

# Havet sletter ikke alle spor – påvisning af en lokal NPO forurening i et kystvand

Sin størrelse til trods, vil der i havet næsten altid afsættes spor fra en forurening. Kunsten består i at finde dem.

Selve forureningen omkring udledningsstedet er hurtig borte, mens virkningen heraf på dyr og planter er fastholdt i længere tid.

MICHAEL OLESEN, PETER MÆHL &  
BO MAMMEN KRUSE

## Indledning

En tidligere lokal forurening med næringsstof/organisk stof til et kystområde vil faktisk kunne spores. Men både en indkredsning af kilderne til forureningen, såvel som arten af denne, beror på om det lykkes at identificere egnede referenceområder.

## Baggrund

I oktober 2012 skete der en forurening af et vandhul på Als i Sønderborg Kommune. Forureningen bestod af ensilagesaft fra majs og gylle. Alt højere liv i den lille sø blev slået ihjel primært på grund af iltmangel. En del af forureningen løb via en grøft også ud i Augustenborg Fjord/Als Fjord. Efterfølgende blev vandhullet rensat op og den flydende fraktion suget op i gyllevogne og spredt på de omkringliggende marker. Ligeledes blev det øverste slamlag gravet op og udspredd på markerne.

Sønderborg Kommune modtog i sommeren 2013 en henvendelse om, at det materiale, som blev udledt forrige år, nu også havde ødelagt vandmiljøet langs kysten. Kommunen fik derfor taget nogle vand og bundprøver ud for kysten, men resultaterne herfra vidnede ikke om nogen speciel dårlig tilstand. Disse undersøgelser der har til formål direkte at spore en forurening, vil imidlertid ikke nødvendigvis kunne dokumentere hvorvidt der har fundet en lokal forureningspåvirkning sted.

Sønderborg Kommune bad på den baggrund Rambøll om at undersøge, om

1. der var en øget påvirkning af strandmiljøet, set i forhold til andre lignende strækninger i området
2. denne påvirkning var af lokal eller regional art, herunder om den kunne tilskrives forureningsudslippet i oktober 2012.

## Fremgangsmåde for påvisning af en lokal eutrofiering

Klarlægning af en mulig lokal forureningspåvirkning er baseret på de stedlige biologiske forhold. En given påvirkning af et kystvand vil pga. vandskiftet sjældent direkte kunne afsløres ved måling af de forurenende stoffer. Derimod vil de tilstedeværende organismer

kunne afsløre en tidligere mere vedvarende forureningspåvirkning. Selv om vandskiftet i havet typisk medfører en hurtig fortynding af udledte stoffer fra land, vil stedfaste organismers evne til hurtigt at optage stoffer, fungere som en slags "sladre-hanke" for forureningen. Det forudsætter imidlertid at der er tale om en mere vedvarende påvirkning, idet en enkelt udledning sjældent vil nå, at afsætte sig spor hos hverken dyr eller planter.

Undersøgelsen bestod af en semi-kvantitativ registrering af dødt og levende vegetation samt stedfast makrofauna på tre udvalgte lokaliteter tæt på udledningsstedet. De udvalgte kyststrækninger er herefter blevet sammenlignet med lignende lokaliteter i andre dele af fjorden – såkaldte referenceområder (se figur 1).



Figur 1. Kort over undersøgelsesområde. U1, U2, U3 er placeret ud for forureningsområdet. R1, R2 og R3 er referenceområder

Tabel 1. Stations beskrivelse. Nectobethos betegner bundlevende mobile dyr.

Lokalitetens stations nr.	U1	R1	U2	R2	U3	R3
Strandtype	Lavliggende strandeng, m. græsning	Smalt stenet strandkant med kraftigt flerårig vegetation. Tagrør til vandlinjen	Stenet strand m. flerårig vegetation	Smal stenet strand m. flerårig vegetation	Stenet sandstrand m. flerårig strandvegetation (marehalm). Tagrør bælte ca. 10 m inde	Sandstand med tilbagedrækket flerårig vegetation, bl.a. marehalm, bøgvedliggende træbevoksning
Dybde (aktuel) 7-8 m ude (m)	1,3	1,4	1,2	1,5	1,3	1,2
Opskyl	Blæretang, ålegræs, søsalat (relativt lille mængde), skaller af strandsnegl	Skaller af sand- og blåmusling samt strand snegl	Skaller af blåmusling, strandsnegl. Drivende ansamlinger af ålegræs og blæretang	Lidt skaller af strandsnegl	Blæretang, ålegræs. Skaller af sand-, stor kniv-, hjerte- og blåmusling samt strandsnegl	Smal bræmme af især blæretang og lidt ålegræs. Gråligt grusbælte, en del blåmusling skaller
Bundtype	Dyndet sandbund med spredte sten	Sand med varierende stenbelegning	Stenet sand- og grusbund, "fedtet"	Stenet bund.	Stenet sandbund. Tæt dække af blåmusling	Sand/grusbund med spredte småsten Lyst lerlag i ca. 10 cm dybde
Aktuel venddybde bundprøver (m)	1,0	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3
Vegetations type og dækningsgrad	Søsalat (100 %)	Blæretang spredt (10-15 %)	Blæretang, lidt søvtang (spredt < 10 %)	Blæretang (løvt og rønt, 100 % fra 5 m og udefter)	Blæretang og søvtang (100 % i højt og kraftigt bælte 5-11 m ude)	Blæretang og lidt søvtang i smalle bælte (20 %)
Belegning på vegetation og muslinger	Søsalat med friskt, rent thallus. Løst blæretang med op til 50 % filtet belegning. Løst ålegræs uden belegning.	Blæretang med nogen filtet belegning (op til 50 %)	Gråfillet slimet belegning (80-100 %)	Brunlig, fedtet og filtet belegning på de større blåmuslinger (50 %). Blæretange n relativt ren (< 10 % belegning)	Søvtang og blæretang forholdsvis fri for filtet belegning. Thallus dog betydeligt mere stift; begroning af trådede rødalger ved basis.	Blæretang til tider kraftigt overgroet af grålig filtet belegning (60-80 %)
Nectobenthos	Standkrabbe, tanglus	Store mængde tanglopper	Pungreje (Mysida) i store mængder, hestereje, kutling, få blåmuslinger, en del døde strandkrabber	Rur på muslinger og blæretang	Sandkutling, hestereje. En del postrørsorm ( <i>Spirorbis</i> spp.) på søvtang.	Strandkrabbe

Kriterierne for udvælgelsen af referenceområderne er, at de opfylder de samme betingelser mht. strøm, vind og dybdeforhold samt landpåvirkning som undersøgelsesområderne. De udvalgte områder er desuden blevet vurderet som værende uden anden kendt eller blot mistænkt lokal påvirkning fra land.

Den generelle regionale påvirkning forudsættes at danne baggrund for forholdene på såvel reference- som undersøgelsesområderne. En forskel mellem disse områder vil derfor kunne tages som udtryk for en mulig lokal påvirkning. På alle stationer er desuden taget vand-, sediment- og vævsprøver fra blåmuslinger til eventuelt efterfølgende analyse af vækst og tungmetalfurening samt af næringsstoffer og BOD.

Hvert område er blevet beskrevet med

hensyn til kysttype, topografi, eksponering, dybde- og bundforhold. Dette er suppleret med nogle simple registreringer af dybde, bundstruktur, opskyl samt udlednings- og strømforhold. En orienterende saltholdighed og temperatur blev målt på stedet. Lokaliteterne er blevet beskrevet mht. vegetationsdække vha. vandkikkert. Prøver er taget af blåmuslinger med håndkrab (repræsentativt i forhold til den stedværende størrelsesfordeling), af sediment samt af den hyppigst forekommende undervandsvegetation. Desuden er tre kvantitative bundprøver taget på hver lokalitet for undersøgelse af infaunaen.

## Resultater

### Stationsbeskrivelse

Fjorden var præget af en særdeles høj vandstand på hele prøvetagningsdagen (op til 80

cm over daglig vande, fig. 2). Dette skyldtes en stor indtrængning af vand nordfra fra Lillebælt. Saltholdigheden var som følge deraf relativt høj for området, og lå på alle de besøgte lokaliteter mellem 21 og 23 ‰. Temperaturen var 13°C. Ud over at besværliggøre prøvetagningen betød det, at meget af det opskyl, der ellers havde lejet sig på standen, nu atter flød rundt ud for strandlinjen. Det var derfor ikke muligt at bruge opskyllet som parameter for en eventuel påvirknings art eller omfang.

Lokaliteterne for hver af de 6 stationer er beskrevet i tabel 1. Stationer er indbyrdes sammenlignelige med hensyn til eksponering, naturtyper og landpåvirkning.

### Biologiske forskelle –

#### Dyr og planter generelt

Hvad angår de biologiske forhold i vandet umiddelbart ud for kysten, er det først, når denne tages i nøjere øjensyn, at der kan identificeres nogle forskelle mellem stationerne. Bortset fra U1 er det de samme dyr og planter, man finder alle steder. U1 adskilte sig markant ved sin tætte bevoksning af løstliggende søsalat (*Ulva lactuca*) på bunden. Makrovegetationen på de øvrige stationer domineres af blæretang (*Fucus vesiculosus*). Søvtang (*F. serratus*) forekommer desuden almindeligt på en del af stederne. Ligeledes vidnede det meget opskyl af ålegræs (*Zostera marina*) om, at dette også forekommer almindeligt i fjorden.

Der er ikke væsentlig forskel på makrofaunaen mellem stationerne indbyrdes (Tabel 2). En forskel mellem undersøgelsesområderne (U1, U2 og U3) og referenceområderne ses i mængden af små nøgne røde orme uden udvækster, kaldet trådregnorme. Disse forekommer typisk i organisk rige sedimenter, præget af iltfattige forhold. Det større antal på U-stationerne er således en indikation af en større organisk påvirkning her i forhold til referencestationerne.

Dominansen af fritvoksende søsalat på bunden ved U1 vidner, ud over at området ligger beskyttet, om gennemgående høje næringskoncentrationer /1,2/. Søsalat forekommer givetvis også på referencelokaliteten R1 (såvel som på de øvrige lokaliteter), men dens massive tilstedeværelse på U1 skyldes, at der her er tale om en ekstraordinær høj tilførsel af næringsstoffer. Ligeledes skyldes den langt kraftigere og tætte vækst af blæretang på U3 i forhold til R3 og de øvrige referencestationer, større tilførsel af næringsstoffer omkring det aktuelle udledningssted. U2 glimrer ved en relativ beskedne dækning af blæretang, men da begroningen af sten og alger også her tyder

på en høj næringspåvirkning (se nedenfor), skyldes fraværet af blæretang antagelig stedvist dårlige iltforhold i kombination med overgroning med mikroalger.

#### Begroning på makrovegetation, muslinger og sten

Undersøgelsesområdet (U1, U2, U3) større næringspåvirkning ses også af de gode vækstbetingelser, der er for de trådformede mikroalger, der vokser på de faste lyseksponeerede overflader på især U2. De består af en del forskellige arter, især af både stavformede kolonidannende og krybende kiselalger, men også af kædeformede cyanobakterier ("blågrønner") og tråde af brunalger. De mere brunlige belægnings på stenene ved U2 og på muslingerne ved R2 skyldes især lange trådformede kæder af cyanobakterier. Derimod var klørtangen på U3 kun i beskedent omfang overgroet, men forekom til gengæld som usædvanlige høje, kraftige kalkincysterede former.

#### Blåmuslinger

Sammensætningen af blåmuslinger på de 6 stationer er vist i Tabel 3. Både mht. størrelsen og vægten adskiller stationerne sig signifikant fra hinanden. Muslingerne på de tre undersøgelsesstationer (U1, U2 og U3) var gennemgående mindre end på reference stationerne. En undtagelse var R1, hvor muslingerne var mindre end alle andre steder. Disse forskelle kan skyldes forskellig prædationstryk i kombination med forskelle i vandbevægelse, saltpåvirkning og fødebetingelser.



Figur 2. Strandeng tæt på udledningsstedet (undersøgelsesområde U3). Vandstanden er ca. 80 cm over normalvandstand. Noget af det tidligere opskyl ses drivende ud for vandlinjen.

Tabel 2. Bunddyr (fra i alt tre bundprøver svarende til 150 cm<sup>2</sup>). Når størrelsen afviger fra det sædvanlige, angives denne. (X) betyder at dyret blot er observeret på lokaliteten.

Lokalitet	Stevning Nor	Egen Næs	Stolbro Næs	Sebbelev Næs	Nakken, Stolbro Løkke	Stolbro Strand
Stations nr.	U1	R1	U2	R2	U3	R3
Trådrengorm (Oligochaeta)	6	2	4		10	1
Alm. Nereis (Nereis diversicolor)	1		4	1		3
Svovlorm (Marenzelleria viridis)		1		1	1	1
Sandorm (Arenicola marina)					(X)	
Postrørsorm (Spirobis spp.)					(X)	
Alm. strandsnegl (Littorina spp.)	(X)	(X)	1	4 (½-2 cm)	(X)	(X)
Alm. sandmusling (Mya arenaria)			1 (4 mm)			
Hjertemusling (Cardium spp.)						(X)
Blåmusling (Mytilus edulis)	5 (2-3½ cm)	(X)	(X)	5 (½-3 cm)	2	2
Alm. tangloppe (Gammarus spp.)	(X)	2	1	3	(X)	1
Alm. Tanglus (Idotea spp.)	(X)					
Alm. strandkrabbe (Carcinus maenas)	1 (5 mm)	(X)		(X)	1	
Rur (Balanus spp.)				(X)	(X)	(X)
Alm. Hestereje (Cragnon cragnon)			(X)		(X)	(X)
Alm. søstjerne (Asterias rubens)		1 (5 mm)				

Dette forekommer imidlertid usandsynligt, da der ikke er umiddelbare begrundelser for, at sådanne systematiske forskelle skulle forekomme. Valget af referencestationer har netop til hensigt at eliminere forskelle af denne art. Ferskvandspåvirkningen kan dog være

mere udtalt på R1 end nogen af de andre stationer pga. det nærliggende udløb fra det ferske Ketting Nor (Figur 1).

Iltforholdene er derfor antagelig begrundelsen for den forskel, der ses mellem stationerne mht. blåmuslingernes vækst. Periodiske iltsvindshændelser vil kunne slå de fastsiddende dyr ihjel, og således drastisk ændre bestandssammensætningen. De forholdsvis små muslinger på de tre undersøgelsesstationer vidner om tilsyneladende dårligere iltforhold her end på referencestationerne. De mindste af muslinger har en alder på mellem 1 og 2 år, så selv om muslinger kan vandre over relative store afstande, er der ikke noget der tyder på, at egentlig iltsvind har været et problem i år. Der har derimod antagelig været et relativt kraftigt iltsvind omkring Stolbro Løkke for 1 eller 2 år siden.

## Diskussion

### Baggrund og forudsætninger for undersøgelsen

Nærværende undersøgelse baserer sig på forandringer i de biologiske forhold, der potentielt vil kunne kædes sammen med en lokal forureningspåvirkning. Det har i den forbindelse været en betydelig udfordring at adskille en afgrænset lokal påvirkning fra den i forvejen store baggrundsbelastning i dette



Tabel 3. Blåmuslinger størrelses- og vægtfordeling på de tre undersøgelseslokaliteter (U1, U2 og U3) og modsvarende tre referencestationer (R1, R2 og R3). Stationer er indbyrdes blevet sammenlignet vha. af en varianstest og simpel statistisk analyse (T-test).

Station	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Undersøgte muslinger	17	12	17	27	16	14
Længde, skal (gnsn., mm)	35,1	37,5	37,2	29,9	43,4	42,1
Standardafvigelse længde (mm)	8,5	6,7	7,0	5,1	10,0	11,3
Vægt bløddele, vådvægt (gnsn., g)	1,000	1,161	1,143	0,567	1,960	1891
Standardafvigelse vægt (bløddele, g)	0,560	0,745	0,724	0,315	1,578	1,837
<b>Statistisk sammenligning</b>	<b>U1-R1</b>		<b>U2-R2</b>		<b>U3-R3</b>	
Samme varians?	ja		ja		ja	
Kritisk T- værdi P=0,05 (two tailed)	2,021		2,056		2,045	
T- værdi længde	6,646		4,125		2,716	
Statistisk forskel længde? 95 % konfidens	ja		ja		ja	
T-værdi vægt	8,504		3,776		2,814	
Statistisk forskel vægt? 95 % konfidens	ja		ja		ja	

relativt lukkede fjordvandssystem. Vandskiftet og andre dynamiske forhold i området, har desuden udvisket tilstedeværelsen af tydelige gradienter afsat af en lokal påvirkning. Referenceforhold har derfor skulle basere sig på en identificering af områder med sammenfaldende fysiske forhold, men uden mistanke om nogen afgrænset lokal forureningspåvirkning.

#### Sammenligningsgrundlaget

Valget af referencelokaliteter længere inde i Augustenborg Fjord i forhold til undersøgelseslokaliteterne indebærer en forholds-mæssig større generel landpåvirkning på de førstnævnte (indefjord-effekt). Dette underbygger, at den dårlige tilstand omkring udledningsstedet skyldes en lokal påvirkning. Omvendt vil det også kunne sløre en mindre lokal påvirkning af referenceområderne.

Der fandtes imidlertid ikke umiddelbart andre områder der både opfylder de anførte referencekriterier og samtidig er regionmæssigt udsat for samme påvirkning. De valgte referencestationer repræsenterer derfor et forsigtigt valg, hvilket har den ulempe at det til en hvis grad vil maskere en evt. mindre lokal påvirkning. Omvendt har det den fordel at det øger sandsynligheden for at identificere en væsentlig lokal påvirkning.

#### Blåmuslinger som indikator for tilstanden

Den statistiske varians for blåmuslinger længde- og vægtfordeling mellem U og R stationerne er sammenfaldende, hvorimod forskellen er signifikant forskellig (P =0,95 niveau). R1 afviger fra de andre referencestationer ved, at muslingerne på R1 er mindre end på den tilsvarende undersøgelsesstation (U1). Dette skyldes antagelig, at R1 stationen

ikke ligger langt fra munden til det relativt store ferskvandsområde Ketting Nor. Selv om saliniteten på undersøgelsestidspunktet også var høj her, er det sandsynligt, at ferskvandspåvirkningen er hæmmende for blåmuslingernes vækstforhold. R1 kan derfor ikke bruges som egentlig reference lokalitet til U1. Alligevel kan muslingesammensætningen på R1 anvendes til at anskueliggøre, hvordan suboptimale fysiske betingelser, herunder periodiske lave iltpændinger, slår igennem.

#### Biologisk betinget afvigelse

Lokaliteten inde i noret ved udledningsstedet, U1 ligner reference stationen R1 mht. de fysiske forhold. Dette gælder også ferskvandspåvirkningen, om end omfanget antagelig er størst ved R1. Den massive tilstedeværelse af søsalat som stort set var fraværende på alle andre stationer, har i sig selv forrykket de

fysiske forhold afgørende. Således betyder den lævrkning plantedækket giver en større stoftilbageholdelse. Sedimentet vil derfor være finere i områder med tæt plantedække, hvilket skaber anderledes forhold for bunddyr. Habitatforholdene og dermed økologien på U1 vil således være markant anderledes end på de øvrige lokaliteter.

Uden at vi har kendskab til hvorfor søsalat lige netop har etableret sig her, har området så at sige vokset sig væk fra andre fysisk lignende områder i fjorden. Den tætte bestand af søsalat vidner om gode næringsforhold i kombination med et rimeligt vandskifte. Dette har både betinget en tilstrækkelig sigt-dybde og gode iltforhold i noret, og på den måde sikret at den biologiske tilstand her er forblevet rimelig god. De massive mængder af søsalat vil dog give problemer på de steder hvor de nedbrydes i form af iltsvind.

### De dårlige iltforhold – årsager og virkning

Årsagen til iltsvind er en utilstrækkelig ilttilførsel til nedbrydningen af dødt organisk materiale. Da dybde og eksponering er tilstrækkelige til at sikre en normal iltfornyelse i undersøgelsesområdet, er det en for stor tilførsel af organisk materiale der er den primære årsag til iltmanglen. En fuldstændig nedbrydning af 5 til 10 kg plantebiomasse (vådvægt), hvilket skønsmæssigt svarer til vegetationsdækket pr m<sup>2</sup> på U1 og U3, vil kræve ca. 1 kg ilt, hvilket er mere end 100 x den iltmængde der kan være i en m<sup>3</sup> vand.

For U1 og U3 kan den tilstedeværende store biomasse af alger være årsagen til at iltforbruget til tider kan være større end tilførslen. For begge lokaliteter er det sandsynligvis en stor udledning fra det tilstødende opland, der er årsag til den store biomasseopbygning. Derimod er den eksisterende biomasse på U2 for lille til selv at forårsage iltmangel. Da organisk materiale i flydende form fra land, næppe vil kunne lejre sig på et så velventileret kystområde som U2, er det antagelig en lokal planteproduktion der er årsagen til den store nedbrydning.

Da søsalat ikke vil kunne mønstre en lige så stor biomasseproduktion her, som i det tilstødende mere beskyttede nor, er det antagelig materiale herindefra (U1), der er drevet ud og har lagt sig i fordybninger ud for Stolbro Næs. Nedbrydningen af dette materiale giver anledning til en stor frigivelse af næringsstoffer og opvækst af mikroorganismer. De mange mikroorganismer på sten og vækster giver bunden sin fedtede karakter.

### Konklusion

Undersøgelsen viser at der er en lokal påvirkning ud for kysten ud for udledningsstedet. Denne skyldes imidlertid ikke en direkte organisk udledning, men i stedet forhøjede udledningerne af næringsstoffer fra land. Disse har ført til en betydelig fremvækst af såvel mikroalger som af makrofyter, hvilket er ophavet til det organiske materiale der giver området sine miljøproblemer. Havde der været tale om en tilsvarende vedvarende organisk udledning, vil mikroorganismene i langt højere grad have været præget af heterotrofe og ikke, som tilfældet er, af autotrofe former. Næringsstofferne kommer heller ikke fra nedbrydning af sporadisk udledt organisk stof, da dette ikke på samme effektive måde som selve de uorganiske næringsstoffer vil kunne nå at blive opfanget af de tilstedeværende organismerne, før en sådan mulig udledning vil have været fortyndet ud i fjorden.

Der er således ikke synlige tegn på en lokal påvirkning af en mistænkt organisk udledning. Til gengæld er området mere næringspåvirket end resten af fjorden. På baggrund af de biologiske forhold, har det således været muligt indirekte og bagudrettet at sandsynliggøre, at der har været – og formodentlig stadig pågår – en vedvarende lokal udledning af næringsstoffer til kystvandet tæt omkring udledningsstedet.

### Referencer

- /1/ Duarte, C. 1995. Submerged aquatic vegetation in relation to different nutrient regimes. *Ophelia* 41: 87-112.
- /2/ Krause-Jensen, D. et al. 2002: Næringsaltbegrænsning af makroalger i danske kystområder. Faglig rapport fra DMU nr. 392.

MICHAEL OLESEN er Marinbiolog ved Rambøll Danmark A/S og tidligere lektor ved Københavns Universitet (mco@ramboll.dk)

PETER MEHL er Seniorbiolog i Rambøll Danmark A/S. Arbejder med naturvurdering og naturprojekter (pml@ramboll.dk)

BO MAMMEN KRUSE er Biolog, Sønderborg Kommune (kru@sonderborg.dk)



### Vandløbsrestaurering med træ (dødt ved)

Udlægning af træ i vandløb er et billigt og effektivt virkemiddel til vandløbsrestaurering. Udlægningen af groft materiale kan gøres både med sten, grus og træ, men i Danmark bliver der sjældent restaureret med træ på trods af de økonomiske, biologiske og hydro-morfologiske fordele herved.



En af årsagerne til at træ eller dødt ved ikke bruges oftere er bl.a. manglende viden og erfaringer med restaurering med træ. Alligevel bruges træ kun i begrænset omfang som virkemiddel i Danmark, mens lande som Tyskland og USA ofte bruger dødt ved til at øge den fysiske variation i vandløbene.

ALECTIA har derfor indgået et samarbejde med Aalborg Universitet og Silkeborg Kommune om at udarbejde en vejledning i vandløbsrestaurering med træ.

