



Universitetet  
i Stavanger

**EKSAMEN I: *PET210 – Bore- og brønnvæsker***

**TID FOR EKSAMEN:** **1. desember 2016**  
**KL. 09:00 - 13:00**

**TILLATTE HJELPEMIDLER:** **Kalkulator**

**OPPGAVESETTET BESTÅR AV:** **3 OPPGAVER PÅ 3 SIDER +**  
**2 VEDLEGG på 3 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 brønn som beskrevet i Vedlegg 1. Det benyttes en flyterigg.

- a) Et poretrykksplott er vist i Vedlegg 1. Forklar hvordan dette plottet brukes. Hva viser kurvene i poretrykksplottet?

Fortell med en setning hvordan du kan se hvorvidt dette poretrykksplottet er konstruert med dyp i henhold til MSL eller RKB. Forklar hvordan plottet i prinsippet ville endre seg dersom vi hadde det andre referansenivået.

Forklar begrepet ECD. Vis hvordan ECD henger sammen med trykk. Forklar hvordan ECD endrer seg i en avviksbrønn.

- b) Kurvene bekreftes ved hjelp av
- Formation Integrity Test (FIT)
  - Leak-off Test (LOT)
  - Extended Leak-off test (XLOT).

Beskriv disse testene og forklar hva de viser.

- c) I 17 ½"-seksjonen (se Vedlegg 1) forventes det at formasjonen består av primært leirskifer. Forklar hvordan de boreteknisk sett problematiske

leirmineralene er bygget opp. Hvordan skiller disse mineralene seg fra andre leirmineraler i oppbyggingen?

Hvordan måles innholdet av de boreteknisk sett problematiske leirmineralene? Hvorfor indikerer målingene innholdet av nettopp disse mineralene?

En pumperate når man borer 17 ½"-seksjonen antas å være 6 000 liter pr. minutt. Det antas å være brukt en 5 ½" borestreng.

- d) Hvilken gjennomsnittshastighet får man da i annulus? (Vi antar at boringen foregår uten problemer). Uten å regne, hva vil konsekvensen være dersom vi bruker 5" borestreng?

Viskositetsdata for borevæsken måles ved bruk av et Fann-viskosimeter. Dette viser skjærspenning målt som funksjon av skjærrate (se Appendix for enheter, etc.). Målinger er utført med 600, 300, 200, 100, 6 og 3 RPM på Fann-viskosimeteret.

For Newtonsk strømning er det en sammenheng mellom skjærrate ved brønnveggen og hastighet i et konsentrisk annulus gitt som:

$$\dot{\gamma}_w = \frac{12 \cdot U}{D_y - D_i}$$

Dersom det hadde vært i et rør ville formelen hatt faktoren 8 istedenfor 12 og  $D_i$  ville vært 0.

- e) Hvilke skjærrater får man ved veggen i annulus med Newtonsk strømning i denne 17 ½"-seksjonen?

Hvilke Fannmålinger vil være de mest relevante viskositetsmålingene for å beskrive strømningsfenomener i denne seksjonen?

Hva ville konsekvensen vært for relevante skjærrater dersom borestrengen lå inntil brønnveggen?

## OPPGAVE 2:

### BORING MED VANNBASERT BOREVÆSKE

På tidspunktet når 20" casing var kjørt inn i brønnen og seksjonen var sementert, BOP var plassert på toppen av brønnhodet, XLOT var gjennomført, skiftet man til inhibitiv vannbasert borevæske som skal brukes til å bore 17 1/2"-seksjonen. Poretrykksplottet er vist i Vedlegg 1.

I denne vertikale 17 ½"-seksjon skal det settes en 13 3/8" casing. 17 ½"-seksjonen etterfølges av en 12 ¼"-seksjon hvor det skal settes en 9 5/8" casing. På den nederste delen av brønnen skal det bores en 8 ½"-seksjon. Innerdiameter i hver casing antas å være lik neste seksjons størrelse (diameter). Borestrengens ytre diameter antas å være 5 ½".

- a) Foreslå plassering av settedyp for ulike casinger samt borevæsketettheter for de ulike seksjoner med begrunnelse for alle seksjonene i brønnen.
- b) Foreslå *en* inhibitiv vannbasert borevæske for 17 ½"-seksjonen. Forklar hvilke tilsetningsstoffer som er brukt. Indiker en realistisk mengde tilsetningsstoffer. Videre, forklar hvorfor borevæsken er inhibitiv: hvilke tilsetningsstoffer som virker inhibitivt og hvordan de virker.
- c) Hvor mye vektmateriale skal settes til 1m<sup>3</sup> borevæske for å oppnå riktig slamtetthet? Anta at borevæsken før tilsetning av vektmateriale har en tetthet på 1.1s.g. Hva blir det nye volumet? Barytt har tetthet 4.20 s.g.

Borevæskerapporten ifra brønnen under boring av 17 ½"-seksjonen viser følgende data:

	20°C	50°C
10s gel	5	3.5
10min gel	5.5	4
600	77	56
300	55	40
200	45	33
100	32	24
60	24	19
30	17	14
6	9	7
3	7	6

Her er gelen gitt i Pa, mens viskosimeteravlesningene er gitt i lbf/100ft<sup>2</sup>. For å lage en overgang fra lbf/100ft<sup>2</sup> til Pa, multipliser med 0.511. Skjærraten ved 300 rpm-avlesningen er 511 1/s. Borestrengen antas å ha en ytre diameter på 5 ½". Borekaks antas å ha en tetthet på 2.30 s.g. Det antas for letthets skyld at det produseres sfærisk borekaks med en diameter på 1cm. Pumperaten er 6000 liter/minutt.

- d) Bottums-up-tiden er tiden det tar for borevæske å nå opp fra borekronen til riggen. Hvor lang tid tar det å pumpe en bottoms-up fra bunnen av 17 ½"-seksjonen

Lag tid defineres som tiden det tar for en kakspartikkel å nå opp fra borekronen til riggen. Borekakset vil synke nedover i brønnen mens borevæska beveger seg oppover. Ergo må borevæska bevege seg raskere enn synkehastigheten.

- e) Hvilken lag-tid har vi på bunnen av 17 ½"-seksjonen?

### OPPGAVE 3:

### BORING MED OLJEBASERT BOREVÆSKE

Formasjonen under 13 3/8" casing antas å være mer reaktiv. Dermed ble det valgt å bruke en oljebasert borevæske.

- a) Hvorfor er oljebasert borevæske fortrukket når formasjonen antas å være mer reaktiv?

Beskriv sammensetningen til *en* egnet oljebasert borevæske, og hvorfor de ulike tilsetningsstoffene brukes. Med tanke på at vi skal ha minst

mulig transport av materialer til riggen, er det praktisk å vite hvorvidt noen av tilsetningsstoffene til vannbasert borevæske kan brukes i oljebasert. Derfor, hvilke av komponentene fra vannbasert borevæske kan brukes i en oljebasert borevæske?

- b) Regelverket setter begrensning til hvordan man håndterer borekaks når man borer med oljebasert borevæske. Forklar hvordan man håndterer borekaks i henhold til myndighetenes krav. Videre, vurder hvorvidt dette kan ha noen konsekvens for selve boreoperasjonen.
- c) Borekaks må skilles fra borevæsken før denne resirkuleres i boreprosessen. Beskriv denne prosessen. Beskriv hvilke yrkeshygieniske konsekvenser denne prosessen medfører.

Anta at vi bruker en to-dekk shaker. Beskriv hvordan vi velger finhet på sikteduker til hvert av dekkene.

Stabilitet av borevæske er viktig av brønnkontrollhensyn. Det vil si at den kan ikke miste sine egenskaper slik som emulsjonsstabilitet og tetthet. Borevæsken må være stabil både under sirkulasjon og under stillstand. Største partikkelstørrelse antas å være 75 mikrometer for barytt og 50 mikrometer for ilmenitt.

- d) Forklar hvordan vi måler emulsjonsstabilitet. Videre, forklar hvorfor det er vanskeligere å holde vektmaterial suspendert i oljebasert borevæske enn i vannbasert.

Borevæskerapporten ifra brønnen under boring av 12 ¼"-seksjonen viser følgende viskositetsdata målt ved to ulike temperaturer:

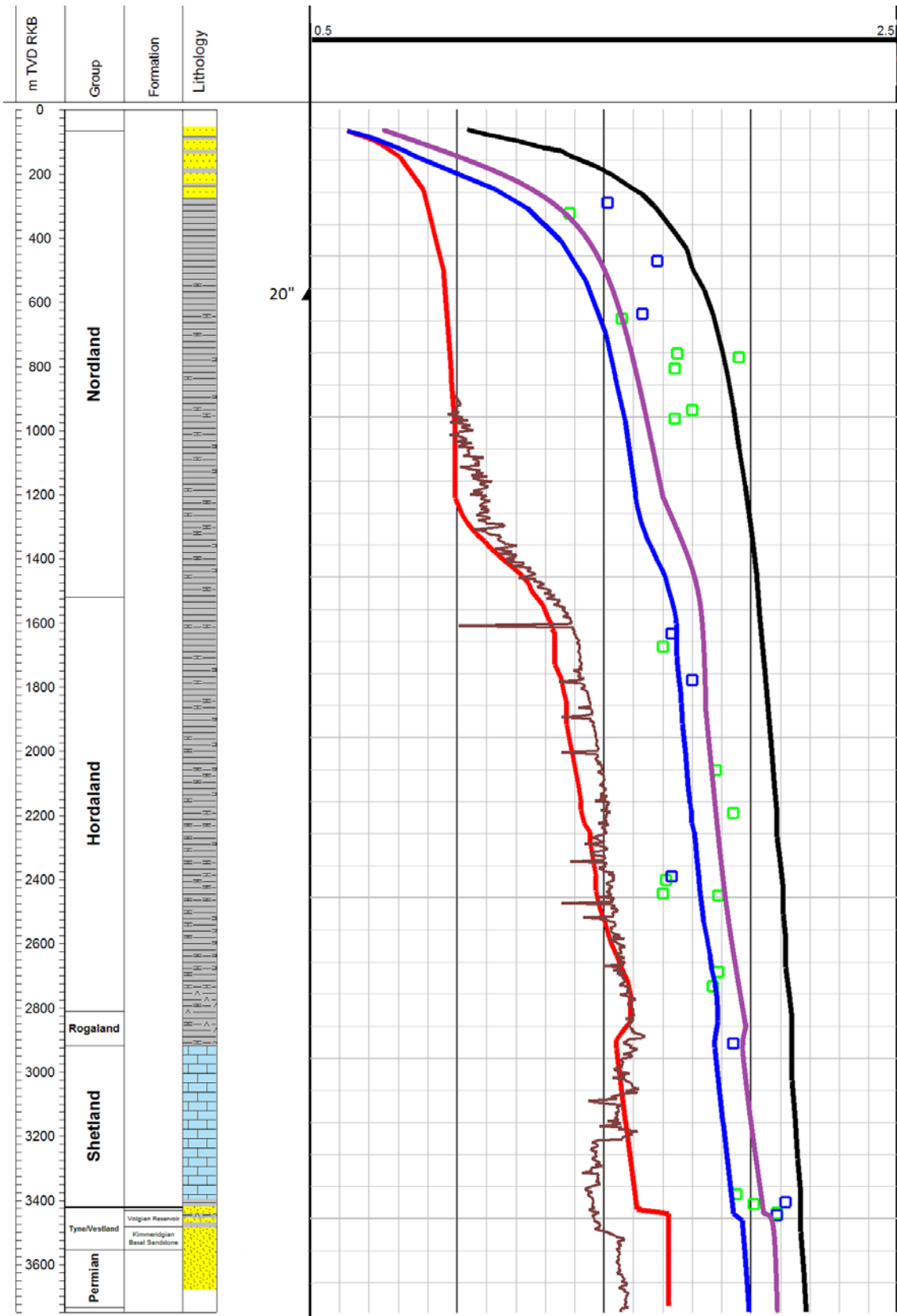
	20°C	50°C
10s gel	7	4
10min gel	8.5	5
600	134	66
300	80	41
200	60	31
100	39	21
60	30	16
30	22	13
6	13	8
3	11	7

Her er gelen gitt i Pa, mens viskosimeteravlesningene er gitt i lbf/100ft<sup>2</sup>. For å lage en overgang fra lbf/100ft<sup>2</sup> til Pa, multipliser med 0.511. Skjærraten ved 300 rpm-avlesningen er 511 1/s. Borestrengen antas å ha en ytre diameter på 5 ½". Pumperaten er 4500 liter/minutt.

- e) Beregn strømmingens bidrag til ECD ved seksjonens TD (planlagte målpunkt = Target Depth)

Beskriv videre uten å regne på det hvorvidt boreraten vil ha noen innvirkning på ECD.

# VEDLEGG 1



## VEDLEGG 2

### Beregning av tilsynelatende viskositet i brønnstrømning

Sammenhengen mellom skjærspenning og skjærrate er for potenslovviskositet:

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

Her kan  $n$  finnes ifra:

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

Potenslovviskositeten  $K$  finnes ifra:

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

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  $\theta$  er viskosimeteravlesningen. Videre finnes skjærraten ved at  $\dot{\gamma} = RPM \cdot 511/300$  (eller utregnet:  $\dot{\gamma} = 1.703 \cdot RPM$ ).

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

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

**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  $\rho$  er tetthet.

**Volum og areal av kule**

$$V = \frac{\pi}{6} D^3 \quad A = \pi D^2$$