



RF – Rogalandsforskning. <http://www.rf.no>

Øyvind F. Tvedten, Veslemøy Eriksen og Åge Molversmyr
Miljøtilstand og tilførsler til Karmsundet,
2001-02

Rapport RF – 2002/335

Prosjektnummer: 7151645
Prosjektets tittel: Resipientundersøkelse i Karmsundet
Kvalitetssikrer: Asbjørn Bergheim
Oppdragsgiver(e): Karmøy og Haugesund kommune
ISBN: 82-490-0217-2

Forord

Undersøkelsen er gjennomført på oppdrag fra Karmøy og Haugesund kommune. Rapporten skal blant annet brukes som en del av dokumentasjonen i forbindelse med kommunenes bruk av resipienten for kommunalt avløpsvann. Johannes Thaule og Elin Olsgard fra Karmøy og Karl Otto Mikkelsen (etter at Gro Staveland sluttet i kommunen) fra Haugesund kommune har vært kontaktpersoner i forbindelse med oppdraget. Tinney Rasmussen var kontaktperson ved Silfas Karmsund AS.

Feltarbeidet ble hovedsakelig utført av Øyvind F. Tvedten, samt Veslemøy Eriksen og Stig Westerlund fra RF. I tillegg var Erik Bakkevik, kaptein på M/S Risøygutt, med på bunnprøveinnsamlingen. Mandius Grindheim, var kaptein på "Bayliner" på den første innsamlingsdagen. Vi har også hatt meget god hjelp på sjøen av personer fra kommunene; Elin Olsgard og Bjørn Reppe fra Karmøy, og Gro Staveland og Karl Otto Mikkelsen fra Haugesund. De to sistnevnte har vært mest med på sjøen.

Sektor for teknisk drift i Haugesund, takkes for hyggelig og godt samarbeid med hensyn til lån av båt.

Ellers takkes alle involverte fra kommunenes side, for godt samarbeid.

Odd Ketil Andersen (RF) har vært kvalitetssikrer på prosjektforslaget som undersøkelsen bygger på. Asbjørn Bergheim har vært kvalitetssikrer på rapporten, hvor Åge Molversmyr har hatt hovedansvaret for tilførselsberegninger, Veslemøy Eriksen for bunnprøvene og Øyvind Tvedten har skrevet om vannresultatene og annen tekst.

Vi ønsker også å takke RF-Miljølab og NIVA for analyser.

Stavanger, 10. februar 2003

Øyvind F. Tvedten, prosjektleder

Innhold

Sammendrag og konklusjon	iv
1 INNLEDNING	1
2 MATERIALE OG METODER	2
2.1 Områdebeskrivelse, tidligere undersøkelser.....	2
2.2 Utslipp til Karmsundet	4
2.2.1 Karmøy kommune	5
2.2.2 Haugesund kommune	5
2.3 Innsamlingsprogram og metoder.....	5
2.3.1 Bakgrunn og valg av prøveparametre og stasjoner	5
2.3.2 Sjøvannsprøver.....	8
2.3.2.1 Program	8
2.3.2.2 Metoder.....	9
2.3.3 Bunnprøver.....	10
2.3.4 Tilførselsberegninger	11
2.4 Analyser.....	13
2.4.1 Vann	13
2.4.2 Sediment.....	13
2.4.2.1 Totalt organisk karbon og nitrogen	13
2.4.2.2 Partikkelstørrelse og organisk innhold (glødetap).....	13
2.4.3 Bunnfauna	14
2.4.3.1 Mål på diversitet	14
2.4.3.2 Multivariate metoder	15
2.5 Databehandling.....	17
2.6 STFs klassifiseringssystem av miljøkvalitet	17
3 RESULTATER OG DISKUSJON	19
3.1 Hydrografi og vannkjemi	19
3.1.1 Kort om feltarbeidet, værforhold, observasjoner	19
3.1.2 Temperatur og saltholdighet	20
3.1.3 Oksygen i vannsøylen og bunnvann	24
3.1.4 Næringssalter.....	25
3.1.4.1 Totalfosfor og fosfat	26
3.1.4.2 Totalnitrogen, nitrat og ammonium.....	27
3.1.4.3 N:P forholdet	29

3.1.4.4	Sammenligning mellom stasjoner	29
3.1.4.5	Sammenligning med andre undersøkelser.....	30
3.1.5	Klorofyll a og siktedyp.....	32
3.2	Bunnprøver.....	34
3.2.1	Partikkelstørrelsesfordeling.....	34
3.2.2	Organisk innhold i sediment	35
3.2.3	Bunndyr	36
3.2.4	Dominerende arter.....	37
3.2.5	Multivariate analyser.....	39
3.3	Sammenligning av bunnresultater fra tidligere undersøkelser.....	41
3.4	SFT tilstandsklassifisering	45
3.5	Tilførselsberegninger.....	46
3.5.1	Utslipp fra bedrifter.....	47
3.5.2	Avrenning og kommunalt avløpsvann	49
3.5.3	Ulike kilders relative tilførsler	50
3.5.4	Andre kilder	52
3.5.5	Sammenligning med tallene i fra 1997	53
3.6	Oppsummering, resipientvurdering.....	55
4	REFERANSER.....	57
5	VEDLEGGSOVERSIKT	60
	NOEN ORD OG UTTRYKK.....	

Sammendrag og konklusjon

Undersøkelsen er igangsatt av Haugesund og Karmøy kommune i forbindelse med deres bruk av Karmsundet som resipient for kommunalt avløpsvann. Rensekrav for kloakk som settes av myndighetene er blant annet knyttet opp mot nasjonale målsetninger om reduksjoner av næringssaltutslipp/kloakksanering, og miljøtilstanden i resipienten. Kommunene har inne utslippssøknader og er i diskusjon med SFT og Fylkesmannen angående myndighetskrav om rensegrad for utslippene til Karmsundet. Karmsundet er ca 30 km langt og store deler har vanddyp fra 40 – 100 m. Det er kraftig nord- og sørgående tidevannsstrøm. Reststrømmen er nordlig. Karmsundet mottar kommunalt og spredt avløpsvann tilsvarende 17 600 pe hvorav 4400 pe er fra Haugesund kommune. De største andre kildene til næringsstoffer og organisk materiale er fra tare- og fiskeproduktproduksjon. Tidligere undersøkelser har vist at Karmsundet er belastet av stor organisk tilførsel.

Undersøkelsen har omfattet

- ❖ Hydrografi- og næringssaltanalyser
- ❖ Sedimentundersøkelser og bunndyr
- ❖ Tilførselsberegninger av næringssalter og organisk stoff

Det ble tatt vannprøver fra åtte stasjoner (Ka 1-8) som var plassert fra langt sør i Karmsundet til nord for sundet ved Skåreholmen og vest ved Føyno. Vannprøvene (0, 5, 10 og 20 m) ble tatt i fra august 2001 til juli 2002, til sammen 12 innsamlinger. Bunnprøver fra syv stasjoner i Karmsundet ble tatt i april 2002. Resultatene sammenlignes med verdier i SFTs veiledning for klassifisering av miljøtilstand i fjorder og kystfarvann, og tildeles miljøtilstand fra *Meget god* (klasse I) til *Meget dårlig* (klasse V). Beregning av stofftilførsler fra ulike kilder ble beregnet på grunnlag av tall fra kommunene og bedrifter.

Resultatene oppsummeres;

- **Hydrografi.** Stasjonene har forholdsvis lik vannkvalitet med hensyn til saltholdighet og temperatur. Dette viser at det er bra vannutveksling mellom stasjonene og at det er påvirket av de samme ytre miljøforholdene. Tetthetsmålingene viser at vannet er lite lagdelt i hele høstperioden og utover vinteren. Det er først i april-mai at lagdelingen blir markert. Dette skjer fordi saltholdigheten synker og temperaturen stiger i overflatevannet. I juni stiger saltholdigheten betraktelig i de øverste 20-30 meterne, samtidig som temperaturen synker. Disse endringene er trolig et resultat av en periode med nordavind som har ført overflatevannet ut fra kysten. Dette vannet erstattes av kystvann med høyere saltholdighet og næringssaltinnhold samt lavere temperatur.
- **Oksygeninnholdet i bunnvannet** var tilfredsstillende høyt på alle stasjonene i hele måleperioden. Bunnvannet i Karmsundet får dermed tilstand *meget god*, med hensyn til oksygeninnhold. Også i tidligere undersøkelser er det funnet at oksygeninnholdet i hovedleia er god.

- **Næringssalter.** Det ble ikke funnet ekstremt høye næringssaltkonsentrasjoner i Karmsundet. Sammenlignet med tidligere undersøkelser er det ikke grunnlag for å si at det har endret seg over tid. Karmsundet har litt høyere næringssaltinnhold enn andre nærliggende områder. Målingene viste også at det var mer næringssalt i prøvene fra sundet sammenlignet med de tre referansestasjonene utenfor, samt at innholdet økte svakt nordover i Karmsundet. Dette viser at tilførslene kan spores som en liten økning i næringssaltkonsentrasjon. I forhold til SFTs klassifisering kan innholdet av næringssalter om vinteren tildeles tilstand *meget god* for alle parametre, bortsett fra *totalfosfor* som fikk tilstand *god*. Om sommeren var det mer spredning i resultatene på grunn av algevekst. Ammonium og totalnitrogen fikk beste tilstand, totalfosfor fikk tilstand *god*, og fosfat varierte fra *god* til *mindre god*.
- **Klorofyll og siktedyp.** Gjennomsnittlig klorofyllnivå om sommeren lå på grensen (2 µg/l) mellom tilstand *god* og *meget god*. Det varierte nokså mye mellom stasjonene og tidspunktene. Også sikten varierte en del, men gjennomsnittlig sikt om sommeren var 7,5 m noe som tilsvarer tilstand *meget god*. Basert på årets målinger ser det ikke ut til at det er uvanlig høy algebiomasse i Karmsundet, som følge av næringssalttilførslene.
- **Sedimentets partikkelstørrelse og organisk innhold.** Generelt ble det funnet høye verdier for organisk innhold (TOC) i det undersøkte området, dette stemmer med tidligere undersøkelser som også har vist at det organiske innholdet i sedimentene er høyt i Karmsundet. Selv om det er målt høye verdier for TOC, har det sammenlignet med tidligere undersøkelser noen steder vært en tendens til reduksjon. TOC-innholdet tilsvarte tilstand *god* til *meget dårlig* på de syv stasjonene i 2002. Det var høyest utenfor FMC Biopolymer ved Vormedal. Sedimentet i Karmsundet inneholder en blanding av sand, leire og silt. Andel finstoff var høyest på de dypeste stasjonene og det viser at de har svakest bunnstrøm.
- **Bunndyr.** Totalt ble det funnet 149 arter og 30196 individer i 28 grabbprøver. Bunnfaunaen i Karmsundet varierer mye i det undersøkte området, resultatene tyder også på at dette gjelder innenfor små områder (variasjon mellom replikatene). På stasjonene varierte artsantallet fra 18 ved Vormedal til 68 vest av Risøy. Generelt var artsantallet tilfredsstillende på stasjonene og det viser at det er mange dyr som kan leve i sjøbunnen. De fleste stasjonene har svært mange individer i prøvene. Dette skyldes stor organisk tilførsel, som er føde for dyrene. Det høye individantallet av enkelte arter fører i noen tilfeller til at jevnhet og diversitet blir lav. Basert på artsmangfoldet fikk stasjonene tilstand *god* til *dårlig*. Ved å se på dominerende arter på stasjonene, kan det undersøkte området deles i to. 1) Områder som er under kontinuerlig tilførsel av organisk materiale, og 2) områder som periodevis tilføres organisk materiale eller som generelt har mindre tilførsel. Resultatene indikerer også at det kan være en gradient-forskjell mellom de nordligste og sørligste stasjonene i undersøkelsen. Sammenlignet med tidligere undersøkelser, har det ikke skjedd noen systematiske endringer i miljøtilstand som kunne spores i bunnfaunen.

- **Tilførsler.** Industriutslippene (først og fremst fra FMC BioPolymer) står for 74 % av fosfortilførselen, 69 % av nitrogen- og 92 % av BOF-tilførselen til Karmsundet. Kommunalt avløpsvann bidrar med ca 24 % av nitrogen- og fosfortilførselen samt 7 % av BOF. Dersom de kommunale utslippene renses med en effekt på 90 % for fosfor, 70 % for nitrogen og 70 % for BOF (sekundærrensing), vil de årlige kommunale stofftilførslene stå for 3 % av nitrogentilførselen, 7 % av fosfor og 3 % av BOF til Karmsundet.

Ser en bort fra industritilførsler men tar med avrenning fra land, står Haugesund kommune for 20-30 % av nitrogen-, fosfor- og BOF-tilførselen til Karmsundet, mens Karmøy står for resten. Det kommunale avløpsvannet inkludert de spredte utslippene utgjør da ca 87 % av fosfortilførselen, 77 % av nitrogentilførselen og 85 % av BOF-tilførselen (utenom industri). Det vil si det er en mindre del som tilføres via avrenning fra land.

Oppsummering og resipientvurdering;

Karmsundet har meget god kapasitet til å motta og omsette organisk materiale. Hovedårsaken til dette er at det er mye strøm i sundet, som gjør at det blir god tilgang på nytt vann og oksygen som er nødvendig for nedbrytning av materialet. Det fører også til at stofftilførslene blir spredt over et stort område, noe som fører til mindre fare for lokal overbelastning. Alle målinger viser at det er tilfredsstillende med oksygen i bunnvannet i hovedleia og at det ikke er noen terskler som fører til dårlig bunnvannsutsiftning. I undersøkelsene er det ikke funnet noen spesiell utvikling av miljøforholdene siden de første innsamlingene på slutten av 1970 tallet.

Selv om miljøgifter ikke har vært et tema i rapporten viser tidligere undersøkelser at bunnen i store deler av sundet er forurenset. I første rekke med tjærestoffer (PAH), tinnorganiske forbindelser (TBT) og enkelte metaller. Dette skyldes hovedsakelig utslipp fra industri og skipstrafikk. Det er gitt kostholdsråd for menneskelig konsum av krabbe og skalldyr (skjell) fra Karmsundet samt fiskelever fra en del av området. Vi ser på miljøgiftene som det største miljøproblemet i Karmsundet, siden de har innvirkning på bruk av sjømat fra området til mennesker. Undersøkelser som Rogalandsforskning har utført viser at miljøgiftene har skadelige effekter på fisk, skjell og krabber i deler av Karmsundet.

I denne undersøkelsen har vi funnet at tilførslene fra land fører til litt økt næringsstoffinnhold i vannet sammenlignet med vannet utenfor sundet. Dette førte derimot ikke til en betydelig algemengde i vannet, dårlig sikt eller oksygenvikt i vannsøylen. De største miljøeffektene av utslippene har blitt funnet i sjøbunnen. Det er mye organisk materiale på de fleste stedene. Dette fungerer blant annet som næringsgrunnlag for enkelte bunndyr, og generelt har Karmsundet svært mange individer i bunnen, mens artsantallet er mer variabelt.

I følge Miljøverndepartementet tilhører Karmsundet i utgangspunktet en type vannforekomst som kan karakteriseres som et mindre følsomt område. I en veileder fra SFT (Molvær m. fl. 2002) er det satt opp flere kriterier for at en vannforekomst kan

karakteriseres som mindre følsom eller følsom. Sentralt i disse kriteriene er vurderinger om utslippene til miljøet har skadevirkninger på resipienten eller ikke. Ut fra de gode vannutskiftningsforholdene i Karmsundet kan det karakteriseres som et mindre følsomt område. I vannsøylen er det avdekket ubetydelige effekter av næringssalttilførselen samtidig som konsentrasjonen er forhøyet i forhold til området utenfor, men i bunnen er det tydelige miljøeffekter. Ut fra de observerte effektene på bunnen er Karmsundet dermed å betrakte som et følsomt område. Slik vi tolker veilederen blir dermed Karmsundet totalt sett å betrakte som et følsomt område. Vi vil anta at dersom utslippene av organisk stoff (og næringssalter) opphørte/ble vesentlig redusert, ville sjøbunnen i hovedleia i Karmsundet i løpet av noen år få et betydelig færre antall individer, noen flere arter og andre typer arter enn i dag. I hvor stor grad en skal se på dette som positivt, er avhengig av en ønsket målsetning om at naturlig bunnforhold skal oppnås.

Siden både industriutslipp og avløpsvann tilfører organisk stoff og næringssalter, er det ikke mulig å skille disse kildene, og effektene fra utslippene, fra hverandre. Slik situasjonen er nå, vil det i stor grad være lik effekt av en utslippsreduksjon, enten det er på kommunalt avløpsvann eller fra industri. Trolig er det enklest og gir størst effekt å sette inn tiltak for å rense industriutslipp i forhold til kommunalt avløpsvann. Dette kommer tydelig frem i fra tilførselsberegningene i rapporten, som viser at de kommunale utslippene prosentvis er små, sammenlignet med industrien. Det kan dermed også antas at et krav om sekundærrensing på de kommunale utslippene vil få ubetydelig positive miljøeffekter. Alle avløp bør primærrenses og legges slik at utslippsvannet ikke kommer opp til overflaten.

1 Innledning

Karmøy og Haugesund kommune bruker Karmsundet som resipient for kommunalt avløpsvann. I forbindelse med dette ønsker de å få undersøkt miljøforholdene i området og å få vurdert effektene av de kommunale utslippene, samt eventuell nytteverdi av rensing. Rensekrav for kloakk som settes av myndighetene er blant annet knyttet opp mot nasjonale målsetninger om reduksjoner av næringssaltutslipp/kloakksanering, og miljøtilstanden i resipienten. Kommunene har inne utslippsøknader og er i diskusjon med Fylkesmannen angående myndighetskrav om rensegrad for utslippene til Karmsundet.

Norge har eller skal, gjennom EØS avtalen forpliktet seg til å forholde seg til noen EU direktiver når det gjelder utslipp og avløpsvann. De to viktigste i denne sammenheng er Vanddirektivet (EU 2000) og Avløpsdirektivet (1991/271/EØF og 1998/15/EØF). Vanddirektivets overordnede mål er å fastsette en ramme for beskyttelse av ferskvann, grunnvann og sjøvann. Avløpsdirektivet beskriver kriterier for hvilke rensekrav som skal fastsettes for ulike resipienter og utslipp. Hovedregelen er at utslipp fra tettsted med 10 000 – 150 000 pe på Vestlandet skal gjennomgå sekundærrensing før utslipp til sjø. I tillegg er det egne krav for utslipp til elvemunninger og økte krav ved utslipp til følsomme resipienter. Karmsundet mottar kloakk tilsvarende ca 13 200 pe fra Karmøy kommune og 4 400 pe fra Haugesund. Dette er over 10 000 pe og dermed skal utslippene gjennomgå sekundærrensing, dersom området rundt defineres som ett tettsted, for at de generelle kravene skal tilfredsstilles. Unntak fra kravene kan blant annet gjøres ut fra miljøforholdene i resipienten. En del om dagens situasjon for renseslag og utslipp, og mulige konsekvenser av implementering av direktivene, kan leses i Källquist *m.fl.* (2002), SFT 2001 og SFT 2002b.

Den foreliggende undersøkelsen er hovedsakelig gjennomført for å skaffe et datagrunnlag for å gi resipienten en tilstandsklassifisering i følge SFT veileder 97:03 "Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann" (Molvær *m.fl.* 1997). Dette skal gi grunnlag for myndighetene til å fastsette rensekrav for utslippene til Karmsundet. Undersøkelsesparametrene ble bestemt ut fra krav fra SFT og Fylkesmannen. Prosjektbeskrivelsen ble utarbeidet av RF, og gjennomgikk flere revisjoner før det ble godkjent av kommunene og Fylkesmannen i juni 2001 (RF forslag, F-60078, versjon 4, datert 27.06.01).

Det er nylig blitt utgitt en veileder fra SFT som gir noen retningslinjer for innhold i denne type resipientundersøkelser (Molvær *m.fl.* 2002), som gjelder utslipp over 10 000 pe i sjø og 2000 pe i ferskvann eller elvemunning. I forhold til veilederen er det mange undersøkelsesparametre som er godt undersøkt, mens andre er lite eller ikke undersøkt i Karmsundet. Dette gjelder også historiske data.

Den nye veilederen (Molvær *m.fl.* 2002) skjelner mellom fem situasjoner (eller tilfeller/typer) der det er behov for resipientundersøkelser.

1. Undersøkelse for å avgjøre om utslipp fra samme tettbebyggelse går til forskjellige resipienter som ikke påvirker hverandre.

2. Undersøkelse av et utslipps beliggenhet i forhold til en elvemunning.
3. Undersøkelse for å avgjøre om utslipp etter primærrensing ikke har skadevirkninger på miljøet i mindre følsomme resipienter.
4. Undersøkelse for å avgjøre om rensing utover primærrensing ikke er til vinning for miljøet i mindre følsomme områder.
5. Overvåking for å revidere oversikten over følsomme områder hvert 4. år.

For denne undersøkelsen er det særlig punkt 3 og 4 som er aktuelle. Undersøkelsen omfatter målinger av hydrografi (siktedyp, temperatur og saltholdighet) og en rekke vannkjemiske parametre (næringssalter, klorofyll, oksygeninnhold i bunnvann). I tillegg er det tatt bunnprøver for måling av organisk innhold og identifisering av bunndyr. Innsamlingen ble foretatt på åtte (+ 1) stasjoner i perioden august 2001 til juli 2002. Etter at undersøkelsen startet ble Silfas Karmsund AS med og finansierte en ekstra bunnstasjon ved deres utslippssted.

I rapporten er det også gjennomført en vurdering av tilførselsmengdene av næringssalter og organisk stoff til sundet. Dette er stort sett basert på informasjon som vi har mottatt fra kommunene og noen aktuelle bedrifter. Ulike kilder er identifisert og kvantifisert, slik at eventuelle tiltak kan vurderes opp mot antatt miljøgevinster. For kommunene er det ønskelig å få beregnet eventuell miljøgevinst dersom det gjennomføres økt rensegrad på utslippene.

Miljøforholdene i Karmsundet er undersøkt en rekke ganger i fra slutten av 70-tallet. Generelt har disse undersøkelsene vist at Karmsundet er belastet med stor organisk tilførsel og tilførsel av næringssalter og miljøgifter. Det er funnet et betydelig nivå av miljøgifter (blant annet metaller, PAH og fluor) i sediment og i marine organismer og det er gitt kostholdsrad for krabbe, skjell og fiskelever fra hele eller deler av sundet (Gjerstad *m.fl.* 2001).

2 Materiale og metoder

2.1 Områdebeskrivelse, tidligere undersøkelser

Karmsundet er ca. 30 km langt, fra Haugesund i nord til Skudeneshavn i sør. Fra Kopervik og nordover er det forholdsvis smalt med flere øyer og sund. Det er moderat dypt (under 100 m) og det er flere terskler men de fleste er nokså dype. Den grunneste terskelen (ca 13 m) er i Salhusstrømmen ved broen over Karmsundet til Karmøy. Fra Kopervik og sørover er Karmsundet åpent mot Boknafjorden, og der er det over 100 m dypt. Vannutskiftningen i hovedleia er meget god, mens den er dårligere i enkelte av buktene (Knutzen *m. fl.* 1989). Det er meget kraftig tidevannsstrøm i største delen av sundet, bortsett fra i enkelte bukter og viker. Strømmen går sørover ved fjærende sjø og nordover når det flør.

Sintef har gjort en del målinger av strøm i området ved Høievarde og Hydro Aluminium Karmøy, samt langt sør i sundet ved Europipe II. Eidnes & McClimans (1990) målte

maksimalle strømhastigheter på 51 og 34 cm/s i henholdsvis 5 og 25 m dyp ved Hydro. Gjennomsnittshastigheten var 9,5 og 6,5 cm/s. De registrerte en svak nettoforflytning (rundt 1 cm/s) av vannmassene nordover i sundet. Eidnes & McClimans (1999) registrerte at det også er perioder hvor nettotransporten var i sørlig retning (1,4 cm/s) på 5 og 30 m dyp i løpet av en fire måneders periode ved Hydro. Det var da en kort periode med intensiv nordavind som førte til at nettostrømmen gikk sørover. De beregnet i den samme perioden den midlere tidevannsstrømmen til å være 5,4 og 4,7 cm/s i henholdsvis 5 og 25 m dyp. Det betyr at vannmassene i dette område flytter seg ca 1200 m sør- og nordover i hver tidevannssyklus. Målingene ved Europipe-traseen bekrefter den sterke tidevannsinnflytelsen på strømhastighet og -retning. I dette området anslår de oppholdstiden til vannet å være ca 2 uker (Brørs & McClimans (1998). Nyere målinger ved bunn (72 m dyp) ved Åsgard transport-ledning viste en gjennomsnittlig tidevannsstrøm på 5,6 cm/s og den dominerende retning var nordgående (Eidnes & Bjerke 2002).

I september og oktober 2002 fikk FMC Biopolymer gjennomført nye strømmålinger i området ved fabrikken og i Bøvågen (NIVA 2003). Disse målingene bekrefter at det er sterk tidevannsstrøm (25-30 cm/s) i hovedleia og at det er forholdsvis høye maksimalstrømhastigheter (75-85 cm/s). Resultatene viser at det generelt er større hastigheter ved fabrikken enn lenger sør i sundet. Dette kan forklares med at Karmsundet er på det smaleste i dette området. Generelt var reststrømretningen nordlig, men også de fant perioder og vanddyb hvor reststrømmen gikk sørover (trolig pga. vindpåvirkning). Reststrømmen nordover førte til at overflatevannet (ca 0-20 m) flyttet seg 80 km nordover i en 28 dagers periode. Det gir en midlere strømhastighet i nettostrømretningen på 3,2 cm/s. Det betyr også at det er en omtrentlig utskiftning av Karmsundvannet minst hver 14. dag, dersom en antar at alt vannet i hele sundet beveger seg likt (noe som selvsagt ikke er tilfelle) og at Karmsundet er 30 km langt.

Karmsundet er tidligere undersøkt av blant annet: Skei *m. fl.* (1978), Berg (1981), Aabel (1987), Knutzen *m. fl.* (1989), Aabel & Fredriksen (1990), Næs & Rygg (1991), Myhrvold (1993), Myhrvold (1996), Myhrvold *m. fl.* (1997b), Eriksen *m. fl.* (1997), Tvedten & Eriksen (1999), Tvedten (2001a,b,c), Tvedten & Bergheim (2001) og Eriksen & Tvedten (2002). Undersøkelsene har kartlagt hydrografiske og hydrokjemiske forhold, bunndyrssamfunn, innholdet av miljøgifter (PAH, fluor og metaller) i sedimenter og i marine organismer. Største delen av undersøkelsene er gjennomført på oppdrag fra bedriften FMC Biopolymer. Resultatene derfra er rapportert i konfidensielle rapporter, men vi har fått lov å bruke de her (pers. medd. Tormod Rui, FMC, oktober -02). Likeledes får FMC bruke de kommunale dataene. Myhrvold *m. fl.* (1997a) gir en oversikt over en rekke av resultatene og oppsummerer miljøforholdene slik de var frem til da.

I Tvedten (2001a,b) er det gitt en sammenstilling av vannkvalitetsdataene som var samlet i fra Kopervik området til området nord for Haugesund. Karmøy kommune har samlet mye av miljøinformasjonen i fra Karmsundet og området rundt Karmøy i en miljødatabase (Monsen 2000).

2.2 Utslipp til Karmsundet

Det er flere kilder til ulik forurensning av Karmsundet. En hovedkilde er Hydro Aluminium as Karmøy fabrikk, hvor den forurensende del av utslippet i hovedsak består av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH, tjærestoffer). Det er utgitt kostholdsråd angående krabbe og skalldyr (skjell) fra Karmsundet samt fiskelever fra en del av området (Gjerstad *m.fl.* 2001). I tillegg finnes det en del annen industri (bl.a. skipsindustri). Den andre type kilde er utslipp fra kommunal kloakk og fra fiskeforedling og -fôrproduksjonen ved Silfas og Biomar i Husøyvågen, samt fra FMC BioPolymer som utvinner alginat fra tare. RF - Rogalandsforskning har tidligere gjennomført en kartlegging av tilstand og årsak til organisk forurensning i Karmsundet på oppdrag for Karmøy kommune (Myhrvold *m. fl.* 1997b). Det konkluderes i rapporten med at kloakk var årsak til 5-7 % av den totale tilførselen av organisk stoff (som KOF og TOC) til Karmsund, mens utslippet fra FMC BioPolymer utgjorde ca 90 %. Tilsvarende stod kloakktilførslene for i overkant av 25 % av den totale tilførselen av fosfor, mens FMC Biopolymers andel var ca 68 %. Rensing/sanering av kloakkutslipp til Karmsundet vil dermed gi liten effekt, målt som tilførselsreduksjon av nærings salt og organisk materiale. Det er i hovedsak utslipp av sedimenterbare partikler som er antatt å gi organisk anrikning av sedimentene i deler av Karmsundet (Myhrvold *m. fl.* 1997b). Oppdaterte tilførselsberegninger er en viktig del av denne rapporten.

De største kommunale enkeltutslippene er angitt på kartet i Figur 1. I opplysninger vi har fått fra kommunene mottar Karmsundet kloakk fra Karmøy med ulik rensegrad tilsvarende 13239 pe og fra Haugesund tilføres ca 4 400 pe. Utslippene regnes gjerne i personekvivalenter eller personenheter (pe). 1 pe er nå definert som den mengde organisk stoff som brytes ned biologisk med et biokjemisk oksygenforbruk målt over fem døgn, BOF₅, på 60 g oksygen per døgn (Molvær *m.fl.* 2002). Det er vanlig å regne 1,5 personer per 1 pe. Tidligere tilsvarte 1 pe årlig avfallsproduksjon fra 1 person.

Primærrensing oppnås dersom BOF₅-verdien i avløpsvannet reduseres med minst 20 % i forhold til det som blir tilført og den samlede mengde suspenderte stoffer, SS, reduseres med minst 50 % i forhold til det som blir tilført rensanlegget, eller ikke overstiger 60 mg/l ved utslipp (avløpsforskriften, SFT 2002a). Utslipp som kun går gjennom grove siler eller helt ubehandlet kalles direkte utslipp. Dersom utslippet går gjennom siler med spalteåpning på ca 0,8-1 mm og/eller slamavskiller, kan primærrensing bli tilfredsstillende, men det er ikke alltid tilfelle (SFT 2002b).

Sekundærrensing oppnås dersom: 1) BOF₅-verdien i avløpsvannet reduseres med minst 70 % i forhold til det som blir tilført rensanlegget eller ikke overstiger 25 mg/l O₂ ved utslipp, og 2) KOF_{cr}- verdien i avløpsvannet reduseres med minst 75 % i forhold til det som blir tilført rensanlegget eller ikke overstiger 125 mg/l O₂ ved utslipp (avløpsforskriften, SFT 2002a). I tillegg anbefales det at SS-verdien for det tilførte vannet reduseres med 90 % før utslipp, eller ikke overstiger 35 mg/l etter rensing.

Videre rensing (*tertiærrensing*) knyttes opp mot prosentvis fjerning av nærings saltene nitrogen og fosfor, samt krav til utslippskonsentrasjoner av stoffene etter rensing.

Det er store kostnadsforskjeller mellom de ulike grader av rensing.

I våre beregninger har vi satt rensegraden for kommunale utslipp med sil og slamavskiller til 15 % for nitrogen og fosfor (20 % på Haugesund) på og 30 % for BOF. For de spredte utslippene er rensegraden satt til 10 % for nitrogen og fosfor og 30 % for BOF. De fleste av disse går gjennom slamavskiller før utslipp.

2.2.1 Karmøy kommune

Karmøy kommune har sine utslipp til Karmsundet nokså spredt (Figur 1). Avløpsnett er i stadig endring og omlegging. De største utslippene er lokalisert ved Kopervik, ved Vormedal, Norheim og Torvastad. De største utslippene munner ut i hovedleia i Karmsundet, det vil si i områder med god strøm. Kommunens avløpspolitikk er at før utslipp til resipienten, skal utslipp < 500 pe gå gjennom slamavskiller og utslipp > 500 pe gå gjennom sil med silåpning på 1 mm. Totalt har kommunen et utslipp tilsvarende 13239 pe (~ 20 000 personer) til Karmsundet.

2.2.2 Haugesund kommune

Kommunen har i de siste (10) årene lagt om mye av de kommunale utslippene og overført de fra Smedasund og Karmsund området til Årabrot renseanlegg. Anlegget ligger nord for byen og har utslippet ut i strømførende sjø på Sletta. Det mottar i dag ca 82 % av Haugesund kommune sine totale utslipp. For anlegget er det søkt om utslippstillatelse for silanlegg med kapasitet på 65000 pe. Av gjenværende utslipp til Karmsundet er det meste lokalisert til området sør for byen (Figur 1). Det er ca 6600 personer (~ 4400 pe) som fremdeles har Karmsundet som resipient. Omtrent halvparten av utslippsvolumet har Masko-Zoll silanlegg før utslipp, resten er helt urensset.

2.3 Innsamlingsprogram og metoder

2.3.1 Bakgrunn og valg av prøveparametre og stasjoner

Det er forsøkt å lage et undersøkelsesopplegg som skal være kostnadseffektivt og tilstrekkelig omfattende i henhold til problemstillingen, samt ut fra erfaring med lignende undersøkelser. I tillegg har SFT veileder 97:03 "Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann" og de norske standardene NS 9420, NS 9422, NS 9423 vært med på avgjøre innholdet i undersøkelsen. Ved stasjonsplassering er det også lagt vekt på følgende: stedene er undersøkt tidligere, de er lagt i dypeste punkt i resipienten fordi det er her det først vil bli oksygenmangel ved bunn dersom oksygenforbruket er større enn tilførselen (vannutskiftning). I tillegg vil det være større muligheter for at bunnprøvene blir tatt i sedimentasjonsområder (finkornet bløtbunn).



Figur 1. Kart over prøveinnsamlingsområdet (utsnitt fra C-map). Pøvestasjonene (Ka 1-8) er markert med nummer. Stasjon 7 med parentes er kun brukt til bunninnsamling. De største utslippene er tatt med og angitt som antall pe (Haugesunds tall er omregnet fra antall personer: 1 pe = 1,5 personer og er markert med blå skrift). Kartet er meget grovt og omtrentlig. Se også vedlegg for kart og stasjonsplassering i større detalj.

For å kunne tildele resipienten tilstandsklasser ut fra SFTs veiledning, er det et sett med ulike parametre som kan måles og det er gitt anbefalinger/krav til hyppighet og omfang av målingene (Tabell 3 i Molvær *m. fl.* 1997). Blant annet skal næringssalter minimum måles 10 ganger (helst med 1 til 2 ukers mellomrom) sommer og vinter og oksygeninnhold i bunnvann skal måles månedlig. Det er likevel en rekke valg som må tas når en planlegger en slik undersøkelse. Blant annet antall vanddyb, stasjoner, og hvilke parametre som skal inngå og hvor hyppig det kan måles uten at kostnadene blir for store.

Målinger av klorofyll, siktedyp, oksygeninnhold i bunnvann og bunnundersøkelser er *effektparametre* mens målinger av næringsalter gir eventuelle årsaker til tilstanden. Nivået av total nitrogen og – fosfor gir et bilde av det totale næringsinnholdet, mens nitrat, ammonium og fosfat viser hva som er lettest tilgjengelig for algevekst. Næringssaltinnholdet, og tilførslene, vil naturlig variere til dels mye fra ett år til et annet. Hyppige målinger over lang tid er dermed ønskelig for å beskrive godt situasjonen i en vannmasse. Dette er som oftest ikke mulig, og denne rapporten bygger på de resultatene vi her har funnet, samt tidligere innsamlete data.

Næringsalter er helt nødvendig for algevekst og produksjon i sjøen, akkurat som gjødsel er det på land. Det er først når det blir for høyt innhold at miljøforholdene kan bli dårlige (i vår farvann er det ikke vanlig at periodevis næringssaltbegrensning blir sett på som et problem). Innholdet av de ulike næringssaltene kan avgjøre hvilke typer alger som vokser best (noen kan være giftige, noen er godt egnet som mat for dyreplankton), og høyt innhold av alger kan føre til redusert sikt og høyt oksygenforbruk når de nedbrytes. Om sommeren kan algene bruke opp det meste av de løste næringssaltene (fosfat, nitrat, ammonium m.fl.) i vannet, mens vintermålingene viser mer innholdet som en effekt av lokal og regional tilførsel. Ammoniuminnholdet i sjøvann med tilfredsstillende oksygeninnhold, vil stort sett ligge i SFT tilstandsklasse I dersom ikke prøvene tas meget nært et utslipp. Ammonium blir også meget lett tatt opp av algene om sommeren. Ammonium ble likevel inkludert i undersøkelsen for å få befestet antagelsen om at det er lave ammoniumkonsentrasjoner i overflatevannet i Karmsundet.

Mengden av organisk innhold i sedimentet gir informasjon om mengden som blir tilført i forhold til nedbrytelsehastighet. Organisk materiale tilføres f. eks. som løv, kvister og annet materiale fra land, tang og tare, og døde alge- og dyrerester fra vannsøylen. I tillegg kommer de menneskeskapt tilførslene, som kloakkutslipp og fra bedrifter. Det organiske materialet kan fungere som føde for en rekke bunndyr og brytes ned i sjøbunnen. Dette krever oksygen og går raskest ved god oksygentilførsel, og sent dersom miljøet blir uten oksygen (anoksisk). Høy organisk tilførsel kan dermed føre til oksygenvikt og en sjøbunn uten dyreliv. Det vil normalt være slik at innholdet av organisk materiale er korrelert med partikkelstørrelsen. Finkornete sediment vil ha høyere innhold av organisk materiale enn grove. Dette er det tatt hensyn til i SFT veiledningen (Molvær *m. fl.* 1997) ved at innholdet normaliseres i forhold til innholdet av leire og silt, det vil si partikler som er mindre enn 63 µm.

Analyse av bløtbunnsamfunn er vanlig i marine miljøundersøkelser og kan gi mye informasjon om miljøforholdene og oksygeninnhold i bunnvannet. Faunaen i fjordbunnen er i hovedsak lite mobil og kan derfor betraktes som et "speil" på den forurensningsbelastning området har vært utsatt for, og representerer ikke bare et øyeblikksbilde, men også hvordan miljøforholdene har vært i tiden (mnd-år) før prøvene ble tatt. Det finnes mye kunnskap om dyrene sin utbredelse og respons på forurensning og ved lavt oksygeninnhold. Mange ulike arter (høy diversitet) og et moderat individantall tilsier at det er gode miljøforhold. Antall arter og individer vil variere mye ut fra forskjellige naturlige miljøforhold.

I 1995 ble RF sertifisert etter kvalitetsstandarden ISO-9001. RF-Miljølab er akkreditert etter NS-EN 17025 for en rekke analysemetoder av vann, slam og sedimenter. Høsten 1999 ble metodene for innsamling av bløtbunnsprøver og bestemmelse av bløtbunnsfauna akkreditert (basert på NS 9420, 9422, 9423).

2.3.2 Sjøvannsprøver

2.3.2.1 Program

Vannprøvene ble tatt fra 8 stasjoner (se Figur 1 og kart i vedlegg, samt Tabell 1). Hensikten med stasjonsutvalget var å se på en mulig gradient (nord-sør) i Karmsundet og for å gi en tilstand ut fra et større område og prøveantall enn fra en punktmåling, samt å gi svar på om vannmassene i Karmsundet skiller seg i fra vannet utenfor. Noen tidligere undersøkelser tyder på en økning i næringssaltinnholdet nordover i Karmsundet.

Det ble plassert stasjoner i ytterkant av hver ende av Karmsundet (Ka 1 og 7) samt vest for Karmøy (Ka 8), som skal fungere som referansestasjoner, for å se på forskjeller i næringssaltinnholdet i og utenfor sundet. Særlig på Ka 8 kan en forvente at vannmassene tilsvarer det som finnes i den nordgående norske Kyststrømmen. Under meget ugunstige forhold kan den imidlertid være influert av utslipp på vestsiden av Karmøy, eller oppdrettsvirksomheten i området. Ka 1 og Ka 2 ligger i hver ende av Karmsundet, og i så stor avstand at de i liten grad bør være påvirket av lokale utslipp. Imidlertid kan en være litt etterpåklok å si at Ka 1, ikke var et helt heldig sted å ha en referansestasjon. Siden reststrømretningen i Karmsundet er nordover, vil vann som kommer ut av sundet i verste fall kunne påvirke næringssaltinnholdet på Ka 1. I verste fall kan vannet på stasjonen bli litt påvirket av utslipp ved Årabrot, ved sørgående strøm (fjærende sjø). Ka 2 ligger i det dypeste området vest for Risøy nord i Karmsundet. Ka 3 ved Rossabø inngår også i et undersøkelseprogram "Langtidsovervåking av marine resipienter i Rogaland" men heter da Ka 11. Ka 4 ligger like utenfor FMC Biopolymer og er mye undersøkt tidligere. Ka 5 ble plassert i området nord for Hydro Aluminium Karmøy. Ka 6 var lokalisert utenfor Kopervik, i dette området er det en dypere renne på øst-siden av sundet og det blir gradvis dypere sørover. Ka 7 ble plassert midt i sundet, på nordlig bredde med Blikshamn.

Det ble gjort 12 innsamlinger, konsentrert om vinter og sommer, siden det er i disse årstidene SFT har oppgitt grenseverdier for vannkvalitet. Vannprøvene til næringssaltanalyser (total nitrogen, nitrat, ammonium, total fosfor og fosfat) ble samlet i 0, 5, 10 og 20 m (dvs. overflatelag hvor det er mest algevekst og fra laget under).

Klorofyll ble målt i blandprøve fra 0, 5 og 10 m i sommerhalvåret. Siktedyp ble målt på hver stasjon ved hver innsamling.

På Ka 2-6 ble det ved hvert tidspunkt tatt én prøve av bunnvannet (2-3 m over bunn) for å måle oksygeninnholdet (Winkler titrering). Stasjonene er plassert i Karmsundet hvor det har størst interesse å måle oksygeninnhold i bunnvannet. Stasjon Ka 1, 7 og 8 antas å ha så god forbindelse med omkringliggende vannmasser, og ligger utenfor det primære influensområdet for utslippene i Karmsundet, slik at målingene ble utelatt på disse tre stasjonene. Oksygeninnholdet i bunnvann ble analysert etter Winkler, siden

den metoden er mer nøyaktig og pålitelig (og akkreditert) enn målinger ved hjelp av sonder.

Ved hver innsamling ble værforholdene observert sammen med strømretningen i overflatevannet. Strømretningen kan brukes ved tolkning av resultatene. Hydrografi data (støtteparametre for tolkning av næringssaltdataene) måles minst for hver 5. meter ned til ca 60 m eller til bunn med en YSI sonde. Følgende parametre logges: oksygen (mg/l og % metning), temperatur og saltholdighet.

Tabell 1 oppsummerer undersøkelsesprogrammet.

Tabell 1. Antall vannprøver i 2001 og 2002, 12 innsamlinger (start i august 2001). 8 stasjoner med næringssalter i fire vanddyb (0, 5, 10 og 20 m) på hver stasjon. Oksygeninnhold i bunnvann måles på stasjonene i Karmsundet (Ka 2-6).

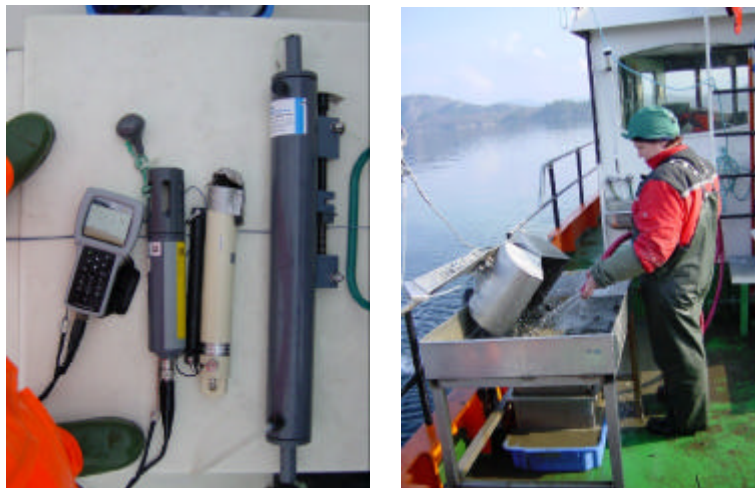
Parameter (antall stasjoner)	2001				2002								Sum
	aug	sep	nov	des	jan	jan	feb	april	mai	jun	jun	jul	
Total fosfor (8)	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	384
Fosfat (8)	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	384
Total nitrogen (8)	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	384
Nitrat (8)	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	384
Ammonium (8)	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	384
Siktedyp (8)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	96
Klorofyll <i>a</i> (8)	8	8							8	8	8	8	48
Sonde (hydrografi) (8)	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	96
Oksygenmålinger, bunnvann (6)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	72

2.3.2.2 Metoder

Posisjonen til stasjonene ble i august lokalisert ved hjelp av kart og prøvedyp, samt erfaring fra tidligere undersøkelser. Senere ble prøvestedet lokalisert ved hjelp av krysspeilinger, distanse til land og merker på land (mé). Da bunnprøvene ble tatt i april ble mer nøyaktig stasjonsplassering gjennomført. Men det var ingen stasjoner hvor prøvestedet ble endret nevneverdig.

Vannprøvene til næringssalter ble tatt ved hjelp av Niskin vannhenter eller med en lang slange og batteridrevet pumpe, og deretter tappet på egnede flasker. Mellom prøvene ble pumpen kjørt tilstrekkelig lenge for at vannet i fra ett dyp ikke skulle påvirke neste prøve. Prøvene av bunnvannet ble samlet med en Niskin vannhenter, tappet på glassflasker og tilsatt kjemikalier. Oksygeninnholdet i bunnvann måles med winklers metode, siden den metoden er mer nøyaktig og pålitelig (og akkreditert) enn målinger ved hjelp av sonder. Prøveflaskene ble satt i kjølebagg og satt i kjølerom ved ankomst RF-Miljølab inntil videre analyse eller behandling. Siktedypet ble målt med en Secchi skive (25 cm). Temperatur, saltholdighet og oksygen ble målt med en YSI 6820 sonde, som etter fabrikantens spesifikasjoner har følgende nøyaktighet: temperatur $\pm 0,15$ °C, saltholdighet $\pm 0,1$ (eller 1%), oksygeninnhold $\pm 0,2$ mg/l (for prøver 0-20 mg/l) og vanddyb 0,12 cm (for dyp 0-61m). Bare saltholdighet og oksygeninnhold ble kalibrert før prøveinnsamlingen. Sonden hang i kabel og ble brukt fra overflaten og ned til ca 60 m eller bunn. Data ble lagret (minst) for hver 5. meter. YSI sonden var dessverre defekt

i en periode fra februar til juni 2002 og det ble da brukt en SD 204 CTD (Conductivity Temperature Density) sonde. Dette instrumentet har mye høyere nøyaktighet når det gjelder temperatur ($\pm 0,01$ °C), og saltholdighet (0,02), men måler ikke oksygen. CTDen startes på overflaten og ble senket ned til bunnen i et tau. Den lagret data for hvert sekund. Ved noen innsamlinger ble begge instrumenter benyttet.



Figur 2. Bilde til venstre av (fra høyre) Niskin vannhenter, CTD og YSI sonde med lagrings og skjerm enhet. Bilde av Veslemøy Eriksen som spyer og sifter en grabbprøve.

I rapporten er saltholdighet oppgitt uten benevning som ”Practical Salinity UNIT, PSU” med symbolet S, dette tilsvarer promille (‰) som ble brukt tidligere (se eventuelt vedlegg i Molvær *m. fl.* 1997). Sjøvannets tetthet (masse pr volum) er oppgitt som s_t og 1000 kg må legges til for å få tyngde i kg pr m^3 . I våre farvann kan en forenklet si at tettheten øker med økende saltholdighet og trykk, og avtagende temperatur.

2.3.3 Bunnprøver

På stasjonene i Karmsundet (Ka 2-7) ble det tatt fire sedimentprøver med en 0,1 m^2 van Veen grabb. Prøvene fra Ka 7 ble tatt ved sørspissen av Fosenøy siden det der er tatt en del prøver tidligere. Dette er en del lenger nord en der hvor vannprøvene fra Ka 7 ble samlet. Se kapittel 2.3.2 for øvrig stasjonsplassering. Utenfor Silfas utslipp ble det ikke tatt vannprøver. Stasjonen ved utslippet ble kalt Ka 5B, siden den kom inn i undersøkelsen etter at de andre stasjonsnavnene var tatt i bruk. Stasjonen ble plassert i det dypeste partiet ved utslippet fra Husøy området (kombinert ledning med kloakkutslipp, Silfas, Biomar og andre).

Innsamlingen ble gjort i april 2002 fra M/S Risøygutt. Prøvene ble beskrevet visuelt og eventuell uvanlig lukt ble registrert. Det ble ført en feltjournal med opplysninger om prøvene og værforhold mm. Det ble tatt prøver til analyse av organisk innhold (glødetap og TOC) samt nitrogen (TN) fra de øverste 1-2 cm fra de tre første grabbprøvene på hver stasjon, samt tatt prøver til kornstørrelse fra 0-5 cm dyp i sedimentet. Prøvene ble pakket i plastprøveglass og oppbevart i kjølebag, inntil opparbeidelse eller nedfrysing på laboratoriet.

Bunnfaunaprøvene ble silt gjennom to siler med 5 mm og 1 mm runde hull. Prøvene er kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Materiale som ble igjen på siktene ble konserverert i formalinløsning nøytralisert med boraks, merket og emballert. Dyrene ble

senere sortert ut i laboratoriet under lupe og artsbestemt. Beskrivelse av sedimentet og generelle opplysninger fra stasjonene er gitt i Tabell 2.

Innholdet av organisk materiale og artsmangfoldet (diversitet) vurderes opp mot SFTs grenseverdier for miljøkvalitet (Molvær *m. fl.* 1997).

2.3.4 Tilførselsberegninger

Beregning av stofftilførsler fra land er basert på data som kommunene har skaffet til veie. Her er det gitt opplysninger om arealstørrelser og arealbruk, om antall personer tilknyttet offentlig avløpsnett eller med separate avløpsløsninger og om antatt rensegrad for disse avløpene, og om eventuelle andre tilførselskilder i nedbørfeltet. Beregningene er gjort etter fremgangsmåten beskrevet i SFTs veiledning 95:02 (Bratli & Holtan 1995). En har antatt at nedbøren i området er ca 1400 mm pr. år, og at spesifikk avrenning er omlag 35 l/s·km². I tillegg er det samlet informasjon om bedrifters utslipp fra SFTs hjemmesider og ved personlig kommunikasjon med bedriftene.

Når det gjelder avrenning fra jordbruket har en benyttet lavere koeffisienter for arealavrenning enn det som er anbefalt for landsdelen i SFTs veiledning, da disse tallene er urealistisk høye (særlig for fosfor). I stedet er det benyttet nyere erfaringstall fra Jæren (som også inkluderer tilførsler fra punktkilder; Molversmyr *et al.* 2002). Avrenningstallene er i tillegg nedjustert noe (ca 20%) siden intensiteten i jordbruket må antas å være lavere enn på Jæren. For organisk stoff har en ikke hatt konkrete opplysninger om antall husdyr å basere beregningene på. I stedet har en benyttet beregninger (i henhold til SFTs veiledning) for områder på Jæren, og vurdert tilførslene i forhold til størrelsen av jordbruksarealet. Og igjen er avrenningen nedjustert noe (ca 20%) med antagelse om lavere intensitet i jordbruket.

Tilførselsberegningene er konsentrert om organisk stoff målt som BOF siden det er den enheten som er knyttet til utslippskrav for kloakkutslipp. Mengde organisk stoff i et utslipp kan også oppgis som suspendert stoff (SS), eller S-TS (suspendert tørrstoff) totalt organisk karbon (TOC), eller KOF (kjemisk oksygenforbruk). Siden nedbrytningshastigheten til ulike typer organisk stoff er meget variabel, er omregning mellom ulike mål nokså usikker. Opphavet til det organiske stoffet vil ha stor betydning. Løv og kvist fra land er for eksempel tungt nedbrytbart, mens organisk stoff i kloakk brytes ned fort.

Tabell 2. Stasjonsopplysninger, innsamlingsomfang og sedimentbeskrivelse på de 7 bunnstasjonene i april 2002. Det var sørlig bris og yr til å begynne med, og etter hvert vestlig bris og opphold. Posisjonene er notert fra båtens GPS og dypene fra båtenes ekkolodd. Full grabb tar 19 liter sediment. Det ble tatt prøver til kjemiske analyser av de tre første grabbprøvene på hver stasjon og bunndyrprøver i fra alle.

Stasjon	Dyp (m)	Posisjon WGS 84	Fyllingsgrad i grabb (lit.)	Kommentarer	Prøve
Ka 2 Vest for Risøy	62,5	59°24,386'N 05°15,417'Ø	1. hugg, 5 2. hugg, 7 3. hugg, 5 4. hugg, 5	Grov skjellsand med stein og skjell. Lys brun farge, grå-svart under overflaten. Alle grabber litt åpne.	Kornstørrelse, glødetap, TOC og TN Prøve Id-nr 02143, 19-21 Bunnfauna prøve Id nr 02144, 25-28
Ka 3 Ved Rossebø	77	59°23,466'N 05°17,073'Ø	1. hugg, 14 2. hugg, 17 3. hugg, 15 4. hugg, 18	Grå-grønn overflate (0,5-1 cm tykk), skjellsand med mudder. Grå-svart finkorna sand og mudder under. Markert H ₂ S-lukt. En del slagg og småstein. Gravende sjøpiggevin.	Kornstørrelse, glødetap, TOC og TN Prøve Id-nr 02143, 16-18 Bunnfauna prøve Id nr 02144, 21-24
Ka 4 Utenfor FMC Vormedal	56	59°21,160'N 05°18,868'Ø	1. hugg, 5 2. hugg, 18* 3. hugg, 19 4. hugg, 19	Mørkebrunt-svart, bløtt, finkornet sediment. Noen store steiner. Mye organisk materiale, lite uorganisk materiale. Sterk H ₂ S-lukt. 2 grabbhugg forkastet pga stein i åpningen. Mye børstemark. *Nesten bare råtnende tarerester. 3-4 mm store partikler.	Kornstørrelse, glødetap, TOC og TN Prøve Id-nr 02143, 13-15 Bunnfauna prøve Id nr 02144, 17-20
Ka 5B Øst for Midtøy	66	59°20,244'N 05°19,115'Ø	1. hugg, 9 2. hugg, 10 3. hugg, 8 4. hugg, 4	Grov skjellsand med grå-svart mudder. Børstemark. 2 grabbhugg forkastet pga stein i åpningen.	Kornstørrelse, glødetap, TOC og TN Prøve Id-nr 02143, 10-12 Bunnfauna prøve Id nr 02144, 1316
Ka 5 Øst for Høievarde	94	59°19,470'N 05°19,560'Ø	1. hugg, 11 2. hugg, 12 3. hugg, 13 4. hugg, 6*	Grå-grønt finkornet sediment. Litt innblandet finkornet sand. Litt slagg. En del børstemark (<i>Maldanidae</i> eller <i>Melinna</i> og <i>Owenia</i> rør). Ett hugg forkastet pga. stein og slagg i grabbåpningen. *Grabben litt åpen.	Kornstørrelse, glødetap, TOC og TN Prøve Id-nr 02143, 7-9 Bunnfauna prøve Id nr 02144, 9-12
Ka 6 Midtjords ved Kopervik	82	59°17,280'N 05°19,624'Ø	1. hugg, 16 2. hugg, 19 3. hugg, 19 4. hugg, 19	Grå-grønt mudder, med litt finkornet sand. Litt småstein og slagg. Det var dypere lenger mot øst, ned mot 120 m, valgte å ta prøvene nærmere Kopervik.	Kornstørrelse, glødetap, TOC og TN Prøve Id-nr 02143, 4-6 Bunnfauna prøve Id nr 02144, 5-8
Ka 7 Sørspissen av Fosenøy	200	59°16,220'N 05°20,470'Ø	1. hugg, 18 2. hugg, 19 3. hugg, 19 4. hugg, 19	Grå-grønt finkornet sediment. Litt småstein, spesielt i første prøve. Gravekrepsen <i>Calocaris</i> mm.	Kornstørrelse, glødetap, TOC og TN Prøve Id-nr 02143, 1-3 Bunnfauna prøve Id nr 02144, 1-4

2.4 Analyser

2.4.1 Vann

Næringsalter, klorofyll og oksygen

Analysene ble foretatt ved RF-Miljølab (akkreditert). Totalfosfor: NS 4725 3/84, fosfat: NS 4724 2/84, totalnitrogen NS 4743 2/93, nitrat + nitritt NS 4745 2/91 og ammonium NS 4746 (1975). I overflatesjøvann med tilfredsstillende oksygeninnhold er det normalt ubetydelige mengder nitritt. I rapporten omtales resultatene fra nitrat + nitritt analysen som nitrat. Klorofyll a ble analysert etter: metode med Aceton/DMSO (Klaveness 1984; Stauffer *m.fl.* 1979). Spektrofotometer: Perkin-Elmer Lamda 7. Filtertype: Whatman GF/C. Oksygeninnholdet ble analysert med Winkler titrering (NS-ISO 5813 1/93).

Siktedyp

Siktedyp er et enkelt mål på klarheten til vannet. En Secchi skive ble senket ned til den var ute av syne, og deretter trukket opp igjen. Snitt verdien av dypet hvor skiven forsvant og kom til syne igjen ble notert som siktedypet.

2.4.2 Sediment

2.4.2.1 Totalt organisk karbon og nitrogen

Sedimentet ble ubehandlet frosset og sendt videre fra RF-Miljølab til analyse ved Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) sitt laboratorium i Oslo. Analysene ble gjort ved forbrenning ved 1800 °C etter at karbonater var fjernet ved hjelp av saltsyre. NIVA metode G6 (akkreditert), HCN analysator.

2.4.2.2 Partikkelstørrelse og organisk innhold (glødetap)

Analysene av kornfordeling ble foretatt ved RF-Miljølab etter intern metode (ikke akkreditert) basert på Buchanan (1984). Sedimentet ble tørket over natten ved 105 °C. 20-30 gr prøve ble veid inn til analyse. Deretter ble prøven splittet i to fraksjoner ved våt-sikting (0,063 mm). Den grove fraksjonen (> 63 µm = 0,063 mm) ble analysert ved tørrsikting etter at prøven var tørket over natten ved 105 °C. Det tørre sedimentet ble overført til en sikt-serie med følgende åpninger; 4, 2, 1, 0,5, 0,25, 0,125, og 0,063 mm og kjørt i ristemaskin i 15 minutt. Materialet som ble liggende igjen på de ulike siktene ble veid til nærmeste 0,01 gram. Andel partikler (vekten) som var mindre enn 0,063 mm ble bestemt ved å trekke summen av vekten til de andre partikkelstørrelsene (> 0,063 mm) fra utgangsvekten til prøven.

Mengden organisk materiale i sedimentet ble analysert som glødetap (vektreduksjon), etter gløding ved 550 °C i minimum 2 timer (NS 4764). På forhånd ble prøven tørket ved 105 °C og det ble innveid ca 5 gr.

2.4.3 Bunnfauna

Analysene ble gjort ved RF. Antallet av arter og individer er primære resultater i bunnfaunaundersøkelser. Etersom antallet arter og individer i upåvirkede marine sedimenter kan være høyt og derfor vanskelig å få oversikt over, er det hensiktsmessig å sammenfatte informasjonen ved bruk av ulike beregningsmetoder og grafiske fremstillinger.

Ved å redusere datasett med mange variable (her vil hver bunndyrart representere en variabel) til enklere tall eller figurer, vil det på grunn av de enkelte metoders svakheter være fare for at vesentlig informasjon går tapt. Metodene har ulike fordeler og ulemper, og det er derfor vanlig å benytte flere utfyllende og til dels overlappende metoder. I denne undersøkelsen er analysene utført ved hjelp av beregninger og figurfremstillinger som er anbefalt (Gray *m. fl.* 1988) og vanlig brukt i tilsvarende resipientundersøkelser.

Taksonomiske grupper (art og slekt) som er tatt med i de videre analysene, er tatt med ut fra følgende kriterier:

- Artene lever i bunnsedimentet
- Artene er samlet kvantitativt med grabben
- Individene holdes tilbake på sikt med maskevidde 1 mm
- Individene er identifisert til art, slekt eller familie. Unntaket er fåbørstemarken (*Oligochaetae*) og slimormer (*Nemertea*), disse er bare bestemt til gruppe, men er likevel tatt med i analysene.

Dette medfører at grupper som rundmark samt kolonidannende arter som hydrozoer og svamper ikke er tatt med i analysene. Krepser uten tilknytning til sedimentet er også utelatt fra de videre analyser. I denne undersøkelsen er ingen andre dyrgrupper/arter fra artslisten utelatt.

2.4.3.1 Mål på diversitet

Diversitet blir beregnet ut fra antall arter og fordeling av individene på artene i prøven. Med høyt antall arter og jevn individ fordeling mellom artene, vil prøven ha høy diversitet. Diversitet er beregnet som Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') (Shannon & Weaver 1963), jevnhet (Pielou 1966), samt diversitetskurver (Hurlbert 1971).

Shannon-Wiener indeksen beregnes som:

$$H' = -\sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Hvor $p_i = n_i / N$, s = totalt antall arter, n_i = antall individer av i 'te art og N = totalt antall individer.

De beregnede verdiene sammenlignes med *grenseverdier* gitt av SFT (Molvær *m.fl.* 1997).

Jevnhet (J) er et mål på hvor jevnt individene er fordelt mellom artene. Verdiene ligger mellom 0 og 1. Verdien vil gå mot 0 om de fleste individene tilhører en art, mens den vil være 1 om alle artene er representert med like mange individer. Ved maksimal

diversitet, vil alle artene være representert med like mange individer, det vil si at $H' = \log_2 S = H_{max}$. Forholdet mellom observert (H') og maksimal diversitet (H_{max}), kan derfor sees som et mål på jevnhet (Magurran 1988). Jevnhet beregnes som:

$$J = \frac{H'}{\log_2 S} = \frac{H'}{H_{max}}$$

Et annet mål på artsrikdom er beregnet etter Hurlberts formel (Hurlbert 1971):

$$E(S_n) = \sum_{i=1}^S \left[1 - \frac{\binom{N - N_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right]$$

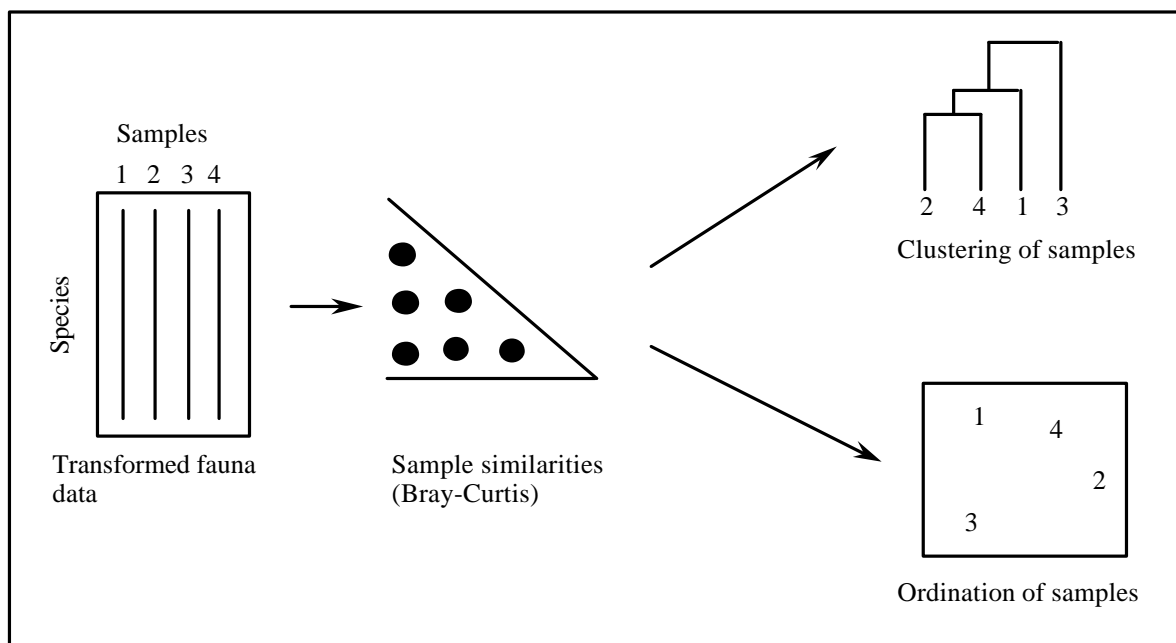
hvor $E(S_n)$ = forventet antall arter i en delprøve av n tilfeldig valgte individer, N = totalt antall individer i prøven, S = totalt antall arter i prøven, og N_i = antall individer av art i .

Formelen beregner et forventet antall arter en vil finne i en prøve ut fra et visst antall tilfeldig valgte individer (normalt 100 individ, $ES_{n=100}$), verdiene sammenlignes med *grenseverdier* gitt av SFT.

2.4.3.2 Multivariate metoder

Klassifisering (klusteranalyse) og ordinerings (MDS) er benyttet for å undersøke likheten mellom bunndyrprøvene fra de ulike innsamlingstidspunkt. Rådata blir transformert før analysen, slik at dyr med få individer får større betydning enn de ellers ville ha hatt. Transformeringsen gjør også at arter med mange individ får mindre betydning i analysene. Dette er vanlig å gjøre på denne type rådata.

Multi Dimensional Scaling (MDS) og klusteranalysen ble utført i programpakken PRIMER 5.2.9 (Clarke & Gorley 2001). Metodene begynner med å måle likheten mellom to og to prøver basert på Bray-Curtis similaritetsindeks (Bray & Curtis 1957). Den resulterende similaritetsmatrisen brukes til å dele prøvene inn i grupper. Likheten mellom disse gruppene fremstilles deretter grafisk som dendrogram fra klusteranalysen, eller som to dimensjonale plott fra MDS analysen. Se Figur 3 nedenfor for skjematisk fremstilling av metodene.



Figur 3. Skjematisk fremstilling av de ulike trinn i klassifisering og MDS analyse. Modifisert etter (Field *m. fl.* 1982).

I dendrogrammet er *grenene* som ligger nærmest hverandre de som ligner mest på hverandre. Forgreningspunktene forteller også kvantitativt hvor stor likheten mellom ulike prøver er.

MDS konstruerer et "kart" over prøvene, hvor dess mer like to prøver er med hensyn på forekomst av arter, dess nærmere vil de være til hverandre på "kartet" (Gray *m. fl.* 1988). MDS analysen forsøker å opprettholde den innbyrdes rekkefølgen av likheter fra dataanalysen, og frem til presentasjonen av resultatene i et to-dimensjonalt plot – med andre ord; prøve 1 er likere prøve 2, enn prøve 3 er til prøve 4, skal fremkomme i plottet som, prøve 1 er nærmere prøve 2 enn prøve 3 er til prøve 4 (Clarke & Warwick 1994).

Stress-faktoren for analyseresultatet forteller hvor godt det to-dimensjonale plottet reflekterer mange-dimensjonaliteten i dataene. Clarke (1993) foreslår følgende "tommelfingerregler" for tolkning av *stress*-faktoren.

- Stress* < 0.05 – gir en meget god gjengiving
- Stress* < 0.10 – gir en god gjengiving
- Stress* < 0.20 – krever varsom tolkning
- Stress* > 0.20 – plottet kan være "farlig" å tolke, og hvis verdien når 0.35-0.40, så er prøvene tilfeldig plassert i plottet.

I denne rapporten er analysene gjort med standard oppsett i programmet PRIMER. Det vil si kvadratro transformerte data og "group average linking". Det ble også gjort analyse på fjerderot transformerte rådata, og MDS plottet viste omtrent det samme bilde.

2.5 Databehandling

Isopleter fra de hydrografiske dataene er laget i programmet Surpher, stort sett etter standard oppsett (kriging og automatisk valgt antall grid linjer). Dataprogrammet forsøker å trekke linjer mellom alle punkter med samme verdi (isolinjer, iso betyr lik). Dette krever en del beregning og resultatet er avhengig av valg av metode og oppsett, samt hvordan grunnlagsdataene er. Analysene på bunndyrsdata ble utført ved hjelp av programpakken PRIMER v5.2.9 (Clarke & Gorley 2001) og Microsoft Excel. Annen generell tallbehandling og lagring av figurer er også gjort i Excel.

2.6 STFs klassifiseringssystem av miljøkvalitet

SFT har gitt ut en veiledning som kan brukes til å klassifisere miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær *m. fl.* 1997). I veiledningen finnes en del bakgrunnsinformasjon og kommentarer til tabellene med måltall (grenseverdier) for ulike klasser av miljøkvalitet i vann, sedimenter og biologisk materiale. Det kreves en del bakgrunnskunnskap om miljøparametrene og det må ofte brukes skjønn for å kunne bestemme rett tilstandsklasse og å tolke resultatene. Nedenfor har vi tatt med to tabeller i fra veiledningen som omtaler miljøparametre som er aktuelle for denne undersøkelsen. Virkninger av organiske stoffer karakteriseres blant annet ved hjelp av oksygen i dypvann.

Tabell 3. Klassifisering av tilstand for næringssalter, klorofyll a, og siktedyp i overflatelaget, samt oksygen i dypvannet for vann med saltholdighet over 20 (se Molvær *m. fl.* 1997).

Parametre		Tilstandsklasser				
		I Meget god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Meget dårlig
Overflatelag Sommer (juni-august)	Total fosfor ($\mu\text{g P/l}$)*	<12	12-16	16-29	29-60	>60
	Fosfat-fosfor ($\mu\text{g P/l}$)*	<4	4-7	7-16	16-50	>50
	Total nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	<250	250-330	330-500	500-800	>800
	Nitrat-nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	<12	12-23	23-65	65-250	>250
	Ammonium-nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	<19	19-50	50-200	200-325	>325
	Klorofylla ($\mu\text{g/l}$)	<2	2-3,5	3,5-7	7-20	>20
	Siktedyp (m)	>7,5	7,5-6	6-4,5	4,5-2,5	>2,5
Overflatelag Vinter (desember-februar)	Total fosfor ($\mu\text{g P/l}$)*	<21	21-25	25-42	42-60	>60
	Fosfat-fosfor ($\mu\text{g P/l}$)*	<16	16-21	21-34	34-50	>50
	Total nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	<295	295-380	380-560	560-800	>800
	Nitrat-nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	<90	90-125	125-225	225-350	>350
	Ammonium-nitrogen ($\mu\text{g N/l}$)*	<33	33-75	75-155	155-325	>325
Dypvann	Oksygen (ml/l)**	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen (mg/l)**	>6,4	6,4-5	5-3,6	3,6-2,1	<2,1
	Oksygenmetning (%)***	>65	65-50	50-35	35-20	<20

* Omregningsfaktoren til mg-at/l er 1/31 for fosfor og 1/14 for nitrogen.

** Omregningsfaktoren mellom mg O₂/l og ml O₂/l er 1,42.

*** Oksygenmetningen er beregnet for saltholdighet 33 og temperatur 6° C.

Tabell 4. Klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment og bløtbunnsfauna (se Molvær m. fl. 1997).

Parametre		Tilstandsklasser				
		I Meget god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Meget dårlig
Sediment	Organisk karbon (mg/g)	<20	20-27	27-34	34-41	>41
Artsmangfold for bløtbunnsfauna	Hurlberts indeks ($ES_{n=100}$)	>26	26-18	18-11	11-6	<6
	Shannon-Wiener indeks (H)	>4	4-3	3-2	2-1	<1

3 Resultater og diskusjon

3.1 Hydrografi og vannkjemi

Innholdet av næringssalter brukes som et mål på om fjorden tilføres mye eller lite næringssalt. Innholdet av klorofyll *a* i overflatesjiktet, siktedyp og oksygen i bunnvann er mer et mål på **effekter** av næringssalttilførselen. Mye klorofyll og dårlig sikt viser det er mye alger i vannet, og det tyder på høyt næringssaltinnhold/tilførsel. Lavt oksygeninnhold i bunnvannet viser at oksygenforbruket er stort, som følge av tilførsel av mye organisk materiale (alger, kloakk og lignende) til vannet, eller at det er dårlig bunnvannsutskiftning. Målingene av temperatur, saltholdighet (og oksygen) i vannsøylen brukes som støtteparametre ved tolkning av resultatene. Blant annet er det viktig å vurdere sjiktning i vannet og utskiftning av bunnvann. Lagdeling i vannsøylen kan være bestemmende for algevekst og tilførsel av næringssalt fra underforliggende vannmasser. Sodedataene er vist i Vedlegg 1 og resten av vannresultatene er vist i Vedlegg 2.

3.1.1 Kort om feltarbeidet, værforhold, observasjoner

Tabell 5 viser utdrag fra feltobservasjoner og kommentarer. Stort sett har feltarbeidet gått greit, men det har vært tekniske problem med YSI-sonden. Været har stort sett vært tilfredsstillende for prøvetakingen, men spesielt i november var det meget grov sjø på de mest eksponerte stedene og disse prøvestedene måtte da flyttes. Etter de første innsamlingene er prøvene vanligvis tatt fra Ka 7 og nordover, Ka 8 og Ka 1 til slutt.

Tabell 5. Kommentarer til feltarbeidet. Strømmen og værforholdene er bare visuelt observert.

Dato	Kommentarer
30-aug-01	Hydrografi (YSI-sonde) og vannprøver. Lettskyet, bris. Sterk sørover rettet strøm ved Ka 2. Brukte båten "Bayliner".
13-sep-01	Hydrografi (YSI-sonde) og vannprøver. Litt regn, østlig frisk bris, minkende til nordøstlig bris. Opphold. Tung sjø ved Ka 8. Sørlig strøm ved Ka 1, skiftet til nordlig strøm senere ved Ka 4.
21. & 26. nov-01	Hydrografi (YSI-sonde) og vannprøver. Alle næringssalter tatt 21. Sonde og oksygen tatt på Ka 3-5, 26. nov. Sørvest frisk bris og meget tung sjø, etter hvert vestlig kuling. På grunn av værforholdene ble prøver fra Ka 8 tatt ved Gitterholmen, Ka 1 prøvene ble tatt ved Kråkene og Ka 7 nord for Trosnavåg.
12. & 13. des-01	Hydrografi (YSI-sonde) og vannprøver. Stille, sol og kaldt. Ka 8 tatt 13. des. Strøm nordover. Mye partikler og tarerester i vannet ved Ka 4.
21-jan-02	Hydrografi (YSI-sonde og CTD) og vannprøver. Nord-vest bris. Skyet og noen byger. Tung sjø på Ka 1 og 8. Sterk strøm nordover ved Ka 3. Mye regn i tiden før, stor flo.
7-feb-02	Hydrografi (YSI-sonde deffekt ikke brukt CTD) og vannprøver. Sør-øst bris regnbyger. Litt dønning og sjø ved ka 8.
25-feb-02	Hydrografi (YSI-sonde deffekt, CTD brukt) og vannprøver. Stille, sol, kaldt. Strøm nordover ved start Ka 7, svak sørover strøm ved Ka 2-3. Litt dønning på Ka 8. Ka 4 tatt litt nær FMC.
17-apr-02	Hydrografi (YSI-sonde) og vannprøver. Stille, sol, senere svak sør-vest bris. Nordlig strøm til å begynne med (Ka 7), sterk nordlig strøm ved Ka 8.
25-apr	Bunnprøver. Sørlig bris, yr og disig.
15-mai-02	Hydrografi (YSI-sonde og CTD) og vannprøver. Sør-vest frisk bris, spaknende. Regnbyger. En del sjø. Ka 7 tatt litt lenger nord enn vanlig pga været. Svak strøm ved start, senere sørover. Mye sør-østlig vind i dagene før.

Fortsettelse

6-jun-02	Hydrografi (YSI-sonde og CTD) og vannprøver. Sør-østlig frisk bris. Sol og varmt. Nordlig strøm ved Ka7 og sørgående senere ved Ka 2.
27-jun-02	Hydrografi (YSI deffekt kun CTD) og vannprøver. Bris og regnbyger. Nordgående strøm til å begynne med, senere (Ka 5) sørgående strøm.
10-jul-02	Hydrografi (kun CTD) og vannprøver. Sørlig bris, regnbyger. Mye avrenning og regn i tiden før prøveinnsamling.

3.1.2 Temperatur og saltholdighet

En del av resultatene fra sondemålingene er fremstilt i isopletdiagram (Figur 4-6) Disse plottene er en forenkling av virkeligheten (og viser ikke nøyaktig de reelle forholdene), men oppsummerer mye informasjon på en forholdsvis illustrativ måte. Særlig ut mot sidene av plottet kan fremstillingen bli uheldig. For å spare plass har vi ikke presentert resultatene for alle stasjonene, se plot for stasjon Ka 1 og mer fra Ka 7 i vedlegg.

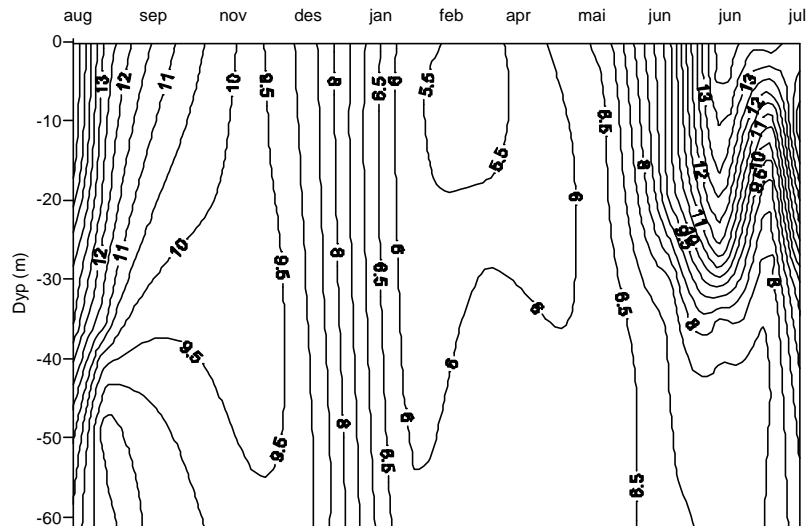
Stasjonene har forholdsvis lik vannkvalitet med hensyn til saltholdighet og temperatur. Dette viser at det er bra vannutveksling mellom stasjonene og at det er påvirket av de samme ytre miljøforholdene. Terskelen ved Salhusstrømmen fører i liten grad til ulik vannkvalitet nord og sør for det grunne partiet, men noen små forskjeller kan sees. I august da innsamlingen startet var vannet varmt med 15-16 °C i overflaten og synkende til 10 °C på 50 m. Utover høsten ble det gradvis kaldere og i februar var det 5-7 °C i hele vannsøylen. Deretter blir det varmere og sommeren 2002 oppnås samme temperatur som sommeren 2001. Saltholdigheten er nokså høy og forholdsvis jevn i ulike vandyp om høsten og litt ut på vinteren. Utover våren blir det lavere saltholdighet i overflatevannet mens det er mer stabilt på 30 m og dypere. Lavere saltholdighet om sommeren er trolig et resultat av større tilførsel av smeltevann som dels kommer ut Boknafjorden og transporteres nordover og i kystvannet generelt.

Tetthetsmålingene viser at vannet er lite lagdelt i hele høstperioden og utover vinteren. Særlig i januar er det ubetydelige sjiktninger i vannsøylen. Det er først i april-mai at lagdelingen blir markert. Dette skjer fordi saltholdigheten synker og temperaturen stiger i overflatevannet. I mai og begynnelsen av juni lagdelingen mest markert. Mellom 6. og 27. juni stiger saltholdigheten betraktelig i de øverste 20-30 meterne, samtidig som temperaturen synker. Disse endringene er trolig et resultat av en periode med nordavind som har blåst overflatevannet ut fra kysten. Dette vannet erstattes av kystvann med høyere saltholdighet og lavere temperatur. Lignende endringer i vannkvalitet ble samtidig registrert i Førresfjord (Tvedten & Molversmyr 2002). Og som kommentert mer nedenfor, inneholder dette vannet mer næringssalter enn vannet som ble blåst bort fra kysten.

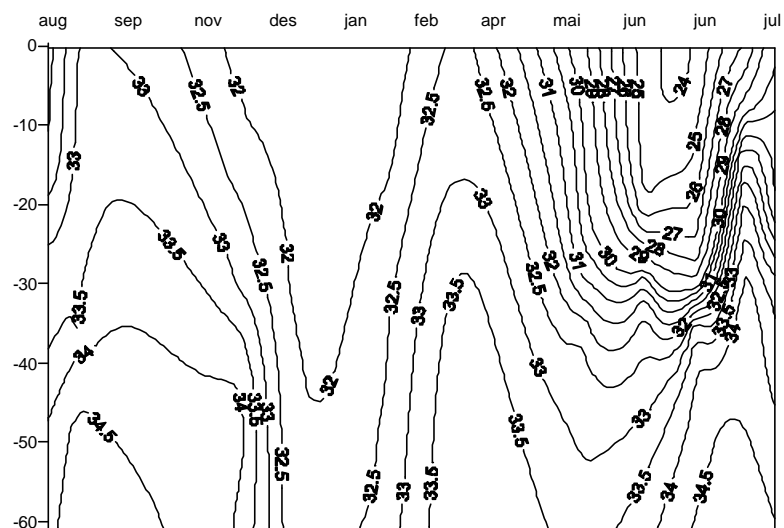
Bunnvannet fra 40-50 m og dypere hadde stort sett en temperatur på 7-9 °C og saltholdighet på 33-34,5.

Resultatene fra hydrografimålingene viser at saltholdigheten vanligvis er over 20 og at i de periodene det er lagdeling kan overflatevann stort sett defineres som vann ned til 20 m. Det betyr at næringssaltprøvene er tatt i vannmasser som passer til klassifiserings-systemet (SFT) for overflatevann og saltholdigheter over 20. De hydrografiske resultatene er i tråd med tidligere undersøkelser, som for eksempel i fra mai 2000 til juni 2001 (Tvedten & Bergheim 2001).

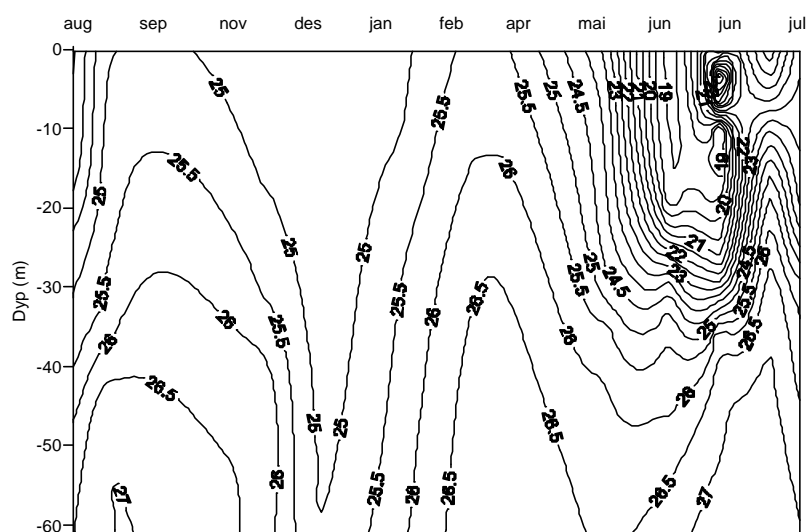
Temperatur, Ka 2



Saltholdighet, Ka 2

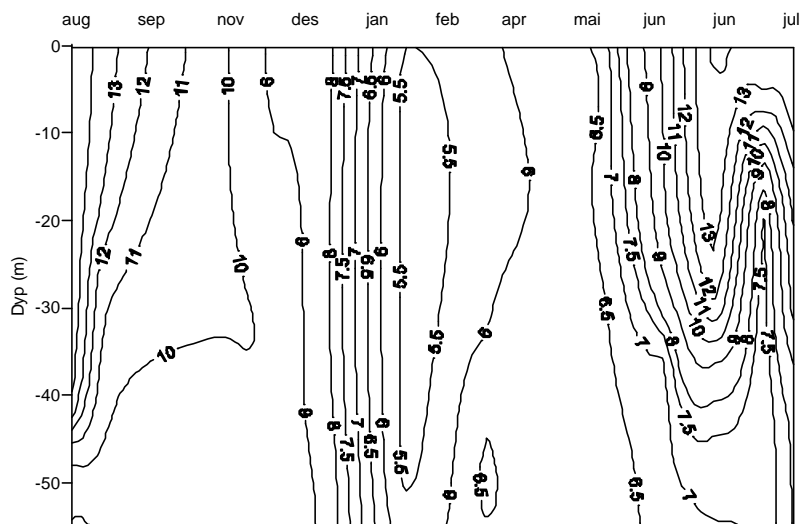


Tetthet, Ka 2

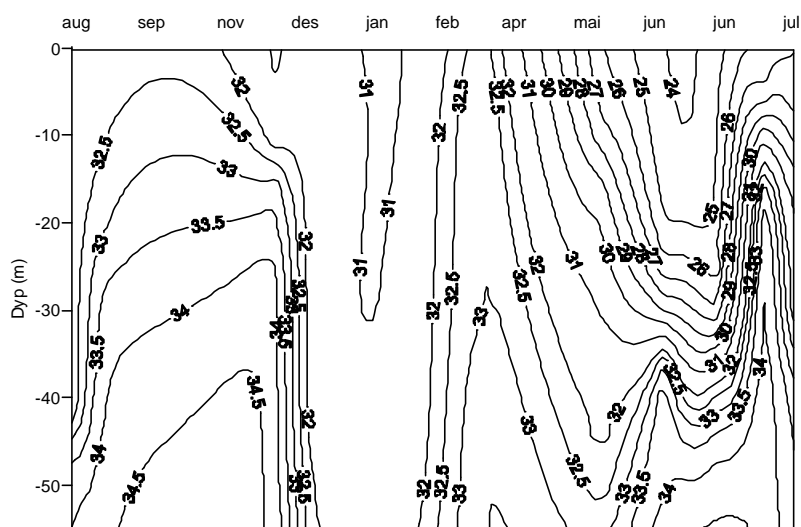


Figur 4. Temperatur, saltholdighet og tetthet på Ka 2. Det er gjort målinger ved hver avmerket måned. Start i august 2001 og slutt i juli 2002. Tetthet er beregnet for YSI dataene.

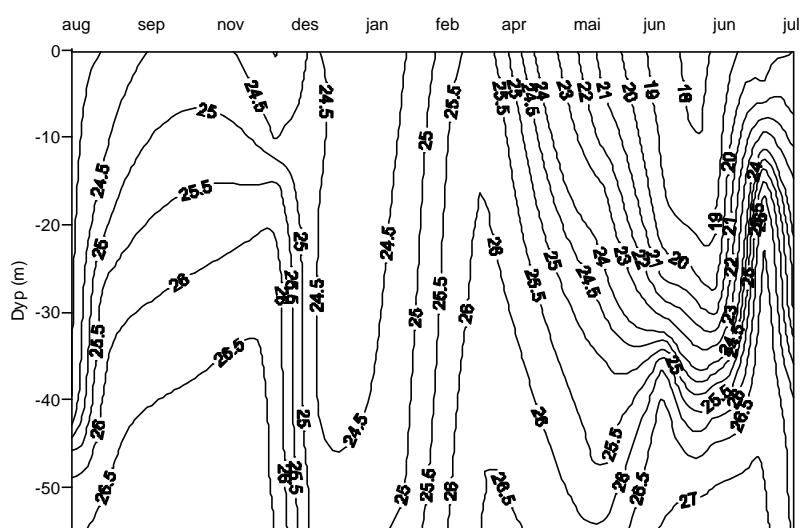
Temperatur, Ka 4



Saltholdighet, Ka 4

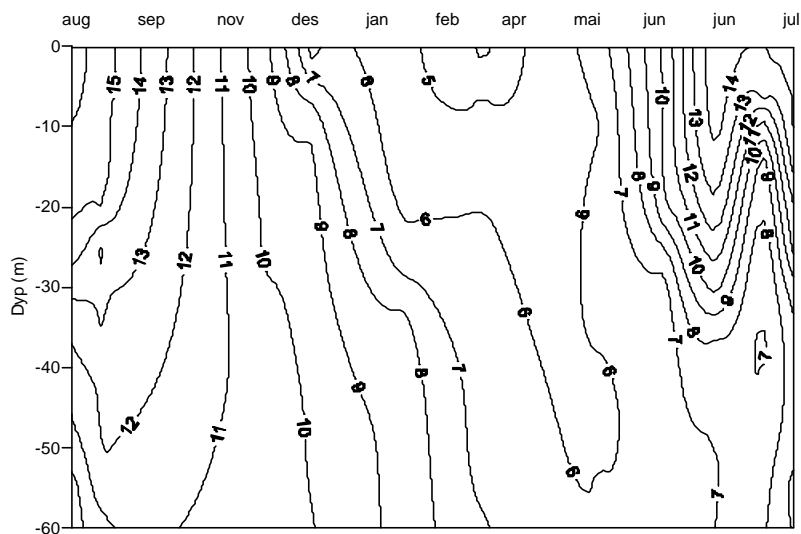


Tetthet, Ka 4

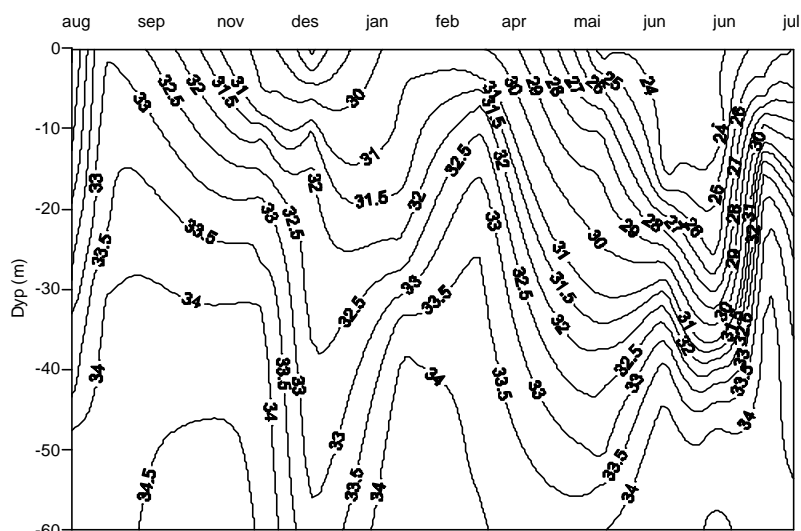


Figur 5. Temperatur, saltholdighet og tetthet på Ka 4. Det er gjort målinger ved hver avmerket måned. Start i august 2001 og slutt i juli 2002. Tetthet er beregnet for YSI dataene.

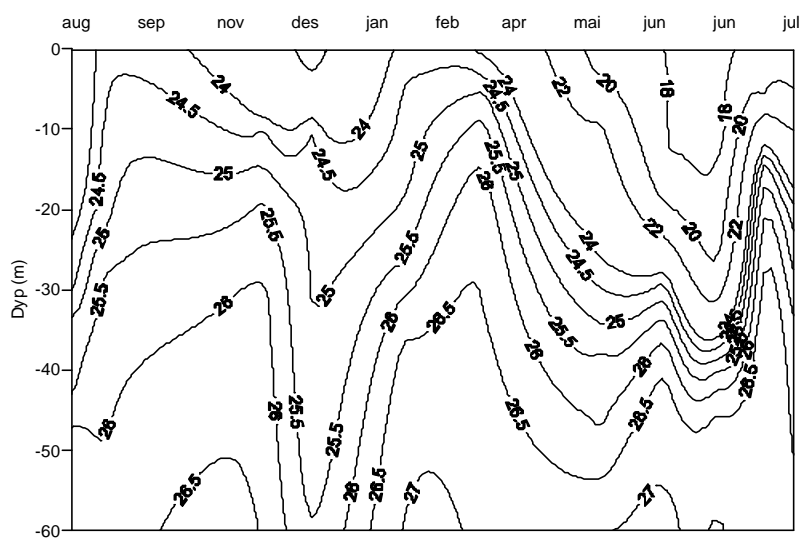
Temperatur, Ka 7



Saltholdighet, Ka 7



Tetthet, Ka 7



Figur 6. Temperatur, saltholdighet og tetthet på Ka 7. Det er gjort målinger ved hver avmerket måned. Start i august 2001 og slutt i juli 2002. Tetthet er beregnet for YSI dataene.

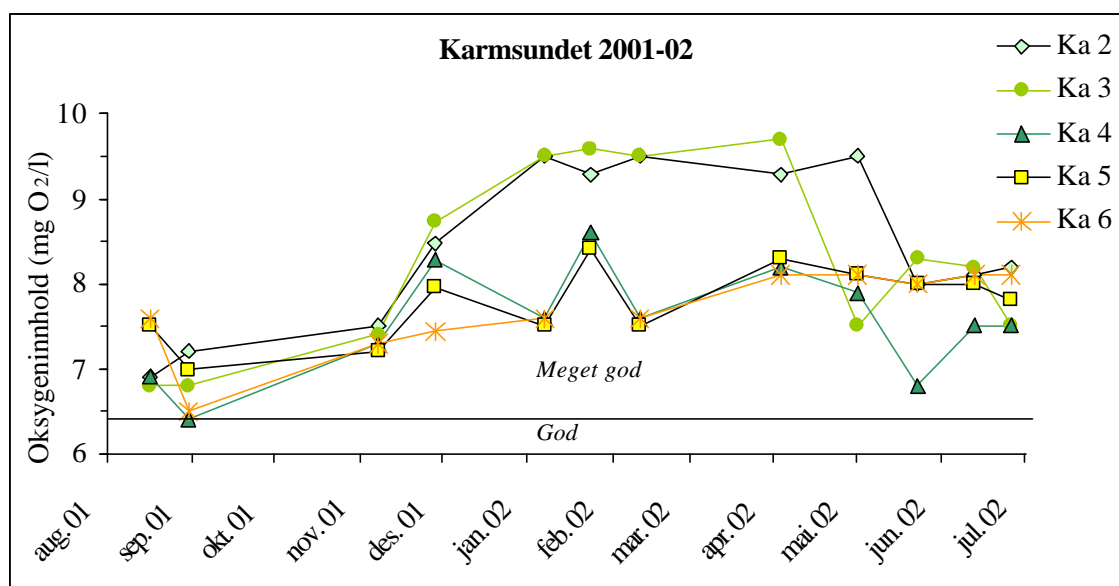
3.1.3 Oksygen i vannsøylen og bunnvann

Vedlegg 1 og 2 gir resultatene fra henholdsvis sondemålingene og analysene av bunnvann. Siden YSI sonden var deffekt i en del av undersøkelsesperioden mangler det en del data fra vannsøylemålingene. Dette har imidlertid liten betydning, siden bunnvannsprøvene er så entydige. Generelt er det bra samsvar med oksygenmålingene fra sonden og Winkler, der det er gjort målinger i samme vannmasse. Sondemålingene viser at det var gode oksygenforhold (0-60 m eller bunn) på stasjonene Ka 1, 7 og 8, hvor det ikke ble tatt bunnvannsprøve til Winkler analyse.

Oksygeninnholdet i bunnvannet på alle stasjoner er også presentert i Figur 7. Generelt er det ikke tidligere funnet oksygensvikt i Karmsundet. Selv ikke der det er gjort målinger over lengre tid (Tvedten & Bergheim 2001). Imidlertid er det funnet noen få unntak. Redusert oksygeninnhold i bunnvann tyder på stedvis dårlig vannutskiftning og vil ut fra en vurdering av bunntopografi være knyttet til områder som Husøyvågen, Eidsbotn ved Kopervik, og kanskje til en viss grad Bøvågen. Berg (1981) målte et oksygenminimum på 1,07 mg O₂/l på 35 m dyp i Bøvågen. I senere undersøkelser er oksygeninnholdet i Bøvågen målt en del ganger med sonde, og det er ikke funnet tilsvarende lave verdier. Sammen med bunndyrene som er funnet der, tyder målingene på at det stort sett er bra med oksygen i bunnvannet.

De endringene som kan observeres i tidsserien fra august 2001 til juli 2002 skyldes trolig endringer i bunnvannskvalitet generelt. Det vil si det er endringer som skyldes transport og utskiftning av bunnvann. I fra desember og utover til mai, skiller Ka 2 og 3 seg ut fra resten. Disse stasjonene ligger nord for terskelen ved Salhusstrømmen og forskjellen tyder på at terskelen stenger for lik bunnvannsfornyelse i områdene (merk: ikke dårlig bunnvannutskiftning i noen deler). Dette var ikke tydelig i de andre vannmålingene (se Figur 4-6), men ved å gå nærmere inn på for eksempel tetthetsmålingene på Ka 4 ved Vormedal og Ka 2 ved Risøy, finner en ut at Ka 2 vanligvis har en del høyere tetthet i bunnvannet enn Ka 4. Resultatene viser at terskelen stenger for vannbevegelse av bunnvannet mellom stasjonene.

Analyseresultatene viser at alle målingene var over 6,4 mg/l som tilsvarer beste SFT tilstandsklasse, *meget god*. Dette betyr at bunnvannsfornyelsen i hovedleia er god og at vi ikke fant tegn til oksygensvikt i bunnvannet.



Figur 7. Oksygeninnhold i bunnvannet (2-3 m over bunn) i Karmsundet. Horisontal strek markerer grenseverdi for SFT tilstandsklasser ut fra oksygenminimum i bunnvann.

3.1.4 Næringsalter

For å tolke næringsaltdataene og å inndele prøvene i SFTs klassifiseringssystem er det nødvendig å gjøre en del valg. SFT har gitt grenseverdier for prøver som er tatt om sommeren (juni-august) eller vinteren (desember-februar). Prøvene i denne undersøkelsen representerer ulike årstider, vanddyb og vannsjikt, men de fleste prøvene er samlet om vinteren eller sommeren. Vi har valgt å bruke alle næringsaltdataene (0, 5, 10 og 20 m dyp) til å beregne gjennomsnittsinholdet som vises i figurene i rapporten. Det viser seg at innholdet stort sett er nokså jevnt mellom ulike dyp selv om det i noen tilfeller og særlig om sommeren øker med økende dyp (Vedlegg 2). Det skjer fordi algene har brukt opp mye av næringssaltene som er i de øverste meterne og lagdeling av vannet hindrer blanding med det næringsrike vannet under. Som omtalt tidligere, kan værforhold gjøre at næringsrikt vann kommer opp mot overflaten. Det vil si at dette vannet kan gi naturlig økt algevekst og dermed er det naturlig at det tas med i tilstandsklassifisering. Et annet argument for å ta 20 m prøvene med, er at i denne undersøkelsen er det ganske mange prøver, og noen høyere verdier vil ikke føre til et helt galt helhetsinntrykk.

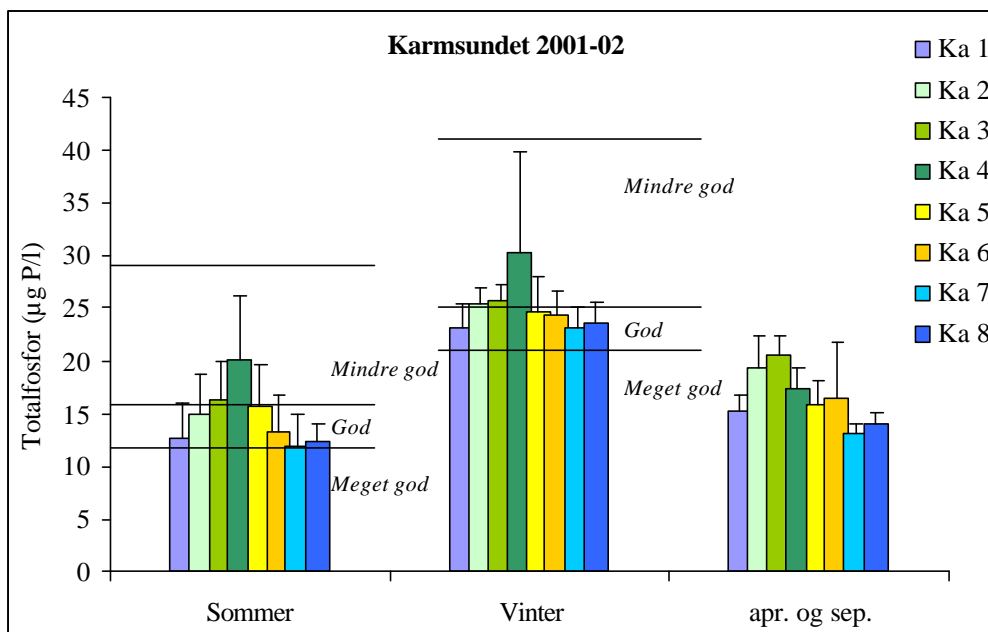
Vi har også valgt å stort sett holde SFTs inndeling av prøvene i årstider, men siden mai-målingene hadde resultater som lignet mye på sommermålingene inkluderer vi de i sommerperioden. Vi gjør her oppmerksom på at augustprøvene er samlet i 2001, og de andre sommerprøvene er fra 2002. Målingene fra november hadde store likhetstrekk med målingene i fra vintermånedene og er inkludert i vintermålingene selv om november ikke inkluderes i SFTs "vinterperiode". April, og september er tatt "utenfor" SFTs sommer- og vinterperioder. Resultatene fra disse månedene lignet på de fra sommeren og de fra vinteren. Vi valgte å presentere resultatene fra disse målingene i egne søyler i Figur 8-12.

Utvalget og inndeling av prøvene fører til at ”vintersøylene” representerer 20 prøver fra hver stasjon, og sommersøylene representerer 24. September og april er slått sammen, og det er dermed 8 prøver inkludert i hver søyle. Mange av ammoniummålingene endte med at innholdet var lavere enn deteksjonsgrensen, og om sommeren hadde noen vannprøver lavere fosfat- og nitratinnhold enn deteksjonsgrensen. I gjennomsnittene som figurene nedenfor er basert på, er målinger under deteksjonsgrensen satt lik deteksjonsgrensen. Det er kanskje høyere enn det reelle innholdet, men innholdet er heller ikke null.

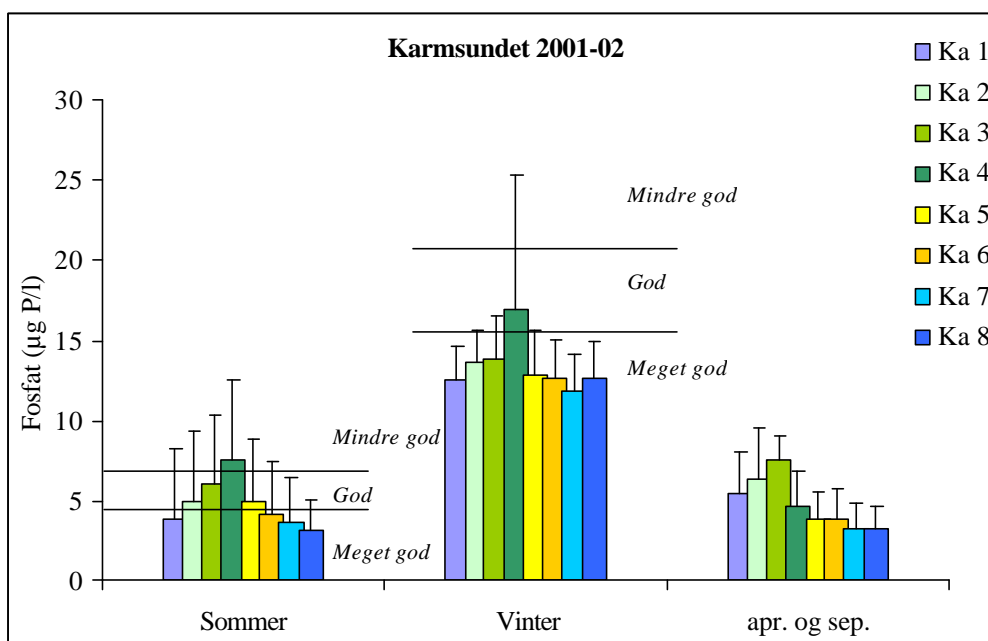
Som ventet var det størst forskjell mellom sommer og vinter når det gjelder innholdet av de løste næringssaltene, og særlig nitrat. Algene bruker opp mye av disse næringsemnene om sommeren og det var også til dels stor forskjell mellom de øverste og nederste prøvene. Dette vises dels som stort standardavvik i figurene (i tillegg komme forskjellene mellom ulike måneder). I tilfeller hvor det er forholdsvis få resultater og noen verdier skiller seg vesentlig ut fra resten, kan gjennomsnittsinholdet bli misvisende og median kan være bedre egnet til å beskrive tilstanden (se Molvær *m.fl.* 1997). I Vedlegg 2 har vi derfor også oppgitt utregnet median i tillegg til gjennomsnitt, samt satt opp beregnede verdier med og uten 20 m dyp. Generelt er medianverdiene lik eller lavere enn gjennomsnittet. Bruk av median vil likevel ikke endre noe vesentlig på tilstandsklassifiseringen. Likeledes er gjennomsnittene lavere uten 20 m prøvene og særlig noen stasjonsgjennomsnitt for nitrat om sommeren vil få bedre tilstand. Det er ellers verdt å merke seg at dårligere tilstandsklassifisering enn *meget god*, ikke nødvendigvis skyldes lokale utslipp eller viser at området er betydelig eutroft. På hele 1990-tallet er det for eksempel flere målinger ved Lista som viser vann med tilstandsklasse II og III (de fleste er likevel i klasse I) (Moy *m.fl.* 2002), og det er dermed ikke unaturlig at lokale resipienter også vil kunne få dårligere enn beste tilstandsklasse.

3.1.4.1 Totalfosfor og fosfat

Innholdet av totalfosfor varierer mellom SFT tilstand *meget god* og *mindre god* både sommer og vinter (Figur 8). Helhetsinntrykket plasserer likevel totalfosforinnholdet tilsvarende tilstand *god*. Fosfatinnholdet varierer fra *meget god* til *mindre god* om sommeren og stort sett *meget god* om vinteren (Figur 9). Fosforforbindelser er i større grad enn nitrogen knyttet til menneskeskapte utslipp (jordbruksavrenning og kloakk. Generelt viser resultatene at Karmsundet ikke ble tilført så mye fosforforbindelser i forhold til kystvannet ellers, at det kunne spores som meget høyt innhold i overflatevannet, men det var litt høyere innhold enn utenfor sundet.



Figur 8. Gjennomsnittsinhold av totalfosfor i overflatevann (0-20 m) fra Karmsundet. Prøvene er inndelt i sommer, vinter og april og september. Vertikale streker viser positive standardavvik. Horisontale streker grenseverdier for SFT tilstandsklasser. Det er ikke gitt grenseverdier for høst eller vår.

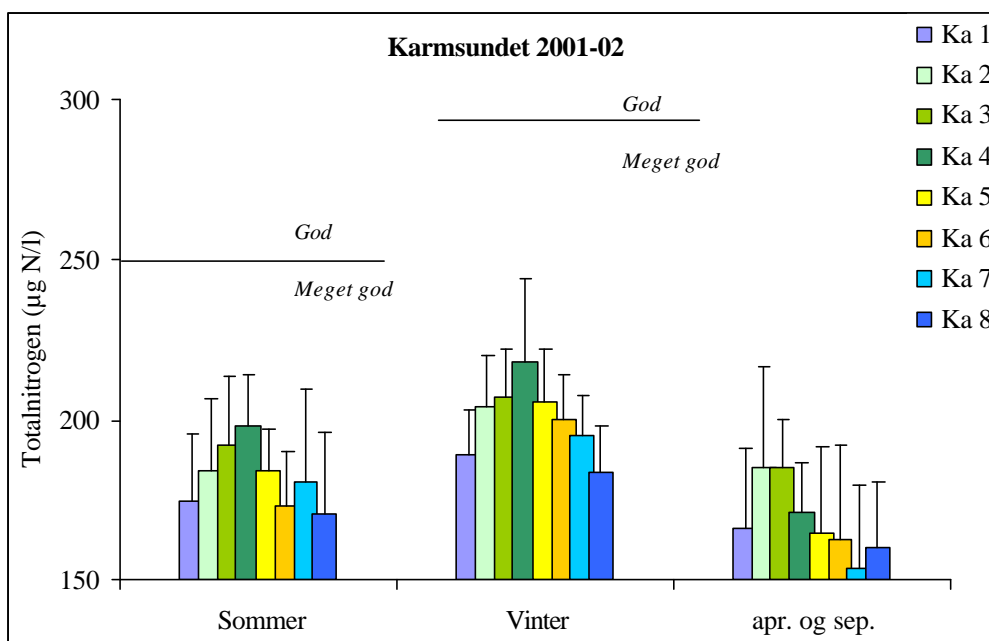


Figur 9. Gjennomsnittsinhold av fosfat i overflatevann (0-20 m) fra Karmsundet. Prøvene er inndelt i sommer, vinter og april og september. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for SFT tilstandsklasser. Det er ikke gitt grenseverdier for høst eller vår.

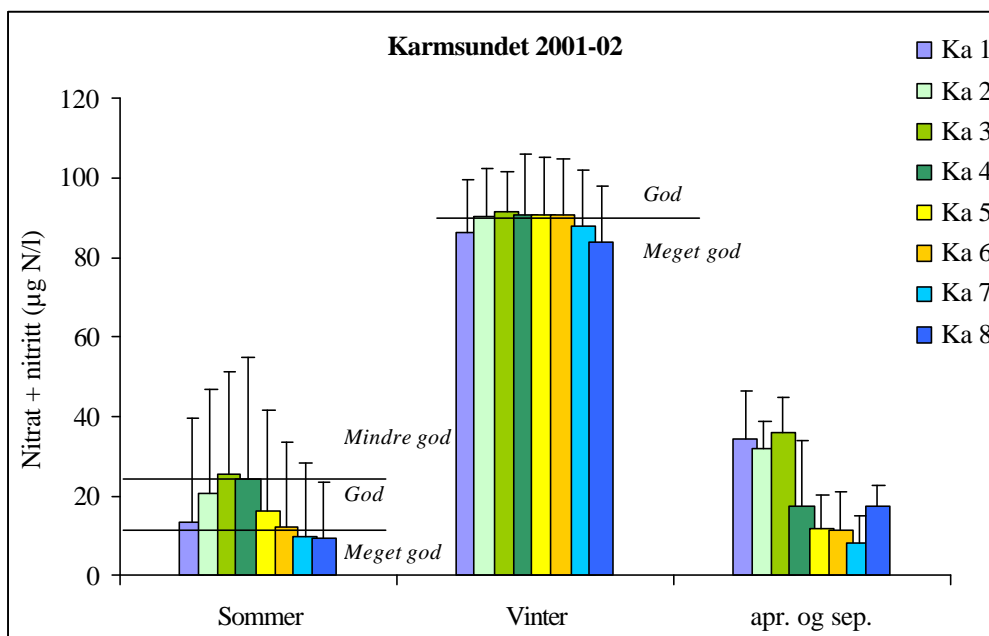
3.1.4.2 Totalnitrogen, nitrat og ammonium

De fleste gjennomsnittsverdiene av alle nitrogenforbindelsene viste et innhold som tilsvarer SFT tilstandsklasse *meget god* (Figur 10-12). Det var bare nitratmålingene om sommeren som i større grad tilsvarte tilstand, *god*. Nitrat- og ammoniummålingene varierte nok så mye mellom dypene og over tid. Dette viser at tilførselen og forbruket varierer mye. Ammoniuminnholdet var nesten bare over deteksjonsgrensen i april, mai

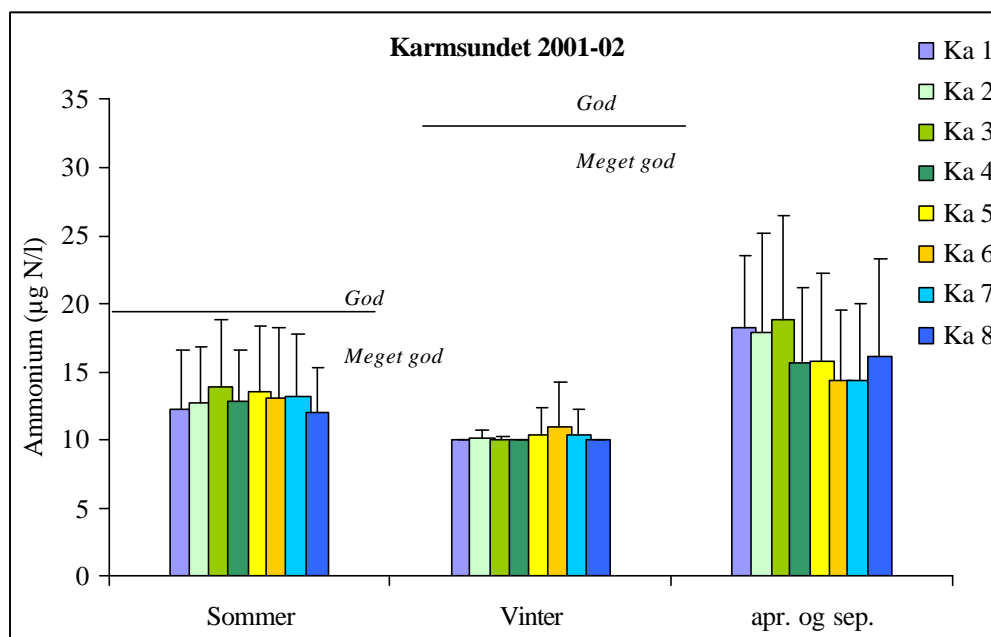
og juni. I oksygenrikt vann i den eufotiske sonen (der det er godt med lys) er ammoniuminnholdet vanligvis lavt og kan knyttes til resirkulering og utskillelse (ekskresjon) fra dyreplankton (Paasche 1991).



Figur 10. Gjennomsnittsinhold av totalnitrogen i overflatevann (0-20 m) fra Karmsundet. Prøvene er inndelt i sommer, vinter og april og september. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for SFT tilstandsklasser. Det er ikke gitt grenseverdier for høst eller vår. Skala på Y-aksen starter på 150.



Figur 11. Gjennomsnittsinhold av nitrat i overflatevann (0-20 m) fra Karmsundet. Prøvene er inndelt i sommer, vinter og april og september. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for SFT tilstandsklasser. Det er ikke gitt grenseverdier for høst eller vår.



Figur 12. Gjennomsnittsinhold av ammonium i overflatevann (0-20 m) fra Karmsundet. Prøvene er inndelt i sommer, vinter og april og september. Vertikale streker viser standardavvik. Horisontale streker viser grenseverdier for tilstandsklasser ifølge SFT veiledning 97:03. Det er ikke gitt grenseverdier for høst eller vår. De fleste prøvene var under deteksjonsgrensen.

3.1.4.3 N:P forholdet

I planteplankton er forholdet mellom nitrogen og fosfor 7,2:1 (på vektbasis). Dersom forholdet mellom disse nærings saltene avviker vesentlig fra 7, kan en anta at det ene nærings saltet er begrensende for algevekst (undersøkelser har imidlertid vist at dette er en forenkling av de reelle forholdene, hvor en rask gjenbruk av frigitte nærings salter kan sikre algevekst). I Karmsundet var N/P forholdet på 10-15 (basert på totalnitrogen og totalfosfor) om sommeren og en kan dermed anta at fosfor er det nærings saltet som mest begrenser algeveksten. Imidlertid var forholdet mellom de løste nitrogen- og fosforforbindelsene 2-4 og det tyder på at det var nitrogen som var begrensende. Om vinteren var forholdstallet 8, mellom totalnitrogen og totalfosfor.

3.1.4.4 Sammenligning mellom stasjoner

Ka 4, ved Vormedal, skiller seg ved flere anledninger ut fra de andre stasjonene ved å ha høyere nærings saltinnhold. Dette har trolig sin forklaring i utslippene fra FMC BioPolymer og de to kloakktløpene. Til dels stort standardavvik viser at det er noen prøver fra stasjonen som skiller seg spesielt ut. Blant annet er totalfosfor og fosfatinnholdet mye høyere i slutten av februar, sammenlignet med de andre vintermålingene, og dette drar opp gjennomsnittet. Tilsvarende tall for februar ble ikke funnet på de andre stasjonene. I feltjournalen for februarinnsamlingen står det at prøvene ble tatt nærmere FMC enn vanlig. Dette sannsynliggjør at det er de lokale utslippene som er årsaken til det høye innholdet. Tvedten & Bergheim (2001) fant også enkelte høyere gjennomsnittsverdier på stasjonen ved FMC, sammenlignet med en stasjon sør og en stasjon nord for Ka 4. De fant også en tendens til økt nærings saltinnhold nordover i sundet. Prøvene fra 2001-02 bekrefter at også nå øker

næringssaltinnholdet litt nordover i sundet, men at det er fornuftig å kalle det en tendens siden forskjellene er små og varierende. Den logiske forklaringen på dette er at reststrømmen i Karmsundet går nordover, og at vannet gradvis blir tilført mer næringssalter, før det går videre ut av sundet i nord.

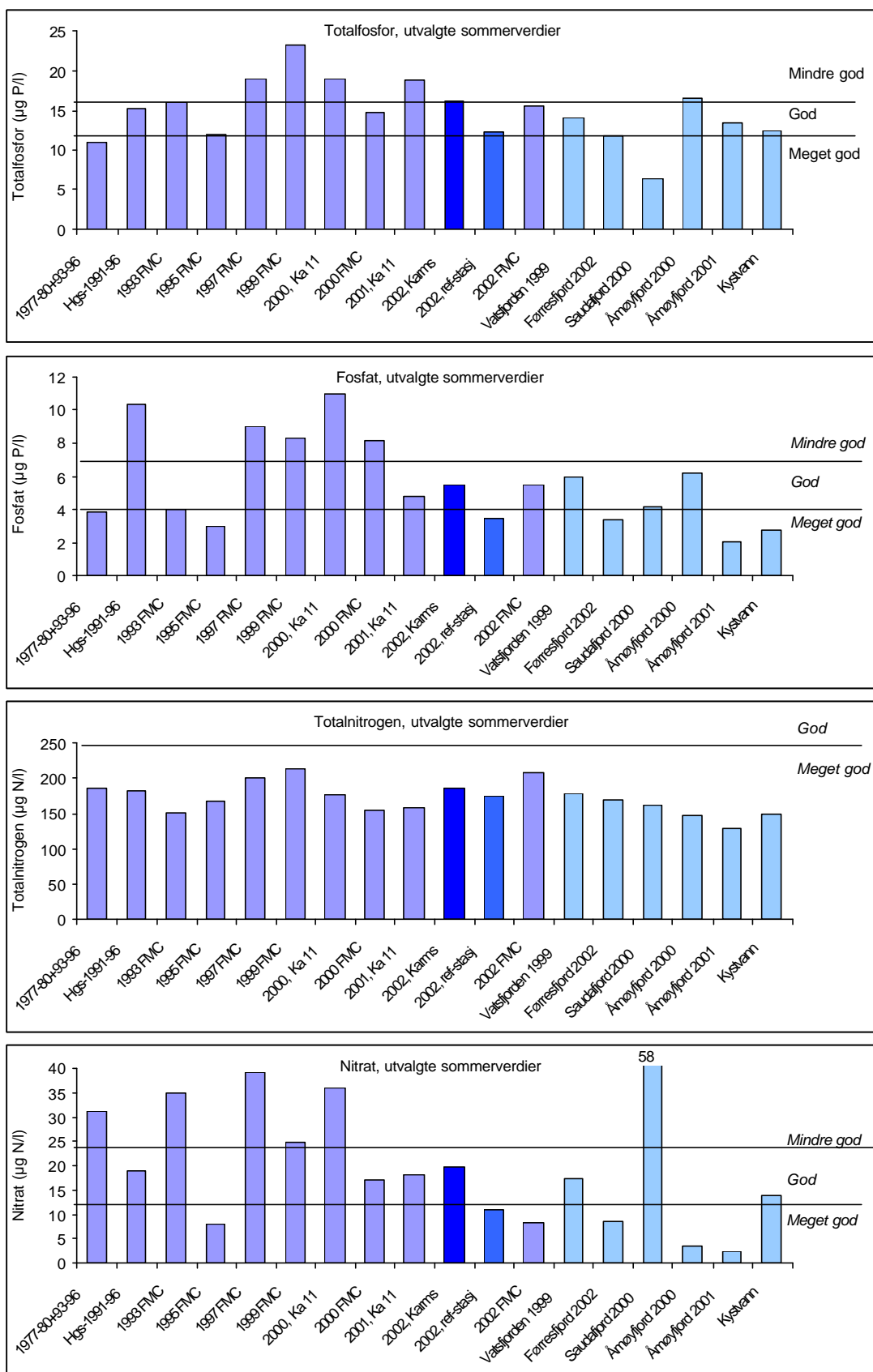
Under feltarbeidet har vi prøvd å registrere strømrretningen. Det var ønskelig at strømmen gikk i samme retning hele tiden, for å se på nord-sør forskjeller. I april ble det registrert at den gikk nordover i hele innsamlingstiden. Resultatene fra disse målingene er vist i Vedlegg 2, og viser at Ka 2 og Ka 3 generelt hadde høyest næringssaltinnhold. Ka 1 hadde for noen parametre høyere innhold enn i Karmsundet og det kan være at stasjonen da var påvirket av vannet som kom ut fra Karmsundet. I perioder med sørgående strøm kan vannet kanskje påvirkes av utslippet ved Årabrot. Det er likevel lite sannsynlig at dette skulle gi målbare utslag siden avstanden er nokså stor og dermed vil avløpsvannet bli sterkt fortennet.

Stasjon Ka 1 (nord ved Skårholmen), Ka 7 (langt sør i Karmsundet) og Ka 8 (sør for Føyno) var inkludert i undersøkelsen for å finne ut om det var forskjell i næringssaltinnholdet i og utenfor Karmsundet. Resultatene viser at det var det. Det var mest næringssalter på stasjonene i Karmsundet. Størst forskjell var det for de løste næringssaltene (nitrat og fosfat), men også for totalnitrogen var det tydelig forskjell. I forhold til grenseverdiene i SFTs tilstandsklassifisering for fosfat og nitrat var tilstanden mer i retning av *meget god*, utenfor sundet i forhold til *god* på stasjonene i Karmsundet. For de andre målene på næringssaltinnhold var SFT tilstanden lik. For effektparametrene siktedyp og klorofyll var ved ikke systematiske eller store forskjeller mellom Ka 1, 7, 8 og de i sundet (Figur 14 og 15). Ut fra gjennomsnittsverdiene kan en se en antydning til at det var litt mer klorofyll og dårligere sikt i Karmsundet enn utenfor.

Tidligere har vi skrevet at nordavind i juni førte til oppstrømming av kaldt vann med høyere saltholdighet. Dette vises også som en betydelig økning i totalfosfor- og fosfatinnholdet, samt nitrattinnholdet på 10 og 20 m dyp. Dette er mer eller mindre tydelig på alle stasjoner. For algene var dette sikkert gunstig, siden det nesten var tomt for (under deteksjonsgrensen) de løste næringssaltene. Dersom vi tar bort 27. juni resultatene, blir sommergjennomsnittet for nitrat redusert så mye at to av stasjonene får en tilstandsklasse bedre. Det er altså ikke bare tilførsler fra land som påvirker vannkvaliteten i området.

3.1.4.5 Sammenligning med andre undersøkelser

De fleste andre næringssaltundersøkelsene i Karmsundet er prøver tatt i juli eller i november (se sammenstilling i Tvedten 2001bc, eventuelt Monsen 2000). I Karmøy sin del av sundet er prøvene tatt i 1977, 1980, 1993 og -97 og en del nyere undersøkelser blant annet (Eriksen & Tvedten 2002, Tvedten & Bergheim 2001, Tvedten & Eriksen 1999 og Tvedten 2001a). Haugesund har gjort de fleste målingene i 1991-96 og da ble de fleste tatt utenfor sundet (Myhrvold *m.fl.* 1997c). Nedenfor har vi satt sammen noen data fra de ulike undersøkelsene for å se om det er mulig å se noen tidsutvikling og for å sammenligne med resultater fra andre steder (Figur 13).



Figur 13. Gjennomsnittsinhold av næringssalter om sommeren i overflatevann. Søylenes representerer ikke likt prøveantall eller tidspunkt hvert år. Søylenes merket FMC er fra undersøkelser utført for FMC Biopolymer. Ka 11 er samme sted som Ka 3. Prøvene fra denne undersøkelsen (2002) er delt mellom stasjonene i Karmsundet og de tre utenfor (ref. stasjoner). Innholdet i Kystvannet er meget variabelt, og søylene markerer verdier skjønsmessig basert på noen tall fra Utsira og Lista, som er rapportert i "Kystovervåkingsprogrammet". Horisontale streker viser grenseverdier for SFT tilstandsklasser. Se data i Vedlegg 2.

Siden tallmaterialet er meget variabelt skal sammenligningen brukes med varsomhet. Både stasjonsvalg, prøvedyp, tidspunkt og antall prøver er meget heterogent sammensatt. Helst skulle en ha mange og like (dyp-tid) målinger fra vinteren, siden det da er mer stabilt næringssaltinnhold i vannmassene. Imidlertid har vi flest målinger fra sommeren i Karmsundet, så det var naturlig å ha det som utgangspunkt.

Det kan ikke konkluderes med at det har skjedd noen vesentlige endringer over tid. Generelt har Karmsundprøvene høyere næringssaltinnhold enn de resultatene det er sammenlignet med i søylediagrammene. For fosforforbindelsene kan det se ut som om det var topp i 1997-2000, men at det i 2002 var på nivå med tidligere på 90-tallet. Det var mest 1997, 1999 og i juni 2002 og minst i 1993 og 2000. Nitratinnholdet er meget variabelt og ulike årsaker til det har vi beskrevet over. Generelt var det lavere nitratinnhold etter år 2000 enn det var på 90-tallet og det er flere høye verdier i Karmsundet i forhold til sammenligningsområdene. Saudafjorden mottar mye ferskvann og det høye nitratinnholdet er knyttet til ferskvannet i overflateprøvene.

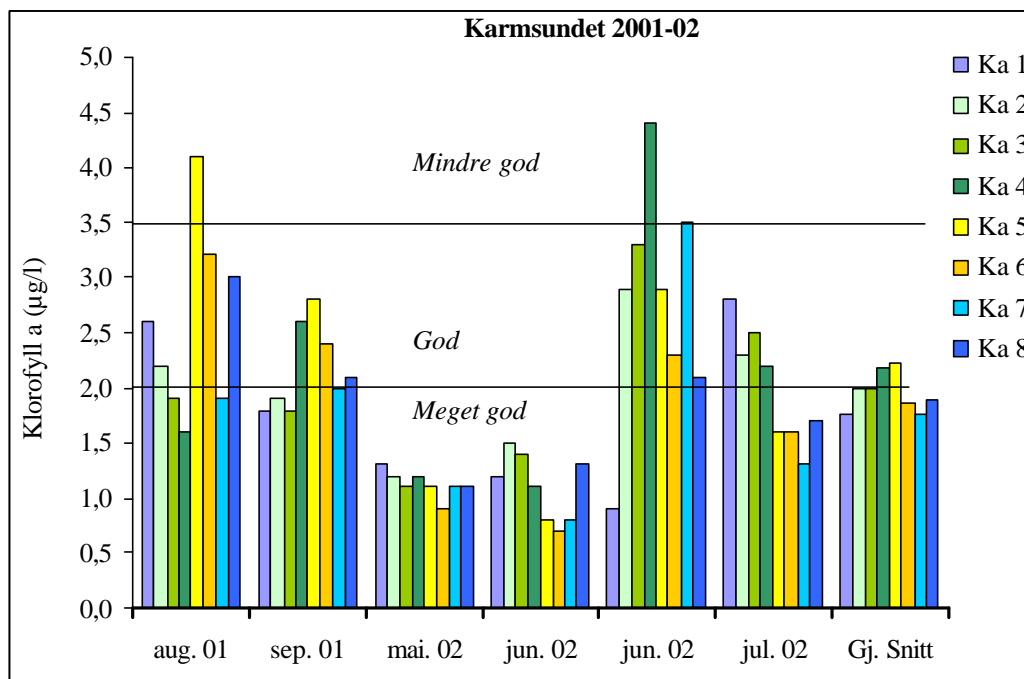
Figur 13 viser også som tidligere nevnt, at det i 2002 var mer nærings salt inne i Karmsundet enn på referansestasjonene.

3.1.5 Klorofyll a og siktedyp

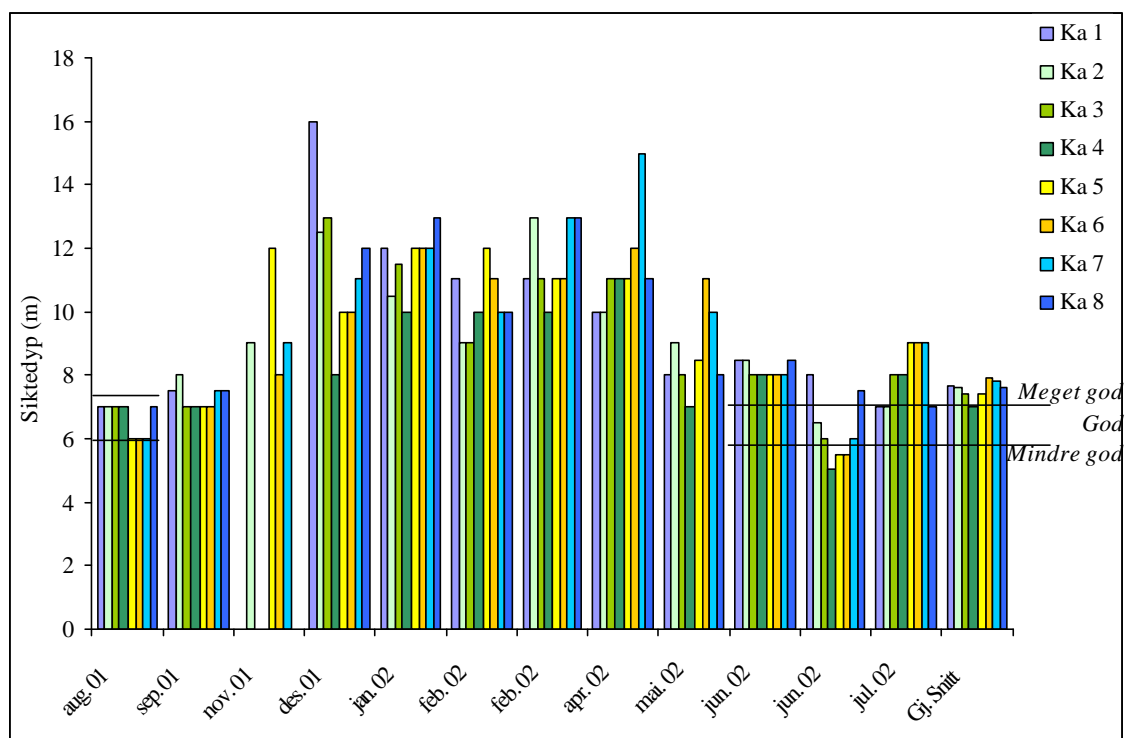
Klorofyllverdiene varierte mye i løpet av måleperioden, men var generelt lave (Figur 14). Gjennomsnittsinholdet i Karmsundet kan tildeles beste SFT tilstandsklasse (på grensen til klasse II). Det var høyest i august og i slutten av juni, og lavest innhold ble målt i mai og 6. juni. Økningen mellom 6. og 27. juni skyldes trolig at tilførselen av kystvann fører til økt nærings saltmengde og dermed økt algebiomasse. Før denne tilførselen var det nesten tomt for de løste nærings saltene i overflatevannet.

Det var til dels store forskjeller mellom stasjonene ved de enkelte tidspunktene. Basert på gjennomsnittsverdier var det imidlertid små forskjeller. Ka 4 og 5 hadde mest klorofyll og det var litt mindre på referansestasjonene enn inne i sundet. I samme periode var det gjennomsnittlige klorofyllinnholdet i Førresfjord 1,3 ($\mu\text{g/l}$), det vil si noe lavere enn i Karmsundet. Basert på årets målinger ser det ikke ut til at det er uvanlig høy algebiomasse i Karmsundet, som følge av nærings salttilførselene.

Siktedypet (Figur 15) endret seg sammen med klorofyllnivået, og det tyder som ventet at algemengden påvirker sikten i vannet. I slutten av juni og august var sikten dårligst. Generelt var sikten bra hele sommeren og gjennomsnittlig sikt var litt bedre enn 7,5 m, og dermed tilstand, *meget god*. Ka 4 har generelt dårligst sikt, og det har trolig sammenheng med utslippene i dette område. Flere ganger har vi der observert mye partikler i sjøen. I tillegg er der periodevis mye strøm og turbulens i sjøen ved Ka 4, og det kan virke negativt inn på siktedypet.



Figur 14. Klorofyllinnholdet i overflatevann fra Karmsundet. Horisontale streker viser grenseverdier for SFT tilstandsklasser. I figuren er tall under deteksjonsgrensen satt til 0,5.

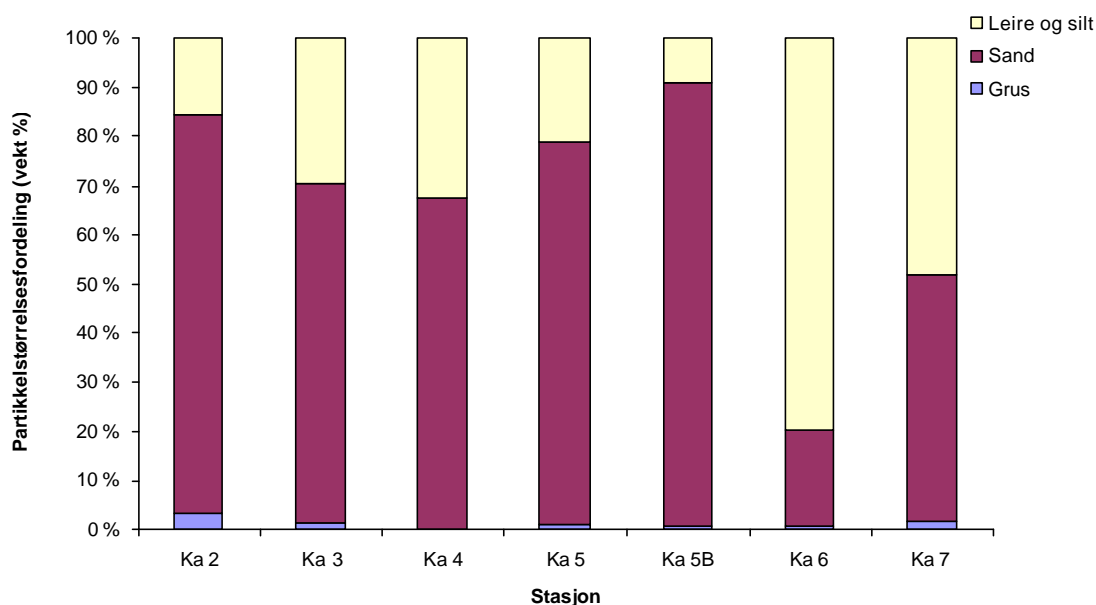


Figur 15. Siktedyp i Karmsundet. Horisontale streker viser grenseverdier for SFT tilstandsklasser. Det er bare gitt grenseverdier for sommer.

3.2 Bunnprøver

3.2.1 Partikkelstørrelsesfordeling

På hver av de syv stasjonene ble tre replikat analysert for partikkelstørrelse (Figur 16 og Vedlegg 3). Partikkelstørrelsen varierer en del mellom stasjonene, dette skyldes hovedsaklig dybde- og strømforskjeller i det undersøkte området. For noen av stasjonene er det også en del variasjon mellom de ulike huggene. Stasjon Ka 6 har høyest andel finpartikulært materiale (ca 80 %), dypet på stasjonen ble målt til 82 m. Den dypeste stasjonen, Stasjon Ka 7, har også høyt innhold av finpartikulært materiale (ca 50 %). Høy andel av finpartikulært materiale indikerer at det er svake strømmer over bunnen og at stasjonene ligger i sedimentasjonsområder. Grovest materiale ble funnet på Stasjon Ka 5B, dette tyder på relativt gode strømforhold ved denne stasjonen. På alle stasjonene unntatt Ka 6 og Ka 7 domineres sedimentet av sandpartikler.



Figur 16. Partikkelstørrelse i overflatesediment på de undersøkte stasjonene i 2002. Søylene representerer middelerverdier fra tre replikater på hver stasjon, og variasjonen mellom replikater er uttrykt med standard avvik (SD).

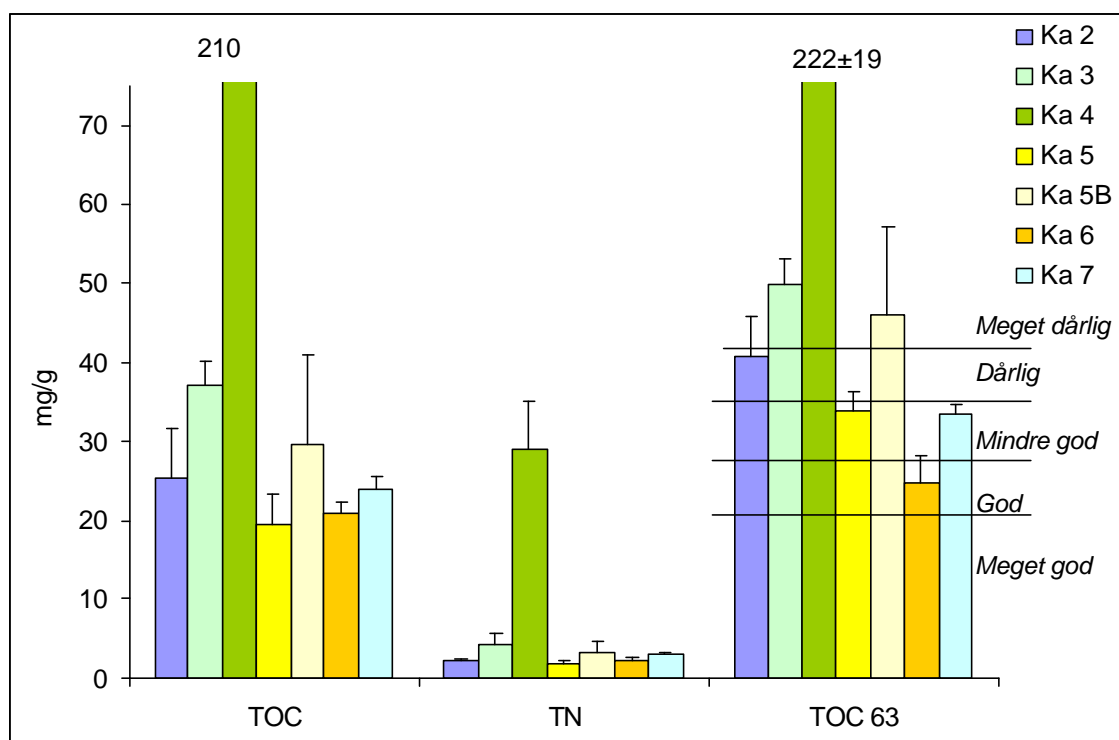
Tørkingen av sedimentet før kornfordelingsanalysen fører til at partiklene binder seg meget hardt til hverandre (særlig i sediment med mye organisk materiale) og disse aggregerte partiklene kan være meget harde å knuse. Dersom de ikke blir tilstrekkelig knust, vil de bli liggende igjen på siktene i sand og grus fraksjonene. Dette representerer en feilkilde i metoden, og kan være årsaken til at Stasjon Ka 4 får et høyt innhold av sandpartikler. Under feltarbeidet ble det beskrevet at sedimentet på stasjonen bestod av tarepartikler og mudder. På Ka 7 er trolig leire- og siltinnholdet også underestimert siden det er meget finkornet på stasjonen. Imidlertid ble det også under feltarbeidet funnet litt småstein i prøvene. I juni fikk samme stasjon et leire- og siltinnhold på 65 % (Eriksen & Tvedten 2002).

3.2.2 Organisk innhold i sediment

Organisk innhold i sedimentet var generelt høyt på alle stasjonene med unntak av Stasjon Ka 6 (Figur 17). Dette har sammenheng med stor tilførsel av organisk materiale til Karmsundet. I tillegg ble det under feltarbeidet også observert lukt av hydrogensulfid (H_2S) av sedimentet, som tilsier at oksygeninnholdet er lavt i sjøbunnen på noen stasjoner. H_2S -lukt fra sediment kan også opptre helt naturlig. I sediment med lavt innhold av oksygen, vil organisk materiale brytes ned seint. Høyest innhold av organisk materiale ble målt på Stasjon Ka 4, ved FMC Biopolymers AS fabrikklokaler. Dette er forårsaket av kontinuerlig utslipp av store mengder organisk materiale (tarerester) fra fabrikk.

Leire og siltinnholdet har betydning for innholdet av organisk materiale (TOC og glødetap). Høy andel finfraksjon fører til at sedimentet normalt har et mye høyere organisk innhold enn et grovkornet sediment. Årsakene til det er flere. I sediment med små partikler vil det være en større partikkeloverflate som stoff kan binde seg til, vanntransporten (oksygen) i sedimentet blir dårligere og nedbrytningen av organisk materiale går seinere. Sjøbunn med finkornet sediment tilsier også at vannstrømmene over bunnen er svake, og at det dermed er redusert vannutskiftning og tilførsel av oksygen. Sjøbunn med finkornet sediment viser at det er et sedimentasjonsområde, mens grovkornet bunn kalles erosjonsbunn, det vil si at finkornet materiale blir transportert bort og lite av det som synker til bunn blir liggende. Forholdet mellom andel finfraksjon og organisk materiale er tatt hensyn til i de normaliserte verdiene som SFT tilstandsklasse baseres på. En sedimentprøve får bedre tilstandsklasse dersom leire og siltinnholdet økes og TOC innholdet holdes konstant. Med bakgrunn i de normaliserte TOC verdiene klassifiseres tilstanden som *meget dårlig* på stasjonene Ka 3, Ka 4 og Ka 5B, Ka 5 og 7 er *mindre god*, mens tilstanden på Stasjon Ka 6 klassifiseres som *god*.

Forholdstallet mellom TOC og TN kan gi informasjon om opprinnelsen til det organiske innholdet i sjøbunnen. Et høyt forholdstall tyder på at tilførselen består av terrestrisk materiale (humus, løv og kvister osv.), og et forholdstall rundt 8-10 regnes som normalt i sediment med tilførsel av marin opprinnelse. Tare har gjerne et C:N forholdstall opp til 20 (Paasche 1991). Forholdet mellom TOC og TN varierer mellom 7 og 11, og er ikke spesielt høyt. Dette tyder på at kilden til det organiske materialet ikke bare har en terrestrisk opprinnelse, men skyldes mer marin produksjon. Dette stemmer overens med tidligere undersøkelser i Karmsundet (eks. Tvedten & Eriksen 1999, Eriksen m. fl. 1997).



Figur 17. Totalt organisk karbon (TOC), totalt nitrogen (TN) og normalisert TOC-verdi i sedimentet i Karmsundet 2002. TOC₆₃ mg/g er TOC-verdi som er justert ut fra innhold av leire og silt i sedimentet og som blir brukt til å gi SFT tilstandsklasse. Horisontale streker markerer grenseverdier for SFT tilstand, vertikale streker viser standardavvik.

3.2.3 Bunndyr

Forenklet kan en si at prøver med få arter, ofte med et høyt antall individ, indikerer at miljøforholdene er dårlige. I slike prøver vil diversitet og jevnhet være lav. Motsatt, vil det være gode miljøforhold hvor det er mange arter og få individ. I prøver hvor enkelte arter er representert med mange individ, er området ofte utsatt for en belastning (eks. organisk tilførsel). Noen arter er svært tolerante for slike områder hvor det organiske materialet utnyttes som føde. Diversitet er av og til et misvisende mål på miljøtilstand (og bruk av SFT tilstandsklasse blir uheldig). Dette gjelder spesielt for prøver med få arter hvor individene er jevnt fordelt mellom de få artene. Slike prøver får høy jevnhet og kan også få høy diversitet. Det blir motsatt i prøver med mange arter, men med meget skjev fordeling av individene, som får forholdsvis lav jevnhet og diversitet.

Antall arter og individer i bunnprøver vil variere med de naturlige miljøforholdene og det er dermed ikke mulig å gi et godt tall på et forventet antall arter og individer i et område. Normalt kan en forvente minst ca 30 arter og et gjennomsnittlig individantall på (500-3000 ind /m²) i fire 0,1 m² grabbprøver, fra et uforurenset kystområde, med en moderat finkornet bunn og gode oksygenforhold (se for eksempel Moy m.fl. 1996)

Det ble totalt samlet inn bunnfauna på syv stasjoner, med fire replikate hugg på hver stasjon (Vedlegg 4). Under kapitelet om sediment ble det beskrevet at sedimentet varierer innen begrenset områder, dette gjenspeiles også i undersøkelsen av bunnfaunaen i området. Faunaen i Karmsundet er veldig heterogen og varierer innen små områder. På enkelte stasjoner er det funnet store variasjoner mellom de fire replikatene. En samlet oversikt over antall arter, antall individ, diversitet og jevnhet er

vist i Tabell 6. Høyest antall individ ble funnet på Stasjon Ka 5B, det høye antallet skyldes en nesten fullstendig dominans av fåbørstemark (*Oligochaeta*). Høyest antall arter ble funnet på Stasjon Ka 2, som er den nordligste stasjonen hvor det ble tatt prøver for analyse av bunnfauna. Generelt er det et bra artsantall på alle stasjoner, og det er bare på Ka 4 det er noe lavt. Dette er et godt miljømessig tegn, og viser at det er mange dyr som kan leve i sjøbunnen. På grunn av et meget høyt individantall på flere av stasjonene, samt skjev fordeling av antall individer innen artene, blir diversiteten og jevnheten lav.

Høyest diversitet ble beregnet på Stasjon Ka 6, som ligger sør i Karmsundet. Dette er eneste stasjon hvor tilstanden klassifiseres som *meget god* (Molvær *m. fl.* 1997). Tilstanden på Stasjonene Ka 4 og Ka 5B klassifiseres som *dårlig*. Jevnheten er lav på stasjonene Ka 3, Ka 4 og Ka 5B, noe som betyr at faunen her domineres av få arter. Årsaken til at tilstanden på Stasjon Ka 4 og Ka 5B klassifiseres som *dårlig*, er total dominans av børstemarken *Malacoceros fuliginosus* på Stasjon Ka 4 og fåbørstemark som tidligere nevnt på Stasjon Ka 5B. I tillegg er det forholdsvis få arter på Ka 4. Stasjonen i nærheten av FMC Biopolymers fabrikk på Vormedal, mens Stasjon Ka 5B er plassert ved utslippspunktet fra Silfas, Biomar og Karmøy kommune (kloakkledning).

Tabell 6. Antall individ, og arter, Shannon-Wiener diversitetsindeks, tilstand (med fargekoder i henhold til SFTs veiledning) og jevnhet i 2002.

STASJON	ANTALL INDIVID	ANTALL ARTER	DIVERSITET	SFT TILSTAND	JEVNHET
Ka 2	1455	68	3,11	God	0,51
Ka 3	2238	55	2,05	Mindre god	0,36
Ka 4	2648	18	1,28	Dårlig	0,31
Ka 5	1022	54	3,98	God	0,69
Ka 5B	6735	42	1,21	Dårlig	0,22
Ka 6	588	54	4,37	Meget god	0,76
Ka 7	412	41	3,87	God	0,72

3.2.4 Dominerende arter

Generelt domineres faunaen av fåbørstemark og børstemark, som er vanlig i kystnære områder. Oversikt over dominerende arter på hver stasjon er vist i Tabell 7. Nedenfor er hver stasjon gjennomgått med tanke på hvilke arter som dominerer. Det er også prøvd å gi en beskrivelse av hvordan artene lever og hvilket miljø de trives best i. Dette er med på å gi en forklaring hvordan miljøforholdene er på de enkelte stasjonene i denne undersøkelsen.

Faunaen på Stasjon Ka 2 domineres hovedsakelig av arter mindre tolerante for forurensning. Arten *Melinna cristata* dominerer og utgjør over 50 % av individene på stasjonen. Dette er en rørbyggende børstemark som lever nedgravd i sedimentet. Denne arten er lite tolerant overfor forurensning, og tilstedeværelse indikerer at graden av forurensning er lav. *Polycirrus sp.*, som er den nest mest dominerende arten, hører til samme gruppe børstemark som *M. cristata*. Sammensetningen av arter på Stasjon Ka 2 indikerer at området ikke kontinuerlig tilføres store mengder organisk materiale.

Stasjon Ka 3 domineres av fåbørstemark, som også dominerer hele faunamaterialet tallmessig. Fåbørstemark er vanlig i forurensede områder hvor de ofte forekommer i store mengder. *Scolplos armiger* er også blant de dominerende artene, dette er en hurtigvoksende mangelbørstemark som er vanlig på forurensede lokaliteter. Det høye antallet fåbørstemark og forholdsvis høyt antall av enkelte arter børstemark (eks. *Tharyx mcintoshii* og *S. armiger*) på stasjonen tilsier at området har jevnlig tilførsler av organisk materiale. Disse artene var også tallrike i 1999.

Stasjon Ka 4 har som tidligere beskrevet en høy dominans av børstemarken *Malacoceros fuliginosus*. Dette er en art som trives godt i områder med høy tilførsel av organisk materiale. Dette gjelder også for *Phyllodoce groenlandica* som er den nest mest dominerende arten på stasjonen. Stasjon Ka 4 er den eneste stasjonen i undersøkelsen hvor krepsdyr er blant de dominerende artene. Blant de dominerende krepsdyrene var tanglus (*Idothea* indet), og tanglopper (eks. *Gammarus locusta*). Dette henger sammen med utslipp av tare rester fra FMC Biopolymers fabrikk. Flere typer krepsdyr har levested i forbindelse med tare og har tare som føde.

På Stasjon Ka 5 ble det funnet en kombinasjon av arter som er vanlige i områder med organisk belastning, og arter som er mindre tolerante for forurensning. Børstemarkene *Cirratulus cirratus* og *Scoloplos armiger* kan forekomme med høye individ antall i områder som er utsatt for organisk belastning. Tilstanden klassifiseres som *god* og området ser ikke ut til å være under en kontinuerlig stor tilførsel av organisk materiale.

Stasjon Ka 5B domineres som Ka 3 av fåbørstemark, men antall individ av fåbørstemark er mye høyere. En annen børstemark, *Pholoe inornata*, som er vanlig i forurensende miljø, er nest mest dominerende. Som tidligere diskutert er Stasjon Ka 5B plassert i nærhet til utslipp fra Silfas Karmøy og kloakkutslipp fra Karmøy kommune, dette gjenspeiles i dominerende arter på stasjonen. Artene som dominerer, er vanlige i områder som er utsatt for organisk belastning. Tilstandsklassifisering ble *dårlig*.

Stasjonene lengst sør i Karmsundet, Ka 6 og Ka 7, er ganske like med hensyn på dominerende arter og er derfor beskrevet under samme avsnitt. Faunaen på Stasjon Ka 6 og Ka 7 domineres av arter som er mindre tolerante for forurensning (eks. *Spiophanes krøyeri* og *Diplocirrus glaucus*). Det er bare i mindre grad innslag av arter som er typiske for områder som tilføres organisk materiale. Sammensetningen av arter tyder på Stasjon Ka 6 og Ka 7 er plassert i områder uten store kontinuerlige tilførsler av organisk materiale.

Tabell 7. Oversikt over de mest tallrike artene (taxa) på hver av stasjonene i 2002. Tallene baserer seg på sum av fire replikate prøver (4*0,1 m²).

Stasjon og art	Antall individ	Stasjon og art	Antall individ
KA 2		KA 5B	
Melinna cristata	783	Oligochaeta indet	5645
Polycirrus sp	127	Pholoe inornata	289
Typosyllis sp	68	Cirratulus cirratus	193
Sabellidae indet	62	Eteone longa	140
Nemertini indet	44	Myriochele oculata	104
Prionospio cirrifera	41	Polycirrus sp	60
KA 3		KA 6	
Oligochaeta indet	1455	Nemertini indet	100
Tharyx mcintoshii	358	Spiophanes krøyeri	75
Scoloplos armiger	101	Prionospio cirrifera	52
Prionospio cirrifera	79	Aonides paucibranchiata	47
Myriochele oculata	47	Mediomastus fragilis	41
Cirratulus cirratus	28	Diplocirrus glaucus	39
KA 4		KA 7	
Malacoceros fuliginosus	1920	Mediomastus fragilis	141
Phyllodoce groenlandica	439	Myriochele oculata	33
Idothea indet	212	Spiophanes krøyeri	27
Gammarus locusta	37	Diplocirrus glaucus	24
Capitella capitata	15	Nemertini indet	20
Atylus cf. Swammerdami	9	Golfingia sp	20
KA 5			
Polycirrus sp	238		
Cirratulus cirratus	121		
Myriochele oculata	110		
Scoloplos armiger	79		
Mediomastus fragilis	70		
Prionospio cirrifera	65		

3.2.5 Multivariate analyser

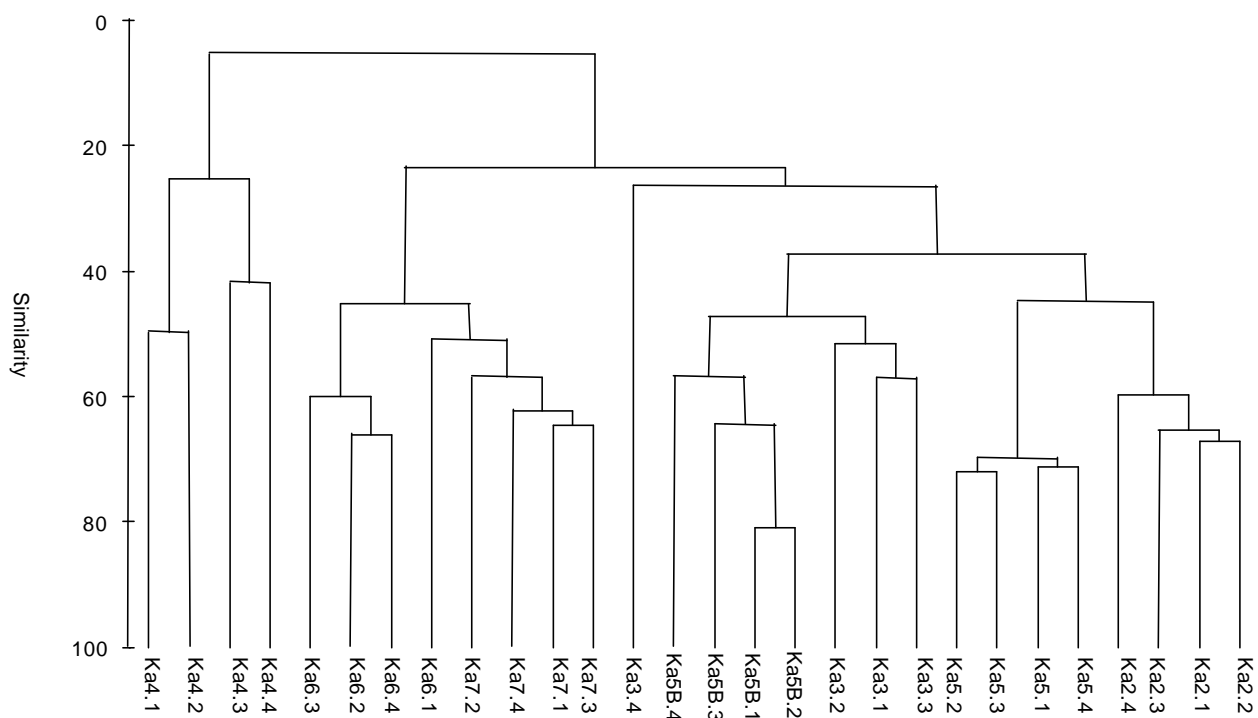
Figur 18 viser resultatet fra en klusteranalyse for stasjonene som er undersøkt i dette prosjektet. Analysen er utført med alle rådata for å kunne sammenligne forskjeller innenfor stasjonene (mellom hugg/replikate) og mellom stasjonene. Resultatet viser at Stasjonene Ka 3 og Ka 4 har størst variasjon mellom huggene. Det er særlig et av huggene på Stasjon Ka 3 som skiller seg ut, årsaken til dette er at det ble funnet få arter og individ sammenlignet med de andre huggene på stasjonen.

Stasjon Ka 4 skiller seg mest ut (mest ulik) fra de andre stasjonene, dette betyr at sammensetningen av arter på denne stasjonen varierer en del fra de andre stasjonene. Årsakene til at Stasjon Ka 4 skiller seg vesentlig ut fra de andre stasjonene, skyldes sannsynligvis plassering av stasjonen i forhold til utslippene fra FMC Biopolymer AS.

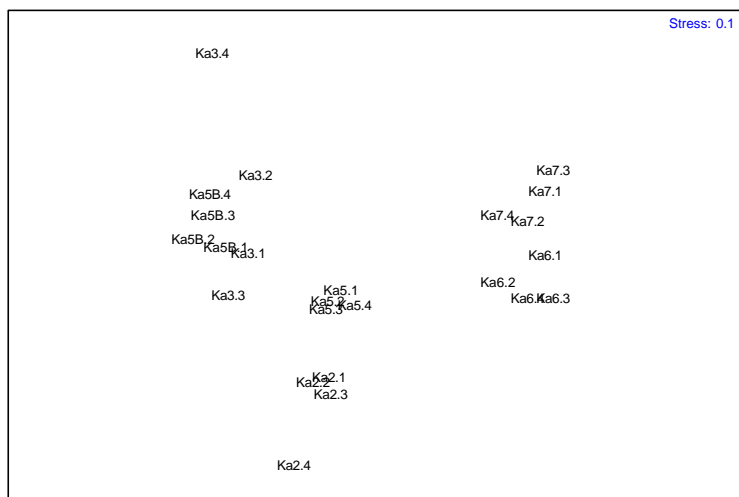
Dette medfører at stasjonen påvirkes av aktiviteten og utslippene her (diskutert under forrige kapittel).

Siden Stasjon Ka 4 skiller seg veldig ut fra de andre stasjonene, er denne stasjonen tatt bort i MDS analysen (Figur 19). Dette gjør at det er lettere og se sammenhenger/mønster mellom de andre stasjonene i undersøkelsen. Stress fra analysen er 0,1, som betyr en god gjengiving av dataene.

Stasjonene Ka 6 og Ka 7 grupperes sammen med en likhet på litt over 40 % og skiller seg litt ut fra de andre stasjonene (Figur 18 og 19). Dette er de stasjonene som er plassert lengst sør i Karmsundet. Stasjon Ka 7 er den dypeste stasjonen (200 m) i undersøkelsen, mens dypet på Stasjon Ka 6 ble målt til 82 m. Likhet i sammensetning av dominerende arter på Stasjon Ka 6 og Ka 7 er tidligere diskutert, og det ser ut til at disse stasjonene er plassert i områder hvor den organiske belastningen/forurensning er lavest. I klusteranalysen grupperes også stasjonene Ka 2 og Ka 5 og stasjonene Ka 3 og Ka 5B sammen med tilsvarende likhet som Ka 6 og Ka 7. Dette er hovedsakelig på grunn av høy dominans av fåbørstemark på Stasjon Ka 3 og Ka 5B.



Figur 18. Resultat fra klusteranalysen med alle replikat (hugg) fra de undersøkte stasjonene i 2002. Verdiene langs y-aksen viser grad av likhet mellom prøvene.



Figur 19. Resultat fra MDS analysen med alle replikat (hugg) fra de undersøkte stasjonene i 2002, unntatt Stasjon Ka 4.

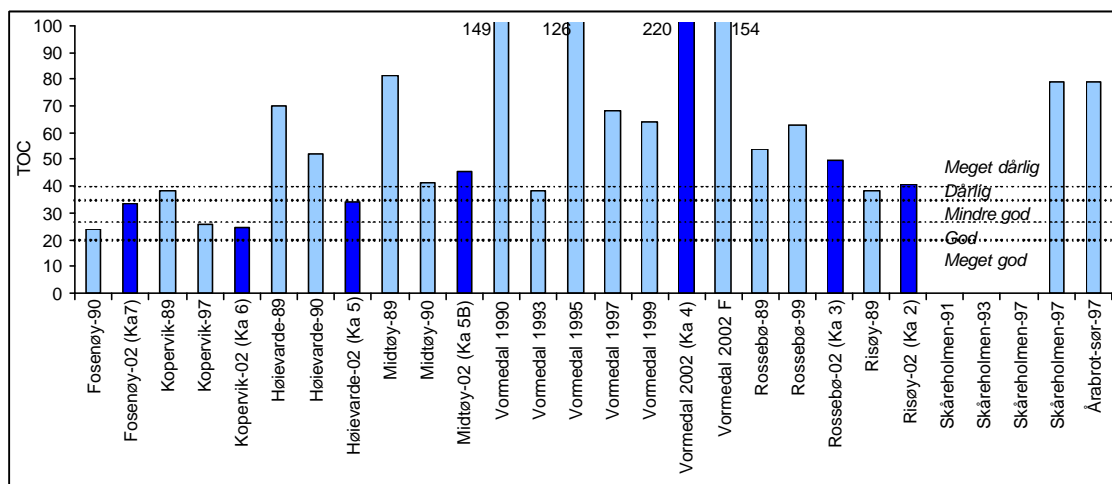
3.3 Sammenligning av bunnresultater fra tidligere undersøkelser

I dette kapitlet er resultatene fra denne undersøkelsen sammenlignet med noen resultater fra tidligere undersøkelser (Eriksen & Tvedten 2002, Tvedten & Eriksen 1999, Eriksen m.fl. 1997, Myhrvold m.fl. 1997b,c, Myhrvold 1996, Myhrvold 1993, Næs & Rygg 1991). Sammenligningen fokuserer på endringer i miljøtilstand over tid i det undersøkte området og på de stasjoner (områder) som er inkludert i denne undersøkelsen. Av de 8 stasjonene som overvåkes jevnlig av FMC BioPolymer, er det bare to stasjoner (Ka 4 og bunnprøver på Ka 7) som er felles med denne undersøkelsen. På Ka 7 tar FMC bare kjemiske analyser. Flere av stasjonene i FMCs undersøkelser ligger ikke i det dypeste partiet midt i sundet.

Alle stasjonsområdene fra årets undersøkelse har vært undersøkt tidligere. På stasjonene Ka 2, Ka 3 og Ka 5 ble det i 1997 analysert for TOC i sediment (Myhrvold m. fl. 1997b). Stasjon Ka 5B og Ka 6 er henholdsvis undersøkt i 1991 og 1997, og det ble tatt prøver for analyse av bunnfauna, TOC og kornfordeling (Myhrvold m. fl. 1997b, Næs & Rygg 1991). Stasjon Ka 4 og Ka 7 har tidligere vært undersøkt i 1993, 1995, 1997, 1999 og i juni 2002, (Tvedten & Eriksen 1999, Eriksen m.fl. 1997, Myhrvold 1996, Myhrvold 1993, Eriksen & Tvedten 2002). Undersøkelsene har omfattet analyse av TOC og kornfordeling og i liten grad bunnfauna (bare en prøve i 1993 og 1995 på Stasjon Ka 7). Resultater fra noen av undersøkelsene er satt sammen i Figur 20-22. Ut fra figurene kan en også se noe av sammenhengen mellom diversitet og antall individer i prøvene.

Tidligere undersøkelser har vist at Karmsundet har høye verdier av organisk materiale (TOC) i sedimentet. I noen områder er verdiene fra TOC analysen ved årets undersøkelse litt lavere sammenlignet med resultatene fra de andre tidligere undersøkelsene (Figur 20). Ett unntak er Stasjon Ka 4, hvor TOC verdien fra årets undersøkelse er den høyeste som er målt noen gang. TOC verdiene på denne stasjonen har variert en del gjennom årene og det har stasjonsplasseringen også. Det skyldes

hovedsaklig vanskelige (steinete og kuperte) bunnforhold i området. I tidligere år ble prøvene tatt på 40 m og 53 m dyp, men i år er prøvene tatt på 56 m. Dette er trolig årsaken til at resultatene varierer mye fra ett år til et annet, samtidig som den nære plassering til FMC Biopolymer AS (og kloakkutslipp) er årsaken til høye verdier for TOC. I 2002 ble det tatt prøver både i april (denne undersøkelsen) og i juni (for FMC) og i Figur 20 kan en se at de målte TOC verdiene er ulike, men begge viser at det er stor organisk belastning i området.

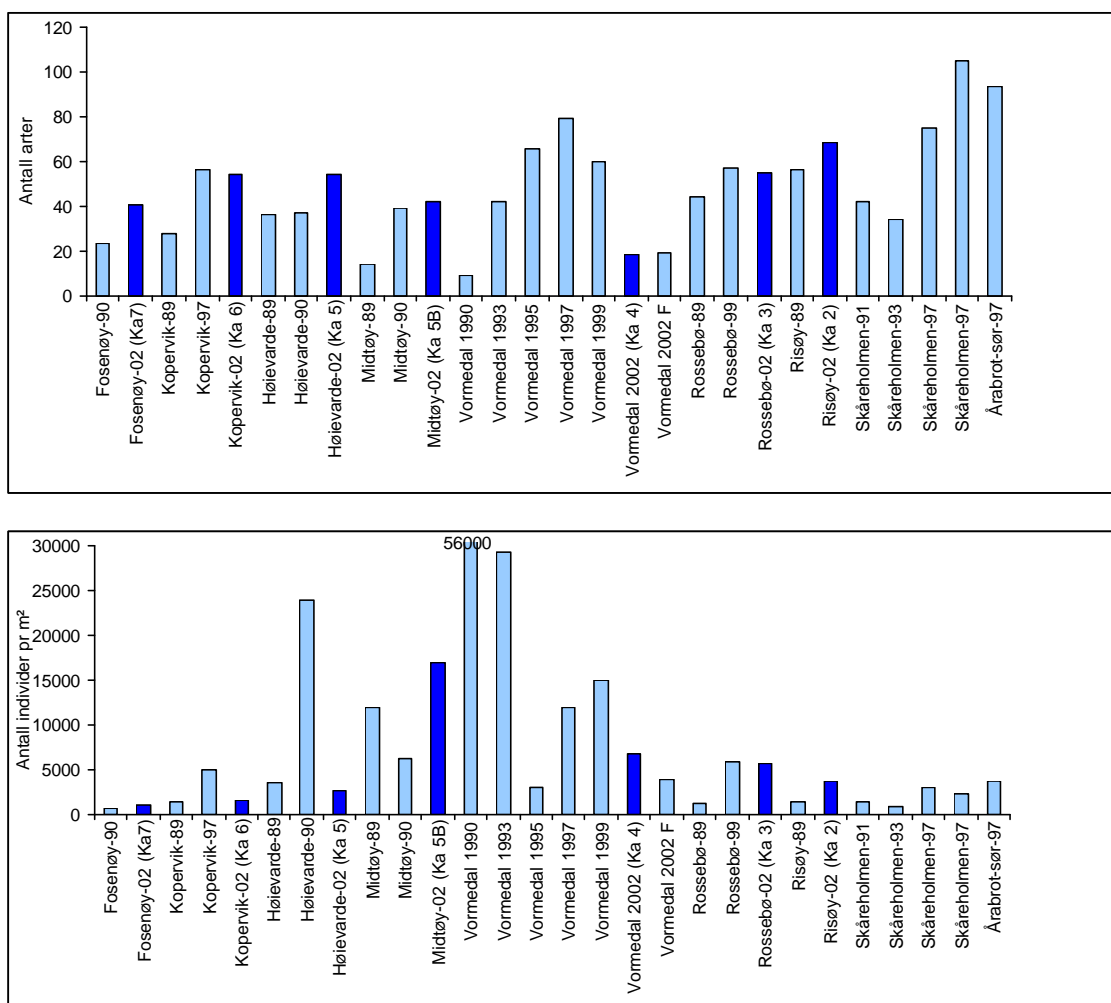


Figur 20. TOC innhold i et utvalg av sedimentprøver fra Karmsundet og området lengre nord. Se vedlegg for kildehenvisning. Noen tall baseres på en grabbprøve. Ikke alle tall fra tidligere undersøkelser er justert i forhold til innhold av leire og silt. Horisontale streker markerer grenseverdier i henhold til SFTs tiltandsklassifisering.

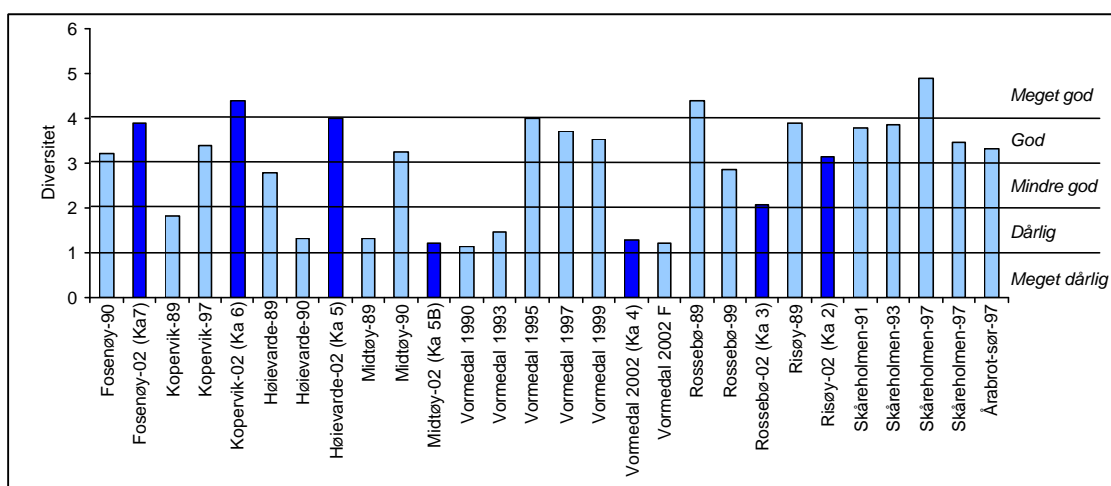
I Karmsundet ligger alle TOC-verdiene over SFTs grenser for *meget god* tilstandsklasse og tilstand *mindre god* eller *dårligere* er vanligst. Slik har det vært i tidligere undersøkelser også. Dette har sammenheng med at det er stor organisk tilførsel til Karmsundet, men skyldes også at klassifiseringssystemet i stor grad generelt klassifiserer prøver fra indre fjordområder som påvirket av organisk tilførsel. Dette trenger ikke alltid ha sammenheng med menneskeskapte tilførsler. For eksempel kan naturlig avrenning fra land føre til økt organisk innhold, og lite eller intet oksygen i bunnvannet vil nesten alltid føre til høyt TOC-innhold. Som en kan se i Figur 20 er både prøvene ved Fosenøy og Skåreholmen/Årabrot klassifisert som *meget dårlig* med hensyn til TOC, men begge områdene bør ha et nokså ”naturlig” innhold av TOC og ikke være vesentlig påvirket av utslippene til Karmsundet.

Bunnfauna

Stasjon Ka 7 er den dypeste stasjon i undersøkelsen, og ved undersøkelsene i 1990, -93 og -95 ble det kun tatt et replikat for bunnfaunaanalyser på stasjonen. Sammenlignet med tidligere undersøkelser ble det i år funnet flere arter og individ, og høyere diversitet (Figur 21-22). Dette kan delvis forklares med at det ble tatt fire replikater i årets undersøkelse. Dominerende arter er også ulike undersøkelsene i 1993 og 1995. Andel finstoff og TOC har variert gjennom årene, og resultatene fra årets undersøkelse er omtrent på samme nivå som resultatene fra undersøkelsen i 1999.



Figur 21. Antall arter og individer i et utvalg av sedimentprøver fra Karmsundet og området lengre nord. Se vedlegg for kildehenvisning. Noen tall baseres på kun en grabbprøve.



Figur 22. Diversitet i et utvalg av sedimentprøver fra Karmsundet og området lengre nord. Se vedlegg for kildehenvisning. Noen tall baseres på kun en grabbprøve. Horisontale streker markerer grenseverdier i henhold til SFTs tiltandsklassifisering.

Resultatene på Stasjon Ka 6 tilsvarer resultatene fra undersøkelsen i 1997, og det ser ikke ut som at miljøforholdene har endret seg i særlig grad. Det ble funnet omtrent samme verdier for TOC, andel finstoff, antall arter og diversitet. Det har derimot vært

en reduksjon i antall individ. Dominerende artene i de to årene er *Spiophanes krøyeri*, *Diplocirrus glaucus* og *Mediomastus fragilis*.

Ved Høievarde (Ka 5) er det alltid funnet et tilfredsstillende antall arter. Individantallet (og diversiteten) har variert mye. Miljøforholdene kan sies å være bra for en rekke bunnryrarter og i 2002 tyder bunnfaunaen på bedre miljøforhold enn tidligere.

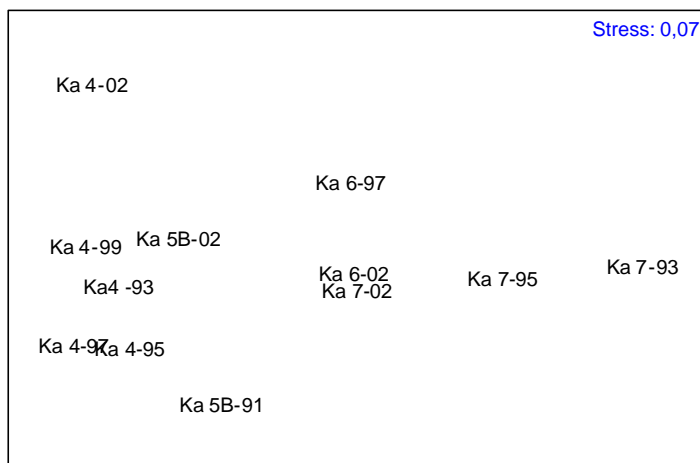
I dypprennen øst for Midtøy (Ka 5B) var bunnforholdene sterkt preget av utslippene. Det var omtrent tilsvarende forholdene i 1989-90.

Faunaen på Stasjon Ka 4 har alltid vært dominert av opportunistiske arter (hurtigvoksende med kort generasjonstid), selv om sammensetningen av arter har variert. Av dominerende arter har det vært vanlig å finne flere krepsdyr som lever sammen med tang og tare. Ved tidligere undersøkelser har en art tangloppe (*Atylus swammerdami*) dominert faunamaterialet på denne stasjonen. Det har vært vanlig å finne høye individantall på Stasjon 4. I 1990 ble det funnet 56 000 individ pr m² (basert på én grabbprøve) og ved undersøkelsen i 1993 ble det funnet hele 29 000 individ pr m² (Figur 21). Artsantallet har også variert mye og i 2002 var både artsantall og diversitet lavere enn i de siste årene.

Ved Rossebø (Ka 3) var antall arter og individ, omtrent som i 1999. Den beregnede diversiteten var lavere i 2002 enn i 1999, men i 1989 ble det beregnet en høyere diversitet (pga. mye lavere individantall). Generelt tyder miljøforholdene på å være tilsvarende de tidligere undersøkelsene.

Vest av Risøy (Ka 2) ble børstemarken *Melinna cristata* også funnet i 1989 og dette kan tas som et tegn på like miljøforhold. I 1989 ble det kun tatt en grabbprøve (43 m dyp) og prøven ble trolig tatt lenger sør enn år stasjon Ka 2. Sammenligningsgrunnlaget for tidsutvikling er dermed begrenset.

I Figur 23 er det gjort en MDS analyse for noen stasjoner hvor det er tatt prøver for bunnfauna over tid (Stasjon Ka 4, Ka 5B, Ka 6 og Ka 7). Stress i MDS analysen var 0,07, som betyr at det er en meget god gjengiving av dataene. Det er ingen klare trender eller sammenhenger i dataene, men det kan se ut som det er en gradient fra nord (Stasjon Ka 4) til sør (Stasjon Ka 7) i Karmsundet. Stasjon Ka 4 og Ka 5B gjennom de ulike prøvetakingsperiodene ser ut til å skille seg fra Ka 6 og Ka 7.



Figur 23. Resultat fra MDS analysen for stasjonene Ka 4, Ka 5B, Ka 6 og Ka 7 for de årene stasjonene er undersøkt.

3.4 SFT tilstandsklassifisering

I Tabell 8 har vi oppsummert analyseresultatene i hele undersøkelsen i forhold til grenseverdier i SFT miljøklassifisering. Det er da tatt et gjennomsnitt og brukt skjønn der det var tvil om tilstandsklassen (lå på grensen mellom to ulike klasser). I noen tilfeller har vi satt opp ytterlighetene. Tidligere i rapporten har vi skrevet om forskjeller mellom stasjonene og valg som er gjort ved inndeling i årstider og utvalg av prøver, samt at tilstanden varierer en del fra år til år og hvor prøvene er tatt i resipienten.

Tabell 8. Oppsummert SFT tilstandsklasser for vannprøver samlet ved 12 tidspunkt fra åtte stasjoner i og utenfor Karmsund i fra august 2001 til juli 2002, samt bunnprøver (7 stasjoner) i fra april 2002. Der det er stor forskjell mellom stasjonene er det oppgitt flere tilstandsklasser for samme parameter.

Parameter	Tilstand	
Totalfosfor, sommer	God, II	
Fosfat, sommer	God, II	Mindre god
Totalnitrogen, sommer	Meget god, I	
Nitrat, sommer	God, II	
Ammonium, sommer	Meget god, I	
Totalfosfor, vinter	God, II	
Fosfat, vinter	Meget god, I	
Totalnitrogen, vinter	Meget god, I	
Nitrat, vinter	Meget god, I	
Ammonium vinter	Meget god, I	
Klorofyll, sommer	Meget god, I	God, II I
Siktedyp, sommer	Meget god, I	
Oksygen, minimum	Meget god, I	
Bunnfauna diversitet	Meget god, I	Dårlig, IV
Organisk innhold sediment	God, II	Meget dårlig, V

3.5 Tilførselsberegninger

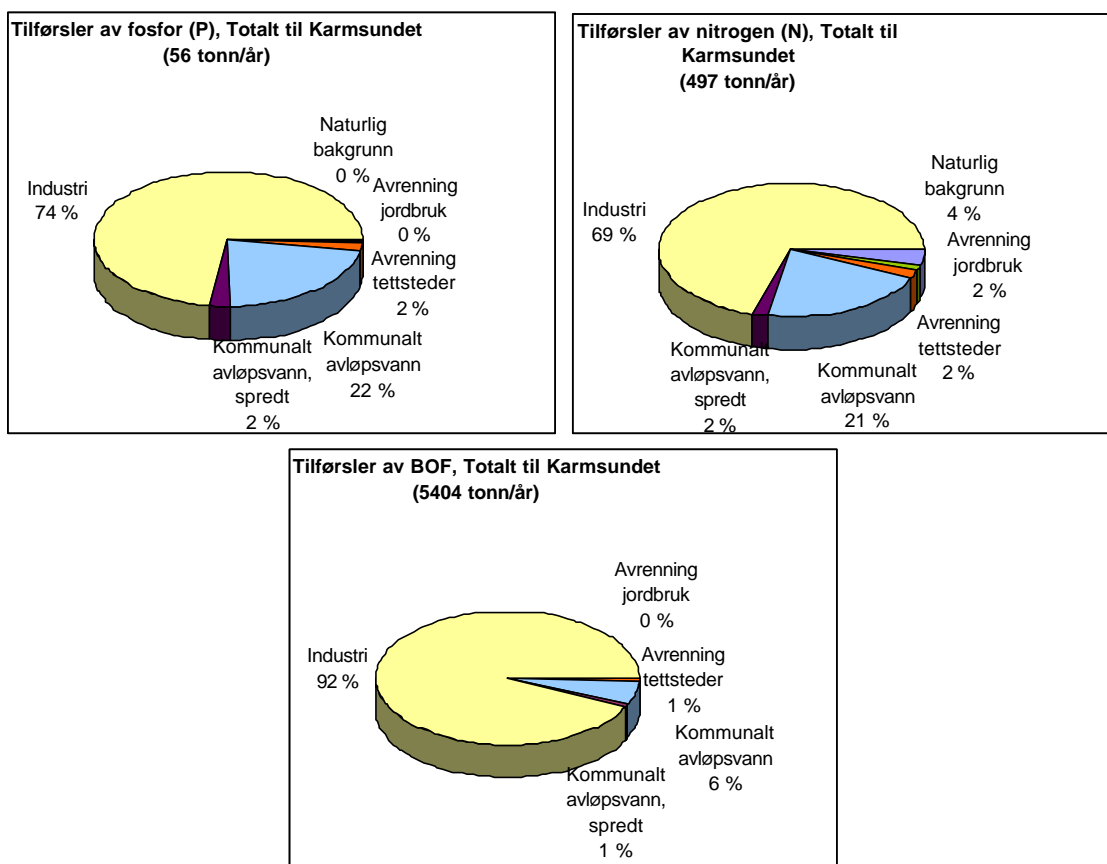
Grunnlagsdataene for beregningene er mer detaljert satt opp i Vedlegg 5 og noen tall er gitt i Tabell 9-10 nedenfor. Resultatene bør ses på som omtrentlige. Det har vært vanskelig å skaffe gode utslippstall, spesielt fra bedriftene, som dekker nitrogen, fosfor og BOF som vi har konsentrert oss om i denne rapporten. Vanligvis er fosfortilførsler knyttet til menneskeskapte (antropogene) utslipp, mens nitrogentilførsler er mer knyttet til naturlig avrenning. På nasjonal basis kommer 80 % av fosfortilførslene (3000 tonn) til Skagerrak og Vest-Norge via menneskeskapt tilførsel, og av nitrogentilførselen på 70000 tonn er 50 % menneskeskapte (SFT 1997). Fosforforbindelser knytter seg mer til partikler enn nitrogen og skylles dermed i mindre grad ut fra land. Stoffenes bindingsevne gjør også at det er mye rimeligere å rense et utslipp for fosfor enn for nitrogen.

BOF er et uttrykk for den mikrobielt nedbrytbare delen av det organiske stoffet, dvs. den del som er nokså raskt omsettelig. Det viktigste bidraget vil normalt være avløpsvann fra befolkning, men noe vil også tilføres fra jordbruksaktivitet og da i første rekke knyttet til silo og melkeromsavløp. Naturlig bakgrunnsavrenning regnes ikke å bidra med BOF.

Arealet av Karmsundet og nedbørsfelt er i Myhrvold *m.fl.* 1997b oppgitt til 109,8 km², mens vi nå får det til 90 km². Årsaken til dette er at vi trolig setter ulike yttergrenser for fjorden og nedbørsfeltene. Den prosentvise tilførselen fra disse arealene er små sammenlignet med de andre kildene, og feilkilden blir dermed liten. Det er ingen større elveutløp til Karmsundet. I tilførselsberegningene har vi tatt utgangspunkt i opplysninger fra kommunene og fra Silfas og Biomar i Husøy-området samt FMC BioPolymer ved Vormedal.

Oppsummert viser beregningene at det er industrien (FMC BioPolymer) som dominerer tilførselsmengdene (Figur 24). Av de totale industriutslippene står bedriften for 99 % av fosfor og BOF, mens 80 % av nitrogentilførselen er fra FMC BioPolymer. Silfas og Biomar har dermed bare betydning for nitrogentilførselen. I forhold til de totale utslippene (inkludert avløpsvann og avrenning) til Karmsundet utgjør de samlede industriutslippene 74 % av fosfortilførslene, 69 % av nitrogen og 92 % av BOF. Kommunalt avløpsvann bidrar med ca 24 % av nitrogen- og fosfortilførselen samt 7 % av BOF.

Dersom de kommunale utslippene renses med en effekt på 90 % for fosfor, 70 % for nitrogen og 70 % for BOF (sekundærrensing), vil de årlige kommunale stofftilførslene reduseres til 1,5 tonn fosfor, 35 tonn nitrogen og 133 tonn BOF. Da vil de kommunale utslippene stå for 3 % av nitrogentilførselen, 7 % av fosfor og 3 % av BOF til Karmsundet.



Figur 24. Oversikt over beregnede totale tilførsler fra land til Karmsundet av fosfor (P), nitrogen (N) og BOF inkludert industri.

3.5.1 Utslipp fra bedrifter

Silfas har tillatelse for produksjon av inntil 44 000 tonn fiskemel og 10 000 tonn fiskeolje. I 2001 lå produksjonen på 25 000 tonn fiskemel og 5 tonn fiskeolje pers. medd. Thinney Rasmussen. Han sier også at utslippstallet på 225 tonn som er oppført på SFTs hjemmesider ikke er korrekt. Utslippskravene for bedriften er knyttet til tonn råstoff som blir brukt, og skal være under 300 g S-TS/tonn råstoff. I tillegg skal øvre fettkonsentrasjon ikke overstige 100 mg/l. Utslippstillatelsen fra 01.03.01 er anket og er til videre behandling. SFT beregner i utslippstillatelsen (datert 19.03.01) at full utnyttelse av den omsøkte produksjonsrammen, ville kunne gi et nitrogenutslipp tilsvarende 18 000 pe, fosfor tilsvarende 1 200 pe og suspendert organisk stoff tilsvarende 1 800 pe. Det har vi i Tabell 9 brukt videre til å beregne stofftilførsler pr år. Vi har da antatt at antall pe er lik antall personer (gammel definisjon). I 2001 var årsproduksjonen omtrent halvparten av det tillatte råstoffvolumet og en kan anta at utslippet var tilsvarende mindre. Ut fra produksjonen vil utslippet kunne beregnes til 39 tonn S-TS (130 000 tonn råstoff * 0,0003). Mengde råstoff er oppgitt av Silfas. Det meste av dette vil være lett omsettelig mikrobielt (høy BOF-verdi). Vi får en BOF-verdi på 15 tonn (Tabell 9) når vi regner med at organisk stoff fra produksjonen tilsvarende det halve av 1800 pe (bare halve kapasiteten er utnyttet). Det er lavere enn en skulle forvente ut fra S-ST utslipp på 39 tonn. Den ene beregningsmetoden gir et utslipp på 39 tonn nitrogen

(tilsvarende hele tørrstoff utslippet), dersom nitrogenutslippet tilsvarende 18 000 pe. For konklusjonene i rapporten har disse tallene mindre betydning siden utslippene er små i forhold til FMC BioPolymer.

Biomar produserer fôr til oppdrettsnæringen. De kan produsere inntil 150 000 tonn, men produksjonen var der 46000 tonn i 2001 (80-90 tonn i 1999-00), og det er litt lavere enn øvre produksjonsvolum for Silfas. Etter samtale med Thinney Rasmussen (Silfas) har vi fått opplyst at opplysningene på SFTs hjemmesiede var feil og at Biomar hadde et utslipp på 853 kg (ikke tonn) pr år. Dette vil i stor grad være støv av fiskeoppdrettsfôr. Ved å sette inn faktorer for fosfor (10 g N/kg) og nitrogen (60 g P/kg) i fiskeoppdrettsfôret finner vi at utslippene er på ca 8 og 51 kg, noe som tilsvarende i overkant av utslipp på 10 pe. 10 pe tilsvarende også et utslipp på ca 84 kg BOF pr år.

I Husøy området ligger også bedriftene Seagarden (tidligere Primex) og Koralfisk. Koralfisk tar i mot fisk til konsum og har noe utslipp av blodvann. Seagarden produserer "fiskepulver" og smakstilsetningstoff. Utslippene til disse bedriftene er sannsynligvis små i forhold til Silfas og vi har ikke fått de kvantifisert. I Husøyområdet arbeider ca 120 personer.

FMC Biopolymer angir sine utslipp, og har utslippstillatelse av organisk stoff, som mengde KOF. Det er et mål som gir oksygenforbruket ved kjemisk nedbrytning av den totale mengde (eller nesten alt) organisk stoff i utslippet. Bedriften har redusert utslippene av SS med 25 % de siste årene og ligger nå rundt 10 000 tonn KOF. Formalinutslippet er redusert med 80 %. I Tvedten & Bergheim (2001) fant de at ulike deler av utslippet har nokså forskjellig fordeling av KOF og BOF. Noen utslipp inneholdt mye lett nedbrytbart materiale (høy BOF), men andre hadde mer sent nedbrytbart materiale. Forholdet mellom BOF og KOF varierte fra 10 % til 80 %. I utslippet med høyest innhold av organisk materiale var forholdet mellom BOF og KOF på 50 %. Til grunn for FMCs BOF tilførsler i Karmsundet har vi satt at 50 % av KOF utslippet på 10 000 tonn er BOF, men dette er da en del usikkert. Siden dette er det dominerende utslippet til Karmsundet gir noen prosent forskjell i BOF tilførselen nokså stort utslag i tonn BOF.

Det er verdt å merke seg at utslippsreduksjonen de siste årene på ca 25 % ved FMC BioPolymer har redusert tilførselen til Karmsundet med anslagsvis 1250 tonn BOF. Det er betydelig og **tre ganger mer** enn den samlede tilførselen av BOF fra land, inkludert kloakk. Eriksen & Tvedten (2002) fant ikke noen tydelig miljømessig positiv effekt av denne reduksjonen i forhold til tidligere undersøkelser. Dette kan ha sammenheng med at det tar lengre tid i fra utslippsreduksjonen til det gir utslag, eller at de resterende utslippene er så store at de overskygger den eventuelle positive gevinsten.

Tabell 9. Utslipptall (tonn) for ulike bedrifter. Se også kommentarer i teksten og i vedlegg.

Bedrift/kilde	BOF, tonn	S-TS tonn	Nitrogen, tonn	Fosfor tonn	Kilde referanse
Biomar (beregnete utslipp 2001 ut fra 853 kg fiskefôr som støv)	0,084	0,8	0,051	0,009	
FMC BioPolymer (ca utslipp 2001)	5000 (omregnet fra 10 000 KOF) 50 %	6000 inkl. 1100 uorganisk	300	40	SFT hjemmesider, 2001 (data frem til 2000). Pers. medd. FMC.
Silfas (beregnet ut fra antall pe iflg. SFT). Maksimal søkt produksjon.	15		39	0,35	SFT hjemmesider, utslippstillatelse
Silfas beregnet ut fra 130 000 tonn råstoff * 0,3 kg utslipp pr tonn		39			Produksjon i 2001, ca halvparten av tillatelse. Ut fra antall pe (SFT antagelser).
Hydro Aluminium Karmøy , 80 tonn SS, trolig for en stor del kullstøv		80			SFT hjemmesider
Totalt fra industri	5015	6120	340	40	

3.5.2 Avrenning og kommunalt avløpsvann

Resultatene fra beregningene er satt opp Tabell 10 og Figur 25-26. Siden kloakkutslippene går igjennom forskjellig grad av rensing, er det i regnearket satt opp flere rader med ulike beregningskoeffisienter for stoffutslipp, ut fra antatt rensegrad. Ser en bort fra industritilførsler men tar med avrenning fra land står Haugesund kommune for 20-30 % av nitrogen, fosfor og BOF tilførselen til Karmsundet. Karmøy står for resten. For Haugesund betyr, naturlig nok, avrenning fra tettsteder en større del (14-24 %) av total tilførsel enn for Karmøy. I Karmøy kommune utgjør spredte utslipp mer enn i Haugesund og de utgjør ca 10 % av tilførselene. Avrenning fra land betyr mest for Karmøy, og særlig da nitrogentilførselen (15 %). Karmøy har 86 % av det totale nedslagsfeltet.

Det kommunale avløpsvannet inkludert de spredte utslippene (utenom industri) utgjør ca 87 % av fosfortilførselen, 77 % av nitrogentilførselen og 85 % av BOF-tilførselen (Figur 25 og 26).

Dersom alle kloakkutslippene (26400 personer ~ 17660 pe) renses betydelig, del vil si rensing med en effekt på 90 % for fosfor, 70 % for nitrogen og 70 % for BOF, vil de årlige kommunale stofftilførselene reduseres til 1,5 tonn fosfor, 35 tonn nitrogen og 133 tonn BOF. Dette vil da utgjøre henholdsvis 11, 34 og 40 % av dagens kommunale avløpsvannutslipp. Merk at vi her fremdeles skriver om utslippene der det som kommer fra industrien ikke er inkludert.

Tabell 10. Noen grunnlagsdata for beregninger av tilførsler, samt beregnede tonn tilførsler fra ulike kilder. Se vedlegg og Tabell 9 for flere detaljer og beregninger.

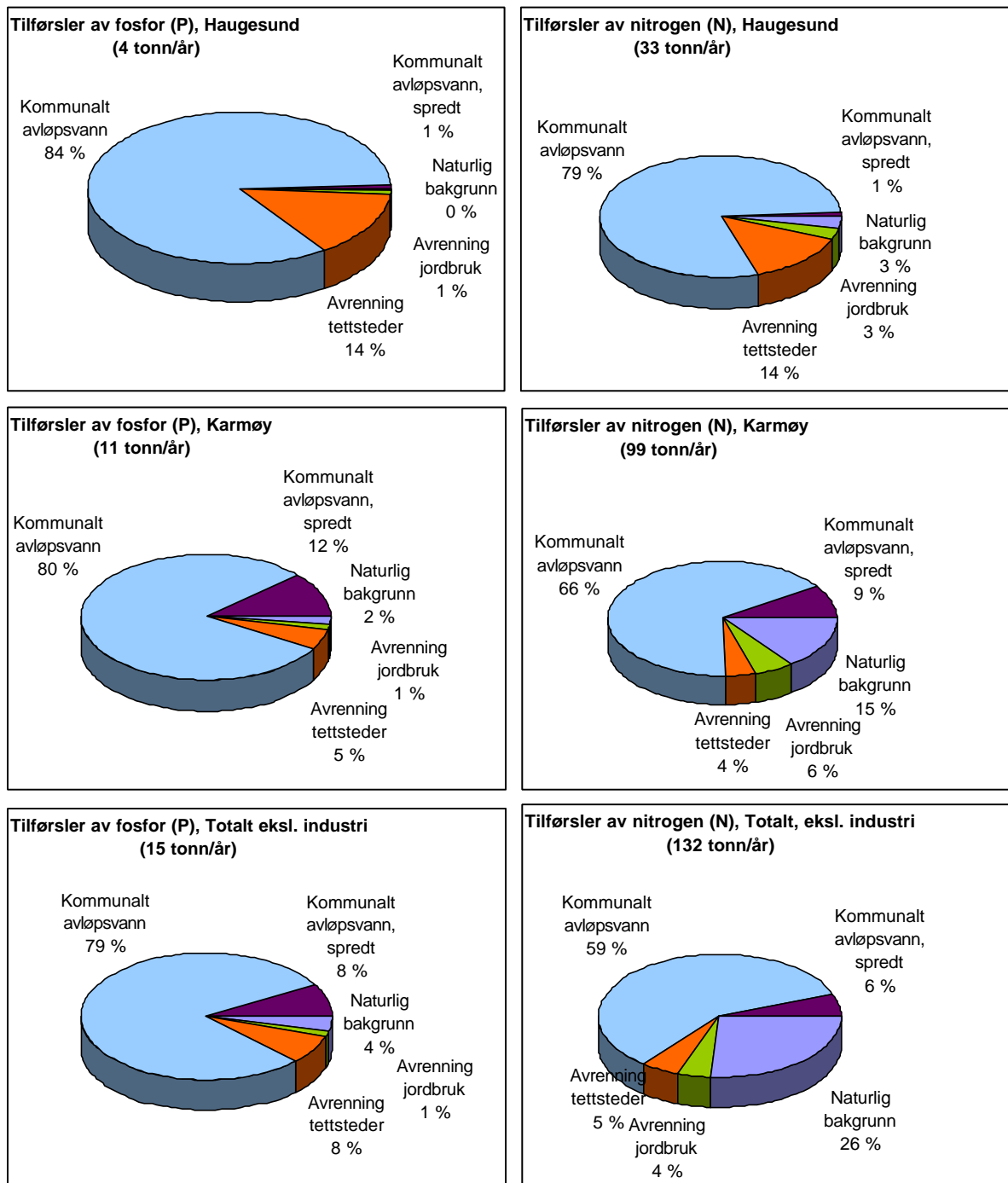
Type kilde	Haugesund	Karmøy	Totalt	Km ² / personer
Areal Karmsundet, sjøoverflate	2,4	20,8	23,2	km ²
Areal nedbørsfelt (eksl. jordbruk og tettsteder)	3,23	43,174	46,404	km ²
Avløpsvann, kommunalt	6575	17502	24077	personer
Avløpsvann, spredt	65	2357	2422	personer
Tettsteder (by og villa)	6	11,6	17,6	km ²
Jordbruk	0,32	1,92	2,24	km ²

Kilde	Fosfor			Nitrogen			BOF		
	Hauges. kg P/år	Karmøy kg P/år	Totalt kg P/år	Hauges. kg N/år	Karmøy kg N/år	Totalt kg N/år	Hauges. kg BOF/år	Karmøy kg BOF/år	Totalt kg BOF/år
Naturlig bakgrunn	16	216	580*	1098	14679	41297*	-	-	0
Avrenning jordbruk	26	154	180	960	5760	6720	64	384	448
Avrenning tettsteder	600	580	1180	4500	4059	8559	30000	28990	58990
Kommunalt avløpsvann	3485	8688	12173	26131	65160	91291	95057	205701	300758
Kommunalt avløpsvann, spredt	34	1293	1273	256	9289	9545	764	27696	28460
Industri	0	40359	40359	0	310000	310000	0	5032000	5032000
Totalt (NB inkludert industri)	4161	51290	55745	32945	408947	467412	125885	5294771	5420656

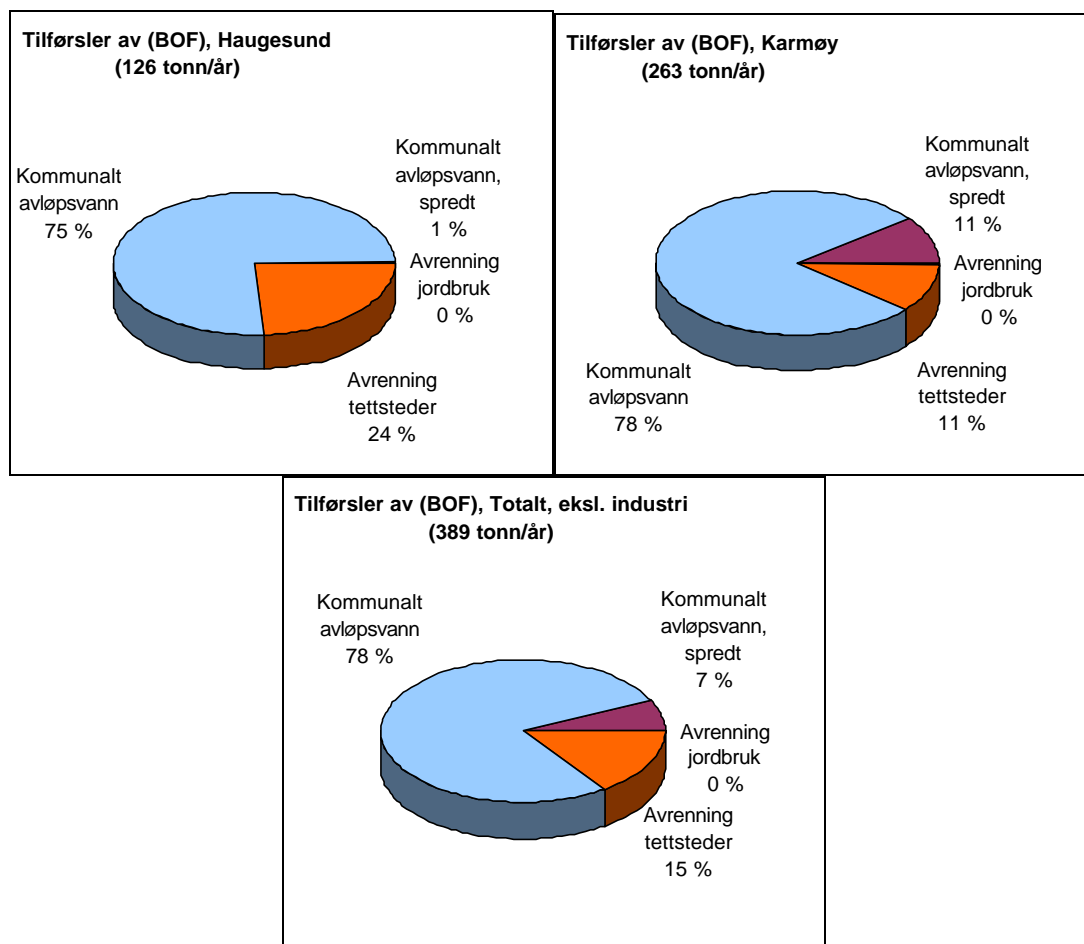
* inkludert vannoverflate.

3.5.3 Ulike kilders relative tilførsler

Sammenligner en utslippene fra industri med de andre kildene, er det tydelig hvor de største kildene er. Industrien står for 74 % av fosfortilførslene til Karmsundet, 69 % av nitrogenet og 92 % av BOF (Figur 24). Det kommunale avløpsvannets betydning er redusert til henholdsvis 22 %, 21 % og 6 % for BOF. De andre kildene har marginal betydning. Ut fra de antagelsene vi har gjort av industriutslippene står FMC Biopolymer for 99 % av fosfortilførselen, 80 % av nitrogenet og 99 % av BOF, i forhold til Silfas og Biomar. Dersom vi heller forutsetter at FMCs utslipp av KOF er bare 25 % av BOF, og ikke 50 % lett nedbrytbart (dvs. 25 % BOF) synker industrien relative bidrag til Karmsundet til 87 % for BOF.



Figur 25. Oversikt over beregnede tilførsler fra hver kommune og totalt til Karmsundet (inkludert overflate) av fosfor (P), nitrogen (N), eksklusiv industri.



Figur 26. Oversikt over beregnede tilførsler fra hver kommune og totalt til Karmsundet av BOF. Eksklusiv industri.

3.5.4 Andre kilder

Næringssalter kan også tilføres overflatevannet fra underforliggende lag. Dette vil være avhengig av vertikal bevegelse av vannet, noe som kun skjer dersom det tilføres energi. Slik energi kan være vind, ferskvannstilførsel (f. eks. elveutløp) eller tidevannsdrevet strøm og turbulens. Lagdelingen i vannsøylen er avgjørende for hvor stor den vertikale blandingen kan være og det er vanskelig å anslå tilførselen for eksempel på årsbasis. Ved hjelp av matematiske modeller og reelle data fra området kan slik blanding beregnes.

Tidligere i rapporten har vi beskrevet en situasjon hvor overflatevannet i Karmsundet ble ført bort på grunn av vind og erstattet av mer næringsrikt vann. En økning av næringssaltinnholdet med 10 µg P/l og 20 µg N/l i de øverste 10 meterne (230 mill. m³ vann) vil øke fosfor- og nitrogenmengdene med 2300 kg P og 4600 kg N i de øverste 10 m. Dersom konsentrasjonsforskjellene er større, vanddypt større, eller slike vannutskiftninger skjer tilstrekkelig ofte, vil de dermed kunne bidra næringssalttilførselen, men forholdsvis lite i forhold til dagens utlipp fra land.

Vantransporten gjennom sundet vil også tilføre mye næringssalter, men siden uttransporten i nord er minst like stor, vil ikke dette føre til en netto tilførsel til

Karmsundet. Dersom en forutsetter at tverrsnittet av sundet ved Vormedal er 12 000 m² (300 m bredt og 40 m dypt) og sier at nettotransporten er 3 cm/s nordover i hele arealet, blir transportert vannvolum i ett år 1153 mill. m³. Med en gjennomsnittlig næringsssaltkonsentrasjon på 20 µg P/liter og 200 µg N/l gir dette en årlig fosformengde inn i Karmsundet på 227 tonn og nitrogenmengde på 2 270 tonn. Dette er fem ganger mer enn de totale tilførselene fra land. Dersom dette vannet har en gjennomsnittlig oksygenkonsentrasjon på 7 mg/l, vil det totalt inneholde 80 000 tonn oksygen. Den beregnede BOF tilførselen fra land er 7 % av dette, men naturlig oksygenforbruk/-produksjon i vannmassene vil komme i tillegg. Regnestykket, som er en betydelig forenkling av virkeligheten, gir likevel en mulig forklaring på hvorfor det er godt med oksygen i vannet i Karmsundet.

Den biologiske produksjonen i en fjord kan være meget stor og mye av den kan synke ut av vannsøylen. Den vil dermed bidra til oksygenforbruket i vannet. Det er en rekke faktorer som styrer produksjonen og i hvor stor grad produserte alger sedimenterer til bunn, transporteres bort, eller oppløses i vannsøylen og dermed kan gi opphav til ny produksjon. I våre farvann kan en regne med en årlig primærproduksjon på 100-200 g karbon pr m² (SFT 1997). I Karmsundet (23 km²) vil en produksjon på 100 g C m² pr år gi en total karbonmengde på 2 300 tonn. For fullstendig nedbrytning av dette vil det brukes ca 8050 tonn oksygen (2300 * 3,5) (faktor på 3,5 er funnet i Stigebrandt 2001), noe som er mer enn de 5404 tonn med BOF som tilføres fjorden fra land. Nitrogen- og fosformengdene som altså er bundet i denne produksjonen kan anslås til henholdsvis 394 og 47 tonn, ut fra et forhold på C:N:P forhold i plankton på 41:7:1 på vektbasis. Det er i samme størrelsesorden som tilførselene fra land og det viser at det er svære mengder som bindes i produksjonen/tilføres fra land. Til sammenligning viste tilsvarende beregninger for Førresfjord at den naturlige produksjonen tilsvarte 100 ganger mer BOF enn tilførselene fra land (Tvedten & Molversmyr 2002).

3.5.5 Sammenligning med tallene i fra 1997

Som tidligere kommentert har vi beregnet det totale avrenningsarealet til ca 89,4 km² mens Myhrvold m.fl. 1997b oppga 109,8 km². Sjøarealet er det samme på 23,2 km², så det er arealet på land som er forskjellig. Siden bidragene av næringsalter og organisk stoff er relativt små, har vi ikke gått nærmere inn på hva arealforskjellen skyldes. I tillegg har vi brukt litt ulike avrenningskoeffisienter.

Videre oppgav de i 1997 en belastning fra 20 000 pe fra Karmøy og nesten 30 000 fra Haugesund. Våre tilsvarende tall er på 11 668 pe og 4 400 pe. For Karmøy forklares dette med at de i 1997 regnet med 1 pe som tilsvarende nitrogen, fosfor og BOF årsproduksjon fra én person. Men Haugesund kommune har lagt om en betydelig del av kloakkutlippene til Årabrot og redusert tilførselene til Karmsundet. I 1997 brukte de en gjennomsnittlig rensegrad på 6,4 % for nitrogen og fosfor, og 21,4 % av suspendert stoff. Vi har brukt 15-20 % for næringssaltene og 30 % for BOF. I 1997 benyttet de ikke BOF som mål på organisk materiale, siden rensegrad og –krav den gang var knyttet opp mot reduksjon av SS.

I 1997 var KOF utslippet til FMC Biopolymer på 12 190 tonn, nitrogenutslippet var 350 tonn og fosfor, 45 tonn. Vi har gjort beregningene med noe lavere utslippstall fra bedriften og regnet KOF over til BOF (Tabell 9 og 10). I tillegg har vi forsøkt å kvantifisere utslippene fra Silfas og Biomar.

Oppsummert har vi funnet totalbelastningen uten industriutslipp i 2002 til å være 15 tonn for fosfor, 132 tonn for nitrogen og 389 tonn for BOF (Tabell 11). Tilvarende tall for nærings saltene i 1997 var 21,4 tonn fosfor og 274 tonn nitrogen, og 1450 tonn KOF.

Tabell 11. Utslippstall for kommunale utslipp og avrenning fra land i 1997 og 2002. Totalt for Karmsundet unntatt industri.

Fosfor -97	Fosfor 2002	Nitrogen -97	Nitrogen 2002	KOF-97	BOF 2002
21,4	15	274	132	1450	389

Ser en på stoffregnskapet for nitrogen og fosfor som totaltilførsler til Karmsundet, er fordelingen av kildene nokså lik. Det er industrien som bidrar med mest nærings salt i begge undersøkelsene selv om utslippene er redusert. Det skyldes at tilførslene derfra fremdeles er mye større enn de kommunale tilførslene og naturlig avrenning, samt at de kommunale utslippene har avtatt i samme periode.

3.6 Oppsummering, resipientvurdering

Karmsundet har meget god kapasitet til å motta og omsette organisk materiale. Hovedårsaken til dette er at det er mye strøm i sundet, som gjør at det blir god tilgang på nytt vann og oksygen som er nødvendig for nedbrytning av materialet. Det fører også til at stofftilførslene blir spredt over et stort område, noe som fører til mindre fare for lokal overbelastning. Alle målinger viser at det er tilfredsstillende med oksygen i bunnvannet i hovedleia og at det ikke er noen terskler som fører til dårlig bunnvannsutsiftning. De mindre vikene har ikke vært inkludert i denne undersøkelsen. Sjøbunnen bærer preg av å bli tilført mye organisk materiale. I undersøkelsene er det ikke funnet noen spesiell utvikling av miljøforholdene siden de første innsamlingene på slutten av 1970 tallet.

Selv om miljøgifter ikke har vært et tema i rapporten, viser tidligere undersøkelser at bunnen i store deler av sundet er forurenset. I første rekke med tjærestoffer (PAH), tinnorganiske forbindelser (TBT) og enkelte metaller. Dette skyldes hovedsakelig utslipp fra industri og skipstrafikk. Det er gitt kostholdsråd for menneskelig konsum av krabbe og skalldyr (skjell) fra Karmsundet samt fiskelever fra en del av området. Vi ser på miljøgiftene som det største miljøproblemet i Karmsundet, siden de har innvirkning på bruk av sjømat fra området til mennesker. Miljøgiftene vil være tilstede og til skade i lang tid, selv om utslippene reduseres. Organisk materiale, som vi skriver mer om i denne rapporten vil brytes ned og reduseres mye raskere. Det er ikke mulig å gi en god beskrivelse av miljøpåvirkningen fra miljøgiftene på bunndyrene og de andre artene i Karmsundet. Til det er det for liten kunnskap om disse artenes tålegrenser og utbredelse av miljøgifter, samt at mange ulike miljøfaktorer har betydning for artsutbredelsen. Undersøkelser viser at miljøgiftene har skadelige effekter på fisk, skjell og krabber i deler av Karmsundet (pers. medd. O.K. Andersen, RF).

Innledningsvis i rapporten er det listet 5 punkt som beskriver ulike typer resipientundersøkelse. Vi kan anta at det ikke er utslipp til resipienter som påvirker hverandre og betrakter Karmsundet som én resipient (pkt 1). Det er ikke noe elvemunningsområde (pkt 2). Undersøkelsen er ikke gjennomført for å revidere oversikten over følsomme områder (pkt 5), men punkt 3 og 4 er aktuelle for undersøkelsen. Det vil si å avgjøre om Karmsundet skal defineres som et følsomt eller mindre følsomt område (pkt 3). Samt om utslipp etter primærrensing ikke har skadevirkninger på miljøet, og om rensing utover primærrensing er til vinning for miljøet (pkt 4).

I denne undersøkelsen har vi funnet at tilførslene fra land fører til økt næringsstoffinnhold sammenlignet med vannet utenfor sundet. Dette førte derimot ikke til en betydelig algemengde i vannet, dårlig sikt eller oksygensvikt i vannsøylen. De største miljøeffektene av utslippene har blitt funnet i sjøbunnen. Det er mye organisk materiale på de fleste stedene. Dette fungerer blant annet som næringsgrunnlag for enkelte bunndyr, og generelt har Karmsundet svært mange individer i bunnen, mens artsantallet er mer variabelt. I hovedleia ble det ikke avdekket områder hvor den organiske tilførselen var så stor at bunnen var uten oksygen og bunndyr. De dårligste forholdene er funnet ved Vormedal hvor bunnen enkelte steder er dekket med tarerester.

I følge Miljøverndepartementet tilhører Karmsundet i utgangspunktet en type vannforekomst som kan karakteriseres som et mindre følsomt område. I veilederen fra SFT (Molvær m. fl. 2002) er det satt opp flere kriterier for at en vannforekomst kan karakteriseres som mindre følsom eller følsom. Sentralt i disse kriteriene er vurderinger om utslippene til miljøet har skadevirkninger på resipienten eller ikke. Ut fra de gode vannutskiftningsforholdene i Karmsundet kan det karakteriseres som et mindre følsomt område. I vannsøylen er det avdekket ubetydelige effekter av næringssalttilførselen samtidig som konsentrasjonen er forhøyet i forhold til området utenfor, men i bunnen er det tydelige miljøeffekter. Ut fra de observerte effektene på bunnen er Karmsundet dermed å betrakte som et følsomt område. Slik vi tolker veilederen blir dermed Karmsundet totalt sett å betrakte som et følsomt område. Vi vil anta at dersom utslippene av organisk stoff (og næringssalter) opphørte/ble vesentlig redusert, ville sjøbunnen i hovedleia i Karmsundet i løpet av noen år få et betydelig færre antall individer, noen flere arter og andre typer arter enn i dag. I hvor stor grad en skal se på dette som positivt, er avhengig av en ønsket målsetning om at naturlig bunnforhold skal oppnås.

Rundt et utslippspunkt for avløpsvann vil det alltid kunne forventes en viss miljøeffekt i nærsone. Størrelsen på dette området vil variere med de naturlige forholdene og utslippet (typisk 50-100 m), men det har ikke vært en del av denne undersøkelsen å kartlegge dette. Det er normalt de mer generelle effektene i resipienten som helhet, som er viktigst med hensyn til rensekrav.

Siden både industriutslipp og avløpsvann tilfører organisk stoff og næringssalter, er det ikke mulig å skille disse kildene og effektene fra utslippene fra hverandre. Slik situasjonen er nå, vil det i stor grad være lik effekt av en utslippsreduksjon, enten det er på kommunalt avløpsvann eller fra industri. Trolig er det enklest og gir størst effekt å sette inn tiltak for å rense industriutslipp i forhold til kommunalt avløpsvann. Dette kommer tydelig frem i fra tilførselsberegningene i rapporten, som viser at de kommunale utslippene prosentvis er små, sammenlignet med industrien. Det kan dermed også antas at et krav om sekundærrensing på de kommunale utslippene vil få ubetydelig positive miljøeffekter. Alle avløp bør primærrenses og legges slik at utslippsvannet ikke kommer opp til overflaten.

4 Referanser

- Berg, S.K. 1981. *Resipientundersøkelse i Karmsund*. RF-Rogalandsforskning T 9/81. 43 s.
- Bratli, J.L. & H. Holtan, 1995. *Miljømål for vannforekomstene*. Tilførselsberegninger. SFT-veiledning 95:02, TA-1139/1995.
- Bray, J.R. & J.T. Curtis 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27:325-349.
- Brørs, B & T.A. McClimans 1998. Pipeline landfall at Vestre Bokn – physical consequences of dredging. Sintef rapport. STF22 98200. 19 s.
- Buchanan, J. B. 1984. Sediment analysis. Methods for the study of marine benthos. N. A. Holme and A. D. Mc Intyre. Oxford, Blackwell Scientific Publications : 41-65.
- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. - *Australian Journal of Ecology* 18:117-143.
- Clarke, K.R. & R.N. Gorley 2001. PRIMER (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research) v5; User Manual/Tutorial. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth. England.
- Clarke, K.R. & R.M. Warwick 1994. Similarity-based testing for community pattern: the two-way layout with no replication. - *Marine Biology* 118:167.
- Eidnes, G. & P.L. Bjerke 2002. Current measurements in Karmsundet and Førresfjorden. Summary report. Konfidensiell. Rapport nr STF80 F028040.
- Eidnes, G. & T.A. McClimans 1990. Gasskraftverk på Karmøy. Overtemperatur ved kjølevannsutslipp. Fortrolig. Rapport nr STF60 F90089. 32 s.
- Eidnes, G. & T.A. McClimans 1999. 1200 MW gasskraftverk på Karmøy. Hydrofysiske konsekvenser av kjølevannsutslipp til sjø. Innledende vurderinger. Fortrolig. Rapport nr STF22 F99206. 33 s.
- Eriksen, E., A. Myhrvold & R. Bechmann 1997. *Resipientundersøkelse i Karmsund 1997*. RF-Rogalandsforskning. 33 s. + vedlegg. RF 97/256. Konfidensiell rapport.
- Eriksen, V. & Ø.F. Tvedten 2002. *Resipientundersøkelse i Karmsundet for FMC BioPolymer, 2002*. RF-Rogalandsforskning. RF 2002/334. Konfidensiell rapport. 39 s + vedlegg.
- EU 2000. Directive of the European Parliament and the Council 2000/60/EC establishing a framework for community action in the field of water policy. 62 s + 88 sider vedlegg.
- Field, J. G., Clarke, K. R., & Warwick, R. M. 1982. A Practical Strategy for Analysing Multispecies Distribution Patterns. *Marine Ecology Progress Series*, 8, 37-52.
- Gjerstad, K.O., Aas, E., Frydenlund, J. 2001. *Miljøgifter i fisk, skalldyr og sediment i havneområder og fjorder i Rogaland 1999-2000*. NMT report no. 2001/5. SFT rapport nr. 839/01. RF rapport nr. 2001/294. (Open).
- Gray, J.S., M. Aschan, M.R. Carr, K.R. Clarke, R.H. Green, T.H. Pearson, R. Rosenberg & R.M. Warwick 1988. Analysis of community attributes of the benthic macrofauna of Frierfjord/Langesundfjord and in a mesocosm experiment. - *Marine Ecology Progress Series* 46:151-165.
- Hurlbert, S.H. 1971. The nonconcept of species diversity: A critique and alternative parameters. - *Ecology* 52:577-586.
- Knutzen, J., K. Næs & B. Rygg 1989. *Tiltaksorientert overvåking av Karmsundet. Undersøkelse av sedimenter, bløtbunnsfauna og miljøgifter i organismer*. Overvåkningsrapport nr 371/89. NIVA rapport. Løpenr. 2284. 75 s.
- Källquist, T., J. Molvær, E. Oug, D. Berge, T. Tjomsland & S.S. Johansen 2002. *Implementation of the Urban Waste Water Directive in Norway – An Evaluation of the Norwegian Approach regarding Wastewater Treatment*. NIVA rapport. Rapp no 21195. Serie no 1166-2001. 70 s.
- Klaveness, D., 1984. Klorofyll a. I: Vennerød, K. (red.), *Vassdragsundersøkelser*. En metodebok i limnologi. Norsk Limnologforening, Universitetsforlaget: 127-131.

- Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. - (red. - Croom Helm, London. 179 s.
- Molversmyr, Å, S. Vandsemb & H.O. Eggestad, 2002. Skas-Heigre. I: *Vandsemb, S.M. & R. Skjevvald, (red.): Jordsmønnovervåking i Norge. Feltrapporter fra programmet i 2001., Jordforsk, rapport 51/02, s. 155-171.*
- Molvær, J., R. Velvin, I. Berg, T. Finnesand og J. L. Bratli 2002. *Resipientundersøkelser i fjorder og kystfarvann. EUs avløpsdirektiv*. SFT Veiledning. Statens Forurensningstilsyn, TA-1980/2002, Oslo. ISBN 82-7655-459-8. 51 s.
- Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei & J. Sørensen 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann*. SFT Veiledning 97:03. Statens Forurensningstilsyn, TA-1467/1997, Oslo. 36 s.
- Monsen, K. 2000. *Miljøforurensning i marine områder. Karmøy kommune. Samlerapport av undersøkelser foretatt i Karmøy kommune*. Rapport Karmøy kommune. 29 s + vedlegg.
- Moy, F., S. Fredriksen (UiO), J. Gjøsæter (HFF), S. Hjøhlman (UiB), T. Jacobsen, T. Johannessen (HFF), T. E. Lein (UiB), E. Oug & Ø. F. Tvedten (UiB) 1996. *Utredning om benthossamfunn på kyststrekningen Fulehuk - Stad*. NIVA rapport. Løpe nr. 3551-96. 84 pp
- Moy, F., J. Aure, E. Dahl, N. Green, T. Johnsen, E. Lømsland, J. Magnusson, L. Omli, E. Oug, A. Pedersen, B. Rygg & M. Walday 2002. *Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. 10-års rapport 1990-1999*. Statens Forurensningstilsyn, TA-1883/2002, Oslo. 136 s.
- Myhrvold, A. 1993. *Resipientundersøkelse i Karmsund, Rogaland. Oppfølgende undersøkelse*. RF-Rogalandsforskning. 52 s. RF-183/93. Konfidensiell rapport.
- Myhrvold, A. 1996. *Resipientundersøkelse i Karmsund 1995*. RF-Rogalandsforskning. 44 s. RF 96/043. Konfidensiell rapport.
- Myhrvold, A. U., O. I. Forsberg & Å. Molversmyr 1997a. *Samlerapport for Rogaland 1996. Forurensningsundersøkelser i sjøområder*, RF-Rogalandsforskning. RF-96/245. Versjon 2, datert 14.10.97. 138 s.
- Myhrvold, A.U., Å. Molversmyr, A. Bergheim og V. Eriksen 1997b. *Kartlegging av tilstand og årsak til organisk forurensning i Karmsund*. - RF-97/199. Åpen rapport. -RF-Rogalandsforskning. 34 s.
- Myhrvold, A.U., S. Westerlund & R.K. Bechmann 1997c. *Resipientundersøkelse Haugesund, 1991-1996*. - RF-Rogalandsforskning. RF-97/173. Versjon 1, datert 5.08.97. 76 s.
- NIVA 2003. Norsk Institutt for Vannforskning. Draft. Memo. Current measurements in Karmsundet, Sept-Oct 2002. Under utarbeidelse. Henvendelse til FMC Biopolymer for fullstendig og endelig versjon. Tillatelse til bruk av data er gitt av J.T. Staveland, FMC Biopolymer.
- NS 9420:1998. *Retningslinjer for feltarbeid i forbindelse med miljøovervåking og -kartlegging*. Norsk Standard 1998. 9 s.
- NS 9422:1998. *Retningslinjer for sedimentprøvetaking i marine områder*. Norsk Standard 1998. 11 s.
- NS 9423:1998 *Retningslinjer for kvantitative analyser av sublitoral bløtbunnsfauna i marint miljø*. Norsk Standard 1998. 16 s.
- Næs, K. & B. Rygg 1991. *Bestemmelse av influensområdet for utslipp fra Protan A/S i Karmsundet*. NIVA. O-90073.
- Pielou, E. C. 1966. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. - *Journal of Theoretical Biology* 10: 370-383.
- Paasche, E. 1991. *Forelesninger i marin biologi, botanisk del*. Ny utgave. Forelesningshefte. Universitetet i Oslo 98. s.
- SFT 1997. *The Norwegian North Sea Coastal Water. Eutrophication. Status and trends*. SFT ekspertgruppe. H.R. Skjoldal m. fl.
- SFT 2001. *Vurdering av konsekvenser av å innføre Europaparlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF. Om fastleggelse av en ramme for fellesskapets vannpolitikk*. Direktorat gruppe, ledet av SFT. Datert 5.10.01.

- SFT 2002a. *Forslag til forskrift om utslipp av avløpsvann (avløpsforskriften)*. Revidert 06.05.02. 11 s.
- SFT 2002b. *Vurdering av konsekvenser av forslag til ny implementering av EUs avløpsdirektiv og forslag til en fellesforskrift for avløpssektoren*. Datert 30.04.02. 26 s.
- Shannon, C. E. and W. Weaver 1963. *The mathematical theory of communication*, University of Illinois Press, Urbana.
- Skei, J., I. Haugen, S. A. Holmen, T. Kristoffersen & Ø. Tryland 1978. *Orienterende undersøkelse i Karmsundet. Hydrokjemiske, sedimentologiske og biologiske undersøkelser i juni 1977*. NIVA O-147/76. 58 s.
- Stauffer, R.E., G.F. Lee & D.E. Armstrong, 1979. Estimating chlorophyll extraction biases. *J. Fish. Res. Board Can.* 36: 152-157.
- Stigebrandt, A. 2001. *FjordEnv – a water quality model for fjords and other inshore waters*. Department og Oceanography Göteborg 2001. ISSN 1400-383x 41 s.
- Tvedten, Ø. F. 1999. *Resipientundersøkelse i Vatsfjorden, Vindafjord kommune*. Rogalandsforskning. Rapport. RF-1999/320. 50 s.
- Tvedten, Ø.F. 2001a. *Langtidsovervåking av to resipienter i Rogaland. Resultater fra 1999 og 2000*. RF-Rogalandsforskning. RF-2001/037. 24 s +vedlegg.
- Tvedten, Ø.F. 2001b. *Sammenstilling av vannkvalitetsdata i Karmsund, Karmøy kommune*. Rogalandsforskning. Rapport. RF-2001/043. 12 s + vedlegg. ISBN: 82-490-0100-1. Gradering: Åpen, Bestillingsnr: 2001/043 – 1219.
- Tvedten, Ø.F. 2001c. *Sammenstilling av vannkvalitetsdata i Karmsund, Haugesund kommune*. Rogalandsforskning. Rapport. RF-2001/042. 11 s + vedlegg. ISBN: 82-490-0099-4. Gradering: Åpen. Bestillingsnr: 2001/042 – 1218.
- Tvedten, Ø.F. & A. Bergheim. 2001. *Miljøklassifisering i Karmsundet i forbindelse med utslipp fra FMC BioPolymer*. Rogalandsforskning. Rapport. RF-2001/134. 24 s + vedlegg. Gradering: Konfidensiell.
- Tvedten, Ø. F. & V. Eriksen 1999. *Resipientundersøkelse i Karmsundet, 1999*. Rogalandsforskning. Rapport. RF-1999/265. 57 s.
- Tvedten, Ø.F. & Å. Molversmyr 2002. *Miljøforholdene i Førresfjord 2001-02*. Rogalandsforskning. Rapport. RF- rapport 2002/298. 39 s + vedlegg.
- Aabel, J.P. 1987. *Resipientundersøkelse Karmøy 1986*. - SAV 8/87. Åpen rapport. Rogalandsforskning. 50 s.
- Aabel, J.P. & S. Fredriksen 1990. *Marinbiologisk undersøkelse ved Protan A/S*. Rogalandsforskning. (71/90). 7 s.

5 Vedleggsoversikt

Vedlegg 1. Resultater fra hydrografimålinger, Isopleter stasjon Ka 1

Vedlegg 2. Resultater fra vannanalyser, usikkerhet i vannanalyser. Figurer målinger i april. Grunnlagsdata for figurer.

Vedlegg 3. Sedimentanalyser,

Vedlegg 4. Bunnfauna, artsliste, diversitetsmål. Grunnlagsdata for sediment figurer

Vedlegg 5. Grunnlagsdata for tilførselsberegninger.

Vedlegg 6. Kart med stasjonsplassering

Vedlegg 7. Forklaringer til noen ord og uttrykk

Noen ord og uttrykk

Abiotisk – ikke biologisk.

Aerob – som kan leve i nærvær av molekylært oksygen.

Anaerob – organismer som kan leve og vokse uten nærvær av molekylært oksygen.

Anoksisk – uten oksygen, oksygenfritt.

Antropogen – av menneskeskapt opprinnelse.

Aromater – organiske forbindelser hvor karbonatomene er bundet til hverandre i ring(er) og annenhver binding er en dobbeltbinding.

Artsidentifisering – taksonomi, bestemme identiteten (navn) på et individ.

Artsmangfold - et mål på antall arter (artsrikdom) en prøve eller et område.

Autotrof – brukes om organismer som kan leve utelukkende av uorganiske forbindelser, eksempelvis fotosyntetiske grønne alger og planter.

BaP – Benzo (a) pyren, fem ring struktur av PAH

Benthos – organismer som lever på eller i havbunnen.

Biogen – av biologisk opprinnelse (brukes særlig i forbindelse med partikler og sedimenter).

BOF - (Biokjemisk oksygenforbruk), et mål på oksygenforbruk ved biokjemisk nedbrytning av organisk materiale. Oppgis for eksempel som mg O₂ pr liter.

Brakkvann – sjøvann som er iblandet ferskvann, saltholdighet under ca 20.

Bunnfauna – dyr som lever på eller i sjøbunnen.

Børstemark – en type mark. Deles inn i mangelbørstemark (polychaeter) som har mange børster på kroppen og fåbørstemark (oligochaeter). Mangelbørstemark er vanligst i sjøvann og vi omtaler derfor mangelbørstemark ofte som børstemark.

CTD sonde – instrument som måler konduktivitet (ledningsevne for strøm) og temperatur (Conductivity Temperature Density). Resultatene brukes til å beregne saltholdighet og vannets tetthet (Density).

Deteksjonsgrense – den laveste verdien som kan påvises med metoden.

Detritus – dødt partikulært materiale av biologisk eller ikke biologisk opprinnelse.

Diversitet – arts mangfold, et mål på antall arter i en prøve eller et område.

Ekskresjon – utskillelse av stoffer i forbindelse med cellers stoffskifte.

Eutrofi-effekt – virkning av økt nærings salttilførsel (f. eks. økt algevekst)

Eutrofiering – overgjødning.

Finfraksjon – brukes her om partikler som er mindre enn 0,063 mm, det vil si leire og silt.

Fotosyntese – oppbygging av energirike organiske stoffer ved å bruke lys som energikilde – finnes bare hos organismer som inneholder klorofyll a.

Glødetap – vektreduksjon av en prøve etter forbrenning. Et mål på innhold av organisk materiale.

Heterotrof – brukes om organismer som trenger organiske stoffer som energikilde, eksempelvis alle dyr, sopp og de fleste bakterier.

Hydrografi – den del av oceanografien (læren om havet) som beskriver havvannets fysiske og kjemiske forhold.

Hydroider/hydrozoer – nesledyr som er i slekt med for eksempel maneter.

Hydrokarboner – organiske stoffer som består utelukkende av karbon- og hydrogenatomer. Det enkleste er metan, CH₄. De viktigste finnes i jordolje.

Isolinje – linje som forbinder punkter med samme verdi.

Isoplet – grafisk fremstilling av isolinjer.

Klorofyll – grønne pigmenter (fargestoff) i fotosyntetiske organismer.

Koeffisient – betegnelse på en tallfaktor som står foran et matematisk uttrykk eller en del av det.

KOF - (kjemisk oksygenforbruk) mengde oksygen som forbrukes ved kjemisk nedbrytning av organisk materiale.

Kvantitativt – uttrykk for en fast mengde, antall, eller størrelse, -finne mengden av ulike stoff i en sammensatt forbindelse. Her i rapporten: Kvantitative bunnprøver. Prøven skal inneholde alle dyrene som var i bunn materialet (arealet) som grabben skulle ta prøve av. Se kvalitativt.

Kvalitativt – uttrykk for kvaliteten. For eksempel finne hva slags forbindelser som finnes i et sammensatt stoff. Ikke avhengig av mengdene av hvert stoff.

Leire – uorganiske partikler som er mindre enn 0,002 mm (< 2 μm)

Makrobenthos – bunnlevende organismer med diameter større enn 0,5 mm.

Marin – det som har med havet å gjøre, Latin *mare*, havet.

MDS - Multi Dimensional Scaling. En type multivariat analyse.

- Multivariate metoder** – her brukt om matematiske metoder som sammenligner og gir likheter, samt sammenhenger mellom mange ulike prøver og prøveparametre.
- Næringsalter** – stoffer som brukes av alger og planter, eksempelvis, nitrogen, fosfor og silisium.
- Organisk** – av biologisk opprinnelse, eller biologisk materiale. Inneholder karbon.
- Organisk materiale** – organisk stoff, av biologisk opprinnelse.
- Oceanografi** – vitenskapene som angår havet.
- PAH** – (Polyaromatiske hydrokarboner), eller tjærestoffer, er en gruppe forbindelser som består av 2 til 6 aromatiske benzen ringer.
- Parameter** – konstant i en ligning (se koeffisient). Representerer ofte variable som man velger en konstant verdi for som ledd i en forenkling av en matematisk modell. Brukes her også som en betegnelse på en type egenskap som kan observeres, måles eller beregnes..
- PCB** (polyklorerte bifenyl) er også blitt analysert i denne undersøkelsen. Dette er forbindelser som har blitt brukt i blant annet transformatorer, kjøle(apparat), maling. På grunn av ekstrem lav nedbrytbarhet og giftighet overfor organismer, er PCB regnet som en av de verste miljøgiftene. De er nå mer eller mindre faset ut av bruk i Norg
- pe** – **person ekvivalent** er definert som den mengde organisk stoff som brytes ned biologisk med et biokjemisk oksygenforbruk målt over fem døgn, BOF₅, på 60 g oksygen per døgn. Det er vanlig å regne 1,5 personer per 1 pe. I tillegg til BOF (Biokjemisk oksygenforbruk) finnes det blant annet verdier for hvor stor tilførsel av nitrogen og fosfor pr år det er pr pe.
- Pelagisk** – som er tilknyttet de frie vannmasser (ikke bunnen).
- Planktonisk** – angår frittlevende organismer som har så liten svømmeevne at de er prisgitt vannstrømmene.
- Resipient** – vannforekomst som mottar tilførsler av antropogen (menneskeskapt) opprinnelse. Begrepet brukes ofte i forbindelse med forurensninger, f. eks. ved utslipp av kommunalt avløpsvann eller prosessvann fra industri.
- Populasjon** – den samlede mengden av organismer av én art innenfor et gitt område.
- Primærproduksjon** – produksjon av biologisk materiale fra fotosyntetiserende organismer.
- Primærrensing** - oppnås dersom BOF₅-verdien i avløpsvannet reduseres med minst 20 % i forhold til det som blir tilført og den samlede mengde suspenderte stoffer, SS, reduseres med minst 50 % i forhold til det som blir tilført renseanlegget, eller ikke overstiger 60 mg/l ved utslipp (avløpsforskriften, SFT 2002a). Utslipp som kun går gjennom grove siler eller helt ubehandlet kalles direkte utslipp. Dersom utslippet går gjennom siler med spalteåpning på 1 mm og/eller slamavskiller kan primærrensekravet bli tilfredsstillt, men det er ikke alltid tilfelle.
- Salinitet** – saltholdighet.
- Sediment** – bunnslam, det som ligger på sjøbunnen
- Sedimenter/sedimentasjon** – partikler som synker ut fra vannmasse og til bunn
- Sekundærrensing** - oppnås dersom: 1) BOF₅-verdien i avløpsvannet reduseres med minst 70 % i forhold til det som blir tilført renseanlegget eller overstiger 25 mg/l O₂ ved utslipp, og 2) KOF_{cr}- verdien (KOF- Kjemisk oksygenforbruk) i avløpsvannet reduseres med minst 75 % forhold til det som blir tilført renseanlegget eller overstiger 125 mg/l O₂ ved utslipp (avløpsforskriften, SFT 2002). I tillegg anbefales det at SS-verdien (suspendert stoff) for det tilførte vannet reduseres med 90 % før utslipp, eller ikke overstiger 35 mg/l etter rensing.
- Silt** – uorganiske partikler som er større enn 0,002 mm (< 2 µm) og mindre enn 0,063 mm (<63 µm).
- Standard avvik** – et matematisk mål på variasjon/forskjeller mellom en serie med tall.
- Sublittoral** – dypere en lavvannsmerket.
- Taksa/taxa** (taxon) – en gruppe beslektede organismer
- Terrestrisk** – som angår landjorden.
- Terrigen** – som stammer fra landjorden.
- Terskel** – undersjøisk rygg som avgrenser et vannbasseng.
- Tertiærrensing** - knyttes opp mot prosentvis fjerning av næringssaltene nitrogen og fosfor, samt krav til utslippkonsentrasjoner av stoffene etter rensing.
- Tetthet** – tyngde på vannet. Sjøvannets tetthet (masse pr volum) er oppgitt som s_t og 1000 kg må legges til for å få tyngde i kg pr m³. I våre farvann kan en forenklet si at tettheten øker med økende saltholdighet og trykk, og avtagende temperatur (ned mot frysepunktet).
- THC** – (Total hydrokarbon) et mål på det totale innhold av hydrokarboner, uten å skille mellom hvilke komponenter som inngår.
- TN** – total nitrogen, et mål på mengde nitrogen i en prove.
- TOC** – totalt organisk karbon, et mål på innhold av organisk materiale
- Toksisk** – giftig
- Topografi** – beskrivelse av terrengets fasong, i havet bunntopografi.
- Uorganisk** – inneholder ikke karbon (unntak karbonoksider), ”ikke biologisk”.