

# GRONINGEN...WIE KRIJGT DE SCHULD?

- Praktische hands-on seismologie-activiteit -

Seismologie is onderdeel van het vak Aardrijkskunde en is de wetenschap die zich bezighoudt met het meten van (seismologische) golven als gevolg van een aardbeving.



Onze aarde is opgebouwd uit verschillende lagen. De buitenste laag - de laag waar jij op kunt lopen - noemen wij de aardkorst. De aardkorst heeft op het land een dikte variërend tussen de 30 en 60 kilometer. Op zee en onder oceanen is de dikte van de aardkorst soms maar 5 kilometer!

Vaak ontstaan aardbevingen door het instorten van ondergrondse gewelven waardoor de platen waaruit de aardkorst is opgebouwd onder spanning komen te staan en uiteindelijk kunnen verschuiven. Door het verschuiven van de platen in de aardkorst kan veel energie vrijkomen en wanneer het gebied in cirkelbanen (we noemen dat in een *sferisch patroon*) eromheen mee trilt, dan spreken we van een aardbeving. Ook in Nederland hebben we te maken met aardbevingen. De laatste tijd is de provincie Groningen in het nieuws vanwege die aardverschuivingen. De Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) heeft in Groningen decennia lang aardgas uit de grond gehaald. Doordat deze zogenaamde gasbellen leeggehaald zijn, zijn er loze ruimtes in de grond ontstaan waardoor de grond erom heen zich makkelijker kan verplaatsen. Wanneer bepaalde gebieden onder de grond dus instorten, heb je te maken met aardverschuivingen. In Groningen zijn door de gaswinning gemiddeld 50 meestal kleine, lichte aardbevingen per jaar. Deze aardbevingen kunnen veel schade veroorzaken aan woonhuizen, bedrijven en infrastructuur zoals wegen, bruggen, fietspaden..

Binnen deze hands-on activiteit 'Groningen...wie krijgt de schuld?' zijn wij vandaag de seismologen die op onderzoek uitgaan naar het 'epicentrum' van een aardbeving.

Vele levens zijn door seismologie gered, denk hierbij aan het tsunami-alarmsysteem op de zeebodem van de oceanen dat mensen vroegtijdig kan waarschuwen voor het naderende gevaar.

## Het spel:

De activiteit 'Groningen...wie krijgt de schuld?' neemt drie dagdelen in beslag. Tijdens het eerste dagdeel staat de uitleg van spelregels, de verschillende rollen en bijbehorende handbewegingen binnen het spel centraal. Sine adviseert tussendoelen binnen deze activiteit 'stap voor stap' te behandelen.

## Dagdeel 1:

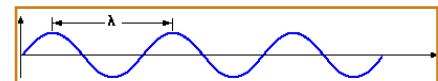
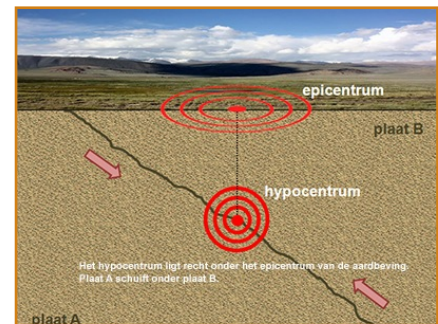
Het doel van vandaag is het epicentrum van een aardbeving te bepalen. Binnen het spel onderscheiden we drie rollen voor de deelnemers:

- Aardbeving aangeduid met de letter (A), de veroorzaker van een aardbeving.
- De Seismografen aangeduid met de letter (S) Zij detecteren, ontvangen en verzamelen de seismologische informatie.
- Het Medium aangeduid met de letter (M) zijn de platen van de aardkorst, de dragers van de seismologische golven.

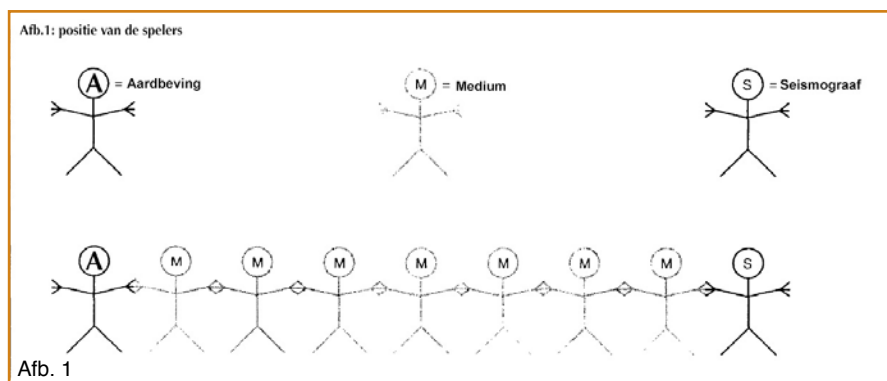
Verduidelijk aan de deelnemers dat wij de term 'epicentrum' vaak verkeerd gebruiken en daardoor het ook vaak verkeerd geïnterpreteerd wordt. Het episch centrum is de plaats op de aardkorst boven het hypocentrum. Het hypocentrum is de eigenlijke bron van de aardbeving en deze bestaat uit twee soorten seismische golven:

- P-golf, de longitudinale of compressiegolf.
- S-golf, de transversale golven of schuifgolven.

Een voorbeeld van de P- en S-golf zie je wanneer een lang touw aan één kant in trilling wordt gebracht door de hand heen en weer te bewegen. De handbeweging omhoog en omlaag is de P-Golf met als resultaat de golfbeweging, de S-golf in het touw. P-golven bewegen zich sneller voort dan de S-golven. S-golven daarentegen zijn juist de golven die zoveel schade veroorzaken.



De P- Golf: De deelnemers worden in het patroon van een rij geplaatst en geven elkaar de hand. De eerste deelnemer in de rij heeft de rol Aardbeving. De persoon aan het einde van de rij die van Seismograaf en de deelnemers in de rij krijgen zo automatisch de rol van Medium. (zie afb. 1)



Vertel aan de deelnemers dat één kneep met de hand door (A) staat voor de P-golf, de bron van de aardbeving. De seismologische golf beweegt zich in de vorm van handknepen via het Medium voort om uiteindelijk ontvangen en geregistreerd te worden door de deelnemer aan het einde van de rij: de Seismograaf. Na ontvangst van de P-golf in linker- of rechterhand roept de Seismograaf luidt en duidelijk: "P-golf".

Het is belangrijk dit goed met de deelnemers binnen de drie bestaande rollen te oefenen, opdat de P-golf zich zo snel mogelijk door (A) via (M) naar (S) kan verplaatsen.

De S-Golf: na het zorgvuldig oefenen van de P-golf is het nu de beurt aan de S-golf. De S-golf is niet de kneep in de hand maar het eenmalig schudden van de hand. Daarbij komt ook nog eens dat de deelnemer verplicht is twee seconden te wachten na ontvangst van de S-golf.

De Aardbeving (A) start de S-golf en telt stilletjes af "dui-zend en één", "dui-zend en twee" De Aardbeving moet daarna eenmalig de hand van de tweede deelnemer in de rij schudden. Wanneer deze tweede deelnemer de S-golf heeft ontvangen telt hij of zij opnieuw "dui-zend en één", "dui-zend en twee" tot alle deelnemers de S-golf hebben ontvangen en verstuurd hebben tot aan de Seismograaf aan het einde van de rij. De Seismograaf roept "S-golf" wanneer de golf is ontvangen.

Oefen met de deelnemers de P- en S-golf activiteit en let er bij de S-golf goed op dat de deelnemers in hetzelfde tempo blijven tellen.

### Combinatie van P- en S-golf

Hierna gaan we de P en S-golf samenvoegen: bij deze activiteit gaan wij tegelijkertijd een combinatie maken van P en S-Golf.

De Aardbeving start met het verzenden van een P-golf en hij wacht twee seconden om vervolgens de S-golf te verzenden. Deelnemer twee in de rij verstuurt de P-golf direct maar wacht twee seconden met het verzenden van de S-golf. Dit proces wordt door alle deelnemers van het Medium herhaald tot beide golven de Seismograaf hebben bereikt. Er moet nu bij de Seismograaf een groot tijdsverschil zitten tussen het roepen van: "P-golf" en "S-golf"

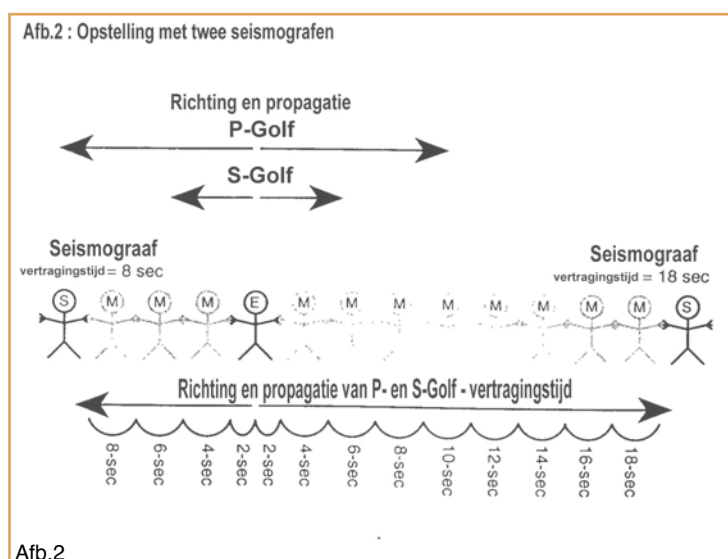
De Seismograaf krijgt in dit stadium van de activiteit de verantwoordelijkheid het verschil in ontvangst tussen de P en S-golf te meten. De Seismograaf roept nu niet meer "P-golf" en "S-golf" maar begint direct te tellen na ontvangst van de P-golf, "dui-zend en één", "dui-zend en twee" "dui-zend en drie"... Nadat de Seismograaf ook de S-golf heeft ontvangen stopt deze met tellen en roept nu "S-golf" en informeert de groep het tijdsverschil tussen in ontvangst tussen P-golf en S-golf.

Het kunnen combineren van de P-golf en S-golf is een belangrijk onderdeel van deze activiteit, oefen het zorgvuldig en voor de deelnemers binnen de verschillende rollen.

De vertraging in tijd die bij de Seismograaf ontstaat tussen ontvangst van P- en S-golf, vertelt ons alles over de hoeveelheid deelnemers die in de rij staan. Toch...? Iedere deelnemer vertraagt de S-golf met twee seconden :)

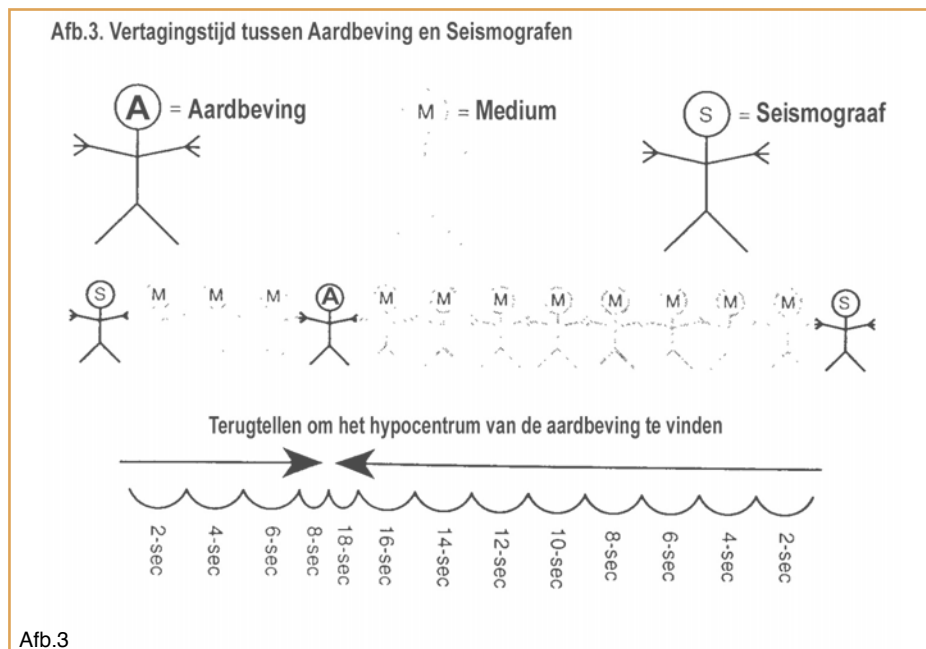
De afstand geteld in personen tussen Aardbeving en Seismograaf = vertraging (S-golf) / 2 seconden. Een voorbeeld: stel, er zijn 20 deelnemers waarvan één in de rol van Aardbeving en negentien in de rol van Medium. De Seismograaf zou een vertraging van 40 seconden moeten hebben waargenomen. 20 deelnemers x 2 seconden = 40 seconden.

Wanneer de deelnemers bovenstaande P-golf en S-golf activiteiten beheersen gaan we de activiteit iets gecompliceerder maken door het hypocentrum van de aardbeving niet aan het einde van de rij te plaatsen maar in buurt van het centrum van de rij. Met het hypocentrum in de buurt van het midden van de rij, plaatsen wij aan beide uiteinden van de rij twee nieuwe seismografen. (Afb.2)



Binnen deze opstelling en de vele opstellingen die zullen volgen, heeft de deelnemer die de Aardbeving A veroorzaakt nu twee deelnemers als burens en zal als gevolg hiervan bij het veroorzaken van de aardbeving met beide handen precies tegelijkertijd in de hand van beide burens moeten knijpen voor het verzenden van de P-Golf, vervolgens twee seconden wachten om met beide handen de S-Golf te kunnen versturen. De twee Seismografen hebben dezelfde verantwoordelijkheid als in de opstelling met één Seismograaf. Doordat de deelnemer die de Aardbeving zal veroorzaken niet in het midden van de rij staat, zullen de Seismografen verschillende waarden in vertragingstijd gaan waarnemen.

Door het verschil in vertragingstijd tussen de seismografen kunnen we in de praktijk de precieze lokatie van de Aardbeving bepalen. Het resultaat in tijd tussen de twee Seismografen vertelt ons hoeveel deelnemers er staan tussen de deelnemer die de Aardbeving heeft veroorzaakt en beide Seismografen. (Afb.3)



Om de deelnemer te vinden die de Aardbeving heeft veroorzaakt nemen we de vertragingstijd van beide Seismografen en passen wij de formule op pagina 2 op beide Seismografen toe om zo het hypocentrum van onze Aardbeving te vinden. Wanneer we van elke Seismograaf afzonderlijk het aantal deelnemers weten die ons scheiden van de Aardbeving hebben we het hypocentrum gevonden.

Voordat we verder gaan met deze activiteit moeten alle deelnemers de voorgaande activiteiten beheersen. Afhankelijk van het aantal deelnemers in de rij is het hypocentrum binnen het werken met grote groepen bij benadering te bepalen. Oefen het versturen van de boodschap door handknijpen, handschudden en tellen "dui-zend en één", "dui-zend en twee" zorgvuldig.

## De eerste echte aardbeving

Voordat we met de groep de eerste grote aardbeving gaan veroorzaken, zijn er een paar regels waaraan wij onszelf moeten houden.

1. Alleen diegene die verkozen is de Aardbeving te veroorzaken mag de seismische golven veroorzaken.
2. De precieze lokatie van de Aardbeving mag alleen ontdekt worden door gebruik te maken van de vertragingstijd en formule... dus niet knipogen.
3. Niemand mag enig geluid maken en zeker niet diegene die naast de aardbeving staan.
4. Dit is een spel van consensus en goede samenwerking.
5. De deelnemer die verkozen is tot het veroorzaken van de Aardbeving mag nooit zijn identiteit op voorhand prijsgeven.

Om te beginnen gebruiken wij dezelfde opstelling met twee nieuwe verse Seismografen als in afbeelding 2. In het geheim kies je één deelnemer die de Aardbeving zal gaan veroorzaken. Dit doe je door alle deelnemers hun ogen te laten sluiten en één deelnemer zachtjes op de schouder te tikken.

Een afstand-tijdgrafiek grafiek

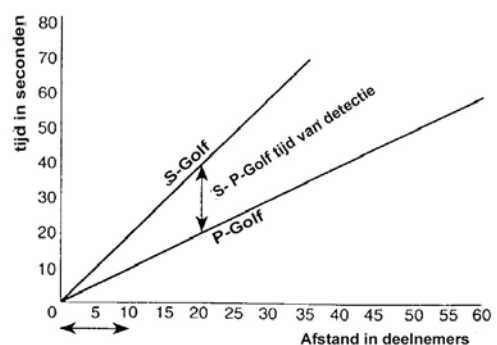
*Groningen... wie krijgt de schuld?* leent zich bij uitstek om met een grote groep deelnemers een afstand-tijd grafiek te maken. Maak een P- en S-Golf afstand-tijdgrafiek met als doel het visualiseren van de snelheid en tijd van de P- en S-Golven.

Begin met het plaatsen van de deelnemer die de Aardbeving gaat veroorzaken aan het begin van de rij met deelnemers. Plaats op gelijke - vijf Mediums op één Seismograaf - afstand de verschillende Seismografen. Bij waarneming van enige seismologische activiteit plaatsen de Seismografen hun handen op de handen van het Medium naast hun. De deelnemer die de Aardbeving met als eerste een P-Golf gaat veroorzaken, geeft duidelijk bij aanvang het moment van de Aardbeving aan. De Seismografen registreren de tijd. Daarna passen we bovenstaande werkwijze toe op de S-Golf. Verwerk de gegevens (data) van P- en S-Golf in een Exel bestand. Afb 4. Deze gegevens verwerken we vervolgens in een afstand-tijdgrafiek (Afb.5) De afstand in deelnemers plaatsen we op de x-as, en de tijd in seconden wordt op de y-as uitgezet. Deze grafiek maakt de afstand van seismologische golven totdat ze door de verschillende Seismografen worden ontvangen zichtbaar.

Afb.4. Voorbeeld van een tabel

Afstand-tijdtabel: P- en S-Golf		
Afstand in aantal deelnemers	Tijd in seconden	
	P-Golf	S-Golf
0	0	0
5	5	10
10	10	20
15	15	30
20	20	40
25	25	50
30	30	60
35	35	70

Afb.5 De afstand-tijdgrafiek

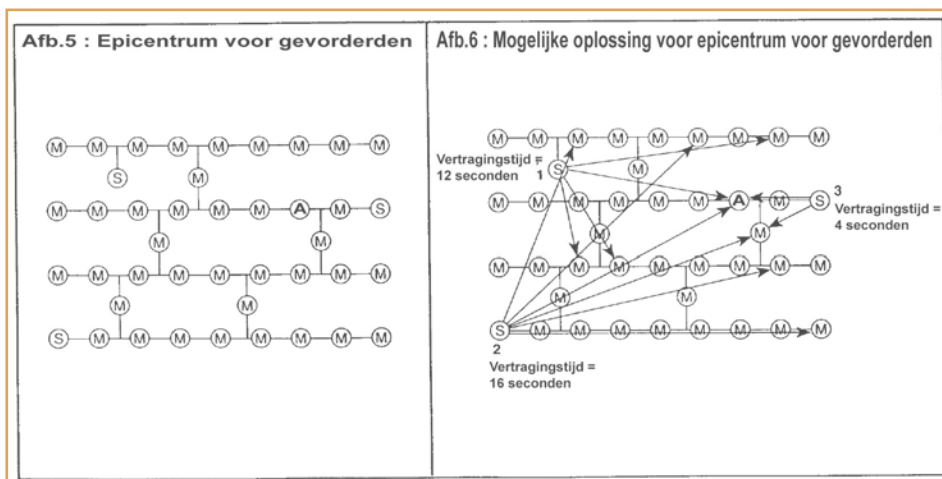


S-P-Golf tijd van detectie in relatie tot afstand

Voor nog meer uitdaging in Groningen...wie krijgt de schuld?

Wanneer deelnemers alle voorgaande activiteiten goed beheersen en begrijpen, is nu de tijd aangebroken voor een grotere uitdaging. Afbeelding 5 geeft een mogelijk meer uitdagende opstelling voor deelnemers waarbinnen zij het epicentrum van de Aardbeving mogen gaan ontdekken. Deze uitdaging is sterk afhankelijk van een juiste hoeveelheid deelnemers.

1. Alle deelnemers behalve de Seismografen houden elkaars handen vast; ze hebben hierin de keuze tussen om één of beide handen te gebruiken.
2. Veel patronen vereisen drie of meer seismografen om de juiste lokatie van het epicentrum te kunnen bepalen.
3. Seismografen kunnen alleen seismologische golven ontvangen; zij kunnen de golven niet verzenden.
  - Seismografen bevinden zich aan het einde aan de rand van een rij of kolom.
  - Wanneer de seismograaf zich binnen in het patroon bevindt, legt hij bij het passeren van een seismologische golf de handen op de van de buren.
4. Het is belangrijk voor diegene die de Aardbeving veroorzaakt, te weten dat de P- en S-Golf maar één keer wordt verzonden.



Het vinden van het epicentrum binnen dit niet-lineair patroon is een stuk lastiger. Wanneer de deelnemers de werkwijze en formules uit voorgaande lineaire activiteiten toepassen, is het epicentrum vrij eenvoudig te vinden. Doordat alleen de afstand van een Seismograaf tot het centrum van de Aardbeving door eliminatie kan worden bepaald, bekijken we nu afbeelding 6.

Binnen afbeelding 6 zien we dat er bij Seismograaf nummer 1 vier mogelijke oplossingen bestaan. Seismograaf 2 heeft de keuze uit zes mogelijke oplossingen en Seismograaf 3 heeft er twee. Wanneer wij nu alleen de gegevens uit Seismograaf 2 en 3 gebruiken komen wij tot een oplossing van uiteindelijk twee mogelijke locaties. Pas wanneer wij de gegevens van de drie (of meer) Seismografen gebruiken, kunnen wij de deelnemer die deze Aardbeving heeft veroorzaakt vinden.

Het is nu aan aan de groep om zelf creatieve patronen te gaan maken om vervolgens met een passende en creatieve oplossing te komen.