

## TPG4100 Fysikk og geofysikk

### Øving 3 Seismikk - LØSNINGSFORSLAG

#### Oppgave 1

- a)  $\rho$  er tetthet og  $v$  er hastighet, og indekser 1 og 2 refererer til lag 1 og 2.  $R$  står for refleksjonskoeffisient og 0 betyr null offset, eller loddrett innfall. Denne ligninga er gyldig for loddrett innfall, med andre ord når avstand mellom kilde og mottaker er null.
- b) Tettheten av luft ved standardbetingelser er ca.  $1.3 \text{ kg/m}^3$ . Dermed blir refleksjonskoeffisient mellom vann og luft:

$$R_0 = \frac{1.3 \cdot 330 - 1000 \cdot 1500}{1.3 \cdot 330 + 1000 \cdot 1500} = -0.99943$$

Dersom vi går fra luft til vann skifter refleksjonskoeffisienten fortegn. Dette betyr at det er vanskelig å "snakke" mellom luft og vann.

- c) Typisk bølgelengde blir  $\lambda = v/f = 2500/30 = 83.3 \text{ Hz}$ . Geometrisk spredning, absorpsjonstap og transmisjonstap fører til at amplituden til den seismiske bølga avtar. Absorpsjon er frekvensavhengig, og høye frekvenser dempes mest, dermed blir det mottatte seismiske signalet mer lavfrekvent enn det utsendte.

d)  $V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{k + \frac{4}{3}\mu}{\rho}}$      $V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$ , divisjon gir at

$$\left| \frac{V_p}{V_s} = \sqrt{\frac{k + \frac{4}{3}\mu}{\mu}} \right.$$

Vi ser at siden  $k$  er positiv, må  $V_p/V_s$  alltid være større enn 1.  $V_p/V_s$ -forholdet kan brukes til å skille mellom forskjellige litologier, som for eksempel leire og sand. Dette forholdet er også sensitivt til overtrykk, det øker dersom en bergart har høyt poretrykk.

- e) For olje og vannfylt reservoarbergart finner vi:

$$\rho_{olje} = \rho_F \varphi + \rho_S (1 - \varphi) = 700 \cdot 0.3 + 2600 \cdot 0.7 = 2030 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho = \rho_F \varphi + \rho_S (1 - \varphi) = 1000 \cdot 0.3 + 2600 \cdot 0.7 = 2120 \text{ kg/m}^3$$

f)

$$V_{P,olje} = \sqrt{\frac{k + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 10^9 + \frac{4}{3}4 \cdot 10^9}{2030}} = 2563 \text{ m/s}$$
$$V_{P,vann} = \sqrt{\frac{k + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 + \frac{4}{3}4 \cdot 10^9}{2120}} = 2600 \text{ m/s}$$

$$V_{S,olje} = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^9}{2030}} = 1404 \text{ m/s}$$

$$V_{S,vann} = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10^9}{2120}} = 1374 \text{ m/s}$$

g) Gangtida fra bunnen av reservoaret (igjen loddrett innfall, dvs. rett opp og ned):

$$T_{olje} = \frac{2 \cdot 2000}{2000} + \frac{2 \cdot 100}{2563} = 2.078 \text{ s}$$

$$T_{vann} = \frac{2 \cdot 2000}{2000} + \frac{2 \cdot 100}{2600} = 2.077 \text{ s}$$

Dvs at forskjellen i toveis gangtid er 0.001 s eller 1 ms. Dette er mulig å detektere ved hjelp av 4d seismikk, men krever altså svært god repeterbarhet.

h) 
$$R_{0,olje} = \frac{2030 \cdot 2563 - 2000 \cdot 2000}{2030 \cdot 2563 + 2000 \cdot 2000} = 0.131$$

$$R_{0,vann} = \frac{2120 \cdot 2600 - 2000 \cdot 2000}{2120 \cdot 2600 + 2000 \cdot 2000} = 0.159$$

Dvs. at null offset refleksjonskoeffisient endres med 21% når en bytter ut olje med vann i reservoaret, og dette er antakelig observerbart ved hjelp av 4D seismikk.

## Oppgave 2

- Se kompendium
- Se kompendium
- Se kompendium. Vi bruker forskjellige volum for å øke styrken til kilden, samt å redusere de uønskede boblepulsene. Ved forskjellige volum kommer de til forskjellig tid og vil dermed kansellere hverandre til en viss grad. Bobleperioden øker med økende volum.
- Seismiske landkilder: dynamitt og seismisk vibrator. Bølgen som forstyrrer refleksjoner på landseismiske data kalles Rayleighbølge, også ground roll er mye brukt.
- Fresnelone er størrelsen på en tenkt "tallerken" i undergrunnen som angir arealet som en seismisk bølge vil gi koherente refleksjoner fra (dvs at refleksjonene fra denne tallerkenen kommer fram omtrent samtidig til overflata).

$$d = \sqrt{2z\lambda} = \sqrt{2 \cdot 2000 \cdot 50} = 447 \text{ m}$$

Etter migrasjon av seismiske data vil energien fra undergrunnen bli langt bedre fokusert, det betyr at Fresnelonen blir vesentlig mindre.

- Hva mener vi med en Fresnelone? Beregn diameteren av en Fresnelone på 2 km dyp, der P-bølg hastigheten er 2000 m/s og bølgelengden er 50 m. Hvordan endrer denne diameteren seg etter at de seismiske dataene er migrert?