Øving 3, 4 og 5

Løsning

ResTek1—Løsning Øving 3

Oppgave 1

Bruker at totalraten q er summen av delratene inn i hvert lag, $q = q_1 + q_2 + q_3$, at totalhøyden er summen av laghøydene, $h = h_1 + h_2 + h_3$, og at tverrsnittsarealet på tvers av strømningsretningen er wh. Dessuten er trykkfallet ΔP det samme over alle lagene, og lengden av alle lagene er den samme, ΔL. Da har vi at

$$q = q_1 + q_2 + q_3,$$

$$\frac{\bar{k}wh\Delta p}{\mu \Delta L} = \frac{k_1 w h_1 \Delta p}{\mu \Delta L} + \frac{k_2 w h_2 \Delta p}{\mu \Delta L} + \frac{k_3 w h_3 \Delta p}{\mu \Delta L},$$

$$\bar{k}h = k_1 h_1 + k_2 h_2 + k_3 h_3,$$

som generalisert gir oppgitt formel.

Oppgave 2

$$\bar{k} = \sum_j k_j h_j / \sum_j h_j = (200 \cdot 2 + 150 \cdot 6 + 400 \cdot 4)/12 = 242 \text{ md},$$

og med enhetene q: ft^3/d, A: ft^2, μ: cp, k: D, p: psig, ΔL: ft, er

$$q_b = \frac{3.1615 \cdot \bar{k} A (p_1^2 - p_2^2)}{\mu p_b \Delta L},$$

og dermed

$$q_b = \frac{3.1615 \cdot 0.242 \cdot 12 \cdot 200 \cdot (515^2 - 415^2)}{0.0185 \cdot 14.65 \cdot 400} = 1.58 \cdot 10^6 \text{ ft}^3/\text{d}.$$

Oppgave 3

I dette tilfellet går samme raten gjennom hvert lag, $q = q_1 = q_2 = q_3$ og det totale trykkfall Δp lik summen av trykkfallene over hvert lag, $\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3$. Dessuten er $L = L_1 + L_2 + L_3$. Da får vi at

$$\frac{q \mu L}{\bar{k} w h} = \frac{q_1 \mu L_1}{k_1 w h} + \frac{q_2 \mu L_2}{k_2 w h} + \frac{q_3 \mu L_2}{k_3 w h},$$

hvor wh er tverrsnittet som raten q strømmer gjennom og som er det samme for alle lagene, og

$$\bar{k} = \frac{\sum_i L_i}{\sum_i \frac{L_i}{k_i}},$$

som generalisert gir uttrykket i oppgavesettet.

Oppgave 4

$$\bar{k} = \frac{L}{\sum_j \frac{L_j}{k_j}} = \frac{500}{\frac{100}{100} + \frac{200}{50} + \frac{200}{200}} = \frac{500}{6} \text{ md},$$

$$q = 0.0011271 \frac{\bar{k} A \Delta p}{\mu L} = 0.0011271 \frac{\frac{500}{6} 100 \cdot 50(100-50)}{10 \cdot 500} = 4.7 \text{ bbl/d}.$$

Oppgave 5

$$q = \frac{2\pi \bar{k} h \Delta p}{\mu \ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right)},$$

$$q = q_1 = q_2 = \cdots = q_n;\ \Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \cdots + \Delta p_n;\ mr_n \equiv r_e;\ r_0 \equiv r_w,$$

$$\frac{q\mu \ln(r_e/r_w)}{\bar{k}h} = \frac{q_1 \mu \ln(r_1/r_0)}{k_1 h} + \frac{q_2 \mu \ln(r_2/r_1)}{k_2 h} + \cdots + \frac{q_n \mu \ln(r_n/r_{n-1})}{k_n h},$$

$$\bar{k} = \frac{\ln(r_e/r_w)}{\sum_{j=1}^{n} \frac{\ln(r_j/r_{j-1})}{k_j}}.$$

Oppgave 6

$$q = 1.1271 \frac{2\pi \bar{k} h (p_e - p_w)}{\mu \ln(r_e/r_w)},$$

eller direkte med omregningsfaktoren $1.1271 \cdot 2\pi = 7.082$. Videre har vi

$$\bar{k} = \frac{\ln(r_e/r_w)}{\frac{\ln(r_e/r_1)}{k_2} + \frac{\ln(r_1/r_w)}{k_1}} = \frac{6.49}{0.017 + 0.060} = 83.88.$$

$$p_e = p_w + \frac{q\mu \ln(r_e/r_w)}{1.1271 \cdot 2\pi \bar{k} h} = 2000 + \frac{100 \cdot 5 \cdot \ln(330/0.5)}{1.1271 \cdot 2\pi \cdot 0.084 \cdot 20} = 2273 \text{ psia}.$$

Trykket ved radius $r_1 = 10$ ft er

$$p(10 \text{ ft}) = p_w + \frac{100 \cdot 5 \cdot \ln(10/0.5)}{1.1271 \cdot 2\pi \cdot 0.05 \cdot 20} = 2000 + 212 = 2212 \text{ psia}.$$

Kommentar: Skinfaktor S

I oppgave 6 har formasjonen en redusert permeabilitet på 50 md i de første 10 ft ut fra brønnen. Dette kan skyldes f.eks. invasjon av slam i formasjonen under boring. En sier at brønnen er skadet, i forhold til uberørt formasjon, som i eksempelet har permeabilitet på 200 md.

Graden av skade (positiv eller negativ, dvs. stimulering) angis ofte med en såkalt "skinfaktor" [skin: A usually thin, closely adhering outer layer: the skin of a peach; a sausage skin; the skin of an aircraft.]

Trykkfallet fra radius r inn mot en brønn er gitt ved (i Darcy-enheter):

$$\Delta p = \frac{q\mu}{2\pi kh} \ln \frac{r}{r_w},$$

med k lik permeabiliteten til uskadet formasjon. Dersom en brønn er skadet ut til en radius r_d med permeabilitet k_d, så defineres skinfaktoren S ved at

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

hvor Δp_{skin} er det ekstra trykkfallet som ligger over den skadete sone,

$$\Delta p_{\text{skin}} = \frac{q\mu}{2\pi h} \left[\frac{\ln(r_d/r_w)}{k_d} - \frac{\ln(r_d/r_w)}{k} \right],$$

og altså

$$S = k \left[\frac{\ln(r_d/r_w)}{k_d} - \frac{\ln(r_d/r_w)}{k} \right] = +9.0.$$

Oppgave 7

Vi har Forchheimer's ligning

$$-\frac{dp}{dx} = \frac{\mu}{k} u + \beta \rho u^2,$$

og betingelsene (1) ideell gass, $\rho/p = \rho_b/p_b = \bar{\rho}/\bar{p}$; (2) konstant masserate, $\rho u = \rho_b u_b = \bar{\rho}\bar{u}$; og av disse to følger at (3) $pu = p_b u_b = \bar{p}\bar{u}$, hvor indeks b markerer et bestemt referansetrykk, basistrykk.

Poenget er nå å omforme ρ og u til konstanter før integrasjonen, siden de begge er funksjoner av trykket for gass. Multipliserer Forchheimer's ligning med ρ,

$$-\rho \frac{dp}{dx} = \frac{\mu}{k} \rho u + \beta \rho^2 u^2,$$

$$-\frac{\rho_b}{p_b} p\, dp = (\frac{\mu}{k} \rho_b u_b + \beta \rho_b^2 u_b^2) dx,$$

og integrert over $\Delta L = x_2 - x_1$,

$$\frac{\rho_b}{p_b \Delta L} \frac{1}{2}(p_1^2 - p_2^2) = \frac{\mu}{k} \rho_b u_b + \beta \rho_b^2 u_b^2,$$

$$\frac{\rho_b \bar{p}}{p_b \Delta L}(p_1 - p_2) = \frac{\mu}{k} \bar{\rho} \bar{u} + \beta \bar{\rho}^2 \bar{u}^2,$$

$$\bar{\rho} \frac{p_1 - p_2}{\Delta L} = \frac{\mu}{k} \bar{\rho} \bar{u} + \beta \bar{\rho}^2 \bar{u}^2,$$

som gir oppgitt formel.

Kommentar: Midling av permeabiliteter

En bør kanskje forvisse seg om at uttrykkene for midling av permeabiliteter for lineær strøm i sedimentære lag, parallelt og i serie, og for radiell strøm gjennom lag i serie også er gyldige for gasstrøm.

ResTek1—Løsning Øving 4

Oppgave 1

Regner først ut gass- og vannvolum: $V_g = (225.90 - 224.14)/1.0 = 1.76$ cm^3 $V_w = 4.4 - 1.76 = 2.64$ cm^3
Olje: $m_o = 224.14 - 209.75 - 2.64 \cdot 1.0 = 11.75$ g $\rho_o = 141.57/(131.5+35) = 0.8498$ g/cm^3 $V_o = m_o/\rho_o = 11.75/0.8498 = 13.83$ cm^3 $V_p = V_o + V_g + V_w = 1.76 + 2.64 + 13.83 = 18.23$ cm^3
Dette gir: $\phi = V_p/V_b = 18.23/95 = 0.19$ $S_w = V_w/V_p = 2.64/18.23 = 0.14$ $S_o = V_o/V_p = 13.83/18.23 = 0.76$ $S_g = 1 - S_o - S_g = 0.10$ $\rho = 209.75/(95 - 18.23) = 2.73$ cm^3, dvs. kalkstein.

Oppgave 2

Omgjør alle volumene til å korrespondere med 120 g prøve: $V_b = 37.4 \cdot 120/90 = 49.9$ cm^3 $V_g = 0.53 \cdot 120/80 = 0.80$ cm^3 $V_o = 4.4$ cm^3, $V_w = 2.8$ cm^3 $V_p = V_g + V_o + V_w = 8.0$ cm^3 $\rho = 141.5/(131.5+35) = 0.8498$ g/cm^3
Dette gir: $\phi = V_p/V_b = 0.16$ $S_w = V_w/V_p = 0.35$ $S_o = V_o/V_p = 0.56$ $S_g = 1 - S_o - Sw = 0.10$ $\rho = [120 - (4.4 \cdot 0.8498 + 2.8)]/(49.9 - 8.0) = 2.70$ g/cm^3, kalkstein.

Oppgave 3

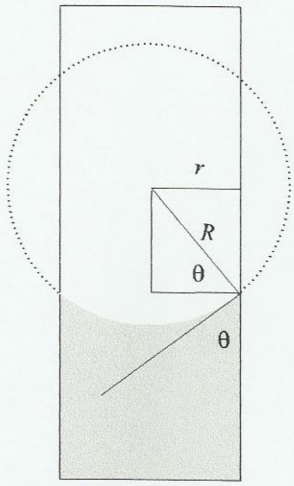
Vi bruker uttrykkene $h = 2\sigma\cos\theta/\Delta\rho g r$, $p_c = 2\sigma\cos\theta/r$ med enhetene h: cm, σ: dyn/cm, $\Delta\rho$: g/cm^3, g: cm/s^2, dyn: g $\cdot$ cm/s^2, r: cm, p_c: dyn/cm^2. Innsatt de oppgitte størrelser får vi at $h = 2.86$ cm, $p_c = 2800$ dyn/cm^2 som er lik $4.05 \cdot 10^{-2}$ psi [1 atm tilsvarer 14.65 psi som tilsvarer $1.0133 \cdot 10^6$ dyn/cm^2; dermed tilsvarer 1 psi $6.92 \cdot 10^4$ dyn/cm^2].

Oppgave 4

Fortrengings- eller terskeltrykket $p_D = 25$ psi = $25 \cdot 6.92 \cdot 10^4$ dyn/cm^2 = $1.73 \cdot 10^6$ dyn/cm^2. Dermed får vi av uttrykket for kapillartrykket ovenfor at $r = 2\sigma\cos\theta/p_D$ = $2 \cdot 24 \cdot 1/1.73 \cdot 10^6 = 2.78 \cdot 10^{-5}$ cm. Diameteren $2 \cdot 2.78 \cdot 10^{-5}/2.54 = 2.2 \cdot 10^{-5}$ tommer, eller 0.56 μm.

Oppgave 5

For en kuleflate er $R_1 = R_2 = R$ og av figuren ser vi at $r = R\cos\theta$. De to vinklene merket med θ er like siden vinkelbeina står parvis normalt på hverandre. Dermed følger uttrykket i oppgaven. Merk at dette er en tilnærmelse hvor vi har sett bort fra



Figur 1: Vertikalt, sylindrisk rør vist i vertikalt snitt gjennom diameter, kuleformet fluidoverflate inne i røret mellom to fluid.

tyngdekraftens innvirkning på formen av fluid-fluid overflaten. Krumningen vil i virkeligheten være større inne ved veggen enn i midten av røret. Dersom r blir stor, vil overflaten bli et horisontal plan inne i midten av røret.

Oppgave 6

La oss betrakte en kjerneprøve med lengde L, tverrsnitt A, porøsitet ϕ, mettet med vann av resistivitet R_w. Lengden av porekanalene betegnes med L_a. I første omgang kan vi sette $L_a = L$ siden porekanalene er rette.

Porevolumet er gitt ved $A\phi L$. Dersom $S_w = 1$, så kan dette kan ses på som en leder av vann med lengde L og tverrsnitt $A\phi$. La oss betegne motstanden i denne "vannlederen" med r i ohm. Fra definisjonen av vannresistivitet R_w har vi da at $r = R_w L/\phi A$. Videre er, per definisjon, $R_0 = rA/L = R_w/\phi$, og per definisjon er formasjonsfaktoren F gitt ved $F = R_0/R_w = 1/\phi$.

La nå n være antall kronglete porekanaler med samme lengde L_a og tverrsnitt ΔA. Da er $V_p = n\Delta A L_a$, $\phi = V_p/V_b = n\Delta A L_a/AL$, eller $n\Delta A = \phi AL/L_a$.

Motstanden r (i ohm) gjennom vannet i den kronglete "vannlederen" er lik resistiviteten R_w multiplisert med lengden av vannet, L_a, delt på tverrsnittet av vannet, $n\Delta A$,

$$r = R_w L_a/n\Delta A,$$

og $R_0 = rA/L = R_w L_a A/n\Delta A L = R_w L_a L_a A/\phi ALL = R_w(L_a/L)^2/\phi = R_w\tau/\phi$. Videre er $F = R_o/R_w = \tau/\phi$. Så, dersom $m = 2$ i Archie's ligning $F = \phi^{-m}$ blir $\tau = 1/\phi$.

Oppgave 7

Arbeidet utført ved volumutvidelsen er netto kraft multiplisert med veien kraften har virket. Kraften er lik trykk multiplisert med den flaten trykket virker på. Da får vi arbeidet gitt ved $(p_1 - p_2)4\pi R^2 \delta R$. Økning i overflateenergi er $\sigma(4\pi(R+\delta R)^2 - 4\pi R^2)$ $= (4\pi \cdot 2R\delta R + 4\pi(\delta R)^2)$. Vi stryker 2. ordens leddet $(\delta R)^2$ og setter de to uttrykkene lik hverandre og får $(p_1 - p_2) = p_c = 2\sigma/R$.

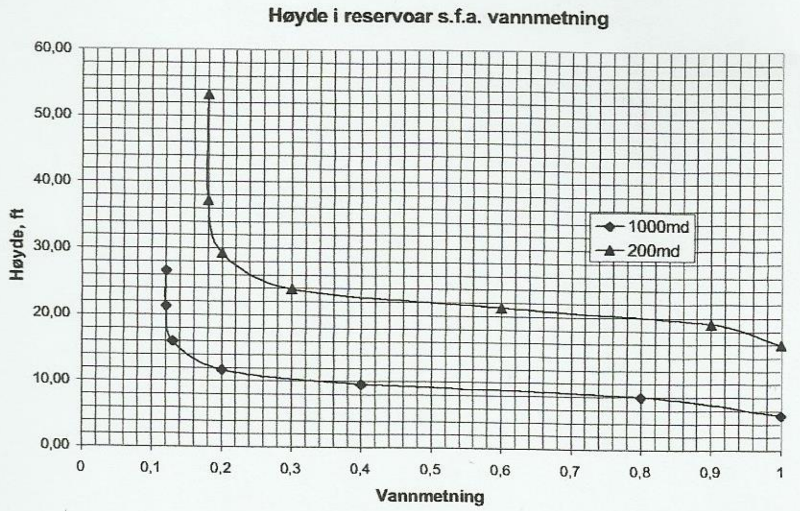
ResTek1—Løsning Øving 5

Oppgave 1

Bruker at $p_{cR} = h(\rho_w - \rho_o) \cdot 62.4/144$, når p er i psi, h ft, ρ g/cm^3, og at $p_{cL} = \sigma_L/\sigma_R \cdot p_{cR}$, som gir at $p_{cL} = 0.188h$. Dette gir følgende tabell,

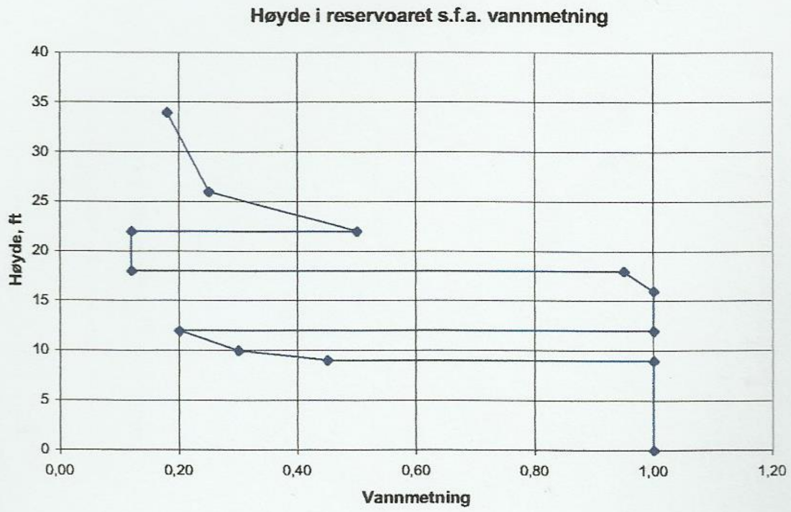
1000 md prøve		200 md prøve	
h[ft]	S_w	h[ft]	S_w
5.3	1.00	16.0	1.00
8.0	0.80	19.1	0.90
9.6	0.40	21.3	0.60
11.7	0.20	23.9	0.30
16.0	0.13	29.3	0.20
21.3	0.12	37.2	0.18
26.6	0.12	53.2	0.18

som er plottet i figur 1. Tar en nå hensyn til den lagdelingen som er gitt i oppgaven



Figur 1: Høyde i reservoaret s.f.a. vannmetning for to bergartstyper, en med permeabilitet 200 md og en med 1000 md.

med vekselvis 200 md og 1000 md bergart, og bruker de respektive metningene fra de to kurvene i figur 1, så får en plottet i figur 2 som viser hvordan metningen varierer med høyden i det lagdelte reservoaret:



Figur 2: Høyden i reservoaret s.f.a. vannmetningen, lagdelt reservoar.

Oppgave 2

a) Størrelsen p_c er kapillartrykket, forskjellen i trykk mellom to faser over en krummet overflate mellom de to fasene; σ er overflatespenningen; R_1 og R_2 er hoved-krumningsradiene til overflaten. Dersom en ikke-fuktende fase presses inn i det porøse mediet så vil overflaten mellom de to fasene stadig krumme mer nå den presses inn i mindre porer. Da minker krumningsradiene, kapillartrykket øker, og metningen av fortrengende fase øker.

b) Se øvingsoppgave eller en standard bok i reservoarteknikk, f.eks. Dake's første bok, p. 347.

c) Fuktpreferansen uttrykker hvilket av to fluid som fukter bergarten og kvantifiseres med kontaktvinkelen. Dersom en dråpe av det tyngste fluid ligger på en bergartsflate regnes kontaktvinkelen som vinkelen som tangenten til fluid-fluid overflaten danner med bergartsflaten i et vertikalt snitt, regnet gjennom denne tyngste fasen. Er det tyngste fluidet ikke-fuktende, så vil kontaktvinkelen være større enn $\pi/2$.

d) Darcy hastigheten u er lik volumraten q delt på totaltverrsnittet A. Hastigheten v i Poiseuille's ligning er volumraten som strømmer i røret delt på tverrsnittet av røret, altså midlere hastighet i røret.

Dersom porekanalene består av et antall n rette rør med samme radius r, så vil et volum fluid qt injisert i tiden t fylle et like stort porevolum, V_p. Fluidet vil da ha kommet en lengde $L = vt$ inn i rørene. Dermed er (fra Darcy) $V_p = qt = uAt$ og (fra Poiseille) $V_p = AL\phi = A(vt)\phi$. Dermed blir $v = u/\phi$ og dermed følger at k/ϕ kan tilnærmes med $r^2/8$.

e) Følger direkte av å kombinere svarene på spørsmål b) og d). Uttrykket er imidlertid "utledet" ved hjelp av en meget enkel modell av porenettverket og må verifiseres eksperimentelt, som det også har vært gjort.

Siden J er dimensjonsløs kan en bruke et hvilket som helst konsistent sett av enheter, f.eks. SI-enheter

f) Det frie vannivå er det dyp hvor kapillartrykket (mellom vann og olje) er lik null. Selv om permeabiliteten og porøsiteten skulle variere over reservoarets utstrekning, er denne dybden konstant, forutsatt at det ikke er bevegelse i vannsonen.

g) Se forelesningene eller en standard lærebok i reservoarteknikk.

h) For olje-vann får vi,

$$\begin{aligned}
p_c &= J\sigma\cos\theta\sqrt{\phi/k} \\
&= J\times 30\times 10^{-3}\times 0.819\sqrt{0.2/1.974\times 10^{-13}}\text{Pa} \\
&= 2.473\times 10^4 J(S_w)\text{Pa.}
\end{aligned}$$

Videre er $p_c(21\text{m}) = 21\times 9.80\times(1050-850) = 41160.00$ Pa. Dermed blir $J(21\text{m}) = 41160.00/2.473\times 10^4 = 1.66$, og $S_w(21\text{m}) = 0.45$.

Gjennomfører nå samme type beregning for gass-olje og betrakter vannet som en del av oljen i denne tofase-betraktningen. Det er en rimelig antagelse siden begge kontaktvinklene er mindre enn $90°$; derfor er vann fuktende fase i forhold til olje og olje er fuktende fase i forhold til gass. Vi kan altså betrakte oljen som helt omgitt av vann og gassen som helt omgitt av olje.

$$\begin{aligned}
p_c &= J\sigma\cos\theta\sqrt{\phi/k} \\
&= J\times 5\times 10^{-3}\times 0.985\sqrt{0.2/1.974\times 10^{-13}}\text{Pa} \\
&= 4.957\times 10^3 J(S_w)\text{Pa.}
\end{aligned}$$

Videre er kapillartrykket olje-gass, 1 meter over det frie olje-gass nivå, gitt ved $p_c(1\text{m}) = 1 \times 9.80 \times (850 - 120) = 7154.00$ Pa. Dermed blir $J(1\text{m}) = 7154.00/4.957 \times 10^3 = 1.44$, og $S_L(1\text{m}) = 0.50$, ved lineær interpolering i tabellen for J og med $S_L = S_o + S_w$. Dermed blir $S_o = 0.05$ og $S_g = 0.50$ ved en høyde på 21 meter over det frie vann-olje nivå.

i) Den samme J-funksjonen kan ikke uten videre brukes. Når vannet stiger, skifter prosessen fra det å ha vært en primær drenering til å bli imbibering. På grunn av hysterese er ikke de to tilhørende J-funksjonene nødvendigvis like.

Oppgave 3

a) Vi foretar beregningen i Darcy-enheter: (cm, g, s, atm, D). Datumplanet legges ved vannoverflaten i karet. Potensialet ved h_v er lik datumpotensialet dersom vi ser bort fra vekten av luft. Vi antar at vannsøylen i røret over sanden er i gravitasjonslikevekt, altså at det ikke er noe viskøst trykkfall inne i røret over sanden. Da er trykket på toppen av sanden lik $\rho_w g G(h_v - h_s)$ hvor ρ er tetthet av vann og $G = 1/1.01325 \cdot 10^6$. Potensialet på topp av sanden er lik trykket der pluss gravitasjonsleddet fra datumplanet og opp. Potensialforskjellen $\Delta\Phi$ over sanden blir

$$\Delta\Phi = \rho_w g G h_v.$$

Potensialgradienten over sanden er $\Delta\Phi/h_s$ og Darcy's lov gir

$$q = -\frac{kA}{\mu}\frac{\Delta\Phi}{h_s} = -\frac{kA}{\mu}\rho_w g G \frac{h_v}{h_s}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

b) Materialbalanse på vannet i røret gir $q = A dh_v/dt$. Dette settes lik q fra ligning 1 og vi får,

$$\frac{dh_v}{dt} = -\frac{k}{\mu}\rho_w g G \frac{h_v}{h_s},$$

separasjon av variable og integrert blir dette

$$\frac{k}{\mu h_s}\rho_w g G \Delta t = \ln\frac{h_{v1}}{h_{v2}},$$

når vannivået faller fra h_{v1} til h_{v2} i løpet av Δt. Innsatt verdier gir dette

$$k = \frac{1.01325 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 5}{1 \cdot 980 \cdot 400}\ln\frac{100}{80} = 2.88 \text{ D}.$$

c) I ligning 1 må vi nå sette $h_s = h_v$. Dette gir en hastighet $q/A = 0.002789$ cm/s og en tid på 20 cm på 7170 sekund. Vi har her antatt at irredusibel vannmetning S_{iw} er lik null og neglisjert kapillartrykket. Tiden vil være proporsjonal med $(1 - S_{iw})$ ved stempelfortrenging. Kapillartrykket vil gi en metningsprofil.

d) Skissen vil være lik en skisse av en standard kapillartrykkskurve for primær drenering hvor to karakteristiske trekk er terskeltrykket og irredusibel vannmetning. Når røret sakte senkes vil vi få en imbibering av vann og metningene går over til å følge en imbiberingskurve for kapillartrykk. Den starter ved irredusibel vannmetning og går til null kapillartrykk før metningen blir 1.

e) Uttrykket $P_c = \Delta\rho g h$ er utledet i forelesningene. Høyden h går fra den frie vannivå (Free Water Level, FWL). For ukompletterte brønner kan FWL bestemmes fra trykkmålinger med Repeat Formation Tester. For produksjonsbrønner, etter at vannivået har steget, kan det være vanskelig å bestemme FWL direkte. Kan nok bruke en form for kurvetilpassing til logdata og sette FWL lik kurvens vendepunkt. Kurven vil ligne på en tredjegradskurve.

Oppgave 4

a) Ved å plotte dataene i tabellen finnes tre rette linjestykker. De tre øverste punktene ligger f.eks. på en rett linje og dersom en bruker det høyeste og det laveste av disse fås

$$\rho_1 = \frac{\Delta p}{g\Delta z} = \frac{1}{9.80}\frac{20.182 - 20.074}{2525 - 2475} \times 10^6 = 220.3 \text{ kg/m}^3.$$

Dette er gass. Tilsvarende finnes tetthetene for midtfasen til å være 779.1 kg/m^3, altså olje, og 1060.6 kg/m^3 for den nederste fase, altså saltvann.

Vi finner først skjæringene mellom de to øverste linjestykkene til å være z_{GOC}= 2531.2 m, og skjæringen mellom de to nederste blir z_{WOC}= 2612.3 m. I skjæringspunktene er de to trykkene like, kapillartrykkene er like og punktene definerer fritt vannivå og fritt oljenivå.

Oppgave 5

a) Kapillartrykk er differansen i trykk mellom to faser på hver side av den infinitesimale overflaten som skiller fasene. Det følger av en minimalisering av energien i overflaten som igjen skyldes forskjell i intermolekylære krefter i fasene.

b) I SI-systemet: J: dimensjonløst kapillartrykk; S: metning, dimensjonsløs; p_c[Pa/m^2]: kapillartrykk; σ[J/m^2]: overflatespenning; θ: kontaktvinkel; k[m^2]: permeabilitet; ϕ: porøsitet, dimensjonsløs.

En og samme J-funksjon kan brukes for geologisk lag med ulike egenskaper som angitt ovenfor dersom lagene tilhører samme geologiske facies. Det er derfor ikke nødvendig å måle kapillartrykkskurven for alle lagene.

c) Med primær drenering menes en prosess hvor vannmetningen minker fra 100%. Reservoarene har blitt dannet på denne måten, forestiller en seg.

Terskeltrykket er det overtrykk (kapillartrykk) som må til forat den ikke-fuktende fasen skal trenge inn i den største porekanalen, når det porøse mediet er 100% mettet med den fuktende fasen.

d) Poenget er å regne ut terskeltrykket til kappebergarten og omgjøre dette til en tilsvarende høyde av en oljekolonne i vann. Vi har da

$$\left[p_d\sqrt{\frac{k}{\phi}}\right]_{\text{res}} = \left[p_d\sqrt{\frac{k}{\phi}}\right]_{\text{kappe}},$$

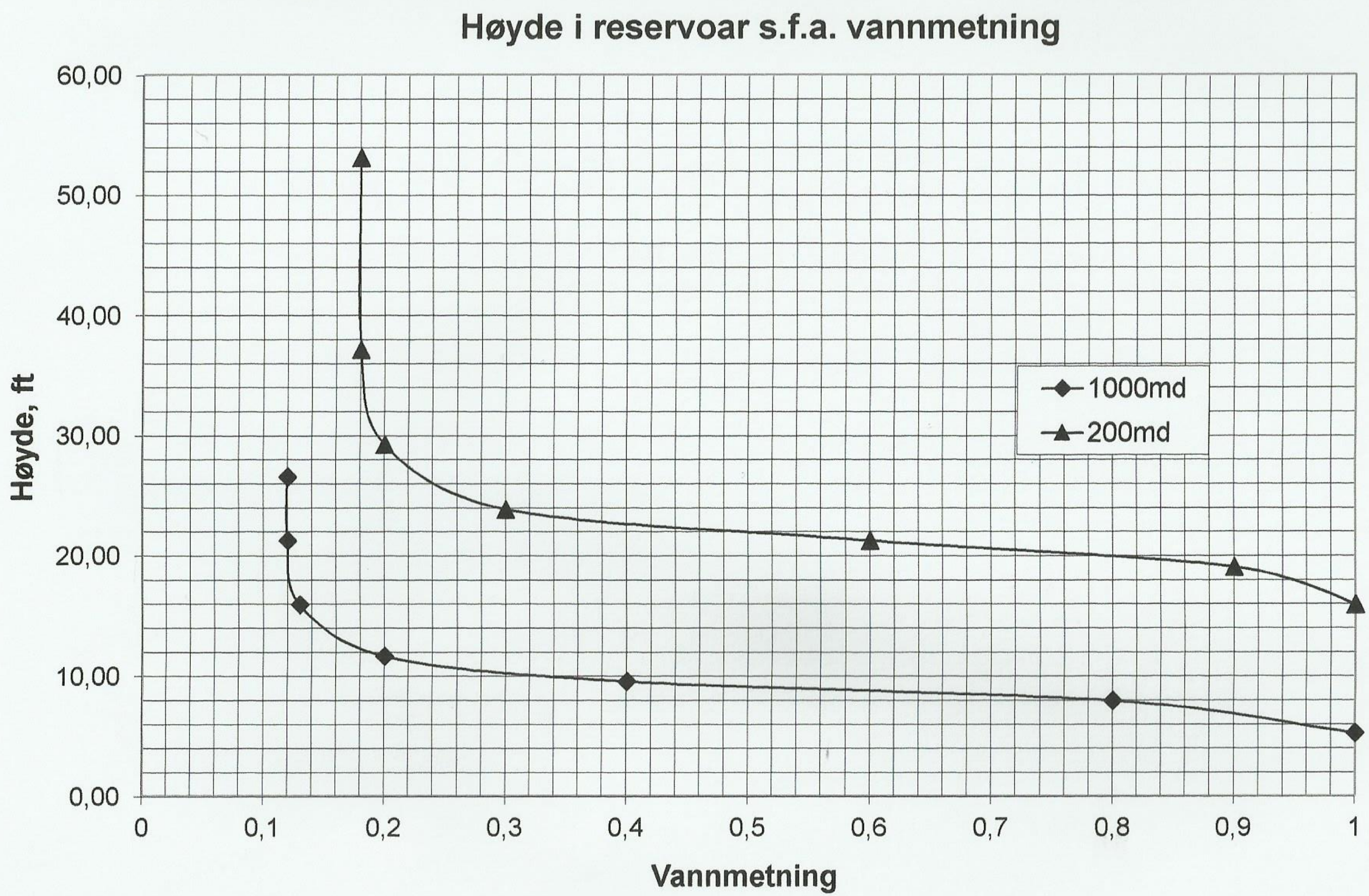
og dermed at terskeltrykket for kappebergarten er

$$0.2\cdot 10^5\sqrt{\frac{100\cdot 0.01}{0.2\cdot 0.20}} = 10^5 \text{ Pa.}$$

Dette tilsvarer en oljekolonne på

$$\frac{0.8\cdot 10^5}{(1050-850)9.80} = 40.8 \text{ m.}$$

Merk at starten på oljekolonnen er 0.2 bar over det frie vannivå i reservoaret siden terskeltrykket i reservoaret er på 0.2 bar.



Høyde i reservoar s.f.a. vannmetning
Høyde, ft
60,00
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
0,00
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
0,8
0,9
1
Vannmetning
1000md
200md