

Undersøkelse av oljeutskillere

Av John B. Dahl og Trond A. Løken

John B. Dahl er seksjonsleder ved Institutt for Atomenergi, Kjeller.
Trond A. Løken er sivilingeniør og ansatt hos A/S Hjeltnes & Co., Oslo.

DEL I:

UNDERSØKELSE AV OLJEUTSKILLERES HYDRODYNAMISKE EGENSKAPER

1. Innledning

Statens Forurensningstilsyn presenterte høsten 1974 forslag til forskrifter for avløp fra bensinstasjoner, verksteder o. l. På grunn av innføring av bilvaskemaskiner og emulgerende vaskemidler var det klart at de gamle utskillerne var helt utilstrekkelige for å hindre at olje, vaskemidler o. l. gikk videre med avløpsvannet.

Forslaget til forskrifter omfatter alle bensinstasjoner, verksteder, importanlegg, større parkeringsanlegg samt annen virksomhet av begrenset omfang med oljeholdig avløpsvann. Ifølge forslaget skal oppholdstiden i utskilleren ikke underskride 1 time. Sammen med retningslinjer for dimensjonerende tilrenning, vil utskillere etter de nye forskriftene bli vesentlig større enn hva man har operert med tidligere.

Dette vil medføre meromkostninger av en betydelig størrelsesorden, og det er derfor av stor betydning at

installasjonene av de nye utskillerne fører til resultater som er i samsvar med intensjonene bak forslaget til nye retningslinjer.

På bakgrunn av dette er det gjennomført en undersøkelse av hydrauliske forhold i gravitasjonsutskillere for behandling av oljeholdig vann.

Undersøkelsen hadde ikke som formål å teste alle de tankutforminger som finnes i dag, eller å være noen godkjenningssprøve for forskjellige typer. Hensikten var kun å se hvordan prinsipielt forskjellige utforminger av tanker virker, og hvor stor betydning forskjellige inn- og utløp har på hydrodynamiske forhold i tanker dimensjonert etter forslaget til de nye retningslinjene.

2. Teori¹⁾

*Utskilleres virkemåte —
hydrauliske parametre.*

En lett væske kan skilles fra en tyngre ved gravitasjon hvis de to væskene ikke er blandbare med hver-

¹⁾ Av plasshensyn er teorien sterkt forkortet. Interesserte kan få den fullstendige teori ved henvendelse til forfatterne.

andre (som f. eks. alkohol og vann). Olje og oljeprodukter er bare i liten grad blandbare med vann, og de to væskene har såvidt stor tetthetsforskjell at en utskilling teoretisk vil gå ganske greit.

Stigehastigheten for oljedråper i vann, v , er avhengig av oljedråpens diameter, d , og strømningsforholdene i tanken representert ved Reynolds tall. For Reynolds tall mindre enn 0,25 lar v seg beregne etter Stokes formel:

$$v = \frac{1}{18} \frac{\rho_2 \div \rho_1}{\mu} \cdot g \cdot d^2 \quad (1)$$

hvor μ er den dynamiske viskositet for vann (temperaturavhengig), ρ_1 er oljens og ρ_2 er vannets tetthet.

Strømningslinjen for en partikkel som beveger seg i en tank hvor den horisontale hastigheten er lik over hele tverrsnittet, er beskrevet ved fig. 1 a.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{w}{v}, \text{ dvs.} \quad (2)$$

$$y = \frac{w}{v} \cdot x + \text{konst.} \quad (3)$$

Dersom den horisontale strømnings-hastigheten varierer over tverrsnittet, får man en annen strømningslinje (fig. 1 b).

For at en partikkel skal skilles ut, må den høyde h den stiger på strekningen L være tilstrekkelig stor. Man ser at de faktorer som er avgjørende for dette er den horisontale strømnings-hastighet, w , avskillerens lengde L i forhold til nødvendig stige-høyde h og partikkelens stigehastig-het v . Dersom innløpet i tanken er

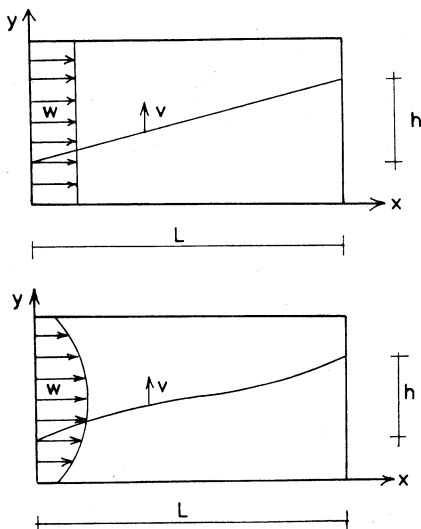


Fig. 1. Strømningslinjer i utskillere med forskjellig hastighetsfordeling over tverrsnittet.

plassert høyt oppe, vil man få en nedadrettet hastighetskomponent, v_n , og man må bruke den effektive stigehastighet $V_{\text{eff}} = v \div v_n$. For å få utskilt den lette væsken må altså v være større enn v_n .

Av figurene ser man at dersom den horisontale hastighet er så lav som mulig, blir utskillingen teoretisk sett best. For tanker med vertikal strø-mning skal på tilsvarende måte den nedadrettede hastigheten være minst mulig. Slike strømningsforhold opp-nås dersom væskestrømmen fordeles jevnt over hele tverrsnittet og fort-setter som et stempel gjennom tan-ken. En slik strømningsforhold kalles *stempelstrømning*, og vil her bli betegnet F_s . Har man fullstendig stempelstrømning i et system, blir oppholds-

tiden for all innkommende væske lik den teoretiske oppholdstid.

Ideell blanding, M , er en annen ytterlighet for strømning i en tank. All væske som kommer inn i tanken blir da straks jevnt fordelt i hele volumet.

Kortslutningsstrømning, F_k , kan også forekomme, og er definert ved at væske som kommer inn i tanken passerer gjennom denne i løpet av meget kort tid i forhold til den teoretiske oppholdstid.

I tillegg til ovennevnte strømningsparametre, vil det i forbindelse med undersøkelse av de hydrodynamiske egenskaper til en beholder også være aktuelt å bestemme *vannføringen* gjennom tanken ved bestemte driftsbetingelser, Q , *midlere oppholdstid* for vannet i beholderen, t_m , *aktivt blandevolum*, V_a , og *segregasjonen*, S . Disse parametre vil bli nærmere definert i de følgende avsnitt.

Hydraulisk sett ønsker man i en oljeutskiller en strømning så nær stempelstrøm som mulig. Dette har vært utgangspunkt for at man har antatt at hydrauliske undersøkelser også gir svar på hvordan utskillerene vil virke med hensyn til utskilling av olje eller andre væsker lettere enn vann.

Vannføringen, Q .

Vannføringen igjennom systemet ble bestemt ved hjelp av isotopfortynningsmetoden. Denne metoden er basert på at en radioaktiv tracerløsning med konsentrasjon lik c blir dosert i innløpet til systemet med konstant doseringshastighet lik q . Ved utløpet av systemet er tracerkonsentrasjonen lik C .

Vannføringen, Q , er da gitt ved

$$Q \approx \frac{c}{C} \cdot q \quad (4)$$

forutsatt $Q \gg q$.

Midlere oppholdstid, t_m .

Tracerens (vannets) midlere oppholdstid i systemet er definert ved

$$t_m = \frac{\int_0^{\infty} C(t) t dt}{\int_0^{\infty} C(t) dt} \quad (5)$$

Telleren og nevneren i denne formel blir beregnet ved hjelp av de observerte konsentrasjonsdata ved utløpet av systemet (konsentrasjonskurven).

Aktivt volum, V_a .

Systemets aktive volum, V_a , vil si den delen av det nominelle volumet som utnyttes og er definisjonsmessig gitt ved

$$V_a = V \frac{t_m}{t_o} \quad (6)$$

hvor

V = systemets vannvolum

t_m = målt midlere oppholdstid (likning 5)

t_o = teoretisk midlere oppholdstid = V/Q

V_a er her uttrykt som prosent av V , dvs. at

$$V_a = \frac{t_m}{t_o} 100 \quad (7)$$

Segregasjonen, S .

Segregasjonen er definert som avvik fra ideell blanding i det aktive

volum. Dette avvik omfatter definisjonsmessig stempelstrømning, F_s , og kortslutningsstrømning, F_k .

Graden av ideell blanding i aktivt volum, M.

Graden av ideell blanding i det aktive volum er definert og angitt i prosent ved

$$M = \frac{V_a}{V} (1 \div \text{S.e.}) 100 \quad (8)$$

hvor

e = grunntall i naturlig logaritmesystem

Graden av stempelstrømning, F_s , og kortslutningsstrømning, F_k , i det aktive volum.

Graden av stempelstrømning i det aktive volum uttrykt i prosent av totalvolumet, V, er definert ved

$$F_s = \frac{V_a}{V} \text{S.e.} 100 \quad (9)$$

For ren stempelstrømning i det aktive volum vil $S = \frac{1}{e}$, og for ideell blanding i det aktive volum vil $S = 0$.

I den foreliggende undersøkelse er oljeutskillerne utformet med tanke på å oppnå et rent $(M + F_s)$ -system med F_s som dominerende komponent.

Eventuelle kortslutningsstrømmer i systemet vil gi seg til kjenne ved skarpe topper i den første delen av den eksperimentelle konsentrasjonskurve. Det har imidlertid vist seg at graden av kortslutningsstrømmer er neglisjerbar for de fleste av de undersøkte oljeutskillere i forhold til graden av ideell blanding og stempelstrømning. Det er derfor ikke fore-

tatt noen kvantitativ bestemmelse av denne størrelse.

3. Utførelse

Forsøkene ble gjennomført på NIVA's forsøksanlegg ved Kjeller i tidsrommet mai—juni 1976.

Selve målearbeidet ble utført av Institutt for Atomenergi (IFA) på Kjeller, som da nylig hadde gjennomført en undersøkelse av oljeutskillere ved fem bensinstasjoner på Romerike («Vann» nr. 1, 1977, s. 71—78).

Det ble benyttet radioaktiv tracer. Sammenlignet med vanlig fargetracer har radioaktiv tracer flere fordeler: — mindre affinitet til materialet i tankene, — lavere deteksjonsgrense, — målingene blir enklere og sikrere.

Oppstilling.

For å dekke flest mulig utforminger, ble det for gjennomføringen av de hydrauliske undersøkelsene oppstilt tre forskjellige tanktyper:

- Tank type I:
Sirkulær, liggende tank, volum ca. 9,5 m³.
- Tank type II:
Sirkulær, stående tank, volum ca. 19 m³.
- Tank type III:
Tre små, sirkulære, stående tanker i serie, totalvolum ca. 9 m³.

Oppstillingen er prinsippmessig vist i fig. 2 for tank type I.

Overløpskassen besto av en stor kasse med en overløpskant, slik at vannstanden kunne holdes konstant. Inne i denne kassen ble det plassert to mindre, regulerbare overløpskas-

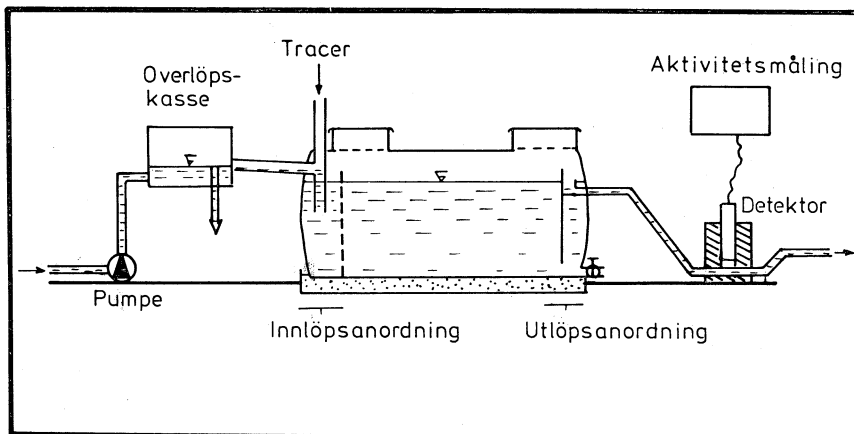


Fig. 2. Forsøksopplegg.

ser, begge med rektangulært overløp. Fra disse kassene ble vannet ledet til utskillerne via plastrør. Overløpene ble kalibrert ved hjelp av isotopfortynningsmetoden som beskrevet foran.

Utskillelne var alle produsert i glassfiberarmert polyester, og besto av selve tanken pluss inn- og utløpsanordninger.

Tank type I ble prøvd med i alt 9 varianter av innløp og 3 varianter av utløp.

Tank type II ble prøvd med 2 forskjellige sett inn- og utløp.

Tank type III ble bare prøvd med én type inn- og utløp. Dette fordi det her må bli snakk om inn- og utløp på hver sin side, og selv om det kan tenkes forskjellige utforminger, må de prinsipielt bli ganske like.

I fig. 3 er det vist prinsipptegninger av de tre tankutformingene for forskjellige inn- og utløpsanordninger.

Tracer, detektor og måleutstyr.

Som tracer ble benyttet en vandig løsning av brom-82 (^{82}Br) i form av ammoniumbromid. ^{82}Br har en halveringstid på 35,4 timer, og sender ut gammastråler med energier 0,6—1,5 MeV. Traceren ble satt til momentant innløp av oljutskillereren, og målt kontinuerlig ved utløpet ved hjelp av en gammascintillasjonsdetektor tilkoblet pulstelleverk og skriver. På basis av tracerkonsentrasjonskurven ble alle hydrodynamiske parametre beregnet ved hjelp av et regnemaskinprogram i overensstemmelse med det formelverk som er beskrevet i avsnitt 2.

Forsøksprogram.

For å få sammenlignbare resultater ble alle utskillerne med de forskjellige inn- og utløp kjørt med belastninger som ga de samme teoretiske oppholdstider, ca. ½ time og ca. 1 time.

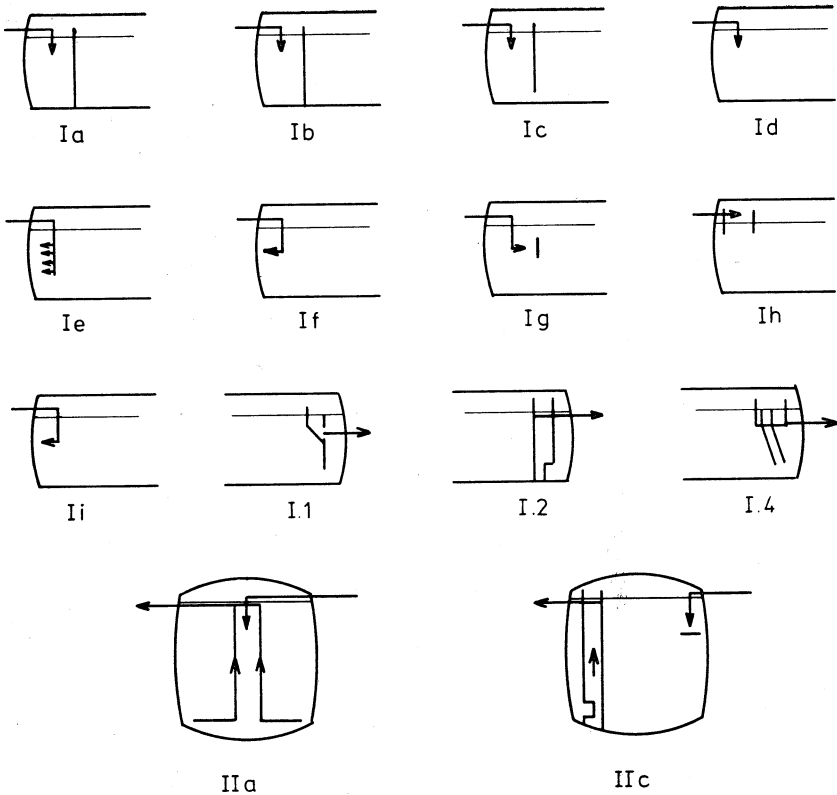


Fig. 3. Prinsipp tegninger av tankutformingene med forskjellige inn- og utløp.

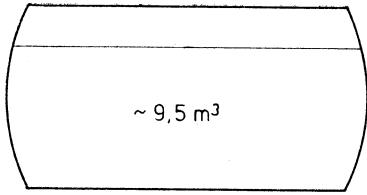
For tank type I ble det kjørt to serier. Ved første serie varierte man innløpene mens utløpet var uforandret. Ved serie 2 valgte man så en av de innløpsutformingene som ved den første serien viste seg å gi gode resultater, og man varierte så utløpet. Ett av settene med inn- og utløp (I i./4) ble holdt utenfor disse seriene og ble undersøkt i et eget forsøk.

Inn- og utløpene ved tank type II var så avhengige av hverandre at de

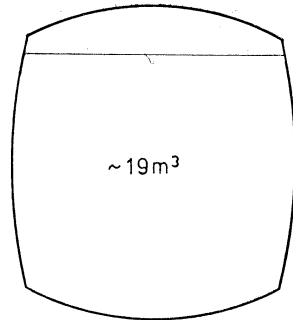
ble prøvd sett for sett.

Tank type III ble som nevnt prøvd med bare én utforming av inn- og utløpet.

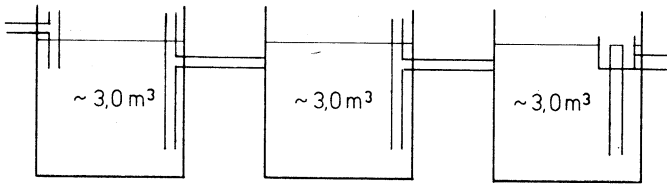
Opprinnelig tok man sikte på å kjøre to paralleller for hver oppstilling og for hver vannføring. Dette for å få så representative resultater som mulig. Ved oppstartingen kjørte man tre paralleller av den første oppstillingen. Disse viste at spredningen var så liten mellom de forskjellige kjøringene at man anså det for tilstrekkelig



Tank type I



Tank type II



Tank type III

med én kjøring for hver vannføring ved de forskjellige oppstillingene.

4. Resultater

I tabell 1 er det gitt en oversikt over resultatene for beregningene av aktivt volum, V_a , stempelstrømning i det aktive volum, F_s , spredningen i disse størrelser ved forandring av midlere oppholdstid fra ca. 0,5 til ca. 1 time for vannet som passerer gjennom oljeutskilleren, betegnet henholdsvis (V_a) og (F_s) , og kortslutningseffekter, F_k . Dessuten er angitt produktene $V_a \cdot F_s$ og $(V_a) \cdot (F_s)$.

I figur 4 er det gitt en sammenstilling av noen av de viktigste hy-

drodynamiske parametre (V_a , F_s , (V_a) , (F_s) , M og (M)) med referanse til de respektive tanktyper.

I figur 5 er som eksempel vist konsentrasjonskurver for oljeutskiller I (f-1).

På grunnlag av en helhetsvurdering av disse parametre og teorien for en oljeutskillers virkemåte (avsnitt 2) hvor bl.a. vannets horisontale/vertikale hastighet (w), oljens stigehastighet (v) og oljeutskillerens fysiske utforming (L og h) er av betydning, er det mulig å foreta en rangering av oljeutskillerens hydrodynamiske egenskaper og brukbarhet.

TANKTYPER. Inn- og utløpsanordninger.												
Ia	Ib'	Ic	Id	Ie	If	Ig	Ih	Ih	Ii	IIa	IIc	IIIa
								do.	Specialmodell			Tre-kamret modell
								do.	---			---
I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I2	I4	-	-	-

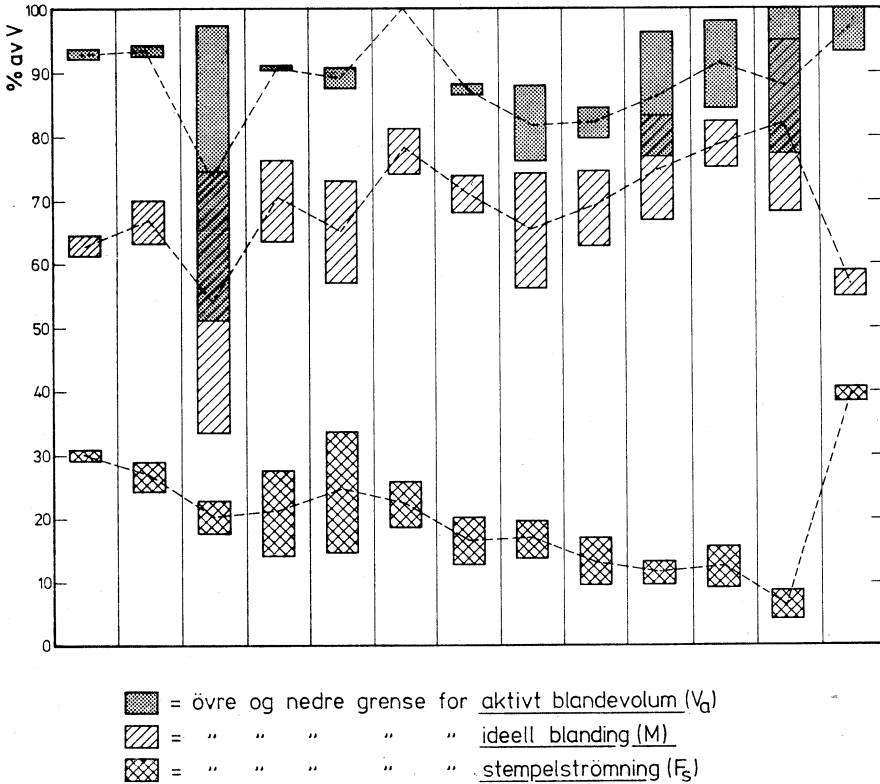


Fig. 4. Sammenligning av forskjellige typer oljeutskillere.

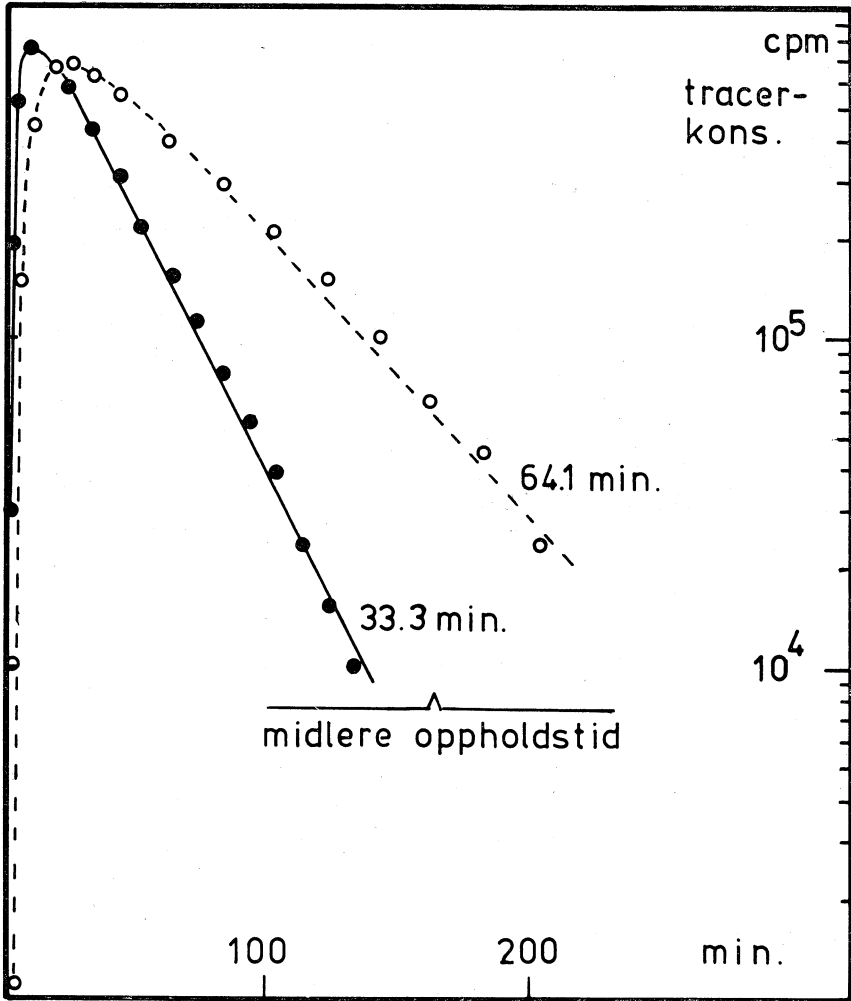


Fig. 5. Eksempel på tracerkonsentrasjonskurver ved utløpet av tanken, oljeutskiller I ($f = 1$).

5. Konklusjon

- 1) Oljeutskiller I (a—1) peker seg ut som den mest fordelaktige ut fra de hydrodynamiske kriterier som er valgt. (Relativt høy verdi for produktet $V_a \cdot F_s$, lav verdi for produktet $(V_a) \cdot (F_s)$ og ingen kortslutningseffekter, F_k . Jfr. tabell 1. Dessuten er oljeutskilleren utformet slik at L er stor i forhold til h.)
- 2) I en gruppe for seg kommer oljeutskillerne I (b—1), I (d—1) og I (f—1). Det kan vanskelig avgjøres hvilke av disse oljeutskillerne som hydrodynamisk sett er den beste.
- 3) Oljeutskiller III a, som består av tre beholdere koblet i serie, er som ett system betraktet tilfredsstillende, ut fra en vurdering av parametrene V_a , F_s , (V_a) , (F_s) og F_k . De enkelte beholdere har imidlertid et ugunstig forhold mellom L og h, samtidig som den midlere oppholdstid i hver av beholderne er en tredjepart av midlere oppholdstid for systemet som helhet.
- 4) De øvrige oljeutskillerne synes relativt sett å være mindre fordelaktige sett ut fra de valgte hydrodynamiske parametre. Av de undersøkte tankene er det likevel bare et par utforminger, spesielt (c—1), som hydrodynamisk sett må sies å være ubrukbar.

PLANLEGGING OG PROSJEKTERING AV KOMMUNALE ANLEGG

NOEN ARBEIDSOPPGAVER:

- RAMMEPLANER
- LEDNINGSANLEGG OG VEIER
- PUMPESTASJONER
- RENSEANLEGG
- RENOVASJON OG SLAMBEHANDLING

VÅRE FAGOMRÅDER:

- BYGGETEKNIKK
- ELEKTROTEKNIKK
- KOMMUNALTEKNIKK
- MASKINTEKNIKK
- VVS-TEKNIKK

A/S HJELLNES & CO.

RÅDGIVENDE INGENIØRER MNIF MRIF

Nils Hansens vei 2 - Oslo 6 — Telefon (02) *68 99 60
Kaigaten 1, 5501 Haugesund — Telefon (047) 28 711

Tabell 1.

RESULTATER FRA HYDRODYNAMISKE UNDERSØKELSER

Innløps-/ utløps- anordning	V_a %	F_s %	F_k	$V_a \cdot F_s$
	<i>Spredning i V_a fra lav til høy vannføring: (V_a) %</i>	<i>Spredning i F_s fra lav til høy vannføring: (F_s) %</i>	<i>Ingen (0) Noe (+) Markert (++)</i>	<i>(V_a) · (F_s)</i>
a—1	93	30	(0)	$2,8 \cdot 10^3$
	2	2		4
b—1	94	26	(0)	$2,4 \cdot 10^3$
	2	5		10
c—1	74	20	(0)	$1,5 \cdot 10^3$
	47	5		235
d—1	91	21	(0)	$1,9 \cdot 10^3$
	1	14		14
e—1	89	24	(0)	$2,1 \cdot 10^3$
	3	19		57
f—1	100	22	(0)	$2,2 \cdot 10^3$
	∞ 1	8		8
g—1	87	17	(0)	$1,5 \cdot 10^3$
	2	8		16
h—1	82	16	(0)	$1,3 \cdot 10^3$
	12	6		72
h—2	82	13	(0)	$1,0 \cdot 10^3$
	5	8		40
i—1	85	11	(0)	$0,9 \cdot 10^3$
	20	3		60
II a	91	12	(0)	$1,1 \cdot 10^3$
	14	16		224
II c	87	6	(0)	$0,5 \cdot 10^3$
	23	7		161
III a	97	40	(0)	$3,9 \cdot 10^3$
	7	3		21

DEL II: UNDERSØKELSE AV OLJEUTSKILLERES EFFEKTIVITET

1. Innledning

Det fremgår av innledningen til Del I at man i første omgang kun tok sikte på å undersøke hydrauliske forhold i utskillerne. Man var imidlertid klar over at selv om de hydrauliske forholdene var så ideelle som mulig, hadde man ingen garanti for at utskillingen av olje ville fungere tilfredsstillende.

Dette skyldes først og fremst at man ved innføring av forskjellige avfettings- og vaskemidler med emulgatorer har vanskeliggjort en effektiv utskilling av olje og oljeprodukter fra vannet.

Emulgatorer (dispergeringsmidler, tensider) virker slik at de får væsker som normalt ikke er blandbare med hverandre, som f. eks. olje og vann, til å inngå i en mer eller mindre stabil blanding. Emulgatoren virker som en brobygger mellom olje og vann ved at molekylet har en lipofil — «fettelskende» — og en hydrofil — «vannelskende» — del. En slik emulsjon mellom olje og vann gjør at oljen ikke kan skilles fra vannet uten at emulsjonen avbrytes. De siste årene har det skjedd en overgang til mer hurtigseparerende emulgatorer, uten at man av den grunn oppnår noen fullstendig brytning av emulsjonen.

De siste årene har det skjedd en delvis overgang til alkalisk baserte vaske- og avfettingsmidler. Midlene inneholder lite eller ikke noe petroleumsprodukter og tilfører følgelig ikke ytterligere hydrokarboner til av-

løpsvannet. Der hvor det er snakk om såkalte kombinerte avfettings- og vaskemidler, inneholder disse en liten del løsningsmidler. Forøvrig baserer man seg på fuktmidler, emulgatorer, dispergatorer og løsningsformidlere.

Etter kontakt med Norsk Petroleumsinstitutt, sa oljeselskapene seg interesserte i å finansiere en undersøkelse av hvordan forskjellige typer avfettings- og vaskemidler innvirker på utskillingen av olje.

2. Teori

Med hensyn til det teoretiske grunnlag for bestemmelse av effektiviteten til en oljeutskiller, henvises til artikkelen: «Undersøkelse av effektiviteten av oljeutskillere ved hjelp av isotoptracerteknikk» av John B. Dahl, Øyvind Skaugrud og Suporn Koottatep, «Vann» nr. 1, 1977, s. 71—78. I denne artikkel er beskrevet resultater av en undersøkelse av fem oljeutskillere. Alle oljeutskillerne var tilkoblet bensinstasjoner med bilvaske-maskiner som var i drift.

3. Utførelse

Det ble besluttet undersøkt to forskjellige tankutforminger:

- a) Sirkulær, liggende tank tilsvarende type I i de hydrauliske undersøkelserne. Tanken skulle prøves med inn- og utløp som hydraulisk sett hadde vist seg å fungere bra. Det ble valgt innløp I.f og utløp I.1. Se fig. 3.
- b) Tre-kamret tank tilsvarende type III i de hydrauliske undersøkelserne. Denne er vist på fig. 3. Tan-

ken ble valgt i tillegg til a fordi man ønsket å undersøke i hvilken grad eksisterende utskilleranlegg kan forbedres ved å sette flere tanker i serie med eksisterende. Dette kan være aktuelt ved mange bensinstasjoner/verksteder.

Det ble besluttet å undersøke utskilling ved bruk av a) bare parafin som avfettingsmiddel, b) et avfettingsmiddel basert på organiske løsningsmidler, og c) et alkalisk kombinert avfettings-/vaskemiddel. De tre midlene er senere kalt henholdsvis A, B og C.

Undersøkelsen ble utført av Institutt for Atomenergi på NIVA's forsøksanlegg ved Kjeller i oktober 1976, med samme utstyr som omtalt under Del I.

Dosering av oljetracer og avfettings- og vaskemiddel.

Følgende doseringsopplegg ble benyttet for å oppnå forsøksbetingelser som skulle ligge så nær opptil standard vaskeprosedyrer for bilvaske-maskiner som mulig:

- a) Vannflaten i oljeutskilleren ble dekket med et lag av olje, tectyl og parafin. Det ble brukt ca. 15 l av denne blandingen som var hentet fra en utskiller ved et importanlegg for nye biler.
- b) Vannføringen, Q , gjennom systemet ble stabilisert til 150 l/min. eller 300 l/min., svarende til oppholdstider for vaskevannet i systemet på henholdsvis ca. 1 time og $\frac{1}{2}$ time.
- c) Når stabile gjennomstrømningsforhold var oppnådd, ble det tilsatt 100 ml motorolje blandet i 1 000 ml av vaskemiddel A eller B over en kort tid, dvs. ca. 1 min. Samme prosedyre ble brukt for vaskemiddel C, men da med 300 ml vaskemiddel utspedd til ca. 1 000 ml. Denne blanding ble antatt å representere vasking av en bil. Vaskingen begynte ved tiden $t = 20$ min. før dosering av tracer. 10 min. før dosering av tracer ble vanntilførselen strengt.
- d) Ved tiden $t = 0$ ble vanntilførselen åpnet, og 100 ml oljetracer ($A_{100} mCi^3H$) blandet i vaskemiddelet ble tilsatt i løpet av ca. 1 min. Ved tiden $t = 10$ ble vanntilførselen stengt igjen.
- e) Ved tiden $t = 20$ ble vanntilførselen åpnet, og 100 ml motorolje blandet i vaskemiddel ble tilsatt i løpet av ca. 1 min. Ved tiden $t = 30$ ble vanntilførselen stengt osv.

Det fremgår av fig. 6 at denne prosedyre fortsatte i 2 timer, dvs. til tid $t = 100$. Fra dette tidspunkt og videre i ca. 1 time fortsatte forsøket med konstant vannføring $= Q$. Ifølge dette doseringsopplegg var den midlere vannføring i løpet av de første 100 min. etter dosering $Q/2$. Den tilsvarende oppholdstid for vaskevannet i utskilleren i løpet av de første 100 min. var da $2t_m$, hvor t_m er den midlere oppholdstid som svarer til vannføringen Q .

Følgende prøvetakingsprogram ble stort sett fulgt:

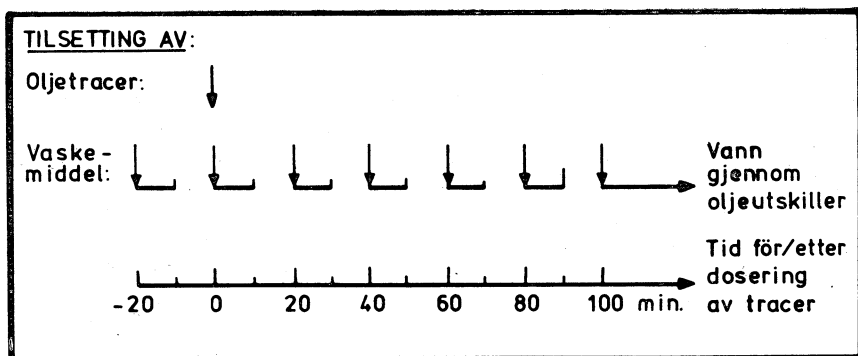


Fig. 6. Doseringsprosedyre for vann, oljetracer og vaskemiddel i oljeutskiller.

- De første 100 min.: 1 prøve hvert 2½. min.
- De neste 30 min.: 1 prøve hvert 5. min.
- Resten av tiden: 1 prøve hvert 10. min.

Prøvene ble tilsatt 10 ml flytende scintillator og målt i 10 min. i en TRICARB-teller.

Det radioaktive, oljeholdige topplaget i utskilleren ble etter hvert forsøk skummet av og erstattet med et nytt, inaktivt lag.

I tillegg til de undersøkelser som er omtalt foran, ble det ved fire av forsøkene tatt prøver av utløpsvannet for senere analyse av oljeinnholdet, målt som mengde hydrokarbon. Prøvene ble tatt ut i 1 liters glassflasker. Oljen ble ekstrahert med karbontetraklorid, og mengden hydrokarbon bestemt i IR-spektrofotometer (Perkin-Elmer, modell 297). Disse analysene ble utført ved A/S Norske Esso's laboratorium på Valløy.

4. Resultater

Undersøkelse av effektiviteten av oljeutskiller I (f—1) ved bruk av vaskemiddel A (parafin).

Av tabell 2, forsøk 1, fremgår det at effektiviteten til oljeutskiller I (f—1) er beregnet til 96 % ved bruk av vaskemiddel A med en midlere oppholdstid for vannet på 120—60 min.

I forbindelse med dette resultat må det understrekes at den målte effektivitet i dette tilfellet bare gjelder for olje (tracer) som fjernes ved en enkelt vaskeoperasjon i en serie av flere slike. Resultatet sier ikke noe om den oljen som er akkumulert på overflaten i utskilleren før vaskeoperasjonen begynner. Det er således teoretisk sett en mulighet for at litt av dette oljelaget kan bli revet med på grunn av de etterfølgende vaskeoperasjoner. For å klarlegge dette forhold ble følgende forsøk gjennomført (forsøk 2):

Topplaget med oljetracer fra forsøk 1 ble blandet forsiktig og fikk deretter stå i ro i to døgn. Det ble så pumpet 150 liter vann pr. minutt

gjennom systemet i 15 min. Deretter ble det utført tre vaskeoperasjoner, som beskrevet i avsnitt 3, hver med en tilsetning av 1 liter vaskemiddel av type A. Etter siste stopp ble det pumpet vann gjennom utskilleren i 1 time.

Resultatet av disse målingene viste at mengden av medrevet olje fra overflaten var neglisjerbar.

Undersøkelse av effektiviteten av oljeutskiller I (f—1) ved bruk av vaskemiddel B (white spirit med emulgator).

Olje ble helt på vannoverflaten i oljeutskilleren og doseringen ble foretatt som beskrevet i avsnitt 3.

Resultatene av disse målingene er vist i tabell 2, forsøk 3, 4 og 5. Det fremgår av disse resultater at oljeutskillerens effektivitet er beregnet til 23 % ved en vannføring på 75—150 l/min. (midlere oppholdstid 120—60 min.), og til 17 % ved en vannføring på 150—300 l/min. (midlere oppholdstid 60—30 min.).

Også i dette tilfellet ble eventuell medriving av akkumulert olje på overflaten i utskilleren undersøkt som beskrevet i det foregående avsnitt.

Det ble funnet neglisjerbare mengder oljetracer i utløpsvannet.

Undersøkelse av effektiviteten av oljeutskiller I (f—1) ved bruk av vaskemiddel C (alkalisk, pH \approx 10, 2 % løsningsmiddel).

Olje ble helt på vannoverflaten i oljeutskilleren og doseringen ble foretatt som beskrevet i avsnitt 3.

Resultatet av målingene er gitt i tabell 2, forsøk 6, som viser at effektiviteten i dette tilfellet ble beregnet å være 50 %.

Undersøkelse av effektiviteten av oljeutskiller III a ved bruk av vaskemiddel B (white spirit med emulgator).

Oljeutskiller III a består av tre sirkulære, stående beholdere koblet i serie. Effektiviteten målt etter første beholder ble funnet å være 2,4 %, etter tredje beholder 2 % (tabell 2, forsøk 7). 15 dager senere ble det for kontrollens skyld tatt ut prøver av oljelaget på toppen av tredje beholder. Det viste seg at oljelaget da inneholdt ca. 1,5 % av den tilsatte mengde oljetracer, noe som er i god overensstemmelse med den beregnede effektivitet.

Tabell 2.

OLJEUTSKILLERNES DRIFTSBETINGELSER OG EFFEKTIVITET VED
BRUK AV FORSKJELIGE TYPER VASKEMIDLER

Forsøk	Vaske- middel type:	Oljeut- skiller type:	Vannføring	Oljeut- skillerens effektivitet %	Medrevet olje fra overflaten i oljeutsk. %
			l/min. Oppholds- tid, min.		
1	A	I (f-1)	75—150 120— 60	96	
2	A	I (f-1)	75—150 120— 60	Medriving Jfr. avsn. 4	∞ 0
3	B	I (f-1)	75—150 120— 60	23	
4	B	I (f-1)	150—300 60— 30	17	
5	B	I (f-1)	150—300 60— 30	Jfr. avsn. 4	∞ 0
6	C	I (f-1)	75—150 120— 60	50	
7	B	III a	75—150 120— 60	2	

Undersøkelse av oljekonsentrasjonen i utløpet fra utskillerne.

Regner man at den tilsatte mengden olje og avfettings-/vaskemiddel fordeles jevnt i vannmengden, blir midlere konsentrasjon inn i utskilleren:

$$C_o = \frac{(1,0 + 0,1) 1 \cdot 0,85 \cdot 10^6 \text{ mg/l}}{1500 \text{ l}}$$

$$= 620 \text{ mg/l} = \underline{620 \text{ ppm}}$$

for forsøkene 1, 3 og 7, og

$$C_o = \frac{(0,05 + 0,1) 1 \cdot 85 \cdot 10^6 \text{ mg/l}}{1500 \text{ l}}$$

$$= 85 \text{ mg/l} = \underline{85 \text{ ppm}}$$

for forsøk 6 med alkalisk vaskemiddel. Disse konsentrasjonene kan tilnærmet settes lik konsentrasjonen av hydrokarboner.

Tabell 3.

INNHold AV HYDROKARBON I UTLØPET, ppm.

Tid	Vaskemiddel			
	A	B	C	B
	Forsøk			
	1	3	6	7
Start	12	2	7	16
½ time	128	494	38	198
1 time	140	328	29	96
1½ time	146	301	31	300
2 timer	207	355	22	355
Ca. 5½ time	63	53	13	6

Det fremgår av resultatene at konsentrasjonen av hydrokarboner i utløpet varierer mye, og at den er avhengig av hvilket avfettings-/vaskemiddel som brukes. I forsøkene 3 og 7 med emulgerende avfettingsmiddel ligger innholdet høyest og på omtrent samme nivå. Middelkonsentrasjonen i tiden ½ til 2 timer etter start tilsetning var ca. 370 og ca. 240 ppm.

Forsøk 1 med bare parafin som avfettingsmiddel viser et noe lavere innhold, gjennomsnittlig 155 ppm, mens forsøk 6 med alkalisk avfettingsmiddel (middel C) viser absolutt lavest hydrokarboninnhold. I tiden ½ til 2 timer etter tilsetning var gjennomsnittlig konsentrasjon i utløpet 30 ppm. Dette skyldes først og fremst at avfettingsmiddelet i seg selv inneholder bare små mengder hydrokarboner. Alkaliske avfettingsmidler inneholder imidlertid andre uheldige stoffer.

5. Konklusjon

- 1) Effektiviteten til en oljeutskiller, som hydrodynamisk sett virker tilfredsstillende, synes først og fremst å være bestemt av vaskemiddelets kjemiske egenskaper. Effektiviteten til oljeutskiller I (f—1), som kan sies å være representativ for en hydrodynamisk sett god oljeutskiller, avtar således fra 96 % for vaskemiddel A til 23 % for vaskemiddel B ved de samme driftsbetingelser.
- 2) For samme oljeutskiller og samme vaskemiddel øker effektiviteten lite ved økende midlere oppholdstid for vannet som passerer systemet. Effektiviteten til oljeutskiller I (f—1) ved bruk av vaskemiddel B øker således fra 17 % til 23 % når oppholdstiden øker fra 30 (60) min. til 60 (120) min.
- 3) Det er ikke påvist medrivning av akkumulert olje fra overflaten i oljeutskiller I (f—1) ved normal

drift av denne, selv ved bruk av emulgerende vaskemidler.

- 4) Oljeutskillere III a har meget lav effektivitet (2 % ved bruk av vaskemiddel B). Dette resultat er i samsvar med konklusjonen for denne oljeutskillers hydrodynamiske egenskaper og utforming, som vist under Del I, avsnitt 5, pkt. 3.

OPPSUMMERING/AVSLUTNING

Når man ser de to undersøkelsene under ett, er det tydelig at egenskapene til vaske-/avfettingsmidlene er den faktor som i første rekke bestemmer hvor effektivt oljeutskillere basert på gravitasjonsprinsippet vil virke. Man må imidlertid som nevnt

være spesielt oppmerksom på begrensningene i den tre-kamrede utskillerens anvendelse. I og med at oppholdstiden i hver av de tre tankene er lik og bare en tredjedel av den totale, vil utskillingen bli utilstrekkelig i en slik tank.

I forbindelse med prosjektet ble det også sett noe på forhold av konstruktiv art, som man må ta hensyn til ved utforming og installasjon av oljeutskillere.

Representanter for Statens Forurensningstilsyn og oljeselskapene har fulgt de undersøkelsene som er gjennomført. Man er således oppmerksom på problemene, og det arbeides med å komme frem til bedre (mer hurtig separerende) avfettingsmidler.



SIVILINGENIØR

CARL - H KNUDSEN

RÅDGIVENDE INGENIØRER MNIF MRIF

- VANN- OG AVLØPSANLEGG

- SLAMBEHANDLING —
RENOVASJON

- TEKNISK/ØKONOMISKE
UTREDNINGER

C-H. KNUDSEN
NEDRE STORGT. 9
3000 DRAMMEN
TEL. 02-83 28 95

- UNDERSØKELSER I
LABORATORIESKALA OG
PILOTANLEGG

- DRIFTSUNDERSØKELSER

- BYGGETEKNIKK —
PROSJEKTLEDELSE

A. ROSENDAHL
DRAMMENSV. 419
1320 STABEKK
TEL. 02-53 61 60