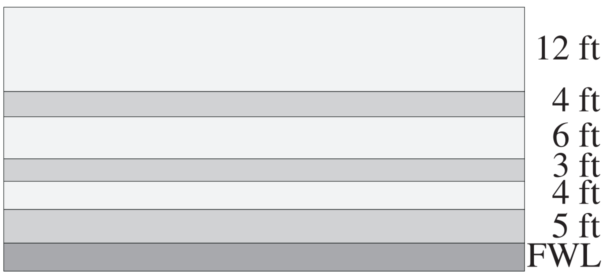
ResTek1— Øving 5

Oppgave 1

Følgende kapillartrykksdata ble oppnådd ved å fortrenge vann med luft fra to vann-mettede kjerneplugger:

1000 md prøve		200 md prøve	
$P_c[psi]$	S_w	$P_c[psi]$	S_w
1.0	1.00	3.0	1.00
1.5	0.80	3.6	0.90
1.8	0.40	4.0	0.60
2.2	0.20	4.5	0.30
3.0	0.13	5.5	0.20
4.0	0.12	7.0	0.18
5.0	0.12	10.0	0.18

Beregn vertikal metningsfordeling, det vil si S_w som funksjon av høyden i reservoaret, for følgende sekvens av lag,



Figur 1: Vertikal sekvens av sedimentære lag. Rett over det frie vannivå (FWL), hvor $p_c = 0$, kommer et lag på 5 ft med 1000 md bergart. Så et 4 ft tykt lag med 200 md, etc.

Andre data:

Lab: $\sigma_{\text{vann-luft}} = 50$ dyn/cm

Res: $\sigma_{ow} = 23$ dyn/cm

$\rho_o = 0.81\,\text{g/cm}^3$

$\rho_w = 1.01\,\text{g/cm}^3$

Oppgave 2

[Eks.opg.1, 13Mai98]

a) Kapillartrykket er generelt gitt ved

$$p_c = \sigma\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right). \qquad (1)$$

Forklar med ord hva størrelsene p_c, σ, R_1 og R_2 står for og forklar hvorfor kapillartrykket vanligvis er en funksjon av metningen.

b) Vis at for et rett rør med radius r så kan ligning (1) skrives som

$$p_c = \frac{2\sigma\cos\theta}{r}, \qquad (2)$$

hvor θ er kontaktvinkelen.

c) Forklar hva som menes med *fuktpreferanse* og angi hvordan den kan kvantifiseres.

d) Gitt Darcy's lov på formen

$$u = -\frac{k}{\mu}\frac{dp}{dx}. \qquad (3)$$

Forklar hva Darcy-hastigheten u står for. For strøm i rør gjelder Poiseuille's ligning,

$$v = -\frac{d^2}{32\mu}\frac{dp}{dx}. \qquad (4)$$

Forklar hva hastigheten v står for og vis at ved å sammenholde ligningene (3) og (4) finner en at k/ϕ kan erstattes med $r^2/8$, dersom porekanalene kan antas å bestå av like, rette rør.

e) Vis at J-funksjonen

$$J(S) = \frac{p_c(S)}{\sigma\cos\theta}\sqrt{\frac{k}{\phi}}, \qquad (5)$$

hvor S er metningen, kan være et godt forslag til et dimensjonsløst kapillartrykk som kan brukes for flere fluidpar og fuktpreferanser i samme bergartstype, selv om permeabiliteten og porøsiteten også skulle variere. Kommenter hvilke enheter som kan brukes på størrelsene i uttrykket for J.

f) Forklar hva som menes med *det frie vannivå* mellom vann og olje. Vil dette nivået ha konstant dybde over hele reservoarets utstrekning selv om lagdelingen og bergartstypen varierer?

g) Vis at kapillartrykket i en høyde h over det frie vannivå er gitt ved $p_c = \Delta\rho g h$, hvor $\Delta\rho$ er tetthetsforskjellen.

h) I tabell 1 er gitt en J-funksjon for primær drenering fra et homogent reservoar med en vannsone, oljesone og en gasskappe. I tabell 2 er gitt egenskaper til reservoaret samt andre opplysninger.

Estimer gass-, vann- og oljemetningen 21 meter over det frie vannivå dersom det frie oljenivå (for gass-olje) er 20 meter over det frie vannivå.

Tabell 1: J-funksjonen for et reservoar

S	$J(S)$
1.000	0.00
0.950	0.22
0.900	0.31
0.750	0.55
0.600	1.02
0.450	1.66
0.300	2.84
0.250	3.80
0.235	4.23
0.235	5.29

Tabell 2: Egenskaper til reservoaret og andre opplysninger

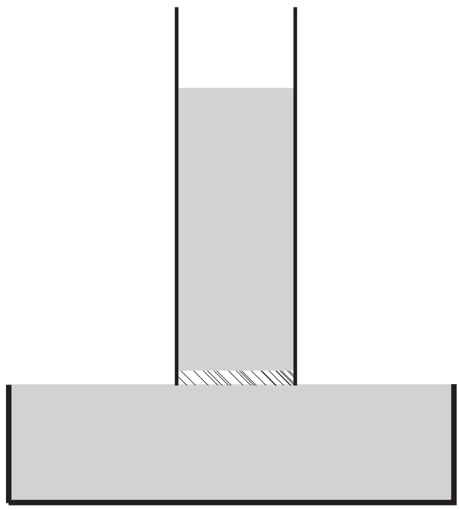
porøsitet	ϕ	=	0.20
permeabilitet	k	=	200 md
overflatespenning vann-olje	σ_{wo}	=	30 dyn/cm
kontaktvinkel vann-olje	θ_{wo}	=	35°
overflatespenning gass-olje	σ_{go}	=	5 dyn/cm
kontaktvinkel gass-olje	θ_{go}	=	10°
tetthet av olje	ρ_o	=	850 kg/m^3
tetthet av gass	ρ_g	=	120 kg/m^3
tetthet av vann	ρ_w	=	1050 kg/m^3
tyngdens akselerasjon	g	=	980 cm s^{-2}
1 cp tilsvarer	10^{-3} Pa·s		
1 dyn tilsvarer	1 g cm s^{-2}		
1 mD tilsvarer	$9.869 \cdot 10^{-16}$ m^2		

i) Forklar om samme J-funksjon som i tabell 1 kan brukes til å anslå metningsprofilen som funksjon av høyden etter at det frie vannivå har steget som følge av produksjon fra oljesonen.

Oppgave 3

[Eks.opg.1, 18Sep97]

Figur 2 viser et kar fylt til randen med vann. Et vertikalt, gjennomsiktig rør med tverrsnitt A stikker såvidt ned i vannet. I den nedre enden av røret er det en høyde h_s med sand som blir holdt på plass av en rist. Karet og røret er åpne til atmosfæren. Vann helles med konstant rate q oppi røret. Vannet renner gjennom sanden og over kanten på karet. Ved stasjonær strøm står vannet i røret opp til høyden h_v.



Figur 2: Kar fylt med vann, rør med sand til høyde h_s og vann til høyde h_v

a) Bruk Darcy's lov til å finne et uttrykk for vannraten q som funksjon av den høyden h_v som vannet står opp i røret.

b) Vannet skrus nå av og en observerer at vann-luft nivået i røret bruker 400 sekunder på å falle fra 100 cm til 80 cm. Hva er permeabiliteten til sanden dersom $h_s = 5$ cm?

c) Røret fylles til topps med sand og mettes med vann. Vanntilførselen stenges. Hvor lang tid vil det nå ta for luft-vann nivået i røret å falle fra 100 cm til 80 cm? Angi hvilke antagelser som eventuelt blir gjort i beregningen.

d) Skisser vannmetningen i sanden som funksjon av høyden over vannet i karet etter at vannet har sluttet å renne. Poengter karakteristiske trekk i metningsprofilen. Hvordan vil profilen endres dersom nå hele røret sakte senkes ned i vannet?

e) Forklar hvordan en med kjennskap til kapillartrykkskurven kan beregne vannmetningen som funksjon av høyden i et oljereservoar. Redegjør spesielt for hvordan en i praksis skal kunne fastsette det frie vannivå for: (i) primær drenering og (ii) imbibering som følge av vanninnfluks fra bunnen av reservoaret.

Oppgitt:

Data: Tetthet av vann, 1 g cm^{-3}
Viskositet til vann, 1 cp
Tyngdens akselerasjon, 980 cm s^{-2}

Enheter: 1 atm tilsvarer $1.01325 \cdot 10^6$ dyn cm^{-2}
1 dyn tilsvarer 1 g cm s^{-2}
1 cp tilsvarer 10^{-3} Pa·s
1 md tilsvarer $9.869 \cdot 10^{-16}$ m^2

Oppgave 4

[Eks.opg2a, 18Sep97]

Dataene i tabell 3 er hentet fra en RFT-test ("Repeat Formation Tester") av en ukomplettert brønn.

Dybde (m)	Trykk (MPa)
2475	20.074
2500	20.133
2525	20.182
2550	20.339
2575	20.535
2600	20.721
2625	20.947
2650	21.202
2675	21.467

Tabell 3: RFT-data fra ukomplettert brønn

Bestem tetthetene til de fluidene som er tilstede og dybdene til gass-olje og olje-vann kontaktene.

Oppgave 5

[Eks.opg1, 3.juni 1999]

a) Hva er kapillartrykk? [Bruk maksimalt 50 ord.]

b) Gitt J-funksjonen

$$J(S) = \frac{p_c(S)}{\sigma \cos\theta}\sqrt{\frac{k}{\phi}}. \qquad (6)$$

Forklar kort de størrelser som inngår, deres benevning i et konsistent sett av enheter og hva J-funksjonen brukes til.

c) En mye brukt korrelasjon for kapillartrykket mellom olje og vann under primær drenering er

$$p_c(S_n) = \frac{p_d}{S_n^a}, \qquad (7)$$

hvor $S_n = (S_w - S_{iw})/(1 - S_{iw})$ er normalisert vannmetning, S_{iw} er irredusibel vannmetning, p_d er terskeltrykket ("displacement pressure") og a en positiv konstant.

Forklar kort hva som menes med primær drenering og irredusibel vannmetning. Hva er den fysikalske forklaringen på terskeltrykket?

d) Et umettet oljereservoar har egenskaper som gitt i tabell 4. Reservoaret ble oppdaget med en brønn ute på flanken av en halvkuleformet struktur. Prøver ble tatt både fra kappebergarten og reservoarbergarten. Porøsitet og permeabilitet ble målt. Det viser seg at kappebergarten og reservoarbergarten har samme fluider (vann og olje) i trykklikevekt. På havoverflaten over reservoaret observeres det jevnlig oljeflekker og en regner med at olje som fortsetter å migrere inn i reservoaret lekker opp gjennom kappebergarten og videre opp til overflaten.

Kapillartrykkskurven for kappebergarten ble ikke målt i første omgang siden det tar så lang tid med en såpass tett formasjon. Men J-funksjonen kan anvendes til å anslå kapillartrykket for kappebergarten. Det antas samme fuktpreferanse i reservoar- og kappebergart.

Gi et anslag på høyden av oljekolonnen under toppen av strukturen.

Tabell 4: Egenskaper til reservoaret og andre opplysninger

RESERVOARBERGART OG FLUIDER			
porøsitet	ϕ	=	0.20
terskeltrykk	p_d	=	0.2 bar
permeabilitet	k	=	100 md
tetthet av olje	ρ_o	=	850 kg/m^3
tetthet av vann	ρ_w	=	1050 kg/m^3
KAPPEBERGART			
porøsitet	ϕ	=	0.01
permeabilitet	k	=	0.2 md
ANNET			
tyngdens akselerasjon	g	=	9.80 m s^{-2}
1 bar tilsvarer	10^5 Pa		
1 Pa tilsvarer	1 N/m^2		