

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80  
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60  
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer:	0-83087
Undernummer:	
Løpenummer:	1569
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel:  KOSTNADS- OG EFFEKTIVITETSANALYSE AV TILTAK MOT FORURENSNINGER I GANDSFJORDEN	Dato: 24.10.83
	Prosjektnummer: 0-83087
Forfatter(e):  Oddvar Lindholm Jarle Molvær Kjell Øren	Faggruppe: Div. I Div. II
	Geografisk område: Rogaland
	Antall sider (inkl. bilag): 34


Oppdragsgiver:  Miljøverndepartementet	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

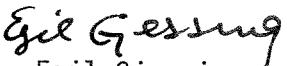
Ekstrakt:

Det gis oversikt over bruk av Gandsfjorden, forurensningstilførsler, forurensningstilstand og tilstandens innvirkning på bruksinteressene. To ulike tiltak for bedring av forurensningstilstanden beskrives ut fra kostnader og effekter på vannkvaliteten: Alt. 1. med primærfelling og dyputslipp ved Forus, og alt. 2. med overføring av avløpsvannet til Byfjorden. Begge alternativ gir vesentlig bedring av Gandsfjordens forurensningstilstand. Alt. 1 gir raskere bedring av vannkvaliteten i Gandsfjorden, men er, regnet i nåverdi, noe dyrere.

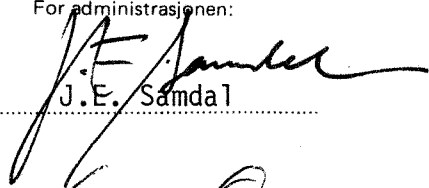

4 emneord, norske:
1. Gandsfjorden
2. Forurensningstilførsler
3. Vannkvalitet
4. Kostnad/effektivitet

4 emneord, engelske:
1. Gandsfjorden
2. Load of pollutants
3. Water quality
4. Cost/effectiveness

Prosjektleder:  
  
Kjell Øren

Divisjonssjef:  
  
Egil Gjessing

ISBN 82-577-0719-8

For administrasjonen:  
  
J.E. Samdal  
  
Lars Overrein

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
OSLO

0-83087

KOSTNADS- OG EFFEKTIVITETSANALYSE AV  
TILTAK MOT FORURENSNINGER I  
GANDSFJORDEN

Bidrag til stortingsmelding om  
vann- og luftforurensninger

Oslo, 24. oktober 1983

Oddvar Lindholm  
Jarle Molvær  
Kjell Øren

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

	Side:
INNHALDSFORTEGNELSE	
FORORD	4
1. OMRÅDEBESKRIVELSE	5
2. BRUK AV GANDSFJORDEN	6
2.1 Bruksformer og generelle målsettinger for vannkvalitet	6
2.2 Operasjonelle mål for vannkvalitet	8
3. FORURENSNINGSTILFØRSLER	9
3.1 Næringsstoffer	9
3.1.1 Arlige totaltilførsler i 1983	9
3.1.2 Fordeling av tilførslene over året for utvalgte komponenter	11
3.1.3 Forandring i tilførslene fremover	13
3.2 Miljøgifter	14
4. FORURENSNINGSTILSTAND OG VIRKNINGER PÅ BRUKSINTERESSER	15
4.1 Generell vannkvalitet	15
4.2 Forurensning av miljøgifter	16
4.3 Virkninger på brukerinteresser	17
5. TILTAK FOR UTSLIPPSREDUKSJONER	18
5.1 Beskrivelse av alternativene	18
5.1.1 Kommunale utslipp	18
5.1.2 Industri	19
5.1.3 Landbruk	19
5.2 Virkninger på vannkvaliteten	19
5.2.1 Alternativ 0. Dyputslipp ved Forus (90 000 P.E.) - ingen rensing	19
5.2.2 Alternativ 1. Dyputslipp ved Forus (90 000 P.E.) - primærfelling	20
5.2.3 Alternativ 2. Overføring av avløpsvannet til Byfjorden.	24
5.3 Kostnader for kommunale tiltak	26
5.3.1 Grunnlag for kostnadsberegningene	26
5.3.2 Investerings- og driftskostnader	26

Forts. innholdsfortegnelse

	Side:
6. SAMLET VURDERING	30
6.1 Innvirkning på bruksinteresser	30
6.2 Prioritering av alternativ	30
7. LITTERATUR	33

F O R O R D

I brev av 4. juli 1983 har Miljøverndepartementet gitt NIVA i oppdrag å utarbeide en kostnads- og effektivitetsanalyse av tiltak mot forurensninger i Gandsfjorden. Analysen skal inngå som et eksempel i stortingsmeldingen om tiltak mot vann- og luftforurensninger.

Denne rapporten er utformet slik at den mest mulig kan benyttes direkte i stortingsmeldingen. Rapporten inneholde ikke noen fullstendig dokumentasjon av alt grunnlagsmaterialet. Dette materialet finnes på NIVA, men vil ikke bli rapportert.

Under arbeidet har vi hatt godt samarbeid med lokale myndigheter. Vi takker spesielt Sandnes og Stavanger kommuner, Byveterinæren i Stavanger og I.V.A.R. for å ha stilt opplysninger til disposisjon for oss.

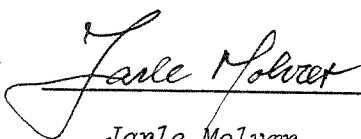
Vi takker også Anders Stigebrandt, Gøteborg, som gjennom sitt arbeid med en omsettings- og spredningsmodell for Gandsfjorden har bidradd til et sikrere grunnlag for vurderingene.

Ved NIVA er rapporten utarbeidet i fellesskap av forskningslederne Oddvar Lindholm, Jarle Molvær og Kjell Øren. Molvær har stått for vurderinger av vannkvalitet og kvalitetsmessige virkninger av tiltak. Lindholm har foretatt kostnadsberegningene for ulike tiltak, mens Øren har hatt hovedansvaret for beregning av forurensningstilførsler, vurdering av bruksinteresser, og redigering av rapporten.

Oslo, 24. oktober 1983



Oddvar Lindholm



Jarle Molvær



Kjell Øren



## 2. BRUK AV GANDSFJORDEN

### 2.1 Bruksformer og generelle målsettinger for vannkvalitet

Tabell 2 angir de bruksformene som er aktuelle i dag, og som antas å være til stede også i framtida. Tabellen er satt opp ut fra skriftlige formuleringer (1), (2), samt samtaler med representanter for lokale myndigheter (3).

I tabell 2 gis også målsettinger for de ulike bruksformene. Flere av målsettingene finnes i tidligere rapporter (1), (2).

En del av de målsettingene som er satt opp vil være i konflikt med hverandre, bl.a. brettseiling og båtbruk er vanskelig fullt ut å forene med bygge- og opplagsplasser for oljerigger. Likedan vil opplagsplass midt i fjorden forstyrre skipstrafikken. Disse forholdene innvirker imidlertid ikke på vannkvaliteten, og drøftes ikke videre.

Bruksformer som er nær knyttet til vannkvalitet er bading, brettseiling, båtbruk, fiske og arealbruk nær fjorden.

Man merker seg at de indre fjordområdene fra lokalt hold er avskrevet som bade- og fiskeområder. Denne begrensningen synes å være satt ut fra en vurdering av dagens situasjon og problemer, og ikke ut fra de ønsker man gjerne hadde sett oppfylt.

Tabell 2. Bruksformer, målsettinger og generelle vannkvalitetskrav i Gandsfjorden.

Bruksform	Målsettinger	Generelle krav til vannkvalitet
Bading	Badeplassene i ytre deler av Innenfor Dyrnesodden, i havnebasseng, båthavner og ved kaier, samt nær godkjent utslipp av offentlig kloakk er bading ikke aktuelt.	<p>SIFFs krav til badevann for fri-luftsbad (21) bør tilfredsstilles utenfor Dyrnesodden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Tilfredsstillende klart vann.</li> <li>* Tilfredsstillende bakteriolog-fjorden skal opprettholdes. isk kvalitet.</li> <li>* Det må ikke oppstå luktdannelser i vannmassene nær bebyggelse.</li> <li>* Estetisk skjemmede forurensning som flytestoffer m.v. må ikke forekomme.</li> </ul>
Brettseiling og båtbruk	I hele fjordområdet er det ønskelig å legge til rette for båtbruk og brettseiling.	<p>For brettseiling er det ønskelig at SIFFs krav til badevann (21) er oppfylt. Båtbruk stiller ikke slike krav.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Luktdannelser i vannet uønsket.</li> <li>* Estetisk skjemmende forurensninger uønsket.</li> </ul>
Fiske	Fritidsfisket skal kunne foregå i ytre deler av fjorden. Innenfor Dyrnesodden gjelder ikke denne målsettingen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Tilstrekkelig oksygeninnhold i vannmassene.</li> <li>* Tilstrekkelig lave konsentrasjoner av giftstoffer i fjorden, for å hindre at disse akkumuleres i fisken.</li> </ul>
Industri-virkosomhet	Byggeplassen for oljeplattformer i Hinnavågen og opplagsplassen for oljerigger utenfor Forus skal opprettholdes.	Ingen
Transport	Skipstrafikken til og fra Sandnes havn skal gå uhindret.	Ingen
Resipient	Gandsfjorden skal kunne ta mot avløpsvann i den utstrekning det ikke er til sjenanse for andre brukerinteresser.	Ingen
Arealbruk nær fjorden	Tettstedene må ikke sjeneres av fjordens vannkvalitetstilstand	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Det må ikke oppstå luktdannelser.</li> <li>* Estetisk skjemmende forurensninger må ikke forekomme.</li> </ul>



## 2.2 Operasjonelle mål for vannkvalitet

De generelle vannkvalitetsmålene må omsettes i operasjonelle mål. For en del parametre, som f.eks. siktedyp og bakterier; kan dette gjøres direkte. Badevannskriteriene setter siktedypet til større enn 2 - 3 m, og antall E.coli til mindre enn 50 pr. 100 ml, regnet som geometrisk middeltall.

For kvikksølvkonsentrasjonen i fisk er angitt verdier på  $< 0,2$  mg/kg, som tillater fritt konsum av normale mengder (20).

For å unngå lukt av hydrogensulfid, må oksygenkonsentrasjonen være  $> 0$  mg/l. I de frie vannmasser bør ikke oksygenkonsentrasjonen være under 5 mg/l. Under stagnasjonsperioder i Gandsfjordens dypvann kan man anta at oksygenkonsentrasjonen vil gå under dette selv uten sivilisatorisk belastning. De hydrokjemiske dataene gir ingen mulighet for å beregne en slik "normalkonsentrasjon", men et aktuelt mål kan være 3 mg/l - en konsentrasjon som vanligvis tolereres av marine organismer.

For andre parametre, spesielt fosfor og nitrogenkonsentrasjonene, er det behov for å sette målene ut fra kjente data fra referansestasjon i tilgrensende områder. Dagens tilstand må derfor trekkes inn i vurderingen, og for videre drøfting av dette vises til kap. 5.2.

Ellers er det behov for generelle vurderinger ut fra et krav om økologisk balanse i organismsamfunnene.

I vurderingen av ulike tiltaksalternativer er det særlig fosfor og nitrogen som kan brukes som kriterier, og til en viss grad coliforme bakterier og oksygen.

Det er vanskelig å gi operasjonelle mål for vannkvalitet. Ideelt sett ville vi ønsket å gi målene først, og så angi problemer og muligheter ut fra dagens tilstand. En slik kvantifisering av vannkvaliteten er vanskelig, men vi viser til punkt 4.3 og 5.2.

### 3. FORURENSNINGSTILFØRSLER

#### 3.1 Næringsstoffer

##### 3.1.1 Arlige totaltilførsler i 1983

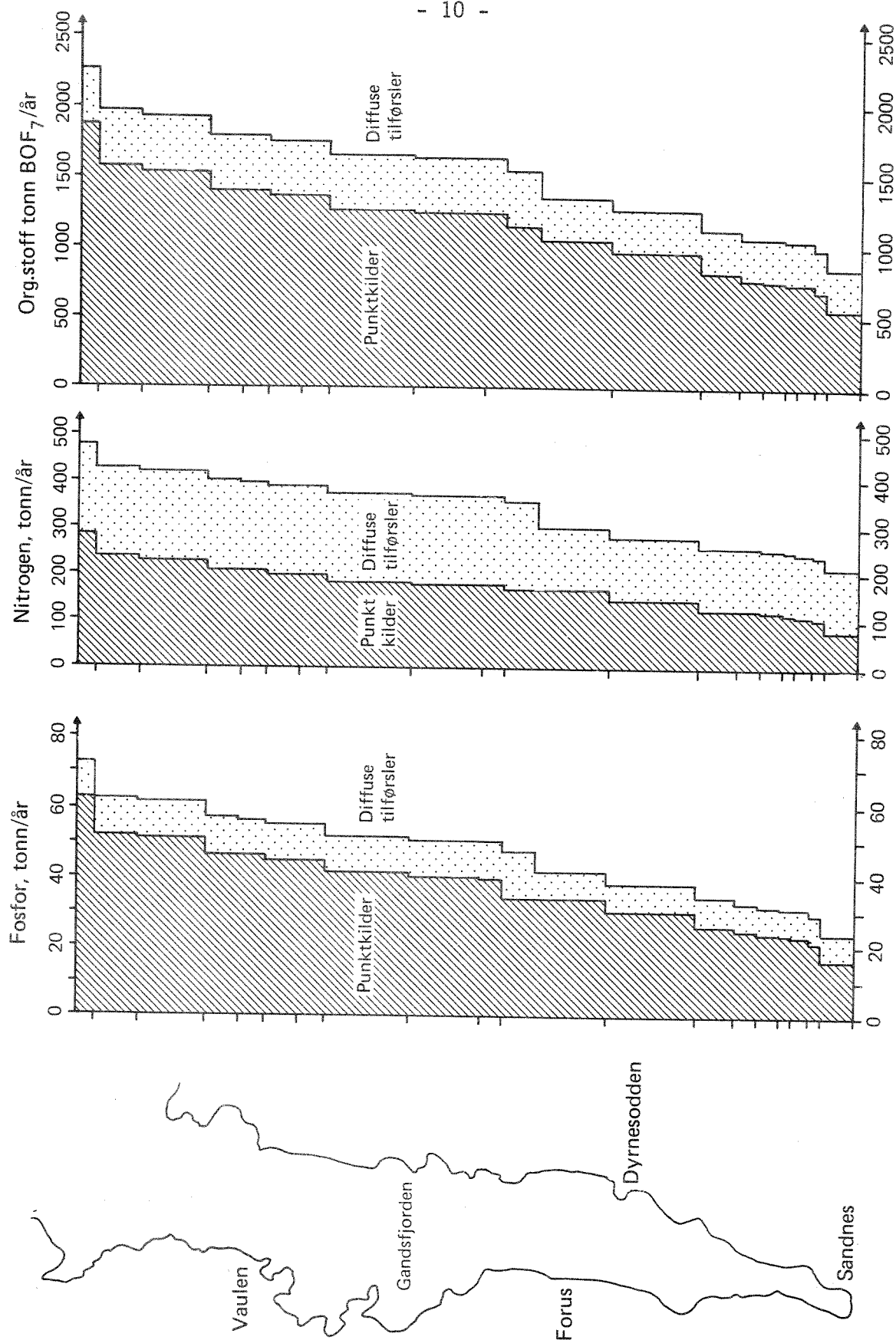
Tabell 3 angir årlige tilførsler av fosfor, nitrogen og organisk stoff til Gandsfjorden i 1983, fordelt på indre og ytre områder i fjorden (se avgrensingen i figur 1). Grunnlagsmaterialet stammer vesentlig fra (1), (3), (4), (5) og (6).

Tabell 3. Arlige tilførsler av fosfor, nitrogen og organisk stoff til Gandsfjorden i 1983, målt i tonn/år.

Komponent	Geografisk avgrensing	Punkt-kilder	Diffuse kilder				Sum
		Befolkning, Industri	Jordbruk	Utmark	Nedbør på fjord-overflate	Overflate-avrenning urbane omr	
Fosfor (TOT-P)	Indre område	34,3	6,9	0,1	-	0,8	42,1
	Ytre område	28,5	1,6	0,1	-	0,5	30,7
	Hele fjorden	62,8	8,5	0,2	-	1,3	72,8
Nitrogen (TOT-N)	Indre område	164	111	6	3	13	297
	Ytre område	134	25	7	14	8	188
	Hele fjorden	298	136	13	17	21	485
Organisk stoff (BOF <sub>7</sub> )	Indre område	1060	238	11	-	46	1355
	Ytre område	806	54	13	-	28	901
	Hele fjorden	1866	292	24		74	2256

Tilførslene er framstilt som akkumulerte verdier i fjordens lengderetning i figur 2, og det er skilt mellom punktkilder og diffuse kilder.

Fra figuren kan avleses direkte hvor store tilførsler som kommer i området fra Sandnes havn og ut til en gitt avgrensing i øst-vest-retning i fjorden.



Figur 2. Årlige tilførsler av fosfor, nitrogen og organisk stoff i 1983. Akkumulert i fjordens lengderetning.

Punktkildene består vesentlig i kommunalt avløp. Ved Sandnes havn er det urensset overflateutslipp av avløpsvann fra 19000 personekvivalenter, og videre utover fjorden er det ytterligere 23 utslipp av kommunalt avløpsvann.

I indre område skjer 72 % av de kommunale tilførslene til fjordens overflatelag.

Tre dypvannsutslipp på 40 - 50 m ytterst i indre området bidrar med 28 % av belastningen.

Ytterst i fjorden ligger to større dypvannsutslipp. Disse bidrar med 60 % av belastningen i ytre område, mens 40 % av den kommunale kloakken tilføres overflatelaget i ytre fjordområde.

For industriavløp er det dårlig oversikt over tilførslene, men større bedrifter i Sandnes og ved Forus er medtatt i beregningene. Tilførslene fra industrien som det fins oversikt over utgjør for h.h.v. fosfor, nitrogen og organisk stoff mindre enn 5, 6 og 12 % av dagens kommunale utslipp.

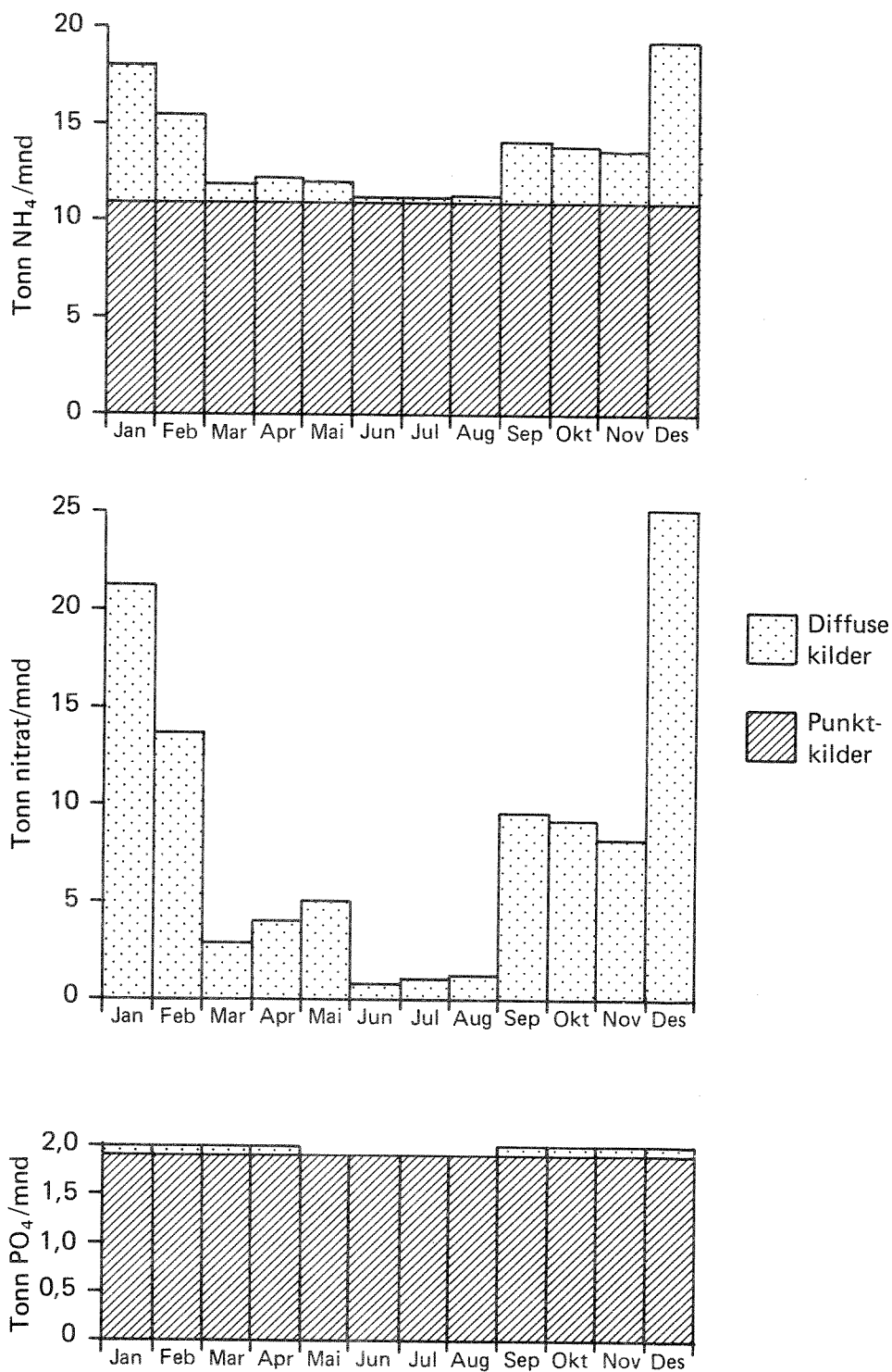
Diffuse tilførsler angir bidraget fra jordbruk, utmarksområder, nedbør og urban overflateavrenning.

Tabell 3 viser at bidraget fra jordbruket utgjør en dominerende del av de diffuse tilførslene. Likevel er det kun for nitrogenforbindelser de diffuse tilførslene er av vesentlig størrelse. I indre fjordområde utgjør de diffuse kildenes andel av totaltilførslene av fosfor, nitrogen og organisk stoff h.h.v. 18, 45 og 22 %.

### 3.1.2 Fordeling av tilførslene over året for utvalgte komponenter

En del av nitrogenet og fosforet som er angitt i tabell 3, vil være organisk eller kjemisk bundet. Tilførslene vil dessuten variere over året.

For biologisk produksjon er fordelingen på komponentene ammonium ( $\text{NH}_4$ ), nitrat og nitritt ( $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ ) og ortofosfat ( $\text{PO}_4$ ) viktig.



Figur 3. Tilførsler av ammonium, nitrat og ortofosfat fra land til indre fjordområder.

I figur 3 er anslått tilførselsvariasjoner over året for indre fjordområde. For kommunalt avløp, som er den dominerende punktkilden, er antatt konstante tilførsler over året. Fordelingen av den diffuse tilførselen, der jordbruket dominerer, er anslått ut fra kjente data fra andre områder i Jæren-regionen (8).

Fordelingen på periodene vinter, vår, sommer og høst er satt til h.h.v. 40, 13, 6, 40 % for fosfat og 60, 10, 3, 27 % for nitrogenforbindelsene. Innenfor disse periodene er tilførslene fordelt proporsjonalt med nedbøren.

Mesteparten av tilførselen av ortofosfat skjer fra kommunalt avløp, og denne kilden er også dominerende for ammonium. For nitrat/nitritt er bidraget fra kommunalt avløp neglisjerbart, her er jordbrukets bidrag dominerende.

Det er grunn til å merke seg de lave tilførslene fra jordbruket i sommermånedene.

### 3.1.3 Forandring i tilførslene fremover

I landbruket er det ikke grunn til å anta større endringer i aktivitetene. Forurensningspotensialet fra diffus avrenning kan imidlertid avta noe om det gjødsles mindre og til andre årstider enn i dag.

For industrien antas ikke vesentlige endringer. Nødvendige bedriftsinterne tiltak forutsettes gjennomført.

Befolkningstallet i området vil øke. Hvilke forandringer i tilførslene dette medfører, er til en viss grad avhengig av de tiltaksalternativer som gjennomføres. Hvis Gandsfjorden fortsatt skal være resipient for bebyggelsen rundt de indre fjordområder, vil det bli et utslipp fra befolkning og industri tilsvarende 90 000 personekvivalenter frem mot år 2000. Belastningen på 90 000 personekvivalenter antas å være en øvre grense.

### 3.2 Miljøgifter

Enkelte industribedrifter har tidligere bidratt med større utslipp av tungmetaller, bl.a. kvikksølv. Disse utslippene er nå stanset.

Den galvanotekniske industrien i området har egne renseanlegg. Ukontrollerte bidrag av tungmetaller og organiske mikroforurensninger fra industrien antas i dag å være små.

Urbant avrenningsvann inneholder også metaller og klor-organiske forbindelser, men i så liten grad at disse antas ikke å representere noe problem.

#### 4. FORURENSNINGSTILSTAND

Ved siden av den totale mengden av forurensende stoff som tilføres Gandsfjorden, så er det enkelt sagt to forhold som bestemmer de effektene man registrerer i fjorden. Den ene er at de største utslippene av fosfor, nitrogen og organisk stoff går til Gandsfjordens indre del. Dette er samtidig den mest sårbare del av fjorden fordi vannvolumene som forurensningene kan innblandes i er relativt små og vannutskiftningen relativt dårlig, sett i forhold til områdene lenger ut. En stor del av avløpsvannet ledes ut i strandsonen. Dette skaper ytterligere problemer.

Den andre er at terskelen lenger ute i fjordsystemet medfører lange stagnasjonsperioder i Gandsfjordens dypvann, som dermed er sårbart for belastning med nedbrytbart organisk materiale.

##### 4.1 Generell vannkvalitet

Figur 4 oppsummerer resultatene fra overvåkingen i 1977-81 (9). I indre del av Gandsfjord lå middelkonsentrasjonene av tarmbakterier i overflatelaget over det anbefalte maksimum for badevann. Likeledes viser målingene av fosfor, nitrogen og klorofyll a at dette området er belastet, spesielt fremstår Sandnes havn som sterkt belastet (st. 8).

Para- stasjon år	Totalnitrogen $\mu\text{g/l}$	Totalfosfor $\mu\text{g/l}$	Termostabile coli forme bakterier	Klorofyll $\text{mg/m}^3$	Siktedyp m
	Overflate 100 200 300	Overflate 10203040506070	Overflate 100 200 300	Overflate 1 2 3	5 10 15
Stasjon 4 1977 1978 1979 1980 1981			B 0-170 6(3) 0-10		
Stasjon 5 1977 1978 1979 1980 1981	* * 115-210 130-325	* * 3.2-17 9.4-47		< < 1-6.8	5-12 4.5-12
Stasjon 6 1977 1978 1979 1980 1981	* * 150-400 160-720	* * 5.9-57 9.4-150	0-355 0-170	0.5-5.0 < < 1-3.6	4-18 4-11
Stasjon 6b 1977 1978 1979 1980 1981			10-1700 2-1900 422	0-1-3.2 < < 1-8.4	5-10 2.5-9
Stasjon 7 1977 1978 1979 1980 1981	* 463 185-540 180-1-230 498	11-55 9.4-100	0-360 0-5000 888		
Stasjon 8 1981	260-3-700 1506	61-560 209	4990 350-10000(2787)		

Figur 4. Målinger i Gandsfjorden 1977-81 av næringsalter og bakterieinnhold i overflatelaget. For stasjons plassering se fig. 1.



I Gandsfjordens dypvann er det observert lange perioder (august 1977 - april 1981) med gjennomgående kritiske oksygenforhold i det dypeste partiet (2,9). Dette skyldes en kombinasjon av dårlig vannutskiftning og oksygenforbruk ved nedbrytning av organisk materiale tilført fra land og via primærproduksjonen i vannmassene. Etter en fullstendig dypvannsfornyelse i april/mai 1981 har oksygenforholdene vært gode. Konsentrasjonene er imidlertid for nedadgående og var i august 1983 ca. 4,2 mg/l (ca. 40 - 45 % metning) i 240 m dyp. (Byveterinæren i Stavanger, upubliserte data.)

Det er risiko for periodisk utryddelse av bunnfisk og andre bunndyr i fjordens dypeste parti.

Algevegetasjonen i 0 - 2 m dyp er for det meste variert og artsrik. Bare på stasjonene nær Sandnes var det i 1981 indikasjoner på forurensningseffekter (overgjødsling, nedslamming, forringede lysforhold). Særlig bar organismesamfunnene på Sandnes havn preg av dårlig vannkvalitet (9).

Bløtbunnsfaunaen i Gandsfjorden ble undersøkt i 1977 (10). Faunaen i fjordens innerste del bar preg av å være belastet, og forholdene på Sandnes havn var ekstremt dårlige. I fjordens dypeste parti (240 m) lengst ute var faunaen fattig og besto bare av hardføre organismer. Dette skyldes oksygensvikten i vannmassene.

#### 4.2 Forurensning av miljøgifter

I 1973 ble det påvist betenkelig høye konsentrasjoner av kvikksølv i stasjonær fisk og i skjell i indre del av Gandsfjord. Kvikksølvet stammet fra et utslipp fra Rørvalseverket på Forus (11). Byveterinæren i Stavanger frarådet da folk å spise stasjonær fisk, blåskjell og 0-skjell fra denne delen av fjorden. Advarselen gjelder fortsatt selv om utslippet forlengst er stoppet.

Analyser av tang de senere år har vist avtakende kvikksølvkonsentrasjoner, men analyseresultater for fisk og skjell mangler.

Konsentrasjonene av andre metaller i tang er moderat til lave over hele fjordområdet (9).

Analyser av PAH i albueskjell i 1980-81 viste lave til moderate konsentrasjoner. Konsentrasjonene var lavere i 1981 enn i 1980 (9).

En sedimentundersøkelse i 1976 viste forhøyede konsentrasjoner av kvikksølv, bly og til en viss grad også sink (12).

#### 4.3 Virkning på brukerinteresser

I de ytre områder av fjorden der bading pågår, er vannkvaliteten generelt sett tilfredsstillende for dette formålet. Nær utslipp av kloakk bør bading imidlertid ikke forekomme, og der kan vannet også være estetisk skjemmende.

For fisk og fiske forårsaker sviktende oksygenkonsentrasjoner i dyp-lagene ulemper. Hvorvidt kvikksølvkonsentrasjonene i nærheten av Forus fremdeles er så høye at det setter begrensninger på konsumet, er ikke klarlagt.

Ellers er de betydelige luktulempene nær Sandnes havn til almen sjenanse, og forholdene er lite tilfredsstillende for befolkningen i området.

## 5. TILTAK FOR UTSLIPPSREDUKSJONER

### 5.1 Beskrivelse av alternativene

De forurensningsmessige vurderinger som er gjort så langt, begrenser seg til Gandsfjorden. Det eksisterer imidlertid planer om felles avløpsløsninger som også omfatter hele Stavanger, i tillegg til områdene rundt Gandsfjorden.

Derfor vil kostnadsberegningene i dette kapitlet også omfatte områder utenfor Gandsfjordens nedslagsfelt. Forurensningsmessige vurderinger er konsentrert om Gandsfjorden.

#### 5.1.1 Kommunale utslipp

De kommunale utslippene er helt dominerende mengdemessig og for Gandsfjordens tilstand. Følgende alternativer drøftes:

##### Alt. 0:

Samling av avløpsvannet til dyputslipp ved Forus i Gandsfjorden. Ingen rensing. Kapasitet 90 000 P.E.

##### Alt. 1:

Bygging av renseanlegg ved Forus i Gandsfjorden. Renseprinsipp primærfelling med dimensjonerende kapasitet tilsvarende 90 000 P.E. Renseanlegget forutsettes ferdig i 1986. Tilførselsledning til renseanlegget og utslippsledning fra renseanlegget bygges samtidig.

Et primærfellingsanlegg med kapasitet for 140 000 P.E. bygges ved Byfjorden i år 2000.

I dette alternativet innspares to pumpestasjoner og en overføringsledning som ellers vil bli nødvendig i alternativ 2.

##### Alt. 2:

All kommunal kloakk samles til ett utslipp i Byfjorden. Her etableres et renseanlegg med kapasitet tilsvarende 230 000 P.E. i år 1993.

### 5.1.2 Industri

En del bedriftsinterne tiltak er aktuelle. Tiltak i industrien utover det som allerede er gjennomført har liten reell betydning for Gandsfjorden totalt. Om tiltak er ønskelig ut fra hensynet til lokale forhold må vurderes fra sak til sak. Da det tiltaket som virkelig betyr noe (kommunale utslipp) beregnes med såpass grove anslag, er ytterligere industriltak ikke tatt med i dette eksempelet.

### 5.1.3 Landbruk

Et tiltak innen landbruket som kan ha en viss betydning er minking av gjødselsmengdene. Fylkeslandbrukskontoret mener det foregår en overgjødsling tilsvarende ca. 20 %. Tiltak for å begrense overgjødslingen må man regne med blir gjennomført. Forøvrig vil begrensnings av overgjødslingen ikke koste noe. Tvert i mot vil en kunne tjene på dette tiltaket.

Et annet tiltak er å hindre at gjødsel spres på frossen mark, og til tider da avrenningen er stor, dvs. vinterstid. Det store problemet er for små gjødselkjellere.

På bakgrunn av de vurderinger som er gjort i punkt 5.2, tas ikke landbrukstiltak inn i kostnadsberegningene i dette eksempelet.

## 5.2 Virkn timer på vannkvaliteten

Forurensningstilstanden i Gandsfjorden er beskrevet i kapitel 4. Her vurderes hvilke virkninger på vannkvaliteten de ulike tiltaksalternativene kan ventes å få.

### 5.2.1 Alternativ 0. Dyputslipp ved Forus ( 90 000 P.E.) - ingen rensing

Ved et dyputslipp oppnås vanligvis to fordeler umiddelbart:

- Tilstanden i strandsonen og på gruntvannsområder forbedres ved at utslippet kan legges langt fra land.

- Vannkvaliteten i overflatelaget forbedres ved at avløpsvannet innlagres etter betydelig fortykning (lavere planteplanktonproduksjon, redusert antall bakterier og virus).

Ved et utslipp av denne størrelsen ( $0,4 - 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ) og tidvis svak tetthetssjiktning, bør man anvende diffusor og stort utslippsdyp for å sikre innlagring og god primærfortynning av avløpsvannet. Ved utslipp på 40 m dyp og 5 diffusorhull vil avløpsvannet i sommerhalvåret vanligvis innlagres i 10 - 15 m dyp med 60 - 100 x fortykning. Ved liten tetthetssjiktning - f.eks. vinterstid - kan avløpsvannet nå overflaten, men med større fortykning (13).

Dette alternativet vil klart gi en vesentlig forbedring av vannkvalitet og biologiske forhold i området like utenfor Sandnes, og i nærheten for tidligere overflateutslipp lenger ute i fjorden. Sett i forhold til belastningen i 1983 betyr alternativet imidlertid en økning for fjorden som helhet (for fosfor ca. 30 %, nitrogen ca. 23 %, organisk stoff ca. 27 %), som det er tvilsomt innlagring og fortykning av avløpsvannet alene kan kompensere for.

Under de skiftende strøm- og innlagringsforhold som råer i fjorden er det usannsynlig at dette alternativet gir den ønskede vannkvaliteten i Forus-området, snarere perioder med vesentlig dårligere forhold enn nå. Planktonproduksjonen i fjordens hovedvannmasser og oksygenproblemer i fjordens dypvann ville neppe bli redusert. Rundt utslippet vil sannsynligvis nedslammingen fra det partikulære materiale i avløpsvannet påvirke/ødelegge bunnfaunaen over  $100 - 200 \text{ 000 m}^2$  (14).

#### 5.2.2 Alternativ 1. Dyputslipp ved Forus (90 000 P.E.) - primærfelling

Sett i forhold til 1983 avtar utslippene av totalfosfor og organisk stoff med h.h.v. 65 % og 39 %, mens utslippene av total-nitrogen øker med 6 % - alt regnet for hele Gandsfjorden. Utslippene av ortofosfat avtar med 93 %, fra 43 tonn/år i 1983 til 3 tonn/år, mens utslippene av nitrat + ammonium øker med 45 % fra 425 tonn/år til 616 tonn/år.

For indre del av Gandsfjord blir reduksjonen h.h.v. 92 % (ortofosfat), 50 % (nitrat + ammonium) og 70 % (org. stoff), alt i forhold til belastningen i 1983. Man må imidlertid regne med at reduksjonen i virkeligheten blir noe lavere, ettersom strømforholdene i området vil bidra til at en del av stoffene som slippes ut ved Forus føres innover mot Sandnes.

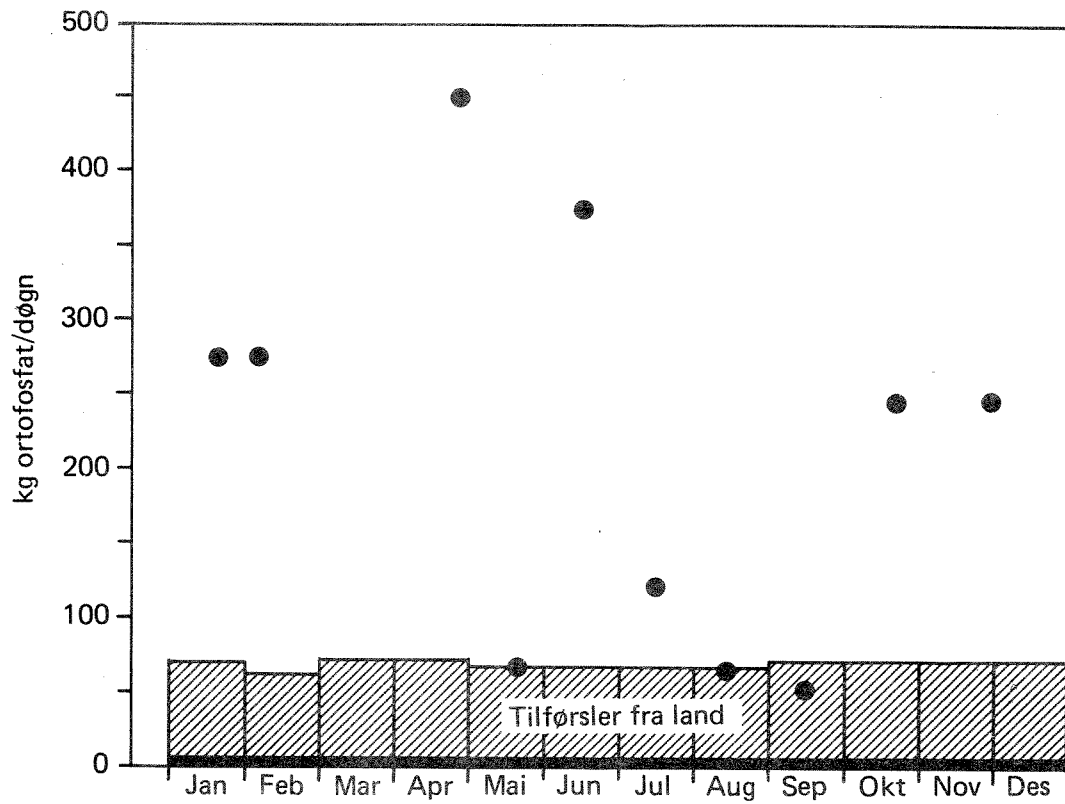
Tilførslene av plantenæringsstoffer til fjordens overflatelag kommer fra land og ved innblanding av nærliggende vannmasser. I fjorder med god vannutskiftning vil ofte det siste bidraget dominere.

Gjennomsnittlig oppholdstid for fjordens overflatelag er beregnet til ca. 2 uker (15). Utslippene i vinterhalvåret inntil 2 - 3 uker før den første planktonoppblomstringen har dermed liten eller ingen betydning for primærproduksjonen. I en vurdering av produksjonsforholdene i fjorden sommerstid, må derfor tilførslene for dette tidsrommet beregnes spesielt - også fordi de kan variere mye over året. Dette er gjort for indre fjordområde i figur 5.

Figuren illustrerer at dette alternativet gir betydelige utslag på fosforbudsjettet for indre del av Gandsfjord i sommerhalvåret. Tabell 4 viser hvilke endringer man kan vente å få i fosfor- og nitrogenkonsentrasjoner i overflaten utenfor Sandnes (16). I sommerhalvåret kan konsentrasjonene av totalfosfor, ortofosfat og totalnitrogen være redusert med h.h.v. 50 - 90 %, ca. 90 % og 60 - 80 %.

En enkel fortynningsmodell for hele Gandsfjordens overflatelag antyder at utslippene ved alt. 1' vinterstid i middel gir en konsentrasjonsøkning på ca. 1 µg P/l som totalfosfor og ca. 20 µg N/l som totalnitrogen. Dette er svært lite. Tilsvarende tall for 1983 var 3 µg P/l og 20 µg N/l (6).

Det finnes ikke opplysninger om ammonium-konsentrasjonene i fjorden, og dermed heller ikke grunnlag for å vurdere hvordan forholdet mellom biologisk tilgjengelig nitrogen og fosfor i vannmassene vil endres. Grove overslag antyder likevel at man i indre område vil opprettholde en overveiende nitrogenbegrenset algevekst i sommerhalvåret, med en teoretisk reduksjon i biomasseproduksjonen på 30 - 40 %.



Figur 5. Transport av ortofosfat til indre del av Gandsfjorden gjennom vannutskiftning i overflatelaget for 10 tidspunkt i 1981, samt beregnet tilførsler fra land. Mørk skraver angir tilførslene etter overføring til Forus og rensing.

For hele fjordområdet i 1983 antyder de samme beregningene en overveiende nitrogenbegrenset algevekst i sommerhalvåret. Alternativ 1 gir økte utslipp av nitrogen og beregninger antyder nær balanse mellom N og P i år 2000, evt. en svak fosforbegrensning. Biomasseproduksjonen reduseres ikke, tvertimot er det sannsynlig med en viss økning i sommerhalvåret.

Selv om de direkte utslippene av organisk stoff avtar i forhold til 1983, så er det dermed tvilsomt om dette alternativet gir noen bedring i oksygenforholdene i fjordens dypvann. Vurderingen er skjønsmessig ettersom man ikke har grunnlag for å beregne den organiske belastningen på fjordens dypvann.

Det alt vesentlige av E.coli og virus tilfører i dag fjorden fra kommunal kloakk. Dette alternativet vil i teorien nærmest eliminere de store hygieniske problemene i indre område. I praksis må man nok allikevel regne med problemer p.g.a. overvann, utette ledninger evt. tidvis påvirkning for dyputslippet ved Forus. Under ugunstige forhold (gjennomslag til overflaten, innlagring nær overflaten, strøm mot land m.v.) er det sannsynlig at man i et område rundt dypvannsutslippet vil få høye bakteriekonsentrasjoner i overflatelaget nær land.

Bortsett fra manglende dokumentasjon av kvikksølvinnholdet i fisk og skjell i nærheten av Forus, kan man se bort fra miljøgiftproblemer i fjorden. Det er ikke sannsynlig at slike vil oppstå ved gjennomføringen ved dette alternativet ettersom en betydelig del av miljøgiftene holdes tilbake i denne type renseanlegg (17) og p.g.a. innlagring og stor fortynning av avløpsvannet.

Totalt sett vil dette alternativet gi vesentlige bedringer i vannkvalitet og biologiske forhold, spesielt i fjordens indre del. Det er imidlertid tvilsomt om man oppnår noen bedring av oksygenproblemene i fjordens dypvann.



Tabell 4. Beregnede konsentrasjoner av totalfosfor, ortofosfat og totalnitrogen i overflatelaget utenfor Sandnes, for 5 situasjoner i 1981, og etter overføring til Forus.

Dato	Stoff	Før	Etter
28.04.81	TOT-P $\mu\text{g/l}$	65	32
	PO <sub>4</sub> -P "	25	6
	TOT-N "	454	294
19.05.81	TOT-P $\mu\text{g/l}$	136	98
	PO <sub>4</sub> -P "	25	1
	TOT-N "	1030	844
15.07.81	TOT-P $\mu\text{g/l}$	244	16
	PO <sub>4</sub> -P "	162	10
	TOT-N "	1416	321
15.09.81	TOT-P $\mu\text{g/l}$	46	13
	PO <sub>4</sub> -P "	23	2
	TOT-N "	273	116
30.11.81	TOT-P $\mu\text{g/l}$	177	98
	PO <sub>4</sub> -P "	105	52
	TOT-N "	1793	1414

### 5.2.3 Alternativ 2. Overføring av avløpsvannet til Byfjorden

I tabell 5 er utslippene til Gandsfjorden ved dette alternativet sammenlignet med 1983-tallene og alternativ 1. Tallene er årsmidler.

Tabell 5. Utslipp til Gandsfjorden ved ulike alternativer. Belastningen ved alt. 2 er gitt i absolutte tall, og i % av belastningen ved alt. 1 og belastningen i 1983.

Stoff	Alt. 2	Belastningen ved alt. 2 i % av belastningen i	
		Alt. 1	1983
Tot-P	10 tonn/år	40 %	14 %
PO <sub>4</sub> -P	1 "	33 %	2 %
Tot-N	187 "	36 %	38 %
NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub>	187 "	30 %	44 %
BOF <sub>7</sub>	350 "	26 %	16 %

Sett i forhold til alternativ 1, er alternativ 2 bedre. Samme enkle fortynningsbudsjett som brukt ved alt. 1 for hele fjorden antyder en midlere konsentrasjonsøkning på 1  $\mu\text{g/l}$  for totalfosfor, og 5 - 10  $\mu\text{g N/l}$  for totalnitrogen vinterstid. Av figur 3 fremgår at nitrogenbidraget vil være spesielt lite sommerstid, teoretisk ca. 30 kg ortofosfat og 50 kg ammonium og nitrat pr. dag.

Et usikkerhetsmoment ved dette alternativet er imidlertid transporten av forurensende stoffer fra utslippsområdet i Byfjorden til Gandsfjorden. NHL (19) har anslått at en slik transport til Gandsfjordens munningsområde vil skje ca. 25 % av tiden, men at bare en mindre del vil bevege seg videre innover fjorden. God innlagring og primærfortynning i Byfjorden vil imidlertid redusere denne effekten.

Det er klart at eutrofiproblemene i Gandsfjordens overflatelag vil være løst ved dette alternativet, eventuelt bortsett fra mindre lokale problem. De hygieniske problem (bakterier og miljøgifter) vil også være vesentlig mindre enn for alternativ 1. Hvor mye den organiske belastningen på fjordens dypvann vil avta i forhold til 1983 kan det ikke sies noe sikkert om. Data fra 1. halvår 1983 viser et midlere oksygenforbruk på ca. 0,11 mg pr. l og uke i 240 m dyp. Etter en stor dypvannsutsiftning som øker oksygenkonsentrasjonene til 6 - 7 mg O<sub>2</sub>/l om våren, kan dermed oksygenkonsentrasjonen ha avtatt til 3 - 4 mg O<sub>2</sub>/l etter et halvt år, og være i det kritiske området allerede etter 8 - 10 måneder, dvs. før neste større dypvannsutsiftning eventuelt inn-treffer om våren eller forsommeren. Til tider vil det gå 2 - 3 år mellom hver stor dypvannsfornyelse (f.eks. 1979 - 81). Dette illustrerer at oksygenforbruket i fjordens dypvann må reduseres til mellom 1/3 og 1/6 av forbruket i 1983 hvis fjordens oksygenproblemer skal bli eliminert.

Om dette oppnås ved alternativ 2 er usikkert, dels på grunn av bidraget fra utslippet til Byfjorden, dels fordi man ikke kjenner fjordens opprinnelige tilstand og framfor alt fordi man ikke har grunnlag for å beregne den organiske belastningen på dypvannet verken for 1983, for alt. 1 eller alt. 2. Det bør imidlertid ikke være tvil om at omfanget av vannmassen som kan oppleve oksygenproblem vil avta, likeså hyppigheten og varigheten av perioder med oksygenproblem.

Avslutningsvis understrekes at det ved valg av rensegrad for utslippet til Byfjorden, må legges vekt på minst mulig påvirkning av Gandsfjorden.

### 5.3 Kostnader for kommunale tiltak

#### 5.3.1 Grunnlag for kostnadsberegningene

Ut fra vurderingene i avsnitt 5.2 behandles alt. 0 ikke videre. Anlegg og utgifter som kommer både i alt. 1 og alt. 2 holdes utenfor. Alle kostnader er beregnet slik at det er forskjellen mellom alternativene som kommer frem.

Utgangspunktet for beregningene er et transportsystem for fullstendig samling (alt. 2). Rensekostnader for hvert av alternativene beregnes separat. Beregningene baseres på opplysninger fra I.V.A.R. (19).

Differanseinvesterings nåverdi- og årskostnader er beregnet med 7 % rente. Årskostnadene for investeringene er fordelt over 30-års tilbakebetalingstid.

Det er regnet nåverdi av driftskostnadene i 30 år fra år 1983. Begrunnelsen for ikke å gå lenger er:

- a) Levetiden på renseanlegget og sannsynlig ny teknologi om 30 år tilsier at man ikke ser lenger inn i fremtiden.
- b) Nåverdien av en investering om 30 år ved 7 % rente blir relativt ubetydelig.

#### 5.3.2 Investering- og driftskostnader

I tabell 6 er kostnadsberegningene vist. Kostnaden med den del av transportsystemet som er felles for alternativene, er ikke medtatt.

Investeringstidspunktene er satt ut fra en realistisk vurdering av mulighetene for å gjennomføre de ulike tiltakene.

Tabell 6. Kostnadsberegninger for alt. 1 og alt. 2.

Alt. 1. Renseanlegg i Gandsfjorden og Byfjorden - Kostnader.

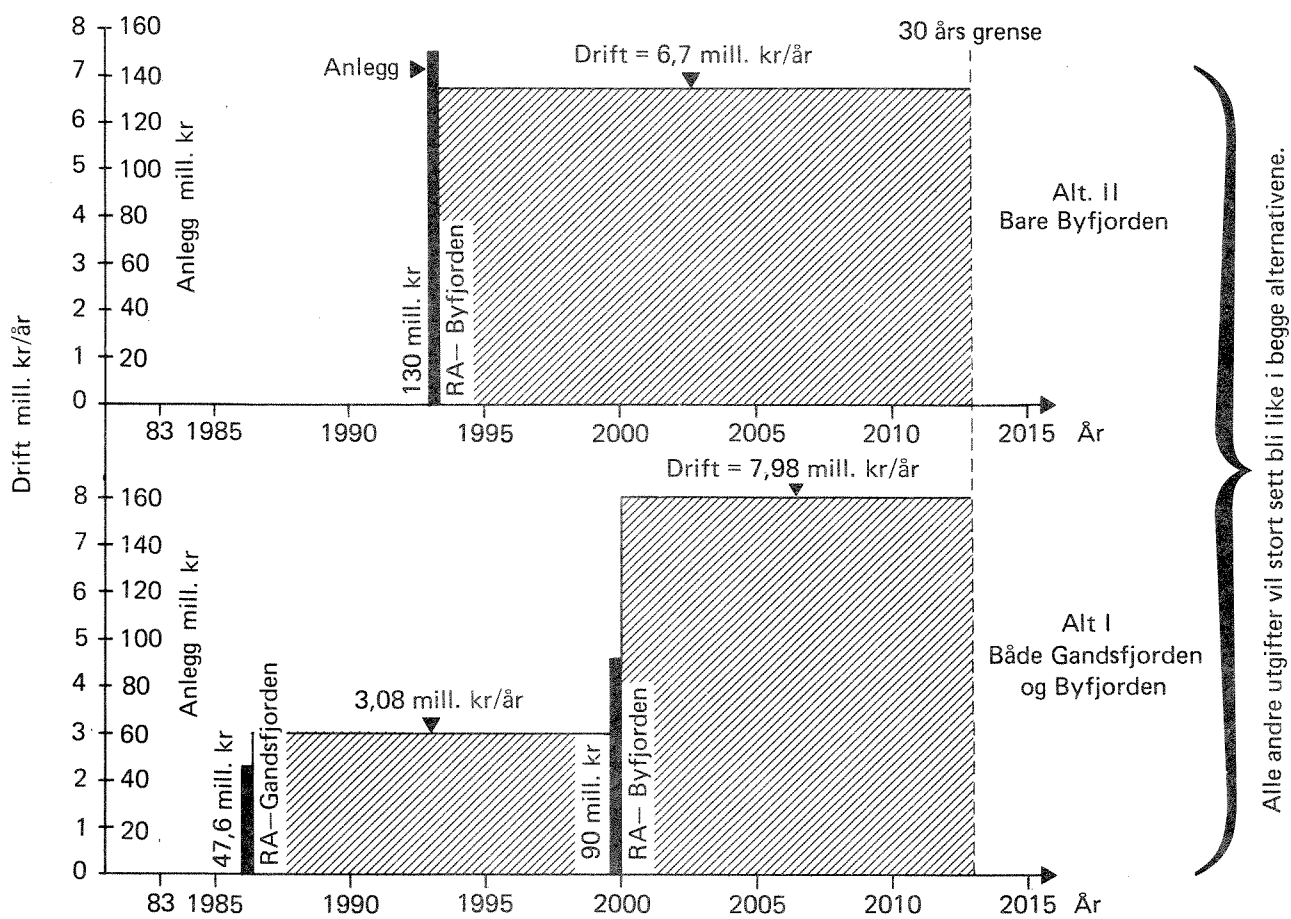
Anleggskomponent	Anleggskostnad mill. kr.	Anlegg ferdig år	Årlig drifts- og vedlikehold mill. kr/år
Renseanlegg ved Forus (90 000 P.E.)	64,0	1986	3,7
Pumpestasjon for renseanlegg ved Forus	3,0	1986	0,1
Utslippsledning fra renseanlegg ved Forus samt tilførselsledninger	3,6	1986	0,02
Anlegg som overflødiggjøres: 3 km overføringsledning til Byfjorden	- 10,0	1986	- 0,04
Anlegg som overflødiggjøres: 2 pumpestasjoner på overføringen til Byfjorden	- 13,0	1986	- 0,69
Renseanlegg ved Byfjorden (140 000 P.E.)	90,0	2000	4,9

Alt. 2. Renseanlegg ved Byfjorden - Kostnader.

Renseanlegg ved Byfjorden	130,0	1993	6,7
---------------------------	-------	------	-----

Investeringsplan og årlige driftsutgifter er vist i figur 6 for de to alternativene.

Figur 7 viser alternativenes årskostnader i perioden år 1986 til år 2030. Beregnet nåverdi for alternativene er vist i tabell 7.

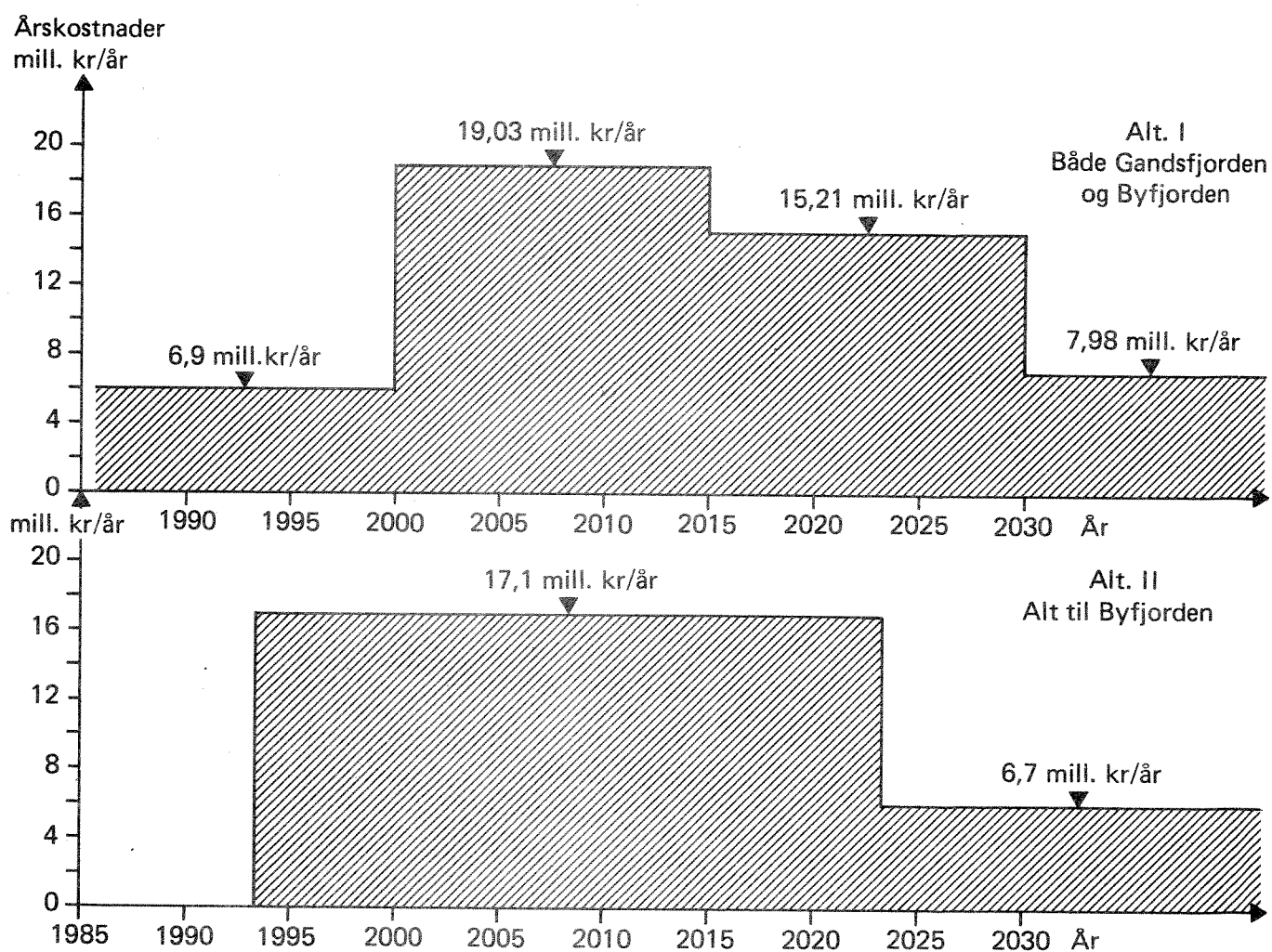


Figur 6. Investeringer og driftsutgifter.

Tabell 7. Nåverdi og årskostnader for alt. 1 og alt. 2.

Alternativ	Nåverdi i år 1983 av investeringer og driftsutg. mill. kr.
Alt. I. Renseanlegg i Gandsfjorden i 1986 og renseanlegg i Byfjorden i 2000.	110,4
Alt. II. Renseanlegg i Byfjorden i år 1993	102,0

Forskjellen i nåverdi er 8,4 mill.kr.



Figur 7. Årskostnaden ved alternativ 1 og 2.

## 6. SAMLET VURDERING

### 6.1 Innvirkning på bruksinteresser

#### Alt. 0: Dyputslipp ved Forus (90 000 P.E.), ingen rensing

vil ikke gi nødvendig bedring i fjordens forurensningstilstand, og er ikke aktuelt for å oppfylle brukerinteressenes krav til vannkvalitet.

#### Alt. 1: Dyputslipp ved Forus (90 000 P.E.), primærfelling

gir en markert bedring i vannkvaliteten og biologiske forhold, spesielt i fjordens indre del. Med unntak for nærsone ved utslippet og innerst ved Sandnes vil det sannsynligvis oppnås tilfredsstillende vannkvalitet for alle brukerinteresser, bortsett fra fisk og fiske. Det er tvilsomt om det oppnås bedring i oksygenproblemene i fjordens dypvann.

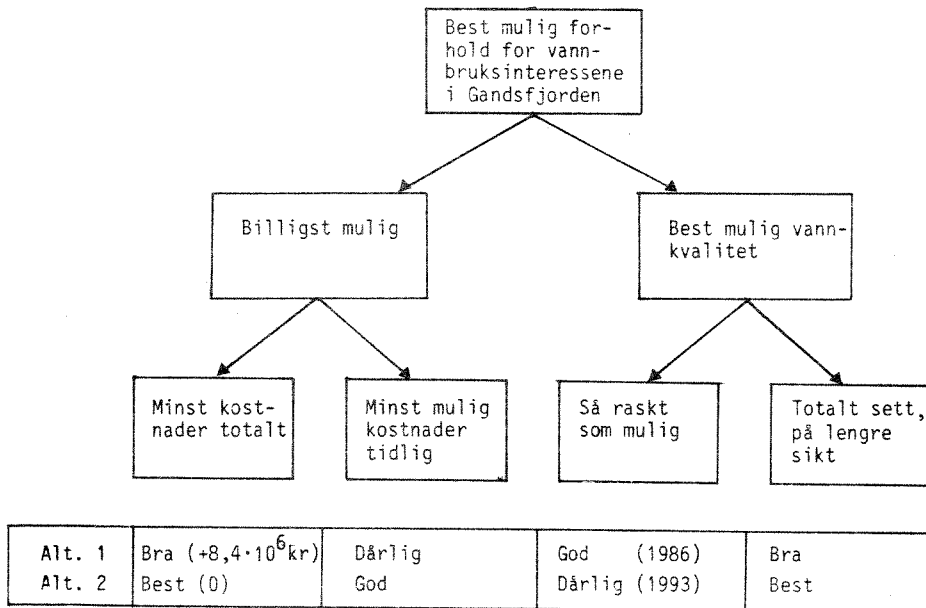
#### Alt. 2: Overføring av avløpsvannet til Byfjorden

gir tilfredsstillende vannkvalitet for alle brukerinteresser i Gandsfjorden og vesentlig klarere vann enn for alt. 1. Oksygenproblemene i dypvannet vil bli redusert, men det er usikkert om de blir løst. Usikkerheten henger delvis sammen med størrelsen av transporten av plantenæringsstoffer og organisk stoff fra utslippet i Byfjorden og til ytre del av Gandsfjorden.

Vurderingen ovenfor knytter seg kun til Gandsfjorden. I hvor stor grad alternativ 2 flytter problemer fra Gandsfjorden til Byfjorden, er ikke grundig vurdert. Alternativ 2 betyr imidlertid en vesentlig større belastning på Byfjorden enn alt. 1, og noe ugunstigere effekter for interessene i Byfjorden må påregnes.

### 6.2 Prioritering av alternativ

Totalt sett ønskes best mulig forhold for samtlige vannbruksinteresser i Gandsfjorden så raskt som mulig, og til minst mulig kostnad. I figur 8 er et eksempel på målhieraki satt opp.



Figur 8. Eksempel på målhieraki og måloppfyllelse.

Billigst mulig løsning er splittet i to komponenter, billigst mulig totalt sett og minst mulig utgifter tidlig.

Kostnadmessig er alt. 2 beregnet å være 8,4 mill. kr. billigere enn alt. 1, regnet i nåverdi. Sett i forhold til det totale investeringsbeløpet, er denne forskjellen liten.

Denne forskjellen i nåverdi henger nær sammen med forskjellige investeringstidspunkter i alternativene. I alt. 1 investeres tidlig og i alt. 2 syv år senere.

Best mulig vannkvalitet er også splittet i to komponenter: bedring så raskt som mulig, og bedring totalt sett. Forskjellen i investeringstidspunktene fører også til at forbedringen i vannkvaliteten forventes inntre 7 år tidligere i alternativ 1 enn i alternativ 2. Totalt sett forventes imidlertid noe bedre vannkvalitet ved alt. 2 enn ved alt. 1.

Det endelige valg av alternativ vil være avhengig av hvilken vekt man tillegger de ulike komponentene i målhierakiet.



Alt. 2 er gunstigere for vannkvaliteten og brukerinteressene i Gandsfjorden på lang sikt, og er økonomisk den beste løsningen. På kort sikt oppnås liten forbedring i vannkvaliteten i Gandsfjorden, når det forutsettes at overføring til Byfjorden ikke skjer før renseanlegget er ferdig i 1993.

Forholdene i Byfjorden er ikke studert i detalj i denne analysen. En overføring av avløpsvannet til Byfjorden før renseanlegget der er i funksjon, vil imidlertid gi betydelige lokale ulemper i Byfjorden, men god bedring av vannkvaliteter i Gandsfjorden.

Fordelen med alternativ 1 er at det gir en vesentlig bedring av forholdene i Gandsfjorden nokså snart. En forskjell i differanseinvesteringens nåverdi på 8,4 mill. kr. er en forholdsvis liten kostnad for en tidlig bedring av forholdene i Gandsfjorden.

## 7. LITTERATUR

- (1) Byingeniøren i Stavanger: Revidert kloakkrammeplan 1981/2000. Stavanger kommune, 3.12.1981.
- (2) Regionplankontoret for Jæren: Resipientundersøkelser av fjordene rundt Stavangerhalvøya. Regionplankontoret for Jæren, 1.10.1979.
- (3) Personlige opplysninger fra Byveterinæren i Stavanger, byingeniøren i Sandnes, representanter for I.V.A.R., byingeniøren i Stavanger og Rogaland fylkes miljøvernnavdeling.
- (4) Overvåking av fjordsystemene rundt Stavangerhalvøya 1977 - 1979. Rapport 1A og 1B 1979. Byveterinæren i Stavanger 1979.
- (5) Resipientundersøkelser i Sjøområdene i Stavangerregionen. Rapport nr. 1. Generelle forhold - Forurensningstilførsler - Tidligere undersøkelser. 0-197/71 - NIVA, 1974.
- (6) Molvær, J., 1983: Vurdering av rensekrav for utslipp av kommunalt avløpsvann til sjøresipienter. Rapport 2: Forsøksvis oppstilling av massebudsjetter for nitrogen og fosfor. NIVA-rapport 0-81006-I, Oslo.
- (7) Byingeniørkontoret i Sandnes: Personlige opplysninger.
- (8) Rognerud, B.: Personlige opplysninger, 1983.
- (9) Bokn, T. og Knutzen, J., 1982: Overvåking av Gandsfjorden og Byfjorden, Stavanger, 1981. NIVA-rapport 0-80003-04-II, Oslo. Statlig program for forurensningsovervåking 56/82.
- (10) Johannessen, P.J., 1977: Resipientundersøkelse av fjordene rundt Stavanger og Sandnes med hovedvekten lagt på bunnforhold og bunndyr. Inst. for Marinbiologi, Univ. i Bergen.
- (11) Kjos-Hanssen, 1974: Punktutslipp av metallisk kvikksølv i marint miljø (Gandsfjorden). Industri og Miljø 6:9-11.
- (12) Bokn, T. og Skei, J., 1978: Kjemisk/biologiske undersøkelser i fjordene omkring Stavanger-halvøya september 1976. NIVA-rapport 0-76082, Oslo.
- (13) McClimans, T.A. og Berge, F.S., 1983: Fysiske vurderinger av resipientforhold i Vistevika, Riskafjorden og Gandsfjorden. Sammendrag. NHL-rapport nr. 2 - 83045.
- (14) Molvær, J., Kvalvågnæs, K. og Øren, K., 1983: Vurdering av rensekrav for utslipp av kommunalt avløpsvann til sjøresipienter. Rapport 5: Nedslamming og forsøpling av bunnen ved utslipp av kommunalt avløpsvann. 0-81006-IV, NIVA 1983.
- (15) Jacobsen, P., McClimans, T.A. og Thendrup, A., 1982: Vurdering av rensekrav for sjøresipienter. Del 1: Dominerende fysiske prosesser i fjorder og kystfarvann. NHL-rapport nr. 2 - 83033. Trondheim.

- (16) Stigebrandt, A., 1983: Modellering av de fysiska, kemisk-biologiska och bakteriologiska förhållandena i inre Gandsfjorden. NIVA notat, 0-83087, Oslo.
- (17) Knutzen, J. og Øren, K., 1983: Vurdering av renskrav for utslipp av kommunalt avløpsvann til sjøresipienter. Rapport 4: Avløpsvannets innhold av miljøgifter. NIVA-rapport 0-81006-II, Oslo.
- (18) Mathisen, J.P., Nittve, A., Sægrov, S. og Thendrup, A., 1977: Resipientundersøkelse ved Stavangerhalvøya. Marinfysiske vurderinger av utslipp i Byfjorden og Gandsfjorden. VHL-rapport nr. STF 60 F-78004, Trondheim.
- (19) Ravndal, Folkvard, I.V.A.R.: Pers. opplysninger, 1983.
- (20) Dybing, E. og Underdal, B., 1981: Humantoksikologiske aspekter vedrørende klorerte hydrokarboner og tungmetaller i fisk, med spesielle referanse til Grenlandsfjordområdet. Rapport fra Statens institutt for folkehelse og Norges Veterinærhøgskole, Oslo.
- (21) Statens institutt for folkehelse; Kvalitetskrav til vann. Utgitt av Sosialdepartementet, Helsedirektoratet. Rev. utgave av nov. 1976.