

Fakultet for teknisk – naturvitenskapelige fag

Emne: BIP 140, Reservoarteknikk

DATE: December 14. 2006

Tid: 09.00-13.00

Tillatte hjelpemidler: Enkel kalkulator

Oppgavesettet består av: 4 oppgaver 2 vedlegg på tilsammen 8 sider

Vedlegg: 2

Oppgave 1.

Følgende reservoar og fluid data er gitt:

Brutto volum: 10^6 m^3

$\Phi = 0.23$

$S_{wr} = 0.15$

$P_i = 350 \text{ bar}$, $(Z_g)_i = 1.107$

$P_d = 201 \text{ bar}$

$T_{res} = 115 \text{ }^\circ\text{C}$

En antar at reservoaret er lukket, dvs. $(HVPV) = \text{konstant}$.

Data fra konstant volum avlastning analyse (CVD-analyse):

$V_{celle} = 950 \text{ cm}^3$ ved P_d og T_{res} .

P_{res} (bar)	ΔV (cm ³)	V_1 (% av V_{celle} ved P_d)	Z_g
201	0	0	0.771
170	170	6.2	0.794
136	220	8.2	0.805
102	340	10.1	0.835
68	550	7.9	0.875
34	1000	7.1	0.945

Komposisjon av brønnstrøm i mol%:

P_{res} (bar)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7+
201	75.2	7.7	4.4	3.1	2.2	2.2	5.2
170	78.3	7.7	4.3	2.8	1.9	1.6	3.4

Separasjonsbetingelser:

Komponentene C1-C4 blir til gass og C5-C7+ blir til STO.

I trykkintervallet $P_i - P_d$: $\rho_{STO} = 775 \text{ kg/m}^3$ og $M_{STO} = 143$

I trykkintervallet $P_i - P_d$: $\rho_{STO} = 750 \text{ kg/m}^3$ og $M_{STO} = 138$

a.

1. Gi en karakteristikk av reservoarfluidet.
 - a. PT-diagram
 - b. GOR-intervall.
2. Gi en kort beskrivelse av en CVD-analyse.
 - a. Fluid type
 - b. Eksperimentell metode
 - c. Anvendelse

b.

I trykkintervallet $34 < P_{res} < 350$ bar skal en lage skisser som viser:

1. $GOR = f(P_{res})$
2. mol% C1 og C7+ i brønnstrømmen som funksjon av P_{res} .
3. Retrograd væskevolum som funksjon av P_{res} .

c.

Vis at: GOR ved P_d er $1206.6 \text{ Sm}^3/\text{Sm}^3$ og GOR ved 170 bar er $1733.8 \text{ Sm}^3/\text{Sm}^3$.

Hva blir GOR ved P_i ? Forklar.

d.

Med basis i angitt bulk reservoarvolum og separasjonsbetingelse skal en bestemme:

1. Opprinnelig gassmengde tilstedet, IGIP (Sm^3)
2. Opprinnelig mengde STO tilstedet, IOIP (Sm^3)

e.

Beregn produksjonen av gass (Sm^3) og STO (Sm^3) fra reservoaret i trykkintervallet $P_i \rightarrow P_d$.

f.

CVD-analysen anvendes når $P_{res} < P_d$. Antall kgmol brønnstrøm, Δn_j , som produseres fra reservoaret i trykksteget j , er gitt ved formelen:

$$\Delta n_j = (HCPV) \frac{\Delta V_j}{V_{celle}} \frac{P_j}{(Z_g)_j RT_{res}}$$

1. Forklar symbolene.

2. Utled formelen.

g.

1. Beregn gjenvinningen av gass (Sm^3) og STO (Sm^3) fra reservoaret i trykkintervallet $P_d \rightarrow 170$ bar.
2. Diskuter påliteligheten av gjenvinningsberegninger ved en trykkavlastning basert på CVD-analysen når endepunktsmetningene fra gass-olje relative permeabilitetsdata er:

$$S_{or} = 0.17 \text{ og } S_{gr} = 0.20.$$

Oppgave 2.

Potensialet for vannflømming av et oljereservoar blir testet ved Buckley-Leverett beregninger. Et tenker seg et lineart reservoar med følgende data:

$$L=300 \text{ m}$$

$$A=5000 \text{ m}^2$$

$$\Phi=0.25$$

$$B_w=1.1 \text{ m}^3/\text{Sm}^3$$

$$B_o=1.7 \text{ m}^3/\text{Sm}^3$$

$$\text{Injeksjonsraten av vann: } Q_w=5000 \text{ Sm}^3/\text{D}$$

Fraksjonstrømkurven av vann er gitt i Vedlegg 2.

Produksjonen av olje stoppes ved vannkuttet: $\text{WOR}=20 \text{ Sm}^3/\text{Sm}^3$.

Følgende data skal bestemmes ved produksjonstopp:

1. Produksjonstiden, t (dager)
2. Mengde olje produsert, N_p (Sm^3)
3. % gjenvinning av opprinnelig mengde olje tilstedet.

$$\text{Gitt B-L formelen: } v_{S_w} = \frac{q_t}{\Phi A} \left(\frac{df_w}{dS_w} \right)_{S_w}$$

PS! Fraksjonstrømkurven med inntegnet data vedlegges besvarelsen.

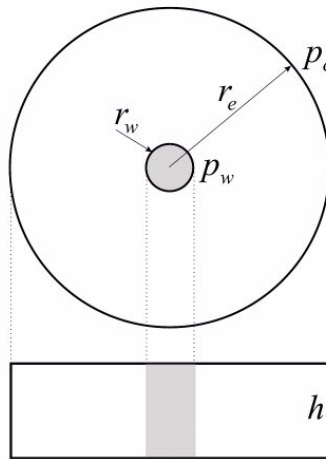
Oppgave 3

a) Gitt Darcy's lov på formen

$$-\frac{dp}{dx} = \frac{\mu}{k}u. \quad \dots \dots \dots (1)$$

Hva er enhetene til størrelsene som inngår?

b) Gitt et sylindrisk reservoar med brønn i sentrum som vist i Figur 1. Anta stasjonær,



Figur 1: Skisse av sylindrisk reservoar med brønn i sentrum; p trykk, r radius, h høyde, w brønn (*well*), e ytre (*exterior*).

horisontal væskestrøm inn mot brønnen og utled følgende uttrykk for volumraten q fra Darcy's lov,

$$q = \frac{2\pi kh(p_e - p_w)}{\mu \ln(r_e/r_w)}. \quad \dots \dots \dots (2)$$

c) Vis at omregningsfaktoren blir 7.082 dersom følgende enheter skal brukes i Ligning 2: k darcy, μ cp, q bbl/d, h ft, p psi. Det oppgis at 1 atm er 14.696 psi, 1 ft er 30.48 cm, 1 bbl er 159 liter.

d) Skinfaktoren S er definert ved

$$\Delta p_{\text{skin}} = S \frac{q\mu}{2\pi kh},$$

hvor Δp_{skin} er det ekstra trykkfallet som ligger over den skadde sone.

Vis at dersom brønnen i Figur 1 er skadet med permeabilitet k_s fra r_w og ut til radius r_s , så er skinfaktoren S gitt ved

$$S = \frac{k - k_s}{k_s} \ln \frac{r_s}{r_w}. \quad \dots \dots \dots (3)$$

e) Beregn trykket p_e og skinfaktor S dersom brønn og reservoar har følgende data: $q = 100$ bbl/d, $r_w = 0.5$ ft, $r_s = 10$ ft, $r_e = 330$ ft, $k_s = 50$ md, $k = 200$ md, $p_w = 2000$ psia, $\mu = 5$ cp, $h = 20$ ft.

Oppgave 4

a) Gitt et umettet oljereservoar med lett olje. Når reservoartrykket synker under kokepunktstrykket p_b , utvikles det fri gass. Gassen inneholder oppløst lett olje, også kalt kondensat, som felles ut når gassen tas til overflaten. La ΔV_{gr} være det reservoarvolum

Tabell 1: Overflatevolum fra reservoarvolum ΔV_{gr} og ΔV_{or} .

VOLUM OLJE OG GASS		
I reservoaret		Ved overflaten
ΔV_{gr}	→	$\Delta V_{ggs} + \Delta V_{gos}$
ΔV_{or}	→	$\Delta V_{ogs} + \Delta V_{oos}$

fri gass som følger med dersom et (lite) reservoarvolum ΔV_{or} med olje produseres ved reservoartrykk p .

Volumet ΔV_{ogs} betyr volum gass fra reservoaroljen og ΔV_{gos} volum olje (kondensat) fra reservoargassen. Den første indeksen angir hvilken fase i reservoaret som er utgangspunktet, og den andre indeksen angir fasetype ved overflaten. Indeks r betegner reservoarforhold og indeks s betegner overflateforhold (surface).

Bruk Tabell 1 til å definere volumfaktorene B_o , B_g , oppløst gass-olje forhold R_s , oppløst olje-gass forhold r_s , og det produserende gass-olje forholdet R .

b) Anta først at $r_s = 0$ slik at $\Delta V_{gos} = 0$ og la $\Delta V_{oos} = 1$ stb. Hva er da ΔV_{gr} og ΔV_{or} uttrykt ved volumfaktorer og R definert ovenfor?

c) I det følgende er $r_s \geq 0$. Reservoaret produseres fra initielt trykk $p_i > p_b$ og ned til $p < p_b$. Totalt produsert volum olje ved overflatebetingelser (olje + kondensat) er målt til $N_p = V_{gos} + V_{oos}$ og totalt produsert volum gass er målt til $G_p = V_{ogs} + V_{ggs}$. Bruk volumfaktorer til å omgjøre disse volumene til volum olje, V_{or} , og volum fri gass, V_{gr} , ved reservoarforhold ved trykk p og vis at

$$V_{or} + V_{gr} = \frac{(N_p - r_s G_p) B_o + (G_p - R_s N_p) B_g}{1 - r_s R_s} \dots \dots \dots (4)$$

d) Neglisjer ekspansjonen av vann og bergart og vis at materialbalanseligningen for dette oljereservoaret blir

$$\frac{(N_p - r_s G_p) B_o + (G_p - R_s N_p) B_g}{1 - r_s R_s} = N(B_o - B_{oi}) + N(R_{si} - R_s) B_g.$$

e) Følgende data er gitt:

Ved initielt trykk $p_i = 7120$ psia: B_{oi} [rb/stb] = 1.990; R_{si} [scf/stb]=1550.

Ved trykk $p = 4000$ psia: B_o [rb/stb] = 1.455; R_s [scf/stb] = 610; B_g [rb/scf] = 0.00083;
 r_s [stb/scf] = $28 \cdot 10^{-6}$; N_p [stb] = $555.489 \cdot 10^6$; G_p [scf] = $2.076158 \cdot 10^{12}$.

Hvor stor prosentvis feil gir det i oljevolum opprinnelig tilstede, N , om r_s neglisjeres i materialbalanseligningen?

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:	<p>For liquids: Determined relative to water at sc. For gases: Determined relative to air at sc.</p> $\gamma_o = \frac{\rho_o}{\rho_w} = \frac{141.5}{131.5 + ^{\circ}\text{API}}$ $^{\circ}\text{API} = \frac{141.5}{\gamma_o} - 131.5$ <p>Cragoe's formula (empirical formula giving molecular weight of hydrocarbons):</p> $M_o = \frac{6084}{^{\circ}\text{API} - 5.9}$ $\gamma_g = \frac{M_g}{M_{air}} = \frac{M_g}{28.96}$
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:	$R = 10.732 \quad (\text{psia, ft}^3, ^{\circ}\text{R}, \text{lb mole})$ $R = 0.082054 \quad (\text{atm, litre, } ^{\circ}\text{K}, \text{g mole})$ $R = 8.3145 \quad (\text{kPa, m}^3, ^{\circ}\text{K}, \text{kg mole})$

Fraksjonstrøm av vann —◆— fw

