

Arbeid

15/6-3
Denne rapport
tilhører



LTEK DOK.SENTER

L.NR. 12482 09 0024

KODE well 15/9-1 nr. 51

Returneres etter bruk

*... STUDY
PVT SIMULERING*

RAPPORT

PVT-SIMULERING

VÆSKEDATA: 15/9-1, 15/6-3.

INTERN ARBEIDSRAPPORT

STATOIL

OKTOBER 1979

INNHOOLD

- FORORD

SIDE 1

1. OVERSIKT OVER EKSISTERENDE DATA

2. SAMMENLIKNING AV DE FORSKJELLIGE
PVT-RAPPORTER, SAMT BEGRUNNELSE FOR
VALG AV REKOMBINERT BRØNNSTRØMSKOMPOSISJON

3. INPUT DATA, JUSTERINGER

4. RESULTATER

FORORD

En arbeidsplan for Sleipnerområdet ble skissert i midten av 1979, med hovedmålsettning Kommuersialitetserklæring i midten av 1981.

En større geologisk studie, som ventes ferdig i slutten av 1979, foregår nå på Alfa-strukturen. Data fra denne sammen med allerede eksisterende væskedata, petrofysiske data etc. vil så bli brukt som input til reservoarstudie.

Følgende reservoarsimuleringsmodeller er planlagt i evalueringsarbeidet:

- i) en-brønns komponent modell
- ii) en-brønns 3-fase to dimensjonal modell
- iii) 3-fase tredimensjonal full felt simuleringsstudie

Forut for en en-brønns komponent modell må en "matche" væskedata basert på prøver fra 15/9-1 og 15/6-3. Tilpassningsparametrene fra PVT-simuleringen blir brukt i komponent modellen. Denne rapporten er en delrapport til den endelige rapporten som vil bli utarbeidet etter at α -strukturen er ferdig simulert, og den beskriver inputdata samt resultater fra PVT-simuleringen.

1. OVERSIKT OVER EKSISTERENDE DATA:

15/9-1

Separatorprøver ble sent til Core Lab. samt Esso (EPR) for fullstendig PVT-analyse.

Begge laboratorier målte:

1. Mol % av separator væske og separator gass.
2. Brønnstrømskomposisjonen ved reservoar trykk og temperatur er beregnet ut fra GOR ved separatorberegninger. Analysen er foretatt på rekombinerte prøver.
3. Egenskapene til C₇₊
4. Duggpunktsbestemmelse
5. Constant Volume depletion ved 241^oF
6. Væskeutfellinger som funksjon av trykket.

Ellers har Core Lab. også beregnet gassviskositeten ut fra Carr, Kobayashi og Burrows.

15/6-3

Den eneste PVT-analysen som forefinnes kommer fra Esso og inneholder:

1. Komposisjon av separator væske og separator gass.
2. Brønnstrømskomposisjon ved reservoar trykk og temp.
3. Væskeutfelling som funksjon av trykk simulert: duggpunkt simulert til 4133, noe som er altfor lavt. Samtidig som væskeutfellinger ble litt høyere, .2% enn 15/9-1.

2. SAMMENLIGNING AV DE FORSKJELLIGE PVT-RAPPORTER,

SAMT BEGRUNNELSE FOR VALG AV REKOMBINERT BRØNNSTRØMSKOMPOSISJON.

En sammenligning av brønnstrømskomposisjonene er vist i Fig. 2.1. I Essos rapporter er egenskapene gitt helt ned til C_{10+} . For å sammenligne de tyngre komponenter med Core Lab., som bare har til C_{7+} , har vi også regnet Essos om til C_{7+} . Begge er vist på figuren.

Vi ser at brønnstrømskomposisjonene fra de forskjellige brønnene stemmer forholdsvis godt overens med hverandre. I Fig. 2.2 er Essos og Core Lab. væskeutfellingskurver, ved konstant volume depletion sammenlignet. Core Lab. predikerer en noe større væskeutfelling, maksimalt 2.5 volumprosent, enn Esso med ca. 2.2 volumprosent. Videre ser vi at Corelab.'s rekombinerte brønnstrøm gir et noe høyere duggpunkt, 5789 mot 5700 psig.

15/6-3 dataene er simulerte data ved bruk av Essos "phase package". Duggpunktet er altfor lavt, men den maksimale væskeutfelling stemmer godt overens, .2 Volumprosent høyere en 15/9-1. For øvrig er det ingen store ulikheter. Sett i lys av vår problem stilling, er det derfor gunstigst å arbeide ut fra den komposisjon som gir høyest duggpunkt og størst væskeutfelling, dvs. ut fra Corelab.'s brønnstrømskomposisjon.

Simuleringsprogrammet som er satt opp, vil i første omgang gi svar på om og i hvilken grad retrograde kondensasjon vil påvirke brønnproduktiviteten. En regner med at resultatene fra komponentmodellen vil gi tilstrekkelig med opplysninger til at videre reservoarsimulering kan utføres på enklere modeller som gass/vann eventuelt en 3-fase modell. Det er derfor gunstig å velge tilfellet med størst væskeutfelling.

Fluid Property Match

The principal correlations used in the Fluid Property Package (and in the Compositional Model) are:

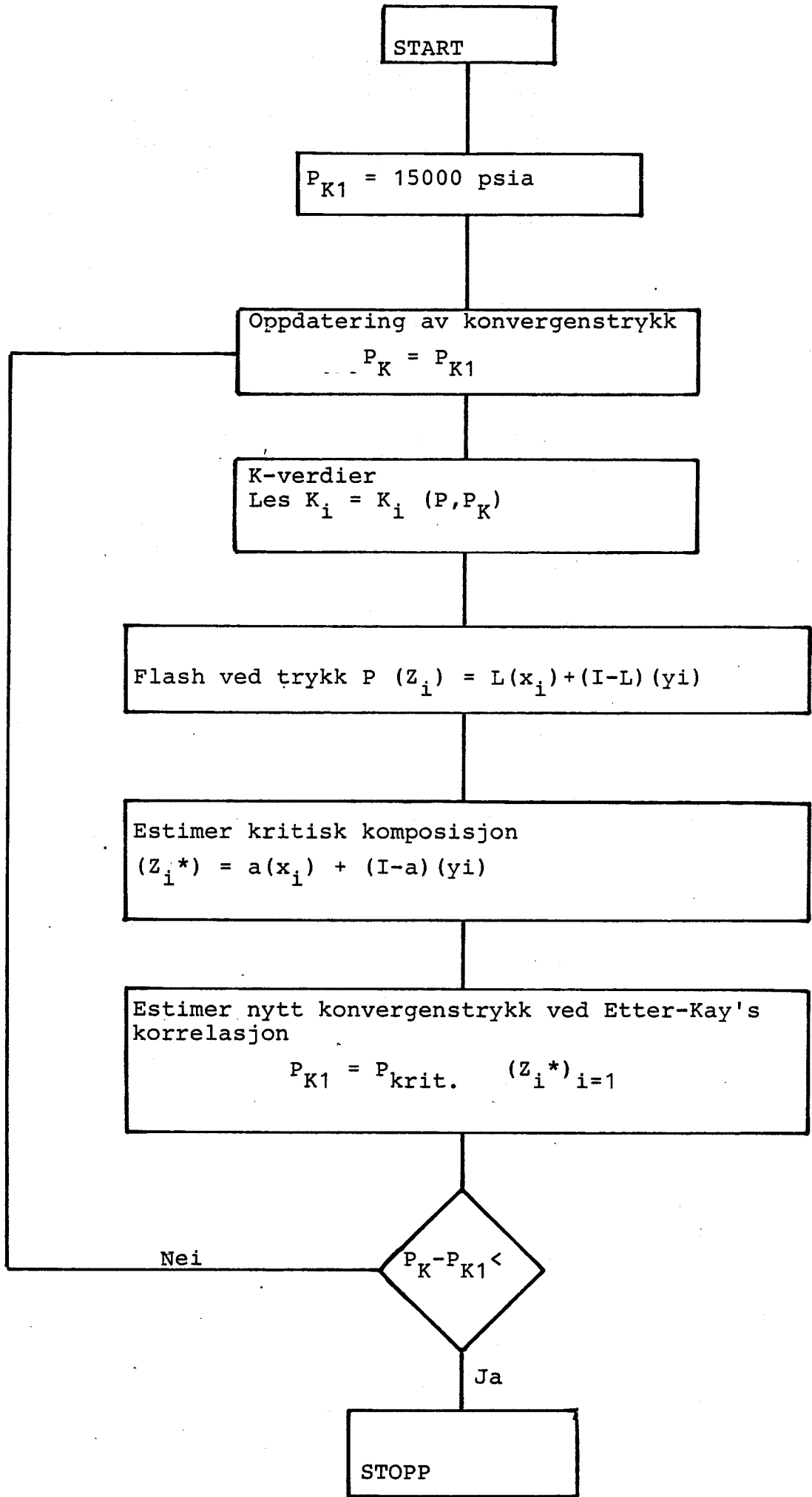
- a. the Lee-Edminster modification of the Redlich-Kwong equation of state, used to calculate the densities of both the vapour and liquid phases;
- b. the Thodo's correlation, used to determine the viscosities of both phases;
- c. convergence pressure calculated by the method of Rowe and Silberberg. Component K-values are obtained from the empirical equations of MacDonald which approximate the graphs presented in the NGPSA Engineering Data Book; and
- d. the Etter and Kay Correlations, used to calculate critical pressures.

Av metodene som benyttes er måten K-verdiene regnes ut den absolutt viktigste. Ved hjelp av K-verdiene bestemmes komposisjoner, metningspunkt, tettheten og viskositeter.

Beskrivelse av flashberegninger.

For å utføre "flash"-beregninger trenges ett sett med K-verdier. Programmet gjør bruk av konvergenstrykkkonseptet, dvs. en må først bestemme konvergenstrykket før K-verdikartene for hver enkelt komponent er gitt.

Konvergenstrykket blir i programmet bestemt av komposisjonen som "flashes". Logikken benyttet er skissert i følgende flyt-diagram. Ved iterasjoner når en frem til syntetisk "kritisk blanding" som har i egenskap at dens kritiske trykk er lik med den opprinnelig komposisjons konvergenstrykk.



Selve K-verdiberegningene for hver komponent er gitt ved polynom-funksjonsapprosimasjoner til NGPSA-tabeller. Koeffisienter og eksponenter i uttrykkende kan manuelt endres for å "matche" eksperimentelt målte data.

Approsimasjonsformlene varierer fra komponent til komponent. Spesielt for C₇₊ komponenter er at K-verdiene finnes fra K-verdiene til heptan og etan, nemlig:

$$(I) \quad K_{c7+} = \frac{K_{c7}}{\left(\frac{K_{c2}}{K_{c7}}\right)^b}$$

Typiske flashberegninger som væskeutfelling og bestemmelse av metningspunkt er meget sensitive overfor benyttet konvergens-trykk og b-eksponent i (I).

Tetthetsberegninger.

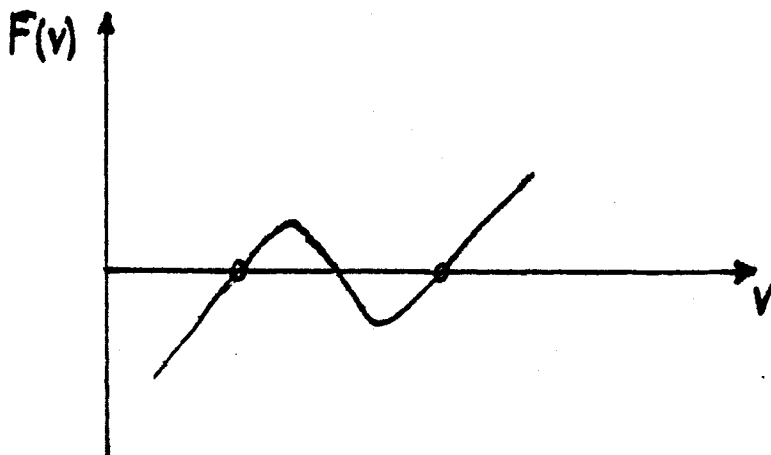
Tettheter for olje og gass finnes fra tilstandsligningen

$$(II) \quad P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{v(v-b)} + \frac{c}{v(v-b)(v+b)}$$

Konstantene a, b og c er gitt ut fra kritiske egenskaper til hver komponent etter visse blandingsregler basert på molfraksjonene. Reorganisering av (II) gir ligningen som et 3. grads-polynom i v(molartvolum) for gitt trykk og temperatur.

Problemet en søker løsning på er på formen

$F(v) = 0$ og kan illustreres som i fig.



Dersom en løser ligningen for gasstetthet, er uttrykket for $F(v)$ satt opp ut fra gasskomposisjonen. Som vist i fig. kan det forekomme at $F(v)=0$ har tre reelle røtter, i så fall velges minste rot for tettheten. Tilsvarende dannes ligningene for væskesystem ut fra væskekomposisjonen, og hvis ligningen har mer enn en reel rot benyttes den største for væsketetthet.

Fig. 2.1

- x Corelab. analyse 15/9-1 DST 2
- ◇ Esso's analyse 15/9-1 DST 2
- C₇₊ av Esso's 15/9-1 DST 2
- Esso's analyse 15/6-3
- C₇₊ av Esso's 15/6-3

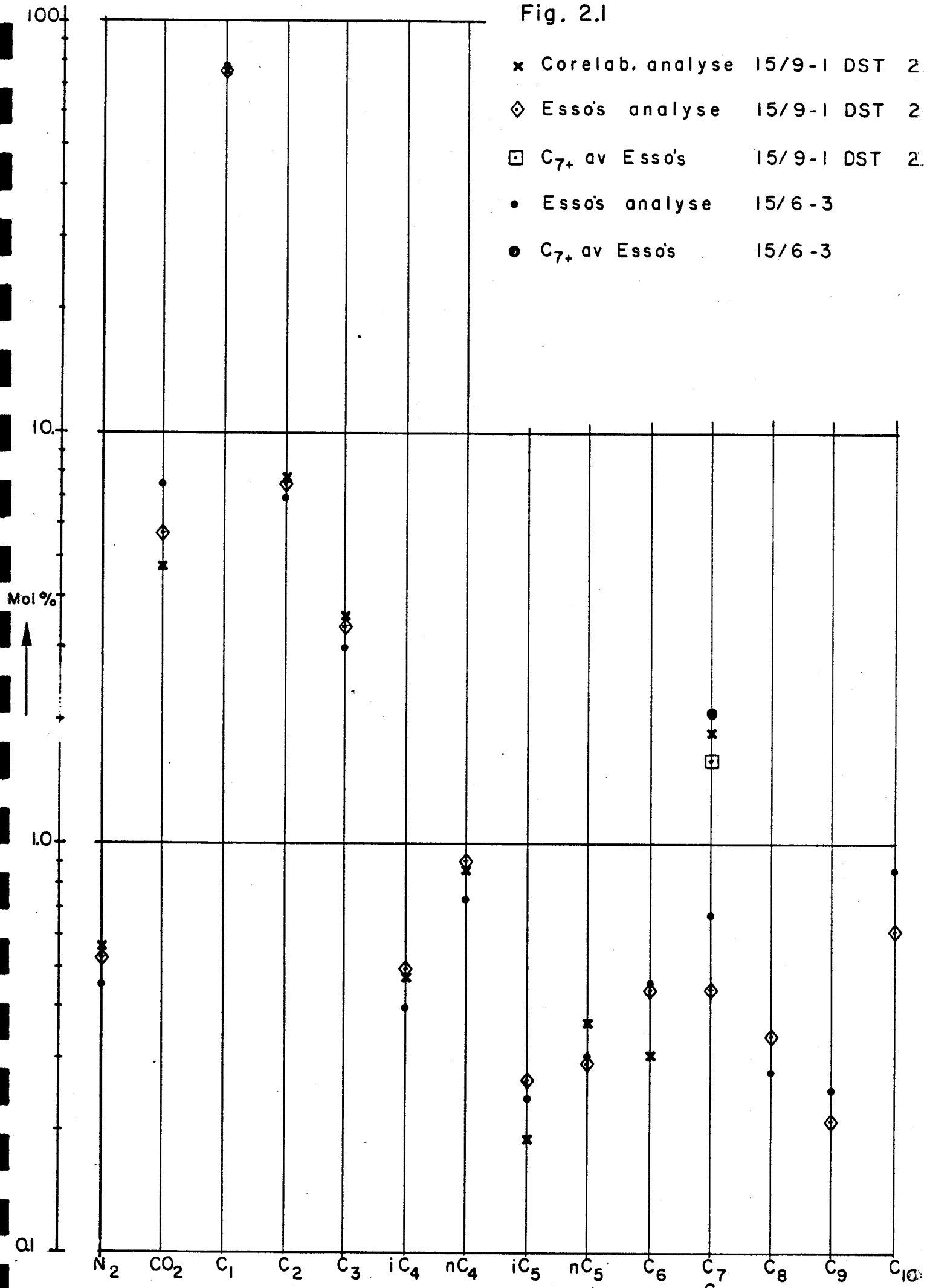


FIG. 2.2

RETROGRADE CONDENSATION DURING DEPLETION

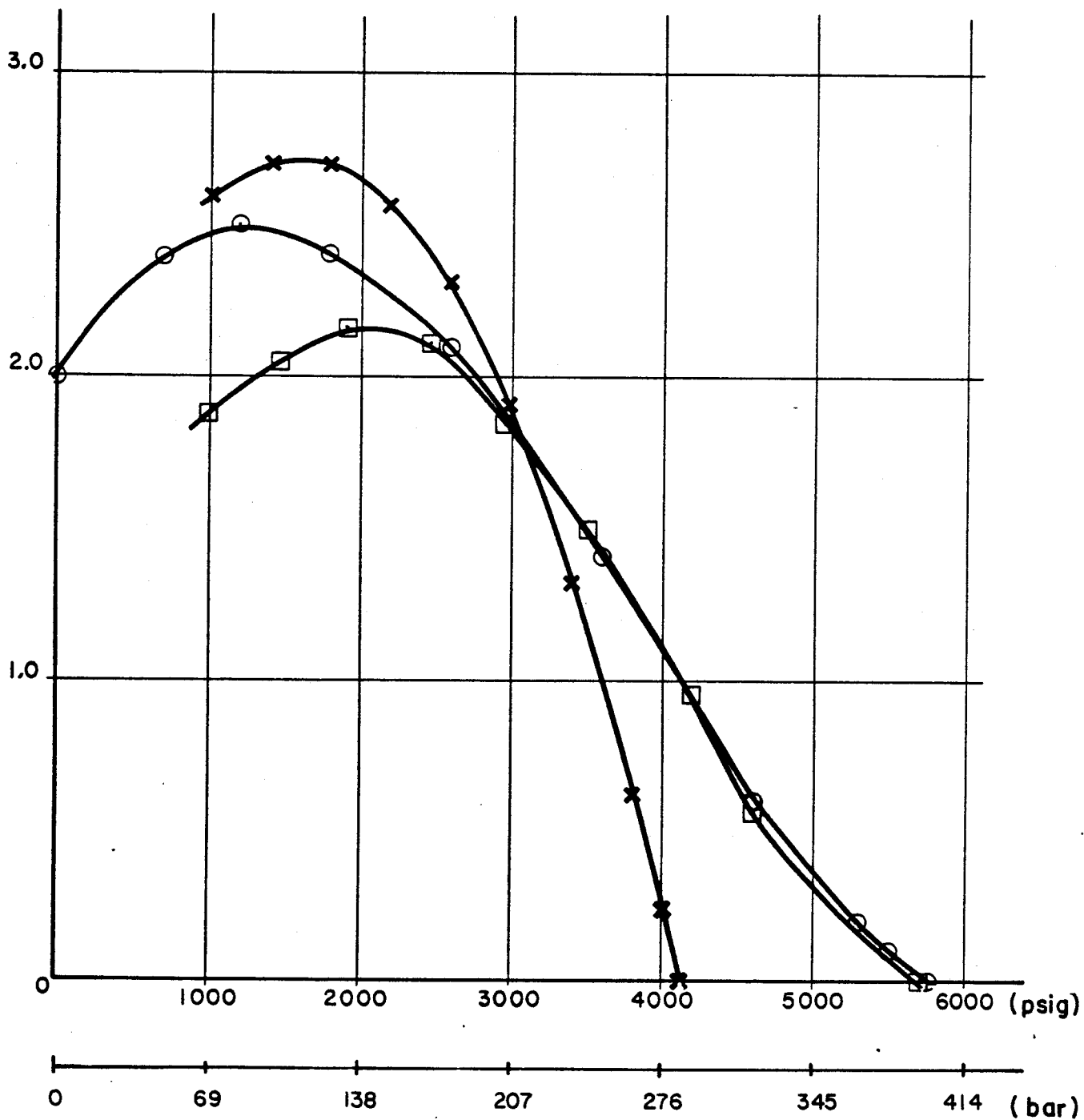
15/9-1 DST 2

○ CORE LAB DATA 15/9-1

□ EXXON DATA 15/9-1

× EXXON SIM. DATA 15/6-3

Volume %



3. INNPOT DATA

I utgangspunktet forsøkte vi å legge inn Core lab.'s brønnstrømskomposisjon ned til C_{7+} og Esso's splitt av C_{7+} . Simuleringen viste en altfor høy væskeutfelling, se fig. 3.1, men en meget god duggpunkts match. Esso rapporterer en midlere molekylvekt på C_{7+} fraksjonen på 171.3, mot 149 hos Core lab. Ved å redusere molekylvekten på C_{7+} med en annen splitt ble væskeutfellingen redusert noe, men fremdeles var den langt over det målte i laboratoriet. Dersom C_{7+} fraksjonene reduseres samtidig som C_1 økes tilsvarende, vil en kunne få ned væskeutfellingen. Vi har ikke sett på dette som ønskelig.

Benyttet split av C_{7+} :

| | |
|-----------|------|
| C_7 | 0075 |
| C_8 | 0036 |
| C_9 | 0027 |
| C_{10+} | 0051 |

I følge SPE, Internally consistent correlations for predicting phase compositions for use in reservoir composition simulations, vil punktene dersom en plotter $\log K$ mot (kritisk temperatur) $^2 10^{-4}$ for hver komponent ved et gitt trykk, vil punktene tilnærmet falle på en rett linje. I fig. 3.2 ser vi at $\log K$ for C_7 , C_8 , C_9 og C_{10+} faller relativt langt utenfor denne rette linje definert av de lettere fraksjonene. Vi justerte så b-faktorene i programmet, slik at K-verdiene til C_{7+} fraksjonene kom opp mot den rette linja. I fig. 3.3 ser vi et tilsvarende plott etter at justeringen er foretatt.

Væskeytfellingen stemte da forholdsvis godt overens med den eksprementelle i absolutt verdi, se fig. 3.1. Forskjellen er maksimalt .8% og den er størst ved trykk rundt 4000-5000 psia. Det ser ut til at dette er den beste "match" vi kan oppnå med eksisterende programkode gitt at vi vil beholde den gode overensstemmelse av duggpunktet. Viser det seg derimot at denne væskeutfellingskurven gir produktivitetsrestruksjoner i komponentmodellen, kan det bli aktuelt med ytterligere justering i høytrykksområdet.

Følgende inputdata er brukt:

| <u>Komponent</u> | <u>Mol fraksjon</u> | <u>Mol vekt</u> | <u>Kritisk Trykk</u> | <u>Kritisk Temp.</u> |
|------------------|---------------------|-----------------|----------------------|----------------------|
| N ₂ | .0056 | | | |
| CO ₂ | .0472 | | | |
| C ₁ | .7924 | | | |
| C ₂ | .0780 | | | |
| C ₃ | .0361 | | | |
| iC ₄ | .0047 | | | |
| nC ₄ | .0086 | | | |
| iC ₅ | .0019 | | | |
| nC ₅ | .0036 | | | |
| C ₆ | .0030 | | | |
| C ₇ | .0075 | 99 | 430 | 506 |
| C ₈ | .0036 | 110 | 395 | 540 |
| C ₉ | .0027 | 122 | 370 | 590 |
| C ₁₀₊ | .0051 | 270 | 211 | 896 |

FIG. 3.1

RETROGRADE CONDENSATION DURING DEPLETION
15/9-1 DST 2

Volume %

- ⊙ CORELAB DATA
- MATCH MED ORGINALE CORELAB DATA
ESSO'S SPLITT AV C₇
- ◇ OPTIMAL UTFELLINGS MATCH

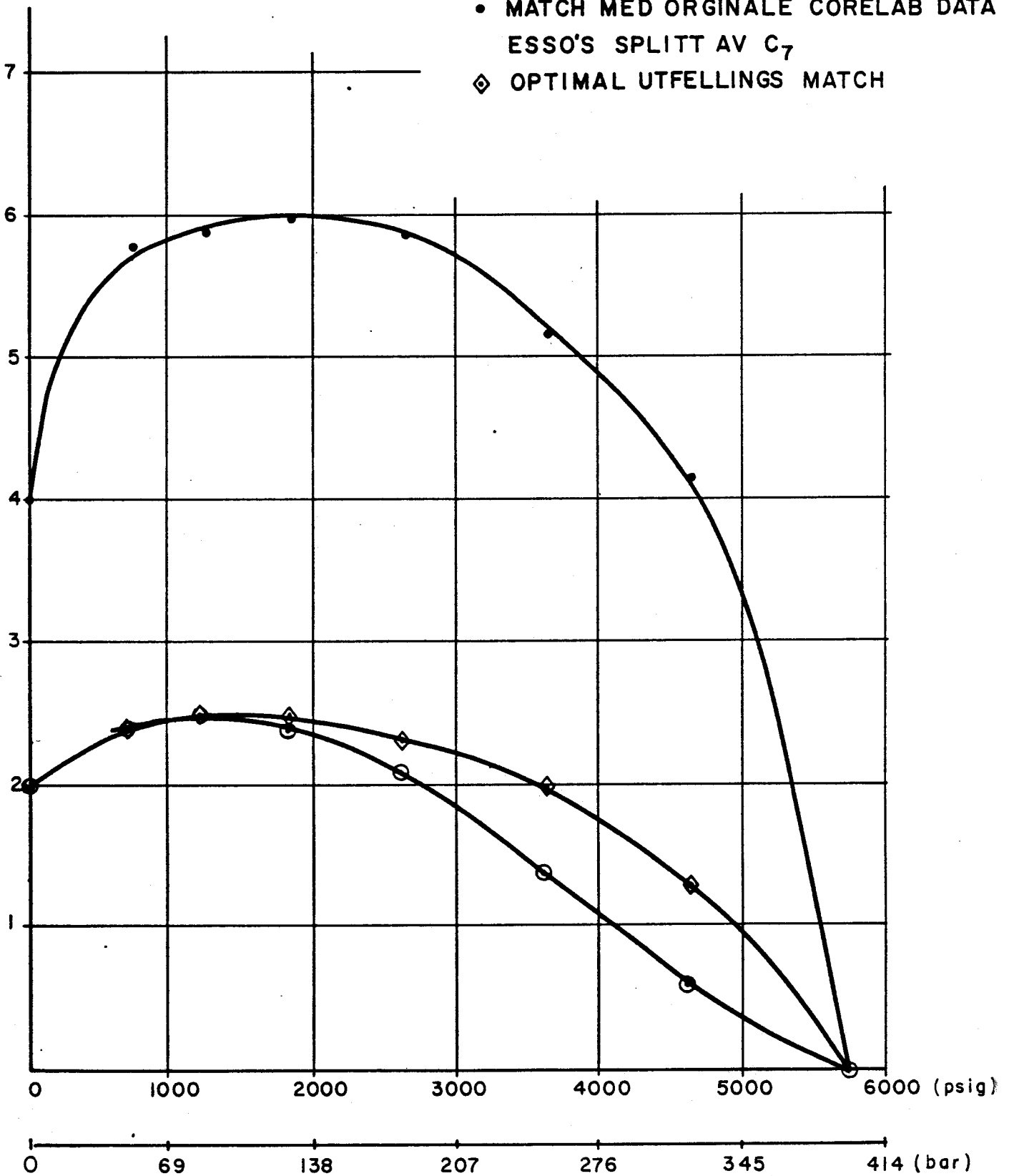


FIG. 3.2

Plott K-verdier v.s. kritisk temp.² · 10⁻⁴ ikke justerte b-faktorer

- k - verdier ved 4165 psi (287 bar)
- × k - verdier ved 2615 psi (180 bar)
- k - verdier ved 1215 psi (84 bar)

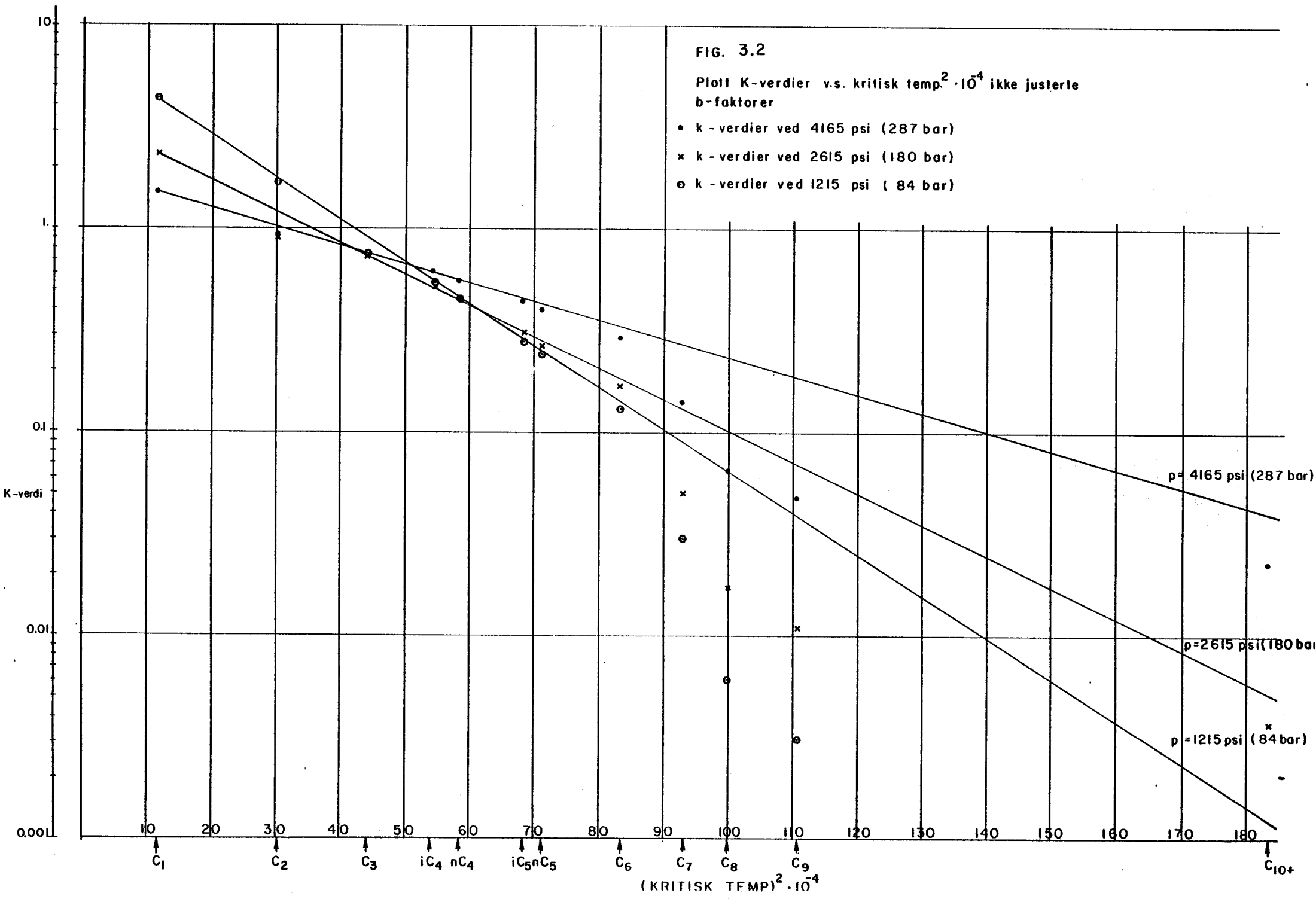
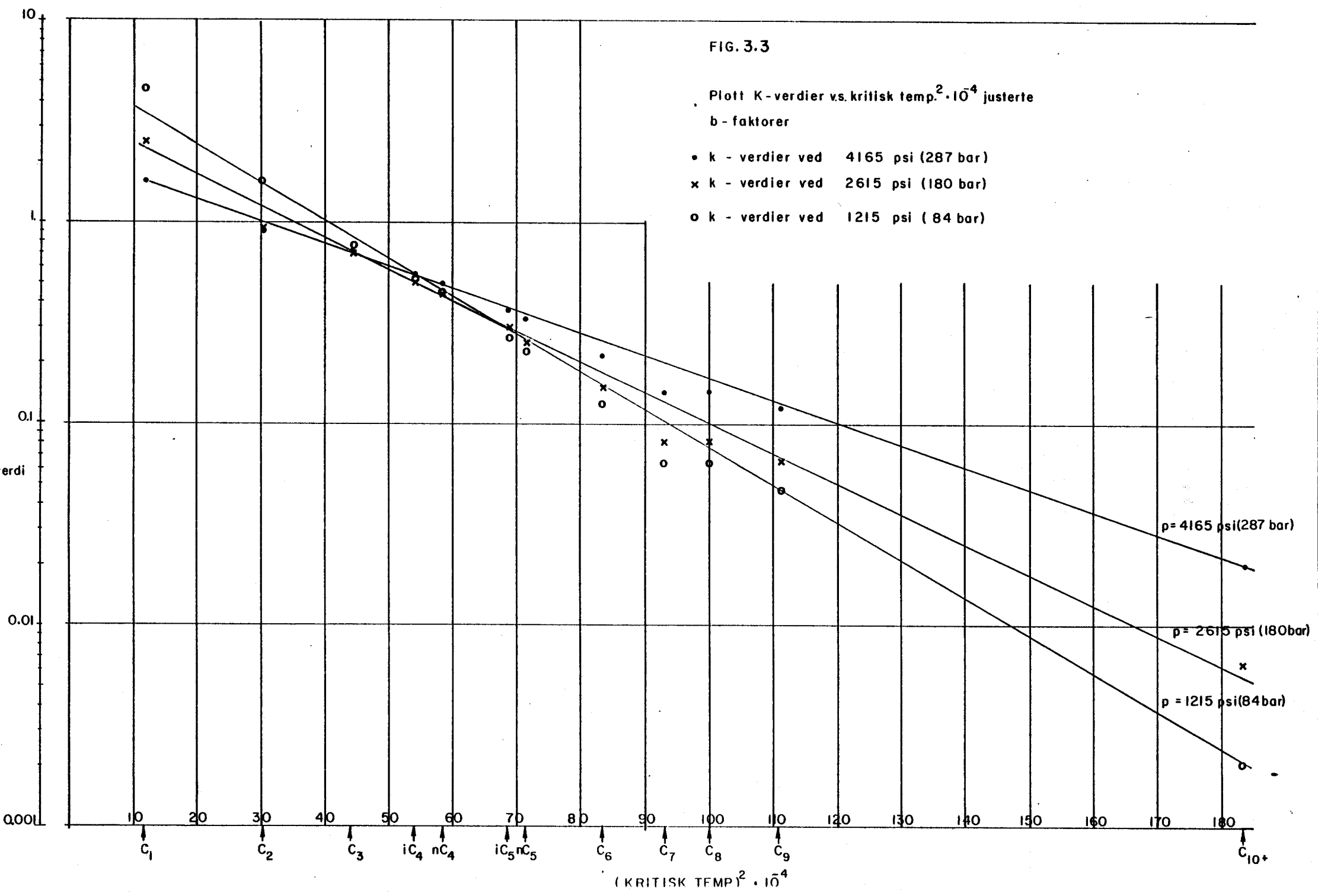


FIG. 3.3

Plott K-verdier vs. kritisk temp.² · 10⁻⁴ justerte
b-faktorer

- k - verdier ved 4165 psi (287 bar)
- x k - verdier ved 2615 psi (180 bar)
- o k - verdier ved 1215 psi (84 bar)



4. RESULTATER

Væske egenskaper

| <u>Komponent</u> | <u>Mol fraksjon</u> | <u>Mol vekt</u> | <u>Kritisk trykk</u> | <u>Kritisk temp.</u> |
|------------------|---------------------|-----------------|----------------------|----------------------|
| N ₂ | .0056 | | | |
| CO ₂ | .0472 | | | |
| C ₁ | .7924 | | | |
| C ₂ | .0780 | | | |
| C ₃ | .0361 | | | |
| iC ₄ | .0047 | | | |
| nC ₄ | .0086 | | | |
| iC ₅ | .0019 | | | |
| nC ₅ | .0036 | | | |
| C ₆ | .0030 | | | |
| C ₇ | .0075 | 99 | 430 | 506 |
| C ₈ | .0036 | 110 | 395 | 540 |
| C ₉ | .0027 | 122 | 370 | 590 |
| C ₁₀₊ | .0051 | 270 | 211 | 896 |

Molekylvekt C₇₊ = 150

Spesifikk tetthet C₇₊ = .814

Match ved Constant volume depletion.

| Trykk (psia) | Væske metning | | Væske | Gass | |
|--------------|----------------|-------|-----------------|-----------------|-------|
| | (Volume frac.) | | Viskositet (cp) | Viskositet (cp) | |
| | exp. | calc. | calc. | exp.* | calc. |
| 6414 | .0 | .0 | .0360 | .0312 | .0360 |
| 5803 | .001 | .0 | .0388 | .0293 | .0338 |
| 4614 | .006 | .0129 | .6559 | .0253 | .0284 |
| 3614 | .0140 | .0190 | .7339 | .0219 | .0237 |
| 2614 | .021 | .0229 | .7648 | .0183 | .0192 |
| 1814 | .024 | .0246 | .7948 | .0164 | .0163 |
| 1214 | .025 | .0246 | .8289 | .0148 | .0148 |
| 714 | .024 | .0236 | .9231 | .0137 | .0139 |
| 0 | .020 | | | .0134 | |

* Core Lab. har beregnet denne ut fra Carr, Kobayashi og Burrows.

Beregnet duggpunkt: 5804 psia

Rapportert duggpunkt: 5789 psig

Brønnstrømskomposisjon ved konstant volume depletion.

| Komp. | Trykk psia | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | 6415 | | 5804 | | 4615 | | 3615 | | 2615 | | 1815 | | 1215 | | 710 | |
| | exp. | calc. | exp. | calc. | exp. | calc. | exp. | calc. | exp. | calc. | exp. | calc. | exp. | calc. | exp. | calc. |
| C ₁ | .7924 | .7924 | .7924 | .7924 | .7953 | .7947 | .7992 | .7962 | .8027 | .7974 | .8050 | .7980 | .8014 | .7976 | .7945 | .7959 |
| C ₂ | .0780 | .0780 | .0780 | .0780 | .0776 | .0779 | .0760 | .0779 | .0760 | .0779 | .0768 | .0782 | .0792 | .0786 | .0817 | .0788 |
| C ₃ | .0361 | .0361 | .0361 | .0361 | .0350 | .0360 | .0344 | .0360 | .0344 | .0359 | .0356 | .0360 | .0370 | .0361 | .0389 | .0365 |
| iC ₄ | .0047 | .0047 | .0047 | .0047 | .0046 | .0047 | .0044 | .0047 | .0043 | .0047 | .0043 | .0047 | .0046 | .0047 | .0051 | .0048 |
| nC ₄ | .0086 | .0086 | .0086 | .0086 | .0085 | .0085 | .0084 | .0085 | .0083 | .0085 | .0083 | .0085 | .0086 | .0085 | .0092 | .0087 |
| iC ₅ | .0019 | .0019 | .0019 | .0019 | .0018 | .0019 | .0017 | .0019 | .0017 | .0019 | .0017 | .0019 | .0018 | .0019 | .0021 | .0019 |
| nC ₅ | .0036 | .0036 | .0036 | .0036 | .0035 | .0035 | .0034 | .0035 | .0032 | .0035 | .0033 | .0035 | .0036 | .0035 | .0041 | .0036 |
| C ₆ | .0030 | .0030 | .0030 | .0030 | .0026 | .0029 | .0023 | .0029 | .0022 | .0028 | .0022 | .0028 | .0027 | .0028 | .0037 | .0030 |
| C ₇₊ | .0189 | .0189 | .0189 | .0189 | .0180 | .0169 | .0169 | .0154 | .139 | .0141 | .0095 | 0.0134 | .0089 | .0131 | .0075 | .0137 |

Se Fig. 4.3

FIG. 4.1

RETROGRADE CONDENSATION DURING DEPLETION

15/9-1 DST 2

○ CORE LAB DATA 15/9-1
□ EXXON DATA 15/9-1
× EXXON SIM. DATA 15/6-3

Volume %

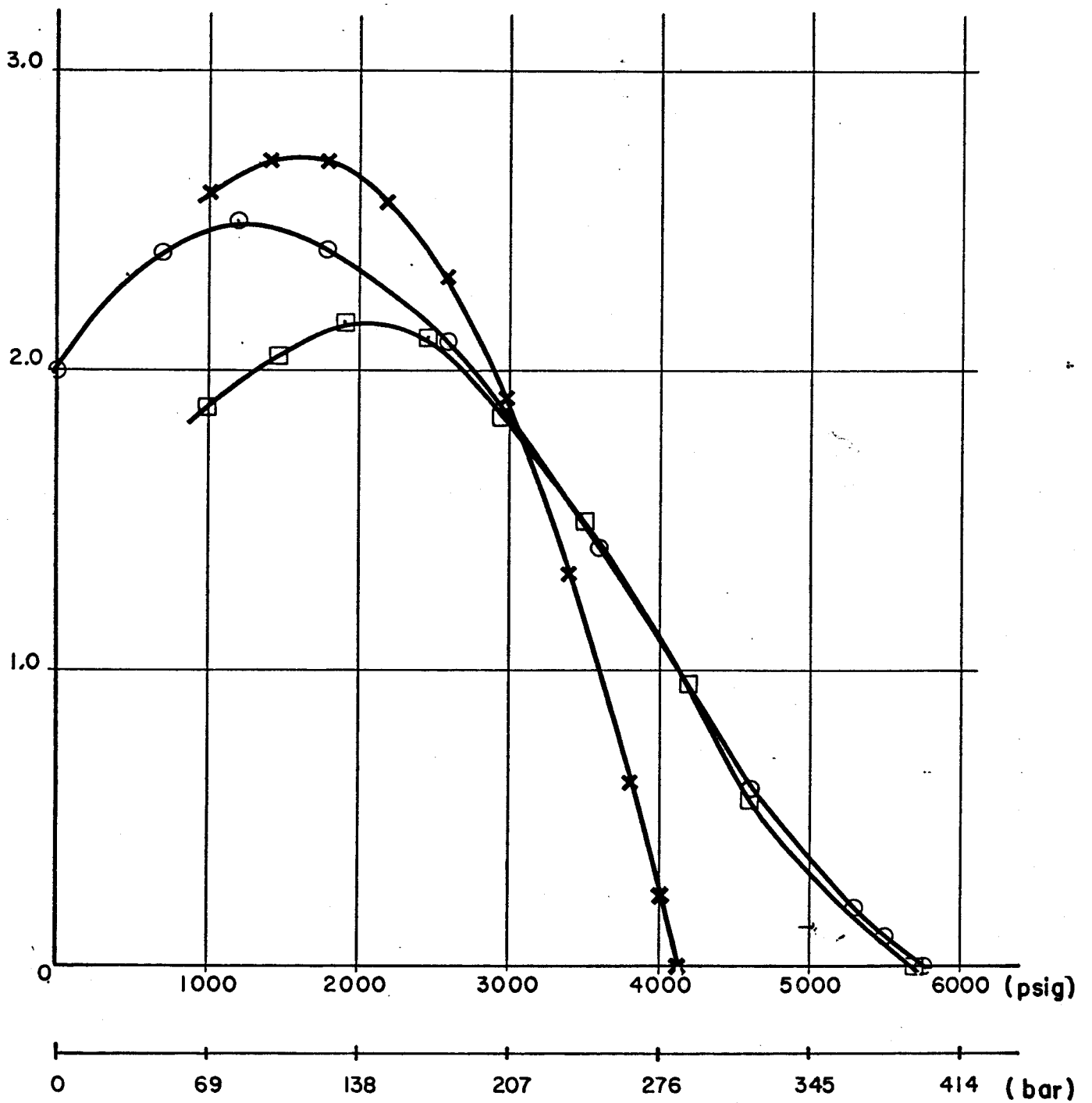


FIG. 4.2

GASS VISKOSITET

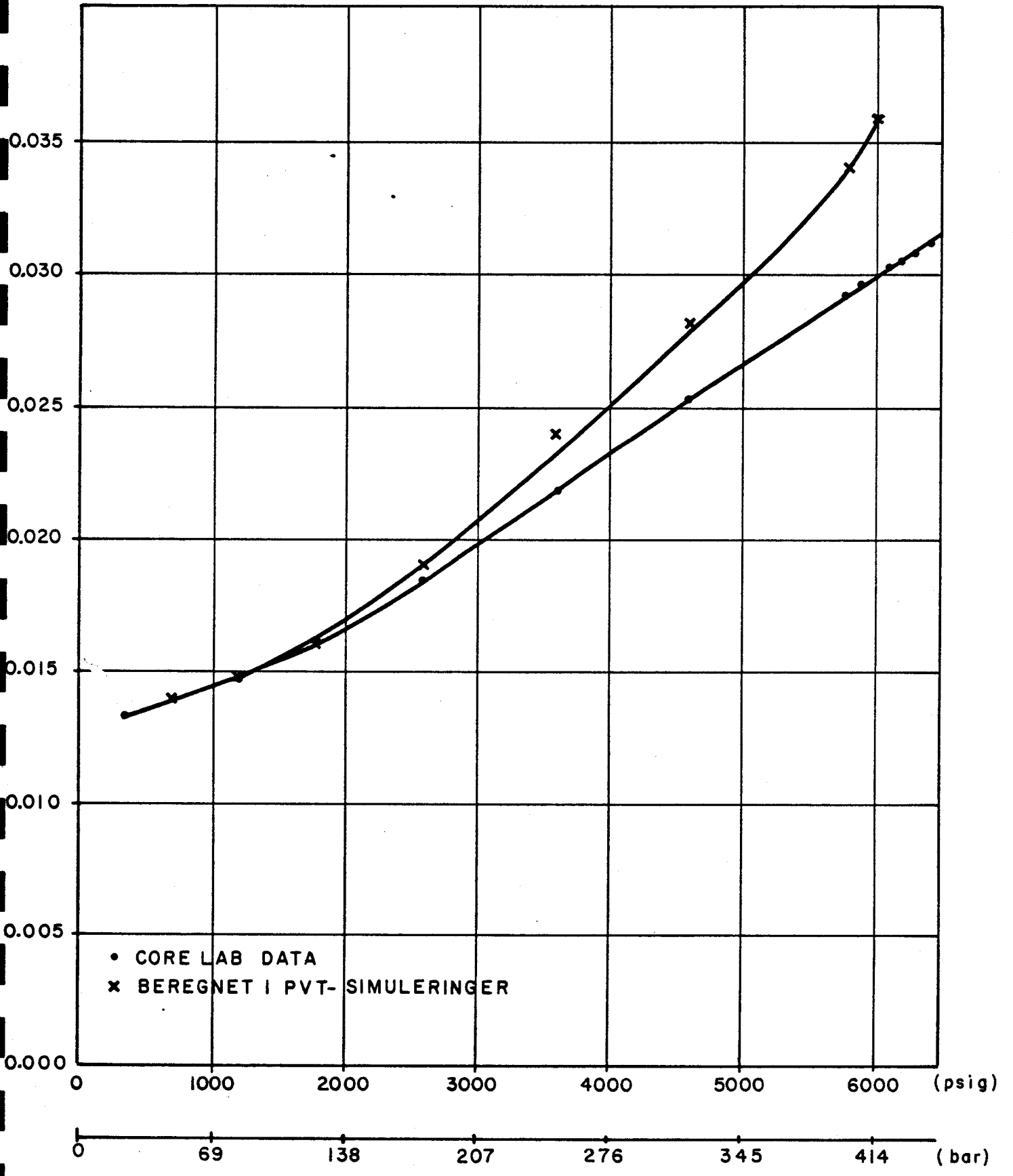


Fig. 4.3

WELL STREAM COMPOSITION DURING DEPLETION

15/9-1 DST#2

—●— : CORELAB
 —x— : MATCH

