

## Wakker Worden Kinderlezing: **Hoe zijn piramides gebouwd?** 12 april 2015



Piramides, wie kent ze niet? Driehoekige gebouwen, middenin de woestijn. Ze zijn al lang geleden ontdekt door avonturiers, archeologen en onderzoekers en toch worden er nog steeds ontdekkingen gedaan. Door natuurkundigen zoals Daniel Bonn en Bart Weber van de Universiteit in Amsterdam bijvoorbeeld. Tijdens de Wakker Worden Kinderlezing bij Nemo in Amsterdam vertellen ze over hun ontdekking.

De kinderen op de tribune weten allemaal wat een piramide is: een graftombe voor farao's. 'De meest bekende piramides staan in Egypte, langs de rivier de Nijl,' vertelt Weber. In een tijd van duizend jaar zijn wel honderden piramides gebouwd. 'Dat gebeurde 4800 tot 3800 jaar geleden. Alle farao's wilden er een,' zegt Weber. 'Het duurde twintig jaar voordat één piramide af was en er werkten wel 40.000 mensen aan.'

Piramides bestaan uit grote, zware blokken steen. Elk blok is zo zwaar als een auto. 'De werkers hadden per blok 5 minuten om 'm op zijn plek te krijgen,' zegt Weber. De hoogste piramide staat bij van Gizeh en is 147 meter hoog. Voor lange tijd waren dit de hoogste gebouwen ter wereld. Tot de kathedraal van Lincoln in Engeland af was, in 1310. 'En nu komt er elk jaar wel een gebouw bij dat het hoogste gebouw ter wereld is,' lacht Weber. Maar piramides zijn onbetwist de zwaarste bouwwerken: een piramide weegt 5,9 miljoen ton. Dat is duizend keer zo zwaar als de Eiffeltoren.

### **Buitenaardse hobby**

Maar hoe zijn piramides gebouwd? Hoe hebben de Egyptenaren al die zware, massieve stenen op de goede plek in de woestijn gekregen? 'Die stenen zijn niet

te tillen,' roept Bonn uit. Sommige kinderen denken dat de stenen er naartoe zijn gerold met behulp van boomstammen, anderen denken dat ze op karren zijn vervoerd. 'Goede ideeën, maar in Egypte groeiden geen bomen en karren zakken weg in het zand,' zegt Bonn. 'Sommige mensen denken dat buitenaardse wezens de piramides hebben gebouwd. Hoe konden de Egyptenaren dan in twintig jaar tijd zo'n groot gebouw maken?'

Bonn en Weber zijn natuurkundigen en geloven niet dat buitenaardse wezens de piramides hebben neergezet. Iemand liet het tweetal een tekening zien, gevonden in een graftombe. Daarop is te zien hoe een zwaar beeld van wel 60.000 kilo door de woestijn wordt gesleept op een slee. Weber laat de tekening zien. De slee wordt getrokken door 172 mensen. 'Het gekke is de persoon die voor op de slee staat,' zegt Weber, terwijl hij het aanwijst. 'Hij giet water op de grond. En dat is spannend voor ons: wij onderzoeken waarom hij dat water daar voor die slee giet.'

## Uitproberen

Bonn en Weber onderzochten wat Egyptologen (Egypte-deskundigen, red.) zeiden over het gieten van het water. Zo lazen de natuurkundigen dat het werd gedaan als zuiveringsritueel. Een andere specialist schreef dat het gieten van het water geen enkel nut had en weer een andere deskundige dacht dat het 'zeer onwaarschijnlijk is dat er sledes zijn gebruikt voor het transport'. Bonn: 'Wij zagen dat niemand het daadwerkelijk had uitgeprobeerd.'



Het is tijd voor een experiment. In twee grote bakken zit zand: droog zand in het ene, nat zand in het andere. Op het zand staan sleetjes. Twee kinderen moeten op de slee op het droge zand gaan zitten. Een meisje trekt. Dat gaat erg zwaar. Dan moeten de kinderen in de andere slee gaan zitten, op het natte zand. Het meisje

trekt weer. Bonn en Weber probeerden het uit op het beachvolleybalveld van de Universiteit van Amsterdam. 'Op droog zand lukte het absoluut niet,' zegt Bonn. 'Toen we het zand nat maakten, kwam de slee veel makkelijker vooruit.'

Dat experiment was niet echt wetenschappelijk, dus deden de mannen de proef nog eens in het laboratorium. En ze zagen al snel dat bij droog zand, het zand zich ophoopt vóór de slee. Bij nat zand gebeurt dat niet. Hoe kan dat? Een jongen denkt het antwoord te weten: 'Het zand gaat een beetje aan elkaar plakken door het water, daar wordt het platter van.' Daar slaat hij de spijker op de kop: het lijkt iets te maken te hebben met de hardheid van zand.

### **Lijmen met water**

'Waarom is dat? Water is geen lijm, je kunt er geen gebroken vaas mee plakken,' zegt Bonn. 'Maar er gebeurt wel iets.' Zand bestaat uit allemaal losse korreltjes, maar als je er een beetje water bij doet, plakt het aan elkaar. Bonn: 'Water heeft een soort plakkracht.' De kinderen krijgen twee dunne glazen plaatjes. Ze moeten ze op elkaar drukken met een druppeltje water ertussen. En dan... Zitten ze vast! 'Hiermee laten we zien dat water wel kan werken als lijm,' zegt Weber. 'En dat het dus zand aan elkaar kan laten plakken.' Op een aantal plaatjes laat hij zien hoe waterdruppeltjes tussen zandkorrels kruipen en ze naar elkaar toe trekken. 'Er is een kracht die ze bij elkaar houdt, dat noem je de capillaire brug.'

Voor het bouwen van een zandkasteel gebruiken de kinderen het liefst 'hard' zand, zand met een beetje water er in. Met een proef is te zien waarom. De kinderen proberen een toren te bouwen van droog zand. Dat lukt niet. Maar ook van heel nat zand kun je geen toren maken: dat zakt hartstikke in. 'Een klein beetje water tussen de zandkorreltjes werkt als lijm: het maakt het zand stevig en op die manier komt er geen bult zand voor de slee met de zware steen.'

### **Minder mensen**

Als de zandkorrels voor de slee een beetje nat worden gemaakt, kan dat ontzettend veel trekkracht schelen, zegt Weber. 'Dat scheelt bijna 40 procent. Dan heb je maar 170 mensen nodig, in plaats van 250.' Bonn en Weber deden het experiment met een gewicht van 1 kilo in een bak met zand. De Egyptenaren hadden blokken steen van wel 1000 keer zo zwaar. 'Het gewicht maakt geen verschil. Het is hetzelfde, als het maar op dezelfde schaal is,' legt Bonn uit. Dat hebben Engelse onderzoekers namelijk uitgetoet. Weber: 'En dus zegt ons experiment van twee jaar geleden hoe de Egyptenaren het hebben gedaan. De Egyptenaren wisten dat al, bijna 5000 jaar geleden.'