

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN

0-45/66

OLJEOPLAG PÅ SJØVANN
- OSLO -

Saksbehandler: dr. J.G.Ormerod
Rapporten avsluttet: 17/12-66

B/amp 14/2-67

INNLEDNING

Norsk institutt for vannforskning fikk den 23/4 1966 i oppdrag av A/S Gestor v/h.r.advokat Wilhelm Henrichsen å undersøke om vannet i Bekkelagsbukta egner seg til bruk i det prosjekterte oljelager i Ekebergåsen.

Lageret vil bestå av 17 cisterner inne i fjellet, og de vil ha en total kapasitet på 135.000 m³, hvor oljen, bensinen osv ligger oppe på vann. Det vil gå minst 300.000 m³ olje inn og ut pr. år, og tilsvarende mengde vann ut og inn idet nivået holdes konstant. Vannet vil bli tatt inn fra fjorden utenfor anlegget ved Sjursøya, og vil på veien ut av anlegget passere en oljeskiller. Som kjent er vannet i dette område påvirket av forurensninger fra Oslo by.

Det var av betydning å få klarlagt:

1. Om oljen kan bli påvirket av vannet og dets forurensninger,
2. Hvorvidt oljen ville påvirke det underliggende vannet slik at det kan oppstå ulemper eller skader i resipienten.

Det finnes ett tilsvarende anlegg i Norge, situert ved Spjelkavik (BP-anlegg). En befaring til dette anlegg ble foretatt den 24. juni. Både fyringsolje og diesel-olje er lagret på dette stedet som er en gammel kalkgruve, utstyrt med vanninntak i fjorden like ved.

Det ble opplyst på stedet at det ikke har vært noen problemer av kjemisk eller biologisk art med dette anlegget.

Det ble nevnt at én gang, da en stor last med olje ble pumpet inn, og tilsvarende mengde vann pumpet ut, oppsto det lukt av hydrogensulfid i området. Dette skyldtes at vannet i undersjiktet på grunn av bakterienes nedbrytning av olje, etter hvert var blitt oksygenfritt, og at bakteriene hadde redusert sulfatet i sjøvannet til hydrogensulfid. Denne gassen vil bli holdt i løsning i vannet av oljelaget som den ikke kan passere. Det er da bare når vannet slippes ut i sjøen at lukten vil kunne merkes.

Vannprøver ble tatt på Spjelkavik-anlegget. Vannet som lå under fyringsoljen hadde lukt av sulfid, men var klart. Det inneholdt få bakterier.

Vannprøven fra østre gruve hvor dieseloljen ble lagret, hadde en mye rikere bakterieflora med bl.a. vibrio (*Desulfovibrio*), stilkebakterier (*Caulobacter*) og diverse staver og klumper av *Zoogloea* som tyensynlig virket svakt emulgerende. Det var også tilstede en gjennomsiktig hinne. Veggene og taket i denne delen av graven var dekket med et grått slim av bakterier, noe som tyder på at dieselolje er et godt næringssubstrat for bakterier.

LABORATORIEFORSØK

Følgende forsøk ble gjennomført for å finne ut i hvilken grad vannet ville påvirke oljen eller omvendt. Førstifem 1/3 l melkeflasker (gammel type med fargeløst glass) ble delt i tre like store grupper. I den første gruppen ble det målt ut 100 ml rent sjøvann (tatt ved Drøbak for flere år siden ved 40 m dyp og lagret). Annen gruppe fikk 90 ml sjøvann pluss 10 ml sedimentert kloakkvann fra Skarpsno renseanlegg, og den tredje gruppen hadde 50 ml sjøvann og 50 ml kloakkvann. Samtlige flasker ble inokulert med 1 ml vann tatt fra fyringsoljelageret på Spjelkavik. 100 ml regulær bensin, super bensin eller dieselolje fra hver av de fem oljeselskapene Shell, Caltex, BP, Esso og Mobil ble tilsatt flaskene som ble lukket med korker. Dessuten ble det satt opp en liknende serie på 3 flasker med Esso parafin. Flaskene fikk stå stille og mørkt ved ca. 15 °C i én måned, hvorefter de ble undersøkt mikroskopisk. Ved dette tidspunkt ble samtlige Caltexprøver rystet kraftig. Etter videre henstand i mørket ved ca. 22 °C i 2 måneder ble innholdet av alle flaskene igjen undersøkt mikroskopisk og analysert for oksygen (evt. sulfid). Analyse for sulfat ble foretatt på sjøvannet og kloakkvannet som inneholdt henholdsvis 2460 og 29,5 mg SO₄/l.

En serie liknende prøver ble tilberedt av oljeselskapene på Sjursøya. I hvert tilfelle ble det benyttet ca. 1 l av de forskjellige oljeproduktene, samt 1 l vann tatt fra fjorden ved Sjursøya. Prøvene, som var i 2 l Norgesglass, ble oppbevart i mørket i fjellet ved Fagerstrand.

Etter ca. 3 måneders henstand ble det tatt ut prøver av vannsjiktet fra hvert glass til mikroskopisk undersøkelse, og reagenser ble så tilsatt resten for å konservere oksygen- (evt. sulfid-) innholdet i vannlaget til prøvene kunne analyseres.

RESULTATENE

Biologisk undersøkelse av NIVA's prøver. Det var etter én måned blitt dannet en lett synlig biologisk film i mange av prøvene på grenseflaten mellom olje og vann. Filmen ble bedømt visuelt etter følgende system:

- 0 ingen film tilstede
- + film synlig på glasstav dyppet gjennom sjiktet
- 1 film såvidt synlig på flaskeveggen med flaske stilt på skrå
- 2 film lett synlig på flaskeveggen med flasken stilt på skrå
- 3 film synlig i sjiktet
- 4 film kraftig, men glatt
- 5 film kraftig og med hengende klumper, partikler osv.

Resultatene av filmbedømmelse etter 1 og 3 måneders henstand er vist i tabellene 1 og 2. Det fremgår av tabellene at filmdannelsen i sjiktet mellom de to lagene er mest utpreget med dieselolje og parafin og minst med regulær bensin. Filmene var ubetydelige selv etter 3 måneder når rent sjøvann ble brukt. En unntakelse fra dette var Caltex-dieselolje-prøvene som hadde vært rystet etter 1 måned.

Film som var synlig i sjiktet ble dannet i flere av prøvene med sjøvann med 10% kloakkvann. Med 50% kloakkvann i sjøvann var det kraftig filmdannelse i halvparten av prøvene. Det var tilsynelatende liten forskjell i resultatene med ulike merker av samme produkt bortsett fra Caltexprøvene som hadde hatt spesiell behandling.

En mikroskopisk undersøkelse av filmen i sjiktet viste at den besto av bakterier av forskjellige arter. Et mindre antall vibrio- og spirillumtyper som er indikasjon på sulfatreduksjon, ble sett i mange av prøvene, men var mest utbredt i dieselolje- og parafinprøvene.

Mikroskopisk undersøkelse av prøvene fra Fagerstrand. Det ble i dette tilfelle ikke anledning til å vurdere omfanget av biologisk film i prøvene.

Stavbakterier, for det meste i små antall, var tilstede i alle prøvene. I prøven med BP dieselolje ble det dessuten sett vibrioer og spiriller.

Ellers var det i noen av prøvene materiale som formodentlig var stykker av den biologiske filmen fra overgangssjiktet. I motsetning til det tilsvarende materiale fra prøvene i melkeflaskene var det alger tilstede som må ha stammet fra

fjorden. Assosiert med disse var det en del detritus.

To av BP-prøvene hadde vært utsatt for pisking, men viste ingen spesielle trekk.

Kjemisk analyse av vannsjiktet. Resultatene for oksygeninnhold varierte atskillig fra prøve til prøve, men oksygeninnholdet var i noen av tilfellene så høyt at det må konkluderes at analysemetoden var blitt forstyrret av stoffer i bensinen eller oljen. Analyseresultatene for oksygen i disse prøvene vil derfor ikke bli tatt med i rapporten.

Forurensning av oljen. I de utførte lagringsforsøk var det ingen tegn på at selve oljelaget ble påvirket under lagringen, selv med sterkt kloakkholdig sjøvann som vannfase. Dette er i overensstemmelse med erfaring ved Spjelkavik-anlegget, og, ifølge civ.ing. Berglund i svenske fjellanlegg. Det synes derfor å være på det rene at kvaliteten av vannet som brukes i anlegget ikke vil ha betydning for oljeproduktenes kvalitet og holdbarhet, forutsatt at sjiktområdet mellom oljen og vannet ikke kommer inn i pumpene.

Forurensning av resipienten. Når det gjelder eventuell forurensning av resipienten, vil dette bare være av lokal betydning, og vil skyldes oppløste oljestoffer og eventuell hydrogensulfid.

Spørsmålet om løseligheten av bensin og olje i vann er komplisert, fordi disse produktene består av blandinger av stoffer med forskjellige løseligheter. Vi kan gå ut fra at en liter vann vil kunne løse inntil ca. 20 mg oljestoffer (personlig meddelelse fra professor Baars, TNO, Holland).

Hvorvidt vannet vil bli mettet med oljestoffer vil bero på hvor mye agitasjon som forekommer under fylling og tømming av cisternene. Med en årlig gjennomstrømming av $300\ 000\ m^3$ oljestoffer vil man kunne få et maksimalt utslipp av ca. 6 tonn løste oljestoffer pr. år, dersom alt vannet som slippes ut er mettet med disse stoffene. Etter all sannsynlighet vil bare en liten del av utslippsvannet være mettet med olje.

Det er ikke mulig å forutsi hvor meget hydrogensulfid som kan bli dannet i anlegget, men mengden vil til en viss grad være avhengig av oksygeninnholdet i vannet som tas inn.

Det pågående Oslofjord-prosjektet har fremskaffet et omfattende materiale for vurdering av vannutskiftningsforholdene i indre Oslofjord, bl.a. i Bunnefjorden

og Bekkelagsbassenget. Cand.mag. T.Andersen, Universitetet i Oslo har foretatt neon målinger i den delen av Bekkelagsbassenget som støter mot Sjursøya. Med hans tillatelse er gjengitt tabell 3 som viser innholdet av løst oksygen i vannprøver tatt ved forskjellige dyp. Vannmassene i bukten ble fullstendig utskiftet med ferskt sjøvann i februar 1966. Konsentrasjonen av løst oksygen vil da ha vært stor i alle dyp. Tabellen viser at det foregår et raskt forbruk av oksygen i de dypere lagene. Utskiftning av vannet i indre Oslofjord skjer bare under spesielle klimatiske forhold, gjennomsnittlig kanskje hvert tredje år. I periodene mellom utskiftningene kan vannet i dypet bli anaerobt og inneholde betydelige mengder av hydrogensulfid.

Det er derfor sannsynlig at kvaliteten på vannet som slippes ut fra anlegget ofte ikke vil være vesentlig værre i denne henseende enn vannet i de dypere lagene av resipienten.

For å unngå at utslippsvannet hærner i overflaten av resipienten bør både inntaks- og utslippsrørene ligge minst 10 m under overflaten. Det er særlig viktig at inntaket foregår på et tilstrekkelig stort dyp.

Man bør i alle tilfelle være forberedt på ulemper. Det kan, når erfaringen foreligger, bli aktuelt med visse mottiltak, som f.eks. forhåndsluftning av utgående vann for å fjerne hydrogensulfid. Vannet i cisternene vil kunne stabiliseres vesentlig ved å skape et ferskvannssjikt som vil ligge mellom oljen og sjøvannet. Det er mulig at et slikt sjikt vil bli dannet fra dreinsvannet i fjellet, noe som har vært tilfellet i Spjelkavik-anlegget.

TABELL 1

BEDØMMELSE ETTER 1 MÅNED AV FILM I NIVA'S PRØVER

Varesort	% Kloakk- vann	Film bedømmelse / Oljeselskapet					Gjennomsnitt ^{x)}
		Shell	Caltex	BP	Esso	Mobil	
Regular bensin	0	1	0	+	0	0	0,3
	10	1	+	1	1	1	0,9
	50	2	1	2	2	3	2,0
Super bensin	0	+	+	1	0	0	0,4
	10	+	1	1	1	1	0,9
	50	2	2	1	1	2	1,6
Diesel olje	0	2	1	1	+	+	1,0
	10	2	2	1	2	1	1,6
	50	4	4	4	4	4	4,0
Gjennomsnitt ^{x)}		1,7	1,3	1,3	1,3	1,4	
Parafin	0			0			
	10			2			
	50			3			

X) For utregning av gjennomsnitt er + satt lik 0,5.

TABELL 2

BEDØMMELSE ETTER CA. 3 MÅNEDER AV FILM I NIVA'S PRØVER

Varesort	% kloakkvann	Film bedømmelse / Oljeselskapet					
		Shell	Caltex ^{x)}	BP	Esso	Mobil	Gjennomsnitt ^{xx)}
Regulær bensin	0	+	1	1	1	+	0,8
	10	1	3	2	2	1	1,8
	50	2	5	3	3	2	3,0
Super bensin	0	2	1	+	1	1	1,1
	10	2	3	2	1	2	2,0
	50	3	4	3	2	3	3,0
Diesel olje	0	1	3	2	2	2	2,0
	10	3	3	3	3	3	3,0
	50	4	5	5	4	5	4,4
Gjennomsnitt ^{xx)}		2,1	3,1	2,4	2,1	2,2	
Parafin	0				1		
	10				3		
	50				5		

x) Caltexprøvene ble rystet kraftig etter 1 måneds henstand.

xx) For utregning av gjennomsnitt er + satt lik 0,5.

TABELL 3

LØST OKSYGEN I BEKKELAGSBUKTEN 1966

Løst oksygen, mg O ₂ /l, ved dato:			
Dyp i meter	10. mai	25. august	22. september
0	15.5	9,75	8,70
5		2.50	8.53
7,5	12.2		
10		2.58	1.43
15	7,1	3,94	3,42
20		4,11	3,85
25	2,77		
30	2.72	2.92	0,25
35	3,21		
50	3,06	0,34	0,04