Sukkertareprosjektet

Undersøkelser av tilstanden i sukkertaresamfunn på Skagerrak sommeren 2005
Delrapport:
Sedimentanalyser

av
F. Moy
NIVA

medarbeidere:
Elisabeth Alve, Geologisk institutt, UiO
Aud Helland, NIVA
Hartvig Christie, NIVA

Kort sammendrag
På oppdrag fra SFT ble tilstanden i Skagerrak med hensyn til sukkertare fulgt opp med nye undersøkelser av NIVA sommeren 2005. Slamanalysene fra første halvår viser at nedslammingen av bunnområdene i skjærgården i hovedsak skyldes tilførsler av mineralske og organiske partikler fra lokale kilder. Tilførselen av leiremineraler var klart størst i nærområdet til munningen av Numedalslågen i Larviksfjorden. Innblanding av kystvann overskygget signalet fra Nidelva på stasjonene i Arendalsområdet (Bastua, Terneholmen og Stølsviga). Mineralanalysene viste sterk dominans norske leiremineraler og en liten (om noen) tilførsel av leirer fra sørlig del av Nordsjøen/Skagerrak til stasjonene i Arendal-Grimstadområdet. Innholdet av organisk karbon i fellematerialet og i bunnslammet var høyt (ca 10-25 % TOC) og det organiske innholdet varierte med årstidene med høyest innhold i sommerprøvene (mai-juni). Beregninger viste at 25-50 % av det organiske materialet er tilført fra kilder i ferskvann eller fra land og 50-75 % er marint produsert materiale.

Forord

Sommerundersøkelsene ble utført i løpet av juni og juli 2005 av NIVA på oppdrag fra SFT. Undersøkelsen var en oppfølging og videreføring av tidligere undersøkelser av sukkertare-tilstanden på Skagerrakkysten.

Feltundersøkelser og innsamling ble ledet og gjennomført av NIVA. Biologiske, kjemiske og mineralogiske analyser er foretatt av NIVA, Havforskningsinstituttet, Institutt for energi-teknikk og Geologisk avdeling ved Universitetet i Oslo. F. Moy ved NIVA har vært ansvarlig for prosjektgjennomføring og rapportering.

Karen Fjøsne har vært saksbehandler hos SFT og undersøkelsen er del av SFTs Sukkertare-prosjekt.

Statusrapport med preliminære resultater ble første gang sendt 15. juli 2005.
Her rapporteres resultater fra sedimentundersøkelser. De biologiske resultatene er gitt i egen rapport.

NIVA, 30. november 2005



Frithjof Moy
Prosjektleder

Innhold:

1. Sammendrag 4

2. Innledning 5
2.1 Målsetning 5

3. Materiale og metode 5
3.1 Undersøkelsesområdet 5
3.2 Prøvetaking 5

4. Resultater og diskusjon 6
4.1 Analysemetodikk 6
4.2 Sedimentasjon 6
4.3 Mineraler 7
4.4 Organisk materiale 8
4.5 Isotoper 12

1. Sammendrag

På oppdrag fra SFT gjennomførte NIVA oppfølgende undersøkelser av sukkertareforekomst og tilstand i Skagerrak sommeren 2005. Sommerundersøkelsen er en oppfølging og videreføring av undersøkelser høsten 2004 (TA-2049/2004) som viste at den rapporterte sukkertaredøden ikke var et lokalt, men et regionalt problem på den norske Skagerrakkysten. Sommerundersøkelsen følger også opp Pilotundersøkelsen som ble initiert i februar 2005 med analyser av artssammensetning i algematte og kildesporing på partikler i vannmassene og i bunnslam på 8 stasjoner fra Larvik til Grimstad.

De biologiske analysene, dvs. tilstand i sukkertarevegetasjonen og flora og fauna-sammensetning i den dominerende vegetasjonen på hardbunn er rapportet i egen rapport. Her rapporteres resultater fra sedimentanalysene fra første halvår av 2005.

Sedimentfeller viste at sedimentasjonsbelastningen var høy i Larviksområdet med stasjonene Agnes, Viksfjord og Svenner. Spesielt på stasjon Agnes ved munningen av Numedalslågen var sedimentasjonsbelastningen høy med gjennomsnittlig månedlig fluks på 235 g tørrstoff/ m^2. Til sammenlikning var gjennomsnittlig sedimentasjon på øvrige stasjoner 24 g tørrstoff/ m^2 og måned.

Mineralanalyser av sedimentfellematerialet og av bunnslam viste at alle prøvene var sterkt dominert av illitt og kloritt som er vanlig i leirepartikler fra Norge. Smekitt og kaloitt som er karakteristisk for leirepartikler fra kontinentet, ble ikke funnet (annet enn spormengder) i noen av prøvene med unntak av noe kaolinitt i prøvene fra Terneholmen, Stølsvika og Tvillingholmen i Arendal-Grimstadområdet, stasjoner med minst elvepåvirkning. Mineralanalysene viste sterk dominans norske leiremineraler og en liten (om noen) tilførsel av leirer fra sørlig del av Nordsjøen/Skagerrak til stasjonene i Arendal-Grimstadområdet.

Det organisk innholdet i fellematerialet og i bunnslammet var høyt (ca. 10-25 % TOC) og det organiske innholdet varierte tydelig med årstidene med unntak på stasjon Agnes hvor den uorganiske andelen dominerte. Den organiske andelen var lav i vinterprøvene (februar), høy i sommerprøvene (mai-juni) og avtok igjen i høstprøvene (september). Økende andelen karbon og nitrogen i prøvene utover vår og sommer er naturlig sett i sammenheng med sedimentering etter algeplanktonoppblomstring. På stasjon Agnes gikk karbon og nitrogenandelen ned i sedimentet på grunn av den store mineralske tilførselen i sammenheng med vårflommen. Totalt sett var det likevel stor tilførsel av karbon og nitrogen også på stasjon Agnes utover vår-sommer. Beregninger basert på forholdstallet mellom karbon og nitrogen (C/N) og isotopfordeling mellom ^{13}C:^{12}C og ^{15}N:^{14}N, indikerer at 25-50% av det organiske materialet i feller og bunnslam er tilført fra kilder i ferskvann eller på land, mens 50-75% av det organiske materialet er marint produsert. Isotop- og C/N-forholdet indikerte at bidrag fra marint algeplankton til fellematerialet var betydelig. Stasjon Agnes i utløpet av Numedalslågen hadde et klart sterkere terrogent og antropogent signal (fra analyse av $^{206}Pb/^{204}Pb$) enn stasjoner uten elvetilførsler som Tvillingholmen utenfor Grimstad og Stølsviga utenfor Arendal.

Lokal marin produksjon, som sannsynlig bidrar mest til det organiske materialet i slammet, er avhengig av næringssalttilførsler. Tilførslene kan komme fra kilder på land eller langtransportert med havstrømmene. Beregninger i Kystovervåkingsrapporten viste at over 50% av næringssaltene om våren stammet fra langtransporterte tilførsler.

2. Innledning

Undersøkelser langs Skagerrakkysten høsten 2004 (TA-2049/2004) viste at den rapporterte sukkertaredøden ikke var et lokalt, men et regionalt problem for hele den norske Skagerrak-kysten. I Pilotundersøkelser initiert i februar 2005 ble det startet innsamling av partikler i vannmassene, av algematte og av bunnslam på 8 stasjoner langs kysten fra Larvik til Grimstad. Sommerundersøkelsen er en oppfølging og videreføring med utvidet innsamling av algematte og bunnslam for analyse av artssammensetning og sporing av kilde til bunn-slammet. Her rapporteres resultater fra sedimentanalysene, dvs. slamprøver fra hardbunn og sedimenterende materiale fra vannsøylen samlet i feller. Resultater fra de biologiske analysene er rapportert i egen rapport.

2.1 Målsetning

Målsetningen er å kartlegge arts- og mengdesammensetning av alger og dyr i sukkertareskog og i algematta som erstatter sukkertarevegetasjonen. Videre, samle inn sediment fra feller og bunnslam til mengdebestemmelse, kjemiske analyser og kildesporing. Til sist, gjøre en opptelling av eventuell gjenvekst av sukkertare på felter som ble skrapt rene for trådalger og sediment i februar.

3. Materiale og metode

Sommerundersøkelser ble gjennomført i på de etablerte sedimentfellestasjonene (jfr kart i Pilotrapporten) og på stasjoner i Kystovervåkingsområdene A, B og C (Skagerrak og Lista) koordinert med Kystovervåkingsprogrammet. Innsamling av slam/algematte og sedimentfeller ble utført ved dykking, mens tilstandsinspeksjon ble utført med ROV.

3.1 Undersøkelsesområdet

Det undersøkte området var (fra øst mot vest): Tjøme, Larvik, Tvedestrand-Lillesand, Kvåsefjorden (Kristiansand), Mandal/Tregde, Grønsfjorden/Lindesnes, Flekkefjordene, Rasvågen på Hidra og inkluderte Kystovervåkingsstasjonene A03, B07, B11, C95, C17.

3.2 Prøvetaking

Fra 20 stasjoner er det samlet inn
a) slam fra bunnen/i algematte, til mineralogi, isotopanalyse, pigmentanalyse og mikrobiologi.
b) algematte til taksonomi og biomasse (resultater i biologirapport)
c) biologisk mangfoldbeskrivelse langs transekt fra 0 til 15m dyp (relevant sukkertaredyp) (resultater i biologirapport)
d) inspeksjon av gjenvekstfelt (resultater i biologirapport)
e) vegetasjonsinspeksjon på ca 90 steder med pROV (senkekamera med bildeskjerm og videoopptaker som taues etter lettbåt)
f) sedimentfelleprøver fra Larvik (Agnes, Viksfjord, Svenner), Arendal (Bastua, Terneholmen og Stølsvika. Bastua sommerfelle mistet, erstattet med ny) og Grimstad (Tvillingholmen)

4. Resultater og diskusjon

4.1 Analysemetodikk

Slamprøvene viste seg å inneholde mye karbon i form av karbonater som påvirker analyse-resultatet. Karbonatet kan vaskes ut med syrebehandling. Andelen karbonat i felleprøver behøver imidlertid ikke være så stor. I den første prøveserien fra sedimentfellematerialene (februar prøvene analysert av IFE), var det ikke nok materiale til å analysere før og etter syre-behandling og analyseresultater ble bare oppnådd for C og N uten syrevask. I neste prøve-serie, ble det analysert både før og etter syrebehandling for å måle effekten av behandlingen (Tabell 1). Resultatet viser at andelen av karbon (W%C) går ned etter syrebehandling og tyder på at karbon i form av karbonater vaskes ut med behandlingen. Syrebehandling ga også stor forskjell i isotopbalansen (delta 13C). Det er sannsynlig at prøver rett fra hardbunn inneholder mye skjellrester som bidrar med store mengder kalsiumkarbonat som kan forklare resultatet. Det antas at felleprøver inneholder mindre karbonater enn bunnprøvene. På bakgrunn av disse innledende resultater, syrebehandles alle prøver heretter før analyse. Ikke-syrebehandlede prøve-resultater er markert der hvor metodisk avvik kan ha betydning for tolkning av resultatet.

Tabell 1 Karbon og nitrogen analyser av sedimentprøver fra hardbunn, uten og med syre-behandling

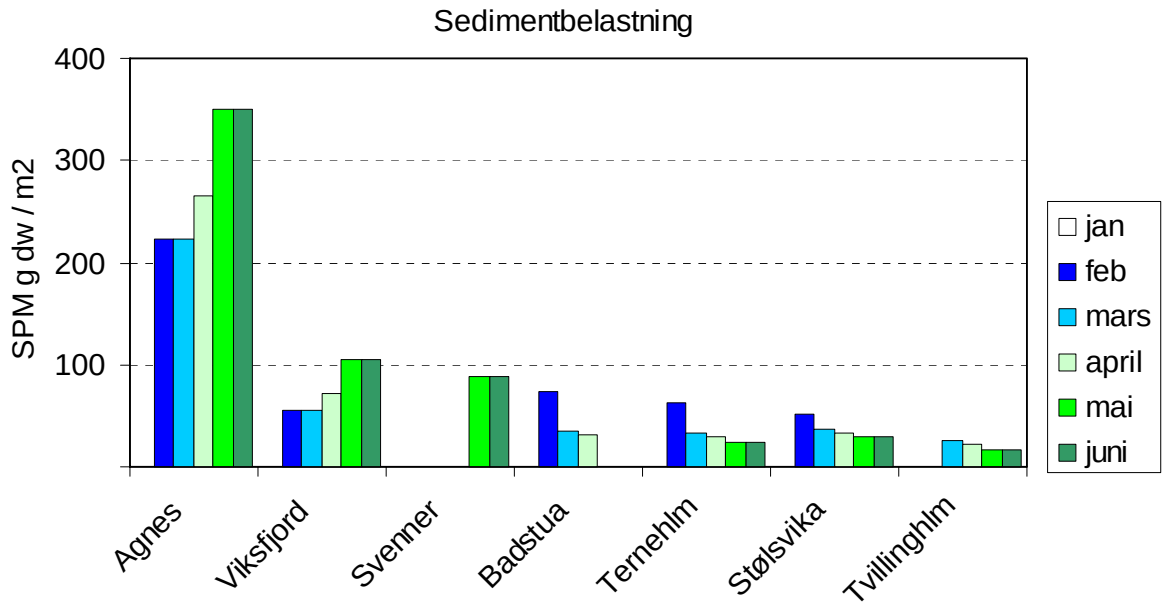
Dato Prøve	Stasjon Behandling	d13C	d13C Syre	W% C	W% C syre	W% N	W% N Syre
20.04.2005	Agnes	-14,5	-25,1	4,6	3,4	0,3	0,4
20.04.2005	Viksfjord	-14,8	-23,2	10,6	7,0	1,0	0,9
20.04.2005	Svenner	-14,7	-22,1	2,9	0,6	0,1	0,1
2.3.05 25L 1	Ternhlm	-8,8	-22,8	10,7	10,2	0,7	1,6
2.3.05 25L 2	Ternhlm	-6,6	-21,9	10,6	9,6	0,6	1,6
01.03.2005	Tvillinghlm	-9,5	-21,1	8,0	7,1	0,5	1,0
1.3.05 2-3 m	Tvillinghlm	-10,2	-19,3	12,9	12,3	1,1	2,0

4.2 Sedimentasjon

Sedimentfeller står på ca 6m dyp og fanger opp partikler i overflatevannet som kan sedimentere til bunnen i sukkertaresonen fra 2 til 10 m dyp. Det er mange typer av sedimentfeller og fellene som her er benyttet er bygget etter vitenskapelig aksepterte kriterier.

Sedimentmengden fanget opp i fellene er regnet om til sedimentasjon (suspendert partikulært materiale, SPM) i gram tørrvekt pr m^2 og måned (fluks). Resultatet for første halvår er vist i Figur 1.

Stasjonen Agnes i Larviksfjorden tvers overfor utløpet av Numedalslågen, mottar klart mest sediment, mer enn 3 ganger så mye som de andre stasjonene. Vi mener at en sediment-belastning på opp mot 350 g tørrstoff/m^2 har betydning for plante- og dyrelivet i Larviksfjorden.



Figur 1 Sedimentasjonsbelastning pr måned (normalisert) i g tørrvekt/m^2 beregnet fra sedimentfeller.

Både stasjon Agnes og Viksfjord lengre ute i Larviksfjorden, har økende sedimentbelastning utover vår og sommer som har direkte sammenheng med normal økende vannføring i Numedalslågen i vår-sommer perioden (vår-flom).

Stasjon Svenner i kyststrømmen utenfor Larviksfjorden har lavere sedimentasjonsbelastning enn stasjonen i Larviksfjorden og Viksfjorden, men klart høyere sedimentasjon enn stasjonene utenfor Arendal og Grimstad. (Felle ble satt ut i april og prøver fra mai og juni er samlet inn.) Stasjonen Svenner i kyststrømmen har ikke vært med lenge nok til å vise noen tendens over året, men resultatet tyder på at belastningen i dette området er stor og omtrent dobbelt av hva som ble målt ved Arendal og Grimstad.

Stasjonene Bastua og Terneholmen ved utløpet av Nidelva, Arendal, viser ikke samme tendens som prøvene fra Larviksfjorden med økende sedimentasjon. Her var sediment-belastningen størst i vintermånedene og avtok ut over våren. Samme tendens sees også i fellematerialet fra Stølsvika lengst fra Nidelvas utløp og i materialet fra Grimstad uten elvetilførsel.

Foreløpig har vi ikke tilstrekkelig grunnlag for å fastslå årsakssammenhenger, men det kan tyde på at kystmiljøet på sørlandskysten i større grad belastes med sediment som ikke sammenfaller med tradisjonell oppfatning av vårflom. Dels kan det også være at vårflommen i 2005 var liten.

4.3 Mineraler

I Skagerrakområdet er leirer som primært stammer fra de nordlige områdene (Norge) karakterisert av illitt og kloritt, mens de som kommer lenger sør fra (kontinentet) har relativt høyere innhold av smektitt og kaolinitt.

Sommerprøvene bekrefter mineralundersøkelsene fra Pilotundersøkelsen. Alle prøvene var sterkt dominert av illitt og kloritt som er vanlig i leirepartikler fra Norge (Tabell 2). Smekitt ble ikke påvist i noen av prøvene ut over spormengder. Det ble funnet noe kaolinitt i prøvene fra Terneholmen, Stølsvika og Tvillingholmen, dvs. et svakt signal på langtransporterte tilførsler til de stasjoner med minst lokal elvepåvirkning.

Konklusjonen av mineralanalysene så langt antyder meget liten (om noen) tilførsel av leirer fra sørlig del av Nordsjøen/Skagerrak til de undersøkte stasjonene. Det betyr at den mineralske andelen av sedimentet i hovedsak stammer fra lokal erosjon.

Tabell 2 Mineralanalyseresultater fra felleprøver og bunnprøver.
Tegnforklaring: xxx = Dominerende leirmineral, xx = Betydelig andel, x = Litt, + = Spor av, - = Ikke påvist , ND = ikke data.

		F = felle B = bunn	XRD-	Langtransporterte mineraler fra kontinentet		Mineraler fra lokale kilder	
	Område	Tidsrom	nr	smektitt	kaolinitt	illitt	kloritt
Larvik	Agnes	F: feb-apr	3965	+	-	xx	xxx
	Agnes	F: mai-jun	3979	-	-	xx	xx
	Agnes	B: jun	4032	-	-	xxx	xx
	Viksfj	F: feb-apr	3970	+	-	xx	xxx
	Viksfj	F: mai-jun	3978	+	x	xx	xx
	Viksfj	B: jun	4030	+	-	xx	xxx
	Svenner	F: mai-jun	3977	+	-	xxx	xx
	Svenner	B: jun	4031	+	-	xx	xxx
Arendal	Bastua	F: feb	3973	+	ND	xx	ND
	Bastua	F: mar-apr	3966	+	-	xx	xxx
	Bastua	B: jun	4034	-	-	xx	xxx
	Ternhlm	F: feb	3972	+	xx	xx	xx
	Ternhlm	F: mar-apr	3967	x	xx	xx	xx
	Ternhlm	B: mai (a)	3980	+	xx	xx	xx
	Ternhlm	B: mai (b)	3982	+	xx	xx	xx
	Ternhlm	B: jun	4035	-	xx	xx	xx
	Stølsvika	F: feb	3971	+	xx	xx	xx
	Stølsvika	F: mar-apr	3968	+	xx	xxx	xx
	Stølsvika	B: jun	4033	-	xx	xxx	xx
Grimstad	Tvillinghlm	F: mar-apr	3969	+	xx	xx	xx
	Tvillinghlm	B: mar	3976	+	x	xxx	xx
	Tvillinghlm	B: mai	3981	+	-	xx	xxx
	Tvillinghlm	B: jun	4036	+	x	xx	xx

4.4 Organisk materiale

Materialet som sedimenterer i fellene og som legger seg på bunnen som bunnslam, er en blanding av mineraler, uorganisk materiale og organisk materiale. Det er ulike metoder og praksis for hvordan organisk andel best bestemmes. Her er det valgt å analysere for totalt organisk karbon (TOC) og totalt nitrogen (TN) som er den mest anvendte metoden og som rutinemessig brukes blant annet i Kystovervåkingsprogrammet. Teoretisk sett inneholder organisk materiale ca. 40 % karbon. Organisk materiale kan derfor beregnes fra TOC. Alternativ måles glødetap som et uttrykk for innhold av organisk materiale, dvs. vekttap etter sterk oppvarming hvor brenbart materiale (deriblant organisk materiale) brennes av. I teorien

reflekterer glødetapet mengde organisk materiale. Men ulike stoffer fordamper/benner av etter som temperaturen stiger i ovnen og deriblant tapes også karbonater og krystallvann. Før TOC-analysen syrevaskes prøvene for å fjerne karbonater. Sammenlikning av TOC og glødetap viser at det ikke finnes noe fast forholdstall mellom disse, men at det faktisk er stor variasjon i forholdstallet mellom analysesett. Det betyr at ulik sedimentsammensetning gir ulike analyseresultater i de to metodene. Glødetap uttrykkes som % av prøven og TOC benevnes som mg/g eller som % av prøven.

Andel karbon og nitrogen i prøver fra sedimentfeller og bunnslam fra Larvik, Arendal og Grimstad, innsamlet i tidsrommet februar til september 2005, er vist i Figur 2. Ikke alle stasjoner har like mange prøver da sedimentfeller er blitt borte. TOC-innholdet i materialet i felleprøver varierte fra 47 til 265 mg/g sediment (4,7-26,5 %) og i bunnslammet fra 44 til 212 mg/g (4,4-21,2 %), som er høyt. Normale TOC-verdier i bunnsediment i nær-kyst, skjærgård og fjorder er mellom 40 og 60 mg/g. I SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet er grense-verdien for tilstandsklasse V satt til 41 mg/g. Imidlertid er det ikke riktig å sammenlikne felleprøver med denne, da den er best egnet for kvalitetsfastsetting av off-shore sedimenter.

Også sedimentets innhold av nitrogen var høyt (Figur 2), ca 2 til 8 ganger vanlige innhold. Nitrogeninnholdet samvarierer med karboninnholdet. Hovedbestanddelene i organisk materiale er karbon, nitrogen og oksygen, og tilsammen viser karbon og nitrogenverdiene at innholdet av organisk materiale i feller og bunnslam er høyt sammenliknet med vanlige bløtbunnsprøver.

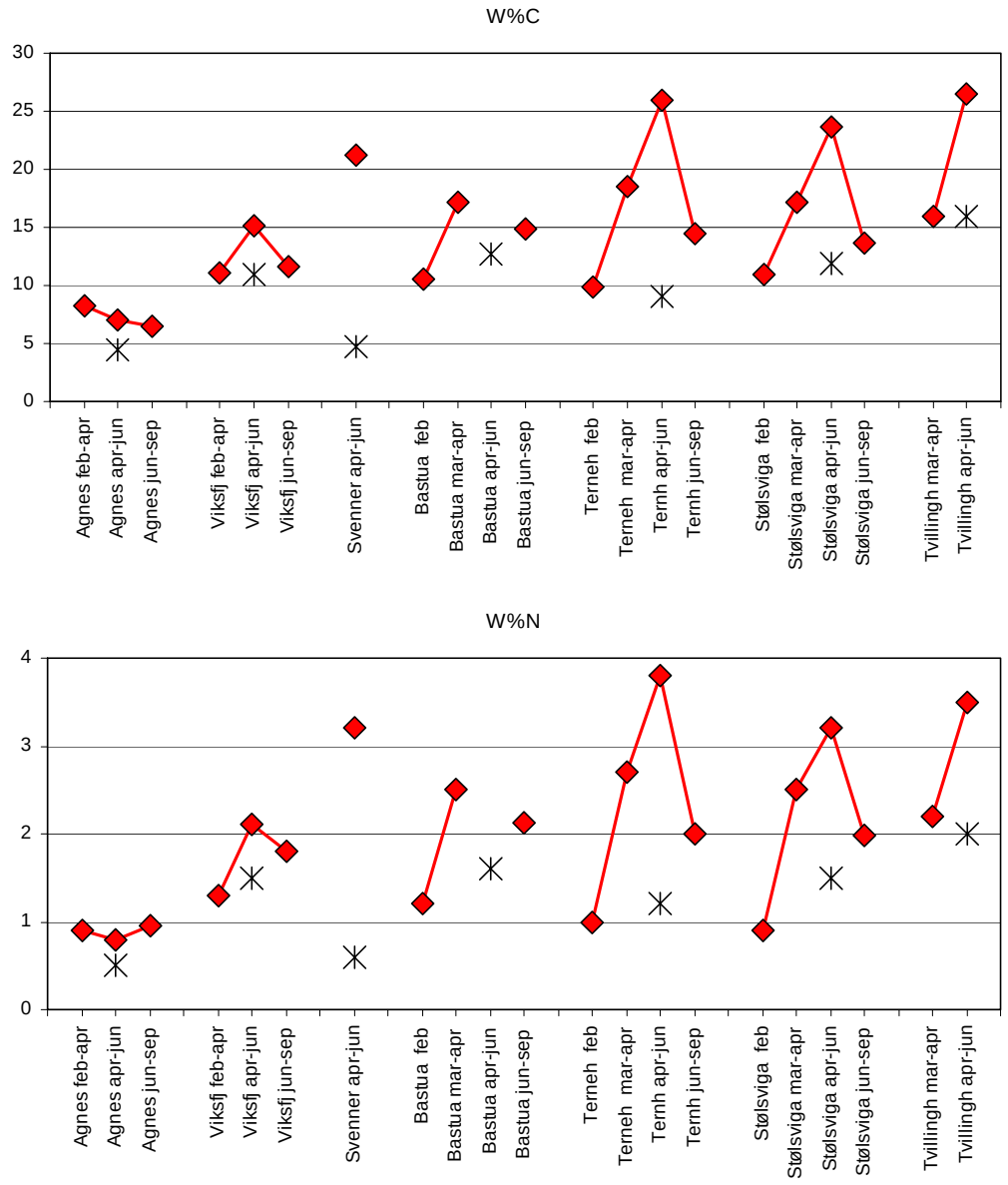
Innholdet av organisk materiale varierte mellom Larviks-området (Agnes, Viksfjord og Svenner) og Arendal-Grimstad-området (Bastua, Terneholmen, Terneholmen og Tvilling-holmen) og varierte med årstiden fra vinter til høst (Figur 2). Prøvene fra Larviksområdet har lavere karbon og nitrogen andel enn prøver fra Arendal og Grimstad. Det indikerer betyr at materialet som tilføres Larviksområdet inneholder langt mer uorganisk materiale sammen-liknet med det som tilføres Arendal og Grimstad. Analyseresultatet viser at spesielt stasjon Agnes får tilført betydelige mengder erosjonsmateriale fra Numedalslågen.

Med årstiden, fra februar til juni, øker andelen karbon og nitrogen på alle stasjoner, unntatt på stasjonen Agnes. Her går andelen av karbon ned i prøven fra perioden april-juni sammen-liknet med perioden februar-mars, dvs. mer mineralsk materiale. Det kan henge sammen med mineralsk tilførsel under vårflommen.

På stasjonene Terneholmen og Stølsviga utenfor Arendal hhv. dobles og tredobles andelen karbon og nitrogen fra februar til juni og nær halveres fra juni til september. Det indikerer en betydelig organisk tilførsel i vår-sommer perioden som er naturlig sett i lys av naturlig høy biologisk produksjon, f.eks. av algeplankton, i vår-sommer perioden.

Sommerprøvene av bunnslammet hadde langt lavere innhold av karbon og nitrogen enn felleprøvene og indikerer at bunnslammet har høyere innhold av mineraler, skjellsand og andre uorganiske partikler enn hva som fanges i fellene. Dette resultatet stemmer overens med hva som var forventet.

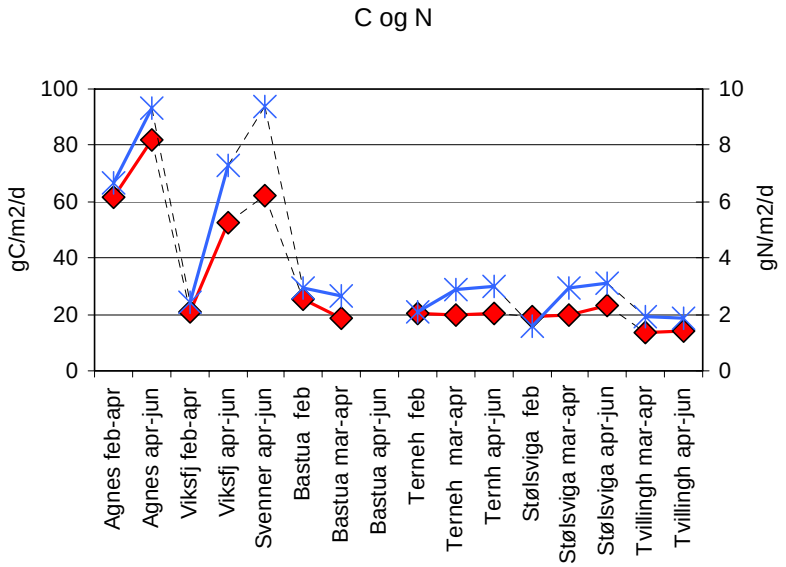
Sammenholdes andel av karbon og nitrogen (Figur 2) med sedimentasjonsbelastningen målt som tørrstoff (Figur 1) blir resultatet, som vist i Figur 3, at tilførselen av karbon og nitrogen likevel er betydelig høyere til stasjonene i Larviks-området enn de øvrige stasjoner og at tilførselen av karbon og nitrogen også her øker betydelig fra vinter til sommer situasjon.



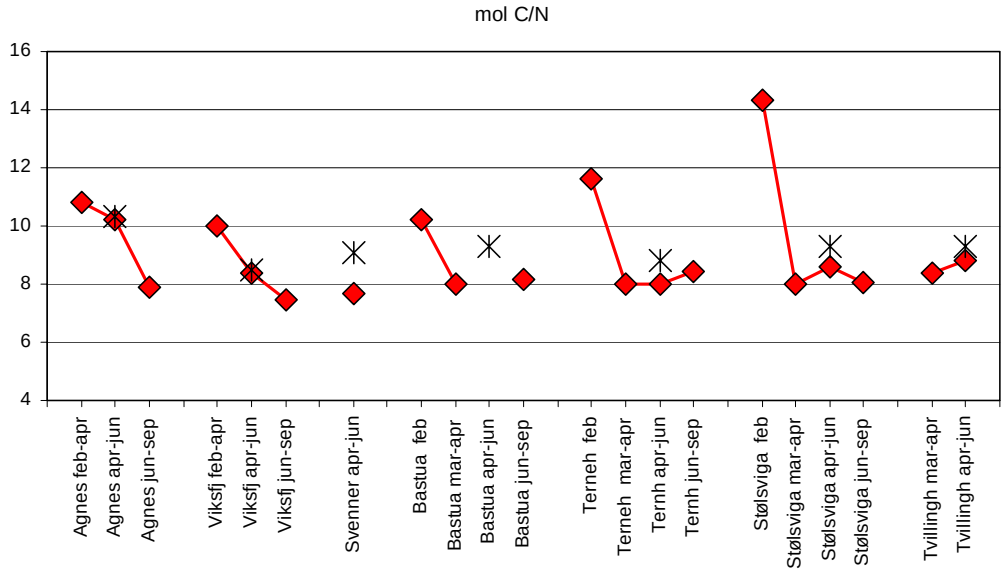
Figur 2 Vektprosent av karbon (W%C) og nitrogen (W%N) i sediment fra felleprøver (ruter) og bunnprøver (stjerne).

Økte tilførsler henger sammen med både økt produksjon i vannmassene og økte tilførsler fra Numedalslågen. Bastua som ble etablert i Nidelvas antatte primære påvirkingsområdet, viser ingen tilsvarende respons. Det kan indikere at kystvannet ofte står sterkt på der fellestasjonen ble etablert og følgelig ikke gir et bilde av Nidelvas påvirkning. (Bastua-fella forsvant under sommeren og nye felle ble i september satt opp nærmere et av Nidelvas for å få bedre målinger i kommende periode.)

Prøvene fra februar-mars har det laveste karboninnholdet i tidsserien, men har likevel et relativt høyt C/N-mol forhold (Figur 4). Det var liten forskjell i C/N-forholdet mellom felle-materialet og bunnslam, men noe lavere nitrogeninnhold i bunnslammet. Vanlig forholdstall i marint algeplankton er 6-8 (Redfield), mens terrestrisk materiale (f.eks. humus) gir forholds-tall over 10 og til mer enn 500. Vanlig forholdstall for marine sedimenter som inneholder



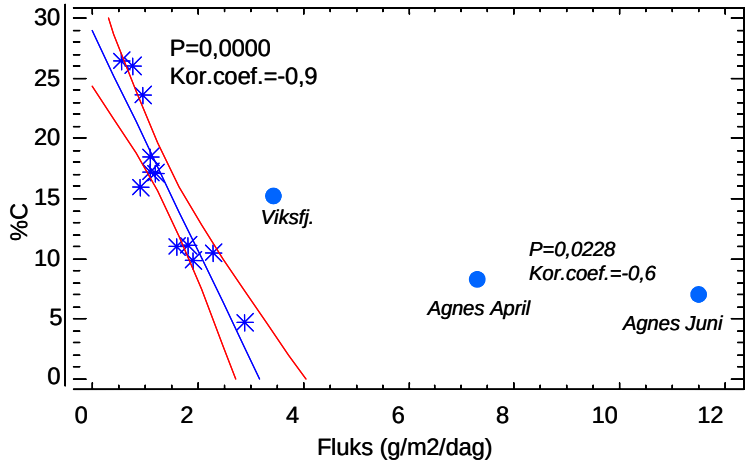
Figur 3 Beregnet fluks (gram / m^2 / dag) av karbon (rød ruter) og nitrogen (blå stjerne) i materialet fanget i felle-prøver innsamlet fra februar til juni 2005.



Figur 4 Forholdet mellom karbon og nitrogen (C/N på molbasis) i sediment fra felleprøver (ruter) og bunnprøver (stjerne, juni-innsamling).

karbon og nitrogen fra både sedimenterende plankton og stoffer land og organismer i sedimentet, er mellom 8 og 10. Et høyt C/N-forhold indikerer gjerne innslag av terrestrisk materiale. Februarprøvene ligger over 10 og indikerer betydelig tilførsel av materiale fra land. Sterkest signal fra terrestrisk materiale ble funnet i februarprøven fra Stølsviga utenfor Arendal, dernest Terneholmen og sist Bastua nærmest utløpet av Nidelva.

Det er en signifikant negativ korrelasjon mellom organisk karbon og fluks av sedimenterende materiale i fellene (p=0,0000, korrelasjonskoeffisient= -0,9) (Figur 5). Korrelasjonen blir dårligere hvis juni-prøvene fra stasjonene Agnes og Viksfjord tas med i analysen (p= 0,0228, korr.koef= -0,6). En ville forvente en negativ korrelasjon mellom organisk materiale og fluks og mindre negativ koeffisient på stasjon Agnes som nettopp gjenspeiler en høyere fluks av mineralpartikler fra Numedalslågen. Det kan imidlertid også være forskjeller i det organiske materialet.



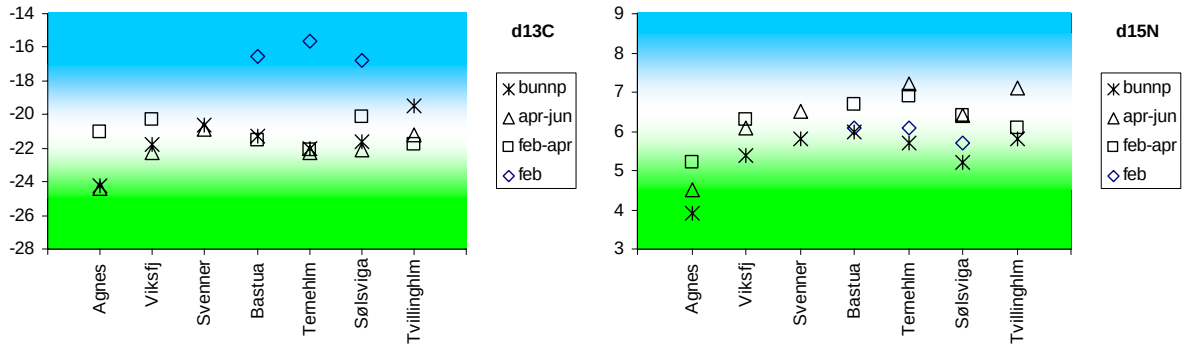
Figur 5. Organisk karbon som funksjon av fluks av sedimenterende materiale. Aprilprøven har stått ute i perioden februar-april og juniprøven i perioden april-juni.

4.5 Isotoper

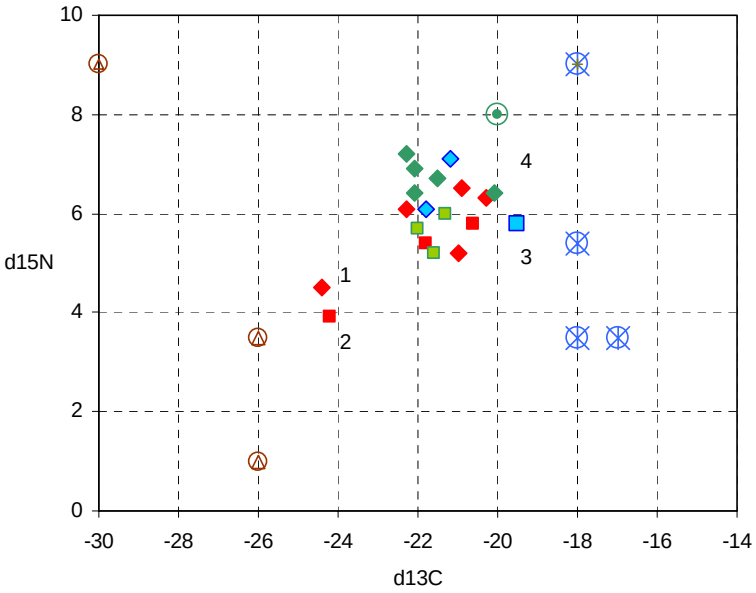
Analyse av forholdstallet mellom karbonisotoper (12C og 13C) og forholdstallet mellom nitrogenisotoper (14N og 15N) kan brukes til å spore kilder til karbonet og nitrogenet, dvs. kilde til det organiske materialet. Det er stor variasjon i organismers interne isotopfordeling slik at analysen først og fremst sannsynliggjør kilder. I vår målsetning er det forskjell i isotop-sammensetning i terrestrisk materiale og marint materiale som skal utnyttes til å spore kilder til det organiske slammet samlet inn fra bunnen og i feller.

Resultatet fra isotopanalysene er vist i Figur 6. d13C viser fordelingen mellom ^{12}C og ^{13}C. Et forholdstall ned mot -26 og lavere er typisk for terrestrisk organisk materiale, mens marint plankton varierer fra -15 til -24 og makroalger varierer fra -17 til -20. De fleste prøvene ligger rundt -20 til -22 (Figur 6). De tre prøvene innsamlet i februar fra Arendalsstasjonene Bastua, Terneholmen og Stølsviga, avvek vesentlig fra øvrige prøver. Det skyldes det metodiske avviket som ble omtalt i kap. 4.1 hvor det ikke var nok materiale til å analysere før og etter syrevasking. Disse prøvene inneholder derfor også karbon fra karbonater som påvirker fordelingstallet. d15N viser fordelingen mellom ^{14}N og ^{15}N. Forholdstall oppgitt i litteraturen varierer stort og det er vanskelig å gi et generelt fordelingsmønster som for karbon. Tare har et lavt forholdstall ned mot 4, men det har også en del terrestrisk materiale som løv og sjøgress. Referanselitteratur oppgir også høyt forholdstall for organisk elvemateriale (9) og for marine makroalger (15).

Figur 6 viser at forholdstallet ikke varierer så mye mellom stasjonene og mellom innsamlings-tidspunktene, med unntak av stasjon Agnes som har lave verdier. Bunnslammet innsamlet i juni, markert med stjerne i figurene, har generelt samme d13C-verdi som felleprøven fra samme tidsrom. Bunnslammet på stasjon Agnes har sterkt terrestisk innslag, mens bunn-slammet på Terneholmen har klart marint signal. d15N-verdiene i bunnslammet ligger generelt lavere enn alle felleprøvene. De fleste bunnslamprøver har d15N-verdi på nivå med for vanlige rødalger (5-6), mens bunnslam fra Agnes har lav d15N-verdi på nivå med litteraturverdier på terrestrisk organisk materiale (3,5). Men som nevt ovenfor har tare også tilsvarende lav d15N.



Figur 6 Isotopanalyse av sediment fra felleprøver (ruter, 3 innsamlinger) og bunnprøver (stjerne, 1 innsamling i juni).



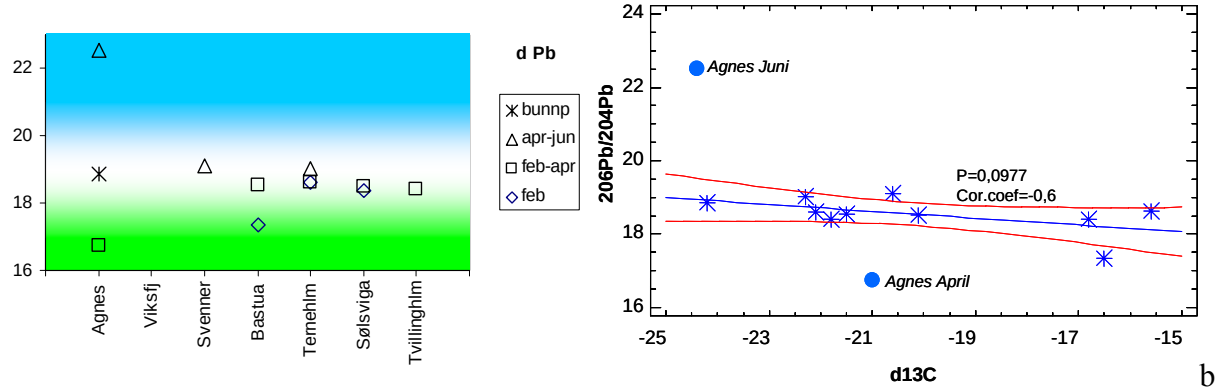
Figur 7 Andel karbon-13 og nitrogen-15 isotop i sediment fra felleprøver (ruter) og bunnprøver (firkant) sammenliknet med marine referanser (stjerne med ring, litteraturdata på marin referanse, tare og rødalge), algeplankton (prikk med ring) og terrestriske referanser (trekant med ring, litteraturdata terrestrisk organisk materiale og elvemateriale). 1 er sommerprøve fra stasjon Agnes. 2 er sommerprøve av bunnslam fra stasjon Agnes. 3 er bunnslam fra stasjon Tvillingholmen. 4 er sommerprøve fra Stølsviga.

Da isotopfordelingen varierer og overlapper mellom ulike marine, limniske og terrestriske organismer, baseres vår konklusjon på en kombinert vurdering av isotopsammensetningen vist i Figur 7 og forholdstallet mellom karbon og nitrogen (C/N i Figur 4). Figur 7 viser at terrestrisk/limnisk påvirkning er dominerende på stasjon Agnes (Nummer 1 og 2 i Figur 7) ved utløpet av Numedalslågen. Øvrige prøver ligger relativt samlet. Stasjonene Støldviga og Tvillingholmen som ble etablert langt fra elveutløp, har det sterkeste marine signalet (Nummer 3 og 4 i Figur 7). Analysen indikerer at bidraget fra marin produksjon er 50-75% og at bidraget av terrogent materiale er 25-50%. Isotop- og C/N-forholdet indikerer at bidrag fra marint planteplankton til fellematerialet er betydelig.

Blyisotopforholdet reflekterer tilførsel av atmosfærisk nedfall og antropogent bly fra forbrenning og kan bruks som støtteparameter for å spore kilder. Blyisotopanalyse er gjennomført på et utvalg av sedimentfelleprøvene og resultatet er vist i Figur 8.

Stasjonen Agnes har den største variasjonen i $^{206}Pb/^{204}Pb$ med et lavt forholdstall i felleprøven fra perioden februar-april (ca. 17) og et høyt i juni (ca. 22). Dette viser at det var større tilførsel av atmosfærisk Pb og mulig lokal avrenning fra Larvik by i perioden februar-april,

mens det fra mai til juni var sterk tilførsel fra nedbørsfeltet transportert med mineralpartikler med Numedalslågen. De øvrige prøvene har relativt lik blyisotop signatur. Vinterprøven fra Bastua (nærmest Nidelvas utløp) hadde imidlertid det laveste forholdstallet, altså mer atmosfærisk/antropogen bly enn de øvrige. Dette peker i samme retning som karbon/nitrogen resultatene. Det er en signifikant (svak) negativ korrelasjon mellom $^{206}Pb/^{204}Pb$ og $\delta^{13}C$, hvis stasjon Agnes utelates (p=0,977, cor.coef=-0,6). Punktet merket 'Agnes Juni' (felleprøve fra perioden mai-juni) har et høyt blyisotop tall og lav $\delta^{13}C$ tall som stemmer med sterk elve-påvirkning på denne stasjonen i denne perioden. Korrelasjonskoeffisienten basert på de øvrige stasjonene er svak og gir ikke noe klart signal om påvirkning fra atmosfærisk/antropogent materiale.



a b

Figur 8 Resultat av blyisotopanalyse (d Pb) på prøver fra Agnes, Svenner, Bastua, Terneholmen, Stølsviga og Tvillingholmen fra første halvår av 2005 (a). $^{206}Pb/^{204}Pb$ isotop-forholdet er plottet mot d13C (b).