



University of
Stavanger

Fakultet for teknisk – naturvitenskapelige fag

Emne: BIP 140, Reservoarteknikk

Dato: 3. Desember 2011.

Tid: 09.00-13.00

Tillatte hjelpemidler: Enkel kalkulator

Oppgavesettet består av: 6 sider inkludert 1 vedlegg

Oppgave 1 og 2 blir vektet likt med oppgave 3

Oppgave 1.

Følgende data er gitt for et gass kondensat reservoar:

$T_{res}=150\text{ }^{\circ}\text{C}$,

$P_i=500\text{ bar}$

$P_d=401.8\text{ bar}$

$Z_i=1.2070$

$Z_d=1.0830$

$\Phi=0.25$

$S_{wr}=0.20$.

Brutto reservoar volum: $V_{bulk}= 2.5 \times 10^7\text{ m}^3$

Reservoaret antas å være "lukket" dvs. at HCPV er konstant under trykkavlastningen.

Fluidet produseres til overflaten gjennom et 3-steps separator system, og data fra separator testen er gitt i følgende tabell:

Pressure (Bar)	Temp $^{\circ}\text{C}$	Gravity air=1	Oil tetthet g/cm^3	Bo m^3/Sm^3
401.8	150.0			10.25
150.0	100.0	0.827	0.632	1.553
75.0	60.0	0.763	0.708	1.307
1.0	15.0	1.065	0.806	1.000

$M_{STO} = 155.8$

Flash-ligningene løses for hver separator, med følgende verdier for molfraksjon væske og damp:

$$L_1=0.10706 \quad L_2=0.77632 \quad L_3=0.57347$$

$$V_1=0.89294 \quad V_2=0.22368 \quad V_3=0.42653$$

Komposisjonen (mol%) av opprinnelig reservoar fluid er:

N ₂	0.980
CO ₂	8.201
C1	68.717
C2	8.271
C3	4.720
iC4	0.750
nC4	1.370
iC5	0.480
nC5	0.500
C6	0.650
C7	0.980
C8	1.140
C9	0.700
C10+	2.540

Molwt. C₁₀₊ =214.965

Molvekt av opprinnelig reservoarfluid er: (M_g)_{res}=30.44

a.

1. Sett opp ligningene som trengs for å utlede "Flash ligningene":

$$\sum_{i=1}^{i=n} x_i = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{z_i}{L + K_i V} = 1$$

$$\sum_{i=1}^{i=n} y_i = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{z_i}{\frac{L}{K_i} + V} = 1$$

2. Forklar i detalj ved bruk av formler hvordan en kan anvende Newton-Ralphson's metode til å beregne molfraksjon damp (V) og væske (L) i en separator.
3. Beskriv i detalj med formel hvordan P_b og P_d kan beregnes fra "Flash ligningene".

b.

1. Vi at den totale GOR for separasjonsprosessen er: (GOR)_{tot} = 2442 Sm³/Sm³.
2. Beregn GOR for separator 2, (GOR)₂ Sm³/Sm³.
3. Skisser GOR = f(P_{res}) når 100 < P_{res} < 500 bar. Gi en kort kommentar.
4. Beregn IGIP (Sm³) og IOIP (Sm³) når fluidet produseres gjennom angitt separator system.

c.

Beregn tettheten av reservoar fluidet ved P_i, (kg/m³)

d.

Hva er gjenvinnings % av separator gass og STO ved trykkavlastningen P_i til P_d ?
Hvorfor blir verdiene like?

Oppgave 2.

a.

Ved bruk av B-L teorien anvender en fraksjon-strømmen av vann, $f_w=f(S_w)$.

1. Utled et uttrykk for f_w for et horisontalt lineært reservoar uten kapillar krefter.
2. Diskuter formen på kurven, $f_w=f(S_w)$ når μ_o varierer.

Gitt: Darcy's lov: $q = -\frac{k}{\mu} A \left(\frac{dP}{dx} \right)$

b.

B-L likningen kan anvendes til å studere hastigheten til sjokkfronten.

$$v_{S_{wf}} = \frac{q_t}{\Phi A} \left(\frac{df_w}{dS_w} \right)_{S_{wf}}$$

1. Hvilke forutsetninger gjøres ved utledningen av B-L ligningen?
2. Vis at $\left(\frac{df_w}{dS_w} \right)_{S_{wf}}$ er gitt ved:

$$\left(\frac{df_w}{dS_w} \right)_{S_{wf}} = \frac{f_{wf}}{S_{wf} - S_{wr}}$$

Lag en skisse som illustrerer utledningen.

Oppgave 3:

- a) Skriv ned Darcy's lov for en-dimensjonal strøm av en fase i et homogent, porøst medium med konstant tverrsnitt (husk gravitasjonsleddet). Definer størrelsene som inngår i Darcy's lov. Hva er enhetene til størrelsene som inngår i Darcy's lov?
- b) Vis at i SI enheter så er $1D \approx 0.989 \mu m^2$ (hint: $1 \text{ atm} = 1.01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, $1 \text{ cP} = 10^{-3} \text{ Pa s}$)
Dimensjonen på permeabilitet er m^2 i SI enheter, hva er den fysiske tolkningen av dette arealet?
- c) Vi skal nå se på et lagdelt reservoar (se figur under) og gass strøm langs lag.

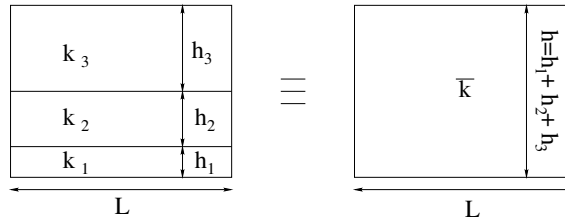
1. Vis hvordan man kan komme frem til følgende form på Darcy lov:

$$q_b = \frac{\bar{k} A}{\mu_g} \frac{1}{2 p_b L} (p_1^2 - p_2^2),$$

ta utgangspunkt i Darcy lov på differensialform.

2. Vis at effektiv permeabilitet i likning over er gitt ved:

$$\bar{k} = \frac{1}{h} (k_1 h_1 + k_2 h_2 + k_3 h_3).$$

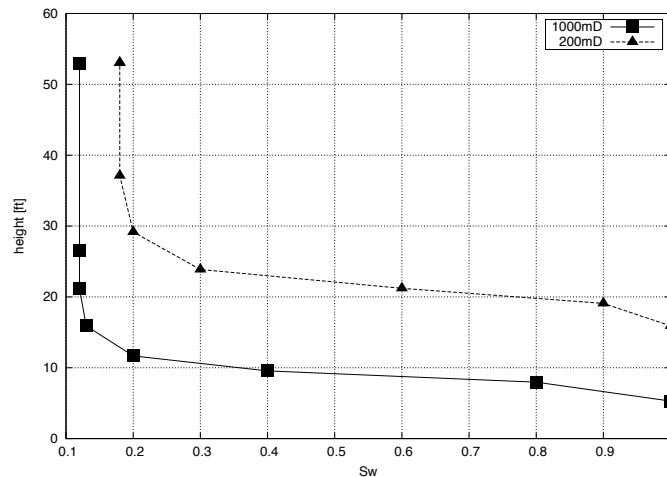


- d) Beregn den totale strømningsrate av gass i ft^3/d ved trykk p_b gjennom det viste system i figur over fra følgende data:
- | | | |
|----------------|----------------|----------------------------|
| Bredde 200 ft, | Lengde 400 ft, | p_{atm} 15.0 psia |
| h_1 5 ft, | k_1 200 md, | p_{in} 500 psig, |
| h_2 10 ft, | k_2 1000 md, | p_{out} 400 psig, |
| h_3 15 ft, | k_3 200 md, | p_b 14.65 psia, |

$\mu_g = 0.0185 \text{ cp}$ og $p_{\text{psia}} = p_{\text{psig}} + p_{\text{atm}}$. $1 \text{ psi} = 0.068046 \text{ atm}$ og $1 \text{ ft} = 30.48 \text{ cm}$.

- e) Forklar kort hvordan man kan bruke en kapillartrykkskurve til å si noe om fluidfordelinger over det frie vann nivået før produsjonen starter.

Grafene i figuren under er avledet fra kapillartrykkskurvene til en stein med 1000mD permeabilitet og 200mD permeabilitet og viser vannmetningen som funksjon av høyde over det frie vann nivået. Bruk disse til å skissere vannfordelingen i lagene som er vist i figuren under oppgave c).



Tabell 1: PVT data

p/psia	B_o	R_s	B_g	N_p /MMSTB
7150	1.743	1450	-	0
6600	1.760	1450	-	8.072
5800	1.796	1450	-	22.549
4950	1.830	1450	-	36.369
4500	1.850	1450	-	43.473

f) Skisser følgende kurver som funksjon av vannmetning:

1. en (olje-vann) imbiberingskurve for et vannvått system
2. en (olje-vann) imbiberingskurve for et system med blandet fuktpreferanse

indiker på grafene hvor residuell vannmetning (S_{wr}) og residuell oljemetning (S_{or}) er.

Vi skal nå se nærmere på et oljereservoar med en gasskappe. Vi definer følgende volumer:

Reservoir	→	Surface
ΔV_g^R	→	$\Delta V_{g,g}^S + \Delta V_{o,g}^S$
ΔV_o^R	→	$\Delta V_{o,o}^S + \Delta V_{g,o}^S$

På venstre side er det reservoarvolum av gass (ΔV_g^R) og olje (ΔV_o^R). Når en volumenhet av olje blir tatt til overflatebetingelser blir det produsert et volum olje ($\Delta V_{o,o}^S$) og et volum gass som var oppløst i oljen ($\Delta V_{g,o}^S$). Tilsvarende for gassfasen. Vi ser vekk i fra oppløst olje i gass, dvs. $\Delta V_{o,g}^S = 0$.

g) Definer oppløst gass olje forholdet R_s . Skisser R_s som funksjon av trykk, indiker på grafen hvor boblepunktstrykket for olje er. Forklar *kort* med ord hvorfor grafen har den formen som den har.

Likningene for materialbalanse er gitt som:

$$F = N(E_o + m E_g + E_c) + W_e B_w. \quad (1)$$

Symbolene i likningen over er definert:

$$\begin{aligned} F &= N_p[B_o + (R_p - R_s)B_g] + W_p B_w \\ E_o &= (B_o - B_{oi}) + (R_{si} - R_s)B_g \\ E_g &= B_{oi} \left(\frac{B_g}{B_{gi}} - 1 \right) \\ E_c &= B_{oi} (1 + m) \left(\frac{c_w S_w + c_p}{1 - S_w} \right) \Delta p. \end{aligned} \quad (2)$$

h) Opprinnelig reservoartrykk var 7150 psia og boblepunktstrykk på 4500 psia. Opprinnelig estimat basert på volumetriske betraktninger viste at reservoaret inneholdt 650 MMSTB olje.

Estimer en verdi for N ved bruk av material balanse etter at trykket hadde sunket til 6600 psi og etter at trykket hadde sunket til 4500 psi. Du kan neglisjere innstrømning og produksjon av vann, PVT data er gitt i tabell 1 og $S_w = 0.43$, $c_p = 3.3 \cdot 10^{-6}/\text{psi}$, $c_w = 3.0 \cdot 10^{-6}/\text{psi}$.

i) Hva menes med transient strømning og semistabil strømning under en trykk avlastnings-test?

Vedlegg 1.

Important formula/correlations in PVT-Analysis.

Temperature: $^{\circ}\text{K} = 273.15 + ^{\circ}\text{C}$
 $^{\circ}\text{F} = 1.8 \times ^{\circ}\text{C} + 32$
 $^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 459.69$

Pressure: $1\text{atm} = 1013.250\text{ mBar} = 1.013250\text{ bar} = 101.3250\text{ kPa} = 0.1013250\text{ MPa}$
 $\text{MPa} = 14.69595\text{ psia}$
 $\text{psia} = 14.69595 + \text{psig}$
 $1\text{ atm} = 760.002\text{ mmHg at } 0^{\circ}\text{C}$

Density: $1\text{ g/cm}^3 = 62.43\text{ lb/ft}^3 = 350.54\text{ lb/bbl}$
 $1\text{ lb/ft}^3 = 16.0185\text{ kg/m}^3$
 $\rho_w = 0.999015\text{ g/cm}^3 \quad (60^{\circ}\text{F}, 1\text{ atm})$
 $\rho_w = 0.9991\text{ g/cm}^3 \quad (15^{\circ}\text{C}, 1\text{ atm})$

Specific density: For liquids: Determined relative to water at sc.
For gases: Determined relative to air at sc.

$$\gamma_o = \frac{\rho_o}{\rho_w} = \frac{141.5}{131.5 + ^{\circ}\text{API}}$$

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141.5}{\gamma_o} - 131.5$$

Cragoe's formula (empirical formula giving molecular weight of hydrocarbons):

$$M_o = \frac{6084}{^{\circ}\text{API} - 5.9}$$

$$\gamma_g = \frac{M_g}{M_{air}} = \frac{M_g}{28.96}$$

Volume: $1\text{ bbl} = 5.615\text{ ft}^3 = 0.15898\text{ m}^3$
 $1\text{ ft}^3 = 0.0283\text{ m}^3$
 $1\text{ US Gallon} = 3.785\text{ litre}$
 $1\text{ Imp. Gallon} = 4.546\text{ litre}$
Molar volume of gas at standard conditions:
 $V_m = 379.51\text{ SCF/lb mole } (60^{\circ}\text{F and } 14.69595\text{ psia})$
 $V_m = 23644.7\text{ cm}^3/\text{g mole} = 23.6447\text{ m}^3/\text{kg mole } (15^{\circ}\text{C and } 101.3250\text{ kPa})$

Air: $Z_{air} = 0.9959 \quad (60^{\circ}\text{F}, 14.69595\text{ psia})$
 $M_{air} = 28.96$

Gas constant: $R = 10.732 \quad (\text{psia, ft}^3, ^{\circ}\text{R, lb mole})$
 $R = 0.082054 \quad (\text{atm, litre, } ^{\circ}\text{K, g mole})$
 $R = 8.3145 \quad (\text{kPa, m}^3, ^{\circ}\text{K, kg mole})$