

13(2)/4



University of
Stavanger

Fakultet for teknisk – naturvitenskapelige fag

Emne: BIP 140, Reservoarteknikk

Dato: 15. Februar 2013.

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.

For et hydrokarbon reservoar er følgende data gitt:

$$T_{res} = 152 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$P_i = 750.7 \text{ bar}$$

$$P_d = 480 \text{ bar}$$

$$\phi = 0.20$$

$$S_{wr} = 0.10$$

Følgende kumulative produksjonsdata er gitt:

Pres (bar)	Z	Gass volum (Sm ³)	Tank olje (Sm ³)	Volum vann (Sm ³)
750.7	1.5414	0	0	0
701.0	1.4738	0.500x10 ⁹	2.25x10 ⁵	≈0
650.6	1.4054	1.059x10 ⁹	4.76x10 ⁵	≈0
600.7	1.3378	1.669x10 ⁹	7.51x10 ⁵	≈0

Tank olje: $M_{STO} = 167$, $\rho_{STO} = 811 \text{ kg/m}^3$.

Gass: $M_g = 20.96$, $\gamma_g = 0.723$,

Anta at reservoaret er lukket, dvs. at HCPV= konstant

a.

1. Angi fluid type og karakteriser fluidet vha. et PT-diagram.
2. Utled et uttrykk for gass ekvivalenter av STO, $GE_{STO} = f(\rho_{STO}, M_{STO})$ (Sm³ gass/Sm³ STO).
3. For tørr gass gjelder følgende ligning:

$$\frac{P}{Z} = \frac{P_i}{Z_i} + \frac{P_{sc} T_{res}}{(HCPV)T_{sc}} G_p$$

Forklar symbolene og utled uttrykket.

4. Forklar hvordan en kan bruke uttrykket i (3) til å beregne reservene av hydrokarbonene i reservoaret som gass ved standard betingelser, G_i , ut fra gitte produksjonsdata. Utfør beregningen. (Svar: $G_i \approx 2.25 \times 10^{10} \text{ Sm}^3$)
5. Bestem HCPV (hydrocarbon pore volume). (Svar: $HCPV \approx 69 \times 10^6 \text{ m}^3$)
6. Beregn brutto reservoarvolum (m^3).

b.

Hva blir IOIP (Sm^3) og IGIP (Sm^3) basert på de angitte produksjonsdata ?
(IOIP = "initial oil in place", IGIP = "initial gas in place")

c.

Data for relative permeabiliteter mellom olje og gass i reservoaret gir endepunkts metringene: $S_{or}=0.25$ og $S_{gr}=0.80$.

Vil gjenvinningsberegninger basert på CVD-data gi et korrekt bilde av gjenvinningen fra reservoaret ? Diskuter.

d.

Lag en skisse som viser:

1. $GOR=f(P_{res})$
2. $S_o=f(P_{res})$

for fluidet ved T_{res} og hvor $100 \text{ bar} < P_{res} < 750 \text{ bar}$

Gitt utdrag fra en PVT-rapport for reservoarfluid

]

]

CONSTANT VOLUME DEPLETION AT 152°C

PRESSURE	RETROGRADE LIQUID VOL	CUMULATIVE % MOL PRODUCED	COMPRESSIBILITY FACTOR EQUILIBRIUM GAS Z	FACTOR TWO PHASE Z (2p)	WELL STREAM VISCOSITY cP
Bar	% of Vd				
480.0	0.00	0.00	1.1751	1.175	0.0449
458.0	0.53	2.05	1.1603	1.145	0.0403
427.8	1.86	5.47	1.1128	1.108	0.0387
384.0	4.38	11.15	1.0610	1.058	0.0346
336.4	6.69	18.36	1.0059	1.009	0.0306
275.7	8.69	29.41	0.9543	0.956	0.0258
215.4	9.64	42.44	0.9271	0.916	0.0218
155.3	9.73	57.04	0.9162	0.885	0.0187
110.8	9.39	68.53	0.9242	0.862	0.0170
69.8	8.83	79.20	0.9386	0.821	0.0157

Oppgave 2.

B-L likningen kan anvendes ved vanninjeksjon i et oljereservoar og er gitt ved:

$$v_{S_w} = \frac{q_i}{\phi A} \left(\frac{df_w}{dS_w} \right)_{S_w}$$

- Forklar symbolene og angi hvilke forutsetninger som gjøres ved utledningen av B-L likningen.
- Utledd uttrykket for sjokkfrontens tangent til fraksjonstrømkurven. Lag en figur.

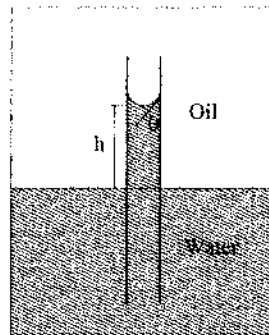
Oppgave 3.

- 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. Hva er definisjonsenhetene for Darcy's lov?
- Anta en gjennomsnittlig formasjonstetthet på 2200 kg/m^3 , hva er overlagingstrykket (overburden) ved 3200m dyp? Anta at formasjonsvannet har en tetthet på 1100 kg/m^3 og er i hydrostatisk likevekt. Finn poretrykket til vannet og korntrykk.
- Hva mener vi med at en overflate er nøytralt-, vann-, eller olje-fuktet? Hvordan kan vi ut fra en imbiberings kapillartrykkskurve vite om et porøst medium er olje eller vannfuktet?
- Ta utgangspunkt i Young Laplace lov:

$$p_c = p_o - p_w = \sigma_{ow} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right).$$

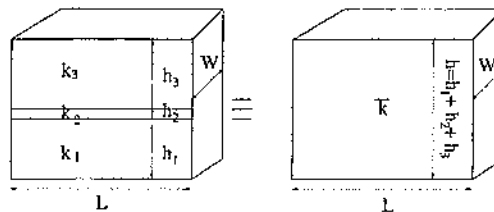
Vis at for et kapillærrør med radius r , kontaktvinkel θ så kan man utlede følgende uttrykk for høyden av vannsøylen inne i røret (se Figur 1) :

$$h = \frac{2 \sigma \cos \theta}{(\rho_w - \rho_o) g r}.$$



Figur 1: Kapillærrør nedsenket i vann, med olje over

- Vi skal nå se på et oppsprukket reservoar, der det er to blokker (matrix) som er separert av en sprekk med høyde h_2 og strøm langs lag (se Figur 2).



Figur 2: Reservoar med en sprekk og to blokker

Anta at væskestrømmen i sprekken er beskrevet av Poiseuille lov for laminær strøm mellom to plater:

$$q = \frac{h^3 W}{12 \mu} \Delta p / L,$$

der h er høyden mellom platene og W er bredden. Bruk likningen over til å finne et uttrykk for permeabiliteten, k_2 , til sprekken.

Tabell 1: Field PVT data

Pressure (psia)	B_o rb/stb	R_s scf/stb	B_g rb/scf
4000	1.2417	510	
3500	1.2480	510	
3330	1.2511	510	
3000	1.2222	450	0.00087
2700	1.2022	401	0.00096
2400	1.1822	352	0.00119
2100	1.1633	304	0.00137
1800	1.1450	257	0.00161
1500	1.1287	214	0.00196
1200	1.1115	167	0.00249
900	1.0940	122	0.00339
600	1.0763	78	0.00519
300	1.0583	35	0.01066

f) Vis at effektiv permeabilitet til reservoaret i Figur 2 kan uttrykkes som:

$$\bar{k} = \frac{1}{h} (k_1 h_1 + 83.33 \cdot 10^5 h_2^3 + k_3 h_3),$$

hvis høydene måles i mm og permeabilitetene i mD. (Hint: $1\text{D} \approx 1(\mu\text{m})^2$).

g) Anta at $k_1 = k_2 = 100\text{mD}$, $h_1 = h_2 = 1\text{m}$, og at sprekken har en høyde på 1mm. Hva blir den effektive permeabiliteten til reservoaret? Vil utvinningen av olje være avhengig av fukten til matrix? (Begrunn svaret)

Vi skal nå se nærmere på et oljereservoar. 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. $\Delta V_{o,g}^S = 0$.

h) Definer volumfaktorene B_o , B_g , oppløst gass-olje forhold R_s og kumulativt produsert gass olje forholdet R_p . Lag en skisse av B_o , B_g , og R_s som funksjon av midlere reservoartrykk, indiker boblepunktstrykket på grafen.

Likningen for materialbalanse er gitt som:

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

i) Forklar hvilke to ledd som settes lik hverandre ved utledning av likning (1). Finn et uttrykk for ekspansjon av gass i reservoaret (leddet $N m E_g$ i likning (1)).

Vi skal se på et reservoar der hoveddrivmekanismen er ekspansjon av olje og oppløst gass i olje. Opprinnelig gjennomsnittlig reservoartrykk var 4000 psia. Vi neglisjerer innstrømming av vann i reservoaret og produksjon av vann. Andre PVT og produksjonsdata er gitt i Tabell 1. Likningen for materialbalanse reduserer seg nå til:

$$N_p [B_o + (R_p - R_s) B_g] = N [(B_o - B_{oi}) + (R_{si} - R_s) B_g]. \quad (2)$$

j) Bruk likning (2) og data i Tabell 1 til å gi et estimat på hvor stor fraksjon av oljen som er utvunnet (N_p/N), når gjennomsnittlig reservoartrykk er falt til 900 psia og $R_p = 500$ scf/stb.

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:	$1 \text{ atm} = 1013.250 \text{ mBar} = 1.013250 \text{ bar} = 101.3250 \text{ kPa} = 0.1013250$ $\text{MPa} = 14.69595 \text{ psia}$ $\text{psia} = 14.69595 + \text{psig}$ $1 \text{ atm} = 760.002 \text{ mmHg at } 0^{\circ}\text{C}$
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. $\gamma_o = \frac{\rho_o}{\rho_w} = \frac{141.5}{131.5 + ^{\circ}\text{API}}$ $^{\circ}\text{API} = \frac{141.5}{\gamma_o} - 131.5$ <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:	$R = 10.732 \quad (\text{psia, ft}^3, ^{\circ}\text{R}, \text{lb mole})$ $R = 0.082054 \quad (\text{atm, litre, } ^{\circ}\text{K}, \text{g mole})$ $R = 8.3145 \quad (\text{kPa, m}^3, ^{\circ}\text{K}, \text{kg mole})$