

PET 110 - 2015

Løsning Examen Geofysikk-del

— " —

Oppgave 1

- a) Da tid og frekvens er inverse størrelser, vil en kortere varighet for Ricker waveleten bety at peak frekvensen øker.
- b) Nyquist frekvensen er den største frekvensen man kan oppløse for et diskret samplet tidserie om man skal unngå aliasing (foldning). Mao representerer Nyquist frekvensen båndbredden til signalet.

Nyquist frekvensen er ifølge samplings teoremet gitt av

$$f_{\text{Nyquist}} = \frac{1}{2} f_s = \frac{1}{2\Delta t}$$

hvor f_s er samplings frekvensen av signalet, Δt er samplings intervallet og f_{Nyquist} er Nyquist frekvensen. I siste overgang ovenfor har vi brukt at $f_s = 1/\Delta t$.

c) Aliasing er et fenomen som oppstår dersom man sampler et signal med en samplingsfrekvens (f_s) som er mindre enn to ganger den maksimale frekvenskomponenten av signalet.

Aliasing oppstår som følge av at to harmoniske signaler (sinus bølger) av forskjellig frekvens ikke nødvendigvis lar seg skille etter sampling.

Aliasing gir opphav til en feil når man sampler et signal.

d) For å unngå aliasing må man for en gitt samplings frekvens low-pass filtrere det kontinuerlige signalet ved Nyquist frekvensen (eller lavere).

Fra den høyre grafen i Fig. 1 ser man at den maksimale frekvenskomponenten er ca

$$f_{\max} \approx 150 \text{ Hz}$$

Da ønsker vi

$$f_{\max} \leq f_{\text{Nyquist}} = \frac{1}{2\Delta t}$$

eller $\Delta t \leq \frac{1}{2f_{\max}}$.

Numerisk gir dette med $f_{\max} = 150 \text{ Hz}$ at samplingsintervallet må oppfylle

$$\Delta t \leq 3.3 \text{ ms}$$

e) Det følger fra

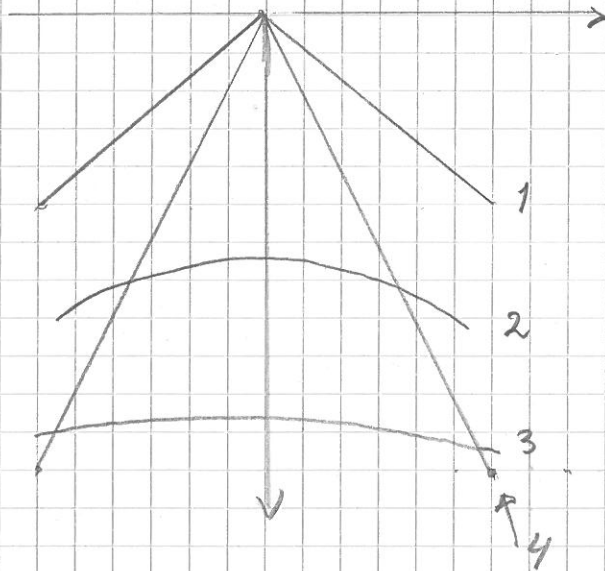
$$\lambda f = v \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{2500 \frac{\text{m/s}}{50 \text{ Hz}}} = \underline{50 \text{ m}}$$

☐ Når et signal går gjennom jorden blir det reflektert / refraktert samt absorbert. Da seismiske bøyer ikke er dispersive vil de to første prosessene endre alle frekvenser likt og dermed redusere amplituden på signalet likt for alle frekvenser. Absorpsjonen derimot vil være størst betydning for de største frekvensene. Dette betyr at det signalet man registrerer på mottakerene vil relativt sett inneholde et sterkere bidrag fra lav-frekvente komponenter. Eller sagt på en annen måte, undergrunnen representerer et lav-pass filter for signalet under bølgeforplantningen

g) Da amplituden typisk blir lavere pga geometrisk spredning, refleksjon etc vil det mottatte signalet typisk bli svakere i tidsdomenet. Absorpsjon medfører at lav-frekvente komponenter vil dominere mottatt signal i frek. domenet. Dette betyr i tidsdomenet at mottatt signal har lengre varighet enn det utsendte signalet. Den samme effekten vil man ha av de ulike gangveiene (og gangtidene) det mottatte signalet vil bestå av.

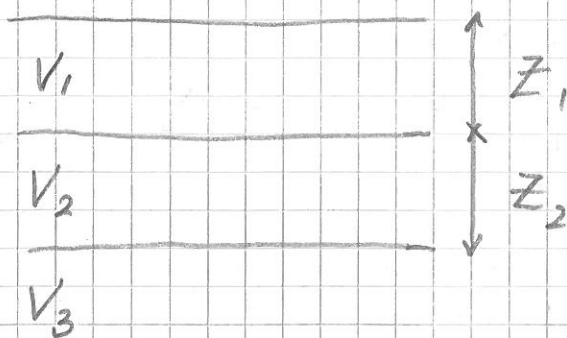
Oppgave 2

- a) Se forelesnings notater
- b) — " —
- c) skisse



- 1 Direkte bølge
- 2 Refleksjon fra lag nr. 1
- 3 — " — 2
- 4 Overflate bølge (Rayleigh bølge)

Dette indikerer at man antar en model.



d) Toveis gangtid til den første reflektoren er gitt av den hyperbolske likningen (husk at offset er $2x$)

$$t_1^2(x) = t_1^2(0) + \frac{(2x)^2}{v_1^2}$$

Løser denne likningen mhp v_1 , gir

$$v_1 = \left[\frac{4x^2}{t_1^2(x) - t_1^2(0)} \right]^{1/2} \quad (\text{hyperbel})$$

Ved å bruke de numeriske verdiene for e.g. $x = 100 \text{ m}$ finner man

$$v_1 \approx 1497 \text{ m/s} \quad (\text{hyperbel})$$

Bruke andre verdier for x vil gi tilnærmet samme verdi (selv om den typisk er noe mindre).

Alt. kan man også bruke den approksimative parabel likningen som gir

$$t_1(x) \approx t_1(0) + \frac{(2x)^2}{2v_1^2 t_1(0)}$$

$$\Rightarrow v_1 = \left[\frac{2x^2}{t_1(0) [t_1(x) - t_1(0)]} \right]^{1/2} \quad (\text{parabel})$$

Brukes denne likningen for $x=100\text{m}$ finner *
man

$$V_1 \approx 1506 \text{ m} \quad (\text{parabel})$$

Da nuloffset toveis gangtiden er gitt ved

$$t_1(0) = \frac{2z_1}{V_1}$$

$$\Rightarrow z_1 = \frac{1}{2} V_1 t_1(0)$$

Dette gir [med $t_1(0) = 600 \text{ ms}$]

$$z_1 = 449 \text{ m} \quad (\text{hyperbel})$$

$$z_1 = 452 \text{ m} \quad (\text{parabel})$$

e) Om man gjør en tilsvarende analyse som
under punkt d) for refleksjon nr. 2
vil man måtte bruke $t_1 \rightarrow t_2$ og $V_1 \rightarrow V_{\text{rms},2}$.

Dette gir:

$$V_{\text{rms},2} \approx 2210 \text{ m/s} \quad (\text{hyperbel})$$

$$V_{\text{rms},2} \approx 2213 \text{ m/s} \quad (\text{parabel})$$

* Også her finner vi at hastigheten
avhenger noe, men lite med x .

f] Fra Dix formel følger at

$$V_2 = \left[\frac{V_{rms,2}^2 t_2(0) - V_1^2 t_1(0)}{t_2(0) - t_1(0)} \right]^{1/2}$$

som innsatt gir

$$V_2 \approx 2998 \text{ m/s}$$

(hyperbel)

$$V_2 \approx 2995 \text{ m/s}$$

(parabel)

Tykkelsen av lag 2 blir dermed gitt av formelen:

$$t_2(0) = t_1(0) + \frac{2z_2}{V_2}$$

$$\Rightarrow z_2 = [t_2(0) - t_1(0)] \frac{V_2}{2}$$

Innsatt gir dette

$$z_2 = 580 \text{ m}$$

(hyperbel)

$$z_2 = 579 \text{ m}$$

(parabel)

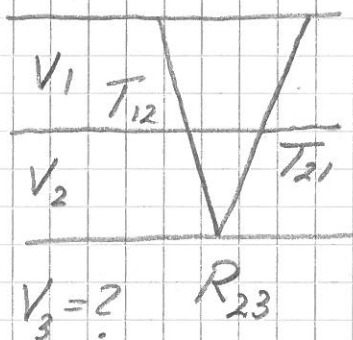
g] Refleksjonskoeffisienten for normalt innfall blir under antagelsen $\rho_1 \approx \rho_2$

$$R = \frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}$$

som med to siffrers nøyaktighet gir

$$R \approx 0.33.$$

h/



Anta som gitt i oppgaven at $R = -0.17$

$$R = T_{21} R_{23} T_{12}$$

$$R_{23} = \frac{R}{T_{21} T_{12}}$$

$$V_3 - V_2 = \frac{R}{T_{21} T_{12}} (V_3 + V_2)$$

$$\left(1 - \frac{R}{T_{21} T_{12}}\right) V_3 = \left(1 + \frac{R}{T_{21} T_{12}}\right) V_2$$

$$V_3 = \frac{1+u}{1-u} V_2$$

hvor

$$u = \frac{R}{T_{21} T_{12}} = \frac{R}{4V_1 V_2} (V_1 + V_2)^2$$

Innsetting gir (merk $u = R_{23}$)

$$R_{23} \approx -0.19135$$

(hyperbel)

$$R_{23} \approx -0.19090$$

(parabol)

med det resultat at

$$v_3 \approx 2035 \text{ m/s}$$

i) I forelesningsnotatene utledet vi migrasjons formelen som sier

$$\sin \theta = \tan \alpha$$

hvor θ er den faktiske helningsvinkelen.
Dermed følger at

$$\theta = \arcsin(\tan \alpha) \\ \approx \underline{40.5^\circ}$$

Oppgave 3

Side 3 av 3

- a) Skjærmodulus for vann er 0. P-bølg hastigheten for vann er $V_p = \sqrt{\frac{k}{\rho}} = 1483 \text{ m/s}$.

Skjærbølg hastigheten for vann er null.

- b) Dersom k er konstant, får vi ved innsetting at

$$V_p = \sqrt{\frac{k}{\rho}} = \sqrt{\frac{k}{\rho_0(1-aT)}} \approx \sqrt{\frac{k}{\rho_0}} \left(1 + \frac{aT}{2}\right)$$

Fra denne ligninga ser vi at en temperaturrendring på 30 Celciusgrader vil gi en endring i V_p på $aT/2 = 1.2 \cdot 10^{-3}$ eller 1.8 m/s. Dette er mye mindre enn endringen vi ser fra figur 1 som er på ca. 100 m/s for samme temperaturintervall. Derfor er det IKKE rimelig å anta at tetthetseffekten er den dominerende effekten når det gjelder å forstå hvordan P-bølg hastigheten i vann varierer med temperatur.

- c) I følge figur 1 ser vi at hastigheten ved 10 grader er ca. 1448 m/s, mens den er ca. 1482 m/s ved 20 grader. Innsetting i formel for refleksjonskoeffisient ved loddrett innfall gir da:

$$R_{10} = \frac{1800 \cdot 1800 - 1000 \cdot 1448}{1800 \cdot 1800 + 1000 \cdot 1448} = 0.3823$$

$$R_{20} = \frac{1800 \cdot 1800 - 1000 \cdot 1482}{1800 \cdot 1800 + 1000 \cdot 1482} = 0.3723$$

Dvs. en endring på 0.01, eller 2.6%.

- d) Kritisk vinkel for de to tilfellene blir

$$\sin \theta_{c10} = \frac{1448}{1800} = 0.804 \Rightarrow \theta_{c10} = 53.6^\circ$$

$$\sin \theta_{c20} = \frac{1482}{1800} = 0.823 \Rightarrow \theta_{c20} = 55.4^\circ$$

I tillegg til de parametrene som er oppgitt, må vi kjenne skjærbølg hastigheten i laget under havbunnen.

- e) AVO-analyse betyr å analysere hvordan den seismiske amplituden endrer seg med avstanden mellom kilde og mottaker (offset). 4 årsaker til at amplituden varierer med vinkel (eller avstand mellom kilde og mottaker):
- at refleksjonskoeffisienten endrer seg med innfallsvinkelen
 - geometrisk spredning
 - absorpsjonseffekter: Dess lengre bølga går dess mer blir amplituden redusert på grunn av absorpsjon, og dermed blir det svakere signal for store offset.
 - Kildedirektivitet: Kilden vil variere i styrke for forskjellige vinkler.
 - At jorda er anisotrop
 - At lag i overburden lager fokuserings og defokuseringseffekter