



Universitetet
i Stavanger

EKSAMEN I: *BIP200 – Bore- og brønnvæsker*

**TID FOR EKSAMEN: 2. september 2011
KL. 09:00 - 12:00**

TILLATTE HJELPEMIDLER: Kalkulator

**OPPGAVESETTET BESTÅR AV: 3 OPPGAVER PÅ 3 SIDER +
2 VEDLEGG på 4 sider.**

Generell informasjon:

Alle oppgavene skal besvares.

Vektlegging ved bedømmelse:

- Alle deloppgavene teller like mye ved fastsettelse av karakter.

OPPGAVE 1:

GENERELL BOREVÆSKEKUNNSKAP

Det skal bores en produksjonsbrønn i formasjonen vist i Vedlegg 1. Brønnen er relativt vertikal ned til og med 20".

- Beskriv aktuelle leirtyper i formasjonene og hvorfor enkelte leirtyper sveller. Forklar videre hvorfor vi kunne bore ut aller øverste del av brønnen med sjøvann.
- Forklar de ulike kurvene som er vist i poretrykksploppet i Vedlegg 1.
- Forklar hvorfor vi ikke ønsker oppbygging av faststoff i borevæsken? Videre beskriv hvordan vi fjerner faststoff ifra borevæsken. Beskriv spesielt hvordan såkalte "shale shakere" virker?

Ved boring av 17 ½"-seksjonen i formasjonen under 20" casing ble det valgt en borevæske med 100 kg/m³ KCl.

- Hvorfor er det brukt KCl i borevæsken? Hvordan virker KCl på leire? Hvilke tilsetningsstoffer vil du bruke og hvorfor?
- På slutten av 17 ½"-seksjonen ble det også satt til glykol. Hvorfor ble dette gjort og hvordan virker denne glykolen?

OPPGAVE 2: BORING OG HÅNDTERING AV OLJEBASERT BOREVÆSKE

Det skal bores enda en produksjonsbrønn i formasjonen som er vist i Vedlegg 1. Brønnen er relativt vertikal ned til og med 20". Deretter har brønnen en høy avviksvinkel.

- Hvorfor ble det valgt oljebasert borevæske for denne seksjonen? Beskriv hvilke miljømessige problemer som medfølger bruk av oljebasert borevæske.
- Hvordan er en oljebasert borevæske for denne seksjonen bygget opp?
- Forklar begrepet ECD. Vis hvordan ECD henger sammen med trykk. Forklar hvordan forskjellen i ECD er ved en vertikal brønn og en høyavviksbrønn.
- Foreslå en borevæsketetthet som kan brukes til å bore seksjonen under 20" og forklar hvorfor denne er valgt. Hvor stort ECD-bidrag kan vi få fra friksjonen under pumping før vi får et boreproblem? Hvilket problem kan vi da få?
- Beregn nødvendig barytttilsetning for å oppnå borevæsketettheten som skal brukes videre? Anta for letthets skyld at premiksen, dvs. borevæske uten vektmateriale, har en tetthet på 1.00 s.g.

OPPGAVE 3: REOLOGI OG HULLRENSING

Det skal bores en tredje produksjonsbrønn i formasjonen som er vist i Vedlegg 1. Brønnen er relativt vertikal ned til og med 20". Deretter har brønnen en høy avviksvinkel. I denne brønnen har borevæska en tetthet på 1.40 s.g. i 17 1/2"-seksjonen. Det pumpes med en rate 3000 liter pr. minutt.

- Basert på tidligere erfaringer ble det foreslått to forskjellige borevæsker. Disse er vist i tabellen nedenfor. Forklar hvilke viskositetsmodeller som vanligvis brukes til å beskrive borevæsketetthet. Videre, med begrunnelse, forklar hvilken av disse som vil passe best på de to væskene som er vist i tabellen.

Borevæskedata er presentert i følgende tabell. Viskosimeteravlesningene er i $\text{lbf}/100\text{ft}^2$

VG-meter rpm og geldata	Væske nr. 1	Væske nr. 2
600	98	57
300	68	37
200	56	29
100	40	18
60	32	14
30	23	9
6	13	3
3	9	2
10 s gel	6 Pa	0.5 Pa
10 min gel	16 Pa	1 Pa

Skjærraten ved 300 rpm er 511 1/s. Verdier i $\text{lbf}/100\text{ft}^2$ endres til Pa ved å gange med 0,511.

- b) Vil gelverdiene være større eller mindre enn den virkelige yieldspenningen til borevæsken? Forklar! Videre, beregn yieldspenning, potenslovindeks og potenslovviskositet for "Væske nr. 1" med den antakelse at det er en Herschel-Bulkley-væske.

I en periode pumpes det med en rate på 6000 liter pr. minutt i 17 ½"-seksjonen. Veggskjærraten er gitt som

$$\dot{\gamma}_{\text{rørvegg}} = \frac{12V}{D_o - D_i} \frac{2n+1}{3n}$$

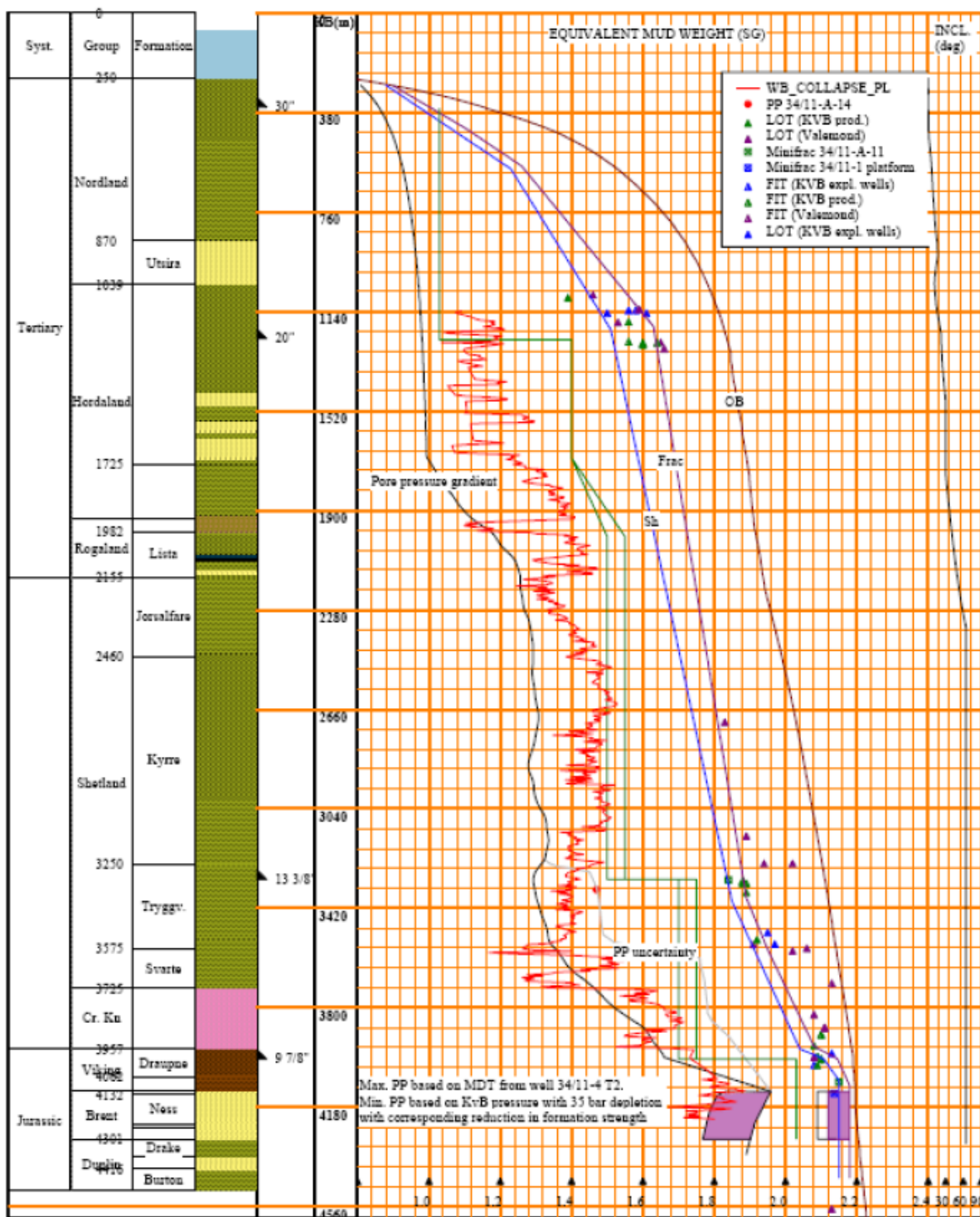
for en ren potenslov væske. Siden strømmingen er relativt kaotisk forenkler vi derfor analysen vår slik at vi ser på væsken som en ren potenslov væske. Ved ulike væskevalg viser erfaring at potenslovindeks varierer mellom 0.4 og 0.8

- c) Hva er typisk skjærrateområde i brønnen under pumping? Hvilke verdier i tabellen ovenfor er dermed de viktigste for oss for å analysere borevæskesirkulasjonen?

I deler av denne 17 ½"-seksjonen var det mye styring, dvs. borestrengen kunne ikke roteres fordi brønnbanen skulle justeres. Observasjoner på shaker tydet på at kakset hadde en rektangulær form med størrelse 3x6x6 mm. Observasjoner tydet videre på at det ble dannet et kaksbed nede i brønnen.

- d) Forklar hvilken væske som ville kunne gi muligheter for god hullrensing under styring (dvs. borestrengen roterer ikke) dersom vi antar at kakset i bedet hadde lagt seg med breidsiden imot strømmingen.
- e) I 17 ½"-seksjonen rett under 20" sko er brønnen nesten vertikal. Hvor mye langsommere strømmer en kakspartikkel med sfærisk form og med en diameter på 2 cm, enn borevæskestrømmen?

VEDLEGG 1



VEDLEGG 2

Beregning av tilsynelatende viskositet i brønnstrømning

Sammenhengen mellom skjærspenning og skjærrate er for:

Potenslovsvæske:

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n$$

Her kan n finnes ifra:

$$n = \frac{\ln \frac{\theta_1}{\theta_2}}{\ln \frac{RPM_1}{RPM_2}}$$

Potenslovviskositeten K finnes ifra:

$$K = \frac{\tau_1}{\dot{\gamma}_1^n}$$

$$\tau = \tau_y + K \cdot \dot{\gamma}^n$$

Hvor:

$$\tau_y = 0,511 \cdot \Theta_0$$

og

$$\Theta_0 = [2\Theta_3 - \Theta_6]$$

Her kan n finnes fra:

$$n = \frac{\ln \frac{\tau_1 - \tau_y}{\tau_2 - \tau_y}}{\ln \frac{\dot{\gamma}_1}{\dot{\gamma}_2}}$$

K kan finnes fra:

$$K = \frac{\tau_1 - \tau_y}{\dot{\gamma}_1^n}$$

Herschel-Bulkly:

Her må input være i SI-enheter. Dersom målinger skjer i henhold til API-standard 13 eller 10, finnes SI verdiene ved $\tau = 0.511 \cdot \theta$, hvor θ er viskosimeteravlesningen. Videre finnes skjærraten ved at $\dot{\gamma} = RPM \cdot 511/300$.

Nå kan tilsynelatende viskositet beregnes ut ifra ytre og indre diameter i annulus, samt gjennomsnittshastigheten for væska:

$$\mu_a = K \left(\frac{D_y - D_i}{12\bar{U}} \frac{3n}{2n+1} \right)^{1-n}$$

Her er viskositetsverdien gitt i Pa·s. Uttrykket i parentes er lik veggskjærraten i annulus for laminær strømning.

Trykkfall i annulus

Definerer Reynoldstallet:

$$Re = \frac{\rho_f \bar{U} (D_y - D_i)}{\mu_a}$$

Omslag til turbulens skjer ved: $Re > 3470 - 1370n$.

Trykkfall for laminær strømning er gitt ved:

$$\Delta P = \frac{48\mu_a \bar{U}}{(D_y - D_i)^2} \frac{2n+1}{3n} \Delta L$$

For turbulent strømning beregnes trykkfallet:

$$\Delta P = \frac{2c\rho^{1-b}\mu_a^b\bar{U}^{2-b}}{[0.8165(D_y - D_i)]^{1+b}} \left(\frac{2n+1}{3n}\right)^b \Delta L$$

hvor

$$c = \frac{\log_{10} n + 2.5}{50} \text{ og } b = \frac{1.4 - \log_{10} n}{7}$$

Partikkeltransport i vertikale annuli

Alle størrelser må være gitt i SI-enheter.

Definerer Reynoldstallet:

$$\text{Re} = \frac{\rho_f v_p D_p}{\mu_a}$$

For $\text{Re} < 2$ så er partikkelens fallhastighet gitt ved:

$$v_p = \frac{1}{18} \frac{D_p^2}{\mu_a} (\rho_p - \rho_f) g$$

I området $2 < \text{Re} < 300$ er partikkelens fallhastighet gitt ved:

$$v_p = 0.758 \cdot D_p \frac{(\rho_p - \rho_f)^{2/3}}{(\rho_f \mu_a)^{1/3}}$$

I området $300 < \text{Re}$ er partikkelens fallhastighet gitt ved:

$$v_p = 3.17 \sqrt{D_p \frac{\rho_p - \rho_f}{\rho_f}}$$

Tilsetning av faststoff

Basislikninger for beregning av tilsetning av faststoff:

Volum:

$$V_{\text{total}} = V_{\text{væske}} + V_{\text{faststoff}}$$

Masse:

$$M_{\text{total}} = M_{\text{væske}} + M_{\text{faststoff}}$$

Sammenheng mellom masse og volum:

$$M = \rho \cdot V$$

hvor ρ er tetthet.

Areal og volum av kuler

$$A = 4\pi r^2$$

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3$$