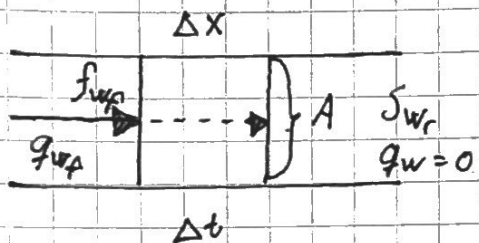


Ordinær eksamen 2017

Oppg. 1)
$$V_{sw} = \frac{q_b}{\phi A} \left(\frac{df_w}{ds_w} \right)_{s_w}$$



a) 2.

a) 1. q_b = total volumrate, $q_w + q_o$

V_{sw} = effektiv hastighet til S_w

ϕ = porøsitet

A = tversnittsareal

$\left(\frac{df_w}{ds_w} \right)_{s_w}$ = Stigningstall til tangenten til fraksjonsstrømskurven.

Ligning 1. $q_{w,f} = f_{w,f} \cdot q_b$

Ligning 2. $q_{w,f} \cdot \Delta t = \Delta x \cdot A \cdot \phi \cdot (S_{w,f} - S_w)$

Setter 1. inn i 2. : $f_{w,f} \cdot q_b \cdot \Delta t = \Delta x \cdot A \cdot \phi \cdot (S_{w,f} - S_w)$

$\frac{m}{S} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = V_{sw} = \frac{f_{w,f} \cdot q_b}{A \cdot \phi \cdot (S_{w,f} - S_w)}$ - fra massebalanse

må være like \downarrow
 $V_{sw} = \frac{q_b}{\phi A} \left(\frac{df_w}{ds_w} \right)_{s_w}$ - fra B-L

$\frac{q_b}{\phi A} \left(\frac{df_w}{ds_w} \right)_{s_w} = \frac{f_{w,f} \cdot q_b}{\phi A (S_{w,f} - S_w)}$

$\left(\frac{df_w}{ds_w} \right)_{s_w} = \frac{f_{w,f}}{S_{w,f} - S_w}$ - Betingelsene til sjokkfronten

Oppg. 1b) 1. $q = -\frac{kA}{\mu} \cdot \frac{dp}{dL}$, uled til fraksjonsstrømmen av vann.

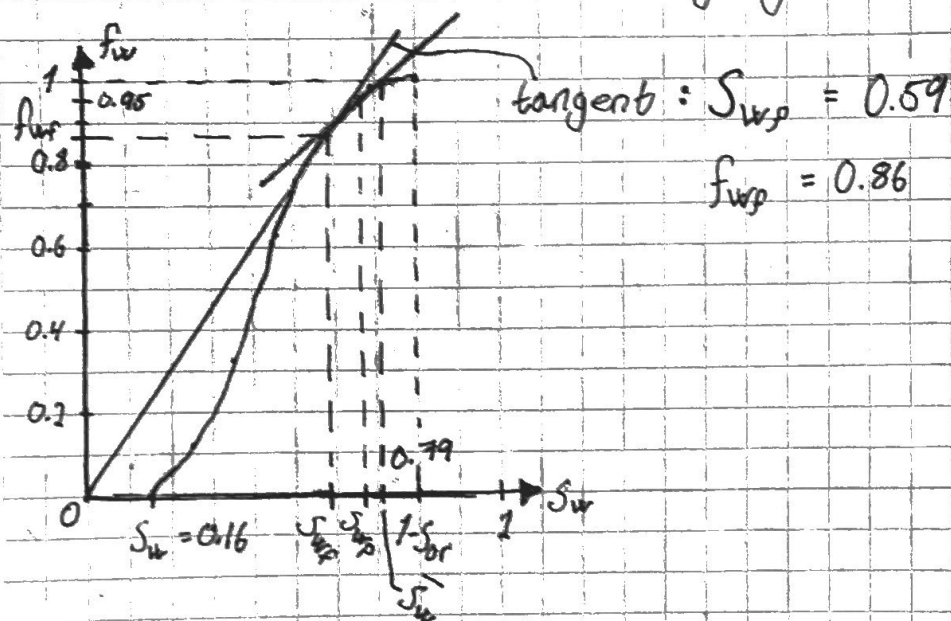
$$f_w = \frac{q_w}{q_w + q_o} \rightarrow q_w = -\frac{k_w}{\mu_w} \cdot A \frac{dp}{dL} = \frac{-k_w \cdot k}{\mu_w} \cdot A \frac{dp}{dL}$$

$$q_o = -\frac{k_o}{\mu_o} \cdot A \frac{dp}{dL} = \frac{-k_o \cdot k}{\mu_o} \cdot A \frac{dp}{dL}$$

$$f_w = \frac{-\frac{k_w \cdot k}{\mu_w} \cdot A \frac{dp}{dL}}{-\frac{k_w \cdot k}{\mu_w} \cdot A \frac{dp}{dL} - \frac{k_o \cdot k}{\mu_o} \cdot A \frac{dp}{dL}} = \frac{1}{1 + \left(\frac{k_o}{k_w} \cdot \frac{\mu_w}{\mu_o} \right)}$$

2. Fraksjonsstrømskurven er en funksjon av vannmetningen.

Setter inn tabellverdier inn i ligningen for å regne ut f_w .



tangent: $S_{wp} = 0.59$

$f_{wp} = 0.86$

3a) Tid til vanngjennombrudd (t_{BT} (år)): $t_{BT} = \frac{L}{v_{Swf}} = \frac{L}{\frac{q_o}{\phi A} \cdot \left(\frac{df_w}{dS_w} \right)_{S_{wp}}}$

$$t_{BT} = \frac{L}{\frac{q_o}{\phi A} \cdot \left(\frac{df_w}{dS_w} \right)_{S_{wp}}} = \frac{1000 \text{ m}}{0.26 \cdot 10000 \cdot (0.59 - 0.16)} = 6500 \text{ dager} \approx \underline{\underline{17.8 \text{ år}}}$$

b) Produsert olje ved t_{BT} : $N_p = \frac{q_o \cdot t_{BT}}{B_o} = \frac{Q_w \cdot B_w \cdot t_{BT}}{B_o} = \frac{\text{dager}}{866667 \text{ Sm}^3}$

c) Utvinningsprosent: $\frac{N_p}{\text{produserbar olje}} \rightarrow \text{Produserbar olje} = \frac{A \cdot L \cdot \phi \cdot (1 - S_{wr} - S_{or})}{B_o}$

$$\text{Utvinnings\%} = \frac{866667}{\frac{10000 \cdot 1000 \cdot 0.26 \cdot (1 - 0.16 - 0.21)}{1.5}} = 0.794 = \underline{\underline{79.4\%}}$$

d) WOR, vannkubb = $\frac{Q_w}{Q_o} = \frac{\frac{q_w}{B_w}}{\frac{q_o}{B_o}} = \frac{q_w B_o}{q_o B_w} = \frac{q_o \cdot f_{wp} \cdot B_o}{q_o \cdot (1 - f_{wp}) \cdot B_w}$

$$= \frac{0.86 \cdot 1.5}{(1 - 0.86) \cdot 1} = \underline{\underline{9.21 \frac{\text{Sm}^3}{\text{Sm}^3}}}$$

1c) Stoppe produksjon ved WOR = 30 $\frac{\text{Sm}^3}{\text{Sm}^3}$:

1) Produksjonstiden : $\text{WOR} = \frac{f_{wf} \cdot B_0}{(1-f_{wf}) \cdot B_w} \rightarrow \frac{1-f_{wf}}{f_{wf}} = \frac{B_0}{\text{WOR} \cdot B_w}$

$$\frac{1}{f_{wf}} - \frac{f_{wf}}{f_{wf}} = \frac{1}{f_{wf}} - 1 = \frac{B_0}{\text{WOR} \cdot B_w} \rightarrow \frac{1}{f_{wf}} = \frac{B_0}{\text{WOR} \cdot B_w} + 1 = \frac{B_0 + \text{WOR} \cdot B_w}{\text{WOR} \cdot B_w}$$

$$f_{wf} = \frac{\text{WOR} \cdot B_w}{B_0 + \text{WOR} \cdot B_w} = \frac{30 \cdot 1}{1.5 + 30 \cdot 1} = 0.95 \rightarrow \text{trekk tangent til kurven}$$

$$t = \frac{L}{V_{\text{SWP}}} = \frac{L}{\frac{q_b}{\phi A} \cdot \left(\frac{d f_w}{d S_w} \right)} = \frac{1000}{\frac{200 \cdot 1.5}{0.26 \cdot 10000} \cdot 0.86} = \underline{\underline{27.6 \text{ år}}}$$

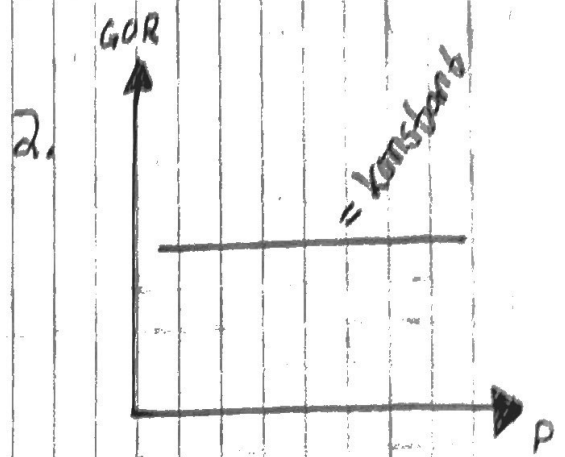
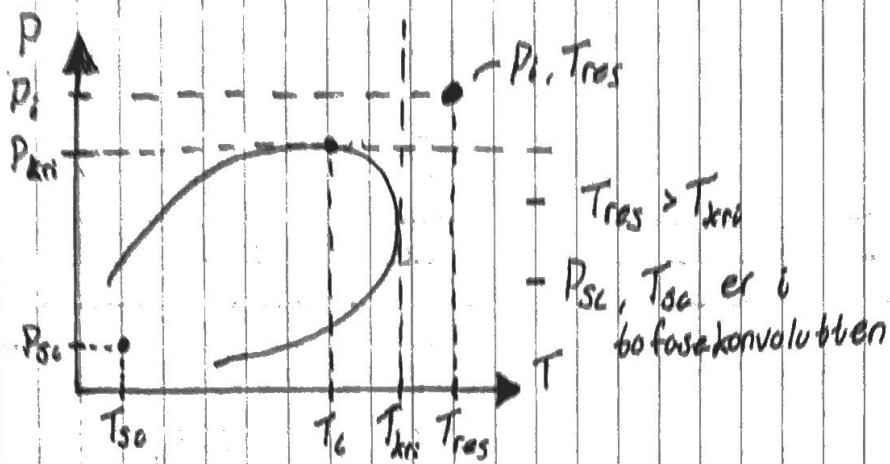
i punkt $f_{wf} = 0.95$
 $S_{\text{WP}} = 0.68$ i punktet
 Stigningsfall til tangent ≈ 0.86

2) $N_p = \frac{A L \phi (\bar{S}_w - S_{\text{wr}})}{B_0} = \frac{10\,000 \cdot 1000 \cdot 0.26 (0.71 - 0.16)}{1.5} = \underline{\underline{953\,333 \text{ Sm}^3}}$

3) % utvinning av produserbar olje = $\frac{\phi A L (\bar{S}_w - S_{\text{wr}})}{B_0} \cdot \frac{B_0}{\phi A L (1 - S_{\text{wr}} - S_{\text{or}})}$

$$\% = \frac{(0.71 - 0.16)}{(1 - 0.21 - 0.16)} = 0.873 = \underline{\underline{87.3\%}}$$

Oppg. 2) a) Våt gass reservoar



Konstant GOR fordi komposisjon er lik i reservoar som ut brønn.

b) IGIP og IOIP pr. 10 000 m³ brutto reservoarvolum:

$$HCPV = V_b \cdot \phi \cdot (1 - S_w) = 10\,000 \cdot 0.25 \cdot (1 - 0.1) = 2250 \text{ m}^3$$

$$n_i = \frac{P_i \cdot HCPV}{Z_i \cdot R \cdot T_{res}} = \frac{50000 \cdot 2250}{1.236 \cdot 8.3145 \cdot (373.15)} = 29\,336.91673 \text{ kg mol}$$

Molfraksjon V (vapor) og L (liquid) må finnes for å finne hvor mye av n_i som går til olje og gass.

$$GOR_{tot} = GOR_{sep} + GOR_{tank} = 7000 \frac{\text{Sm}^3}{\text{Sm}^3}$$

$$\text{Antall mol i } 1 \text{ Sm}^3 \text{ STO: } n_{STO} = \frac{m_{STO}}{M_{STO}} = \frac{V_{STO} \rho_{STO}}{M_{STO}} = \frac{750}{105} = \frac{50}{7} \text{ kg mol}$$

$$V_{g,se} = n_g \cdot V_m \rightarrow n_g = \frac{V_{g,se}}{V_m} = \frac{7000}{23.6447} = 296.05 \text{ kg mol}$$

$$n_{tot} = n_{STO} + n_g = 303.1923 \text{ kg mol}$$

$$\text{Molfraksjon gass, } V = \frac{n_g}{n_{tot}} = \frac{296.05}{303.1923} = 0.97644$$

$$\text{Molfraksjon olje, } L = \frac{n_{STO}}{n_{tot}} = \frac{50/7}{303.1923} = 0.0235588$$

$$IGIP = n_i \cdot V \cdot V_m = 29\,336.9 \cdot 0.97644 \cdot 23.6447 = \underline{\underline{677\,322 \text{ Sm}^3}}$$

$$IOIP = \frac{IGIP}{GOR} = \frac{677\,321.9876}{7000} = \underline{\underline{96.76 \text{ Sm}^3}}$$

Oppg. 3) a) $q = -\frac{kA}{\mu} \left(\frac{dp}{dx} + \frac{1}{g} \rho g \frac{dz}{dx} \right)$

b) Omregningsfaktor OFU:

$$q \cdot \frac{159 \cdot 10^3}{60 \cdot 60 \cdot 24} = -\frac{k \cdot 10^{-3} \cdot A (3 \text{ cm})}{\mu \cdot 1} \cdot \frac{(14.696)}{30.48}^{-1}$$

$$q = -0.001127 \frac{kA}{\mu} \frac{dp}{dx}$$

Omregningsfaktor SI: $q = -\frac{kA}{\mu} \frac{dp}{dx}$

$$k = -\frac{q\mu}{A} \cdot \frac{dx}{dp} = -\frac{(10^{-2})^3 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2}}{(10^{-2})^2 \cdot 10^{325}} = \frac{10^{-6} \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2}}{10^{-4} \cdot 10^{325}} = 9.87 \cdot 10^{-13} \text{ m}^2 = \underline{\underline{0.987 \mu\text{m}^2}}$$

c) 1. $q\rho = \text{konstant}$, $pV = \text{konstant}$ $\rightarrow q\rho = \text{konstant} = K = q_0 p_0 \rightarrow q_0 = \frac{K}{p_0}$

$$q = -\frac{kA}{\mu} \frac{dp}{dx} \rightarrow \frac{K}{p_0} = -\frac{kA}{\mu} \frac{dp}{dx} \rightarrow \int_0^L K dx = -\frac{kA}{\mu} \int_{p_i}^{p_f} dp$$

$$KL = -\frac{kA}{\mu} \cdot \frac{1}{2} (p_f^2 - p_i^2) = \frac{kA}{\mu} \cdot \frac{1}{2} (p_i^2 - p_f^2) \rightarrow q_0 p_0 \cdot L = \frac{kA}{\mu} \cdot \frac{1}{2} (p_i^2 - p_f^2)$$

$$q_0 = \underline{\underline{\frac{kA}{\mu} \cdot \frac{1}{2p_0 L} \cdot (p_i^2 - p_f^2)}} \quad \text{S.S.V.}$$

2. $q_{\text{tot}} = q_1 + q_2 + q_3 = \frac{k_1 A_1}{\mu} \cdot \frac{1}{2p_0 L} \cdot (p_i^2 - p_f^2) + \frac{k_2 A_2}{\mu} \cdot \frac{1}{2p_0 L} \cdot (p_i^2 - p_f^2) + \frac{k_3 A_3}{\mu} \cdot \frac{1}{2p_0 L} \cdot (p_i^2 - p_f^2)$

$$A_{\text{tot}} = A_1 + A_2 + A_3 = h_1 b + h_2 b + h_3 b = b(h_1 + h_2 + h_3)$$

$$\bar{k} = k_1 + k_2 + k_3 = \underline{\underline{\frac{k_1 h_1 + k_2 h_2 + k_3 h_3}{h_1 + h_2 + h_3}}} \quad \text{S.S.V.}$$

q = strømningsrate, cm^3/s

k = permeabilitet, D

A = tverrsnittsareal, cm^2

μ = viskositet, cP

$\frac{dp}{dx}$ = endring i trykk over avstand, atm/cm

g = gravitasjon, cm/s^2

z = vertikal distance from datum plane, cm

Oppg 3 d) 1. Forholdet mellom væskeratene: $\frac{q_1}{q_2} = \frac{k_1 A_1}{k_2 A_2}$, $\frac{q_2}{q_3} = \frac{k_2 A_2}{k_3 A_3}$

Forholdet er det samme for gass
 ettersom darcy's lov gjelder for både væske og gass.

2. - Turbulense: Darcy's lov gjelder bare for laminær ^{flow} og "lav" hastighet.

Dette må tas hensyn til for gasser.

- Slippage: Klinkenberg-effekten, hvor lavt trykk fører til at molekylene
 får for lite kollisjoner med hverandre. Dette gir en
 ugunstig høy måling av flow.

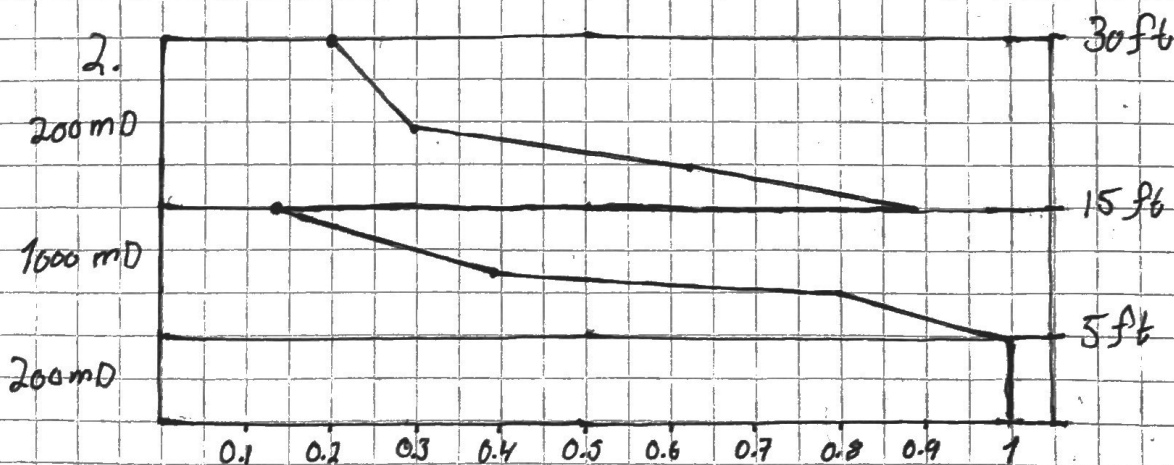
$$e) \bar{k} = \frac{(200 \cdot 5) + (1000 \cdot 10) + (200 \cdot 15)}{(5 + 10 + 15)} = 466.66667 \text{ mD}$$

$$q_b = \frac{\bar{k} A}{\mu} \cdot \frac{1}{2 p_b h} \cdot (P_{in}^2 - P_{out}^2) = \frac{60 \cdot 60 \cdot 24}{(30.48)^3} \cdot \frac{(30.48)^2 \cdot (14.696)^{-2}}{(30.48) \cdot (14.696)^{-1} \cdot 2} = 3.1641 = \text{omgjøringsfaktor}$$

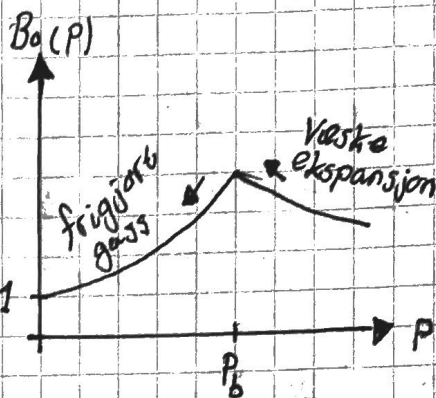
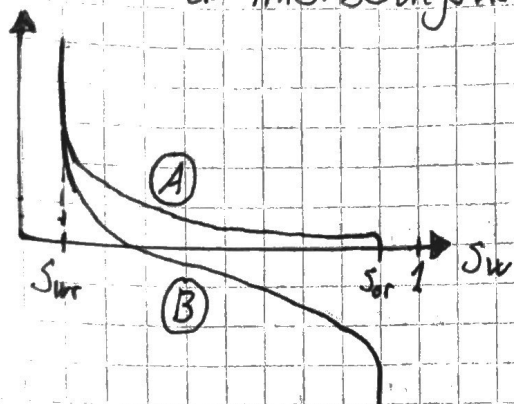
$$q_b = 3.1641 \cdot \frac{0.466 \cdot (30 \cdot 200)}{0.0185} \cdot \frac{1}{14.65 \cdot 400} \cdot ((500 + 14.696)^2 - (400 + 14.696)^2) = \underline{\underline{7.59 \cdot 10^6 \text{ ft}^3/\text{day}}}$$

f) 1. På FWL er trykket i olje-sonen lik trykket i vann-sonen, $P_o = 0, P_w = P_w$

Mens OWC er en sone som skiller olje og vann, og under OWC er det
 null olje.



- Oppg. 3g) 1. Imbiberingsskurve for vannvett system: (A)
 2. Imbiberingsskurve for blandig fuktpreferanse: (B)



h) $B_o = \frac{\Delta V_{o,g}^s}{\Delta V_o^R}$

Surface = 1

Først vil væsken i gassen ekspandere pga. lavere trykk, volumfaktor olje, B_o , øker. På kokepunktet, P_b , vil kondensat i oljen dampe av og $B_o \rightarrow 1$.

i) Null produksjon av gass her: $m=0$, $B_g=0$, $R_s=R_p$

$$\left. \begin{aligned} F &= N(E_o + mE_g + E_c) + W_e B_w \\ F &= N_p(B_o + (R_p - R_s)B_g) + W_p B_w \end{aligned} \right\} N(E_o + E_c) = N_p B_o \rightarrow N = \frac{N_p B_o}{E_o + E_c}$$

N for 4500 psi: $E_o = (B_o - B_{oi}) + (R_s - R_p)B_g = 1.850 - 1.743 = 0.107$
 $E_c = B_{oi}(1+m) \left(\frac{C_w S_w + C_p}{1-S_w} \right) \cdot \Delta P = 1.743 \cdot \left(\frac{2.6 \cdot 10^{-6} \cdot 0.43 + 3.3 \cdot 10^{-6}}{1-0.43} \right) \cdot (7150 - 4500)$
 $E_c = 0.0567077$

$N = \frac{43.473 \cdot 1.85}{0.107 + 0.0567077} = 491.272 \text{ mmstb} = \underline{491.3 \text{ mmstb}}$

j) Estimert på volum: Utstrekning = 20 km^2 , høyde = ?, antar $\phi = 0.20$

$V_o^s = N = 491.272 \text{ mmstb}$: $V_o^R = A \bar{h} (1-S_w) \cdot \phi \rightarrow \bar{h} = \frac{V_o^R}{A(1-S_w) \cdot \phi}$

$V_o^R = N \cdot B_o = 908.8532 \cdot 10^6 \text{ stb} \cdot 0.15898 \text{ m}^3 = 144.48948 \cdot 10^6 \text{ Rm}^3$

gjør om til SI

$\bar{h} = \frac{144.48948 \cdot 10^6}{(20 \cdot 1000^2) \cdot (1-0.43) \cdot 0.2} = \underline{63.4 \text{ m}}$