

# Måling af seismiske bølger med geofoner

OLE AHLGREN, oa@roende-gym.dk, Rønde Gymnasium

I LMFK-bladet nummer 3 i 2011 var der en beskrivelse af et avanceret seismisk udstyr, som kunne lånes fra Geologisk Institut i Aarhus. Med dette kunne man måle bølgehastigheder i jorden og bestemme lagdelinger i et vertikalt snit.

På Rønde Gymnasium har vi flere gange lånt udstyret med stort udbytte. På C-niveau kan nogle elever dog have svært ved at lave de nødvendige udregninger. Vil man nøjes med at bestemme bølgehastigheder kan man klare sig med mere simpelt udstyr.

I NV har vi haft et forløb med naturgeografi og fysik om bl.a. jordskælv og bølger. Herunder målte vi lydhastigheden i luft og i en bordplade på den velkendte måde med to mikrofoner og LoggerPro programmet. For at relatere til naturgeografi ville vi også forsøge at måle seismiske bølger i jorden med geofoner.

Geofoner har et stålspir som stikkes ned i jorden og indeholder en magnet og en spole. Hvis der kommer en rystelse i jorden induceres der en svag spænding, som kan måles med oscilloskop eller computer. Geofoner kan købes flere steder på nettet. Vi fandt nogle på handelsplatformen Alibaba og købte 6 stk. Når de loddes til spændingssensorerne fra Vernier-

systemet kan de umiddelbart tilsluttes LoggerPro via et af Verniers interfaces, fx LabQuest. Andre systemer kan naturligvis også anvendes. Som i forsøget med mikrofonerne og lydhastigheden anbringes to geofoner i jorden i en given afstand. Bølgen frembringes ved at slå hårdt på en stålplade på jorden (vi brugte en tung ambolt) med en stor hammer. I LoggerPro aflæses tidsforskellen i signalet fra de to geofoner, og hastigheden udregnes.

## Opsætning med flere geofoner

For at fem hold kunne lave forsøget samtidig blev en af geofonerne loddet til fem lange ledninger så alle holdene var fælles om denne, og derudover havde de hver deres egen geofon. Hvert hold havde således to geofoner tilsluttet deres computer. Den fælles geofon placeres der hvor bølgen startes (ved ambolten), og den anden blev anbragt i forskellige afstande mellem 1 og 5 meter. Over 5 meter blev signalet for svagt. Afbildes tiden og afstanden fås en ret linje, og hastigheden kan bestemmes. På en græsplæne på blød muldjord fik vi typisk en bølgehastighed på 150 m/s. Vi lavede også forsøget på en gangsti på hård jord. Her blev hastigheden cirka den dobbelte. En interessant pointe.

På grafen fra LoggerPro er der målt på hård jord. Tidsforskellen for de to signaler aflæses til 0,0036 sekunder og afstanden er 1 meter, det giver en hastighed på 278 m/s, naturligvis med en ret stor usikkerhed.

Når der sker et jordskælv, skabes der både *P*-bølger (længdebølger) og *S*-bølger (tværbølger) samt overfladebølger. *P*-bølgerne bevæger sig lidt hurtigere end *S*-bølgerne, så man på en seismograf først ser *P*-bølgen og derefter *S*-bølgen. De bølger, der skabes ved vores forsøg, er sikkert en blanding af det hele, men afstandene er så små, at de ikke kan skelnes. Men eleverne kan godt lave koblingen til det, de lærer i naturgeografi.

## Triangulering

Når en seismisk station modtager *P*- og *S*-bølger fra et jordskælv kan man ud fra tidsforskellen beregne afstanden til jordskælvet, da man kender bølgernes hastigheder, men naturligvis ikke retningen. Kombinerer man data fra tre eller flere seismiske stationer placeret forskellige steder på Jorden, kan man bestemme stedet for jordskælvet. En sådan triangulering laver man ofte i naturgeografi som en ren teoretisk øvelse (i naturgeografi gør man meget i teoretiske øvelser). Det kan også laves med dette udstyr i en modificeret form. De fem geofoner placeres forskellige kendte steder på en græsplæne og den fælles geofon placeres et (i princippet ukendt) sted mellem dem. Der slås med hammeren ved siden af den fælles geofon og tidsforskellen til hver af de andre geofoner måles. Da hastigheden nu er kendt, kan man bestemme afstanden fra hver geofon til det sted, hvor der blev slået. Ved at tegne cirkler kan stedet, hvor bølgen startede, bestemmes og sammenlignes med, hvor det faktisk er. Der er en del usikkerhed ved aflæsning af tidsforskellen af signalerne,



Figur 1  
Geofon med jordspyd og hus med magnet og spole.



**Figur 2**  
Geofonerne er placeret forskellig steder i forhold til den fælles geofon.



**Figur 3**  
Der måles langs en sti med hård jord.

så alle cirklerne skærer ikke hinanden i samme punkt, men eleverne får en god forståelse af princippet, som de kan tage med til naturgeografi.

Geofonerne kan også udmærket bruges til at registrere bølger på en bordplade, fx katederet. Hvis de stilles på bordet med spiret opad registreres et fint signal når man slår på bordet. Hvis man slår lodret

ned på bordet fås en tværbølge, og hvis man slår på siden af bordet fås en længdebølge. Man finder, at længdebølgerne bevæger sig hurtigere end tværbølgerne. Man kan også lave en triangulering på bordpladen ved at anbringe geofon nummer to forskellige steder på pladen. Når vi laver forsøget på en bordplade bruger vi en gummihammer til teltplokker til at slå med.

Det er altid spændende at afprøve nyt udstyr, og især når det også kan relateres til andre fag.

Interesserede er naturligvis velkommen til at spørge om flere detaljer.

**Figur 4**  
Signalet fra de to geofoner. Den blå er nærmest det sted, hvor der slås. Det ses, at svingningen i jorden dæmpes ret hurtigt

