

Økotoksikologisk testing av produsert vann fra offshorevirksomheten

Av Siri Bakke

Siri Bakke er sivilingeniør og ansatt i Aquateam
- Norsk vannteknologisk senter A/S

Innlegg på fagtreff i Norsk Vannforening 12. februar 1996.

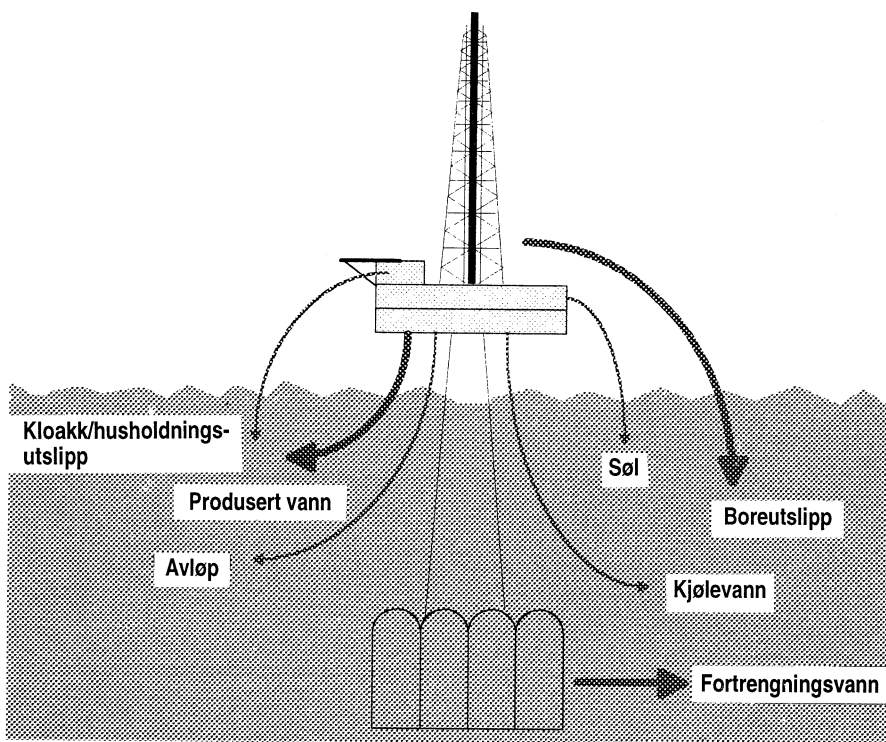
1 Innledning

De viktigste utslippskildene til sjø fra offshorevirksomheten (olje- og gassinindustrien) er vist i figur 1. Av disse utslippene er det produsert vann og boreslam som vil bli de dominerende kildene for utslipp fra oljeindustrien i årene fremover (OLF, 1993).

Ireservoarene i Nordsjøen finnes formasjonsvann sammen med olje og gass. En blanding av olje, gass og vann strømmer til produksjonsanlegget hvor produsert vann separeres fra og renses for olje før utslipp til sjø. For å opprettholde trykket i reservoaret etter som oljen pumpes opp, injiseres sjøvann som kan blande seg med formasjonsvannet. Det produserte vannet blir da en blanding av de to vannkvalitetene. Sammensetningen av produsert vann varierer fra felt til felt, samt innenfor et felts produserende levetid; avhengig av renseseffekten av olje-/vannseparasjonen, type og mengde kjemikalier brukt for å forhindre driftsmessige problemer, samt av type bergarter i reservoaret. Generelt

sett inneholder produsert vann varierende konsentrasjoner av dispergert og oppløst olje, organiske forbindelser (som alifatiske og aromatiske hydrokarboner, fenoler og karboksylsyrer), metaller inklusive tungmetaller, mineraler fra formasjonen og avleiringsutfellinger. I tillegg til de naturlige forbindelsene kan rester av produksjonskjemikalier også være tilstede.

Ettersom feltene i Nordsjøen blir eldre, vil utslippet av produsert vann øke. I 1993 ble det sluppet ut 187 millioner m³ produsert vann, og dette volumet er forventet å stige til et nivå på 340 millioner m³ i 1997 (OLF, 1995). Når mengdene av produsert vann øker, øker kjemikaliemengdene proporsjonalt, og dermed også miljøfaren/-risikoen knyttet til disse utslippene. En mulig måte å evaluere miljøfaren av det produserte vannet som slippes ut til det marine miljøet, er å utføre et sett med økotoksikologiske tester (dvs. mhp. giftighet, bionedbrytbarhet og bioakkumulering). Bruk av økotoksikologiske tester kan også være aktuelt i fremtidig kontroll av utslipp fra offshoreindustrien.



Figur 1. Hovedkilder av utslipp fra olje- og gassproduksjon.

Per i dag er det ikke utført systematisert arbeid for å komme frem til et harmonisert testoppsett for produsert vann, men det er utført en rekke forsøk. Denne artikkelen presenterer imidlertid resultater fra økotoksikologisk testing av produsert vann fra Ula-feltet i Nordsjøen utført av Aquateam, samt resultater fra undersøkelser utført på andre felt i Nordsjøen.

2 Økotoksikologisk testing for overvåking

Industriavløpsvann

Ved behandling av utslippstillatelser for industrien, blir det i enkelte tilfeller krevet at det skal utføres økotokstester

av avløpsvann (SFT, 1993). Hensikten har vært å sjekke om fortynningsgraden er akseptabel i forhold til avløpsvannets akutte giftighet, og om avløpsvannet inneholder persistente (lite nedbrytbare) forbindelser og/eller bioakkumulerende forbindelser som gir grunn til innskjerping av krav til utslipp. Ved konsesjonsbehandling kan økotoksresultater gi svar på spørsmål knyttet til eventuelle krav om behandling av utslippet. Økotoksresultater kan også være en god kontroll på om miljøeffekten av utslipp av kompliserte blandinger bestående av mange ulike potensielle miljøgifter, som f.eks. produsert vann er akseptabel. I følge SFT (1993) vil bruken av økotokstester trolig øke.

Offshore-aktiviteter

Når det gjelder dagens overvåking innen offshorevirksomheten, gir SFT utslippstillatelse for produksjons- og borekjemikalier på grunnlag av resultater fra økotokstester og brukte kjemikalie-mengder. Økotokstester skal i følge SFT utføres basert på retningslinjene fra Oslo og Paris-kommisjonene (OSPAR, 1995). I tillegg skal bruken av miljørisikomodellen CHARM (Chemical Hazard Assessment and Risk Management, beskrevet i Øfjord (1995)) anvendes for vurdering av miljøfaren av produksjons- og borerelaterte kjemikalier. Farevurderingsmodulen skal benyttes for rangering av de enkelte kjemicaliene. Dagens SFT-krav tar ikke hensyn til mulige synergistiske effekter eller reaksjonsprodukter.

I forbindelse med boreaktivitetene er det i dag satt krav til overvåking av biologi og kjemi i sedimentene rundt plattformene. Dette skal først og fremst fortelle noe om mulige effekter av utslipp av borekjemikalier og borekaks.

På sikt er det et ønske fra SFT å fokusere mer på overvåking av effekten av utslipp av produsert vann på vannsøylen, bl.a. gjennom en økt overvåking av utslipp til frie vannmasser. Dette vil kunne gi informasjon om miljøeffekten av utslipp av produsert vann, inklusive alle organiske og uorganiske bestanddeler. Fortynningen rundt plattformene er imidlertid stor, og organismene eksponeres kun over kort tid. Dette vanskeliggjør målinger av konsentrasjoner av de enkelte stoffene. Status per i dag er at det er utført en del spredte målinger på produsert vann, både mhp.

konsentrasjoner og mhp. økotoksikologiske effekter, men at erfaringene ikke er samlet. Målet må derfor være å komme frem til et standardisert testoppsett som kan brukes i fremtidige reguleringer/overvåking offshore.

3 Økotoksikologisk testing av produsert vann fra Ula-feltet

På oppdrag for BP Norge gjennomfører Aquateam i samarbeid med ResLab et prosjekt vedrørende fullskala reinjeksjon av produsert vann på Ula-plattformen (Bakke og andre, 1995). Her vurderes bl.a. viktigheten av ulike vannkvalitetsparametre mhp. utfellinger, korrosjon, forsurening, injektivitet og miljø. I forbindelse med evaluering av miljøaspektet av eventuelle produsert vann-utslipp, ble følgende økotokstester (basert på OSPAR, 1995) utført:

Akutt giftighet

- Alge: *Skeletonema costatum* (EC_{50})
- Krepsdyr: *Acartia tonsa* (LC_{50})
- Bakterietest: *Microtox* ("screening") (EC_{50})

Bionedbrytbarhet

- Respirometertest: måling av CO_2 -produksjon for bestemmelse av % bionedbrytning etter 28 dager, uten tilsetning av inokulum eller næringsstoffer.

Bioakkumulering

- Væskekromatografi (HPLC)-metode for bestemmelse av oktanol-/vannfordelingskoeffisienten ($\log P_{ow}$)

Tabell 1. Resultater fra toksisitetstesting av produsert vann fra Ula.

Toksitet E(L)C50(%)*	Produsert vann		
	1995 (Aquateam)	1994 (Aquateam)	1993 (BP Sunbury)
Skeletonema costatum (EC50)	14	13	7,9
Acartia tonsa (LC50)	14	13	24,8
Microtox (EC50)	13,2	12,1	24,4

* % produsert vann i sjøvann

Akutt giftighet

Resultatene fra målinger utført i 1994 og 1995 mhp. akutt giftighet av produsert vann fra Ula er presentert i tabell 1. Disse resultatene er sammenlignet med tidligere studier utført av BP Sunbury i 1993 (Flynn og andre, 1995). Resultatene fra 1994 og 1995 viser at det ikke er noen signifikant forskjell i giftighet blandt de 3 testorganismene. Dvs. at når ca. 13% produsert vann er tilstede i sjøvann, er det en effekt på 50% av testorganismene eller 50% er døde. Flynn og andre (1995) rapporterte imidlertid at Skeletonema er mer sensitiv overfor det produserte vannet på Ula enn Acartia og Microtox, som ligger på samme nivå.

Den akutte giftigheten av det produserte vannet fra Ula har også blitt sammenlignet med andre BP-opererte felt i Nordsjøen, dvs. Magnus, Forties Delta, Cleeton, Clyde, Forties og Charlie (Flynn og andre, 1995), samt Gullfaks og Staffjord hvor Statoil er operatør (Brendehaug og andre, 1992). Disse resultatene viser at det produserte vannet på Ula har den laveste giftigheten.

Det er også utført flere studier hvor det er sett på sammenhengen mellom akutt toksisitet og kjemisk sammensetning av produsert vann. Både Flynn og andre (1995) og Brendehaug og andre (1992) rapporterer at det er fenoler og aromater som gir det største bidraget til den akutte giftigheten. Higashi og andre (1992) fant derimot ut at toksisiteten kunne skyldes innhold av uorganiske komponenter som barium og strontium. Tilsvarende studier er ikke utført på Ula. Konsentrasjonene av både organiske forbindelser som fenoler, aromater og syrer, og uorganiske forbindelser som barium, strontium og tungmetaller er imidlertid lave på Ula sammenlignet med andre Nordsjø-felt. Dette kan forklare at giftigheten også er lavere.

Pga. de store fortynningene i Nordsjøen, kan den akutte giftigheten av produsert vann-utslippene fra Ula betraktes som mindre viktig enn mulige langtidseffekter. Det er derfor viktig å se nærmere på kronisk giftighet. Slike studier er ikke utført på Ula eller andre Nordsjøfelt. Resultater fra studier i USA har imidlertid vist at lave konsentrasjoner av produsert vann i sjøvann kan ha dødelige effekter på marine organismer

Tabell 2. Bionedbrytbarhet av produsert vann fra Ula målt på ulike tidspunkt og med ulike testmetoder.

Bionedbrytbarhetsmetode	Bionedbrytning etter 28 dager (%)		
	1995 (Aquateam)	1994 (Aquateam)	1993 (BP (Sunbury)
Respirometerforsøk - Respirasjon (CO ₂ -produksjon), filtrert produsert vann	84	93	-
"Shake Flask/Closed Bottle test " (OECD 301 D/F)	-	-	99

i forplantningsfasen (Krause og andre, 1992; Raimondi & Schmitt, 1992).

Bionedbrytbarhet

Resultatene fra ulike målinger av bionedbrytbarhet av produsert vann på Ula utført i 1994 og 1995, samt 1993 er vist i tabell 2. Disse resultatene viser at de ulike forbindelsene i det produserte vannet er ca. 85-100% nedbrutt, avhengig av testmetode benyttet. BP Sunbury oppnådde et høyere resultat pga. optimale biologiske testbetingelser ved tilsetning av akklimatisert inokulum og nærings-salter. Bionedbrytbarhetsmålinger av produsert vann fra Staffjord-

feltet (Statoil) viste >95% nedbrytning etter 28 dager (Brendehaug og andre, 1992). Her var det også tilsatt nærings-salter.

Bioakkumulering

Bioakkumuleringspotensialet av det produserte vannet på Ula målt i 1994 og 1995 ble evaluert ved bestemmelse av $\log P_{ow}$ (v.h.a. HPLC, se resultater i tabell 3). Det produserte vannet er som tidligere nevnt, en kompleks blanding av mange ulike forbindelser med ulike $\log P_{ow}$ -verdier. Resultatene er derfor oppgitt både som et område og som et vektet gjennomsnitt.

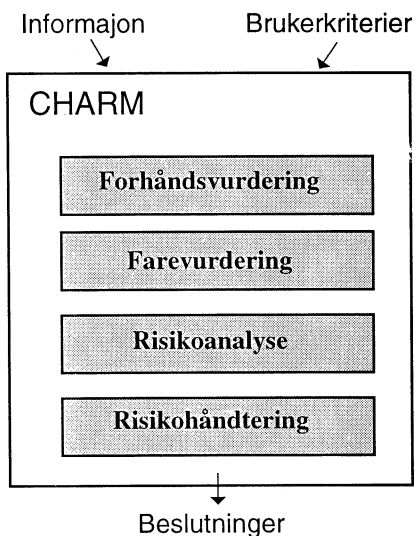
Tabell 3. Bioakkumulering gitt som $\log P_{ow}$ av produsert vann fra Ula.

Bioakkumuleringspotensiale	Log P _{ow}	
	1995	1994
Område Vektet gjennomsnitt	<0-4,2 3,0	0,7-2,9 -

Tabell 3 viser at det vektete log P_{OW} -gjennomsnittet fra 1995 er ≥ 3 , som ifølgende OSPAR (1995) indikerer at det produserte vannet inneholder organiske forbindelser (som f.eks. aromater, fenoler, hydrokarboner) som kan bioakkumulere i næringskjeden. Mer arbeid er imidlertid nødvendig før en kan påvise hvilke forbindelser dette er (Vik og andre, 1995). Andre bioakkumuleringstest-resultater av produsert vann er ikke funnet i litteraturen.

Miljøriskovurdering

CHARM-modellen har også blitt benyttet for evaluering av miljørisikoen knyttet til produsert vann-utslippene på Ula (Øfjord og andre, 1995). Her ble risikomodulen benyttet (se illustrasjon av CHARM i figur 2) Øfjord, (1995) for å evaluere den kombinerte risikoen av det produserte vannet som helhet, basert på økotoksikologisk informasjon og konsentrasjoner/mengder av de enkelte naturlige produsert-vann forbindelsene og kjemikaliene, samt plattform-relaterte data. Resultatene viste at de ulike forbindelsene gir ulikt bidrag til den totale/kombinerte miljørisikoen. Med dagens vannbehandlingsanlegg på Ula (dvs. hydroykloner og tilhørende kjemikalier), viste CHARM-resultatene at det er et produksjonskjemikalium (kombinert korrosjons- og avleiringshemmer) olje og tungmetallene sink og kadmium som bidrar mest relativt sett til miljørisikoen. Ved fullskala reinjeksjon er det antatt et utslipp på kun 10%, hvilket medfører at miljørisikoen vil bli redusert med ca. 90%.



Figur 2.
Illustrasjon av CHARM-modellen

4 Forslag til videre arbeid

Det er et behov for å utføre mer arbeid når det gjelder økotoksikologisk testing av produsert vann. Mulighetene her kan være å:

1. måle på alle enkeltkomponentene, inklusive kjemikaliene i det produserte vannet, eller
2. måle på det produserte vannet som helhet og kombinere resultatene med informasjon fra modellstudier om fortykning i vannsøylen.

Det siste alternativet vil trolig være det beste, da dette tar hensyn til synergieffekter eller eventuelle reaksjonsprodukter, samtidig som testingen blir mindre omfattende mhp. tid, kostnader, osv.

I denne forbindelse er det også behov for etterhvert å fremskaffe en erfarings-database som kan omfatte økotokstest-

metoder, testresultater, usikkerheter, feltvariasjoner, osv. Basert på denne erfaringen, kan det så utarbeides et standard testopplegg, inklusive prøvetaking og prøveopparbeidelse til bruk i fremtidig overvåking offshore. Dette må bli en enkel rutine.

Det er behov for å fokusere mer på målinger av potensielle langtidseffekter, persistens, bioakkumulering og kronisk giftighet, spesielt mhp. organismenes mest sensitive del av livssyklusen.

5 Referanser

Bakke, S.; Vik, E.A.; Grüner, H. and Hjelmås, T. (1995): "Produced Water Reinjection (PWRI)-Experiences From the Ula Field". Paper submitted for presentation in the Proceedings from the 1995 International Seminar on Produced Water, Trondheim, Norway 25-28 September. Plenum Press, New York.

Brendehaug, J.; Johnson, S.; Bryne, K.H.; Gjøsø, A.L.; Eide, T.H. and Aamot, E. (1992): "Toxicity Testing and Chemical Characterization of Produced Water- A Preliminary Study". In: Produced Water (eds. J.F. ray and F.R. Engelhart), Plenum Press, New York, pp. 245-266.

Flynn, S.A.; Butler, E.J. and Vance, I. (1995): "Produced Water Composition, Toxicity and Fate: A Review of Recent BP North Sea Studies". Paper submitted for presentation in the Proceedings from the 1995 International Seminar on Produced Water, Trondheim, 25-28 September, Plenum Press, New York.

Higashi, R.; Cherr, G.; Bergens, C.; Fan, T. and Crosby, D. (1992): "Toxicant Isolation From a Produced Water Source in the Santa Barbara Channel". In: Produced Water (eds. J.F. Ray and F.R. Engelhart), Plenum Press, New York, pp. 223-233.

Krause, P.R.; Osenberg, C.W. and Schmitt, R.J. (1992): "Effects of Produced Water on Early Lifestage of a Sea Urchin: Stage-specific Responses and Delayed Expression". In: Produced Water (eds. J.F. Ray and F.R. Engelhart), Plenum Press, New York, pp. 431-444.

OLF (1995): "Discharges of Produced Water - Effects in the Water Column". Summary Report, Phase 1. Prepared by OLF in cooperation with Norsk Hydro and Statoil, 22 May.

OLF (1993): "OLF Miljøprogram Fase II", Sammendragsrapport, Oljeindustriens Landsforening, Stavanger, mars.

OSPAR (1995): "Harmonised Offshore Chemicals Notification Format", Oslo and Paris Commissions, Summary record of the meeting of the Programmes and Measures Committee (PRAM), Annex 10, Oviedo, 20-24 February.

Raimondi, P.T. and Schmitt, R.J. (1992): "Effects of Produced Water on Settlement of Larvae: Field Tests Using Red Abalone". In: Produced Water (eds. J.F. Ray and F.R. Engelhart), Plenum Press, New York, pp. 415-430.

SFT (1993): "Økotokstester i SFTs ar-

beid. Nåværende bruk og fremtidige behov", SFT-dokument nr. 93:02, TA-nummer 916/1993, Oslo.

Vik, E.A.; Bakke, S.; Johnson, D.R. and Verburgh, J. (1995): "The n-Octanol/Water Partition Coefficient - A Critical Parameter in Environmental Risk Assessment of Offshore E&P Chemicals". Poster submitted for presentation in the Proceedings from the 1995 International Seminar on Produced Water, Trondheim, Norway, 25-28 September, Plenum Press, New York.

Øfjord, G.D.; Bakke, S. and Vik, E.A. (1995): "The CHARM Model Used in Environmental Risk Management of Produced Water on Ula". Paper submitted for presentation in the Proceedings from the 1995 International Seminar on Produced Water, Trondheim, Norway, 25-28 September, Plenum Press, New York.

Øfjord, G.D. (1995): "CHARM - En modell for vurdering av oljefeltkjemikaliers miljøfarlighet", VANN nr. 4, s. 534-541.

MFT
Miljø- og Fluidteknikk A/S



Leveringsprogram

**Prefabrikerte overløp
og utstyr til avløpsnett.**

FluidSep, høyt sideoverløp, tverroverløp, virveloverløp, FluidBend, FluidSip, FluidScreen, FluidGate, FluidVortex, FluidCon, FluidVertic, FluidHose, FluidTurbo, FluidVortex-E, FluidFlap, FluidCasca, FluidSwing, FluidSlot, FluidFlex, FluidFlush, Heimstad-lokket, Profa-kummen. **Vi skreddersyr for lokal tilpasning. Effektivt og nøyaktig.**

Ledende europeisk teknologi. Kontroll over utslipp fra ledningsnett.

Nye Vakåsvei 8C
N-1360 Nesbru

Tlf. 66 84 88 44
Fax 66 84 88 42