

132-4



Fakultet for teknisk – naturvitenskapelige fag

Emne: BIP 140, Reservoarteknikk

Dato: 15. Februar 2011.

Tid: 09.00-13.00

Tillatte hjelpemidler: Enkel kalkulator

Oppgavesettet består av: 5 sider

Vedlegg: 1

PS!! Oppgave 1 og 2 blir vektet likt.

Oppgave 1.

a.

Gitt et lukket våt gass reservoar.

1. Beskriv fluidet ut fra et PT-diagram.
2. Skisser $GOR = f(P_{res})$.
3. Utled formelen: $GE = 23,6447 \frac{\rho_o}{M_o} Sm^3/Sm^3$ (ρ_o kg/m³)
4. Forklar i detalj med formeler hvordan en kan bestemme brutto brønnstrøm som gassvolum ved standard betingelser (Sm³) fra produksjons data (materialbalanse), $(V_g)_{sep}$ og V_{sto} , og parametrene P_{res} , T_{res} , Z_g , ρ_{sto} , M_{sto} .

b.

Brønnstrømmen gjennomgår en to-steps separasjon, separator og tank.

Følgende data er gitt:

$$P_{res}=50000 \text{ kPa} \quad P_{sc}=101.32 \text{ kPa} \quad Z_i = 1.236$$

$$T_{res}=100 \text{ }^\circ\text{C} \quad T_{sc}=15 \text{ }^\circ\text{C} \quad \Phi=0.25$$

$$S_{wj}=0.10 \quad \rho_{sto} = 750 \text{ kg/m}^3 \quad M_{sto}=105$$

$$GOR_{sep}=6500 \text{ Sm}^3/\text{Sm}^3 \quad GOR_{tank}=500 \text{ Sm}^3/\text{Sm}^3$$

1. Bestem opprinnelig gassmengde (IGIP Sm³) og tank olje (IOIP Sm³) pr 1000 m³ brutto reservoar volum for våt gass reservoaret.
2. Vil naturlig vanninfluks i reservoaret ha positiv effekt på gassproduksjonen. Diskuter.

c.

1. Definer: Gass formasjons faktor, B_g.
2. Beregn B_g ved P_{res}=50000 kPa når fluidet gjennomgår en prosess som angitt i b.
3. Skisser B_g=f(P_{res}) ved T_{res}.

d.

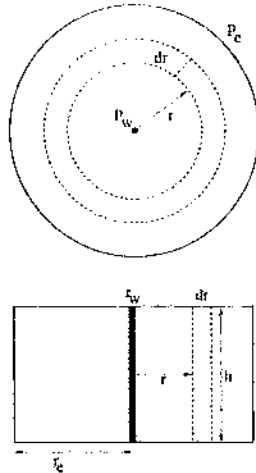
I et horisontalt sirkulært oljereservoar med vannsone under er den maksimale produksjonsraten av olje uten vannproduksjon fra en vertikal brønn gitt ved formelen;

$$(q_o)_{max} = -\frac{\pi k_o g (\rho_w - \rho_o) (h^2 - h_c^2)}{\mu_o \ln \frac{r_e}{r_w}}$$

- (q_o)_{max} = maksimale volum rate av olje
k_o = permeabilitet av olje
g = gravitasjons akselerasjonen
ρ_o = tetthet av olje
ρ_w = tetthet av vann
μ_o = viskositet av olje
r_e = reservoarets radius
r_w = brønnens radius
h = høyden på oljesonen
h_c = perforeringshøyden

Perforeringsintervallet er øverst i oljesonen.

1. Lag en figur som illustrerer problemstillingen.
2. Utleid formelen i detalj.
3. Forklar og diskuter kort hvilke forutsetninger som anvendes.



Figur 1: Sylinderisk reservoar med en brønn i senter, (øverst) sett ovenfra, (nederst) fra siden. Brønnen har radius r_w og reservoaret har en utstrekning r_e og en høyde h . Trykket i brønnen er p_w og trykket ved yttergrensen er p_e .

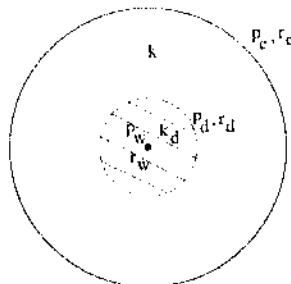
Oppgave 2:

- a) Anta stasjonær, horisontal væskestrøm inn mot brønnen, reservoaret har en permeabilitet k . Skriv ned Darcy's lov for sylindrersegmentet med tykkelse dr (den stiplede delen av reservoaret) i Figur 1 (du kan se bort fra gravitasjon). Definer størrelsene som inngår. Hva er definisjonsenhetene for Darcy's lov?
- b) Vis fra uttrykket du fant i oppgave a) at volumraten, q , i brønnen blir:

$$q = \frac{2\pi h k}{\mu} \frac{p_e - p_w}{\ln(r_e/r_w)} \quad (1)$$

Vis at omregningsfaktoren blir 7.081 (inkludert 2π), dersom følgende enheter skal brukes i likningen over: k (Darcy), μ cp, q bbl/day, h ft, p psi. (Hint: 1 atm = 14.696 psi, 1 ft = 30.48 cm, 1 bbl = 159 liter.)

Anta at et (skadd) område nær brønnen har en annen (lavere) permeabilitet k_d , med utstrekning r_d (se figur under).



- c) Vis følgende: i) at i dette tilfellet kan strømningsraten i brønnen skrives på samme form som i likning 1, men med $k \rightarrow \bar{k}$, der :

$$\frac{\ln(r_e/r_w)}{\bar{k}} = \frac{\ln(r_d/r_w)}{k_d} + \frac{\ln(r_e/r_d)}{k} \quad (2)$$

Tabell 1: Kapillartrykk målt ved kvikksølv injeksjon

Lab-data		Beregnet	
Hg-Sat	p_{cHg}/psia	Sw	p_{cOw}/bar
0.01	199.56	0.99	1.22
0.05	216.75	0.95	1.33
0.15	235.01	0.85	1.44
0.28	252.79	0.72	1.55
0.41	268.32	0.59	1.64
0.53	291.04	0.47	1.78
0.62	314.79	0.38	1.93
0.70	345.25	0.30	2.12
0.77	377.85	0.23	2.32
0.81	408.73	0.19	2.51
0.84	442.31	0.16	2.71
0.87	478.59	0.13	2.93
0.89	518.11	0.11	3.18
0.90	561.33	0.10	3.44

ii) Brønnen produserer olje, og har en redusert permeabilitet k_d nærmest brønnen. Beregn trykket p_e ved ytre grense som er nødvendig for å produsere 100 bbl/day av olje fra brønnen basert på følgende data:

r_w	0.5 ft	k_d	50 mD	p_w	2000 psia
r_d	10 ft	k	200 mD	μ_o	5 cP
r_e	330 ft			h	20 ft

d) Vi skal nå se nærmere på et porøst medium som har N "porer". Porene er sylindriske, med lengde L . Alle porene har *samme* radius r og ingen væske kan strømme mellom porene. Bruk definisjonen for Darcy's lov for en fase i en dimensjon og vis følgende:

i) at permeabiliteten for dette mediet kan skrives:

$$k = \frac{\phi r^2}{8}$$

(Hint: Poiseuille lov for stasjonær strøm i ett rør er $q = \frac{\pi r^4}{8\mu} \frac{\Delta p}{L}$.)

ii) Bruk definisjonen på Leveretts J-funksjon:

$$J = \frac{\sqrt{k_o p_c}}{\sigma \cos \theta}$$

og vis at $J = 1/\sqrt{2}$ for dette mediet.

En del av en kjerneplugg ble kappet av og kapillartrykkskurven ble målt ved bruk av kvikksølv og luft. Kvikksølv er ikke-fuktende fase i forhold til luft, data er gitt i Tabell 1.

e) Bruk lab data i kolumnene til venstre i Tabell 1. Vis at for Hg-Sat = 0.01 og Hg-Sat = 0.90 at du kan beregne de tilsvarende verdiene i kolumnene til høyre som beskriver en drenerings kapillartrykkskurve der olje fortrenger vann i et vannfuktet system. Grenseflatespenning mellom olje og vann er 32 mN/m, luft og kvikksølv er 485 mN/m. Kontaktvinkel mellom luft og kvikksølv er 130° og mellom olje og vann er 30°.

(Hint: Bruk J-funksjons skalering oppgitt i oppgave d) og ignorer evt. negativt fortegn, 1psi = 0.068947 bar).

f) Resten av kjernepluggen ble mettet 100% med vann. Olje ble injisert fra den ene siden. Trykkfallet i oljefasen over pluggen var 2.1 bar like før olje gjennombrudd. Lag en skisse av metningsfordelingen i pluggen. Hva er vannmetningen på innløpet og ved utløpet av pluggen like før olje gjennombruddet?

Tabell 2: PVT data for Aneth feltet i Utah

Pressure (psia)	B_o rb/stb	R_s scf/stb	B_g rb/scf
2200	1.383	727	-
1850	1.388	727	0.00130
1600	1.358	654	0.00150
1300	1.321	563	0.00182
1000	1.280	469	0.00250
700	1.241	374	0.00375
400	1.199	277	0.00691
100	1.139	143	0.02495
40	1.100	78	0.05430

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 volumfaktoren B_o . Skisser B_o som funksjon av trykk, indiker på grafen hvor boblepunktstrykket for olje er. Forklar *kort* med ord hvorfor grafen har den formen som den har.

Likningen for materialbalanse er gitt som:

$$F = N(E_o + m E_g + E_c) + W_e B_w. \quad (3)$$

der:

$$\begin{aligned} F &= N_p [B_o + (R_p - R_s) B_g] + W_p B_w. \\ E_o &= (B_o - B_{o,i}) + (R_{s,i} - R_s) B_g. \\ E_g &= B_{o,i} \left(\frac{B_{g,i}}{B_g} - 1 \right) \\ E_c &= B_{o,i} (1 + m) \left(\frac{c_w S_w + c_p}{1 - S_w} \right) \Delta p. \end{aligned} \quad (4)$$

- h) Opprinnelig reservoar trykk var 2200 psia, boblepunktstrykk på 1850 psia. Det var ingen aktiv vann driv. Du kan ignorere E_c leddet. Fra trykket 2200 psia og til trykket 1300 psia, ble det produsert $720 \cdot 10^6$ stb med olje og $590.6 \cdot 10^9$ scf med gass. Finn produsert gass olje forhold R_p og bruk data fra Tabell 2 og estimer opprinnelig mengde olje, N , tilstede i reservoaret.

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. $\gamma_o = \frac{\rho_o}{\rho_w} = \frac{141.5}{131.5 + ^{\circ}\text{API}}$ $^{\circ}\text{API} = \frac{141.5}{\gamma_o} - 131.5$ Cragoe's formula (empirical formula giving molecular weight of hydrocarbons): $M_o = \frac{6084}{^{\circ}\text{API} - 5.9}$ $\gamma_g = \frac{M_g}{M_{\text{air}}} = \frac{M_g}{28.96}$
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:	$Z_{\text{air}} = 0.9959 \quad (60^{\circ}\text{F}, 14.69595 \text{ psia})$ $M_{\text{air}} = 28.96$
Gas constant:	$R = 10.732 \quad (\text{psia}, \text{ft}^3, ^{\circ}\text{R}, \text{lb mole})$ $R = 0.082054 \quad (\text{atm}, \text{litre}, ^{\circ}\text{K}, \text{g mole})$ $R = 8.3145 \quad (\text{kPa}, \text{m}^3, ^{\circ}\text{K}, \text{kg mole})$