

Analyse av Separatorprøver – Workflow fra Mottak til Retur



STRATUM
RESERVOIR

Hege Nilsen

Laboratory Engineer – Reservoir Fluid Analysis

Email: hege.nilsen@stratumreservoir.com

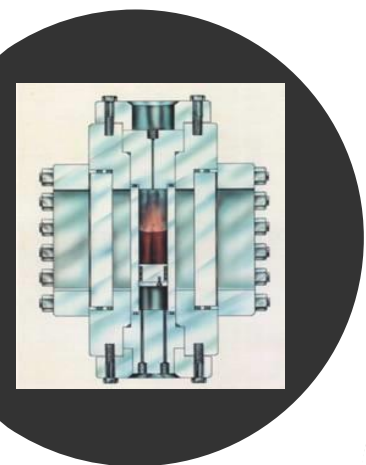
Mohammad Ghasemi, PhD

Senior Advisor – Reservoir Fluid Analysis

Email: mohammad.ghasemi@stratumreservoir.com

PVT Avdeling Stratum Reservoir

- Totalt 14 ansatte
- Hovedavdeling for alle fluidrelaterte studier
- Ukentlige planleggingsmøter – PMs
- Leverer **PVT Lab data** og **Modeleringsstudier** til våre kunder



Separatorprøver

Flowchart separatorprøver

Mottak av sylindre

Kondisjonering

Noe om sylindere

Ettrinsseparasjon (Single Flash)

GC komposisjonsanalyse

Boblepunkt og konstant masseeksponjon

Tetthet

Kvalitetssjekk

Rapportering

Retur av sylindre

Tilleggsanalyser (fysisk rekombinering)

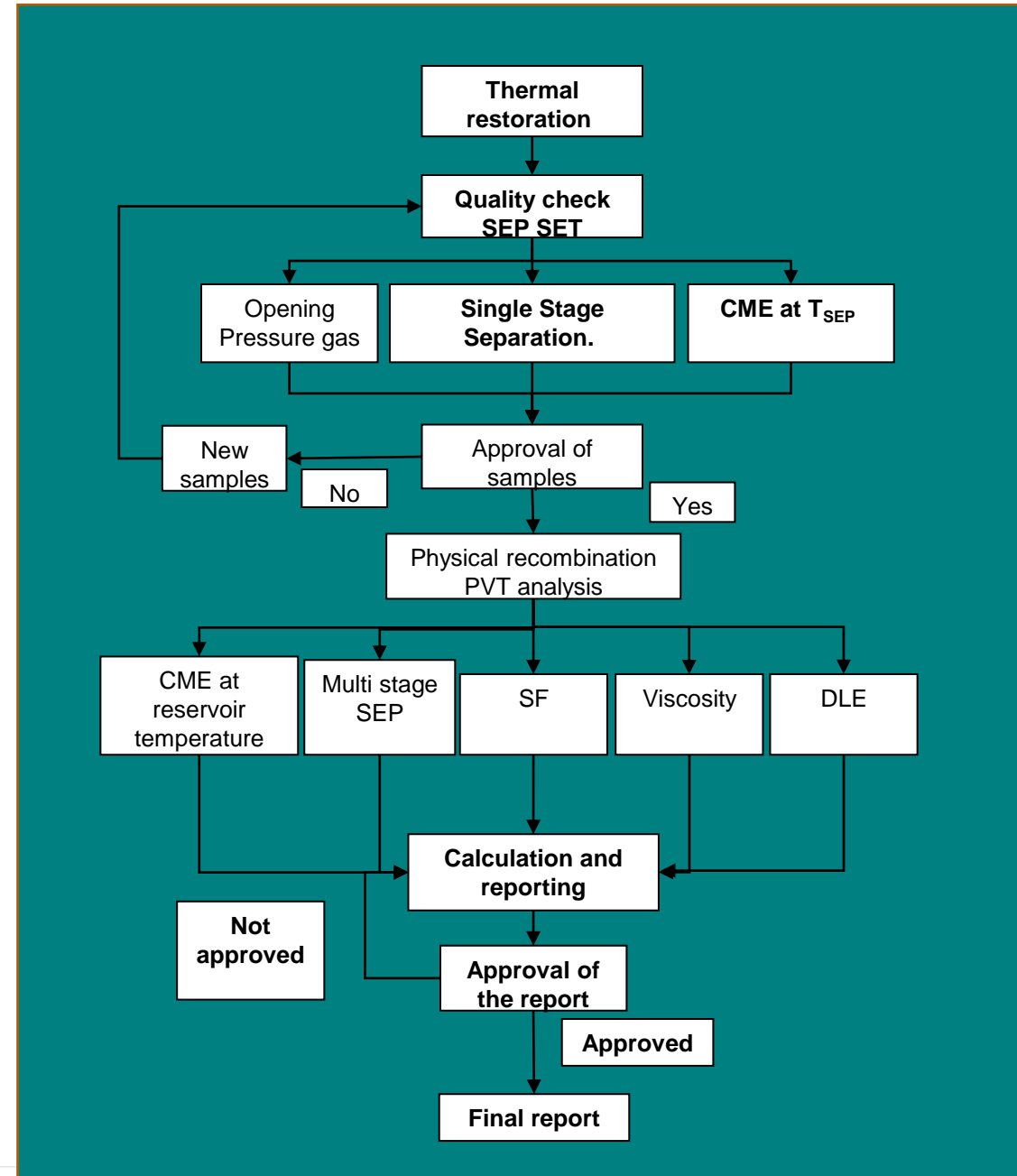


Flow Chart PVT - separatorprøver

Flowchart genereres basert på “scope of work” som er avtalt.

Vi utfører kvalitetskontroll (QC) av resultater i flere ledd, slik at arbeidet kan settes “på hold” dersom det oppdages noe som skurrer.

Rapporten kan oppdateres fortløpende med nye resultater, for eksempel v1 med sampling informasjon, komposisjoner, i v2 legges til CME.



Mottak av sylindre

Logistikk. Vi må ha god kontroll på sylindre fra de kommer inn, til de sendes ut.

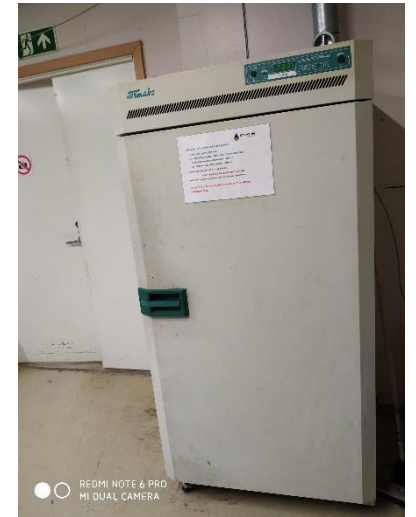
- Prøvesylindre mottas – registreres i "in house" database – prosjektleder informeres
- Prosjektleder scanner vedlagte papirer – kontakter kunde - får bekreftet sampling T og P og analyseprogram.
- Prosjektleder booker gassanalyse hos GC-lab og reserverer PVT-celle for arbeid med separatoroljen.
- Separatorgassen hendles av GC (gass kromatografi) lab ingeniører.
- Separatoroljen hendles av PVT ingeniører og senere GC lab ingeniører.
- Åpningstrykk ved romtemperatur måles med digitalt manometer Leo 2 (0.2 bar nøyaktighet).



Kondisjonering

**Prøven må være homogen og i enfase før vi skal arbeide videre med den.
Arbeidet med å sikre at prøven er homogen/i enfase kalles kondisjonering.**

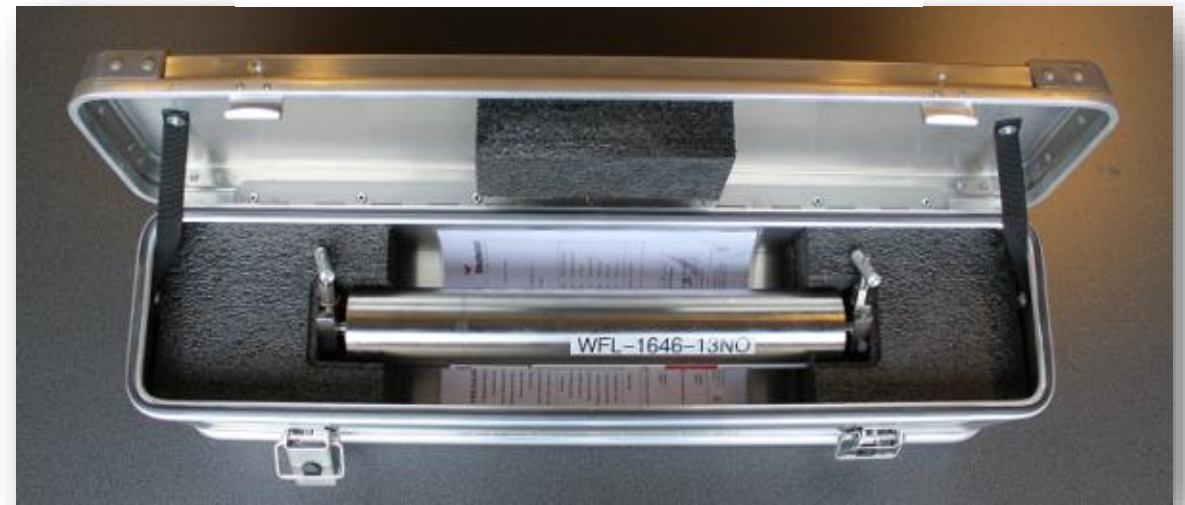
- De fleste separatorprøver blir transportert til lab ved en lavere temperatur enn ved sampling.
- I hvilken tilstand er separatorgassen ved ankomst? Tyngre komponenter kan være felt ut som væske.
- Separatorgass settes i varmeskap over natten på temperatur 5-10°C over samplingtemperatur.
- På morgenen mikses/rulles sylinder, før videre kondisjonering i noen timer.
- Ventilblokk og tubing inn til GC er oppvarmet for å hindre utfelling av komponenter under injeksjon.
- Etter injeksjon på GC sjekkes "bunnen" av sylinder for evt vann/kond som ikke var i gassfasen.
- Separatoroljen: Kondisjoneres ved 50-60 °C, trykkes opp til ca 100 bar over forventet kokepunkt.
- Glykol og argon er typiske baktrykksmedier.
- Separatoroljen må være på trykksatt sylinder for å kunne holde prøven representativ mens vi styrer trykk opp og ned. Overfører vi prøve fra sylinder til PVT-celle, må vi kunne opprettholde trykket i flasken for at prøven skal holde seg representativ.



Noe om sylindere

Vi har bred kunnskap om det meste innen fluid/gass trykksatte sylindre

- 190 PVT sylindere til utleie
- Single phase og 20 liter gassylindere kan vi leie fra andre aktører.
- Vår utstyrsavdeling har mobilisering og vedlikeholdsavtaler for sylindre.
- Vi kan anbefale beste sylinder for aktuell bruk.
- Alle Stratum PVT bottles har PI-merke og er TPED godkjent.



Single Flash Separation (SF)

Gass Komposisjon
Gass Volum

Mest vanlige PVT eksperiment - utføres på separatoroljen

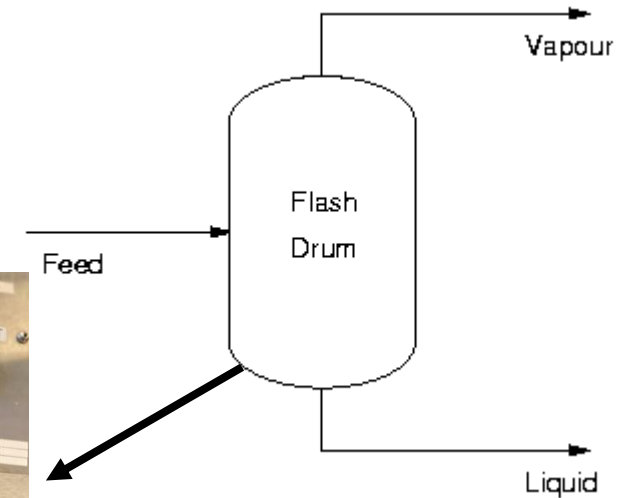
- SF er forløperen til all videre PVT testing
- Målte egenskaper:

Olje fra flash:

- STO komposisjon
- STO molekylvekt og tetthet
- STO volum, gassvolum: GOR

Flash Gass:

- Gasskomposisjon
- Gassvolum



STO Komposisjon
STO Molekylvekt
STO Tetthet
STO Volum

Ettrинnsseparasjon (SF)

Hva måles?

Gassvolum

Vekt STO (g)

Tetthet STO (kg/m³)

Total molekylvekt STO

Gasskomposisjon C12+

Oljekomposisjon C36+

Tetthet separatorfluid

Hva kalkuleres?

Gass/olje ratio (GOR)

Bo - oljeformasjonsfaktor

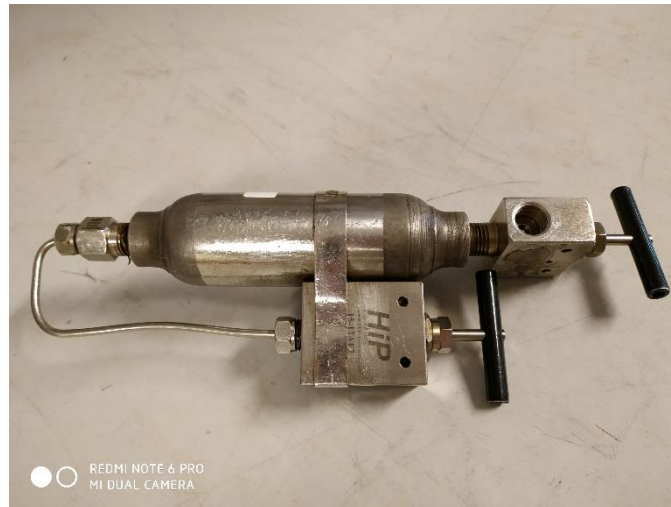
Separatorfluid tetthet ved kokepunkt

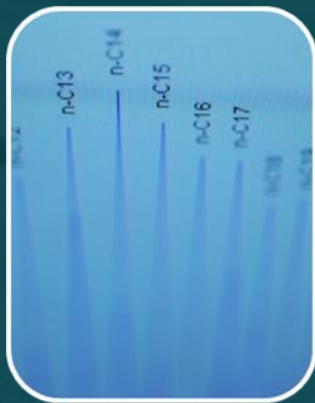


Pyknometertetthet

En enkel sak å teste

- Før forsøket veies et tomt pyknometer, noterer antall gram.
- Vi overfører et bestemt volum separatorolje til pyknometeret fra cellen.
- Vi veier pyknometeret på vanlig vekt, noterer antall gram.
- $\rho_{\text{sepoil}} = W_{\text{sepoil}}/V_{\text{sepoil}}$
- Viktig test for å kunne kalkulere B_o .





Gasskromatografi

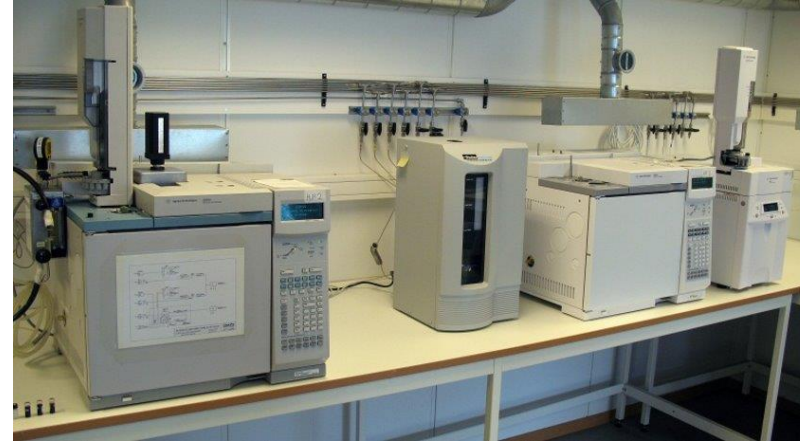
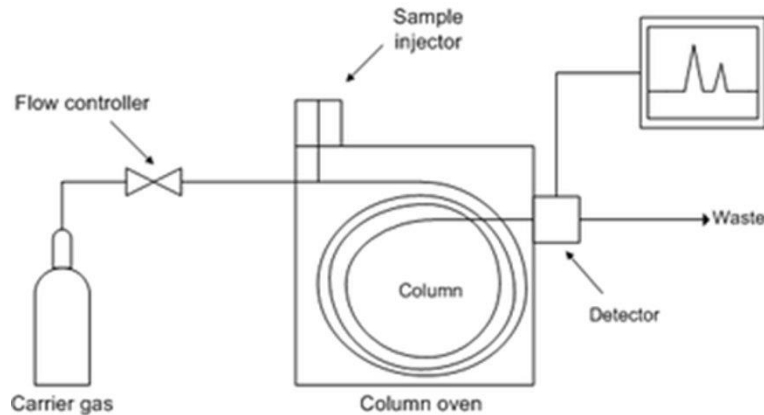
Komposisjonsanalyse av hydrokarboner i gass eller væske.

Metoden brukes for separasjon av ulike komponenter i en mix, og relative mengder bestemmes også.

Prosessen ligner fraksjonell destillasjon, da begge metodene separerer komponentene i en miks primært basert på ulikhet i kokepunkt.



Hva skjer i gasskromatografen?



Bæregassen "henter" prøven ved injeksjonssystemet, og appliserer den på kolonnen i GC ovnen.

Vår kolonne er 50 meter, og hele veien påvirkes prøven av den stasjonære fasen på innsiden av kolonneveggen.

Samtidig påvirkes reisehastigheten til komponentene av temperaturprogrammet i ovnen, 30° til 300°C.

Idet en komponent når frem til detektor, har den en egen retensjonstid.

I kromatogrammet representerer arealet til en topp, for eksempel n-heksan, hvor stor % andel den har i prøven.

Hvilke komponenter detekterer vi?

Komponentliste fra:

ASTM D5134-98
(ASTM D 1945-03)
Ca. 200 komponenter

Alle blir ikke individuelt rapportert, f.eks m-xylene inngår i C9 aromater.

List of alkanes

From Wikipedia, the free encyclopedia

The following is a list of straight-chain alkanes and their common names.

Number of C atoms	Number of isomers	Formula	Common name
1	1	CH ₄	Methane
2	1	C ₂ H ₆	Ethane
3	1	C ₃ H ₈	Propane
4	2	C ₄ H ₁₀	n-Butane
5	3	C ₅ H ₁₂	n-Pentane
6	5	C ₆ H ₁₄	n-Hexane
7	9	C ₇ H ₁₆	n-Heptane
8	18	C ₈ H ₁₈	n-Octane
9	35	C ₉ H ₂₀	n-Nonane
10	75	C ₁₀ H ₂₂	n-Decane
11	159	C ₁₁ H ₂₄	n-Undecane
12	355	C ₁₂ H ₂₆	n-Dodecane
13	802	C ₁₃ H ₂₈	n-Tridecane
14	1858	C ₁₄ H ₃₀	n-Tetradecane
15	4347	C ₁₅ H ₃₂	n-Pentadecane
16	10359	C ₁₆ H ₃₄	n-Hexadecane
17	24894	C ₁₇ H ₃₆	n-Heptadecane
18	60523	C ₁₈ H ₃₈	n-Octadecane
19	148284	C ₁₉ H ₄₀	n-Nonadecane
20	366319	C ₂₀ H ₄₂	n-Eicosane
21	910726	C ₂₁ H ₄₄	n-Heneicosane
22	2278638	C ₂₂ H ₄₆	n-Docosane
23	5731580	C ₂₃ H ₄₈	n-Tricosane
24	14490245	C ₂₄ H ₅₀	n-Tetracosane
25	36797588	C ₂₅ H ₅₂	n-Pentacosane
26	93839412	C ₂₆ H ₅₄	n-Hexacosane
27	240215803	C ₂₇ H ₅₆	n-Heptacosane

Komponenter						
Methane	n-Heptane	2,2,5-Tm-Hexane	1,1,3-Tm-CyC6	N (10)	n-C12	n-C26
Ethane	Me-CyC6	t-1-Me-3-Et-CyC5	C9-N (6)	3-Me-Octane	C13 Group	C27 Group
Propane	c-1,2-Dm-CyC5	c-1-Me-3-Et-CyC5	2,5-Dm-Heptane	N (11)	n-C13	C28 Group
Isobutane	1,1,3-Tm-CyC5	t-1-Me-2-Et-CyC5	C9-P (1)	o-Xylene	C14 Group	n-C28
n-Butane	2,2-Dm-Hexane	2,2,4-Tm-Hexane	3,5-Dm-Heptane	1,1,2-Tm-CyC6	n-C14	C29 Group
Neopentane	Et-CyC5	1-Me-1-Et-CyC5	3,3-Dm-Heptane	N (12)	C15 Group	n-C29
Isopentane	2,5-Dm-Hexane	t-1,2-Dm-CyC6	N (1)	2,4,6-Tm-Heptane	n-C15	C30 Group
n-Pentane	2,2,3-Tm-Pentane	cc1,2,3-Tm-CyC5	C9-N (7)	N (13)	C16 Group	n-C30
2,2-Dm-Butane	2,4-Dm-Hexane	t-1,3-Dm-CyC6	C9-N (8)	P (2)	n-C16	C31 Group
CyC5	tc-1,2,4-Tm-CyC5	c-1,4-Dm-CyC6	Ethylbenzene	N (14)	C17 Group	n-C31
2,3-Dm-Butane	3,3-Dm-Hexane	n-Octane	C9-N (9)	N (15)	n-C17	C32 Group
2-Me-Pentane	tc-1,2,3-Tm-CyC5	iPr-CyC5	N (2)	P (3)	C18 Group	n-C32
3-Me-Pentane	2,3,4-Tm-Pentane	2,4,4-Tm-Hexane	2,3,4-Tm-Hexane	N (16)	Pristane C19H40	C33 Group
n-Hexane	Toluene	C9-N (1)	N (3)	N (17)	n-C18	n-C33
2,2-Dm-Pentane	2,3,3-Tm-Pentane	C8-N (1)	N (4)	N (18)	C19 Group	C34 Group
Me-CyC5	1,1,2-Tm-CyC5	C9-N (2)	P (1)	N (19)	Phytane C20H42	n-C34
2,4-Dm-Pentane	2,3-Dm-Hexane	2,3,5-Tm-Hexane	m-Xylene	N (20)	n-C19	C35 Group
2,2,3-Tm-Butane	2-Me-3-Et-Pentane	c-1-Me-2-Et-CyC5	p-Xylene	n-Nonane	C20 Group	n-C35
Benzene	2-Me-Heptane	2,2-Dm-Heptane	2,3-Dm-Heptane	N(21)	n-C20	
3,3-Dm-Pentane	4-Me-Heptane	c-1,2-Dm-CyC6	3,4-Dm-Heptane	Propyl-benzene	C21 Group	
CyC6	3-Me-3-Et-Pentane	C9-N (3)	N (5)	1-eth,3-met-benzene	n-C21	
2-Me-Hexane	3,4-Dm-Hexane	2,2,3-Tm-Hexane	3,4-Dm-Heptane (b)	1-eth,4-met-benzene	C22 Group	
2,3-Dm-Pentane	cc-1,2,4-Tm-CyC5	2,4-Dm-Heptane	N (6)	1,3,5-Tm-benzene	n-C22	
1,1-Dm-CyC5	ct-1,2,4-Tm-CyC5	C9-N (4)	4-Et-Heptane	C10 Group	C23 Group	
3-Me-Hexane	c-1,3-Dm-CyC6	4,4-Dm-Heptane	N (7)	1,2,4-Tm-benzene	n-C23	
c-1,3-Dm-CyC5	3-Me-Heptane	Et-CyC6	4-Me-Octane	n-C10	C24 Group	
t-1,3-Dm-CyC5	ct-1,2,3-Tm-CyC5	Pr-CyC5	2-Me-Octane	C11 Group	n-C24	
3-Et-Pentane	3-Et-Hexane	2-Me-4-Et-Hexane	N (8)	1,2,3-Tm-benzene	C25 Group	
t-1,2-Dm-CyC5	t-1,4-Dm-CyC6	2,6-Dm-Heptane	N (9)	n-C11	n-C25	
2,2,4-Tm-Pentane	1,1-Dm-CyC6	C9-N (5)	3-Et-Heptane	C12 Group	C26 Group	

Kromatogram gass

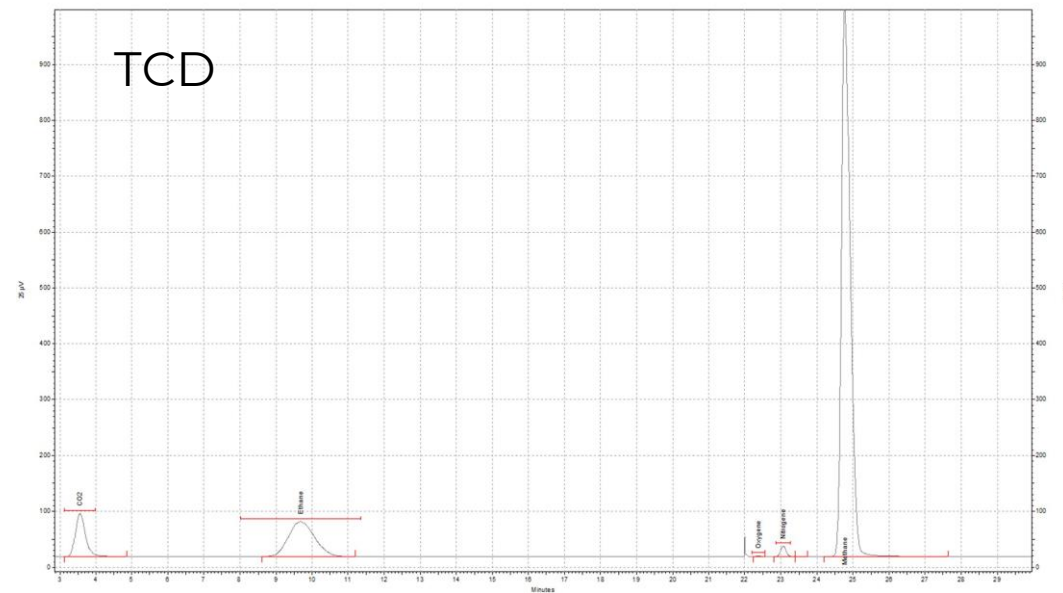
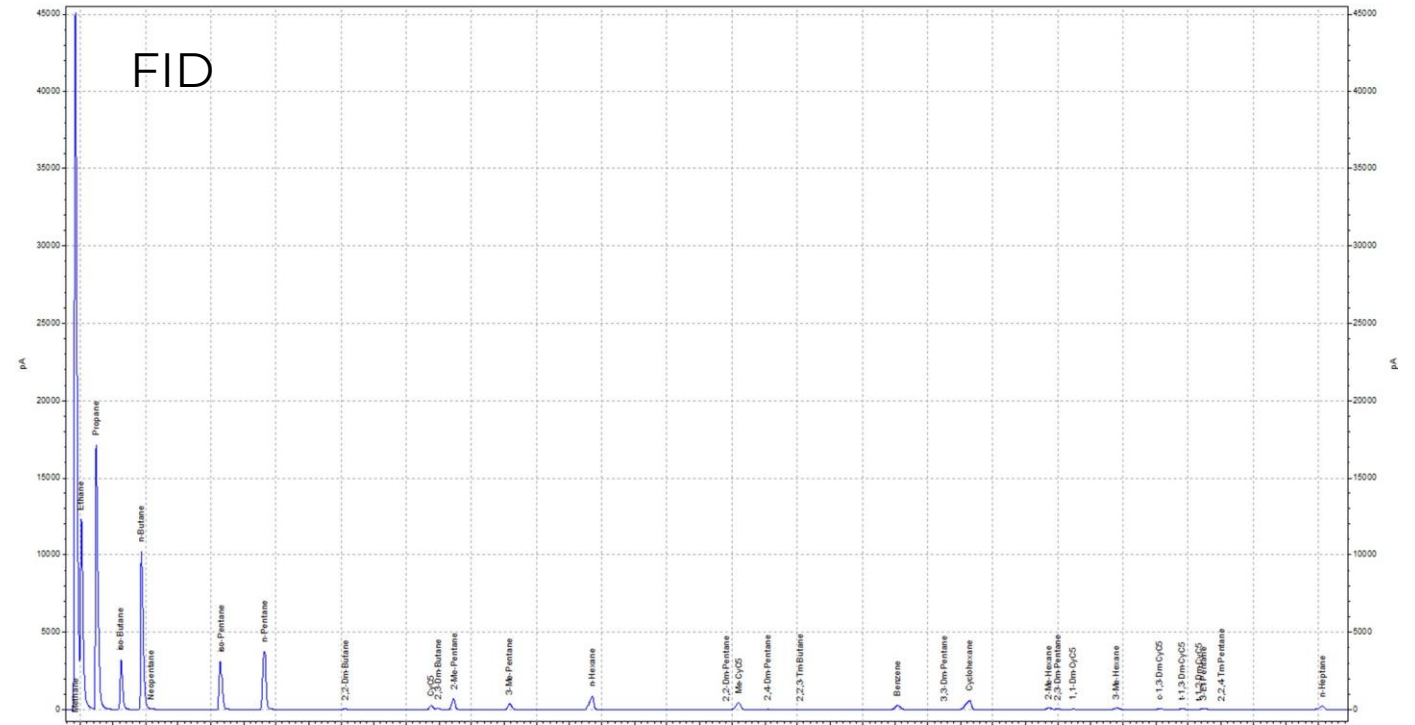
C1 – C12+ analyse

Må ha 2 detektorer

FID – Flame ionization detektor

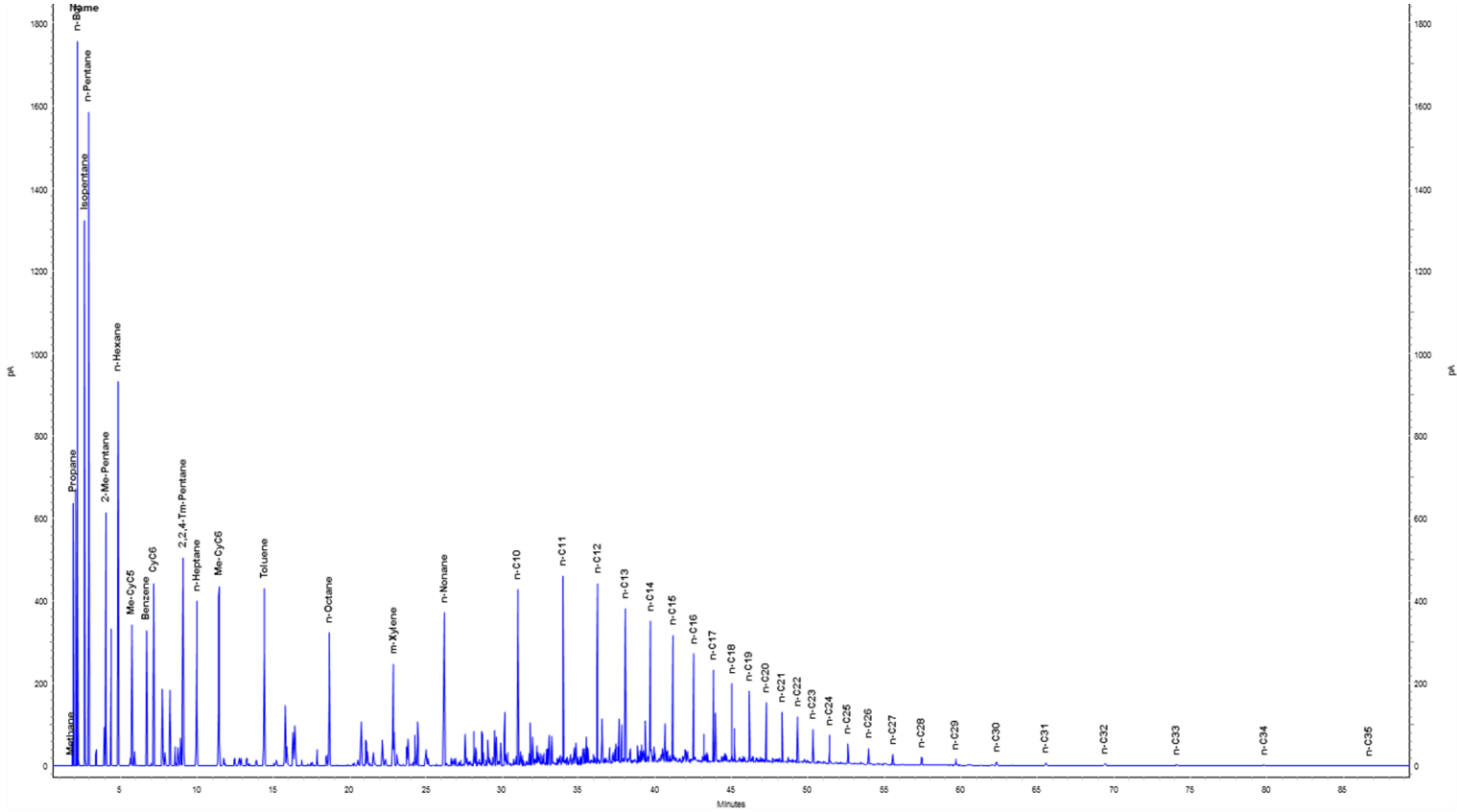
TCD – Thermal conductivity detector

Flammeioniserende detektor finner kun brennbare komponenter, med TCD finner vi CO₂, O₂, N₂, evt H₂S.



Kromatogram olje

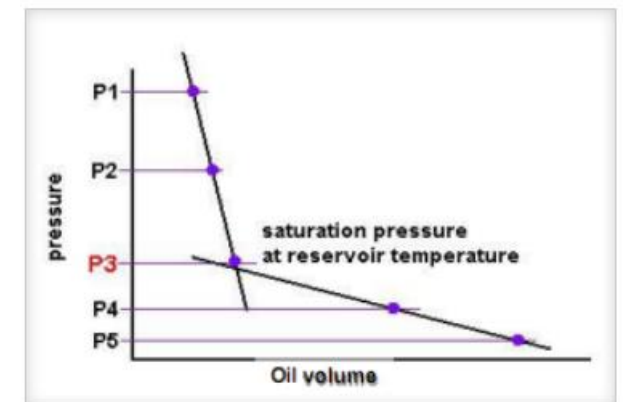
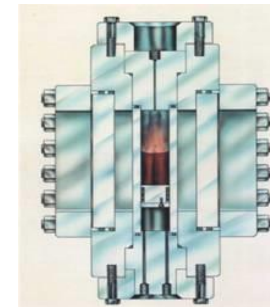
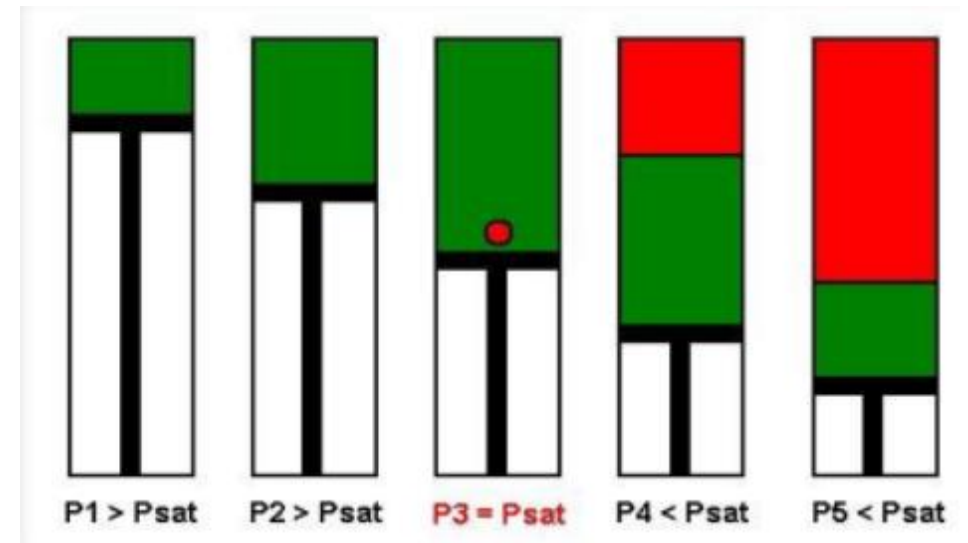
C1 – C36+ analyse



Kokepunktsbestemmelse (kort CME) Constant Mass Expansion

Kokepunkt=separatortrykk må stemme for å bevise prøvens integritet.

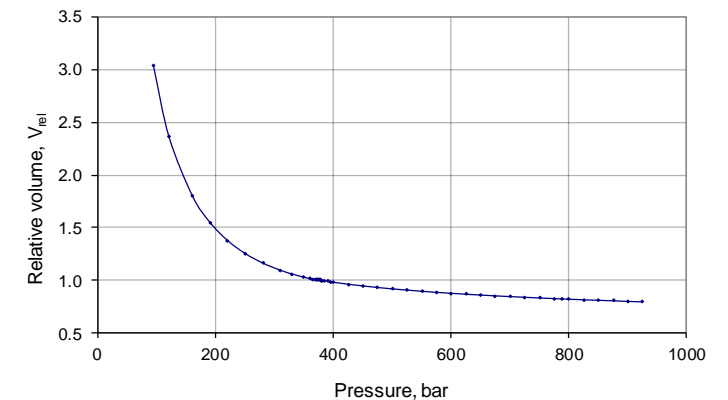
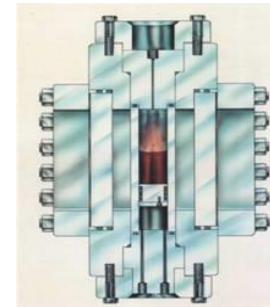
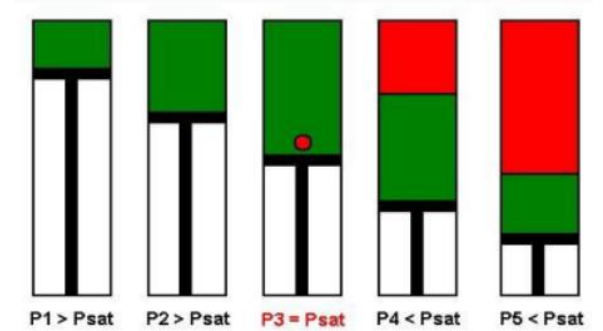
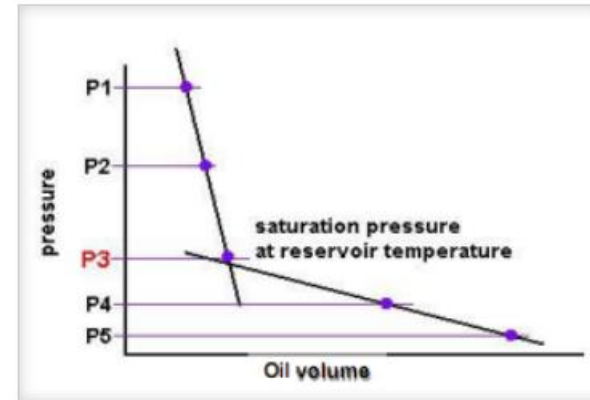
- CME utføres på både oljer og gasskondensater. I dette eksempelet olje.
- Vi finner metningstrykket ved separator temperatur og/eller ved romtemperatur.
- Metningstrykket for oljen er kokepunkt, trykket der gassbobler begynner å dannes.



Konstant masseekspansjon (full CME)

Med utvidet CME kan vi finne mye mer enn kokepunkt/duggpunkt.

- CME gjøres både for olje og gasskondensater
- Målte Egenskaper:
 - Totalvolum (se kurve)
 - Kokepunkt
 - Tetthet ved kokepunkt
 - Isoterm kompressibilitet



QC – Kvalitetskontroll av komposisjoner

QC komposisjoner

- Separatorgasskomposisjon
- Gas gravity
- Stock Tank Oil komposisjon (STO)
- Tetthet STO (15 °C)
- Målt molekylvekt (MW)
- C10+ egenskaper STO (tetthet & MW)
- C36+ egenskaper STO
- Massebalanse (separatorolje)
- Gas Oil Ratio (GOR)
- KP-plot (Gass Olje Likevekt)

Gas Oil Ratio Separator oil = 35.7 Sm³/Sm³. Gas Oil Ratio Separator gas = 66 Sm³/Sm³

COMPONENT	Composition of the separator gas				LNG m ³ /10 ³ m ³ gas	Composition of the separator oil				Composition of reservoir fluid			
	Mole %	Weight %	Molar Weight	Density kg/m ³		Mole %	Weight %	Molar Weight	Density kg/m ³	Mole %	Weight %	Molar Weight	Density kg/m ³
Nitrogen	2.989	3.686	28.02	804.0		0.008	0.001	28.02	804.0	0.952	0.245	28.02	804.0
Carbon Dioxide	0.565	1.102	44.01	809.0		0.120	0.035	44.01	809.0	0.262	0.106	44.01	809.0
Hydrogen Sulphide	0.000	0.000	34.08	797.0		0.000	0.000	34.08	797.0	0.000	0.000	34.08	797.0
Methane	72.413	51.461	16.04	300.0		8.536	0.918	16.04	300.0	28.901	4.260	16.04	300.0
Ethane	11.561	15.399	30.07	356.7		5.108	1.029	30.07	356.7	7.165	1.980	30.07	356.7
Propane	8.213	16.043	44.09	506.7	302.4	9.110	2.692	44.09	506.7	8.824	3.575	44.09	506.7
iso-Butane	0.771	1.985	58.12	562.1	33.7	1.636	0.637	58.12	562.1	1.360	0.726	58.12	562.1
n-Butane	2.095	5.394	58.12	583.1	88.4	6.213	2.420	58.12	583.1	4.900	2.617	58.12	583.1
Neopentane	0.015	0.047	72.15	597.0	0.7	0.024	0.012	72.15	597.0	0.021	0.014	72.15	597.0
iso-Pentane	0.401	1.281	72.15	623.3	19.6	2.442	1.181	72.15	623.3	1.791	1.188	72.15	623.3
n-Pentane	0.464	1.483	72.15	629.9	22.5	3.546	1.715	72.15	629.9	2.563	1.699	72.15	629.9
Hexanes, C6 total	0.266	0.989	84.0	670.5	14.1	4.531	2.565	84.5	668.7	3.171	2.461	84.5	668.7
n-Hexane	0.113	0.432	86.2	662.7		2.087	1.206	86.2	662.7	1.458	1.154	86.2	662.7
iso-Paraffins (C6)	0.117	0.445	86.2	660.7		1.964	1.134	86.2	661.0	1.375	1.089	86.2	661.0
Naphtenes (C&)	0.036	0.112	70.1	748.1		0.480	0.226	70.1	748.1	0.339	0.218	70.1	748.1
Heptanes, C7 total	0.196	0.791	91.2	734.2	10.3	7.025	4.392	93.3	725.8	4.847	4.154	93.3	725.9
n-Heptane	0.027	0.121	100.2	686.9		1.550	1.041	100.2	686.9	1.065	0.980	100.2	686.9
iso-Paraffins (C7)	0.048	0.214	100.2	691.5		1.935	1.299	100.2	692.4	1.333	1.228	100.2	692.4
Naphtenes (C7)	0.111	0.425	86.1	763.7		3.308	1.930	87.1	765.5	2.289	1.831	87.0	765.5
Aromatics (C7)	0.009	0.031	78.1	883.1		0.232	0.121	78.1	883.1	0.161	0.115	78.1	883.1
Octanes, C8 total	0.063	0.288	103.5	783.8	3.6	7.270	5.212	107.0	752.7	4.972	4.886	106.9	752.7
n-Octane	0.005	0.025	114.2	707.0		1.137	0.870	114.2	707.0	0.776	0.814	114.2	707.0
iso-Paraffins (C8)	0.009	0.046	114.9	705.5		1.393	1.076	115.2	708.0	0.952	1.008	115.2	708.0
Naphtenes (C8)	0.041	0.184	101.9	771.1		4.054	2.842	104.6	770.6	2.774	2.666	104.6	770.6
Aromatics (C8)	0.008	0.033	92.1	872.0		0.686	0.424	92.1	872.0	0.470	0.398	92.1	872.0
Nonanes, C9 total	0.008	0.042	118.3	782.6	0.5	5.143	4.173	121.1	770.1	3.506	3.900	121.1	770.1
n-Nonane	0.001	0.003	128.3	723.0		0.914	0.786	128.3	723.0	0.623	0.734	128.3	723.0
iso-Paraffins (C9)	0.002	0.012	128.4	723.0		1.457	1.253	128.3	723.5	0.993	1.171	128.3	723.5
Naphtenes (C9)	0.003	0.016	118.1	793.3		1.705	1.375	120.3	794.1	1.162	1.285	120.3	794.1
Aromatics (C9)	0.002	0.010	106.2	872.7		1.067	0.759	106.2	874.0	0.728	0.710	106.2	874.0
Decanes plus, C10+	0.002	0.010	136	794	0.1	39.289	73.017	277	887	26.763	68.188	277	887
Sum	100.000	100.000			495.9	100.000	100.000			100.000	100.000		
Average molecular weight			22.57					149.2				108.8	
Gas gravity:	0.779												

Vi kalkulerer og rapporterer også separatorkomposisjon fratrukket gaslift dersom vi får oppgitt gaslift-komposisjon.

Vi kalkulerer separator GOR utfra informasjon fra kunde. Noen foretrekker masse GOR andre strømningsrate GOR (Sm³/Sm³ eller Sm³/m³).

Rapportering

Standard oppsett for rapportering – word og pdf-dokument

- Rapportspråket er engelsk
- Oppsummering først i rapporten
- Innholdsfortegnelse
- Analyseresultater
- Vedlegg
- Rapport lastes opp på web-portal.
- De som har prosjekttilgang får e-post når nye data legges ut.
- Det er mulig å forespør rapportering på andre formater enn vår standard.
- Endelig rapport utstedes ved godkjenning fra kunde, eller 6 uker etter preliminary draft report ble publisert.

Analysis of separator samples	Number of samples	Requested	Performed
Thermal restoration	3	3	3
Single Stage Separation of samples including composition analyses of stock tank gas and STO/STC, C36+	3	3	3
Constant Mass Expansion at separator temperature	3	2	1

Retur av sylindere

Sylindere er ettertraktet til nye oppgaver, de må returneres straks de ikke lengre er i bruk.

- Sylindre korttidslagres på lab-området så lenge prosjektet pågår.
- Retur av sylindre skjer ofte etter at kunde har godkjent resultatene.
- Vi registrerer ut sylindrene fra vår "in house" database.
- Dersom sylindere er leid av Stratum, eller Stratum har vedlikeholdsavtale med kunden, sendes sylindrene til vår avdeling i Sandnes for mobilisering, og evt vedlikehold, bytte av slitedeler.
- Sylindre leid av tredjepart returneres til utleier.
- TNOP – vi legger ved detaljert informasjon om forsendelsen. Sporbarhet.

Hva mer kan vi teste på oljen?

Lage separatorfluid-Fysisk rekombinering-videre testing

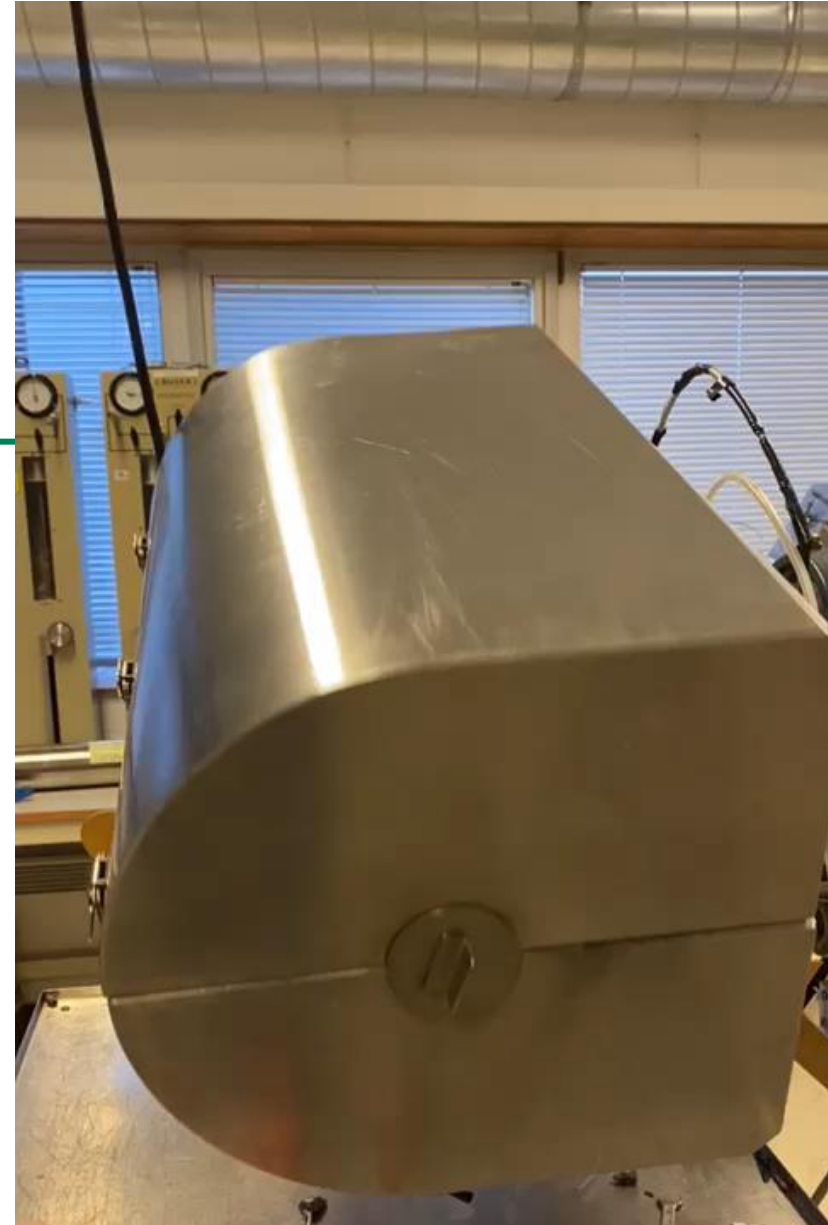
- Quality Checks
- Fysisk rekombinering (surface samples)
- Rekombinert Fluid Komposisjon (til C₃₆₊)
- Konstant masseeksponasjon (CME)
- Differensiell liberasjon (Diff Lib)
- Viskositet av rekombinert fluid
- Separatortest, single/multi-stage



Rekombineringscelle



Hvorfor lage separatorfluid? For å kunne kjøre flere tester på produktet.





Oppsummering

- Gode analyseresultater avhenger av god prøvetaking.
- Riktig kondisjonering og riktig sylinder er viktig for å sikre at testing utføres på en representativ prøve.
- Erfarne ingeniører med god praktisk og teoretisk PVT kunnskap gir nøyaktige resultater.
- God kommunikasjon, god planlegging, fortløpende kvalitetskontroll, god prosjektledelse gir en god workflow fra mottak til retur.

Referanser

- Interne Dokumenter, Stratum Reservoir-Stavanger, PVT avdeling

Takk!

Spørsmål?

