

# 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: 0-81006
Undernummer:
Løpenummer: 1469
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: VURDERING AV RENSEKRAV FOR SJØRESIPIENTER Rapport 2. Forsøksvis oppstilling av massebudsjetter for nitrogen og fosfor	Dato: 16/3-1983
	Prosjektnummer: 81006
Forfatter(e): Jarle Molvær	Faggruppe: Hydroøkologi
	Geografisk område: Norge
	Antall sider (inkl. bilag): 45

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn	Oppdrags ref. (evt. NTNF-nr.):
---	--------------------------------

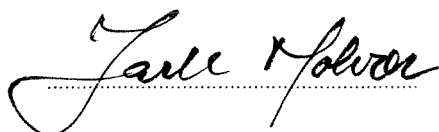
Ekstrakt:

Enkle massebudsjetter for tilførsel av plantenæringsalter til overflate- laget er satt opp for tre fjordområder. Resultatene tyder på at slike budsjetter kan gi verdifull informasjon om belastningen med kommunalt avløpsvann sett i forhold til andre kilder. Ved bruk av denne type budsjetter vil det være særlig viktig med en god beskrivelse av tidsvariasjonene i tilførslene fra land og i vannutskiftningen.

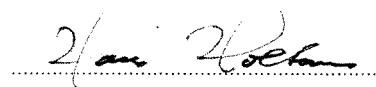
4 emneord, norske:
1. Kommunalt avløpsvann
2. Plantenæringsalter
3. Budsjetter
4. Eutrofi

4 emneord, engelske:
1. Municipal sewage
2. Plant nutrients
3. Budgets
4. Eutrophication

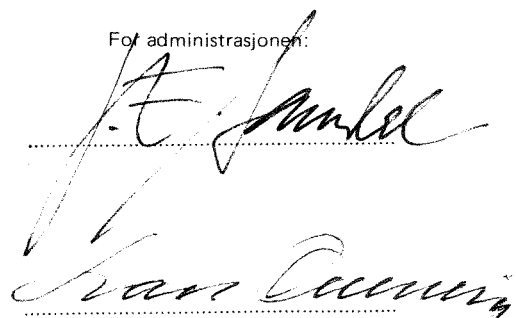
Prosjektleder:

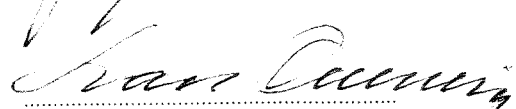


Divisjonssjef:



For administrasjonen:





ISBN 82-577-0601-9

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
OSLO

0-81006

VURDERING AV RENSEKRAV FOR SJØRESIPIENTER

Rapport 2. Forsøksvis oppstilling av massebudsjetter

for nitrogen og fosfor

Oslo, 16. mars 1983

Prosjektleder : Jarle Molvær

Medarbeider : Kjell Øren

## FORORD

Foreliggende rapport er utarbeidet av NIVA etter oppdrag fra Statens forurensningstilsyn.

Arbeidet inngår som en del av prosjektet "Vurdering av rensekrav for utslipp av kommunalt avløpsvann til sjøresipienter" som gjennomføres av NIVA og NHL. Formålet med prosjektet er å ajourføre og sammenstille kunnskap om resipientforhold og forurensningsvirkninger ved utslipp av kommunal kloakk til sjø som har fremkommet siden St. meld. nr. 107 (1974-75) "Om arbeidet med en landsplan for bruken av vannressursene" ble utarbeidet.

Siv.ing. Kjell Øren har utarbeidet oversiktene over de landbaserte forurensningstilførslene, mens undertegnede har skrevet de øvrige delene av rapporten.

Jarle Molvær

INNHOOLD

	Side:
FORORD	2
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	5
2. INNLEDNING	7
3. FORURENSNINGSTILFØRSLER FRA LAND	9
4. BIDRAG FRA NÆRLIGGENDE VANNMASSER	9
5. EKSEMPLER PÅ BUDSJETTER	11
5.1 Arnavågen	11
5.2 Gandsfjorden	17
5.3 Tromsøundet	23
6. LITTERATUR	27
VEDLEGG 1 - 3	28-45

FIGURFORTEGNELSE

Figur nr:

1. Skjematisk bilde av hovedelementene i et massebudsjett	7
2. Skjematisk fremstilling av sammenheng mellom avstand fra et utslipp og påvirkning for ulike resipienter	8
3. Arnavågen med hydrografistasjoner	12
4. Hovedelementene i et massebudsjett for Arnavågens overflatelag	14
5. Målestasjoner for hydrografi, vannkjemi og bakteriologi innen det statlige overvåkningsprogram, samt avløpssoner for Gandsfjorden.	18
6. Skjematisk fremstilling av transport av plantenæringsalter i Gandsfjorden	22
7. Oversiktskart over Tromsøundet	24

TABELLFORTEGNELSE

Side:

Tabell nr:

1. Karakteristiske data for Arnavågen	11
2. Arnavågen. Fosfortilførsler i tonn/år	13
3. Arnavågen. Nitrogentilførsler i tonn/år	13
4. Budsjett for midlere tilførsler av totalfosfor og ortofosfat til overflatelaget i indre del av Arnavågen	16
5. Forskjell i konsentrasjon av totalfosfor i vinterhalvåret for 0-2 m dyp i Arnavågen og Sørfjorden	17
6. Karakteristiske data for Gandsfjorden	19
7. Gandsfjorden. Fosfortilførsler i tonn/år	21
8. Gandsfjorden. Nitrogentilførsler i tonn/år	21
9. Den effektive vannutskiftning $Q$ ved fortykning av plantenæringsalter tilført Gandsfjorden	22
10. Beregninger av $\Delta C$ og $\Delta C_{\text{målt}}$ for totalfosfor, ortofosfat og totalnitrogen	23
11. Landbaserte tilførsler av fosfor og nitrogen til Tromsøundet	25

## 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

- På grunnlag av tilgjengelige data om tilførsler av fosfor og nitrogen, vannkvalitet og vannutskiftning, er det oppstilt massebudsjetter for Tromsøundet, overflatelaget i Gandsfjorden og overflatelaget i Arnavågen.

Budsjettene er rene fortynningsbudsjetter som ikke inkluderer biologisk aktivitet i vannmassene, og hydrokjemidata fra vinterhalvåret er brukt til verifisering av budsjettene.

- Bare for Arnavågen har det vært mulig å stille opp et noenlunde fullstendig massebudsjett. Budsjettet viser at ca. 2/3 av fosfortilførslene (totalfosfor og ortofosfat) til fjordens overflatelag kommer fra industri og kommunalt avløpsvann. Innblanding av dypvann står for 20-25%.
- For Gandsfjorden var det ikke mulig å stille opp et egentlig massebudsjett. En vesentlig grunn var manglende opplysninger om innblanding av dypereliggende sjøvann i overflatelaget. En enkel fortynningsmodell for overflatelaget i indre del av Gandsfjord gav for fosfor og nitrogen resultater som var i godt samsvar med medianverdier for målinger. Resultatene indikerer at i dette området medfører tilførsler fra land at konsentrasjonene av totalfosfor og ortofosfat i overflatelaget i vinterhalvåret maksimalt ligger 35-45% over referansenivåene. For totalnitrogen viser tilsvarende beregninger at konsentrasjonene kan ligge 20-30 % over referanseverdiene.

Som middel for hele Gandsfjorden antyder beregningene en konsentrasjonsøkning på ca. 1/3 av det som ble beregnet for indre område.

- For Tromsøundet er det gjort tilsvarende beregninger som for Gandsfjord. Resultatene tyder på at tilførslene av ortofosfat fra land gir en midlere økning på ca. 1 µg/l i vannmassene i vinterhalvåret. Sett i forhold til en normalkonsentrasjon på ca. 20-25 µg/l er dette lite.

- De forannevnte resultater tyder på at selv helt enkle og grove budsjetter kan gi verdifulle opplysninger om belastningen på resipientene.
- Effektene på primærproduksjonen i vannmassene ved konsentrasjonsøkninger som antydnet ovenfor ligger utenfor denne rapporten å vurdere. Vi vil imidlertid understreke at betydningen av en viss økning av plantenæringsalter i vannmassen må bedømmes ut fra primærproduksjonen i sommerhalvåret, der "normalkonsentrasjonene" kan være meget lave.
- Det viste seg vanskelig å stille opp budsjetter på grunnlag av det eksisterende datamaterialet. Hovedgrunnen er at dette materialet er inhomogent. Forurensningstilførslene fra land er beregnet som årsmidler. Volumtransporten i vannmassene foreligger som midlere verdier, og målingene av næringssaltkonsentrasjonene i vannmassene er strengt tatt "øyeblikksverdier" eller i beste fall representative for konsentrasjonene over noen dager. Dette gjør verifisering av budsjettene vanskelig.

Ved senere oppstilling av budsjetter er det viktig at man har en rimelig oversikt over tidsvariasjonen i tilførslene fra land. En annen vesentlig faktor er vannutskiftningen, som også kan variere mye med tiden. Hvor detaljerte opplysninger som her kreves må avgjøres på grunnlag av den nøyaktigheten som man ønsker for det aktuelle massebudsjettet.

- Det er klart vanskeligere å utarbeide budsjetter for vannforekomster som Gandsfjorden og Tromsøundet enn for ferskvannspåvirkede terskefjorder som Arnavågen. I det videre arbeid bør det legges størst vekt på å beskrive problemer/effekter på førstnevnte type resipienter.
- Særlig for slike resipienter er det viktig å avgrense influensområdet for utslippene. Her er sommerhalvåret det mest interessante tidsrom. For å framstille både påvirkning og effekter av et utslipp må modeller eller budsjetter såvidt mulig også omfatte primærproduksjonen i overflatelaget.

## 2. INNLEDNING

Utover i 80-åra må miljøvernmyndighetene sentralt og lokalt ta standpunkt til spørsmål om rensing og utslipp av kommunalt avløpsvann fra et stort antall byer og tettsteder langs kysten.

Her dreier det seg om et vidt spektrum av resipienter med forskjellig resipientkapasitet, fra de mest innelukkede poller til helt åpent kystfarvann. Man vil stadig stå overfor meget vanskelige avgjørelser ved valg av utslippssted, utslippsarrangement og fastsettelse av renskrav for avløpsvannet.

Ved en vurdering av utslippssted og rensegrad bør en bl.a. ha best mulig kjennskap til hvor stor påvirkning avløpsvannet vil utgjøre. For å kunne bedømme dette er det nødvendig både å kjenne avløpsvannets innhold av forurensninger og det relative bidrag dette utgjør for resipienten. Dette kan gjøres ved oppstilling av massebudsjetter for de forurensende stoffene der bidragene fra de forskjellige kildene inngår. Hovedelementene i et slikt massebudsjett for overflatelaget i en fjord er skjematisk illustrert i fig. 1.

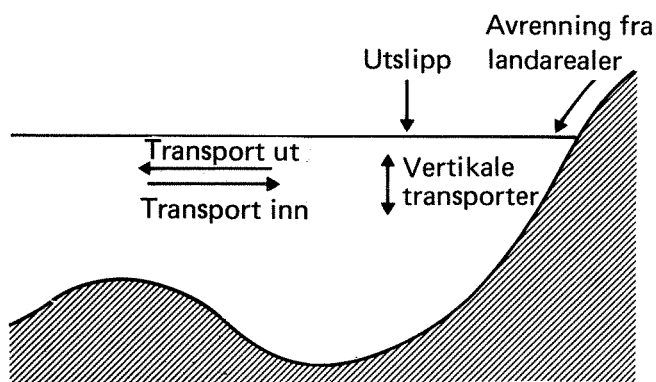


Fig. 1. Skjematisk bilde av hovedelementene i et massebudsjett.



Påvirkning fra et utslipp av kommunalt kloakkvann og effektene på organisme-samfunnene vil avta med økende avstand fra utslippet. Skjematisk sett kan dette framstilles slik, for tre typer av resipienter (fig. 2).

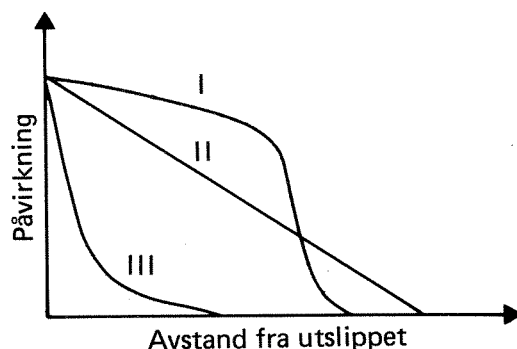


Fig. 2. Skjematisk fremstilling av sammenheng mellom avstand fra et utslipp og påvirkning for ulike resipienter.

I fig. 2 kan kurve I illustrere sammenheng mellom påvirkning og avstand for en belastet liten fjord som munner ut i åpen kyst eller hav. En svak resipient i dette tilfelle. Kurve III framstiller en god resipient, der påvirkningen er lokal. Kurve II illustrerer en mellomtype.

I denne rapporten skal vi først kort gjennomgå grunnlaget for oppstilling av massebudsjetter (kap. 3-4) for plantenæringsalter.

Deretter skal vi forsøksvis stille opp fosforbudsjetter for eksempler på tre typer av resipienter:

- En liten terskelfjord: Arnavågen ved Bergen.
- En stor, åpen fjord: Gandsfjorden ved Stavanger.
- Et sund med stor vannutskiftning : Tromsøundet.

### 3. FORURENSNINGSTILFØRSLER FRA LAND

Tilførslene fra land stammer dels fra naturlig avrenning fra landarealer og dels fra menneskelig aktivitet. For beregning av slike tilførsler benyttes produksjonstall for den enkelte kilde, samt målinger eller antagelser om hvor mye av denne produksjonen som når fram til resipienten.

I NIVA-rapporten "REBUS-Regnskaps- og budsjettssystem for forurensende tilførsler til vassdrag og fjorder - del A" (NIVA 1981) er det gjort greie for produksjonsverdier og tilførsler fra ulike kilder. Rapporten representerer nåværende kunnskap på området forurensningstilførsler her til lands.

I vedlegg 1 er gitt en kort sammenstilling av data fra REBUS-rapporten, og i vedlegg 2 og 3 er utført beregninger for Arnavågen og Gandsfjorden.

Som vedleggene vil vise, er det mange antagelser som må gjøres ved beregning av tilførsler. Slike beregninger bør mane til omtanke, og ukritisk bruk av standardverdier frarådes. Lokalkunnskap er verdifullt.

Et viktig forhold må understrekes: vanligvis gir opplysningene om produksjon av forurensninger i nedbørfeltet bare grunnlag for å beregne et årsmiddel for produksjonen og tilførslene til fjorden. I realiteten vil imidlertid tilførslene variere mye med tiden, både fordi aktivitetene i nedbørfeltet kan variere (f.eks. jordbruk), og fordi avrenningen til fjorden vil variere med årstiden og i forbindelse med ekstreme nedbørforholde (støtbelastninger). Generelt sett vil disse variasjonene være av minst betydning i de tilfeller der nedbørfeltet er lite og/eller der tilførslene fra kommunal kloakk er stor i forhold til de andre bidragene.

### 4. BIDRAG FRA NÆRLIGGENDE VANNMASSER

Sjøvannets innhold av plantenæringsalter vil variere mye i tid og rom. I overflatelaget vil man generelt sett finne de høyeste konsentrasjonene i vinterhalvåret. Hovedårsaken er at mangel på lys holder primærproduksjonen nede og rene fortynningsprosesser er bestemmende for konsentrasjonene. En vesentlig faktor her vil være de vertikale blandingsprosessene, som på denne årstiden oftest vil være sterkere enn i sommerhalvåret på grunn av liten stabilitet i vannmassene og relativt mer vind.

Ved primærproduksjonen i sommerhalvåret opptas plantenæringsalter fra vannmassen i fotosyntesesonen og bindes i planteplankton. Dette medfører at næringssaltinnholdet her etterhvert reduseres samtidig som konsentrasjonene i dypereliggende vannlag øker.

I fravær av betydelige utslipp av plantenæringsalter vil konsentrasjonene av fosfor (totalfosfor) i de øverste 10-15 m i en fjord vanligvis være lavere enn 30 ug/l. I sommerhalvåret er konsentrasjonene normalt vesentlig lavere og for ortofosfat periodevis nær null. For henholdsvis totalnitrogen og nitrat kan typiske nivåer vinterstid være i området 150-300 ug N/l og 10-100 ug. Sommerstid kan konsentrasjonene av nitrat ligge i området 0-20 ug N/l.

Hvis man betrakter overflatelaget i en belastet resipient, så vil man oftest erfare at horisontale strømsystemer bidrar med fortynningsvann og reduserer effektene av eventuelle utslipp, mens vertikale, oppadrettede transport- og blandingsprosesser (upwelling, vertikalturbulens m.v.) kan bidra til å opprettholde eller forsterke primærproduksjonen.

Fordi disse transportprosessene vanligvis omfatter meget store vannvolum, kan de tilsvarende transporter av plantenæringsalter også bli store. I mange tilfelle vil de være bestemmende for de konsentrasjonene som opptrer i vannforekomstene og dermed f.eks. for primærproduksjonen. Et enkelt regnestykke illustrerer størrelsen: Gitt en relativt liten fjord med overflateareal  $5 \text{ km}^2$ , der oppholdstiden for vannmassen fra 0-10 m er 5 døgn. Utskiftet vannvolum er da  $50 \cdot 10^6 \text{ m}^3 / 5 \text{ døgn}$ , i middel  $10 \cdot 10^6 \text{ m}^3 / \text{døgn}$  eller  $120 \text{ m}^3 / \text{s}$ . Antas at denne nye vannmassen har en midlere fosforkonsentrasjon på  $20 \text{ mg P} / \text{m}^3$  så utgjør dette en transport på  $200 \text{ kg P} / \text{døgn}$  inn i fjorden. Til sammenligning utgjør 1000 pe. en tilførsel av  $2,5 \text{ kg P} / \text{døgn}$ .

Hvilken måte dette påvirker næringssaltkonsentrasjoner/primærproduksjon i overflatelaget vil bl.a. være avhengig av om denne vanntransporten utgjør fortynningsvann eller om den bidrar med et netto tilskudd av plantenæringsalter.

Dette vil variere fra vannforekomst til vannforekomst og med tiden, og må vurderes fra sak til sak. Det kan imidlertid nevnes at for Trondheimsfjorden har Sakshaug og Mykkestad (1973) påvist at vårflommen i mai-juni kan medføre et maksimum i planteplanktonproduksjonen i fjorden. Dette skyldes i første rekke at den estuarine sirkulasjonen da sørger for en kontinuerlig tilførsel av næringssalter, som innblandes i overflatelaget.

## 5. EKSEMPLER PÅ BUDSJETTER

I det etterfølgende blir det forsøksvis oppstilt massebudsjetter for Arnavågen, Gandsfjorden og Tromsøsundet. Budsjettene inkluderer ikke primærproduksjonen og er derfor basert på rene fysiske transportprosesser. Dette medfører også at vi må benytte hydrokjemikata fra vinterhalvåret i beregningene.

Budsjettene må ikke oppfattes som fullstendige budsjetter. Hovedhensikten er å få frem hvilke type budsjetter som kan/bør stilles opp for ulike typer resipienter, og få vurdert anvendeligheten av det beregningsgrunnlaget som finnes.

### 5.1 Arnavågen

#### Generell karakteristik

Arnavågen er en liten fjordarm på sørvest-siden av Sørfjorden, nord for Bergen, se fig. 3. Fjorden har en terskel på ca. 7 m dyp, og området innenfor kan betegnes som indre basseng. Karakteristiske data for fjorden er gjengitt i tabell 1.

Tabell 1. Karakteristiske data for Arnavågen.  
(etter Hegland 1972).

Lengde	:	3,8 km
Areal	:	1.36 km <sup>2</sup>
Areal indre basseng	:	0,68 km <sup>2</sup>
Volum indre basseng	:	933.10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup>
Terskeldyp	:	7 m
Største dyp indre basseng	:	26 m
Midlere ferskvannstilførsel	:	ca. 4 m <sup>3</sup> /s

Tilførslene av fosfor- og nitrogenforbindelser til fjorden ble først beregnet i 1976 (Trengereid 1978). Gjennom dette prosjektet har tilførselstallene blitt ajourført og er gjengitt i tabell 2 og 3 og vedlegg 2. Tabellene viser at befolkningen bidrar med ca. 80% av fosforet og ca. 60% av nitrogenet. Videre fremgår at tilførslene er konsentrert om det indre fjordområdet.

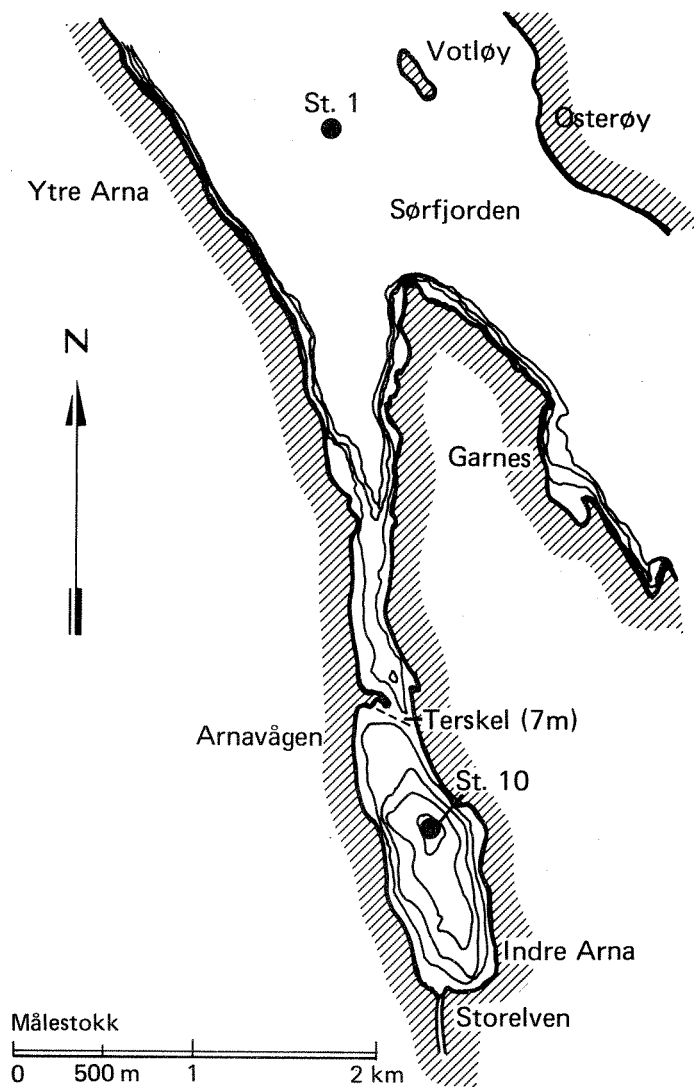


Fig. 3. Arnavågen med hydrografistasjoner.

Tabell 2. Arnavågen. Fosfortilførsler i tonn/år.

	Befolkning Industri	Jord- bruk	Naturgitt avrenning	Nedbør på fjordoverfl.	Overflateavr. urb. område	Sum
Ytre del	0,4 5 %	0,1 8 %	~ 0	~ 0	0,1 17 %	0,6 6 %
Indre del	8,0 95 %	1,2 92 %	0,3 100%	~ 0	0,5 83 %	10,- 94 %
Sum	8,4 100%	1,3 100%	0,3 100%	~ 0	0,6 100%	10,6 100%

Tabell 3. Arnavågen. Nitrogentilførsler i tonn/år

	Befolkning Industri	Jord- bruk	Naturgitt avrenning	Nedbør på fjordoverfl.	Overflateavr. urb. område	Sum
Ytre del	2,1 5 %	1,1 7 %	0,2 2 %	0,6 55 %	0,2 13 %	4,2 6 %
Indre del	40,4 95 %	14,3 93 %	11,3 98 %	0,5 45 %	1,4 87 %	67,9 94 %
Sum	42,5 100%	15,4 100%	11,5 100%	1,1 100%	1,6 100%	72,1 100%

Vannutskiftningen i fjorden ble undersøkt i 1970-71 (Hegland 1972). Fra høsten 1979 har Arnavågen vært inkludert i overvåkingsprogrammet for fjordene rundt Bergen (Johannessen 1981, 1982). Resultatene av disse undersøkelsene kan oppsummeres som følger:

Vannutskiftning:

- Utoverstrømmende overflatelag vanligvis 0,5-1,5 m tykt med saltholdighet ca. 2-22 ‰. God vannutskiftning.
- Dypvann periodevis stagnant med oksygensvikt.

Vannkvalitet:

- Relativt høye konsentrasjoner av fosfor- og nitrogenforbindelser. Dårlig sikt på grunn av plankton og suspendert materiale.

Biologiske forhold:

- Bløtbunnfauna ødelagt i oksygenfattige partier.
- Organismesamfunnene i strandsonen bærer preg av en viss belastning.

### Massebudsjett

Hovedkildene for næringsstofftilførsel til Arnavågens overflatelag er:

- Kommunalt avløpsvann.
- Avrenning fra landarealer.
- Innblanding av dypere liggende sjøvann.

Dette kan illustreres ved fig. 4.

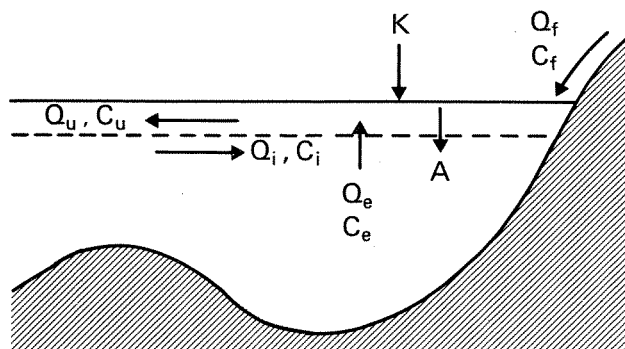


Fig. 4. Hovedelementene i et massebudsjett for Arnavågens overflatelag.

Betegnelsene på figuren betyr:

- K : tilførsel av plantenæringsalter fra kommunalt kloakkvann, mg/s
- $Q_f$  : ferskvannstilførsel,  $m^3/s$
- $Q_u$  : netto volumtransport ut i overflatelaget,  $m^3/s$
- $Q_i$  : netto volumtransport inn i 2-7 m dyp,  $m^3/s$
- $Q_e$  : volumtransport av sjøvann inn i overflatelaget
- $C_f$  : konsentrasjon av plantenæringsalter i ferskvannet som tilføres fjorden
- $C_u$  : konsentrasjon av plantenæringsalter i 0 m på st. 10 i Arnavågen
- $C_e$  : konsentrasjon av plantenæringsalter i 2-5 m dyp i Arnavågen
- $C_i$  : konsentrasjon av plantenæringsalter i innstrømmende vannmasser
- A : nedadrettet transport av plantenæringsalter fra overflatelaget.

For Arnavågens overflatelag kan dette sammenfattes i fløgende grove budsjett:

$$Q_{ut} C_u + A = K + Q_f C_f + Q_e C_e \quad (1)$$

I dette budsjettet må K hentes fra tabellene 2-3.

Opplysninger om  $Q_f$  og  $C_f$  mangler og i stedet brukes avrenningstall fra tabell 1. Data for  $C_u$  og  $C_e$  kan hentes fra overvåkingsprogrammet for fjordene rundt Bergen (Johannessen 1981, 1982). Data om A mangler.

Tabell 4 viser resultater for fosfor (datagrunnlag for nitrogen mangler). Bidraget for innblandet sjøvann er der gitt som middel for 12 målinger, der  $Q_e$  er beregnet etter Knudsens relasjoner:

$$Q_e = \frac{S_e}{S_e - S_0} R$$

- der R = ferskvannstilrenning
- $S_0$  = saltholdighet i overflaten
- $S_e$  = saltholdighet i 2 m dyp.

Størrelsen av R er for hver enkelt prøveserie fastsatt etter skjønn ut fra størrelsen av  $S_0$ .



Tabell 4. Budsjett for midlere tilførsler av totalfosfor og ortofosfat til overflatelaget i indre del av Arnavågen.

	Kommunalt avløpsvann	Jordbruk	Arealav- renning	Innblandet sjøvann	Totalt
Total- fosfor	22 kg/d 63 %	3 kg/d 9 %	2 kg/d 5 %	8 kg/d 23 %	35 kg/d 100 %
Orto- fosfat	15 kg/d 65 %	2 kg/d 9 %	1 kg/d 4 %	5 kg/d 22 %	23 kg/d 100 %

Tabellen viser at ca. 2/3 av fosfortilførselen til overflatelaget på årsbasis kommer fra industri og kommunal kloakk. Dette vesentlige poenget kan antas å være riktig til tross for svakhetene i datagrunnlaget.

En verifisering av dette budsjettet ved å sammenholde beregnede verdier av  $C_U$  med målte verdier har blitt forsøkt uten særlig hell. Grunnen kan være at vi da må benytte en kombinasjon av "øyeblikksverdier" for  $C_e$ ,  $S_e$ ,  $S_o$ , årsmidler for  $K$ , antatte verdier for  $Q_F$ , og for  $C_F$  middelverdier av målinger utført av Bergen kommune i 1981-82.

Til slutt kan det være interessant å beregne den teoretiske midlere konsentrasjonsøkningen,  $\Delta P$ , som en fosfortilførsel på 10.6 tonn/år (årsmiddel 320 mg/s) vil gi i Arnavågens overflatelag. Vi setter tykkelsen av laget til 1,5 m og basert på NHLs beregninger (NHL 1982) setter vi vannutskiftningen for dette laget til 30 m<sup>3</sup>/s. Dermed får vi:

$$\Delta P = \frac{320 \text{ mg /s}}{30 \text{ m}^3/\text{s}} \approx 11 \text{ mg/m}^3 \text{ (11 } \mu\text{g/l)}$$

Vi kan så benytte data for vinterhalvåret fra overvåkingsprogrammet for Bergensfjordene og sammenligne målte fosforkonsentrasjoner i Arnavågen mot tilsvarende verdier i Sørfjorden.

Dette er gjort i tabell 5.

Tabell 5. Forskjell i konsentrasjon av totalfosfor i vinterhalvåret for 0-2 m dyp i Arnavågen og i Sørfjorden.

	Median $\mu\text{g P/l}$	Arit.middel $\mu\text{g P/l}$
Arnavågen, n = 12	21,3	24,2
Sørfjorden, n = 16	12,4	12,9
Målt forskjell	ca. 9	ca. 11

Dette stemmer godt med den beregnede forskjell på 11  $\mu\text{g P/l}$ . Imidlertid må det her sterkt understrekes at det ikke uten videre må oppfattes slik at dette er en fullgod "modell". Til det er variasjonen/usikkerheten for middelverdiene som ble brukt i beregningen av  $\Delta P$  (320 mg P/s, 30 m<sup>3</sup>/s) for stor. Men det er en indikasjon på at også slike helt enkle overslagsberegninger kan gi verdifull informasjon.

## 5.2 Gandsfjorden

### Generell karakteristik

Med Gandsfjorden menes fjordområdet fra Sandnes i sør til en linje mellom Lihalsen og Kråkeskjær i nord, se fig. 5. Fjorden har et største dyp på ca. 245 m. Den har ingen egne terskler, men lenger ut i fjordsystemet finnes terskler på 80-100 m dyp. De viktigste data for Gandsfjorden er gjengitt i tabell 6.

Tilførslene av fosfor- og nitrogenforbindelser til Gandsfjorden er beregnet og resultatene sammenstilt i tabellene 7-8. Beregningsgrunnlaget finnes i Vedlegg 3. Tabellene viser at det indre omområdet mottar 65 - 70% av nitrogenet og fosforet som tilføres Gandsfjorden fra land.

Siden 1964 har det i forskjellige sammenhenger blitt utført en rekke undersøkelser i fjorden, og de generelle hydrofysiske, hydrokjemiske, sedimentgeokjemiske og biologiske forhold må ansees som godt beskrevet. Hovedpunktene fra disse undersøkelsene kan oppsummeres som følger:

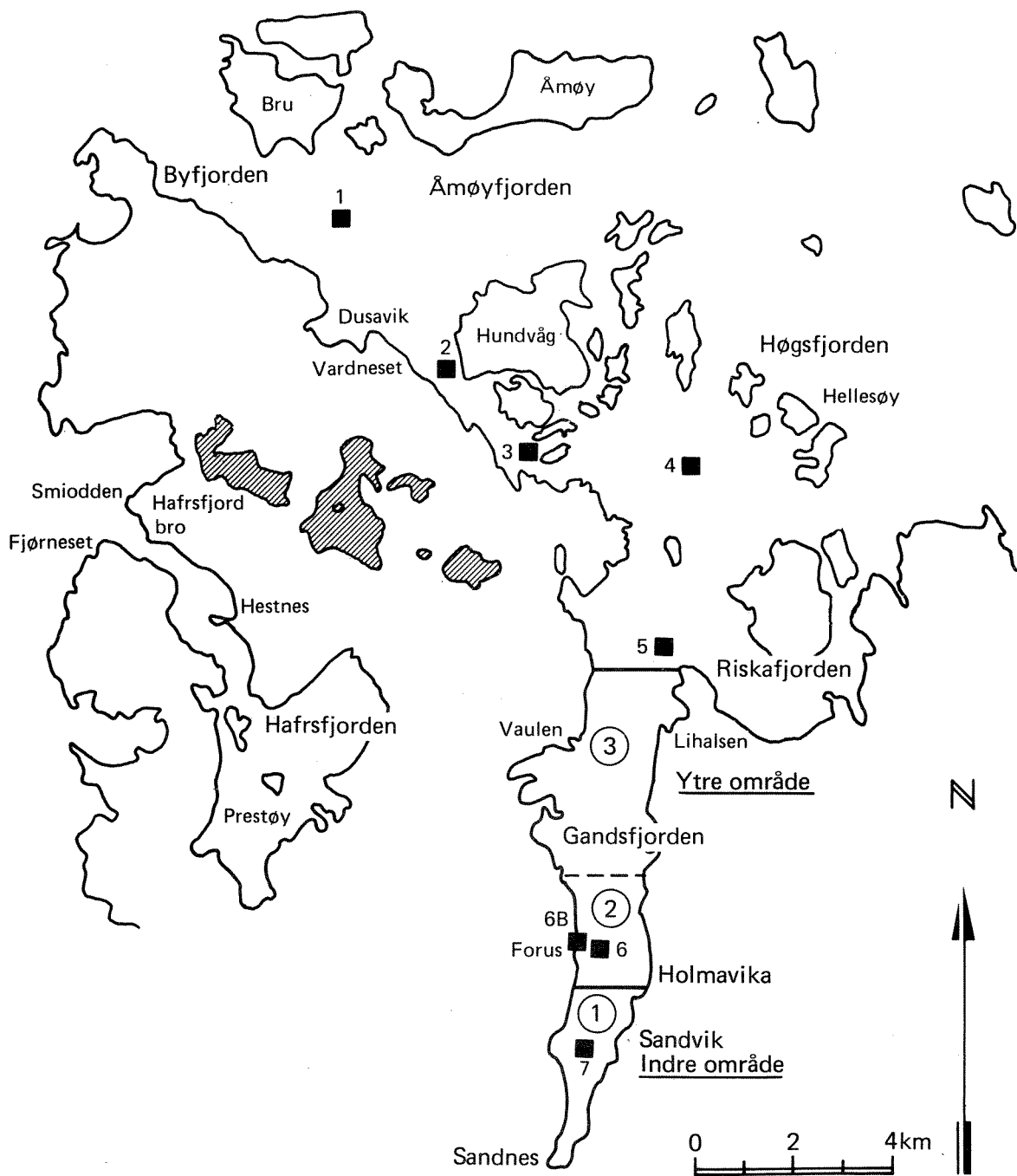


Fig. 5. Målestasjoner for hydrografi, vannkjemi og bakteriologi innen det statlige overvåkingsprogram, samt avløpssteder for Gandsfjorden.

Tabell 6. Karakteristiske data for Gandsfjorden

Lengde, hele fjorden	:	ca. 10,3 km
Areal indre del	:	ca. 2,5 km <sup>2</sup>
Areal ytre del	:	ca. 12,3 "
Volum	:	ca. 1170.10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Største dyp	:	ca. 245 m
Midlere ferskv.tilf. indre del	:	ca. 2,3 m <sup>3</sup> /s
midlere ferskv.tilf. ytre del	:	ca. 1,8 "

Vannutskiftning: God utskiftning av overflatelaget (0-10 m), midlere oppholdstid for hele fjorden er ca. 14 døgn (NHL 1982). Dypvannet periodevis stagnant.

Vannkvalitet: Forhøyede konsentrasjoner av plantenæringsstoffer i overflatelaget nær Sandnes. Mer normale konsentrasjoner nord for Forus. I vannmassene nær bunnen i et dypparti i Gandsfjordens ytre del opptrer periodevis kritiske oksygenforhold. (NIVA 1982).

Biologiske forhold: Algevegetasjonen i 0-2 m dyp er jevnt over variert og artsrik. Innerst i Gandsfjorden er det indikasjoner på forurensningseffekter. (NIVA 1982).

#### Massebudsjett for overflatelaget

For bruk i budsjettoppstillinger er det hensiktsmessig å beregne midlere tilførsler pr. sekund fra land:

	Indre område	Ytre område	Sum begge områder
Totalnitrogen :	9350 mg/s	4340 mg/s	13690 mg/s
Totalfosfor :	1320 "	620 "	1940 "
Ortofosfat *) :	880 "	410 "	1290 "

Transportprosessene for plantenæringsalter i Gandsfjordens overflatelag er skjematisk framstilt på fig. 6. Av disse transportprosessene er midlere utslipp og midlere avrenning fra land gjengitt ovenfor og i tabellene 7-8.

\*) Beregnet som 2/3 av totalfosfor-konsentrasjonen.

Den effektive vannutskiftningen i overflaget som ligger til grunn for horisontal transport er beregnet av NHL (P. Jacobson, pers. medd.) og gjengitt i tabell 9. Den vertikale volumtransporten har man ikke kunnet beregne.

Vi kan stille opp følgende massebudsjett for overflatelaget, se fig. 6:

$$Q_{ut} \cdot C_{ut} + S = Q_{inn} \cdot C_{inn} + U_{utslipp} + A_{avrenn}. \quad (3)$$

der  $S$  = netto tilførsel/tap av plantenæringsalter fra eller til Gandsfjordens dypvann. Ettersom  $S$  ikke kan beregnes utelates den i de videre beregninger.

$$\begin{aligned} \text{Vi setter : } Q_{ut} &= Q_{inn} = Q \\ \text{og } U_{utslipp} + A_{avrenn} &= T \end{aligned}$$

$$\text{Dette gir: } T = Q (C_{ut} - C_{inn}) = Q \Delta C$$

$$\Delta C = \frac{T}{Q} \quad (4)$$

Størrelsen  $\Delta C$  gir dermed et uttrykk for den midlere konsentrasjonsøkning i overflaget, forutsatt fullstendig fortykning og stasjonære forhold.

Vi beregner  $\Delta C$  for indre område og for hele Gandsfjorden. Som kontroll beregner vi  $\Delta C_{m\ddot{a}lt}$  som forskjell i median for konsentrasjon i overflaget mellom st. 1 og st. 6 (se fig. 5).  $\Delta C_{m\ddot{a}lt}$  beregnes for vinterhalvåret da konsentrasjonene i størst grad bestemmes ved fortynningsprosesser. Vannutskiftningen  $Q$  for indre området settes lik  $150 \text{ m}^3/\text{s}$ . For hele Gandsfjorden settes den lik  $750 \text{ m}^3/\text{s}$ . Resultatene gjengis i tabell 10.

Tabell 7. Gandsfjorden Fosfortilførsler i tonn/år

	Befolkning industri	Jord- bruk	Utmark	Nedbør på fjordoverfl.	Overflatene urb. område	Sum
Indre område	33,8 66 %	6,9 81 %	0,1 50 %	~ 0	0,8 62 %	41,6 68 %
Ytre område	17,3 34 %	1,6 19 %	0,1 50 %	~ 0	0,5 38 %	19,6 32 %
Sum	51,1 100%	8,5 100%	0,2 100%	~ 0	1,3 100%	61,2 100%

Tabell 8. Gandsfjorden. Nitrogentilførsler i tonn/år.

	Befolkning Industri	Jord- bruk	Utmark	Nedbør på fjordoverfl.	Overflateavr. urbane omr.	Sum
Indre område	162 66%	111 82%	6 46%	3 18%	13 62%	295 68%
Ytre område	83 34%	25 18%	7 54%	14 82%	8 38%	137 32%
Sum	245 100%	136 100%	13 100%	17 100%	21 100%	432 100%

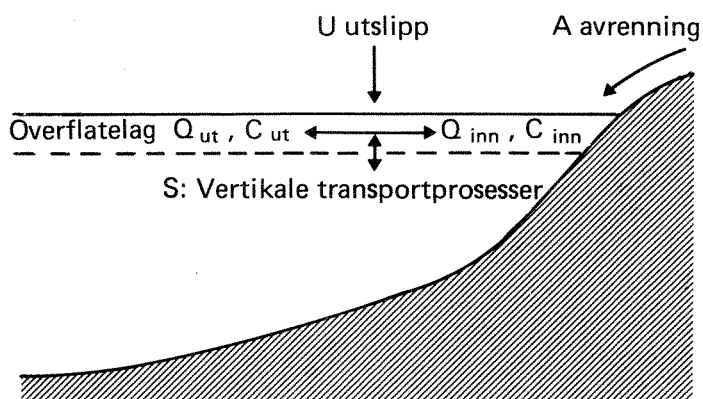


Fig. 6. Skjematisk fremstilling av transport av plantenæringsalter i Gandsfjorden.

Tabell 9. Den effektive vannutskiftning  $Q$  ved fortykning av plantenæringsalter tilført Gandsfjorden

Sted	$Q, \text{m}^3/\text{s}$
Sandvik	40
Holmvik	90-160
Lihalsen	1200

Tabell 10. Beregninger av  $\Delta C$  og  $\Delta C_{\text{målt}}$  for totalfosfor, ortofosfat og totalnitrogen.

	Median		Indre område		Hele Gandsfjorden
	St. 6 n=13	St. 1 n=10	$\Delta C_{\text{målt}}$	$\Delta C$	$\Delta C$
TOT P ( $\mu\text{g/l}$ )	29	21	8	9	3
P04-P ( $\mu\text{g/l}$ )	17	12,7	4,5	6	2
TOT N ( $\mu\text{g/l}$ )	275	238	38	62	1,8

Tatt i betraktning at dette er et meget enkelt budsjett, så er det godt samsvar mellom den midlere beregnede forskjell og den målte forskjell for indre område. Således er forskjellen liten mellom de målte konsentrasjoner for st. 6 og de man får ved å legge  $\Delta C$  til referansekonsentrasjonene på st. 1.

Beregningene for "hele Gandsfjorden" lar seg ikke kontrollere da det ikke finnes hydrokjemidata fra ytre område. For st. 5 litt lenger nord er tatt fire prøver i vinterhalvåret, men det er for lite til å kunne være til noen nytte i denne sammenheng.

Avslutningsvis vil vi understreke at resultatene for  $\Delta C$  i stor grad er avhengig av størrelsen av  $Q$ . For denne type budsjett er det derfor viktig at beregningene av vannutskiftningen er sikrest mulig.

### 5.3 Tromsøsundet

Tromsøsundet er vist på fig. 7.

Regnet fra nordenden av Tromsøya til Lanesodden er sundet ca. 12 km langt. Ved brua er bredden ca. 600 m. I sundets nordre del øker bredden til ca. 2 km. Sør for brua er sundet ca. 1 km bredt.

Ved brua er sundet på det grunneste: ca. 9 m dypt. I nordre ende er det ca. 35 m dypt, med et parti på ca. 40-50 m dyp litt lenger sør.

I sundets søndre del øker dybden jevnt til 45-50 m dyp utenfor Lanesodden.





## Massebudsjett

Tilførslene av fosfor og nitrogen til Tromsøsundet er beregnet med grunnlag i "Tromsø kommune. Avløpsplan" utarbeidet av Ing. Chr. F. Grøner A/S, 30.1.1979, opplysninger fra SFT og fra Miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Troms. Resultatene er gjengitt i tabell 11. Industriens bidrag finnes det svært få opplysninger om, og er derfor delvis anslått. Avrenningen fra arealer er bare beregnet for Tromsøya.

Tabell 11. Landbaserte tilførsler av fosfor og nitrogen til Tromsøsundet

	Befolkning, arealer			Industri			Totalt		
	t/år	pe	%	t/år	pe	%	t/år	pe	%
Nitrogen	229	52000	93	18	4000	7	247	56000	100
Fosfor	47	52000	91	5	5000	9	52	57000	100

Som tidligere regner vi med at 2/3 av fosfortilførselen utgjøres av ortofosfat. Dette tilsvarer da ca. 35 tonn/år, eller i middel ca. 1100 mg/s.

Nå er de vertikale blandingsprosessene i Tromsøsundet forholdsvis sterke, og tilførslene skjer fra begge sider av sundet. Vi vil derfor anta at de tilførte mengder av fosfor og nitrogen raskt fordeler seg over sundets bredde og også blandes vertikalt i vannmassen.

Vi benytter samme fortynningsmodell som i kap. 4.2 og vil beregne hvilken økning i midlere ortofosfatkonsentrasjon de landbaserte tilførslene kan bidra til:

$$\Delta P = \frac{1100 \text{ mg/s}}{1500 \text{ m}^3/\text{s}} = \frac{1 \text{ mg}}{\text{m}^3}$$

Her må straks understrekes at dette er et middel over tid og rom, og  $\Delta P$  vil i realiteten gjennomgå store variasjoner på begge skalaer.

I denne sammenheng er det interessant å se størrelsen av  $\Delta P$  i sammenheng med målinger av ortofosfat på en stasjon midt i Tromsøsundet noe nord for brua (Bech 1982). Regnet som middelveier over 0-8 m, målte han i 1981 følgende konsentrasjoner av ortofosfat ( $\mu\text{g/l}$ ):

Dato	:	3.3	20.3	24.3	10.4	23.4	29.4	7.5	27.5	25.6	14.8	17.9	20.10
Konsentrasjon	:	20	24	18	20	16	14	13	6	3	11	19	19

Det fremgår at bidraget fra P relativt sett er vesentlig større under våroppblomstringen av planteplankton (mai-juni) enn f.eks. i vinterhalvåret.

Bech (1982) målte også konsentrasjonene av nitrat i vannmassene. Tilførselene av nitrat til Tromsøsundet fra land er det imidlertid ikke grunnlag for å beregne. Trolig er tilførselene fra land små ettersom kommunalt avløpsvann inneholder lite nitrat. Imidlertid er grunnlaget for usikkert til at det kan stilles opp noe budsjett.

## LITTERATUR

- Bech, P.-A. 1982: Planteplankton og primærproduksjon i Ramfjorden og Tromsøysundet, 1982. Hovedoppgave i marin biologi. Institutt for biologi og geologi. Universitetet i Tromsø.
- Hegland, A. 1972: Arnavågens hydrografi. Hovedoppgave i oseanografi. Geofysisk institutt. Universitetet i Bergen.
- Johannessen, P. 1981: Resipientundersøkelse av fjorder rundt Bergen. Rapport nr. 1. Tidsrommet fra oktober 1979 til og med desember 1980. Bergen kommune.
- Johannessen, P. 1982: Overvåking av fjordene rundt Bergen 1981. Bergen kommune.
- NHL 1983: Vurdering av rensekrav for sjøresipienter. Del 1. Dominerende fysiske prosesser i fjorder og kystfarvann. Saksbehandlere: P. Jacobson, T. McClimans, A. Thendrup. NHL-rapport.
- NIVA 1981: 0-78111 Rebus. Regnskap- og budsjettssystem for forurensende tilførsler til vassdrag og fjorder. Saksbehandlere: O.K. Gulbrandsen, T. Adriansen, B.-A. Nøstdahl.
- NIVA 1982: 0-8000304 Overvåking i Gandsfjorden og Byfjorden, Stavanger, 1981. Saksbehandler: T. Bokn. Overvåkingsrapport 56/82.
- Sakshaug, E. og Myklestad, S. 1973: Studies on the phytoplankton ecology of the Trondheimsfjord. III. Dynamics of phytoplankton blooms in relation to environmental factors, bioassay experiments and parameters for the physiological state of the populations. J. exp. mar. Biol. Ecol., 1973, Vol. 11, pp. 157-188.
- Trengereid, G.T. 1978: Vannforurensningskilder i Bergen. Hovedrapport. Bergen kommune.

V E D L E G G

1. Beregning av forurensningstilførsler  
- generelt grunnlag.
2. Forurensningstilførsler til Arnavågen
3. Forurensningstilførsler til Gandsfjorden

V E D L E G G 1

BEREGNING AV FORURENSNINGSTILFØRSLER

- GENERELT GRUNNLAG

## A.1. Husholdningskloakk

### A.1.1 Forurensningsproduksjon

Husholdningskloakk er det avløpsvann som oppstår ved bruk av vann til alminnelige formål (matlaging, vask, oppvask, bad, klosett etc.) i husholdningen.

Følgende spesifikke forurensningsmengder kan benyttes (SFT 1978):

Fosfor	(P)	2,5 g/pd.
Nitrogen	(N)	12 g/pd.

Fosfater ( $PO_4$ -P) utgjør ca. 2/3 av total-fosfor.

Tilsvarende avløpsvann fra institusjoner, sykehus, skoler, servicevirksomhet og industrier kalles også husholdningskloakk.

Der institusjoner, servicevirksomhet m.v. inkluderes i husholdningskloakken, baseres ofte beregningene på bruk av ekvivalenstall. Disse ekvivalenstallene kan være forskjellig for hydraulisk belastning, organisk belastning og fosfor- og nitrogenbelastning.

### A.2.1 Forurensningstilførsler til resipient

Husholdningskloakken transporteres, i alle fall i byområder, i rørledninger. Med utette ledninger, som ofte er situasjonen i Norge, kan en stor andel av forureningsproduksjonen gå tapt til resipient, jordsmonn m.m. før avløpsvannet når eventuelt renseanlegg og hovedresipient.

Ved beregning av tilførsler til resipient er det viktig at man vurderer tapsledd og renses effekter.

### A.2.1 Industrielt avløpsvann

Prosessavløpsvann, bortsett fra avløpsvann som ikke er forurenset (f.eks. kjølevann), inkluderes i industrielt avløpsvann. Avløpsvann fra kantiner, kontorer og toaletter innen industribedrifter regnes som husholdningskloakk.

Ved kartlegging av forurensningstilførsler til en vannforekomst, skaper industriutløpene ofte vanskeligheter. Problemet er mangel på analyser av avløpsvannets innhold av forurensninger. Man finner ofte at analysetall for de aktuelle stoffene mangler fullstendig, eller at analyser utføres så sjelden at de er lite verdt som karakteristikk av avløpsvann som over tid vanligvis varierer både i mengde og sammensetning.

Man må derfor fra sak til sak vurdere om det er mulig å kvantifisere utslippene av de aktuelle stoff på grunnlag av analyser av avløpsvannet, eller om erfaringstall fra andre bedrifter av samme type/beslektet virksomhet kan være til en viss nytte.

### A.3 Jordbruk

#### A.3.1 Forurensningsproduksjon

Man skiller ofte mellom forurensning fra punktkilder og diffuse kilder. Som punktkilder regnes anlegg på gårder, f.eks. silo, våtlutingsanlegg for halm, gjødsellager og melkerom. Eksempelvis angir REBUS-rapporten (NIVA 1981) følgende produksjonsverdier:

Kilde	Benevning	Parameter	
		Fosfor	Nitrogen
Silo	kg/m <sup>3</sup> ferdig silomasse/år	0,096	0,336
Halmluting	kg/tonn lutet halm/år	-	0,26
Gjødselkjeller	kg/storfe/år	7,60	47,4
	kg/melkeku/år	12,93	83,0
	kg/svin/år	3,24	13,5
	kg/sau, geit/år	1,16	7,1
	kg/fjærkre/år	0,43	1,7
Melkerom	kg/melkeku/år	0,34	0,34

Disse verdiene må betraktes som et forurensnings-potensial fra punktkilder.



Ved spredning av naturgjødsel forflyttes forurensningspotensialet fra gjødselkjelleren til jordbruksarealene, og vi skifter fra punktkilde til diffus kilde.

Eventuell spredning av kunstgjødsel utgjør en ytterligere økning av forurensningspotensialet fra diffuse kilder. Fosforinnholdet i kunstgjødsel utgjør gjennomsnittlig 30% av nitrogeninnholdet.

### A.3.2 Forurensningstilførsler

For punktkildene silo, halmluting, gjødselkjeller og melkerom må det anslås hvor stor andel av produksjonen som når resipienten.

For diffuse kilder, dvs. arealavrenning fra dyrka mark, er det to beregningsmåter som blir benyttet:

#### Metode 1:

- a) Anslå den andel av forurensningspotensialet (naturgjødsel og kunstgjødsel) som når resipienten.

REBUS-rapporten (NIVA 1981) angir %-andeler for ulike landsdeler, som følger:

Parameter	%-andel av forurensningspotensialet som når resipienten
Fosfor	0,1 - 1,6
Nitrogen	1,0 - 15,5

Uten støtte i stedlige målinger vil bruk av slike generelle koeffisienter være tvilsomme.

- b) Anslå en bakgrunnsavrenning fra dyrka areal, som kommer som tillegg til tilførsler fra gjødning.

Følgende spesifikke verdier er benyttet:

Parameter	Spesifikk tilførselskoeffisient kg/km <sup>2</sup> /år
Fosfor	8
Nitrogen	220

#### Metode 2:

Anslå en spesifikk tilførselsfaktor direkte, uten å gå vegen om gjødselproduksjon. Verdiene inkluderer både gjødselbidrag og naturlig bakgrunnsavrenning:

TOT-N kg/km <sup>2</sup> .år	TOT-P kg/km <sup>2</sup> .år	Undersøkellesområde, grunnlag	Referanse
-	74	Telemark, feltmålinger	Rognerud, S. et al., 1979
2100	50	Mjøsomr., erfaringstall	Holtan, H., 1979
2200	102	"	Holmen, S.A., 1979
2550	140	Løten, feltmålinger } Dovre, feltmålinger }	Lundekvam, H., 1977
400	120	S. Østerdalen, erfaringstall } N. Østerdalen, erfaringstall }	Mikkelsen, K. et al., 1974
2300	46		
1200	18		

For videre referanser henvises til NIVA (1978, 1981)

#### A.4 Avrenning fra tettsteder, skog og fjell.

Har man ikke målinger, men må anslå forurensningstilførslene fra disse kildene, kan følgende verdier benyttes (NIVA 1981):

Arealtype		Benevning	Fosfor	Nitrogen
Tettsteder	Sentrumsområde	kg/km <sup>2</sup> /år	100	700
	Boligområde	kg/km <sup>2</sup> /år	50	350
Skog		kg/km <sup>2</sup> /år	8	220
Fjell		kg/km <sup>2</sup> /år	6	110

REFERANSER

SFT 1978: Retningslinjer for dimensjonering av avløpsrenseanlegg.

NIVA 1981: REBUS-Regnskap- og budsjettssystem for forurensende tilførsler til vassdrag og fjorder.

Del A: Prosjektsammendrag og vannfaglige tema. 0-78111.

NIVA 1978: Tilførsler av organisk stoff, nitrogen og fosfor fra nedbør, skog, snaufjell og jordbruk. A2-32.

V E D L E G G 2

FORURENSNINGSTILFØRSLER TIL ARNAVAGEN

1. Grunnlagsdata

Alt materiale er hentet fra følgende rapporter:

- (1) Vannforurensningskilder i Bergen.  
Hovedrapport v/Geir Tarjei Trengereid.  
Bergen kommune, 1978.
- (2) Rammeplan for avløpsdisponering i Bergen. Hovedrapport 1976.  
Bergen Kommune, 1976.
- (3) Rammeplan for avløpsdisponering i Bergen. Vedlegg til  
hovedrapport 1976.  
Bergen kommune, 1976.

## 2. BEREGNINGSGRUNNLAG

### 2.0 Generelle vurderinger

Arnavågen er inndelt i en ytre og en indre del omtrent ved terskelen (se fig. 3, s. 12).

En del av nedslagsfeltet drenerer til Haukelandsvatnet. Alle vann fungerer som reaktorer der det skjer biologiske omsetningsprosesser, og der næringsemne brukes og frigjøres. I utgangspunktet er det derfor feil å anta at all fosfor og nitrogen som tilføres Haukelandsvatnet, føres videre til Arnavågen. Vi vet imidlertid ikke hvor mye som holdes tilbake, og har ikke hatt muligheter til å undersøke nærmere i dette prosjektet. Vi gjør derfor ikke noe fradrag for prosessreaksjoner i Haukelandsvatnet, men benytter en maksimalbetraktning for bidraget fra denne delen av nedslagsfeltet.

I (1) er det gjort en beregning av forurensningstilførslene. Beregningene er gjort ut fra lokale registreringer av aktivitetene, og bruk av spesifikke tilførselsverdier. Vi kan ikke generelt vurdere hvor gode tallene er, men gjengir hovedpunktene i beregningsgrunnlaget. Beregningene er i alle fall gjort på en grundig, systematisk og oversiktlig måte, som gjør at man får større tiltro til tallene.

### 2.1 Befolkning og industri

#### 2.1.1 Befolkning

Beregningene er basert på personekvivalenter og spesifikke belastningstall for fosfor og nitrogen.

Omregningsfaktorer:

Fast bosatte personer	:	1	pe
Arbeidsplasser	:	0,33	pe
Ikke fast bosatte personer	:	1	pe
Hotell, persjonat, overnatting	:	1	pe
Sykehus, pleiehjem, 1 sengeplass	:	1	pe
Skoler, 1 elev	:	0,1	pe
Kafe, restaurant, 1 ansatte	:	1	pe
Kino, forsamlingslokaler, 1 sitteplass:		1/30	pe

Pr. pe er følgende spesifikke tall benyttet:

1 pe - 2,5 g P/pd

1 pe - 12 g N/pd

Det er antatt at all produksjon går urensset til fjorden.

### 2.1.2 Industri

Beregningene er basert på data for hver enkelt industri. Detaljer finnes i (1).

### 2.1.3 Deponi

Slam- og avfallslagringsplasser vil gi forurenset avrenning.

I nedbørfeltet er en avfallsdeponeringsplass. For denne plassen er beregningene gjort slik:

$$M = k \cdot (P - E) \cdot A$$

der M = årlig avrent stoffmengde i g/år.

k = konsentrasjon i sigevannet

$$(k = 250 \text{ mg N/l})$$

$$(K = 2,5 \text{ mg P/l})$$

P = årlig nedbørmengde i m

E = årlig fordampning i m

A = areal av fyllplassen ( $\text{m}^2$ )

## 2.2 Jordbruk

Produksjonen av husdyrgjødsel er beregnet ut fra følgende verdier:

	Årlig produksjon i kg/dyreenhet/år	
	N	P
Storfe	47,4	7,6
Melkeku	83,0	12,93
Svin	13,5	3,24
Fjærfe	1,7	0,43
Sau/geit	7,1	1.16

Det antas:

- 20% av nitrogenproduksjonen i husdyrgjødsel avrenner til vassdrag
- 10% av fosforproduksjonen i husdyrgjødsel avrenner til vassdrag.

For kunstgjødsel benyttes:

- Spredning : 12 kg N/da
- Avrenning til vassdrag : 5 % av N  
0 % av P

Pr. m<sup>3</sup> ferdig silomasse er benyttet følgende produksjonstall:

- N - 0,4 kg/m<sup>3</sup>
- P - 0,09 kg/m<sup>3</sup>

50% av dette er antatt tilført vassdraget.

## 2.3 Naturgitt arealavrenning

Bidraget er satt til (i kg/km<sup>2</sup>/år)

Areal	N	P
Uprod. mark	120	6
Skog	220	6,5
Dyrka mark	1000	8

## 2.4 Tilførsler fra nedbør

Tilførslene direkte fra nedbør til vannoverflater:

	N	P
Tilførsel i kg/km <sup>2</sup> /år	800	40

## 2.5 Overflateavrenning urbane område

Benyttede verdier :

	N	P
I kg/km <sup>2</sup> /år	360	120

## 3. TILFØRSLENE

### 3.1 Fordeling

Tilførslene er fordelt på indre og ytre område, jfr. pkt. 2, s. 35. For befolkning og industri finnes grunnlagsdata i hovedrapporten (1) til å foreta oppdelingen. For jordbruk, naturgitt avrenning og urban avrenning er det antatt at hhv. 10%, 2.5% og 15% av totaltilførslene tilføres ytre del.

Ytre fjordoverflate er satt til 9,8 km<sup>2</sup>, indre til 0,7 km<sup>2</sup>.

### 3.2 Tilførsler til ytre og indre område

Tabell 1 og 2 gir tilførslene til fjorden for N og P, fordelt på kilde og fjordområde.

Beregningsmessig er tallene angitt med 1 desimal. Vi understreker at dette ikke gir uttrykk for en slik nøyaktighet.



Tabell 1. Arnavågen. Fosfortilførsler i tonn/år.

	Befolkning Industri	Jord- bruk	Naturgitt avrenning	Nedbør på fjordoverfl.	Overflateavr. urb. område	Sum
Ytre del	0,4	0,1	~ 0	~ 0	0,1	0,6
Indre del	8,0	1,2	0,3	~ 0	0,5	10,-
Sum	8,4	1,3	0,3	~ 0	0,6	10,6

Tabell 2. Arnavågen. Nitrogentilførsler i tonn/år

	Befolkning Industri	Jord- bruk	Naturgitt avrenning	Nedbør på fjordoverfl.	Overflateavr. urb. område	Sum
Ytre del	2,1	1,1	0,2	0,6	0,2	4,2
Indre del	40,4	14,3	11,3	0,5	1,4	67,9
Sum	42,5	15,4	11,5	1,1	1,6	72,1

V E D L E G G 3

FORURENSNINGSTILFØRSLER TIL GANDSFJORDEN

1. GRUNNLAGSDATA

Materialet er hentet fra følgende rapporter:

- (1) Overvåking av fjordsystemene rundt Stavangerhalvøya 1977-1979.  
Rapport 1B og 1B 1979.  
Byveterinæren i Stavanger 1979.
- (2) Resipientundersøkelser av fjordene rundt Stavangerhalvøya.  
Regionplankontoret for Jæren 1979.
- (3) Resipientundersøkelser i sjøområdene i Stavangerregionen.  
Rapport nr. 1. Generelle forhold - Forurensningstilførsler -  
Tidligere undersøkelser. 0-197/71 - NIVA, 1974.

## 2. BEREGNINGSGRUNNLAG

### 2.0 Generelle vurderinger

Tallene som er gjengitt i dette vedlegget, er tatt fra (1).

Beregningene i (1) er gjort ut fra lokale registreringer av forurensnings-  
skapende aktiviteter, og bruk av spesifikke tilførselsverdier.

Som tilfellet var for Arnavågen, er det heller ikke her mulig å foreta  
vurderinger av hvor gode tallene er. For Gandsfjorden er det gjort en om-  
fattende registrering av industriutslipp i (3). Vi har imidlertid god grunn  
til å tro at en del av tallene som der framkommer, er feil. Derfor er tal-  
lene fra (1) benyttet, selv om dette er noe grove tall.

### 2.1 Befolkning og industri

#### 2.1.1 Befolkning

Beregningene er basert på personekvivalenter. Disse tallene er hentet fra  
kloakkrammeplanene i de respektive kommuner.

#### 2.1.2 Industri

Tilførslene fra industrien er omgjort til personekvivalenter, basert hoved-  
sakelig på vannforbruk. Denne omregningen utgjør en betydelig forenkling,  
som (1) også påpeker.

#### 2.1.3 Befolkning og industri

Kun sum pe for befolkning og industri er oppgitt. Med referanse til fig. 5,  
s. 18 er tallene:

<u>Gandsfjorden:</u>	<u>Belastning i P</u>
Boks G 1: Sandnes	37.000
Boks G 2: Forus	4.000
Boks G 3: Hinna	<u>15.000</u>
	56.500
	=====

Disse pe-tallene er benyttet sammen med følgende spesifikke belastnings-tall;

	N	P
g/pd	12	2,5

Alt tilføres urenset til fjorden.

## 2.2 Jordbruk

Beregningene er utregnet fra følgende spesifikke belastningsverdier:

	N	P
kg/km <sup>2</sup> /år	5600	350

I disse tallene er også inkludert avrenning fra gjødselkjellere, silo og melkerom.

## 2.3 Naturgitt arealavrenning

Direkte til vannoverflaten er antatt følgende tilførsel:

	N	P
kg/km <sup>2</sup> /år	1100	8

## 2.5 Overflateavrenning urbane områder

Benyttede verdier.

	N	P
kg/km <sup>2</sup> /år	1700	100

### 3. TILFØRSLENE

#### 3.1 Arealfordeling

Nedenforstående tabell gir en oversikt over arealfordelingen.

Arealer	Totalt	% -vis fordeling for hver arealstype	
		Indre del km <sup>2</sup>	Midtre del
Dyrka mark	24,5	81	19
Skog, utmark m.v.	25,8	50	50
Fjordareal	14,6	16	84
Bolig, industri	123	64	36
Nedbørfelt (land)	62,6		

Arealfordelingen er basert på opplysninger fra (3), men vi opererer med noe andre inndelinger mellom områdene. Disse forandringene er anslått skjønnsmessig.

#### 3.2 Tilførsler til de ulike fjordavsnittene

Tabell 1 og 2 gir tilførslene til fjorden for P og N. fordelt på kilde og fjordområde.

Selv om tallene er angitt med 1 desimal, gir dette ikke uttrykk for tallenes nøyaktighet.

Tabell 1. Gandsfjorden Fosfortilførsler i tonn/år

	Befolkning industri	Jord- bruk	Utmark	Nedbør på fjordoverfl.	Overflatene urb. område	Sum
Indre område	33,8	6,9	0,1	~ 0	0,8	41,6
Ytre område	17,3	1,6	0,1	~ 0	0,5	19,5
Sum	51,1	8,5	0,2	~ 0	1,3	61,1

Tabell 2. Gandsfjorden. Nitrogentilførsler i tonn/år.

	Befolkning Industri	Jord- bruk	Utmark	Nedbør på fjordoverfl.	Overflateavr. urbane omr.	Sum
Indre område	162	111	6	3	13	295
Ytre område	83	25	7	14	8	137
Sum	245	136	13	17	21	432