

# ResTek1— Øving 11

## Oppgave 1

(Sml. bok av Dake, øving 7.3)

Gitt følgende definisjoner på dimensjonsløse variable i Darcy enheter:

$$\begin{aligned}r_D &= \frac{r}{r_w}, \quad \text{radius} \\t_D &= \frac{kt}{\phi\mu cr_w^2}, \quad \text{tid} \\p_D(r_D, t_D) &= \frac{2\pi kh}{q\mu}(p_i - p(r_D, t_D)), \quad \text{trykk.}\end{aligned}$$

a) Bruk dimensjonsanalyse til å vise at både  $t_D$  og  $p_D$  er dimensjonsløse.

b) Uttrykk  $t_D$  i følgende praktiske trykktestenheter:

$$\begin{aligned}k &: \text{md} & t &: \text{timer} & p &: \text{psi} \\ \mu &: \text{cp} & c &: \text{psi}^{-1} & r_w &: \text{ft}\end{aligned}$$

c) Uttrykk  $p_D$  i samme enheter som under b) med  $h$  i ft og  $q$  i rb/d. Hva blir uttrykket dersom en ønsker å angi raten i stb/d?

## Oppgave 2

(Sml. bok av Dake, øving 7.6)

En undersøkelsesbrønn ble produsert i omlag 100 timer før den ble stengt av for en trykkoppbyggingstest. Produksjonsdata og estimerte reservoar- og fluidegenskaper er vist i tabell 1. Dreneringsarealet er omlag 300 acres. Avstengingstrykket  $p_{ws}$  målt som

$$\begin{aligned}Q_o &= 123 \text{ stb/d} & \phi &= 0.2 \\ N_p &= 500 \text{ stb} & \mu &= 1 \text{ cp} \\ h &= 20 \text{ ft} & B_{oi} &= 1.22 \text{ rb/stb} \\ r_w &= 0.3 \text{ ft} & c &= c_o S_o + c_w S_w + c_f = 20 \cdot 10^{-6} \text{ 1/psi}\end{aligned}$$

Tabell 1: Produksjonsdata, reservoar- og fluiddata

funksjon av avstengingstiden  $\Delta t$  er gitt i tabell 2.

a) Finn et estimat på initielt trykk.

$\Delta t$ timer	$p_{ws}$ psia	$\Delta t$ timer	$p_{ws}$ psi
0.0	4506	3.0	4763
0.5	4675	4.0	4766
0.66	4705	6.0	4770
1.0	4733	8.0	4773
1.5	4750	10.0	4775
2.0	4757	12.0	4777
2.5	4761		

Tabell 2: Trykkdata, oppgave 2

- b) Beregn den effektive oljepermeabiliteten dersom brønnen er perforert over hele reservoarhøyden  $h$ .
- c) Beregn den mekaniske skinfaktoren.
- d) Hvor stor er trykkfallet  $\Delta p_{\text{skin}}$ , ekstra trykkfall over den skadde sonen?
- e) Det antas at brønnen er plassert i sentrum av et sirkulært reservoar. Er det da rimelig å tilnærme  $p_i$  med  $p^*$ ?

### Oppgave 3

Gitt de tre brønnene w1, w2 og w3 i et reservoar. Brønn w1 er en observasjonsbrønn som har produsert med 120 stb/d i 70 timer før avstenging. Brønn w2 ligger 2500 ft rett nord for w1 og produserer kontinuerlig med 190 stb/d. Brønn w3 ligger 190 ft rett vest for w1 og produserer kontinuerlig med 80 stb/d. Da w1 stenges av, hadde w2 produsert i 100 timer og w3 i 50 timer. Trykkdata for brønn w1 er gitt i tabell 3. Trykkløsningen for dette problemet finnes ved å bruke linjekildeløsningen kombinert med superposisjonsprinsippet, i praktiske trykktestenheter:

$$p_{ws} = p^* - 162.6 \frac{Q_1 \mu B}{kh} \log\left(\frac{t_1 + \Delta t}{\Delta t}\right) - 70.6 \frac{Q_1 \mu B}{kh} \left[ \frac{Q_2}{Q_1} \text{ei}(x_1) + \frac{Q_3}{Q_1} \text{ei}(x_2) \right],$$

med

$$x_1 = \frac{\phi \mu c_t d_{12}^2}{0.00105 k t_2}, \quad x_2 = \frac{\phi \mu c_t d_{13}^2}{0.00105 k t_3},$$

og hvor  $d_{12}$  er avstanden mellom w1 og w2,  $d_{13}$  mellom w1 og w3,  $t_1$  produksjonstiden til w1,  $t_2$  til w2 og  $t_3$  til w3. Andre data er gitt i tabell4.

$\Delta t$ timer	$p_{ws}$ psia	$\Delta t$ timer	$p_{ws}$ psia
0	4213	150	4472
5	4380	200	4473
10	4413	250	4474
20	4433	300	4478
30	4443	400	4480
40	4450	500	4470
50	4455	800	4461
100	4466	1200	4448
		1500	4439

Tabell 3: Trykk observert i brønn w1

$$\begin{array}{lll}
 \mu = 0.8 \text{ cp} & B_o = 1.15 \text{ rb/stb} & c_f = 4.0 \cdot 10^{-6} \text{ 1/psi} \\
 S_o = 0.80 & S_w = 0.20 & c_o = 8.0 \cdot 10^{-6} \text{ 1/psi} \\
 h = 30 \text{ ft} & r_w = 0.276 \text{ ft} & c_w = 3.0 \cdot 10^{-6} \text{ 1/psi}
 \end{array}$$

Tabell 4: Andre data, oppgave 3

- Beregn den totale kompressibiliteten  $c_t$ .
- Anta at interferensen fra w2 og w3 er neglisjerbar i de tidlige trykkdata og estimer  $p_i$ .
- Beregn effektiv oljepermeabilitet  $k_o$ .
- Beregn mekanisk skinfaktor  $S$ .
- Bruk observasjonen fra  $\Delta t = 1500$  timer til å beregne midlere porøsitet mellom brønnene.

## Oppgave 4

En oljebrønn har produsert 1484 stb med 124 stb/d. Brønnen stenges av og trykket observeres som funksjon av innstengingstiden, tabell 5. Andre data er:  $\mu_o = 3.2 \text{ cp}$ ,  $B_o = 1.21 \text{ rb/stb}$ ,  $h = 8.4 \text{ ft}$ ,  $c_t = 12 \cdot 10^{-6} \text{ psi}^{-1}$ ,  $\phi = 0.20$ .

- Estimer trykket ved ytre grense,  $p_e$ .
- Beregn  $k_o$ .

$\Delta t$ timer	$p_{ws}$ psia
4	2857
8	3027
12	3144
16	3252
20	3283
24	3298
28	3308
32	3315
36	3323
40	3331
44	3338
48	3342

Tabell 5: Trykkdata, oppgave 4

## Oppgave 5

Gitt diffusivitetsligningen på formen

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\rho}{\mu} \frac{\partial p}{\partial x} \right) = \frac{\phi}{k} \frac{\partial \rho}{\partial t}, \quad \dots \dots \dots (1)$$

hvor både viskositet  $\mu$  og tetthet  $\rho$  generelt er trykkavhengige, med  $\rho$  gitt ved reell gasslov,

$$\rho = \frac{p}{z} \frac{M}{RT},$$

der  $z$ -faktoren gir avviket fra ideell gasslov (hvor  $z = 1$ );  $M$  er molvekten,  $R$  den universelle gasskonstanten og  $T$  er temperaturen.

Den ulineære differensialligningen (1) kan formelt gjøres lineær ved Kirchhoff's integraltransform, som definerer pseudotrykket  $m(p)$ ,

$$m(p) = 2 \int_{p_b}^p \frac{p'}{\mu(p')z(p')} dp',$$

hvor  $p_b$  er et valgt referansetrykk.

Vis at ligning (1) nå kan skrives som

$$\frac{\partial^2 m}{\partial x^2} = \frac{\phi \mu c}{k} \frac{\partial m}{\partial t}.$$