HØGSKOLEN I STAVANGER

AVDELING FOR TEKNISK - NATURVITENSKAPELIGE FAG

DATO: 2. MAI 1996

EKSAMEN I: TE 192 Reservoarsimulering, innføring

VARIGHET: kl 09.00 – 14.00

TILLATTE HJELPEMIDLER: Kalkulator

OPPGAVESETTET BESTÅR AV: 2 sider

MERKNADER: Ingen

Oppgave 1

For væske med konstant kompressibilitet c_f er tettheten gitt ved $\rho = \rho_r \exp[c_f(p - p_r)]$, hvor ρ_r er tettheten ved referansetrykk p_r, og det kan vises at diffusivitetsligningen kan tilnærmes med

$$\frac{Ckb_r}{\mu}\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{qb_r}{\rho_r} = \phi c_f b_r \frac{\partial p}{\partial t}, \tag{1}$$

hvor C er en omregningsfaktor, b volumfaktor, qb_r/ρ_r volumrate ved overflateforhold pr. bulkvolum. Vi antar at permeabilitet, viskositet og porøsitet er konstante.

a) Ligning (1) diskretiseres etter differansemetoden med N like blokker av lengde Δx og med like lange tidssteg $\Delta t = t_{n+1} - t_n$. Det brukes implisitt formulering. Svaret kan skrives på formen

$$a_i p_{i-1} - p_i + c_i p_{i+1} = -d_i. \tag{2}$$

Hva er uttrykkene for koeffisientene a_i, c_i og d_i?

b) Ligning (1) utvides til to dimensjoner. Bruk kvadratiske blokker og lik permeabilitet i x- og y-retning. Hva blir da formen på simuleringsligningen tilsvarende ligning (2) og uttrykkene for koeffisientene? Forklar spesielt hvordan koeffisientene vil se ut for kantblokkene.

c) Vis at for to dimensjoner må det løse et lineært ligningssystem med en pentadiagonal koeffisientmatrise, og skisser hvordan dette kan gjøres for et eksempel på 5×4 blokker dersom det brukes naturlig nummerering.

Oppgave 2

a) Vis hvilke endringer som må gjøres med koeffisientene i ligningen (2) for å simulere et radielt system. Hvor er trykkpunktet i en blokk?

b) La $r_1 = r_w$ og $r_{N+1} = r_e$ hvor N er antall blokker, r_w er brønnradius og r_e radius til ytre grense. Vis hvordan blokklengdene $\Delta x_i = r_{i+1} - r_i$ må velges for at trykkfallet over hver blokk skal bli like stort ved stasjonær strøm. Hvorfor er det ønskelig?

c) Forklar hvordan simulering av en trykkfallstest kan brukes til å kontrollere modellen. Gjør spesielt rede for om en kan bruke alle datapunktene fra en simulering.

d) Hvordan kan en legge inn en realistisk borhullseffekt i modellen?

Oppgave 3

a) Hvilke ligninger vil erstatte diffusivitetsligningen (1) for samtidig strøm av olje og vann i et reservoar med helning? Definer de størrelsene som inngår.

b) En simulering starter ofte med reservoaret i likevekt. Da må først trykk og metning i hver numeriske blokk bringes i likevekt i tyngdefeltet ved å ta hensyn til kapillartrykket som funksjon av høyden over det frie vannivå (olje-vann kontakten). Kapillartrykkskurven er gitt som en del av inngangsdataene.

Skisser en algoritme som vil initialisere simuleringsmodellen.

Oppgave 4

Et umettet oljereservoar har en stor underliggende vannsone. Reservoaret skal bygges ut med vertikale brønner som kompletteres et stykke oppe i oljesonen. Under produksjon vil vannet bli dradd oppover mot brønnen. Reservoaret er lagdelt med ulik permeabilitet i hvert lag. Lagdelingen varierer fra brønn til brønn. Det er ønskelig å anslå hvor stor produksjonsrate hver brønn kan tåle uten at vannet bryter inn i brønnen.

a) Hvilken type simuleringsmodell vil du bruke? Angi antall dimensjoner, antall faser, type koordinatsystem, om du vil bruke en komponentmodell eller "black oil" modell, og begrunn valgene.

b) Skisser et fornuftig numerisk rutenett for problemet og angi hvilke designkriterier du legger til grunn. Hvordan vil du kontrollere om rutenettet er fornuftig?

c) Må rutenettet kontrolleres for hver brønn? Begrunn svaret.