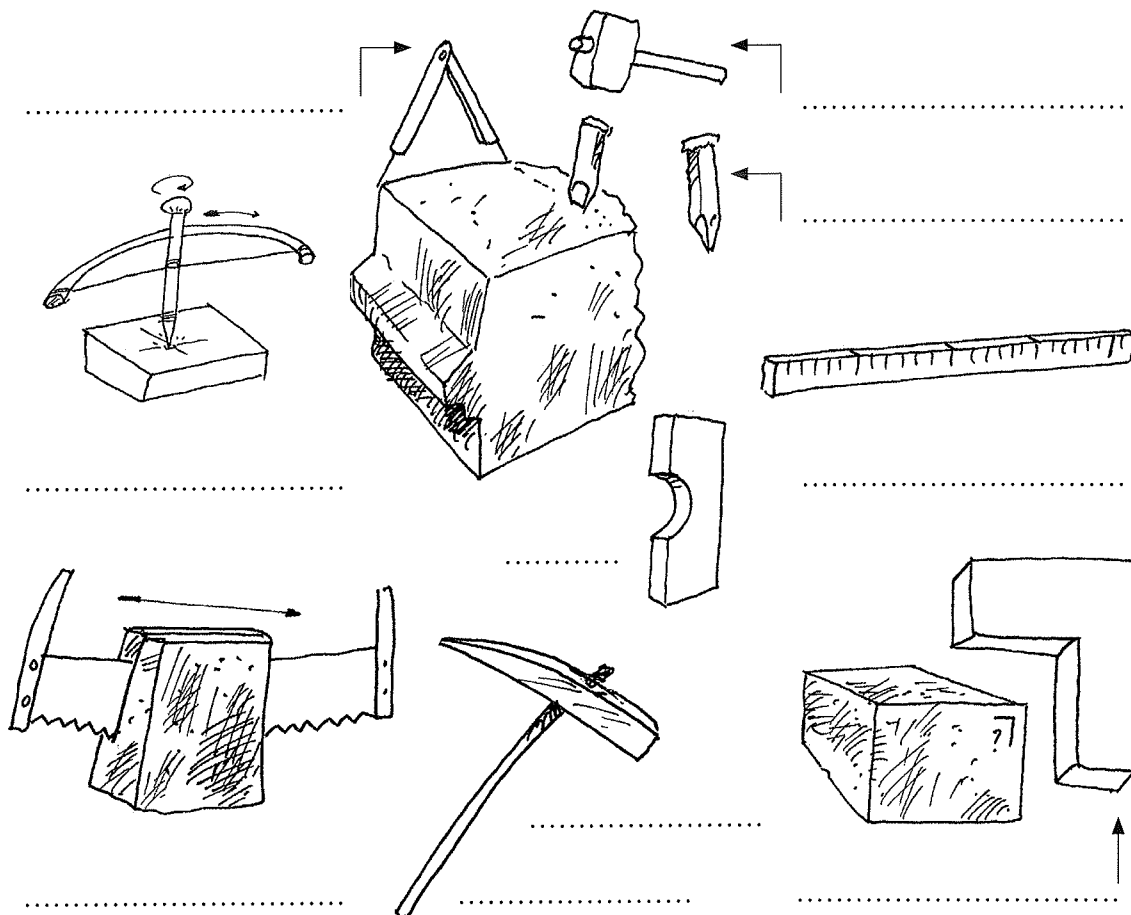
b. Waarvoor wordt het gereedschap gebruikt? Vul het juiste gereedschap in.

- Om de zijkant van een stam recht te hakken of te kantrechten, gebruik je
- Je maakt grote gaten in hout met
- Om boomstammen dwars door te zagen, gebruik je
- Om spijkers uit te trekken, gebruik je
- Om hout te splijten, gebruik je
- Een grote hamer met een lange steel om een wig in een boomstam te slaan, heet
- Een werktuig met uitstekend snijvlak in schuine stand om voorwerpen glad te maken of er een bepaalde vorm aan te geven, heet

25.3 Steenhouwergereedschap

a. Schrijf het juiste woord bij de tekening. Kies uit.

trekzaag – steekpasser – meetlat – mal – puntbeitel – hamer – boor –
winkelhaak – spitsvlecht/pikhouweel



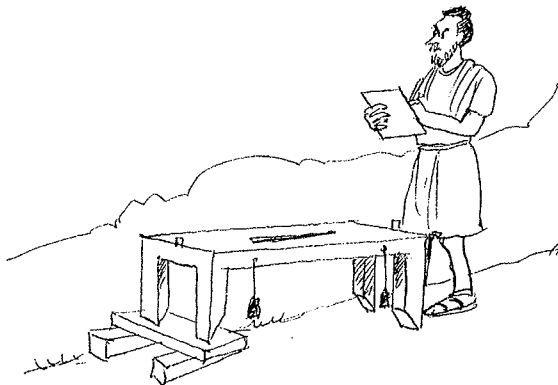
b. Waarvoor wordt het gereedschap gebruikt? Schrijf het gereedschap bij de omschrijving.

- Om een zacht natuursteen door te snijden, gebruik je
- Om maten uit te zetten, gebruik je
- Om de juiste vorm op de steen af te tekenen, gebruik je
- Om steen ruw te bewerken, gebruik je
- Om te controleren of een hoek goed recht of haaks is, gebruik je
- Je maakt grote gaten in steen met

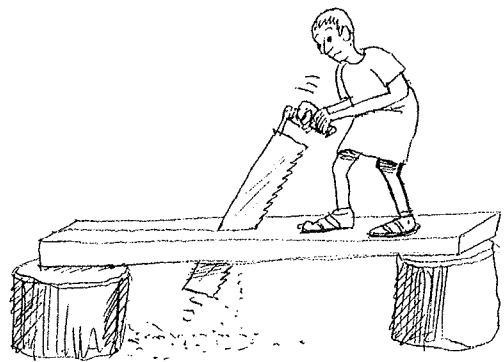
25.4 Wie doet wat?

a. Schrijf het juiste beroep bij de tekening. Kies uit.

smid – kaarttekenaar – steenkapper – architect – steenhouwer – timmerman – metselaar



.....



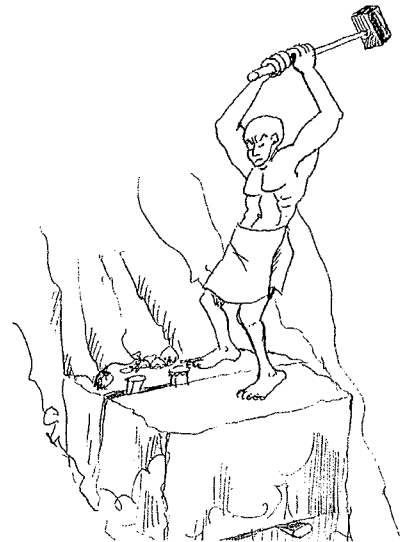
.....



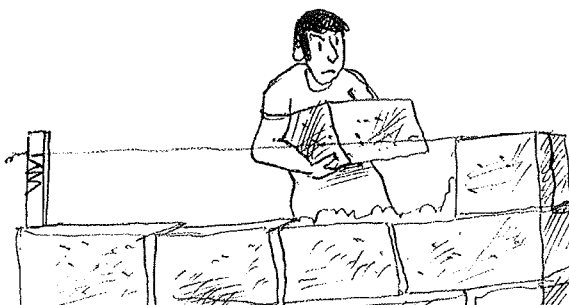
.....



.....



.....



.....



.....

b. De mannen die het aquaduct gebouwd hebben, waren handenarbeiders uit de streek.
Schrijf het juiste beroep bij elke omschrijving.

- Hij bedenkt de brug en tekent de plannen.

Het is

- Hij bestudeert het terrein en berekent het hoogteverschil.

Het is

- Hij delft de stenen op uit de steengroeve.

Het is

- Hij kapt de steenblokken.

Het is

- Hij maakt de metalen werktuigen.

Het is

- Hij maakt de mortel die dient om de stenen bij elkaar te houden.

Het is

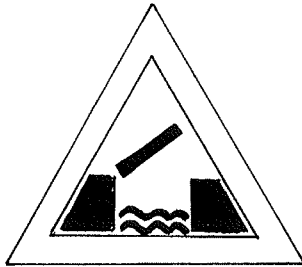
- Hij timmert de boogvormen in elkaar.

Het is



26. MOBIELE BRUGGEN NAAR WIJZE VAN OPENEN OF DICHTGAAN

26.1 Soorten bruggen



Bruggen kunnen op basis van verschillende criteria onderverdeeld worden: volgens constructie, gebruik, materiaal, naar wijze van open- en dichtgaan... In dit hoofdstuk maken we een indeling volgens de manier waarop bruggen open- en dichtgaan.

Op veel plaatsen waar verkeer het water kruist, is het niet mogelijk de brug zo hoog te maken dat al het waterverkeer ongestoord de brug kan passeren. Vandaar dat er beweegbare bruggen zijn ontwikkeld.

We onderscheiden zes richtingen van beweging:

- translatie of horizontaal **verschuiven langs de x-as.**
- translatie of horizontaal **verschuiven langs de y-as.**
- translatie of verticaal **verschuiven langs de z-as.**
- rotatie of **verdraaien met/om de x-as.**
- rotatie of **verdraaien met/om de y-as.**
- rotatie of **verdraaien met/om de z-as.**

Hierbij loopt de **x-as evenwijdig met de weg** over de brug, dus haaks op de oever/(van) de waterweg. De **y-as** loopt langs de oever **parallel met de waterweg.**

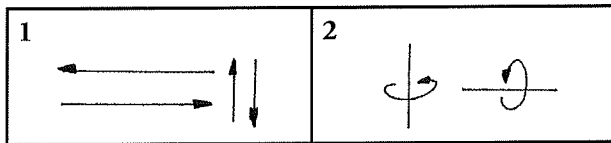
Daar waar de x-as en de y-as in het horizontaal vlak liggen, staat de **z-as** verticaal, **loodrecht op het wateroppervlak.**

In de loop der eeuwen zijn er bruggen ontworpen die bewegen langs de x- en z-as en die draaien om de y- en z-as. Met de wisseling van het laatste millennium, is de eerste brug gebouwd die draait om de x-as. Verschuiven langs de y-as, langs de oever, is voor de scheepvaart als brug uiteraard nutteloos, tenzij het een rollende **brugkraan** betreft.

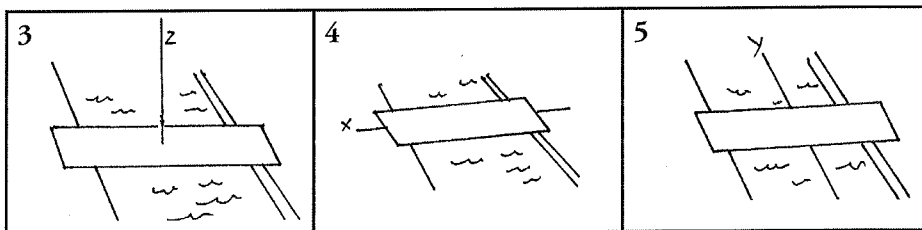


SCHEMA A: HET OPEN EN DICTGAAN VAN BEWEEGBARE BRUGGEN.

Pictogrammen translatie/verschuiven en rotatie/(ver)draaien



Pictogrammen x-as, y-as en z-as



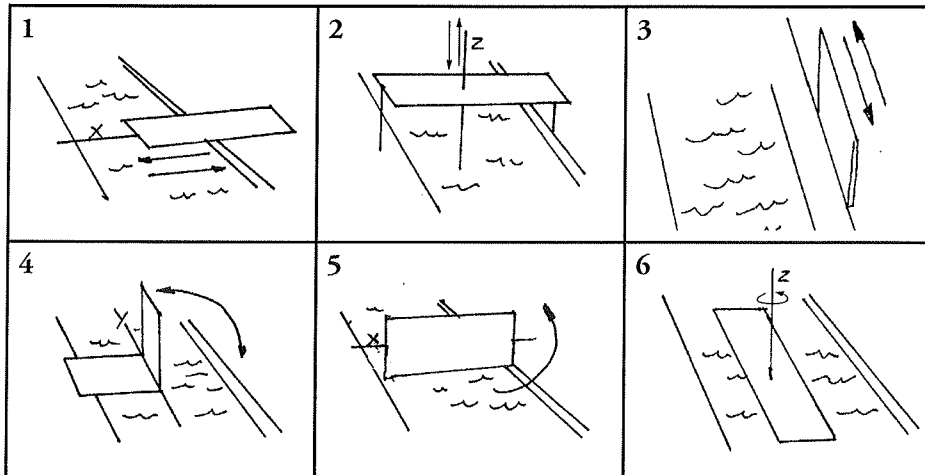
a. Schrijf het nummer van het pictogram in het passende vakje.

		rotatie (ver)draaien	translatie verschuiven
	openen of dichtgaan → assen ↓		
x-as			
y-as			
z-as			



SCHEMA B: HET OPEN EN DICTGAAN VAN BEWEEGBARE BRUGGEN

Pictogrammen rotatie/(ver)draaien met/om en translatie/verschuiven langs x-as, y-as en z-as.

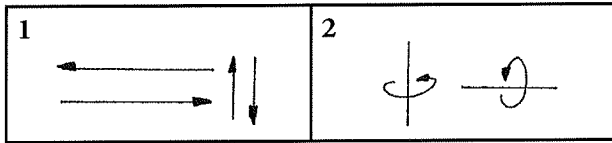


Schrijf het nummer van het pictogram in het passende vakje.

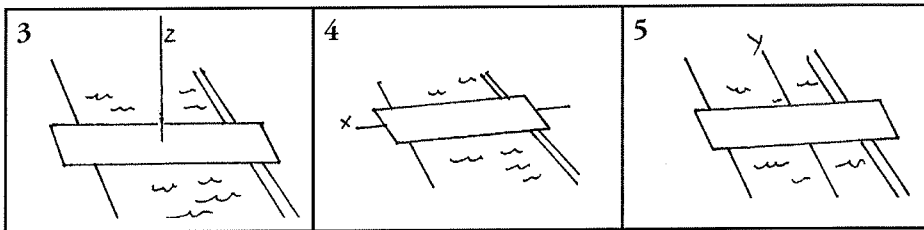
		rotatie (ver)draaien	translatie verschuiven
	openen of dichtgaan → assen ↓		
x-as			
y-as			
z-as			

SCHEMA C: HET OPEN EN DICTGAAN VAN BEWEEGBARE BRUGGEN

Pictogrammen translatie/verschuiven en rotatie/(ver)draaien



Pictogrammen x-as, y-as en z-as

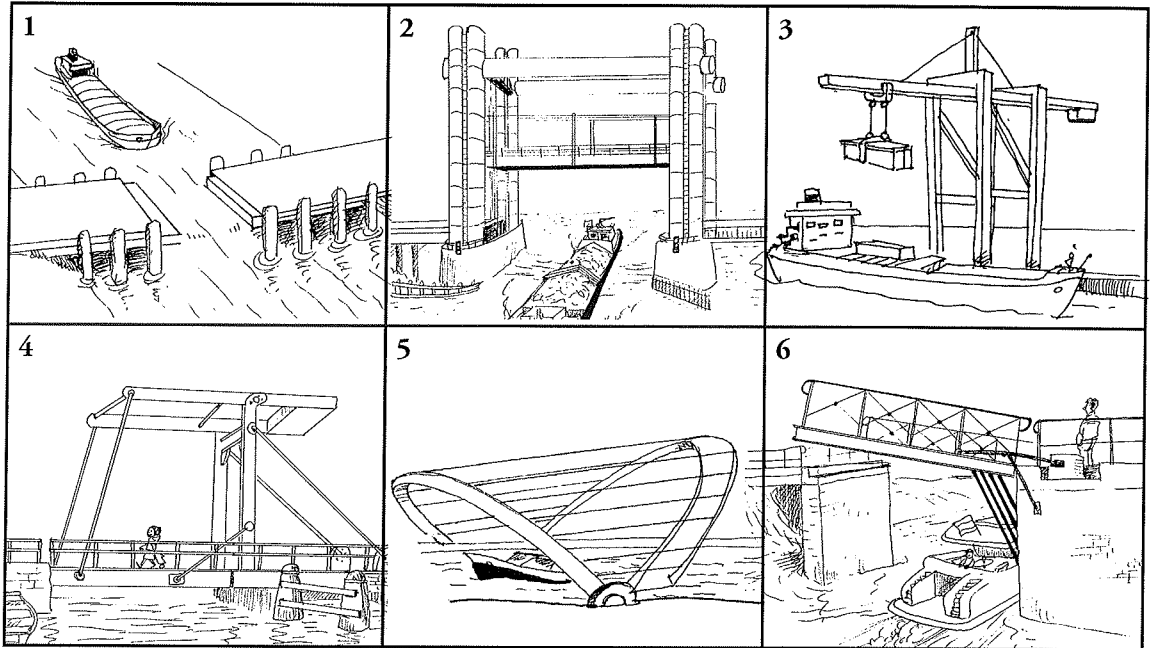


Schrijf het nummer van het pictogram in het passende vakje.

		rotatie (ver)draaien	translatie verschuiven
	openen of dichtgaan → assen ↓		
x-as			
y-as			
z-as			

SCHEMA D: HET OPEN EN DICTGAAN VAN BEWEEGBARE BRUGGEN

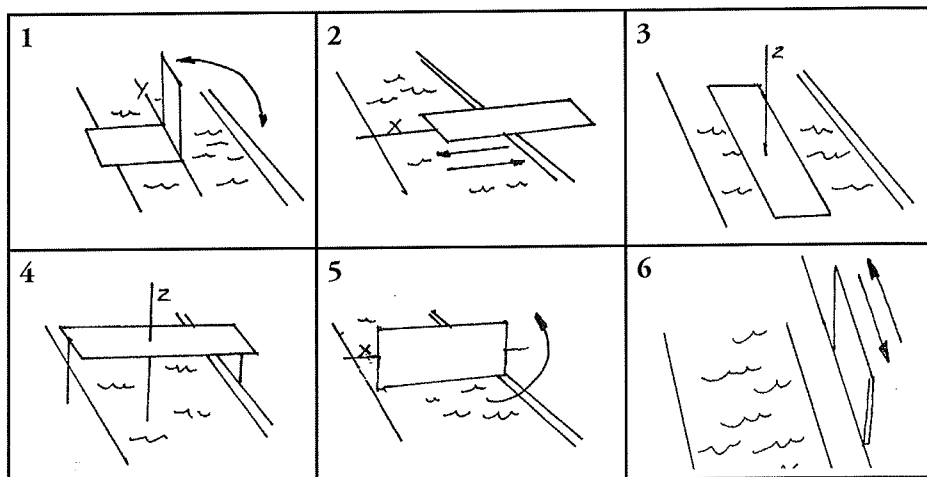
Pictogrammen rotatie/(ver)draaien met/om en translatie/verschuiven langs x-as, y-as en z-as.



Schrijf het nummer van het pictogram in het passende vakje.

		rotatie (ver)draaien	translatie verschuiven
	openen of dichtgaan → assen ↓		
x-as			
y-as			
z-as			

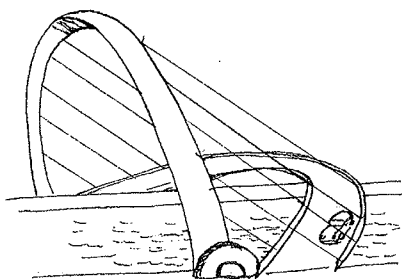
Pictogrammen (ver)draaien om/met en verschuiven langs de x-as, y-as en z-as



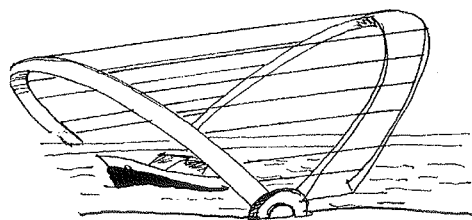
De kantelbrug

Deze brug gaat open en dicht door te **rotieren** of te draaien met/om de **horizontale x-as** haaks op de oever(s)/(van) de waterweg.

- Kies het nummer van het juiste pictogram x-, y-, z-as, draaien, verschuiven.
- Teken de as en de draai beweging op de beide tekeningen.
- Schrijf onder de juiste tekening: open - toe.



.....

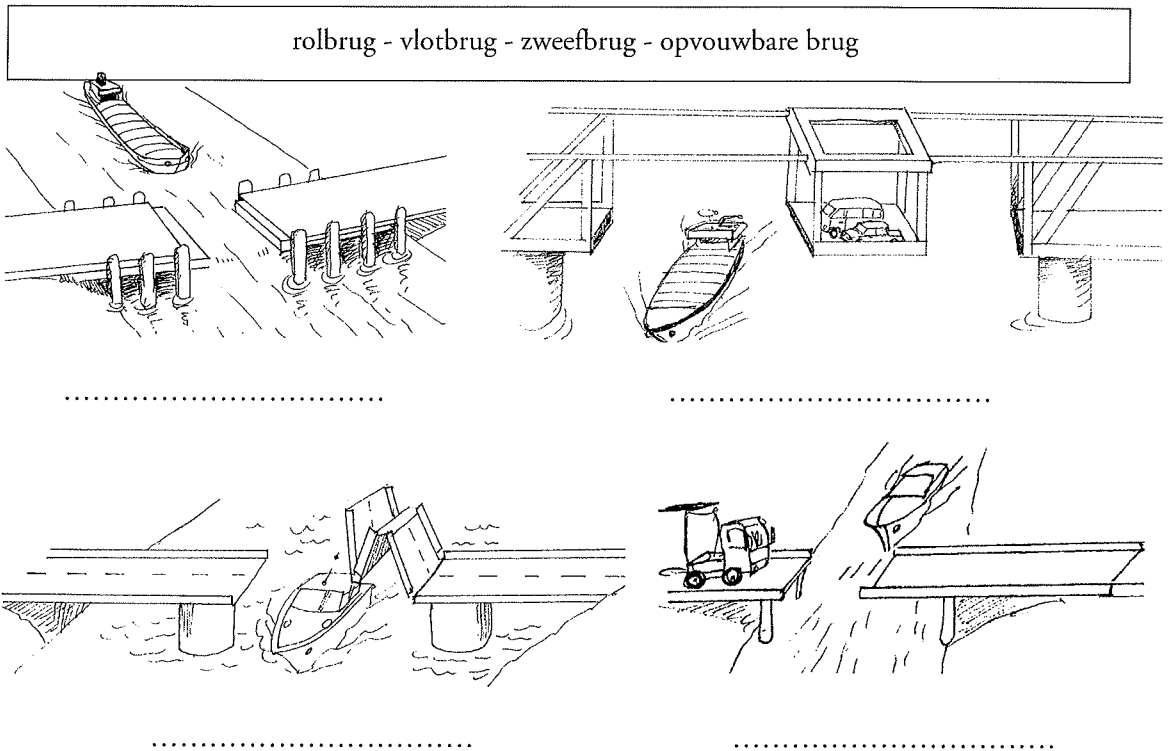


.....

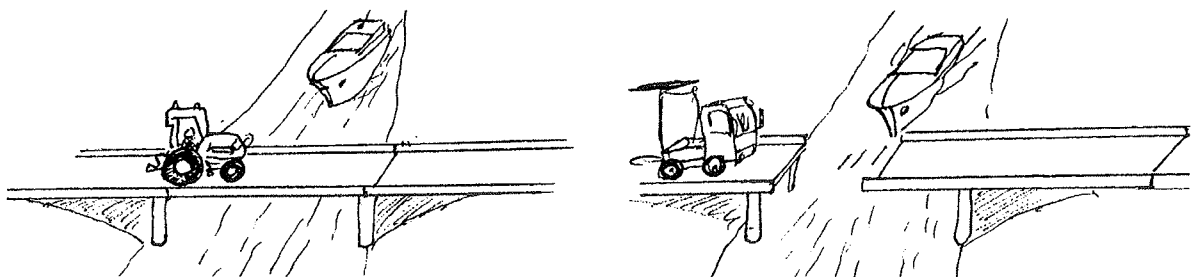
De rolbrug, de vlotbrug, de zweefbrug

a. Kies het nummer van het juiste pictogram x-, y-, z-as, draaien, verschuiven. (zie p.80)

b. Schrijf onder de juiste tekening(en):



c. Teken de as en de schuifbeweging op de tekeningen van de rolbrug.

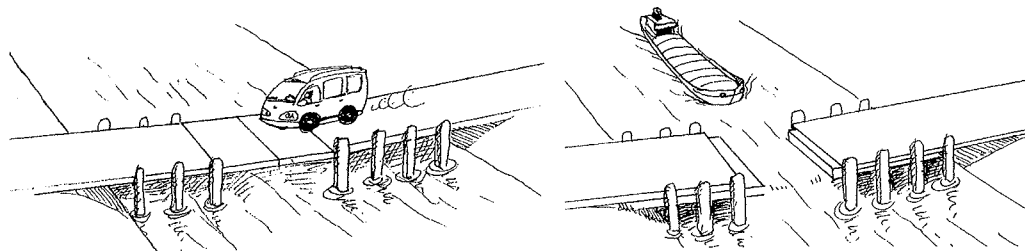


Deze bruggen gaan open en dicht door heen en weer te bewegen langs de **horizontale x-as** evenwijdig / parallel met de weg over de brug, haaks op de oever(s)/(van) de waterweg.

Bij de **rolbrug** hangt de ene helft van de brug boven het water en de andere helft staat op het land. Als er scheepvaartverkeer langs moet, wordt de brug op het land gerold. Doordat het zwaartepunt* van de brug boven land moet liggen - anders zou de brug in het water kantelen - staat een erg groot deel van de brug op het land. Daar de brug het land op getrokken moet worden, is het een behoorlijk obstakel voor het verkeer. De brug is gemakkelijk te bedienen door één persoon en wordt daarom vooral gebruikt bij fietspaden, voetpaden en stukjes niemandsland.

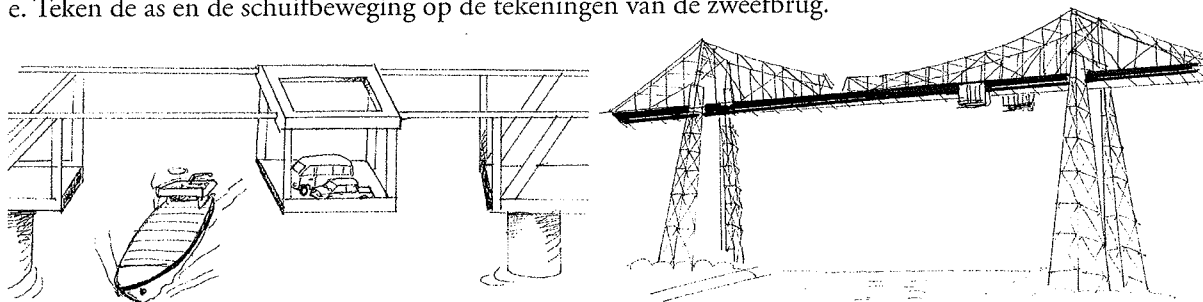
* Punt waaromheen het gewicht van een lichaam gelijkelijk verdeeld is en de delen van een voorwerp elkaar in evenwicht houden.

d. Teken de as en de schuifbeweging op de tekeningen van de vlotbrug.



Een **vlotbrug** bestaat uit een op- en een afrit, die vanaf de wal naar een vlot leiden. Als de brug opengaat, wordt dit vlot onder de op- en afrit getrokken, of om een scharnierpunt op een landhoofd naar opzij weggedraaid, langs de oever, zodat er een doorgang wordt gecreëerd voor de scheepvaart.

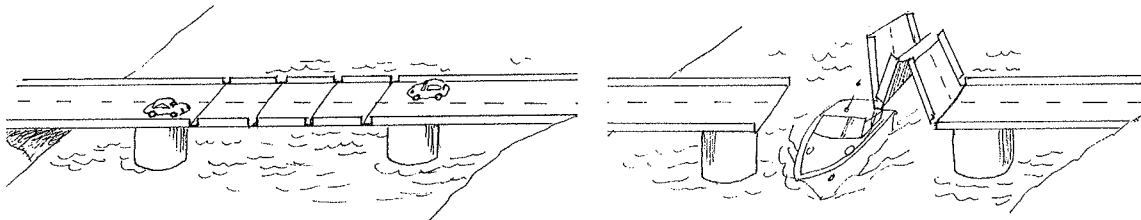
e. Teken de as en de schuifbeweging op de tekeningen van de zweefbrug.



Een **zweefbrug**, **zweefveer** of **zweefpont** bestaat uit een groot portaal over de rivier waar alle schepen gemakkelijk onderdoor kunnen varen. Aan het portaal, de ingang, is met kabels een gondel, een soort vervoerbak, verbonden die heen en weer gaat en op die manier auto's en personen van de ene oever naar de andere oever brengt.

Zweefbruggen zijn vooral gebouwd op locaties waar het onwerkbaar leek om het enorme zandlichaam aan te leggen dat nodig was voor het bouwen van een brug met een doorvaarhoogte die hoog genoeg was voor het scheepvaartverkeer. Het tweede argument om een zweefbrug te bouwen, was als een pont niet mogelijk was door bijvoorbeeld getijdenbewegingen. Door de opkomst van auto's gecombineerd met de beperkte capaciteit van de zweefbrug, wordt ze niet al te veel meer gebouwd.

f. Teken de as en de schuifbeweging op de tekeningen van de opvouwbare brug.



Een **opvouwbare brug** gaat open door zich met behulp van 3 draaipunten als het ware op te vouwen tot een N. Van dit type brug is tot nu toe nog maar één brug gemaakt, de Hörnbrücke (Hoornbrug) in Kiel (Duitsland).

De Hoornbrug bestaat uit drie brugsegmenten. De hele overspanning is 25,5 meter lang. De brug is 5 meter breed. Ze is gebouwd van staal. Deze voetgangersbrug werd gebouwd in 1997. Het is een van de architectonische attracties van de stad en is een zeer belangrijke verbinding voor voetgangers en fietsers.

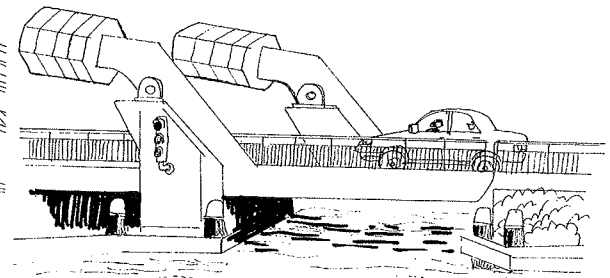
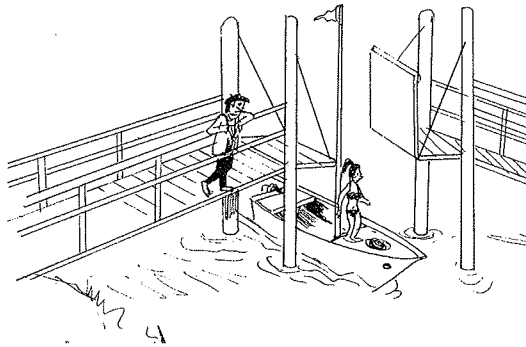
De valbrug, de ophaalbrug, de basculebrug...

a. Kies het nummer van het juiste pictogram x-, y-, z-as, draaien, verschuiven. (zie p.80)

b. Schrijf de naam van de brug onder de tekening:

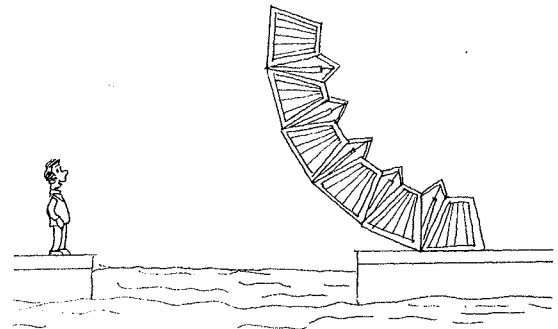
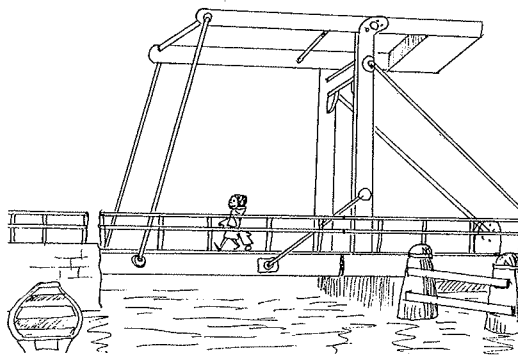
Valbrug – ophaalbrug – basculebrug – oorgatbrug – pontbrug - opkrulbare brug.

c. Teken de as en de draaibeweging op de tekening van elke brug.



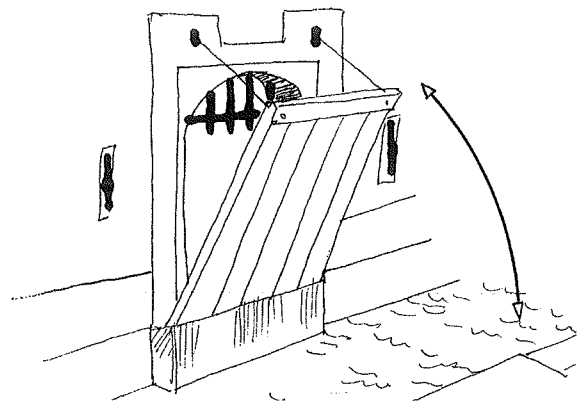
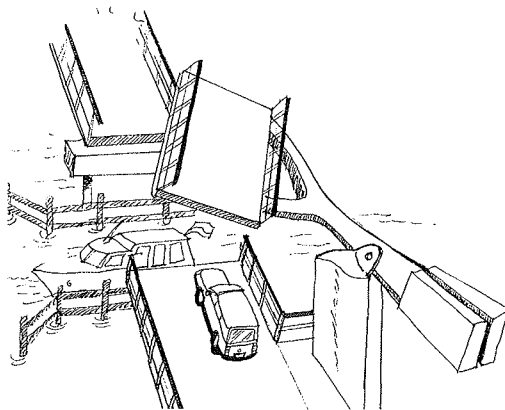
.....

.....



.....

.....



.....

.....

Deze bruggen gaan open en dicht door te **rotieren** of te draaien om de **horizontale y-as** langs de oever, parallel met de waterweg, dus haaks op het brugdek.

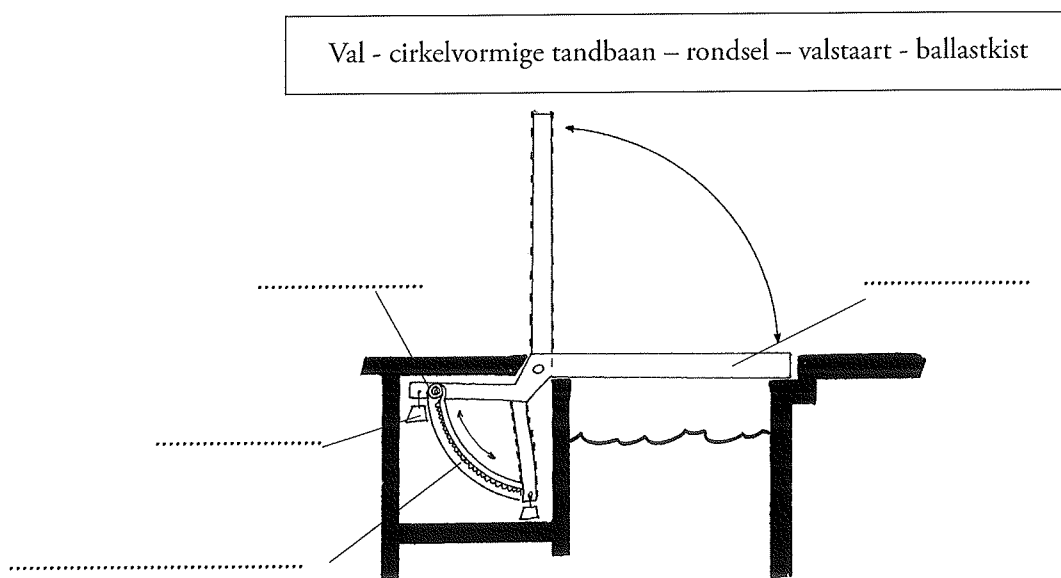
De **valbrug** komt voornamelijk voor bij kastelen, maar ook bij sommige stadspoorten. Ze verbindt het kasteel of de stad met het omliggende gebied. Als de brug is geopend en dus verticaal staat, is het kasteel of de stad afgesloten van de buitenwereld.

Aan beide punten van de valbrug zit een kabel. Via twee gaten in de muur zijn deze kabels verbonden met een oprolmechanisme. Met behulp van dit oprolmechanisme wordt de kabel opgerold en de brug omhooggetrokken.

Historisch gezien is de ophaalbrug of wipbrug uit de valbrug ontstaan. In tegenstelling tot de valbrug beschikt een ophaalbrug over tegengewichten/contragewichten, zodat het openen van de brug veel minder energie / kracht kost.

De **ophaalbrug** heeft, in tegenstelling tot de valbrug, de basculebrug en de oorgatbrug, twee scharnieren. Aan het onderste scharnier is het wegdek verbonden. Boven het scharnier staat een portaal, de hameipoort. Aan deze hameipoort is een draaiende arm, de balans bevestigd, aan de ene kant van de balans hangt het contragewicht, de balanskist, aan de andere kant is de arm verbonden met de punt van het brugdek. Als de brug omhoog gaat, draaien de balans en het brugdek dus parallel. Het nadeel van een traditionele ophaalbrug is dat deze een beperkte doorrijhoogte heeft. Vandaar dat de balanskist soms niet tussen de beide armen hangt, maar aan de armen zelf, zonder dat de armen met elkaar zijn verbonden. Er zijn dan ook vele varianten gemaakt: dubbel draaiend met twee afzonderlijke brugdekken, enkeldraaiend en diagonaal brugdek.

d. Kies uit en vul in op de tekening.



Bij een **basculebrug** hangt aan de ene kant van het draaipunt het brugdek, aan de andere kant het contragewicht. Vroeger gebruikte men een bascule (balans met ongelijke armen, brugbalans) om te wegen. De werking van een basculebrug is precies hetzelfde als bij de bascule, vandaar de naam. Dit contragewicht is meestal onzichtbaar weggewerkt onder de weg, in de basculekelder. Een ballastkist, vaak gevuld met beton en schroot, vormt het contragewicht. Doordat het brugdek en het contragewicht met elkaar in evenwicht zijn, kost het minder energie om de brug te openen en te sluiten (net zoals bij een schuifraam met contragewichten).

De basculebrug is de opvolger van de ophaalbrug. Het belangrijkste verschil tussen deze twee bruggen is dat de basculebrug één draaipunt en de ophaalbrug twee draaipunten heeft. Bij de ophaalbrug is aan het ene draaipunt het brugdek verbonden en aan het andere het contragewicht. Bij de basculebrug zijn contragewicht en brugdek aan hetzelfde draaipunt verbonden.

Hoge beweegbare bruggen worden vaak uitgevoerd als basculebrug, omdat de basculekelder in dat geval bovengronds gebouwd kan worden. Het contragewicht hoeft echter niet altijd in een kelder weggewerkt te worden maar kan ook boven de weg hangen.

De **oorgatbrug** is een van de kleinste beweegbare bruggen. De brug bestaat uit 2 schuin oplopende brugdelen aan beide zijden van het midden. In het midden van de brug zit de doorvaaropening voor het schip. Om ervoor te zorgen dat de zeilschepen de mast niet hoeven de strijken, kan in het midden van de brug een stuk wegdek van ongeveer 1 meter breed open draaien, volgens het principe van de valbrug. Het grote nadeel van deze brug is dat de constructie niet is gebouwd om een heel groot stuk van de brug te openen, de opening wordt daardoor nooit meer dan ruim een meter. Door deze beperking is deze brug tegenwoordig bijna nergens meer te vinden. De oorgatbrug is voorbijgestreefd door de ophaalbrug of de basculebrug, die een veel grotere brugopening aankan.

De **pontbrug** wordt gebruikt bij aanlegplaatsen van grotere ponten in gebieden met getijbeweging, niet te verwarren met de zweefbrug. Door de verschillende getijden, kan de pont niet voldoen met een laadklep die naar beneden klapt, waar het verkeer dan overheen rijdt om zo de wal te bereiken. Vandaar dat de pontbrug is geïntroduceerd. Deze brug moet de wal met het schip verbinden.

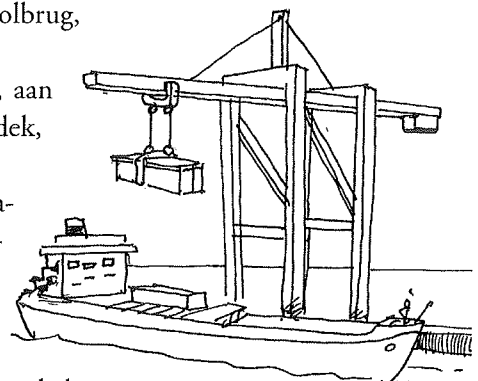
Een **opkrulbare brug** is ook een beweegbare brug. In het brugdek zitten 8 scharnieren. De leuning van de brug bestaat uit 8 trapezia en 8 driehoeken volgens een bepaald patroon: trapezium, driehoek, trapezium, driehoek... De driehoek is opgedeeld in 2 kleinere driehoeken, doordat in het midden van de driehoek (van boven naar onder) een hydraulische cilinder is geplaatst. De brug gaat open doordat de hydraulische cilinder de bovenkant van de driehoek omhoog duwt. Op deze manier wordt de driehoek smaller en als gevolg daarvan zal de brug zich opkrullen en daardoor open gaan.

De (rail)brugkraan

Een brugkraan is geen brug zoals een kantelbrug, een rolbrug, een valbrug, een hefbrug...

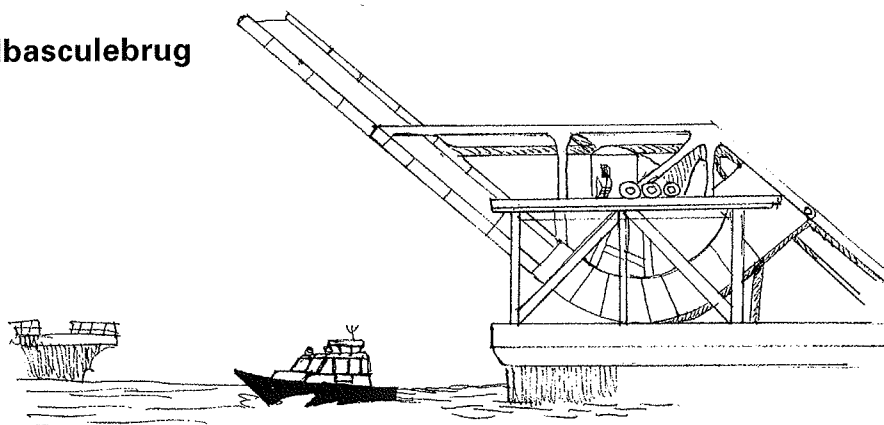
Een brug die horizontaal zou **verschuiven langs de y-as**, aan de oever, parallel met de waterweg, dus haaks op het brugdek, is voor de scheepvaart als brug uiteraard nutteloos.

Een brugkraan is een mobiele kraan zoals een rollende havenkraan, een bokkraan, een hijskraanwagen, een portaalkraan over rails langs de oever van de waterweg. De kraan zelf kan zich verplaatsen over rails op de grond. Bij een bovenloopkraan verloopt het transport van materialen over hoog liggende rails. Dit soort brugkraan dient voor het laden en leegmaken van containerschepen.



- Kies het nummer van het juiste pictogram x-, y-, z-as, draaien, verschuiven. (zie p.80)
- Teken de as en de draaibeweging op de tekening.

De rolbasculebrug



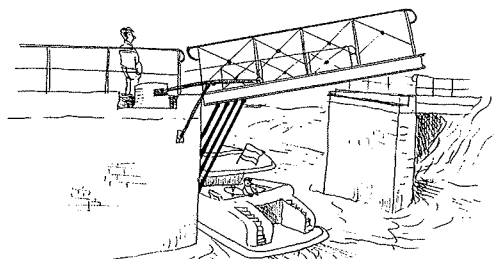
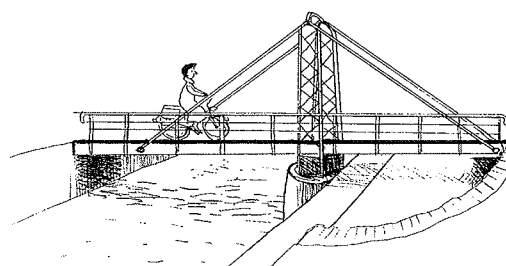
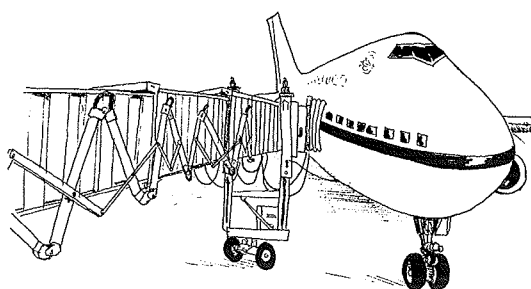
De **rolbasculebrug** gaat open door rotatie om de horizontale y-as in combinatie met beweging langs de x-as. Dit is mogelijk doordat het draaipunt buiten de constructie ligt. Bij het openen van de brug verplaatst het draaipunt dus ook.

De draaibrug, de kraanbrug en de vliegtuigslurf

- Kies het nummer van het juiste pictogram x-, y-, z-as, draaien, verschuiven. (zie p.80)
- Schrijf de naam van de brug bij de juiste tekening.

Draaibrug – kraanbrug - vliegtuigslurf/aviobrug

- Teken de as en de draai beweging op elke brug.



Deze bruggen gaan open en dicht door te **roteren** of te draaien om de **verticale z-as** loodrecht op het wateroppervlak.

De bovenkant van de **draaibrug** beschrijft een cirkelboog als de brug open gaat. Daarom moeten de landhoofden en het rijdek aan de uiteinden de vorm van een cirkel hebben.

Een draaibrug kan bestaan uit twee gelijke armen, zodat twee doorvaartopeningen ontstaan waarbij het draaipunt van de brug op een eiland ligt. Als één doorvaartopening voldoende is, zal men een draaibrug met ongelijke armen construeren. Om op de mechaniek een gelijkmatige belasting te creëren, wordt aan de kortste arm van de brug een contragewicht toegevoegd.

Een draaibrug heeft als voordeel dat er een wijde doorvaart ontstaat zonder beperking in de doorvaart- en doorrijhoogte, terwijl de brug toch snel open en dicht kan gaan.

Bij een **kraanbrug** zijn op het landhoofd twee of meer driehoekvormige armen bevestigd die kunnen draaien. De draaiassen van de armen staan op het landhoofd. De punt van de driehoek rust op het bruggenhoofd dat zich op het andere landhoofd bevindt. Als de brug is gesloten, staan de armen haaks op de vaarrichting, in geopende toestand zijn ze tegen het landhoofd aangedraaid, parallel aan de vaarrichting.

Het voordeel van de kraanbrug is dat hij goedkoop is en gemakkelijk te bedienen. Het nadeel is echter dat het wegdek verwijderd dient te worden voordat de brug kan worden geopend. Vandaar dat de gebouwde kraanbruggen vooral spoorbruggen zijn.

Ook voor militair gebruik was de kraanbrug populair omdat de weggedraaide brug, niet zoals een klapbrug, een doelwit was voor vijandelijk vuur en het uitzicht van de verdedigers belemmerde. Je mag een kraanbrug zeker niet verwarren met een brugkraan langs de oever van een waterweg om schepen te lossen en te laden.

Een **vliegtuigslurf** is een beweegbare brug die aan één kant scharnierend bevestigd is aan de terminal en bewegingen in drie richtingen toestaat: zwenken in verticale en horizontale richting en verlengthen (of verkorten). Daarmee kan een overdekte verbinding tot stand worden gebracht met elk vliegtuig dat zich dicht genoeg bij de terminal bevindt. Na het landen wordt de slurf aan het vliegtuig gekoppeld zodat de passagiers het vliegtuig kunnen verlaten en nieuwe passagiers kunnen instappen.

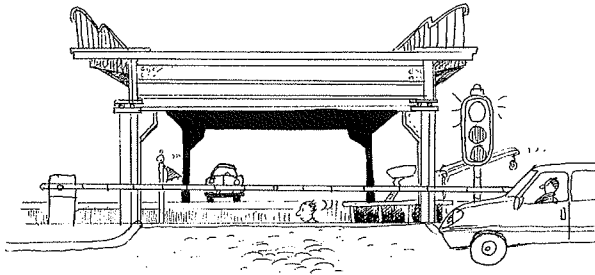
De officiële benaming voor vliegtuigslurf luidt aviobrug. Deze term wordt echter vrijwel nooit gebruikt. Meestal bevindt zich bij elke slurf een gate waar de vertrekkende passagiers kunnen wachten tot ze mogen instappen. De slurf en de gate hebben hetzelfde nummer.

De hefbrug, de tafelbrug en de afzinkbare brug

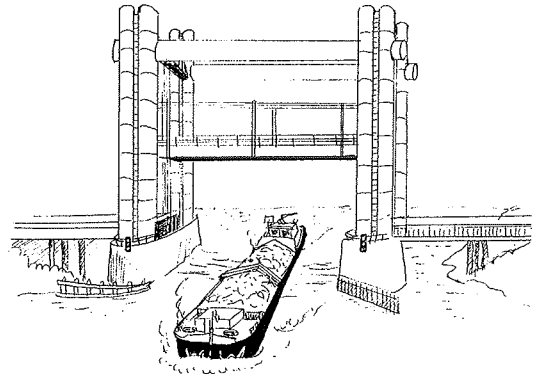
- a. Kies het nummer van de juiste pictogram x-, y-, z-as, draaien, verschuiven. (zie p.80)
- b. Schrijf onder de juiste tekening(en):

Hefbrug – tafelbrug - afzinkbare brug.

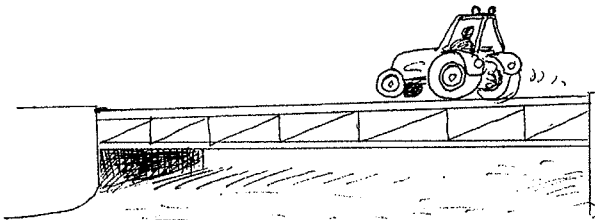
- c. Teken de as en de schuifbeweging op de tekening van elke brug.



.....



.....



.....

Deze bruggen bewegen omhoog en omlaag langs de **verticale z-as**, loodrecht op het wateroppervlak.

Het brugdek van de **hefbrug** blijft horizontaal en wordt verticaal omhoog gehesen om de scheepvaart, met beperkte doorvaarthoogte, doorgang te verlenen. In de torens die aan weerszijden op de oevers zijn gebouwd, hangen contragewichten, die naar beneden zakken als het dek omhoog gebracht wordt. Om te voorkomen dat het brugdek scheef omhoog getrokken wordt, met kans op klemmen en vastlopen, is er nog een systeem met rechthoudkabels aanwezig. Deze kabels lopen vanaf de punten van de torens naar beneden, over katrollen langs het brugdek naar de voet van de andere toren, waar ze zijn verankerd.

Het nadeel van hefbruggen is dat ze altijd een beperking vormen in de doorvaarthoogte en vaak ook in de doorrijhoogte. Een basculebrug met kelder of draaibrug heeft deze beperkingen niet. Als de bascule (gewicht) dwars over de weg is uitgevoerd, zoals bij een rolbasculebrug, heeft deze ook een hoogtebeperking.

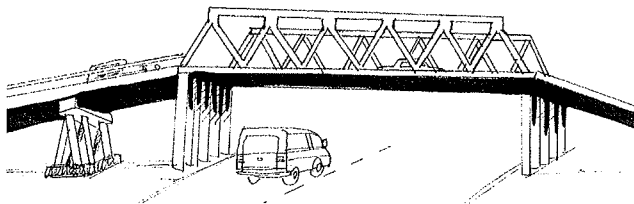
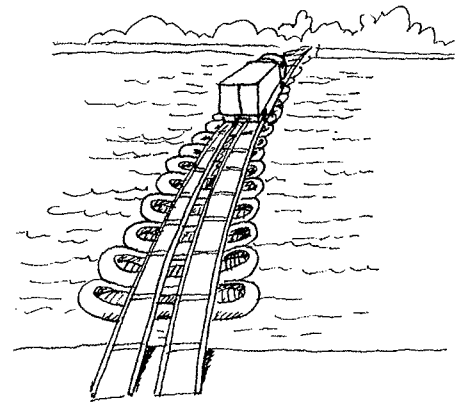
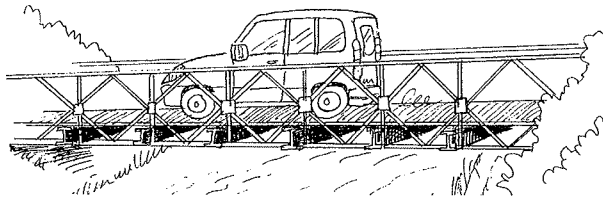
Bij een **tafelbrug** duwen hydraulische zuigers onder de brug het wegdek omhoog om doorgang te verlenen aan het scheepvaartverkeer. Waar bij een hefbrug het wegdek wordt omhoog gehesen, wordt bij een tafelbrug het wegdek omhoog geduwd. Vandaar ook de naam: de geopende stand ziet eruit als een tafel.

Bij een **afzinkbare brug** zinkt het wegdek af naar de bodem. De doorvaardiepte in afgezonken toestand is ongeveer 8 meter.

Noodbruggen en speciale bruggen

a. Schrijf de naam van de brug onder de juiste tekening(en):

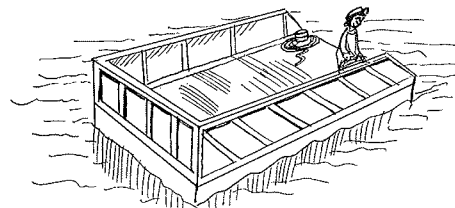
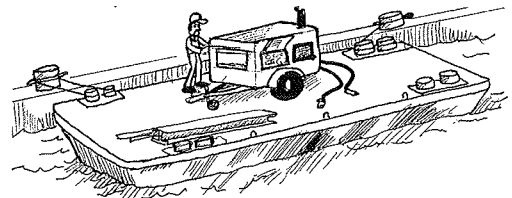
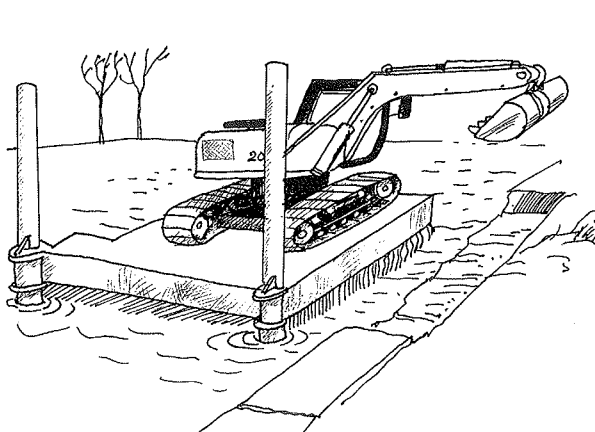
Noodbrug – pontonbrug - baileybrug



Een **noodbrug** is een brug die gebouwd wordt om de eerste nood te lenigen en heeft slechts tijdelijk een bepaald nut. Noodbruggen worden aangelegd tijdens natuurrampen, oorlogen, maar ook tijdens wegenwerken. Zo worden er tijdelijke viaducten uit metaalconstructies gebouwd.

Een voorbeeld van een noodbrug is een **pontonbrug** of schipbrug. Dat is een brug die drijft op het water op meerdere pontons. Dit zijn bijna uitsluitend noodvoorzieningen omdat de scheepvaart niet onder de drijfbrug kan doorvaren. Daarvoor moet een gedeelte van de brug worden weggevoerd. Het is ook een beweeglijke, onstabiele brug. Deze bruggen worden bijzonder geapprecieerd in pretparken. Wie loopt er niet graag over een wiebelende brug?!

Bij de bouw van een Romeinse brug zie je een tekening van een pontonbrug of schipbrug.



Een **ponton** is een drijvend platform met als voornaamste doel het ondersteunen van wat erop staat of ligt. Dat kan een hijskraan, een pontbrug, een aanlegsteiger of een andere constructie zijn die niet op de bodem van een waterloop kan worden gefundeerd. De meeste pontons hebben geen motor.

Een **baileybrug** is een brug bestaande uit algemeen gebruikte onderdelen zodat ze heel snel opgebouwd kan worden. De basis van de constructie is een vakwerkbrug. Zo een brug kan maximaal 60 m overspannen en zware voertuigen dragen. Dit brugtype werd oorspronkelijk ontworpen voor het gebruik door de genietroepen van het leger. Dit knap staaltje van militaire techniek wordt nog altijd wereldwijd gebruikt voor militaire en burgerlijke toepassingen. De lichte segmenten van de brug zijn ontworpen om zonder speciaal gereedschap en kranen geplaatst te kunnen worden. De onderdelen kunnen door een aantal mensen getild worden en zijn vlot verwisselbaar.

De genie is een afdeling van het leger die onder andere belast is met het bouwen van bruggen. Het woord genie is verwant aan het woord ingenieur of het Engelse engineering.

b. Kies uit en vul in.

hefbrug – basculebrug – draaibrug – ophaalbrug
--

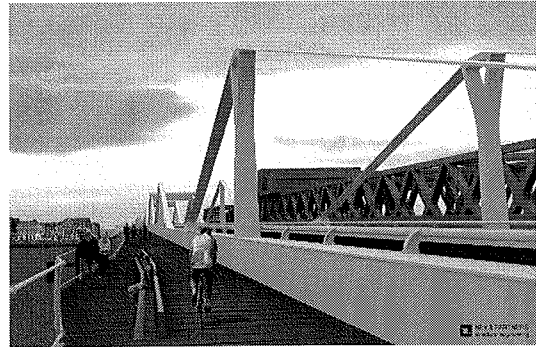
- Deze brug roteert om een centraal punt heen:
- Het brugdek wordt in zijn geheel verticaal omhoog gebracht:
- Deze brug wordt door contragewichten geopend:
- Deze brug is een vorm van een ophaalbrug, het contragewicht is nu niet zichtbaar, maar weggewerkt onder de rijvloer:

SCHEMA E: VOORBEELDEN VAN BEWEEGBARE BRUGGEN NAAR WIJZE VAN OPEN EN DICHTGAAN

Vul de ontbrekende woorden in. Zoek in de tekst.

	Rotatie	Translatie
	..... om/met de x-as	horizontaal verschuiven langs de x-as
x-as horizontaal met de weg over de brug, dus op de oever(s) / (van) de waterweg	.....	rolbrug vlotbrug opvouwbare brug
x-as & y-as	rolbasculebrug rotatie om de y-as + translatie langs de x-as	
	(ver)draaien om/met de y-as	horizontaal verschuiven langs de y-as
y-as langs de parallel met de waterweg dus haaks op	valbrug ophaalbrug oorgatbrug pontbrug opkrulbare brug	rollende op rails, bokkraan, havenkraan, hijskraanwagen
	(ver)draaien om de z-as	verticaal langs de z-as
z-as loodrecht op .....	..... kraanbrug vliegtuigslurf/aviobrug	hefbrug afzinkbare brug

26.2 De bruggen van Temse



De dubbele Temsebrug over de Schelde is de langste brug over water van België en de laatste brug over de Schelde naar de zee toe. Dat is ongeveer een derde van de langste spoorwegbrug over land van Moresnet met een lengte van 1 200 m.

De oude Temsebrug van 1955 is een basculebrug met een beweegbaar brugdeel van 50 m lengte en een totale lengte van 365 m. Dat zijn evenveel meter als er dagen zijn in een 'gewoon' jaar. De nieuwe parallelle brug van 2009 is een dubbele basculebrug (zonder kelderlandhoofd) met een eveneens (uit twee delen van 25 m bestaande) beweegbaar brugdeel van 50 m lengte en een totale lengte van 374 m. De bruggen waarborgen een vrije doorvaart met onbeperkte hoogte bij een breedte van 84 m. Tussen beide bruggen is een ruimte van 10 meter.

De bruggen van Temse verbinden de provincie Antwerpen (Bornem/Klein-Brabant) met Oost-Vlaanderen (Temse/Waasland) via de gewestweg N16, het fietspad (westelijk) en de NMBS-spoorweg (oostelijk). De nieuwe brug dient vooral voor het vrachtwagen- en autoverkeer in de richting van Bornem. Er is ook een wandel- en fietspad. Op de oude brug met een spoorweg verloopt het eenrichtingsverkeer naar Temse.

a. Zoek en verbeter de fout!

- De oude Scheldebrug is de langste brug van België over water.

.....

- De Scheldebruggen zijn de laatste bruggen over de Schelde stroomafwaarts.

.....

- De nieuwe Scheldebrug is de langste brug van België.

.....

- De oude brug is een dubbele basculebrug.

.....

- De nieuwe brug is een spoorwegbrug.

.....

- De nieuwe brug is 19 meter langer dan de oude.

.....

- Het beweegbaar brugdeel van de oude brug is dubbel zolang als de nieuwe brug.

.....

- De twee bruggen lopen parallel op een afstand van 84 m.

.....

- Tussen de bouw van de 1^e en de 2^e Scheldebrug ligt juist een halve eeuw.

.....

- De nieuwe basculebrug heeft een kelderlandhoofd.

.....

- De oude Scheldebrug is naast een basculebrug ook nog een hangbrug.

.....

- De Scheldebruggen zijn volledig beweegbare bruggen.

.....

- De Scheldebruggen vormen een enkele verbinding tussen twee oevers.

.....

- De Schelde loopt van Temse over Antwerpen naar de zee stroomafwaarts.

.....

- Temse ligt aan de rechteroever van de Schelde omdat het stroomafwaarts rechts ligt.

.....

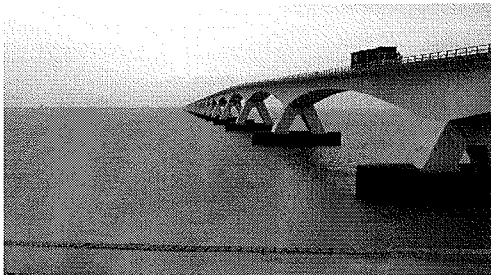
- Op de nieuwe brug is het tweerichtingsverkeer voor auto's en vrachtwagens.

b. Kleur de bolletjes bij de drie gelijklopende voordelen van de nieuwe Scheldebrug in.

- Een efficiënte, vlotte doorstroming van het verkeer.
- Het verminderen van de negatieve effecten op het leefmilieu en de natuur
- Nieuwe toeristische betekenis: bezienswaardigheid op zichzelf met een gecombineerd wandel- en fietspad met 80 zitplaatsen.
- Het verzoenen van de industrie en het toerisme.
- Het beëindigen van de dagelijkse ellenlange files.
- De bouw van een nieuwe loskaai stroomafwaarts.
- De vestiging van een jachthaven.
- Het oplossen van de zware rampzalige sociaaleconomische gevolgen.
- De verhuizing van de watersportvereniging.
- Ontsluitingsweg ontlast het centrum van vrachtwagens.

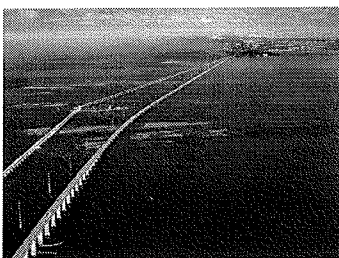


26.3 De Zeelandbrug, de grootste brug van Nederland



Zeelandbrug

De brug ligt tussen Zierikzee en Colijnsplaat en heeft een lengte van 5 022 m, ruim 5 km. Het werd direct de langste brug van het land. In vergelijking met de langste brug ter aarde, is de Zeelandbrug echter een 'bescheiden reus'. De langste brug is de Bang Na Expressway of Burapha Withi Expressway in Bangkok, Thailand. Deze gigant meet 54 kilometer.



Bang Na Expressway

De bouw van de Zeelandbrug vond plaats omdat de veerpontverbinding tussen Zierikzee (Schouwen-Duiveland) en Kats (Noord-Beveland) het toestromende verkeer niet meer aankon. Over het algemeen wordt de term 'veerpont' gebruikt voor een vaartuig waarmee mensen naar de andere kant van het water gebracht worden. De bouw heeft dus niets te maken met de veiligheid van de Zeeuwen, maar met de verkeersstroom en de snelle bereikbaarheid.

De Zeelandbrug bestaat uit 54 pijlers met daartussen 52 overspanningen van 95 meter per stuk. Tussenin is er een beweegbaar gedeelte van 40 meter. Deze ophaalbrug dient om hoge schepen te laten doorvaren. Aan de brug, die toen nog 'Oosterscheldebrug' heette, werd in 1963 begonnen. Op 15 december 1965 werd de brug officieel geopend. Pas in april 1967 werd de brug tot 'Zeelandbrug' gedoopt.

Tegenwoordig is de Zeelandbrug van groot belang bij het verkeer tussen Rotterdam en Goes. Nu de Westerscheldetunnel voltooid is, is dit belang alleen maar toegenomen. Men kan nu via de Westerscheldetunnel en de Zeelandbrug van Rotterdam naar België rijden.

Net zoals er tegenwoordig tol (wegenbelasting) betaald moet worden in de Westerscheldetunnel, moest er tot 1993 betaald worden om over de Zeelandbrug te kunnen rijden. De Provincie Zeeland had voor de bouw van de brug een lening afgesloten die terugbetaald moest worden. In 1989 was de lening afbetaald; nog vier jaar lang werd het tolgeld geheven om een voorraad onderhoudsgelden aan te leggen.

a. Zet de gegevens over de lengte van de bruggen in een tabel.

Zeelandbrug Nederland	Oude Scheldebrug Temse België	Nieuwe Scheldebrug Temse België	Bang Na Expressway Bangkok Thailand
..... m	..... m	..... m	..... m
..... km	..... km	..... km	..... km

b. Los de vraagstukjes op.

- Het hoeveelste deel is de ophaalbrug van de totale lengte van de Zeelandbrug?

Berekening:
(afronden tot op 1 eenheid)



- Heb je een idee waarom er zo een verschil is tussen de lengte van het aantal overspanningen en de totale lengte van de brug?

.....
.....

- Hoeveel keer is de Zeelandbrug langer dan de oude Scheldebrug?

Berekening:
(afronden tot op 1 tiende, 1 rang na de komma)

- Hoeveel keer is de Zeelandbrug langer dan de nieuwe Scheldebrug?

Berekening:
(afroonden tot op 1 tiende, 1 rang na de komma)

- Hoeveel keer is de Bang Na Expressway langer dan de Zeelandbrug?

Berekening:
(afroonden tot op 1 tiende, 1 rang na de komma)

- Hoeveel keer is de Bang Na Expressway langer dan de oude Scheldebrug?

Berekening:
(afroonden tot op 1 tiende, 1 rang na de komma)

- Hoeveel keer is de Bang Na Expressway langer dan de nieuwe Scheldebrug?

Berekening:
(afroonden tot op 1 tiende, 1 rang na de komma)

- Wat is de lengte van het aantal overspanningen van de Zeelandbrug?

Berekening:
(afroonden tot op 1 tiende, 1 rang na de komma)

- Hoeveel meter is dat minder dan de totale lengte van de Zeelandbrug?

Berekening:

c. Duid op het lijnstuk de Zeelandbrug (Z) en de Scheldebruggen van Temse (T) aan met een verticaal streepje en de letter Z en T.

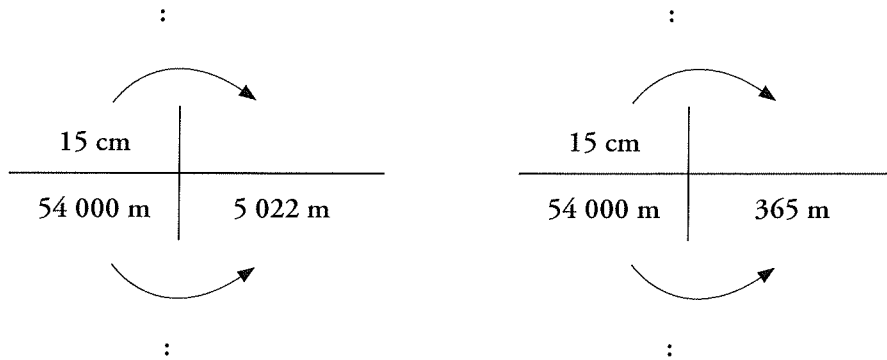
Het lijnstuk van 15 cm stelt de Bang na Expressway (B) voor.

(afroonden tot op 1 tiende, 1 rang na de komma)

B



- Vul de verhoudingstabellen in. Gebruik ronde getallen voor de verhouding.



d. Los de vragen op.

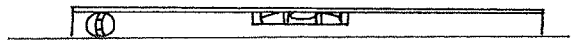
- Waaruit kun je afleiden dat de Nederlanders de Zeelandbrug toch wel een lange brug vinden?
.....
- Toch is de Zeelandbrug een bescheiden reus? Waarom?
.....
- Noem twee redenen waarom het bouwen van een brug veel beter is dan een veerpontverbinding?
.....
.....
- Hoeveel jaar moest er tol betaald worden om over de Zeelandbrug te mogen rijden?
Berekening:
- Waarom moest er wegenbelasting worden betaald?
.....
- Waarom werd er nog 4 jaar langer tolgeld gevraagd?
.....



27. SPIEGELINGEN

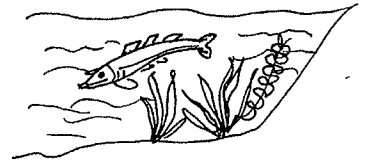
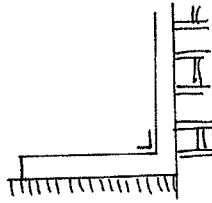
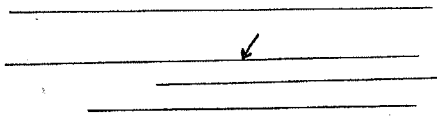
a. Kies uit en vul in. Soms moet je twee keer hetzelfde woord invullen. Het komt ook voor dat je twee woorden bij één tekening moet schrijven.

schietlood of paslood – waterpas in verticale stand – waterpas in horizontale stand –
 stilstaand of vlak wateroppervlak – golvend wateroppervlak – rij – horizon –
 horizontale lijn – verticale lijn – kolom – loodrechte hoek – gladde waterspiegel



.....

.....



.....

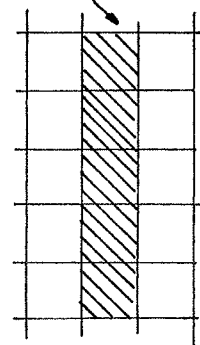
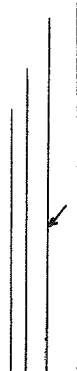
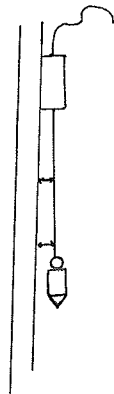
.....

.....

.....

.....

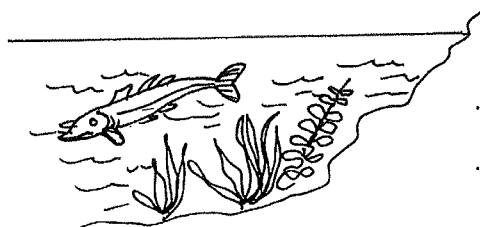
.....



.....

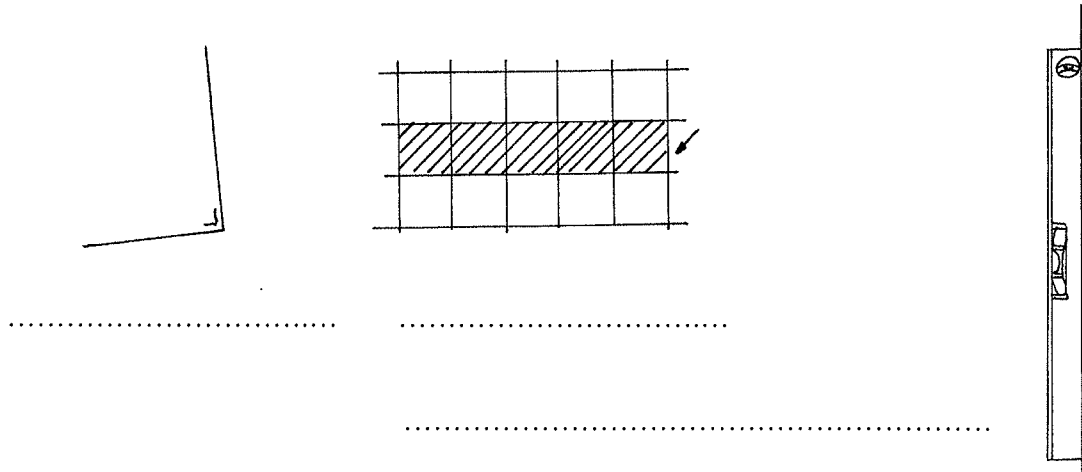
.....

.....



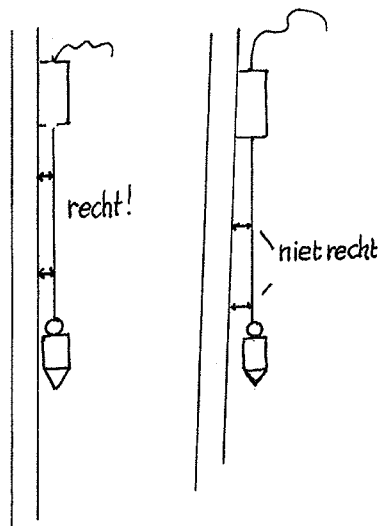
.....

.....



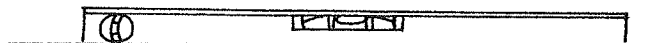
27.1 Horizontale en verticale lijnstukken, rechten, figuren, oppervlakken

Timmerlieden en metsers gebruiken allerlei gereedschap om een bouwwerk volgens plan, pas, vlak, haaks... te construeren. Bij het bouwen van bruggen is het belangrijk dat je het verschil tussen horizontaal (→) en verticaal (↓) goed kent.



Een schietlood

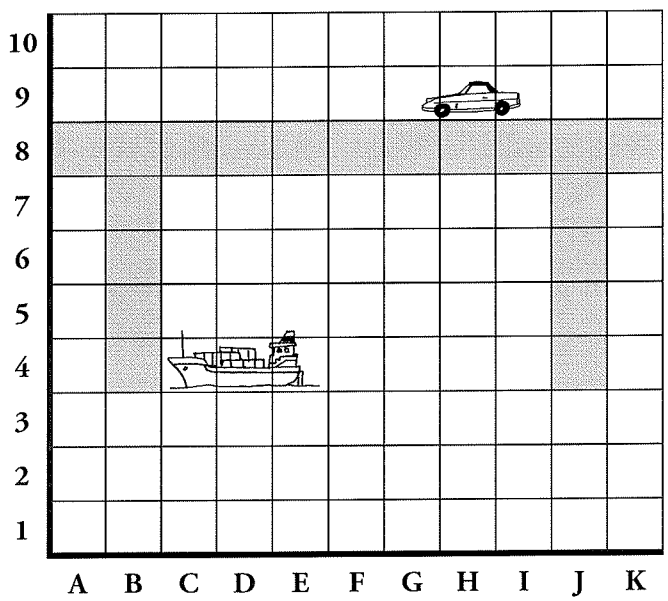
Een schietlood werd vroeger vaak gebruikt door timmerlieden en metsers om bijvoorbeeld deuren verticaal te plaatsen en muren te metsen. Een schietlood bestaat uit een metalen kegeltje (lood) dat aan een touw bevestigd is. Door het touw tegen het voorwerp, dat verticaal moet geplaatst worden, te houden en de afwijking van het lood te bekijken, kun je zien of het voorwerp loodrecht staat.



Een waterpas

Een waterpas is een instrument dat in de bouwsector gebruikt wordt. Daarmee kun je nagaan of een voorwerp, een vlak of een lijn horizontaal of verticaal staat of ligt. Een waterpas heeft een rechte, vlakke ondergrond en een gekromd doorzichtig buisje. Daarin zit een gekleurde vloeistof (antivries) en een kleine luchtbel (een libel). Het is de bedoeling dat de luchtbel in het buisje zich precies in het midden tussen de streepjes bevindt. Dan is de stand van het te controleren oppervlak waarop de waterpas rust, precies horizontaal of verticaal, 'waterpas'.

27.2 Coördinaten



a. De liggerbrug loopt van de vierkantjes (A,8) tot (K,8). Maak met je vinger een horizontale beweging van de vierkantjes met coördinaten (A,8) tot (K,8). Heb je gemerkt dat je met je vinger verschillende vierkantjes verbonden hebt?

b. Noteer de coördinaten van die vierkantjes.

(,) – (,) – (,) – (,) – (,) – (,) – (,) – (,) – (,) – (,) – (,)

c. Noteer de coördinaten van de vierkantjes waar de pijlers het brugdek raken.

(,) – (,)

d. Kleur de pijler die de vierkantjes met coördinaten (F,4), (F,5), (F,6) en (F,7) bevat, groen.

e. Kleur de coördinaten van de vierkanten van de rivier blauw.

(A,4), (C,4), (D,4), (E,4), (G,4), (H,4), (I,4) en (K,4).

f. Kies uit en vul in.

rechts – links – boven – onder – kolom – rij – zijwaarts – neerwaarts - opwaarts

De vet gedrukte horizontale lijn van naar , loopt van A naar K en heet de x-as.

A1, B1, C1, D1, E1, F1, G1, H1, I1, J1, K1 vormen een

De vet gedrukte verticale lijn van naar , loopt van 1 naar 10 en heet de y-as.

A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10 vormen een

27.3 Spiegelingen en symmetrie

De boogbruggen op een biljet van 10 euro en 20 euro zijn gespiegeld in stilstaand water.

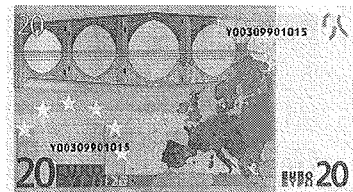
De bogen lijken op halve cirkels.

De ene helft is het spiegelbeeld van de andere. Bij symmetrie zijn de vorm en de grootte dezelfde.

We merken symmetrie in diverse bouw- en kunstwerken.

a. Kies uit en vul in.

spitsbogen – rondbogen



.....

.....

b. Teken de symmetrieas of de spiegellijn van beide bruggen.

c. Kleur de vakjes van de woorden die hierbij passen.

Horizon	Loodlijn
Waterpaslijn	skyline**
verticale spiegellijn	horizontale spiegellijn
horizontale symmetrielij	verticale symmetrielij
kim*	vlak wateroppervlak (lijn)
rechte waterspiegellijn	einder***

*kim = horizon

**skyline = silhouet van een stad

***einder = horizon, kim

d. Kleur het spiegelbeeld van de rondbogen en de spitsbogen in een andere kleur.

e. Welke meetkundige vlakke figuur vormt elke boog met zijn spiegelbeeld?

Kies uit en vul in.

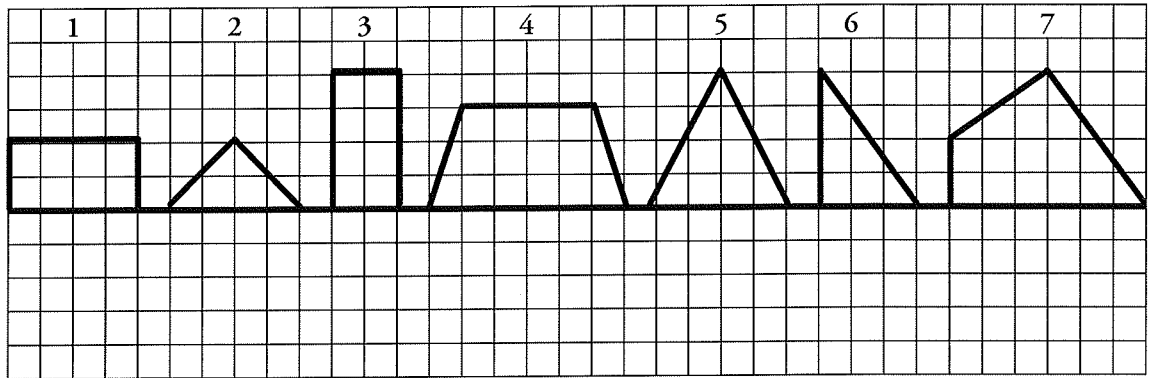
veelhoek – cirkel – bol – ellips – ovaal – ellipsoïde (Zeppelin)

Op het biljet van 10 euro?

Op het biljet van 20 euro?

27.4 Spiegelen in stilstaand, vlak wateroppervlak

a. Spiegel de veelhoeken.



b. Benoem de door spiegeling ontstane nieuwe figuren.

Kies daarbij de meest bijzondere naam. Bv. bij een rechthoek niet parallellogram.

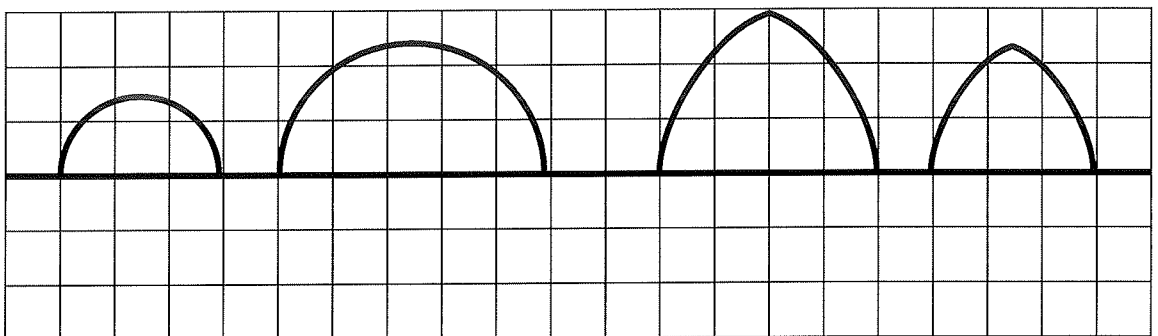
- 1. rechthoek
- 2. gelijkbenige driehoek
- 3. rechthoek
- 4. gelijkbenig trapezium
- 5. gelijkbenige driehoek
- 6. rechthoekige driehoek
- 7. vierhoek



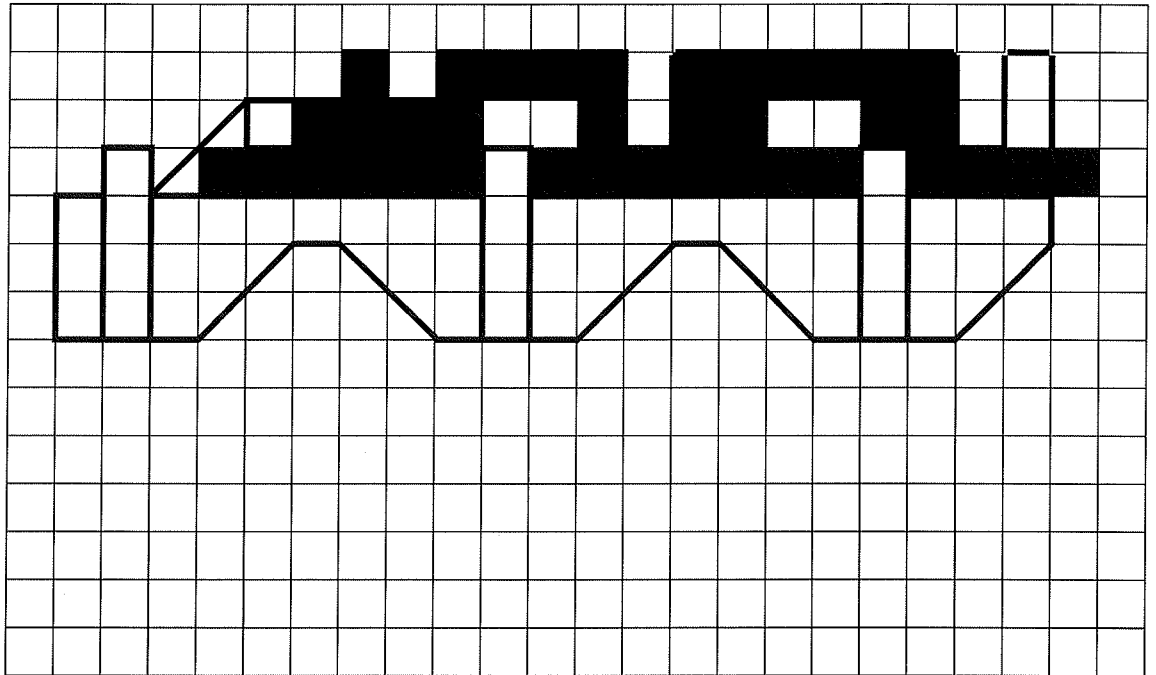
c. Teken de te spiegelen figuur 4 zodat ze na spiegeling een gelijkzijdige zeshoek wordt.

d. Teken de te spiegelen figuur 7 zodat ze na spiegeling een gelijkzijdige vijfhoek wordt.

e. Spiegel de bruggen met rondbogen en spitsbogen.

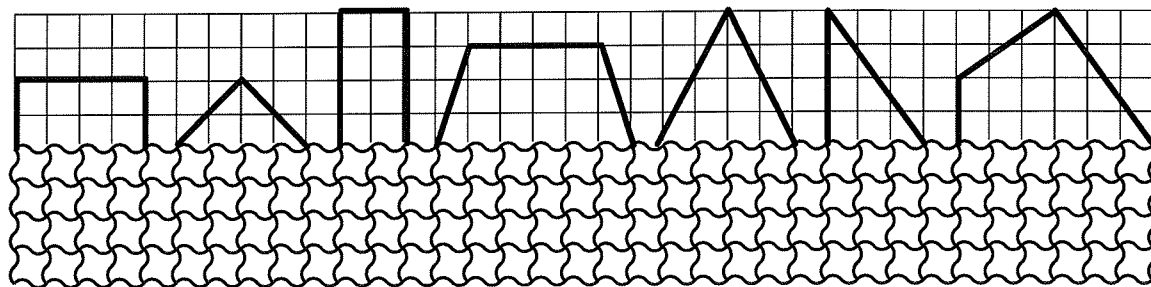


f. Spiegel de trein met brug in stilstaand water.

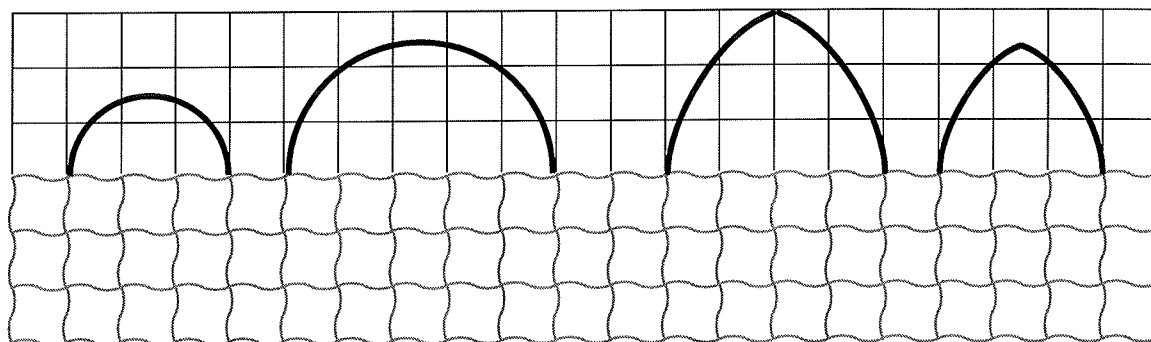


27.5 Spiegelen in licht golvend wateroppervlak: figuren vervormen

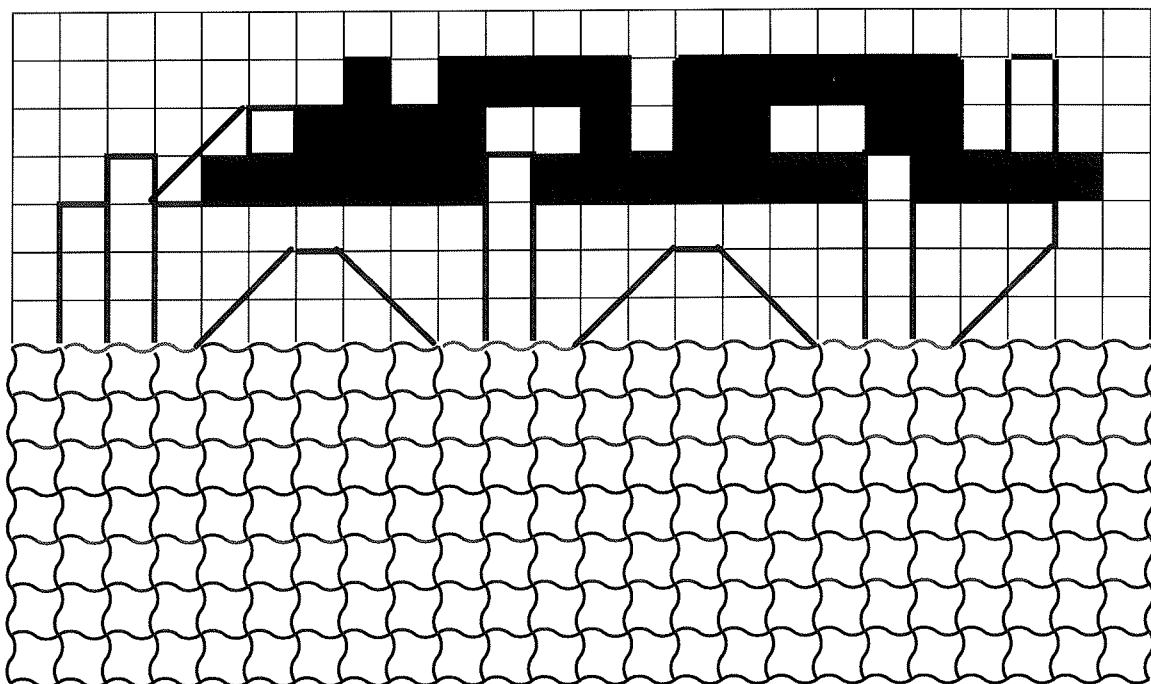
a. Spiegel de veelhoeken.



b. Spiegel de bruggen met rondbogen en spitsbogen.



c. Spiegel de trein met brug.

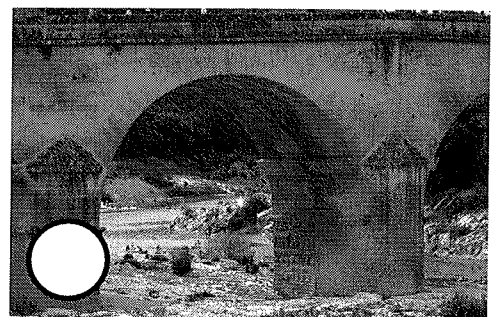
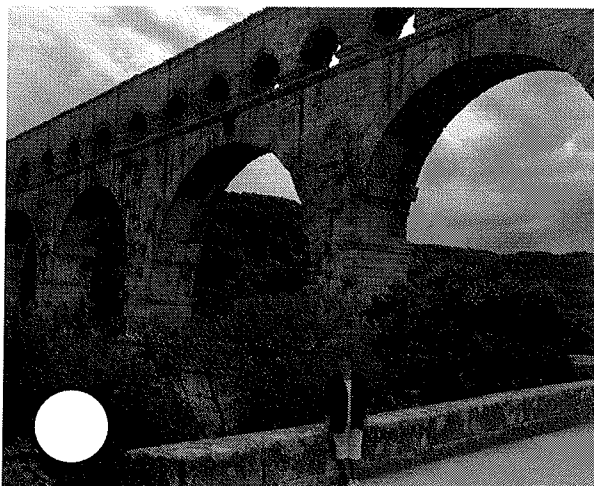
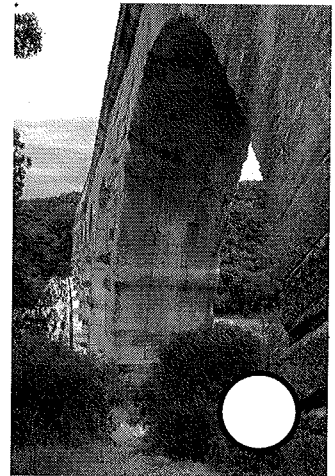
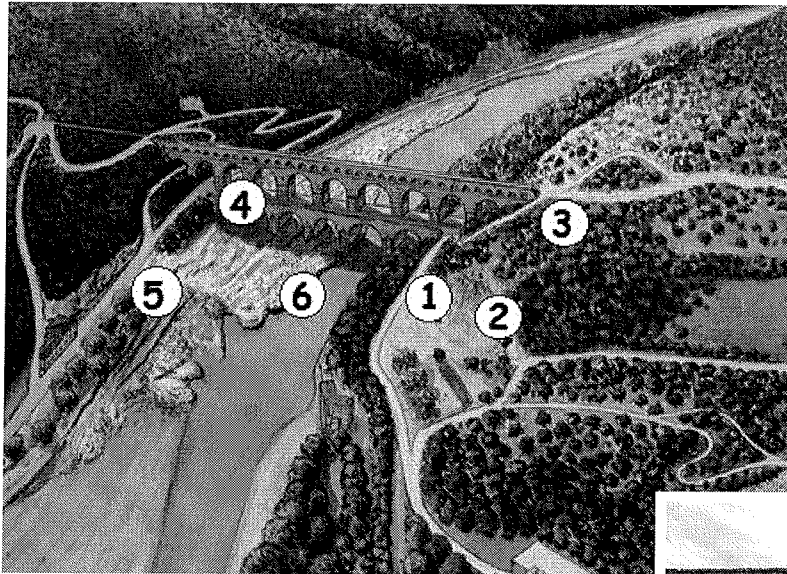




28. KIJKLIJNEN

De familie Brughmans deed tijdens de zomervakantie in Zuid- Frankrijk een uitstap naar de Pont du Gard. Op de kaart hieronder kun je de weg volgen die zij maakten. Tijdens de uitstap namen Ella en Nena 6 foto's op verschillende plaatsen. Op het einde van de uitstap namen ze een frisse duik in de rivier le Gardon.

Waar stond de fotograaf? Plaats bij de foto's het juiste nummer van de plaats waar zij de foto's maakten.





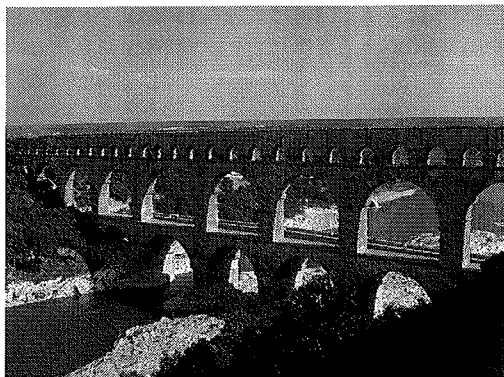
29. BETALEN MET EUROBIJETTEN

De zeven eurobiljetten hebben een geldwaarde van 5, 10, 20, 50, 100, 200 en 500 euro. De waarde van de biljetten staat in verhouding tot hun grootte: hoe groter het biljet, hoe groter de waarde ervan. Naast de afmetingen verschillen ook de kleuren.

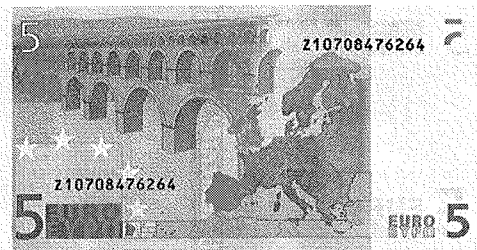
De tekeningen zijn symbolen van Europese architectuur: poorten en vensters op de ene kant, bruggen op de andere. De onbestaande bouwwerken stellen verschillende stijlen en periodes voor van de Europese beschaving. Ze knipogen naar bestaande bouwwerken uit de Europese geschiedenis. De poorten en de vensters symboliseren de openheid. De bruggen verwijzen naar de verbondenheid en de samenwerking binnen Europa, maar ook met de rest van de wereld.

a. Kies uit en vul in.

aquaduct met rondbogen - brug met rondbogen - brug met spitsbogen - sobere brug -
met beelden versierde brug - ijzeren brug - hangende brug



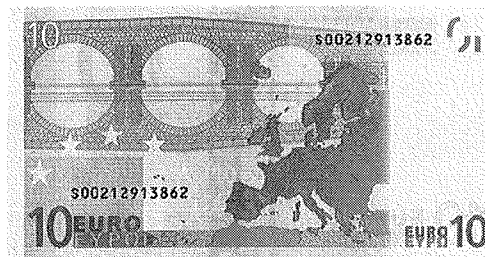
Pont du Gard (Frankrijk)
1^e eeuw voor Christus
antieke periode



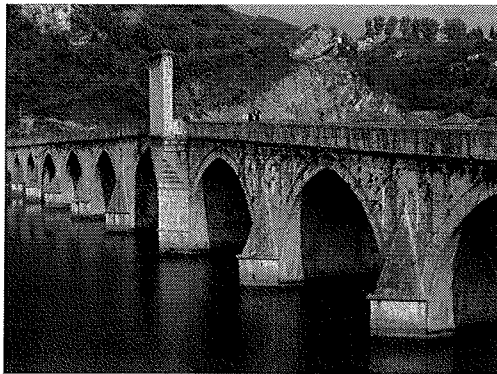
.....
biljet van 5 euro
Grieks-Romeinse architectuur



Puente La Reina (Spanje)
11^e / 12^e eeuw na Christus

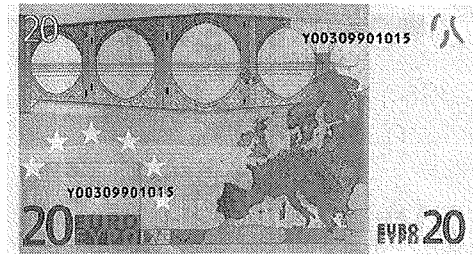


.....
biljet van 10 euro
Romaanse stijl



brug over de Drina (Servië, Bosnië)

13^e eeuw na Christus



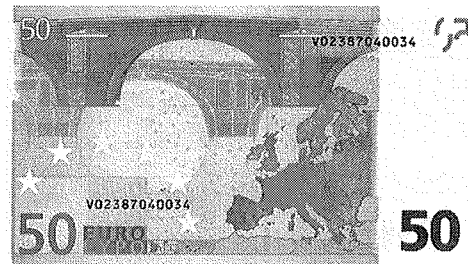
.....
biljet van 20 euro

Gotiek



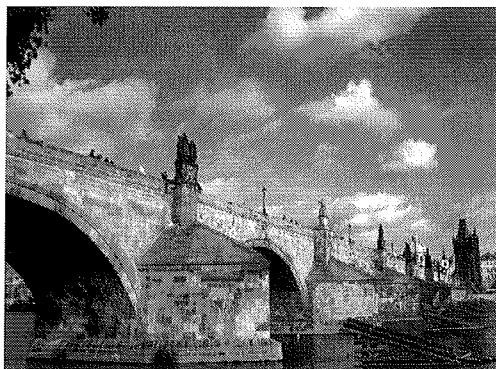
Rialtobrug Florence (Italië)

15^e /16^e eeuw na Christus



.....
biljet van 50 euro

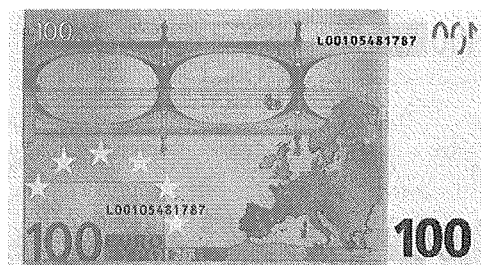
Renaissance



Karelsbrug Praag (Tsjechië)

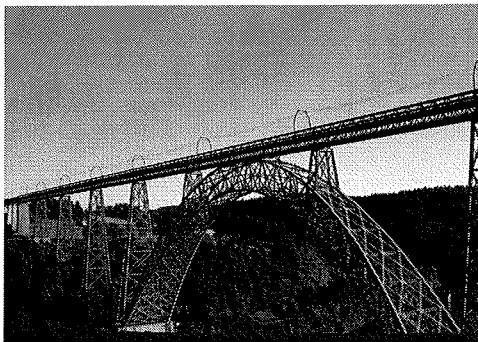
17^e eeuw na Christus

versieringen



.....
biljet van 100 euro

barok (en rococo)



spoorwegviaduct Garabit (Frankrijk)

19^e eeuw na Christus

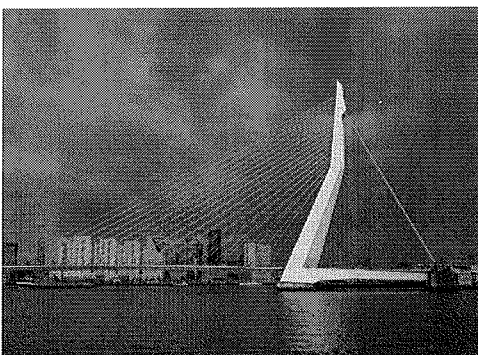
art deco



.....

biljet van 200 euro

industriële revolutie

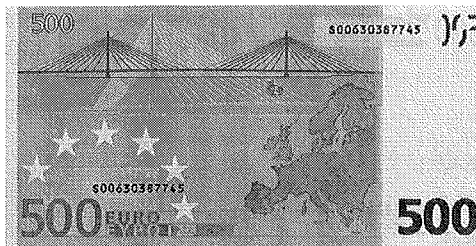


Erasmusbrug of Willemsbrug Rotterdam

(Nederland)

20^e /21^e eeuw na Christus

glas en staal



.....

biljet van 500 euro

Modernisme

b. Op welke eurobiljetten vind je een gespiegelde brug?

.....



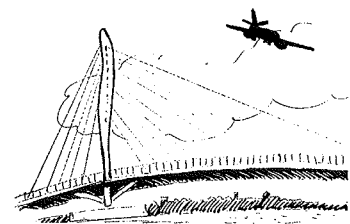
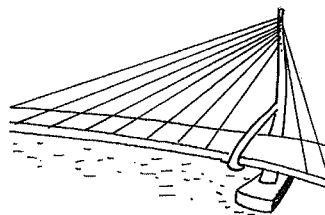
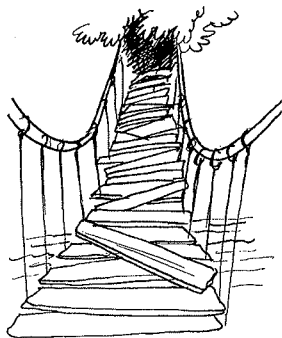
30. HANGBRUGGEN MET BELASTING OP TREK

Eén van de hoofdtypen bruggen volgens constructie, de manier waarop ze gebouwd zijn, is de hangbrug/kabelbrug, met als variatie daarop de tuibrug. Sinds het begin van de 19^e eeuw bestaan er hangbruggen van staal. Bij een hangbrug hangen twee draag- of hoofdkabels gebogen tussen pylonen of torens, soms ook doorgetrokken pijlers. De uiteinden van deze evenwijdig lopende lange kabels zitten verankerd in reuzenblokken beton. Het wegdek wordt met verticale stalen kabels, de hangers, aan de (hoofd)draagkabel gehangen. De kortere verticale kabels, bevestigd aan de draagkabels, trekken het wegdek omhoog. Daarom moeten de lange draagkabels via de pylonen goed verankerd worden aan de pijlers in de oevers.

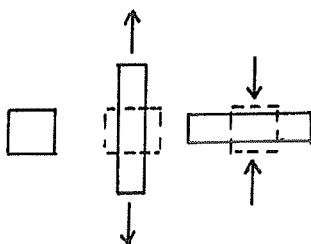
De langste bruggen ter wereld zijn hangbruggen. Ze kunnen een overspanning bereiken van 2 kilometer of meer. In Nederland en België zijn er geen hangbruggen omdat de bodem te zacht is om de kabels te verankeren. Dat kan wel met de tuibruggen. Bij deze bruggen wordt het brugdek direct gespannen aan de pylonen. In de tuien is er trekkracht. De tuien hebben voor het vasthouden van het brugdek dezelfde functie als bretels bij het ophouden van een broek. De pylonen voeren het gewicht van de brug vervolgens af naar de fundering. In de pylonen is sprake van drukkracht. Dat gebeurt met sterke stalen kabels, tuien genoemd. Er zijn bruggen met een enkele en met een dubbele pylon. Door deze bruggen kan een behoorlijke spanwijdte worden overbrugd en opvallende, esthetische verschijningsvormen worden ontworpen.

a. Kies uit en vul in.

moderne hangbrug – tuibrug - primitieve hangbrug

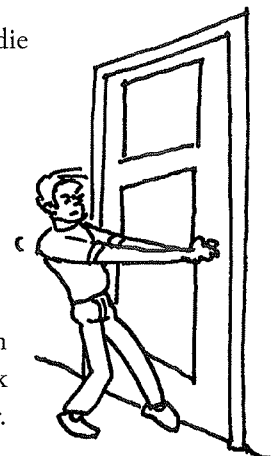


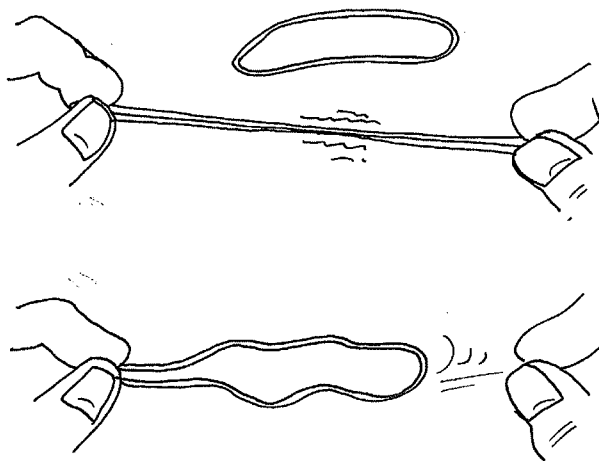
Trekkrachten kun je gemakkelijk laten zien. Een trekkracht is een kracht die gericht is op het materiaal dat zal uit(t)rekken.



Een voorwerp waaraan getrokken wordt, wordt niet alleen langer, maar ook dunner. Dat verschijnsel heet **dwarscontractie**.

Het langer worden, merk je aan de armen van het kind bij het trekken aan de deurkruk van een gesloten deur.

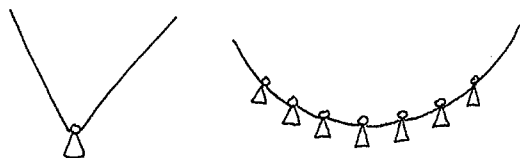
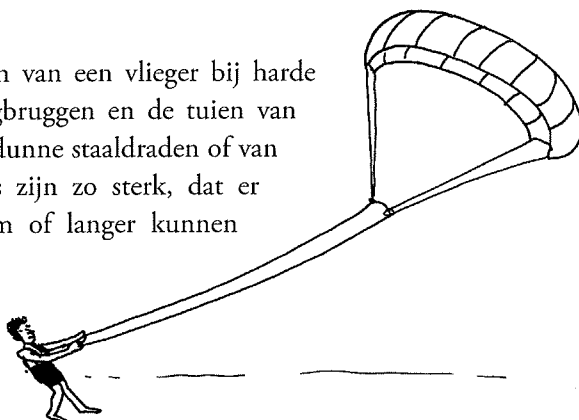




Hetzelfde gebeurt met een elastiekje dat onder trek wel twee of drie keer langer kan worden.

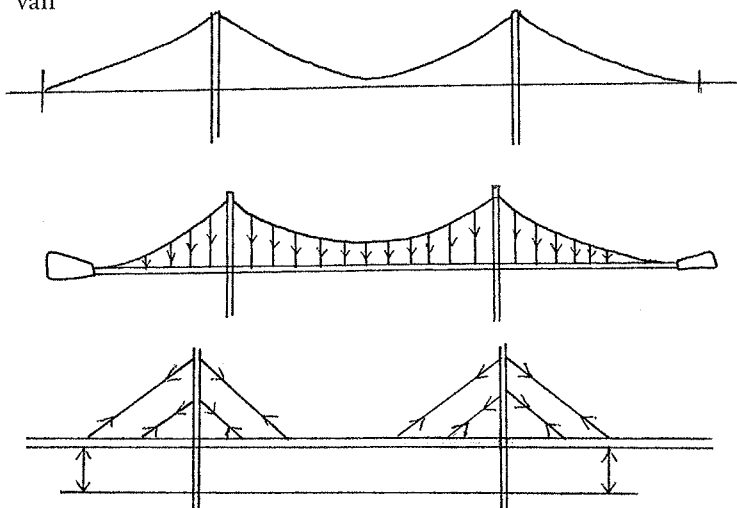
Als je het verder blijft uitrekken, kan het zo dun worden dat het losschiet. Een elastiekje is erg zacht materiaal, zodat de rek goed te zien is. Ook hardere en stijvere materialen, zoals staal dat gebruikt bij de bouw van bruggen, worden uitgerekt. Alleen is dat minder goed zichtbaar.

Trekkrachten voel je in je armen bij het oplaten van een vlieger bij harde wind. Dat gebeurt ook zo met kabels van hangbruggen en de tuien van tuibruggen. Moderne kabels zijn gevlochten van dunne staaldraden of van nylon met daaromheen staaldraad. Deze kabels zijn zo sterk, dat er hang- en tuibruggen met een lengte van 2 km of langer kunnen gemaakt worden.



De werking van een kabel kun je testen door in het midden van een stukje draad een paperclip met daaraan een gewicht, bijvoorbeeld een schooltuit, te hangen (hangende ranken). Als je de uiteinden van de draad optilt, ontstaat een V-vorm met als

diepste punt het gewicht. Als je meerdere gewichten ophangt, dus het gewicht verdeelt, ontstaat er een parabool, een kettinglijn, een soort boog. Dit is een optimale vorm van de draagkabel van een hangbrug. Als je wilt dat je touwtje minder doorhangt, moet je harder aan de uiteinden trekken. Daarom moeten de draagkabels van hangbruggen zeer stevig verankerd worden in de oevers.

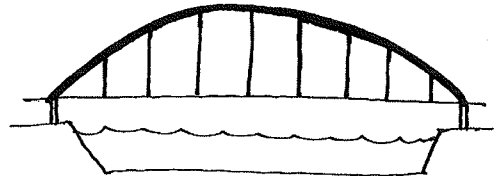
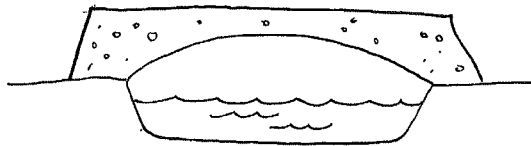


31. BOOGRUGGEN MET BELASTING OP DRUK/DUW

Eén van de hoofdtypen bruggen volgens constructie, de manier waarop ze gebouwd zijn, is de boogbrug, zowel de zuivere boogbrug als de omgekeerde vorm met trekband.

a. Kies uit en vul in.

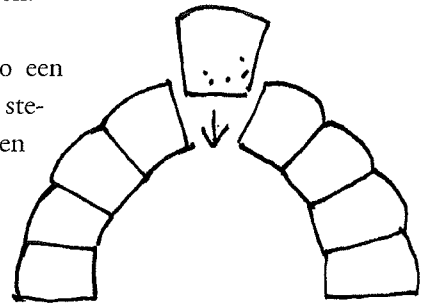
zuivere boogbrug - boogbrug met trekband



Een boogbrug is een goed voorbeeld van druk- of duwkrachten.

Losse stenen worden tegen elkaar aangedrukt en vormen zo een boog. Elke steen zou normaal naar beneden vallen, maar de stenen zitten vastgeklemd tussen de steunpunten die alle krachten opvangen.

De krachten worden hier zijwaarts door de steunpunten opgevangen zodat de brug niet naar beneden wordt geduwd en kan instorten. De zijwaartse krachten betekenen wel dat de steunen van de brug zijwaarts goed verankerd moeten zijn, bijvoorbeeld tegen de oever aan, om niet uit elkaar geduwd te worden. Anders barst de brug open. Bruggenbouwers spreken niet voor niets van de 'spatkracht', omdat de krachten naar opzij worden doorgegeven en niet naar onderen. De steunpunten worden uit elkaar gedrukt. Het wegdek en de kracht van de aarde op de pijler houdt de steunpunten bij elkaar. Een boogbrug krijgt dus vooral met duwkrachten te maken. Omdat de meeste materialen goed tegen druk bestand zijn, kan een boogbrug zware lasten dragen. De Romeinse aquaducten bewijzen hoe sterk bogen kunnen zijn, want vele staan nog steeds overeind.



Bij de boogbruggen onderscheiden we het principe van een zuivere boogbrug zoals bij de oude Romeinen en het principe van een boogbrug met trekband. Het laatste principe wordt toegepast bij moderne bruggen met grotere overspanningen. Bijvoorbeeld de boogbrug over de Waal bij Nijmegen (Nederland) en over de Colorado bij Hite (Verenigde Staten).

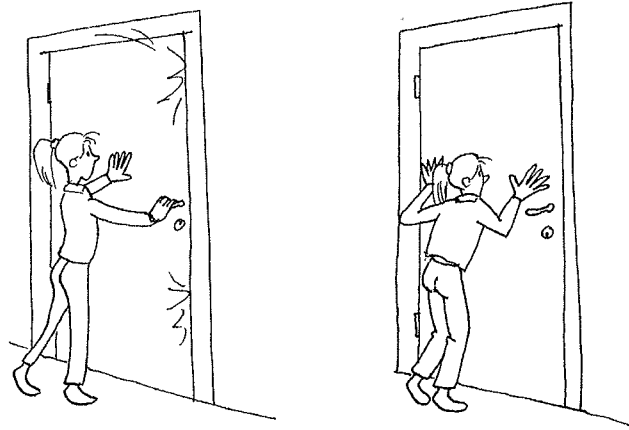
Bij de 'zuivere boogbrug' ligt het wegdek over het algemeen boven de boog. Via drukkrachten in de brugconstructie wordt het gewicht van de brug afgeleid naar de boog. Het gevolg is dat er zowel horizontale als verticale krachten inwerken op de fundering.

De Romeinen waren meesters in het aanleggen van wegen en het bouwen van bruggen. Met hun legers moesten ze ongehinderd en snel in heel Europa kunnen komen. De oversteek van rivieren moest daarom goed geregeld zijn. De Romeinen begrepen al heel snel dat een zware balk van graniet als brug niet geschikt is. Door het grote eigen gewicht breekt zo een balk. Hun oplossing was de

boogbrug. Ze gebruikten daarvoor een halve ronde houten mal waarop blokken natuursteen werden gelegd. Als laatste werd in het midden de sluitsteen geplaatst.

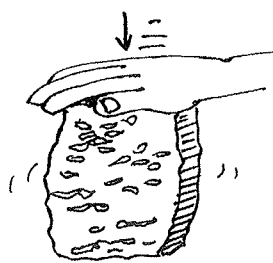
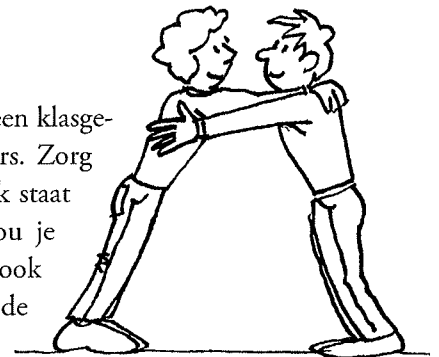
Waarom is een boog een perfecte oplossing?

Elke steen zou het liefst naar beneden vallen. Dat kan alleen door de steen ernaast een beetje opzij te schuiven. Behalve een kracht recht naar beneden, is er bij alle stenen dus ook een zijwaartse kracht, de stenen worden hierdoor vastgeklemd.

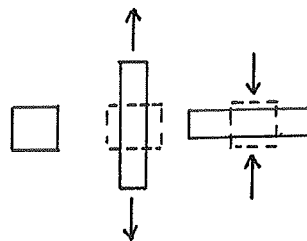


Een boogbrug heeft te maken met druk- of duwkrachten. Druk- of duwkrachten kun je gemakkelijk laten zien. Ervaar maar eens de drukkracht in je armen als je tegen een gesloten deur duwt. Je arm heeft dan de neiging het te begeven onder de druk en zich dubbel te plooiën.

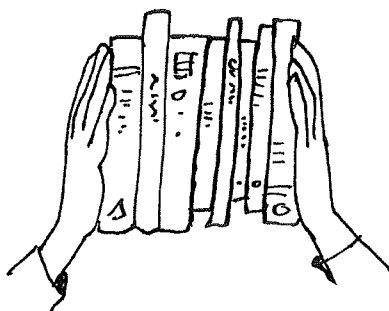
Je kunt zelf de krachten in een boogbrug voelen. Ga tegenover een klasgenoot staan en duw met gestrekte armen tegen elkaars schouders. Zorg dat je geen glad schoeisels aan hebt, niet op een glad oppervlak staat of ergens met je schoenen kunt tegenaan steunen. Anders zou je kunnen wegglijden door de druk van het duwen. Zo gaat het ook met boogbruggen. Om de druk te kunnen opvangen moeten de uiteinden stevig verankerd zijn in de oever.



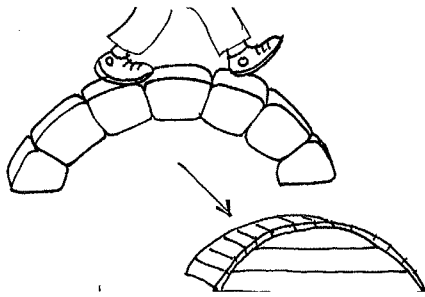
Duwkrachten gaan gepaard met het inkrimpen van materiaal. Druk een spons in elkaar met de vlakke hand. Ze wordt ook korter en dikker.



Dat gaat zo met elk voorwerp waartegen geduwd wordt. Je zult spoedig merken dat een spons niet geschikt is om bruggen te bouwen. Daarvoor heb je stevigere materialen nodig zoals hout, steen, ijzer en beton.



Boogbruggen kunnen een grotere afstand overbruggen dan ligger- of balkbruggen omdat er door de boogconstructie een gelijke belasting is. Dit kun je zien aan het voorbeeld van een rij boeken. Deze pers je hard met je handen samen zodat je het uit de boekenkast kunt halen. Als je niet hard en gelijkmatig drukt dan valt het op de grond.



b. Bouw een brug met houten blokken over een gebogen mal, bestaande uit één of meer hulpstukken.

- De uiterste blokken, de steunpunten moet je goed verankeren.



- Zorg ervoor dat de middelste houten wig goed aansluit bij de andere blokken.

- Neem daarna de hulpstukken weg en loop over de brug.

c. Hoe komt het dat een gebouwde boogbrug zo sterk is?

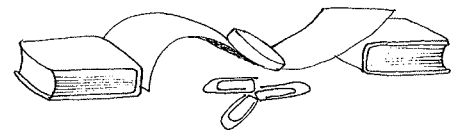
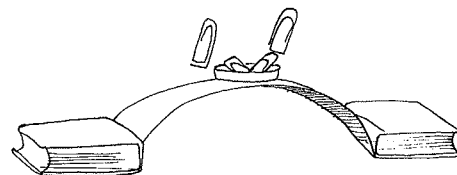
.....

.....

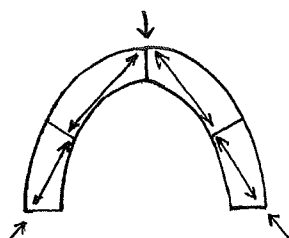
.....

d. Een kartonnen boogbrug tussen zware boeken

Kruis de 3 juiste uitspraken aan.



- De brug heeft geen steun aan beide zijkanten.
- Het gewicht van de brug gaat direct naar de onderkant.
- Het gewicht van de dop met de paperclips gaat via het karton naar de stevige boeken aan de zijkant.
- De brug heeft steun aan beide zijkanten.
- De brug kan een zwaardere last aan omdat het gewicht wordt verdeeld.
- Het gewicht van de dop met de paperclips rust vooral op de bovenkant van de brug.



32. LIGGER- OF BALKBRUGGEN MET BELASTING OP BUIGING

Eén van de hoofdtypen bruggen volgens constructie, de manier waarop ze gebouwd zijn, is de ligger- of balkbrug. Een liggerbrug is een goed voorbeeld van belasting op buiging.

De oervorm van de liggerbrug is een boomstam, een plank of een platte steen tussen twee oevers. Ondertussen is de boomstam vervangen door stalen of betonnen balken waarover het brugdek wordt gelegd.

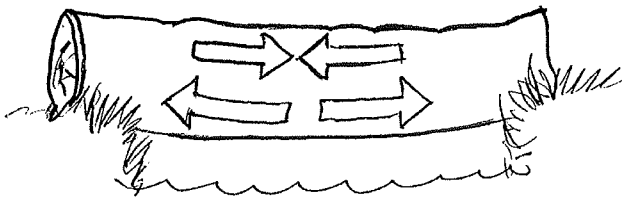
Omdat massieve balken voor grote overspanningen te zwaar zijn, worden balken met een profiel of verticale doorsnede gebruikt. De meeste bruggen die gebouwd worden, zijn liggerbruggen omdat ze eenvoudig, snel en goedkoop te maken zijn.

De balken die bij een liggerbrug gebruikt worden, kunnen vervangen worden door vakwerkliggers. Vakwerkliggers zijn opgebouwd uit driehoeken. Zij hebben het voordeel dat het een erg sterke constructie is waarvoor weinig materiaal nodig is.

De eenvoudigste manier om een beek te overbruggen is door middel van een plank. Maar niet elke plank is daarvoor sterk genoeg en de afstand mag niet te lang zijn. Bij buigkracht wordt de plank door drie krachten bewerkt. Twee gelijk gerichte krachten aan de uiteinden van de plank en een kracht in het midden die in tegengestelde richting wijzen.

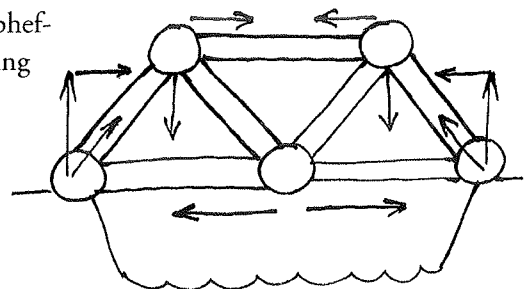
Het type liggerbrug is technisch gezien het eenvoudigst om te bouwen. Het bestaat slechts uit één onderdeel: de balk of ligger. Deze rust op de twee zijkanten van wat je wilt overbruggen en zo ontstaat een brug. De krachten die worden overgebracht door de balk zelf gaan ook via deze zijkanten de grond in.

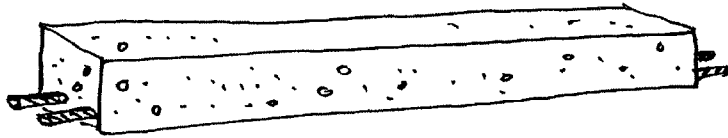
Het voordeel van een liggerbrug is de technische eenvoud en de geringe kostprijs. Een balk is al genoeg. Toch heeft de liggerbrug ook een belemmering: de lengte. Ten opzichte van alle andere bruggen, kan de liggerbrug maar een korte afstand overbruggen. Dit maakt hem ideaal voor een brug over een auto- of spoorweg. Maar rivieren en diepe ravijnen kun je er echter niet mee overbruggen zonder gebruik te maken van tussenondersteuning of ophang.



Als je een balk neemt en je zet er een gewicht op, buigt hij door. Door de kracht die het gewicht op de balk uitoefent, wordt de balk aan de onderkant in de lengte uit elkaar getrokken. Soms komen er daardoor scheurtjes in het materiaal. Probeer dat uit met een houten stokje of een gummetje.

In materialen belast op buiging treden zowel trekkrachten als drukkrachten op. Staal is geschikt om trekkrachten op te vangen, steen niet. De kracht van de onderkant van een balk is de trekkracht. Aan de bovenkant wordt de balk in elkaar gedrukt, want hier ontstaat voornamelijk druk- of duwkracht. Bij berekeningen wordt ervan uitgegaan dat de drukkrachten en de trekkrachten elkaar in het midden opheffen. In dat geval is er sprake van belasting op buiging zoals bij liggerbruggen.

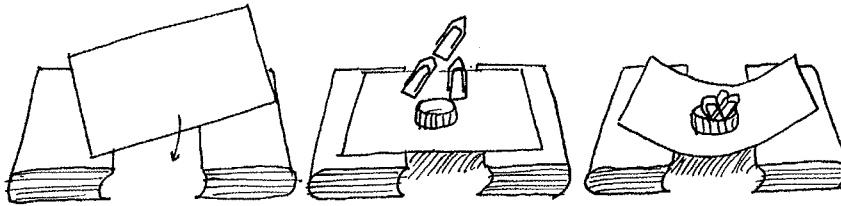




Liggerbruggen zijn tegenwoordig niet meer gemaakt van houten balken, maar van staalbetonnen liggers. In een staalbetonnen liggerbrug zit het metaal vooral onderaan omdat het beton slecht tegen trekkrachten kan en gemakkelijk scheurt. Het metaal is echter heel sterk in het opnemen van trekkrachten, zodat een dun stalen profiel aan de onderkant van een betonnen ligger al voldoende is.

Je kunt dit principe zelf nabootsen door aan de onderkant van een houten stokje een stevige striptape te plakken. Een stokje met tape zal veel minder doorbuigen dan een zonder. Als de tape aan de bovenkant is, heeft het geen effect.

a. Een kartonnen boogbrug over zware boeken



Kruis de 3 juiste uitspraken aan.

- De brug heeft geen steun aan de beide zijkanten.
- Het gewicht van de brug gaat direct naar de onderkant.
- Het gewicht van de dop met de paperclips gaat via het karton naar de stevige boeken aan de zijkant.
- De brug heeft steun aan beide zijkanten.
- De brug kan een zwaardere last aan omdat het gewicht wordt verdeeld.
- Het gewicht van de dop met de paperclips rust op de bovenkant van de brug.

b. Stel je voor dat je over een beek een dunne boomstam legt en oom Senne die 85 kg weegt stapt erover. Wat gebeurt er dan met de boomstam? Kies uit en vul in.

druk - trek – neutrale – uitgerekt – niets – ingedrukt

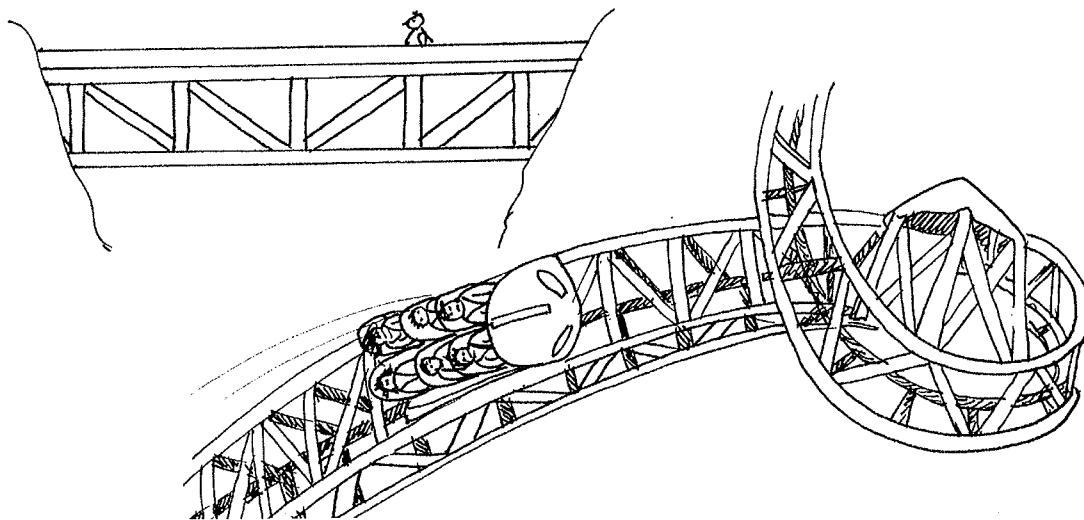
Bovenin wordt de tak = belasting op

Middenin gebeurt er = lijn

Onderin wordt de tak = belasting op

33. PATRONEN IN VAKWERKBRUGGEN

Bij liggerbruggen worden vandaag geen boomstammen meer gebruikt maar stalen draagbalken. Deze balken hebben een H-profiel en het oppervlak in het midden is volledig gesloten. Dit wordt een volle wandligger genoemd. Als de balk hoger wordt, wordt het draagvermogen groter, maar wordt de balk ook zwaarder. Dat probleem wordt opgelost als men de volle wand vervangt door een vakwerkligger. Bij een vakwerkligger wordt de gesloten wand vervangen door een open vakwerk van vormvaste driehoeken. Zelfs bij een achtbaan in de attractieparken worden vakwerkliggers gebruikt.



In een vakwerkbrug herkennen we boven- en onderrandstaven, verticale/loodrechte en diagonale staven. De onderrandstaven liggen horizontaal, de bovenrandstaven soms horizontaal of geknikt, in een boog. Er zijn ook nog schuine lijnen, diagonalen genoemd. De diagonalen zijn **'stijgend'** (omgekeerde letter V) als de staven naar het midden van de bovenkant van de brug wijzen. De diagonalen zijn **'vallend'** (letter V) als de staven naar het midden van de onderkant van de brug wijzen. Een combinatie met V's en omgekeerde V's geven afwisselend 'vallende' en 'stijgende' diagonalen aan.

a. Kies uit en vul in:

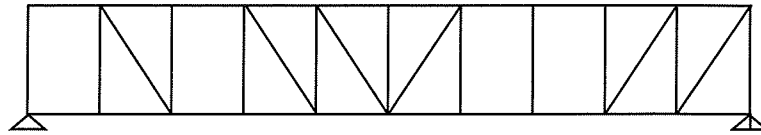
trek – buiging – druk

'Stijgende' staven hebben te maken met

'Vallende' staven hebben te maken met

b. Vervolledig de patronen in de volgende vakwerkliggers.

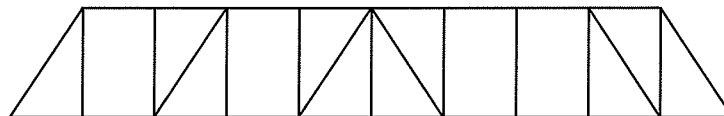
c. Kleur van de vakwerk N-ligger de evenwijdige horizontale boven- en onderrandstaven blauw, de verticale staven geel en de diagonale staven rood.



Zijn de diagonalen 'vallend', 'stijgend' of 'afwisselend vallend en stijgend'?

.....

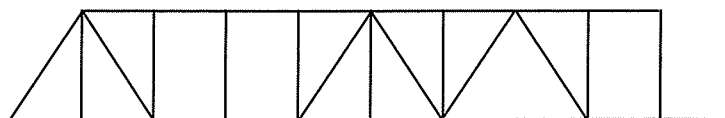
d. Kleur van de vakwerkligger de evenwijdige horizontale boven- en onderrandstaven blauw, de verticalen geel en de diagonalen rood.



Zijn de diagonalen 'vallend', 'stijgend' of 'afwisselend vallend en stijgend'?

.....

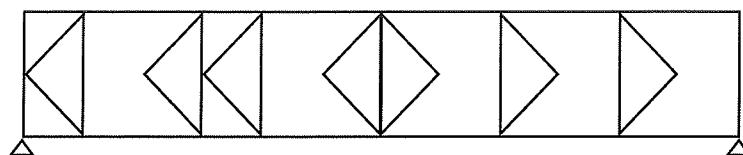
e. Kleur van de vakwerkligger de evenwijdige horizontale boven- en onderrandstaven blauw, de verticalen geel, de diagonalen rood.



Zijn de diagonalen 'vallend', 'stijgend' of 'afwisselend vallend en stijgend'?

.....

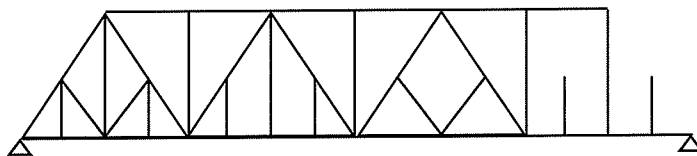
f. Kleur van de vakwerk K-ligger de evenwijdige horizontale boven- en onderrandstaven blauw, de verticalen geel en de diagonalen van de onderste helft rood.



Zijn de diagonalen 'vallend', 'stijgend' of 'afwisselend vallend en stijgend'?

.....

g. Kleur van de vakwerkligger de evenwijdige horizontale boven- en onderrandstaven blauw, de verticalen geel, de diagonalen rood.



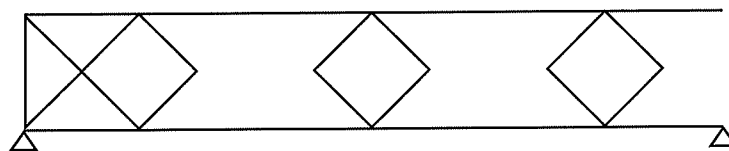
Zijn de lange diagonalen 'vallend', 'stijgend' of 'afwisselend vallend en stijgend'?

.....

Zijn de korte diagonalen 'vallend', 'stijgend' of 'afwisselend vallend en stijgend'?

.....

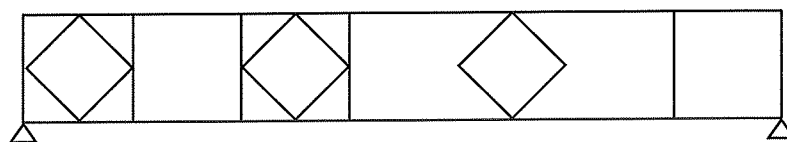
h. Kleur van het ruitenvakwerk de evenwijdige horizontale boven- en onderrandstaven blauw, de verticalen geel en de diagonalen rood.



Zijn de diagonalen 'vallend', 'stijgend' of 'afwisselend vallend en stijgend'?

.....

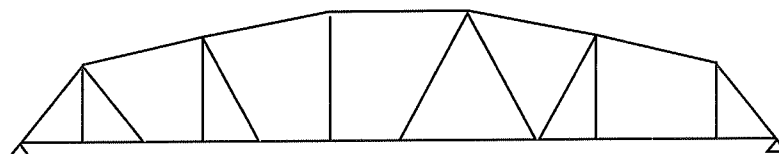
i. Kleur van het ruitenvakwerk de evenwijdige horizontale boven- en onderrandstaven blauw, de verticalen geel en de 'vallende' diagonalen rood.



Zijn de lange diagonalen 'vallend', 'stijgend' of 'afwisselend vallend en stijgend'?

.....

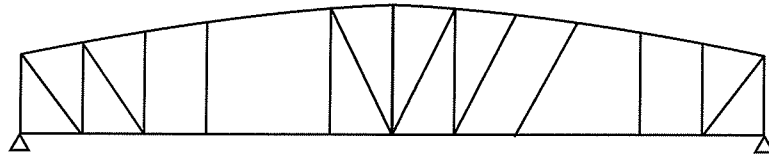
j. Kleur van de vakwerkligger de horizontale onderrand blauw, de geknikte bovenrand groen, de verticalen geel en de diagonalen rood.



Zijn de lange diagonalen 'vallend', 'stijgend' of 'afwisselend vallend en stijgend'?

.....

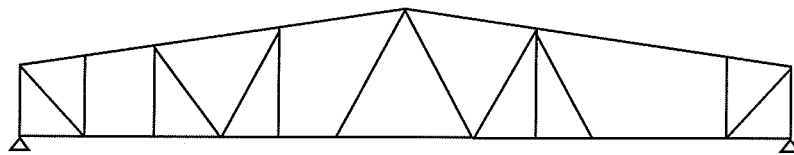
- k. Kleur van de vakwerklijger de horizontale onderrand blauw, de geknikte bovenrand groen, de verticalen geel en de diagonalen rood.



Zijn de lange diagonalen 'vallend', 'stijgend' of 'afwisselend vallend en stijgend'?

.....

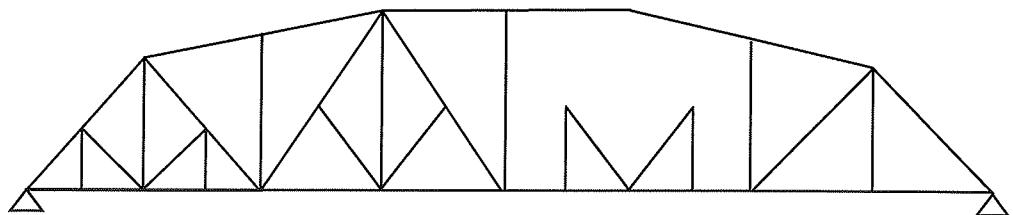
- l. Kleur van de vakwerklijger de horizontale onderrand blauw, de geknikte bovenrand groen, de verticalen geel en diagonalen oranje.



Zijn de lange diagonalen 'vallend', 'stijgend' of 'afwisselend vallend en stijgend'?

.....

- m. Kleur van de vakwerklijger de horizontale onderrand blauw, de geknikte bovenrand groen, de verticalen geel, de diagonalen rood.



Zijn de lange diagonalen 'vallend', 'stijgend' of 'afwisselend vallend en stijgend'?

.....

Zijn de korte diagonalen 'vallend', 'stijgend' of 'afwisselend vallend en stijgend'?

.....

