



University of
Stavanger

FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

PET110

Geofysikk og brønnlogging

Skriftlig eksamen

03.05.2017

9.00 – 12.00

Tjodhallen – Kjølvs Egelands hus,

and D-106 PC-rom

EKSAMEN BESTÅR AV 6 SIDER (Unntatt denne)

TILLATTE HJELPEMIDDEL: Godkjent kalkulator og ordbok.

Les hele eksamen før du starter, og prøv å svare på spørsmålene du finner er de enkleste først. Skriv på engelsk eller norsk. Nyttige formler finns på den siste arket av eksamen.

Lykke til!

COURSE RESPONSIBLE: Wiktor Weibull
TELEPHONE NUMBER: 40608703

Oppgave 1

30% Plan harmonisk bølger, sampling og aliasing

- a) 5% Om en signal blir målt med en samplingsinterval på 1 ms , hva er den høyeste frekvens i signalet som kan bli gjenskapt på en nøyaktig måte fra samplene? (Velg en av alternativene under)

- 1) 0.5 Hz
- 2) 125 Hz
- 3) 250 Hz
- 4) 500 Hz

- b) 10% Forklar forskjellen på P og S-bølger. For land og havbunnseismikk er det vanlig å anta at den vertikale komponent av geofonene registrerer hovedsaklig P-bølger, men de horisontale komponentene registrerer hovedsaklig S-bølger. Lag en skisse og forklar med ord hvorfor dette er en brukbar approksimasjon. Nevn også en tilfelle der dette ikke er en bra tilnærming.

- c) 10% En geofon som kan registrere forskyvningsfeltet (bevegelse av bakken) i tre ortogonale retninger, registrerer følgende signal:

$$\begin{aligned}u_x &= 0, \\u_y &= 0, \\u_z &= A \sin \frac{2\pi}{\lambda}(z - vt),\end{aligned}\tag{1}$$

hvor $\vec{u} = (u_x, u_y, u_z)$ er bakke forskyvningen i x , y , og z retninger, λ er seismisk bølgelengden, A er amplituden, v er fase hastigheten, og t er tid. Ved bruk av denne informasjonen velg hvilken alternativ er korrekt (bare en av alternativene er korrekt):

- 1) Registreringen viser en P-bølge som forplanter seg i x retning.
 - 2) Registreringen viser en S-bølge som forplanter seg i x retning.
 - 3) Registreringen viser en P-bølge som forplanter seg i z retning.
 - 4) Registreringen viser en S-bølge som forplanter seg i z retning.
- d) 5% En mål på vertikal oppløsning kan være muligheten til å se refleksjonene til toppen og bunnen av et lag som to separate ankomster i det seismiske bildet. Det kan vises at for dette til å være mulig må tykkelsen av laget overstige $\lambda/2$, hvor λ er den seismiske bølgelengden ved det angitte dybdeintervallet. Bruk Tabel 1 til å beregne oppløsningsgrensen i meter for 1000 meters dybde og for 4000 meters dybde.

$Depth[m]$	P-bølge hastighet [m/s]	Dominant frequency [Hz]
500	2000.0	50.0
1000	2300.0	45.0
2000	3000.0	25.0
3000	3500.0	18.5
4000	3000.0	12.5

Tabel 1: Tabel til Oppgave 2d.

Oppgave 2

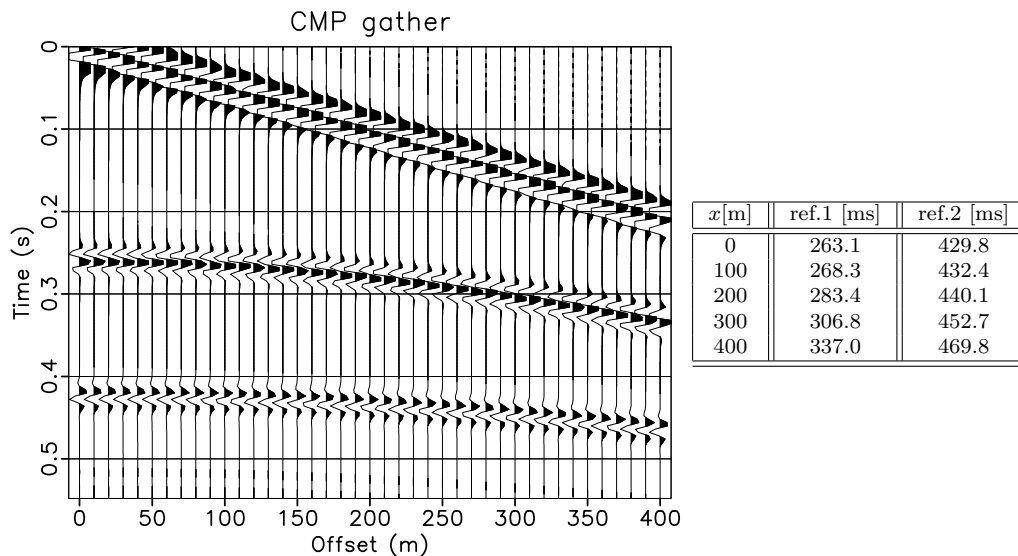
40% Seismiske metoder

- a) 12% Tegn en figur med to horisontale lag. Anta at vi har en seismisk kilde og mottakere på overflata av det øverste laget, og skisser den refrakterte bølgen som er assosiert med grenseflata mellom de to lagene.
- Hva er forutsetningene (nevnt to) for at vi skal kunne måle denne refrakterte bølgen?
 - Bruk Snells lov ($p = \sin \theta_1 / v_1 = \sin \theta_2 / v_2$) til å finne et uttrykk for den kritiske vinkel til den refrakterte bølgen, når v_1 og v_2 er hastighetene til de to lagene.
 - Anta at tykkelsen til det øverste laget er h og vis at gangtida til den refrakterte bølgen kan skrives som

$$T(x) = \frac{x}{v_2} + \frac{2h\sqrt{v_2^2 - v_1^2}}{v_1 v_2}, \quad (2)$$

der x er avstanden mellom kilde og mottaker.

- b) 12% Figur 1 viser et CMP (common mid-point) gather som var samlet inn over en lagdelt jord (layered Earth). Et utvalg av gangtidene er angitt numerisk i tabellen til høyre.
- Beregn hastigheten (V_1) og tykkelsen (Z_1) for det øverste laget.
 - Beregn rms-hastigheten ned til den andre reflektoren ($V_{RMS,2}$).
 - Beregn hastigheten (V_2) og tykkelsen (z_2) av det andre laget.
- c) 10% Figur 2 viser en skjermdump fra en seismisk prosesserings software.
- Hvilken seismisk prosess vises i Figur 2?



Figur 1: Et seismogram samlet inn over en lagdelt jord. Her betyr ref. 1, refleksjon nr. 1, etc. Her betegner x avstanden mellom kilden og mottaker. Merk at gangtidene er angitt i millisekunder.

- ii) Hva slags plot vises i venstre vindu, og hvilken type trase samle (gather) vises i andre vindu fra ventre?
 - iii) Hva representerer de hvite og svarte kurver i venstre vindu?
 - iv) Hvilken form for korreksjon er brukt på trase samlingen?
 - v) Til slutt, hva betyr "Stack" i hyre hjørne, og hvordan beregnes den?
- d) 6% Beregn amplitudene A_1 , and A_2 i Figur 3. Her antar vi loddrett innfall, og vi antar også planbølger slik at geometrisk spredning kan overses.

Oppgave 3

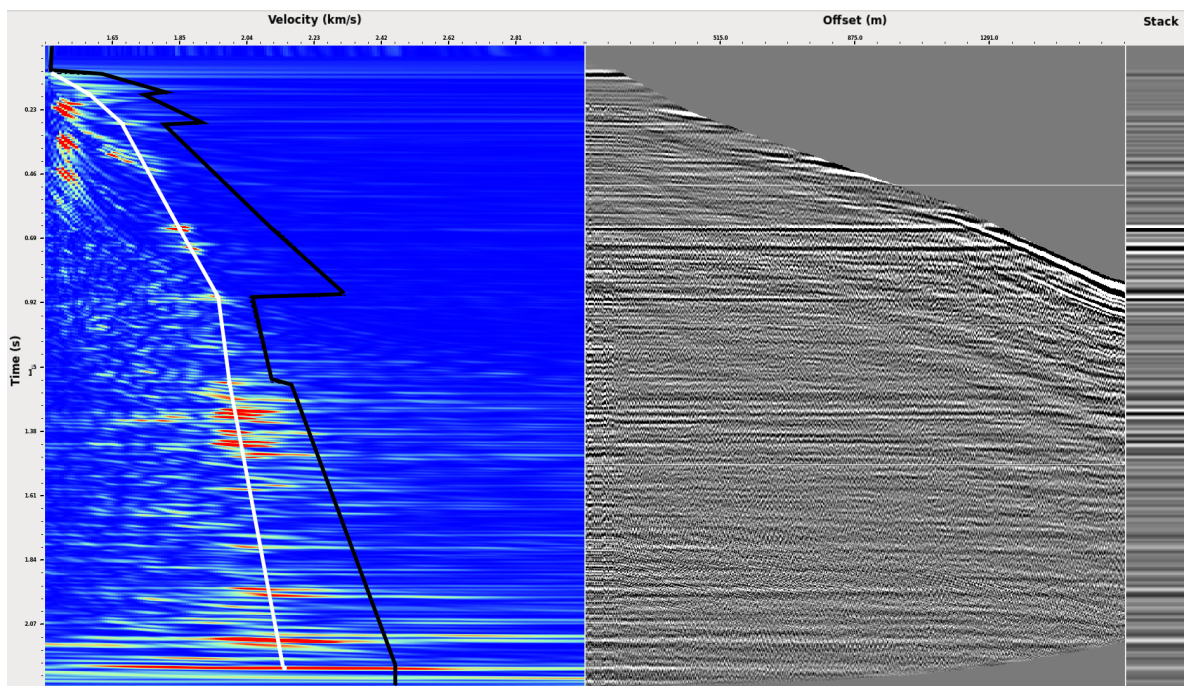
30% Gravimetri og Elektriske metoder

- a) 5% Den internasjonale gravitasjonsformel er gitt som

$$g_\phi = 9.780327(1 + 0.0053024 \sin^2 \phi - 0.0000058 \sin^2 2\phi) \quad (3)$$

Forklar hva symbolene i denne ligningen står for, og bruk formelen til å beregne tyngdeakselerasjonen ved ekvator og ved polene.

- b) 10% Hvilke korreksjoner til tyngdemålingene er inkludert i den enkle Bouguer anomali?



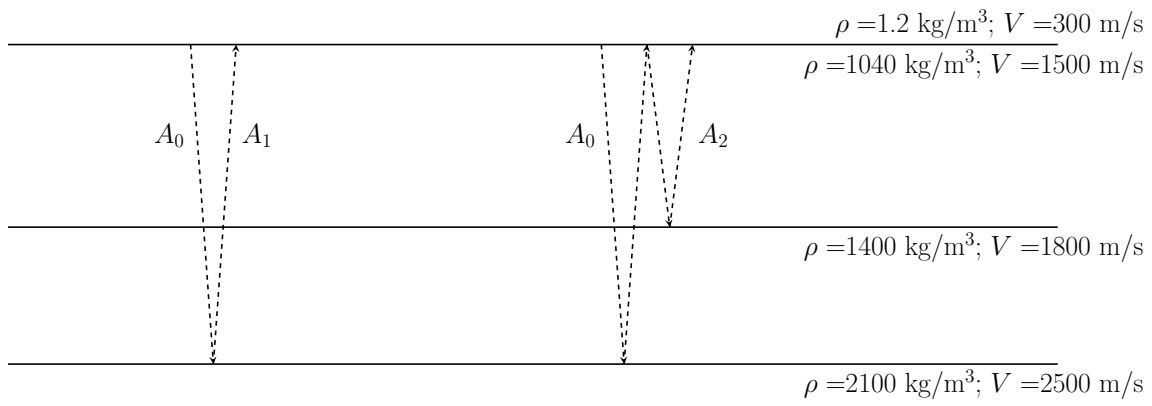
Figur 2:

- c) 10% For hvilke geologiske situasjoner er følgende former for resistivitetsmåling mest nyttige:
- i) VES
 - ii) CST
 - iii) VES + CST
- d) 5% Den tilsynelatende resistiviteten til en generell 4 elektrod konfigurasjon (Figur 4) er gitt som

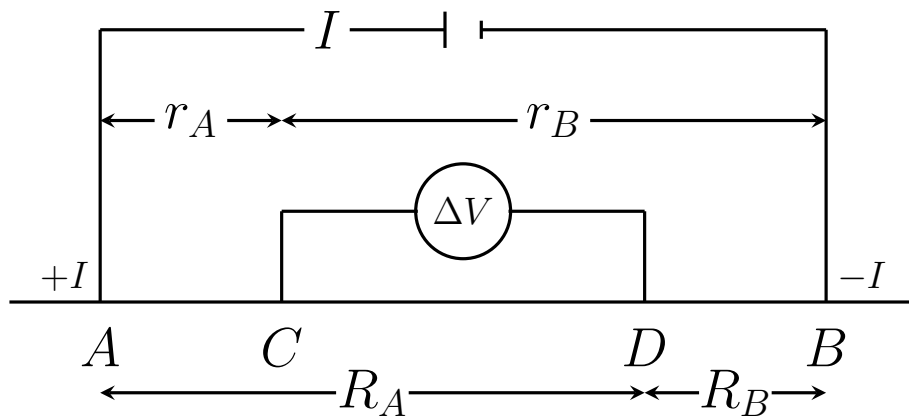
$$\rho_a = \frac{2\pi(V_C - V_D)}{I \left\{ \left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right) - \left(\frac{1}{R_A} - \frac{1}{R_B} \right) \right\}} \quad (4)$$

Anta nå at avstanden mellom A og C , C og D , og D og B er lik a og vis at den tilsynelatende resistiviteten kan da skrives som:

$$\rho_a = \frac{2\pi(V_C - V_D)}{I} a \quad (5)$$



Figur 3: Problem 2d



Figur 4: en generell 4 elektrod konfigurasjon brukt i resistivitetmålinger

Formler som kan være nyttige:

$$f_{Nyq} = \frac{1}{2\Delta t}$$

$$V_P = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{k + \frac{4}{3}\mu}{\rho}}$$

$$V_S = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

$$\sin \theta_k = \frac{V_1}{V_2}$$

$$R_{ij} = \frac{\rho_j v_j - \rho_i v_i}{\rho_j v_j + \rho_i v_i}$$

$$T_{ij} = 1 - R_{ij}$$

$$t^2 = t_0^2 + \frac{x^2}{v_{RMS}^2}$$

$$V_{rms,n} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n V_i^2 \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \Delta t_i} \right]^{1/2}$$

$$V_n = \left[\frac{V_{rms,n}^2 t_n - V_{rms,n-1}^2 t_{n-1}}{t_n - t_{n-1}} \right]$$

$$\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$$

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$\omega = 2\pi f$$