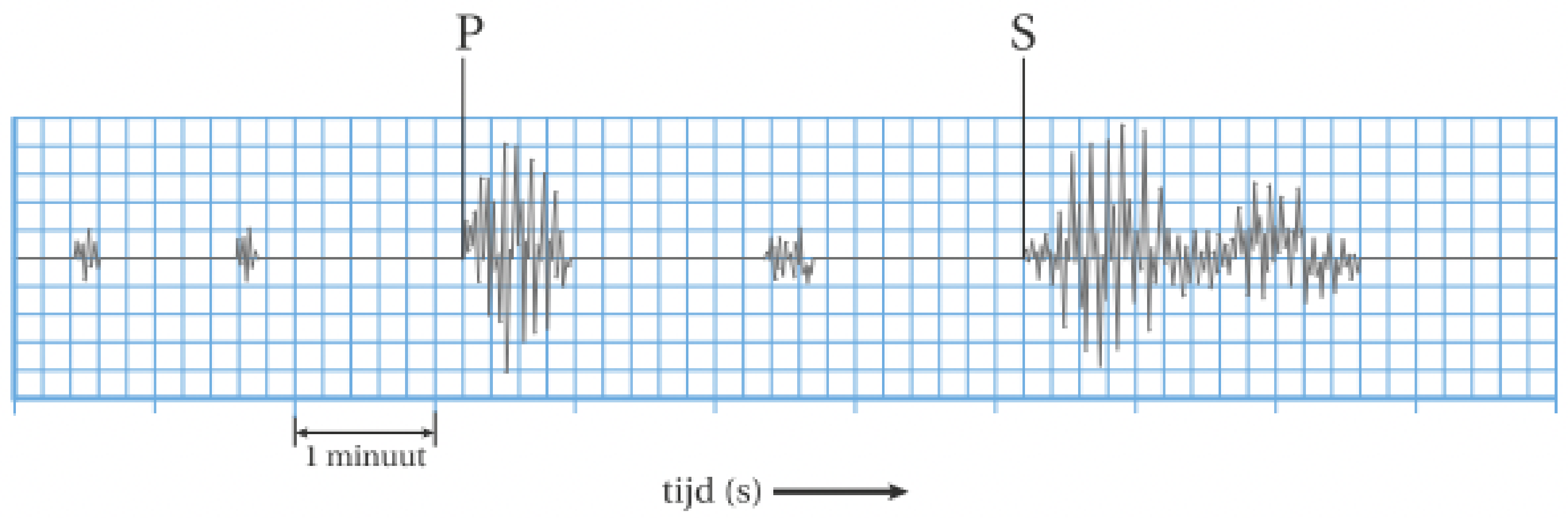
d 27 Figuur 55 laat een seismogram zien van de trillingen ten gevolge van de P- en S-golven van een aardbeving in Griekenland.

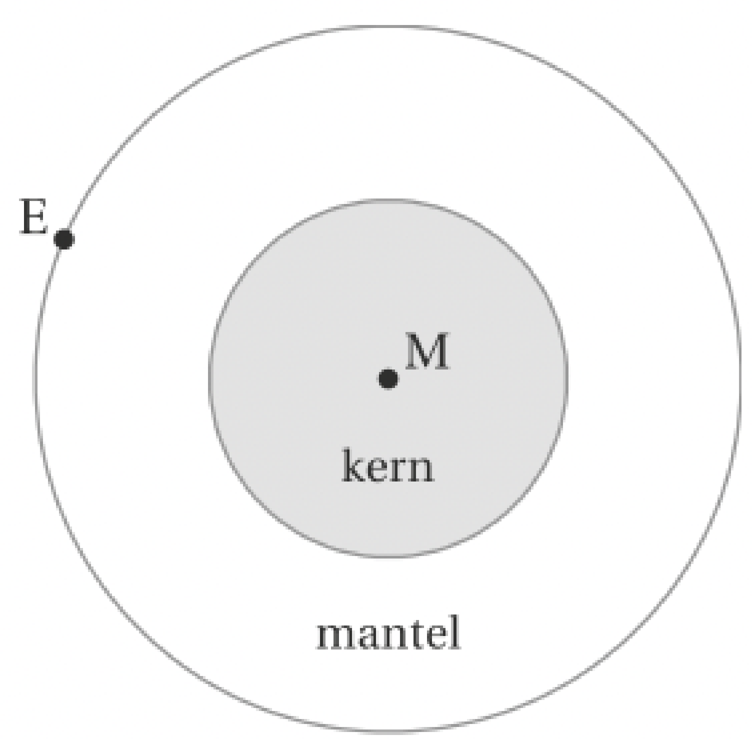


Figuur 55

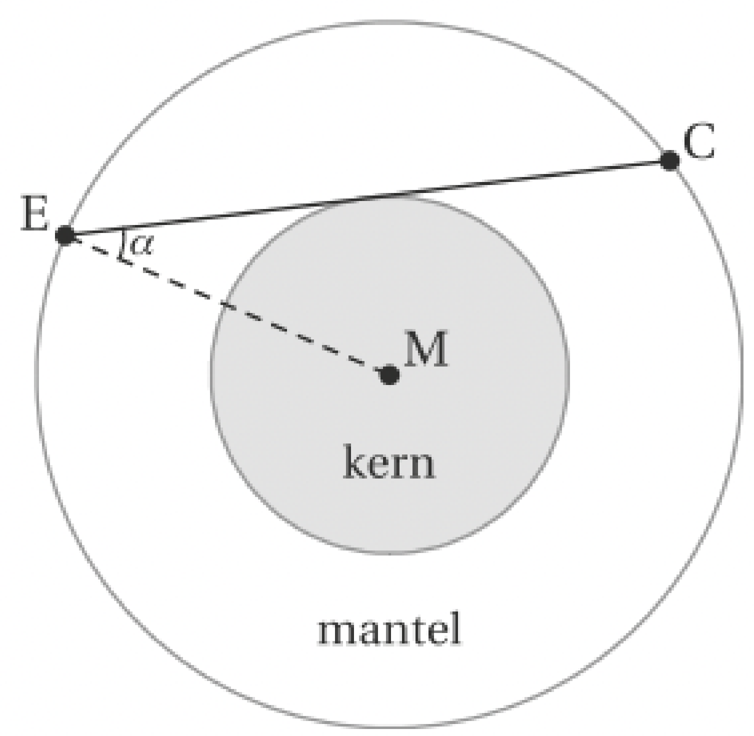
Het seismogram van figuur 55 is opgenomen in De Bilt. Neem aan dat de golven tussen Griekenland en De Bilt zich rechtlijnig door de mantel hebben voortgeplant. In de mantel hebben de P-golven een voortplantingssnelheid $v_P = 6{,}2$ km s^{-1}, terwijl de S-golven een snelheid $v_S = 3{,}5$ km s^{-1} hebben.

a Bepaal met behulp van figuur 55 de afstand tussen De Bilt en het epicentrum in Griekenland.

In deze opgave vat je de aarde op als een bol die bestaat uit een mantel van gesteenten om een vloeibare kern. Zie figuur 56. Hierin is M het middelpunt van de aarde en E het epicentrum van een aardbeving.



Figuur 56



Figuur 57

In de mantel planten zich zowel longitudinale als transversale golven voort. Door de kern lopen alleen longitudinale golven. In figuur 57 is vanuit het epicentrum E een raaklijn getekend aan de vloeibare kern. De hoek tussen deze raaklijn en de lijn EM noem je α. Hoek α wordt bepaald door de seismogrammen van een groot aantal waarnemingsstations over de hele aarde met elkaar te vergelijken.

b Leg uit hoe met deze seismogrammen hoek α wordt bepaald.

Een deel van de P-golven gaat bij F de kern binnen. Zie figuur 58. De richting van de golven verandert hierbij volgens de brekingswet van Huygens.
In de mantel vlak bij de kern is de voortplantingssnelheid 1,3 keer zo groot als in de kern. Neem aan dat de voortplantingssnelheid in de kern overal gelijk is.

6 Afsluiting

Opgave 27

a De afstand tussen het epicentrum en het meetstation bepaal je met de formule voor de snelheid toegepast op de P- en de S-golven.
De afstand s is voor beide golven gelijk.
Het tijdsverschil bepaal je in figuur 56 van het katern.

$t_S - t_P = 4{,}0$ min

$s = v_P \cdot t_P$ en $s = v_S \cdot t_S$

$t_P = \frac{s}{v_P}$ en $t_S = \frac{s}{v_S}$

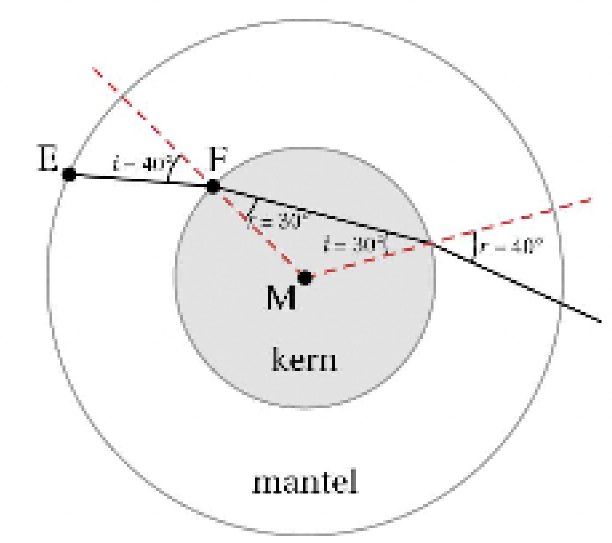
$t_S - t_P = \frac{s}{v_S} - \frac{s}{v_P}$

$v_S = 3{,}5$ km s^{-1}
$v_P = 6{,}2$ km s^{-1}
$t_S - t_P = 4{,}0$ min $= 4{,}0 \times 60 = 240$ s
$s = 1{,}928 \cdot 10^3$ km
Afgerond: $s = 1{,}9 \cdot 10^3$ km.

Opmerking
Gebruik je de formule $s \approx 8 \cdot \Delta t$ dan ontstaat $s = 8 \times 240 = 1{,}92 \cdot 10^3$ m.
Afgerond: $s = 2 \cdot 10^3$ km.

b De transversale S-golven kunnen zich niet voortplanten door een vloeistof, dus niet door de kern.
Waarnemingsstations in de ‘schaduw’ van de kern nemen dus alleen P-golven waar.
Uit de straal van de aarde, de plaats van E en de plaats van een waarnemingsstation dat nog net S-golven waarneemt, wordt hoek α bepaald.

c Zie figuur 19.



Figuur 19

De waarde van hoek r bij punt F bereken je met de brekingswet van Huijgens.
De hoeken i en r bepaal je ten opzichte van de normaal op het grensvlak tussen kern en mantel.
Dit is de streeplijn door de punten M en F.

$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_{\text{mantel}}}{v_{\text{kern}}}$

$i = 40°$ Opmeten in figuur 58 van het katern.

$\frac{v_{\text{mantel}}}{v_{\text{kern}}} = \frac{1}{1{,}3} = 0{,}769$

$r = 29{,}6°$
Vanwege de symmetrie komt de golf weer met hoek van 40° uit de kern.

d De golf breekt bij Q naar de normaal toe.
Dus $r < i$
Er geldt: $\frac{\sin(i)}{\sin(r)} = \frac{v_i}{v_r}$

$\frac{\sin(i)}{\sin(r)} > 1$

Dus $\frac{v_i}{v_r} > 1$

Dus neemt snelheid af richting het oppervlak van de aarde.
Dus de snelheid neemt toe bij toenemende diepte.