

Kartläggning av biologiska värden i djupare delar av Yttre Hvaler, nordöstra Skagerrak, med ROV-teknik

Tomas Lundälv
Tjärnö marinbiologiska laboratorium
SE-452 96 Strömstad

INTRODUKTION

I nordöstra Skagerrak finns ett komplicerat system av kustnära djuprännor, som står i direkt förbindelse med djupområden i det öppna Skagerrak, den sk Norska Rännan. De kustnära djuprännorna bildar äkta fjordar eller fjordliknande djupområden, och omfattar bl a Yttre Hvaler-området, Oslofjorden, Kosterfjorden och Singlefjorden (se Fig. 1).

Det har länge varit känt att ovannämnda djupområden hyser en mycket rik marin fauna, med många inslag som i övrigt är unika för detta geografiska område. Som exempel kan nämnas att minst 200 arter har Kosterområdet som enda fyndplats i svenska vatten (Nilsson, 1997a). Sedan 1920-talet har det också varit känt att isolerade bestånd av kallvattenkorallen *Lophelia pertusa* förekommer i detta område (Dons, 1944; Wahrberg & Eliason, 1926; Jägerskiöld, 1971).

Medan kunskaperna om de marina arter som förekommer i det aktuella området således har varit relativt goda, har emellertid kännedomen om hur olika typer av habitat fördelar sig geografiskt i området varit synnerligen bristfälliga. Orsakerna till detta skall sannolikt sökas både i det faktum att traditionella marinbiologiska provtagningsmetoder har lämpat sig dåligt för kartläggningsändamål, och i att forskning med denna inriktning ej har bedrivits i området.

Mot bakgrund av de stora marinbiologiska värdena aktualiserade myndigheter på både svensk och norsk sida i slutet av 1990-talet inrättande av marina skyddsområden i det aktuella området. Kunskaperna om vilka delar av området som var mest skyddsvärda ansågs dock alltför bristfälliga för att en avgränsning av förslag till MPA:s (Marine Protected Areas) skulle kunna göras. Detta ledde till att Tjärnö marinbiologiska laboratorium 1998 erhöll ett uppdrag från svenska naturvårdsverket och länsstyrelsen i Västra Götaland att genomföra en översiktlig kartläggning av biologiska värden i Koster-Väderörännan med hjälp av modern ROV-teknik och högupplösande akustiska metoder (multistråleekolod och sidskannande sonar). Arbetet resulterade i en rapport (Lundälv & Jonsson, 2000) där bl a 10 områden med speciellt stora biologiska skyddsvärden identifierades utifrån kriterier utarbetade av Nilsson (1997b).

Även i Yttre Hvaler-området har det länge funnits planer på inrättande av någon form av MPA. År 1996 erhöll Tjärnö marinbiologiska laboratorium, via dåvarande föreståndaren Lars Afzelius, uppdrag från Fylkesmannen i Østfold att genomföra en begränsad inventering av området med konventionell teknik (Afzelius, 1998). De ekonomiska ramarna för projektet var dock så begränsade, att undersökningen endast resulterade i en

grov översikt av delar av området. År 2002 erhöLL TMBL åter ett uppdrag från Fylkesmannen i Østfold att genomföra en kartläggning av särskilt värdefulla djupa habitat, med utnyttjande av ROV-teknik. Även denna gång var de ekonomiska ramarna mycket begränsade, men genom att undersökningen kunde samordnas med ett demonstrationsprojekt inom projektet "Kartläggning av Marina Habitat" med stöd av Nordiska Ministerrådet, samt med ett projekt kallat "Skyddsvärda Biotoper på Västkusten" med stöd från svenska WWF, samt med EU FP6-projektet ACES (Atlantic Coral Ecosystem Studies), kunde ramarna för undersökningen vidgas något.

En första delrapport färdigställdes våren 2003 (Lundälv, 2003), och föreliggande arbete innefattar också kompletteringar som har genomförts under 2003-2004.

MATERIAL OCH METODER

UTRUSTNING

För ROV-operationer användes huvudsakligen ett mindre nykonstruerat fartyg, R/V "Lophelia". Fartyget är 11,8 m långt, byggt av aluminium och försett med två marindieslar samt jet-aggregat för framdriften. Marschfarten är ca 20 knop. Fartyget är försett med hydraulisk ankringsutrustning, som medger ankring på flera hundra meters djup.

Fartyget är anpassat för hantering och manövrering av fjärrstyrda undervattensfarkoster (ROV), och i vårt fall användes en ROV av typen Phantom S4, med ett maximalt arbetsdjup på 300 m. Farkosten var försedd med en videokamera av S-VHS typ (Sony EVI 331) med 12 X zoom-optik och vidvinkeladapter. Arbetsbelysning levererades av två 150 W strålkastare. Farkosten var försedd med fluxgate-kompass och djupsensor, vilkas mätdata kunde avläsas ombord tillsammans med videobilden, med hjälp av ett s k "video-overlay"-system. Farkosten var också försedd med en skannande sonar (Tritech SeaKing) samt två lasermarkörer för skalsättning av objekt i videobilden.

Fartygets position bestämdes med hjälp av en DGPS-utrustning av typen GBS Pro, vilken normalt ger en positioneringsnoggrannhet bättre än 1 m. För positionering av ROV:n användes ett "Ultra Short Baseline System" (USBL) av typen Simrad HPR 410P. En transducer på fartyget kunde sänkas ner i vattnet under skrovet genom ett rör i detsamma. Transducern kommunicerar akustiskt med en transponder på ROV:n, och i HPR-maskinen kalkyleras avstånd och riktning till ROV:n. I systemet ingick även en digital kompass av typen Robertson RateGyro. Positioneringsnoggrannheten i detta system kan variera något beroende på bottenpografi, hydrografiska förhållanden, sjögång mm., men är normalt ca 2 % av avståndet mellan fartyg och ROV, i realiteten ca 2 - 5 m.

Med en navigationsprogramvara av typen Olex integrerades alla data från fartygets och ROV:ns rörelser och lagrades i form av spår i en kartbild. I spåren, som beskriver ROV:ns rörelser, lagrades även tidsinformation, som var synkroniserad med en tidsangivelse på de videobandningar som samtidigt genomfördes. Vid den senare analysen kunde således observationer på videobanden relateras till positioner i kartbilden.

Fartyget var också utrustat med ett dubbelfrekvens ekolod (38- och 200 KHz) av typen Simrad ES 60. Även ekolodet var anslutet till Olex navigationsprogramvara, vilken kontinuerligt lagrade in ekolodsdata under fartygets gång. På detta sätt kan en batymetrisk bild av bottenpografien byggas upp i programvaran. Kvaliteten på batymetrin blir

successivt bättre, ju fler ekolodsdata som lagras in från ett specifikt område. Programvaran analyserar också styrkan i bottenekona (s k ”backscatter”), och kalkylerar utifrån detta bottenens hårdhet. Till Olex kan även tillgängliga data från multistråleekolod importeras, vilket möjliggör detaljerad ”ground-truthing” relaterad till strukturer på botten.

Med den beskrivna utrustningen kan en besättning på två personer, med ett relativt litet fartyg, genomföra kompletta bottenkarteringar innefattande ROV- dokumentation och grundläggande batymetrisk kartering. Detta innebär en avsevärt mindre resursåtgång än vad som är normalt för denna typ av undersökningar.

Videomaterialet, som bandades på en S-VHS bandspelare, överfördes till digital form (DVCAM) för vidare analys.

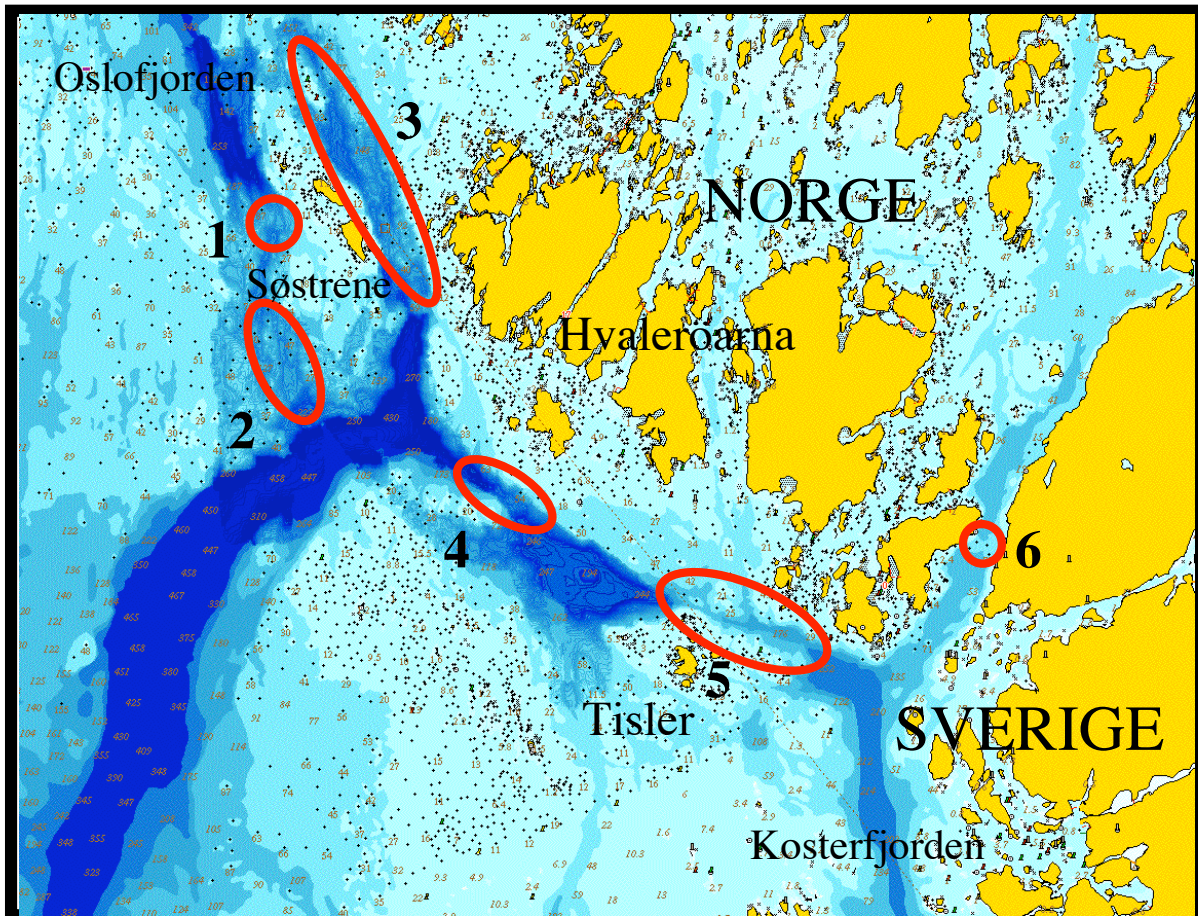
Under perioden 1 – 9 november 2003 genomfördes dessutom en expedition i området med det tyska forskningsfartyget R/V ALKOR. Fartyget var utrustat med ett multistråleekolod av typen Seabeam 1180 (180 kHz frekvens), vilket möjliggjorde uppmätning av batymetri i en stor del av undersökningsområdet (jfr. Fig. 2). Härigenom erhöles ett mycket bra underlag för fortsatt ”ground-truthing” av främst korallförekomster (vilka vanligen skapar karakteristiska strukturer på botten) med hjälp av ROV.

Under expeditionen med ALKOR genomfördes också CTD-profiler samt bottenprovtagning med van Veen-huggare och boxcorer. De viktigaste resultaten från ALKOR-expeditionen har rapporterats i en separat ”cruise report” (Pfannkuche, 2004).

GEOGRAFISK OMFATTNING

De lokaler som främst undersökts i Hvaler-området framgår av Fig. 1. Eftersom de ekonomiska resurserna för kartläggningen varit begränsade, har ROV-studierna främst inriktats på områden som erfarenhetsmässigt har de största förutsättningarna att hysa en speciellt artrik, och därmed skyddsvärd, fauna. En viktig förutsättning utgörs härvid av strömförhållandena. Höga genomsnittliga strömhastigheter medför att näringstillgången är god och att hårbottenområden hålls fria från sedimentation, vilket också normalt ger goda förutsättningar för en artrik fauna. I Hvalerområdet uppstår denna typ av förutsättningar främst i förträningar och uppgrundningar i djuprännor, som förbinder stora vattenbassänger på ömse sidor. I sådana områden skapas starka och regelbundna strömmar, även av det begränsade tidvatten (max amplitud ca 0,3 m) som förekommer i området, samt av interna vågrörelser i djupa vattenskikt. I Hvalerområdet finns mycket goda förutsättningar för uppkomst av denna typ av miljöer, och då främst i de smala djuprännor som förbinder Oslofjorden med Hvalerdjupet, samt i den djupränna som förbinder Hvalerdjupet med Kosterfjorden.

Under år 2003 genomfördes 8 endagsexpeditioner i Hvalerområdet med R/V Lophelia, i tillägg till de 7 dagar som arbete bedrevs i området under Alkorexpeditionen. Sjutton ROV-transekter, med en sammanlagd transektlängd av ca 11 km, filmades. Under 2004 har ytterligare 9 endagsexpeditioner (t o m november) genomförts och 13 ROV-transekter (ca 5 km) videodokumenterats. Totalt har hittills 40 ROV-transekter, med en sammanlagd längd av ca 40 km, filmats i området.



Figur 1. Karta över undersökningsområdet i nordöstra Skagerrak (Hvalerområdet), utvisande lokaler som inventerats med ROV. 1. Fjellknausene nord. 2. Fjellknausene. 3. Ost Søstrene. 4. Djupekrakk. 5. Tislerrevet. 6. Säckenrevet.

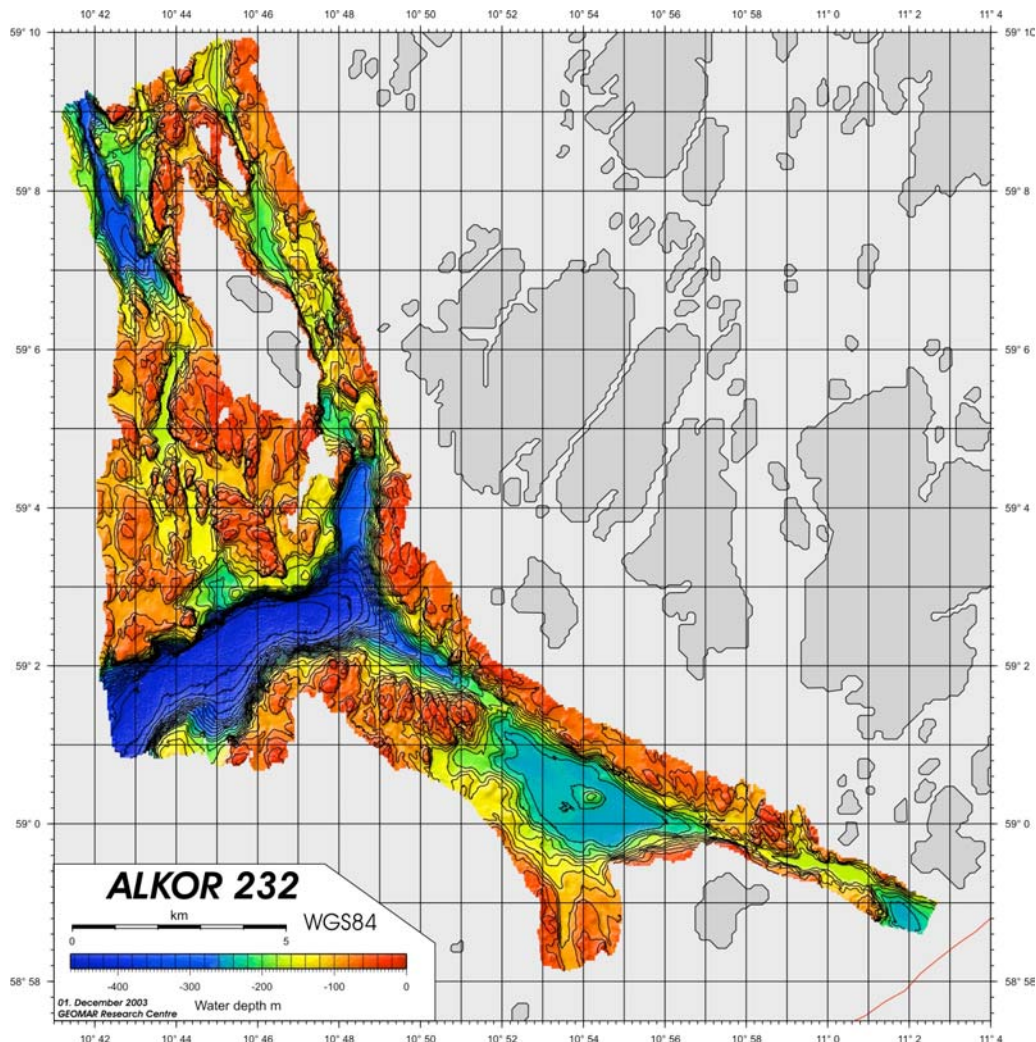
RESULTAT OCH DISKUSSION

BATYMETRI

Den batymetriska kartläggning som genomfördes under expeditionen med R/V Alkor i november 2003 gav ett mycket värdefullt underlag för planering av ROV-undersökningar, och för bedömning av var det kan finnas speciella förutsättningar för förekomst av en rik bottenfauna. Från de batymetriska kartorna kan således välunderbyggda bedömningar göras med avseende på strömförhållanden i olika delar av ett undersökningsområde. Av speciellt intresse är tillgång till högupplösta batymetriska data för möjligheten att lokalisera rev av kallvattenkorallen *Lophelia pertusa*. Rev av denna korall har ofta en mycket karakteristisk form, bestående av jämnt domformade, ofta avlånga upphöjningar i bottenstrukturen. Misstänkta korallstrukturer måste dock kontrolleras med videodokumentation för att korallförekomster skall kunna konstateras med säkerhet, eftersom andra typer av geologiska formationer, t ex drumliner, ibland kan ha snarlik form. Videodokumentation eller provtagning är också nödvändig för fastställa statusen hos

en korallstruktur. Det är exempelvis sällan möjligt att skilja på en levande och död korallstruktur från batymetrien.

Den del av Yttre Hvaler-området som kartlades med multistråleekolod under Alkor-expeditionen framgår från Fig. 2.



Figur 2. Utsträckningen av det område som kartlades med multistråleekolod under Alkor-expeditionen i november 2003.

ÖVERSIKTLIG BESKRIVNING AV UNDERSÖKTA OMRÅDEN

I Figur 1 har sex områden i anslutning till Hvaleröarna, som närmare dokumenterats med ROV-teknik, markerats. Nedan ges en översiktlig beskrivning av dessa områden.

OMRÅDE 1, N FJELLKNAUSENE

Detta område ligger i den norra delen av en lång och smal djupränna som förbinder Hvalerdjupet med egentliga Oslofjorden väster om Søstrene.

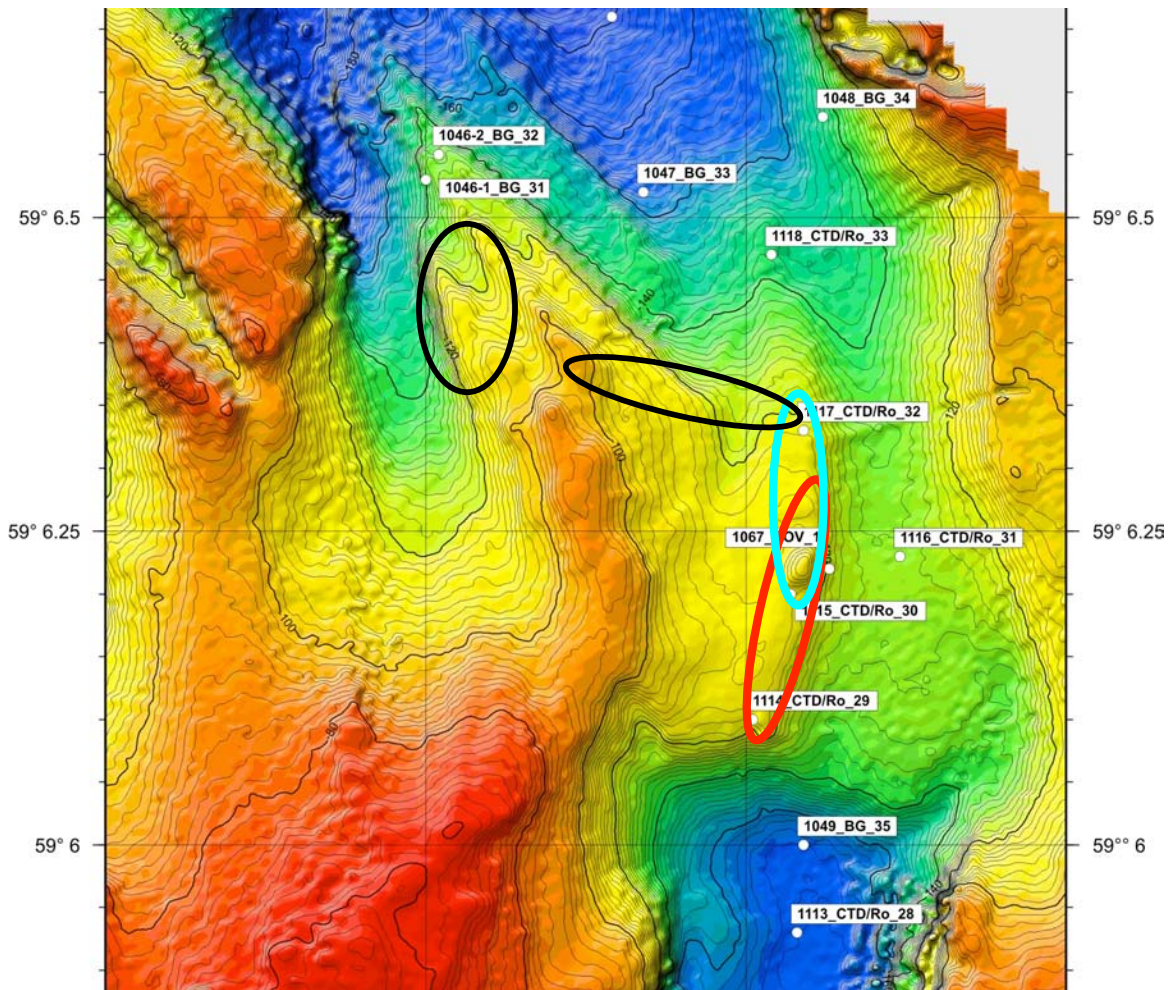


Fig. 3. Batymetrisk karta över område 1 i Fig. 1 (N Fjellknausene). Områden markerade med svarta ovaler dokumenterades med ROV i oktober 2003, och bestod till stor del av klippbotten, men i östra delen också av morän och silt. Områdena markerade med turkos och röd oval dokumenterades i oktober och november 2003. Röd oval anger område inom vilket förekomst av ögonkorall (*Lophelia pertusa*) konstaterats, medan turkos oval anger område med konstaterad förekomst av hornkoraller (*Gorgonacea*). Se text för vidare förklaring.

Vid rännans anslutning till Oslofjorden finns en markant tröskel, där djupet minskar till ca 115–125 m, medan det är ca 170 m i själva djuprännan (Fig. 3). Batymetrin i området ger förutsättningar för förhöjda strömhastigheter, varför det bedömdes som intressant att undersöka delar av tröskelområdet med ROV. Tre ROV-transekter, med en sammanlagd längd av ca 2,5 km, har dokumenterats i oktober och november 2003.

De mest intressanta områdena som hittills undersökts är belägna utefter en upphöjning i västkanten av den djupaste förbindelsen över tröskeln. Inom det område som har markerats med turkos oval förekommer relativt rika bestånd av hornkoraller (*Gorgonacea*). Det är ännu inte helt klarlagt vilken art det rör sig om. Prover som har tagits i andra delar av Hvalerområdet har samtliga varit av arten *Paramuricea placomus*. Hornkorallerna som observerats i detta område skiljer sig något i växtsätt och färgsättning (blekt gulaktig färgton), och kan därför eventuellt utgöra en annan art (möjligen *Trachymuricea kükenhali*). Det kan emellertid också röra sig om lokala variationer, varför provtagning för säker artbestämning är önskvärd. Förutom hornkoraller förekommer i det

turkosfärgade området en mycket artrik spongiefauna, riklig förekomst av medusahuvuden (*Gorgonocephalus caputmedusae*), täta bestånd av skedmaskar (*Bonellia viridis*), täta bestånd av ascidier, enstaka hårstjärnor (sannolikt *Hathrometra sarsii*) samt ett flertal arter av sjöstjärnor med de tätaste bestånden av *Ceramaster granularis* (sjøkeks) som observerats någonstans i Koster-Hvalerområdet.

I den del av området som markerats med röd oval förekommer rev av ögonkorall (*Lophelia pertusa*). Ett större rev (ca 100 X 70 X 12 m), innehållande vita och rosa färgvarianter, ligger i den norra delen av området. I ostkanten av revet observerades skador på korallstrukturen som sannolikt orsakats av trålfiske. Hela den södra delen av området har inte ännu undersökts, men sannolikt finns flera spridda *Lophelia*förekomster här. Det finns också goda möjligheter att mindre rev kan finnas i ostkanten av djuprännan.

I områden markerade med svarta ovaler förekom blandbottnar med morän, grus, silt och berg innehållande en varierad fauna med bl a täta förekomster av spongier, anemoner (*Bolocera tuediae*, *Urticina eques*, *Actinostola callosa*), skedmaskar (*Bonellia viridis*) sjögurkor (*Parastichopus tremulus*), ascidier samt enstaka limamusslor (*Acesta excavata*).

OMRÅDE 2, FJELLKNAUSENE

Detta område ligger i den södra delen av djupvattenförbindelsen väster om Søstrene mellan Hvalerdjupet och Oslofjorden. Här utgörs djupvattenförbindelsen av ett komplicerat system av trånga passager mellan uppstickande grundare områden (se Fig. 4).

Betydande förekomster av *Lophelia* påträffades i den södra delen av området i samband med ROV-arbeten år 2002 (de två sydligaste röda ovalerna i Fig. 4). Den norra av dessa ovaler innehåller ett flertal små rev, medan den södra innehåller ett stort sammanhängande rev. Redan då bedömdes att det fanns stor sannolikhet för ytterligare korallförekomster i detta område (Lundälv, 2003). Den batymetriska kartläggningen av området i samband med Alkorexpeditionen gav också ett mycket bra underlag för fortsatt lokalisering av korallförekomster. Under 2003 undersöktes ytterligare tre lokaler i området med ROV. I samband med Alkorexpeditionen togs också ett stort antal bottenhugg i området. Ytterligare ett område dokumenterades i november 2004 (nordlig svart oval). I området ingick mjukbotten med sparsam förekomst av pennatulacéen *Kophobelemnion stelliferum* samt hårbotten med en mycket artrik fauna dominerad av spongier, anemoner och ascidier.

I området markerat med svart oval i västra delen av Fig. 4 visade batymetrin på en bottenstruktur som möjligen kunde vara uppbyggd av koraller. Kontroll med ROV visade dock att strukturen var uppbyggd av berg och moränmaterial. I området finns emellertid ett mycket välutvecklat spongiedominerat bottenområde, med *Geodia* spp., *Phakellia ventilabrum* och *Antho dichotoma* som dominerande inslag. Ett flertal exemplar av de relativt ovanliga sjöstjärnearterna *Hippasteria phrygiana* och *Ceramaster granularis* observerades i området. Relativt tät bestånd av uer (*Sebastes viviparus*) och en del större torsk (*Gadus morhua*) observerades också.

I områdena markerade med mörkröda ovaler (Fig. 4) visade bottenhugg med van Veenhuggare på förekomst av dött korallmaterial. Det nordligaste av dessa områden dokumenterades med en 750 m lång ROV-transekt i november 2003. I den västra delen av

området förekom klippväggar med spongier som dominerande inslag. Huvuddelen av bottenstrukturen täcktes emellertid av dött korallmaterial (s k ”coral rubble”) med riklig förekomst av spongier (dominerat av *Geodia spp.*, *Mycale lingua* och *Phakellia spp.*) Enstaka exemplar av den relativt sällsynta arten *Isops phlegraei* observerades också. I delar av området fanns mycket täta förekomster av de stora havsanemonerna *Bolocera tuediae* och *Actinostola callosa*.

Orsaken till att enbart döda koraller hittades i området är för närvarande oklar. Vissa indikationer på skador av trålfiske fanns i området, men dessa föreföll ej så omfattande att de kan förklara att alla koraller dött. Möjligen ligger skadorna så långt tillbaka i tiden, att de inte längre är lätta att se. Förändrade strömningsförhållanden kan vara en möjlig alternativ orsak.

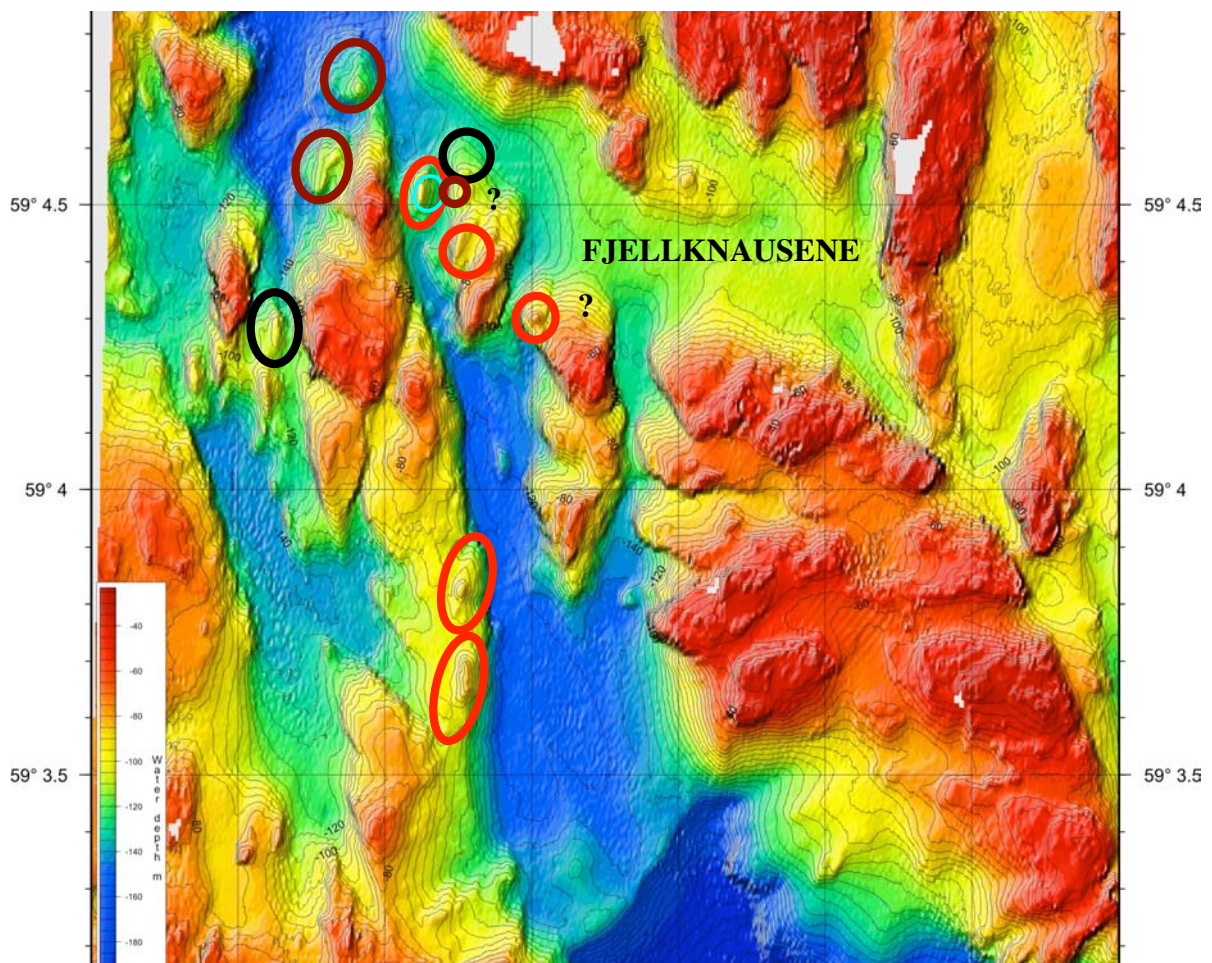


Fig. 4. Batymetrisk karta över område 2 i Fig. 1, kallat Fjellknausene. Mörkröda ovaler indikerar konstaterad förekomst av dött korallmaterial. Röda ovaler indikerar konstaterad förekomst av levande korallrev, medan röda ovaler med frågetecknen indikerar sannolik, men ännu ej konstaterad förekomst av levande korall. Turkos oval indikerar förekomst av hornkoraller. Svart oval indikerar ROV-dokumenterad lokal utan förekomst av korall.

Bara ca 300 m SO (den nordligaste röda ovalen i Fig. 4) om den ovan beskrivna lokalen påträffades ett mycket livskraftigt rev av levande *Lophelia* i liknande djupintervall. Detta rev mäter ca 150 m i längd, ca 80 – 90 m i bredd och sträcker sig i djupled från drygt 120-till 96 m. På revet observerades enbart den vita färgvarianten av *Lophelia*, och till skillnad

från de tidigare (2002) ROV-dokumenterade reven längre söderut i Fjellknauseneområdet förekom en riklig inblandning av hornkoraller (sannolikt *Paramuricea placomus*) samt ett stort antal medusahuvuden (*Gorgonocephalus caputmedusae*). Över revets norra del gick ett stråk med påtagliga skador på korallstrukturen, som sannolikt orsakats av trålfiske.

Bottenstrukturer i anslutning till trånga passager i djuprännan längre åt sydost kan med stor sannolikhet utgöra ytterligare levande *Lophelia*-rev i detta område (markerade med röda ovaler med frågetecken). Bottenhugg i närheten av dessa strukturer visade på förekomst av korallmaterial. Kontroll med ROV behöver dock göras innan revstrukturernas status kan fastställas med säkerhet.

OMRÅDE 3, NORRA DELEN (N SØSTRENE)

Området ligger i den norra delen av djupvattenförbindelsen öster om Søstrene mellan Hvalerdjupet och Oslofjorden. Djupvattenförbindelsen utgörs av ett komplicerat system av trånga passager mellan uppstickande grundare områden (se Fig. 5).

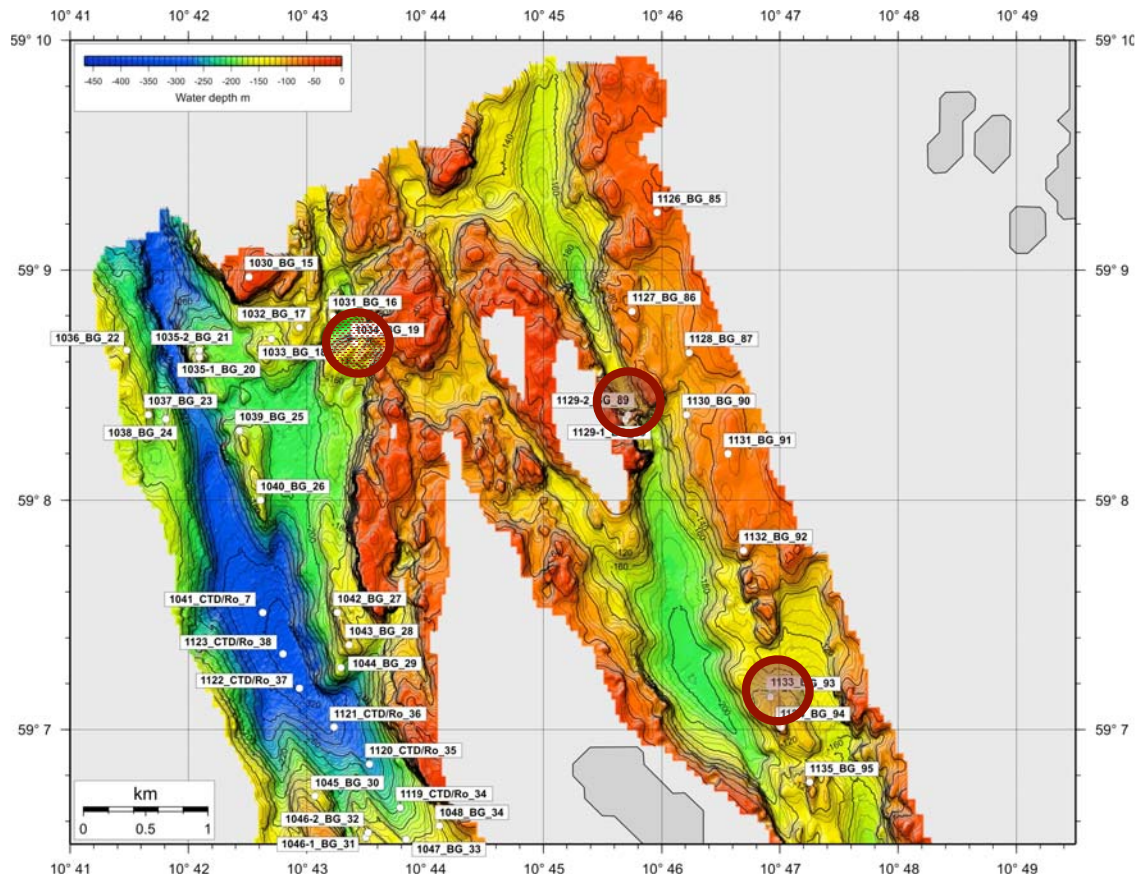


Fig. 5. Batymetrisk karta innefattande bl a norra delen av område 3 i Fig. 1. Områden där förekomst av döda korallstrukturer har konstaterats är markerade med mörkröda ringar. Provtagningsstationer under Alkorexpeditionen markerade.

I detta område har hittills endast en ROV-transekt av ca 1400 m längd avsökt (den mellersta mörkröda cirkeln i Fig. 5). I området fanns en betydande mängd döda korallstrukturer på djupnivåer runt 100 m. Inga levande koraller hittades. I övrigt fanns en rik fauna i området, med dominans av svampdjur (särskilt *Phakellia ventilabrum*, *Axinella*

rugosa, *Geodia baretii*, *Mycale lingua* och *Antho dichotoma*), havsanemoner (bl a *Bolocera tuediae*, *Actinostola callosa* och *Urticina eques*), borstmaskar (bl a *Filograna implexa* och *Sabella pavonina*) samt sjöpungrar (bl a *Polycarpa pomaria*). I området observerades sjöstjärnor av bl a arterna *Ceramaster granularis*, *Hippasteria phrygiana*, *Henricea sp.*, *Porania pulvillus* samt den sällsynta arten *Pteraster militaris*. Andra arter som förekom i relativt stora antal inkluderar hårstjärnor (sannolikt *Hathrometra sarsi*), kräftdjuren *Munida rugosa*, *Munidopsis serricornis* och *Lithodes maja*, armfotingarna *Macandrevia cranium*, *Terebratulina retusa* och *Neocrania anomala*, mossdjuret *Reteporella beaniana* samt skedmasken *Bonellia viridis*.

Provtagning med bottenhuggare under Alkorexpeditionen visade på förekomst av dött korallmaterial på ytterligare två lokaler (markerade med mörkröda cirklar i Fig. 5). Bottentopografien indikerar också att det kan finnas ytterligare ett betydande antal korallstrukturer i området, Dessa har dock inte ännu kunnat undersökas närmare.

OMRÅDE 3, SÖDRA DELEN (O SØSTRENE)

Området ligger i den södra delen av djupvattenförbindelsen öster om Søstrene mellan Hvalerdjupet och Oslofjorden. Djupvattenförbindelsen utgörs av ett komplicerat system av trånga passager mellan uppstickande grundare områden (se Fig. 6).

I området har 10 ROV-transekter med en sammanlagd längd av ca 5800 m avsökts och videodokumenterats. Dessutom togs ett 30-tal bottenhugg i området under Alkorexpeditionen, främst för geologisk analys av bottensedimenten.

Hittills har undersökningarna möjliggjort identifiering av sex diskreta levande rev av ögonkorall (*Lophelia pertusa*), belägna i den sydvästra delen av den uppgrundade djuprännan öster om Søstrene (markerade med röda ringar och numrerade 1-6 i Fig. 6). Reven varierar i längd från ca 50- till 200 m, och i bredd från ca 40 – 80 m. Gemensamt för samtliga levande rev var att de uppvisade störst vitalitet i de delar som vetter mot söder och öster, för att gradvis övergå i döda korallstrukturer mot norr.

I området har dessutom konstaterats förekomst av döda korallstrukturer på minst 6 lokaler (mörkröda ringar i Fig. 6), varav den grundaste observationen var på ca 72 m. De batymetriska förhållandena i området indikerar att korallstrukturer sannolikt förekommer på ytterligare ett flertal lokaler. På ett av de döda rev som undersökts (Nr. 7 i Fig. 6) förekom en tät population av hornkorallen *Paramuricea placomus* (markerad med turkos ring), i association med riklig förekomst av medusahuvudet *Gorgonocephalus caputmedusae*. Flertalet döda korallstrukturer innehöll ofta större korallaggregat, med en mycket artrik associerad makrofauna dominerad av spongier, hydroider, anemoner, polychaeter, crustaceer och ascidier. I anslutning till det döda revet NV om rev 7 (Fig. 6) observerades inte mindre än fyra exemplar av den extremt sällsynta brunsnultran (*Acantholabrus palloni*). Endast ett fåtal observationer av denna art har tidigare gjorts i Skandinaviska vatten.

I området finns också branta klippväggar med en spektakulär hårbottenfauna. Öster om grundet Gyren (omedelbart väst rev 1) dokumenterades t ex en vertikal klippvägg med mycket täta bestånd av den färgrika anemonen *Urticina eques*, enstaka exemplar av

limamusslan *Acesta excavata*, samt täta bestånd av spongier, med *Geodia baretii*, *Phakellia ventilabrum* och *Axinella rugosa* som dominerande arter.

Endast en begränsad del av mjukbottenarna i området har undersökts. Dessa saknade en rik epifauna, men spridda exemplar av pennatulacéerna *Kophobelemnion stelliferum* och *Virgularia tuberculata* samt ceriantharien *Pachyceriantus multiplicatus* observerades.

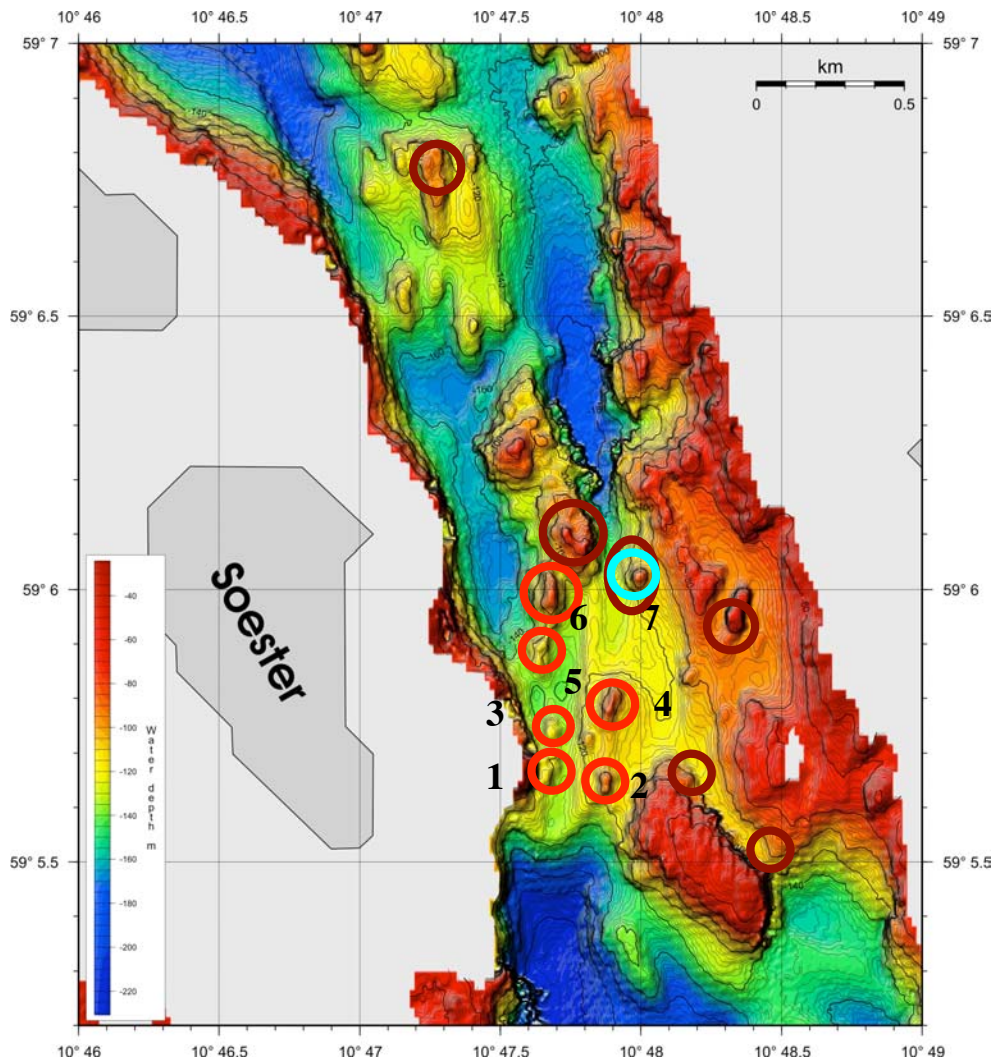


Fig. 6. Batymetrisk karta omfattande bl a södra delen av område 3 i Fig. 1. Områden där förekomst av levande korallstrukturer har konstaterats är markerade med klarröda ringar. Områden där förekomst av döda korallstrukturer har konstaterats är markerade med mörkröda ringar. Turkosfärgad ring markerar dessutom riklig förekomst av hornkorallen *Paramuricea placomus*.

I områdets södra del (i sydkant av rev nummerat 1) observerades förlorade delar av trålnredskap, inklusive trålduk, två trålbord av äldre modell, samt trålwire. I detta område fanns också rikligt med fisklinor samt vrakrester. Även i anslutning till den döda korallstruktur som är belägen längst ner mot sydost (Fig. 6) fanns indikationer på trålskador. Några tydliga spår av trålfiske har ej observerats i övriga delar av området, varför förekomsten av döda rev i detta område kan ha andra orsaker. Äldre påverkan av trålning kan dock vara svår att konstatera genom direktobservation.

OMRÅDE 4, DJUPEKRAKK

Detta område ligger i en relativt djup och måttlig förträngning och uppgrundning av den djuprännan som förbinder Kosterfjorden med Skagerraks djupare delar (se Fig. 7). Djuprännans sidor består av klippbottenar, men i förträngningens sydöstra del förekommer stora strukturer på botten som vid inspektion med ROV visade sig utgöras av korallmaterial. Korallstrukturerna observerades på djup mellan ca 145 - 175 m, och bestod av såväl större korallblock (främst i de grundare partierna) som mindre fragment. Rikliga spår av trålfiske observerades i området, och det är sannolikt att fysisk destruktions som resultat av trålfiske kan förklara att inga levande koraller observerades i detta område. Utökad provtagning i området med tre bottenhugg under Alkorexpeditionen visade på förekomst av död korallstruktur i ett större område än det som kunnat undersökas med ROV.

De döda korallblocken hyste ibland en rik epifauna, innefattande täta bestånd av ormstjärnor (främst *Ophiotrix fragilis* och *Ophiopholis aculeata*), spongier, polychaeter (främst *Filograna implexa*, och *Branchiomma bombyx*) och ascidier. Riklig förekomst av döda skal av limamussla (*Acesta excavata*) observerades bland korallmaterialet. På de djupa klippväggarna vid djuprännans kant observerades bl a en rik spongiefauna och täta bestånd av havsanemoner (bl a med ovanligt täta bestånd av arten *Hormathia digitata*).

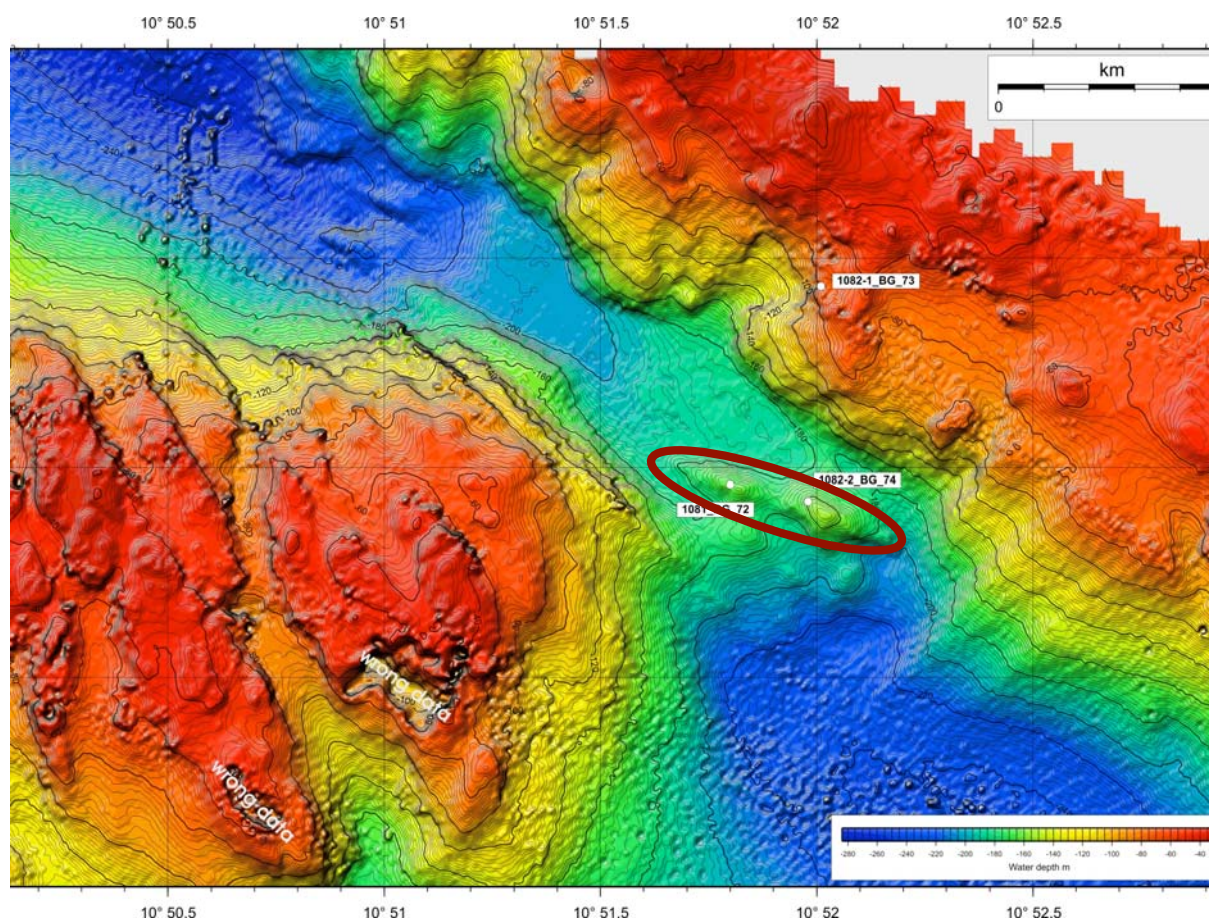
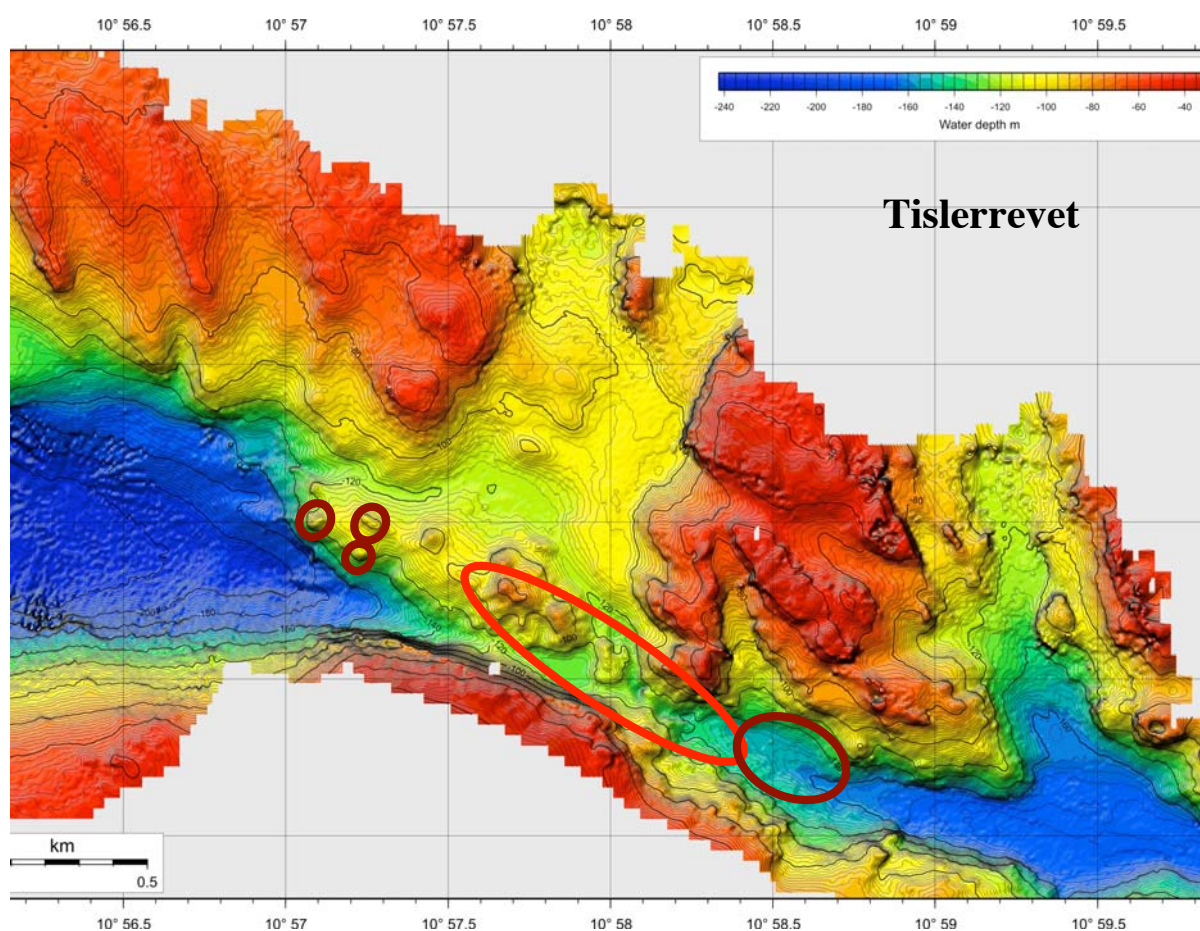


Fig. 7. Batymetrisk karta över område 4 i Fig. 1 (Djupekrakk). Konstaterad förekomst av döda korallstrukturer markerad med mörkröd oval.

OMRÅDE 5, TISLERREVET

Detta område ligger i en kraftig förträngning och uppgrundning av djuprännan som förbinder Kosterfjorden med Skagerraks djupare delar via Yttre Hvalerområdet (Fig. 8).

Förträngningen utgör den smalaste och djupaste delen av Kosterfjordens djupvattenförbindelse med öppna havet, och fungerar därmed som ett tröskelområde. Den grundaste delen av förbindelsen, det s k tröskeldjupet, är ca 110 m djupt. Djupet på båda sidor om tröskeln ökar snabbt till över 250 m. Stora vattenmassor förflyttas genom förträngningen i samband med tidvattenrörelser och interna vågor, och strömhastigheterna är ofta höga i området.



Figur 8. Batymetrisk karta över område 5 i Fig. 1, omfattande korallrevet innanför Tisler. Konstaterad förekomst av levande korallstrukturer markerad med klarröd oval. Konstaterad förekomst av döda korallstrukturer markerade med mörkröda ringar.

I själva tröskelområdet, och på båda sidor om detsamma, har mycket omfattande revstrukturer av *Lophelia pertusa* hittats. Mot bakgrund av revets omfattning, bedömdes det som angeläget att genomföra en relativt fullständig kartläggning av revets struktur, bottensubstrat i området, samt viktigare komponenter i den associerade faunan. Hittills har 19 transekter, med en sammanlagd längd av ca 25 km, videodokumenterats med ROV i området. Läget av transekter som har analyserats mera ingående framgår av Fig. 9.

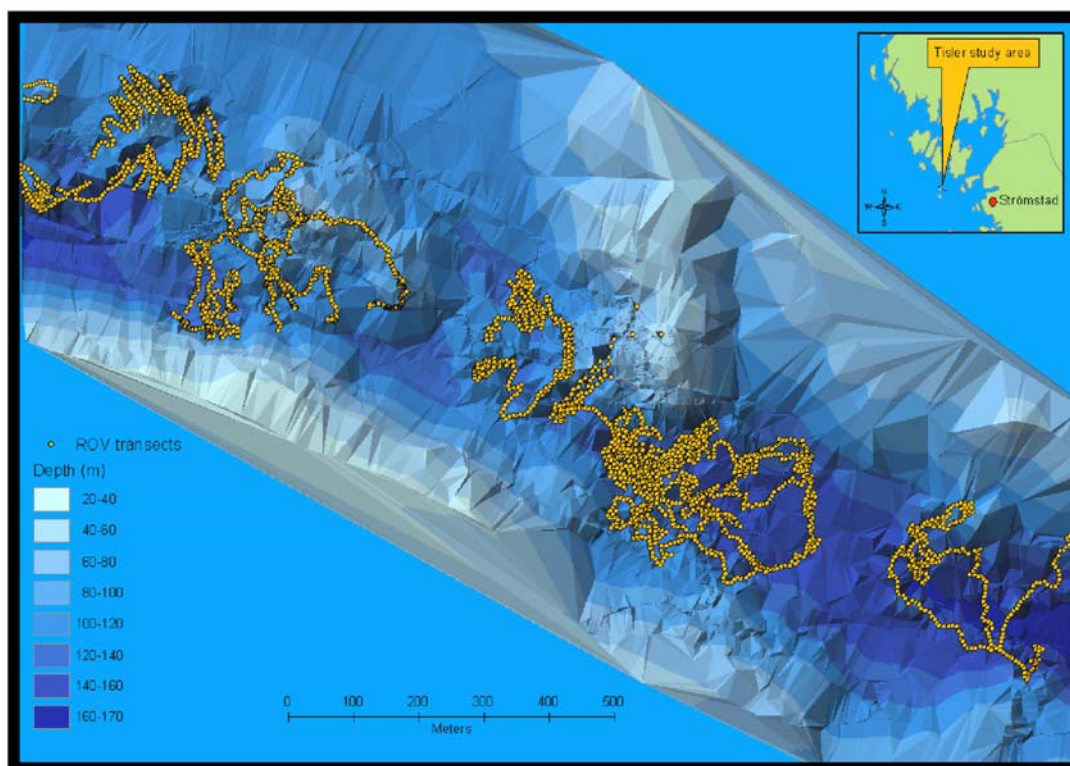


Fig. 9. Undersökningsområdet NO Tisler, med färgkodade djupkonturer och ROV-dokumenterade transekter markerade med bruna spår.

Levande revstrukturer, delvis innehållande mycket stora korallkolonier (minst 2 m diameter, Fig. 8, 10 och 12), har hittats inom ett område som mäter ca 1200 m i längd och ca 200 m i bredd, samt över ett djupintervall mellan 74 - 160 m. I både sydostlig och nordvästlig riktning från det levande revet finns också stora områden med döda korallstrukturer (se Fig. 8 och 10). I dessa områden finns rikligt med tydliga spår efter trålfiske, och det är därför sannolikt att de yttre partierna av revet helt har förstörts av fisket. Innan detta skedde, torde revet ha haft en längd av minst 2 km. Detta innebär, såvitt vi känner till, att detta rev är det hittills största kända som hittats i inomskärsläge. Revet innehåller också flera färgvarianter av *Lophelia pertusa*. Förutom den vanliga vita färgvarianten, förekommer koraller i olika nyanser av gult/orange. Dessa färgvarianter har ej tidigare beskrivits från området, och kan möjligen vara unika (se Fig 11).

Levande korallkolonier i god kondition är vanligen relativt fria från påväxt och associerad fauna. Denna är istället till stor del koncentrerad till döda korallstrukturer. En svampdjursart som är särskilt vanligt förekommande i samband med *Lophelia pertusa* är *Mycale lingua*. Denna art kan ibland konkurrera med korallerna om utrymme, samt även växa över och döda levande korall. Det verkar som om detta främst sker i områden där förhållandena för korallerna ej är optimala, eller där ytor öppnats upp för svampdjuret att kolonisera till följd av skador på korallen, t ex. som resultat av fiske. Graden av påväxt av *Mycale lingua* kan därför ge en indikation på korallernas allmänna kondition. Ett försök att uppskatta graden av *Mycale*-påväxt på *Lophelia* gjordes därför, och redovisas i Fig. 13.

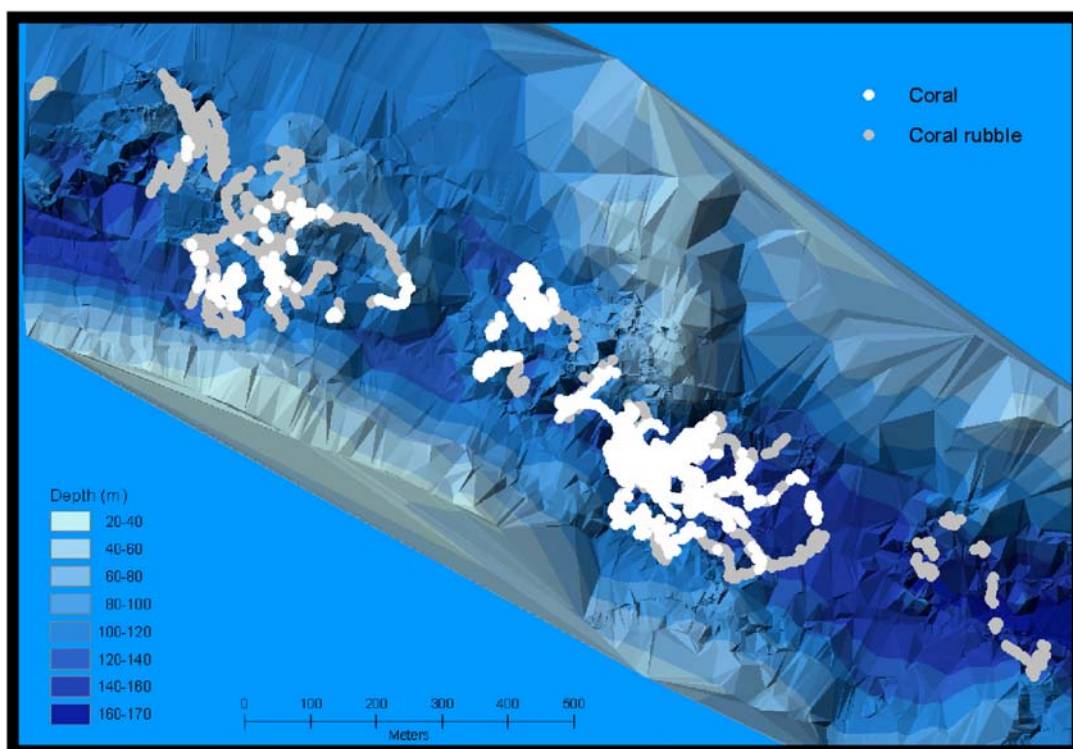


Fig. 10. Undersökningsområdet NO Tisler, med färgkodade djupkonturer och förekomst av levande (vita) och döda (grå) korallstrukturer utefter undersökta transekter.

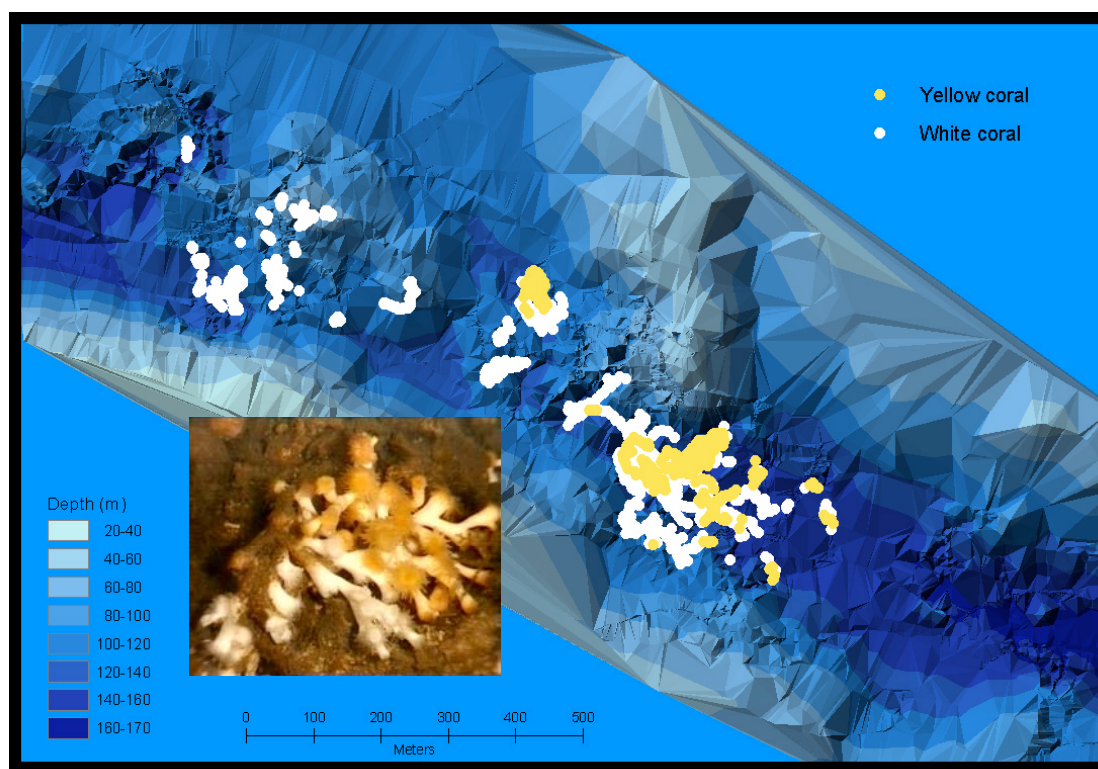


Fig. 11. Fördelningen av vita och gula färgvarianter av *Lophelia pertusa* utefter undersökta transekter. Infällt: foto visande gul och vit färgvariant.

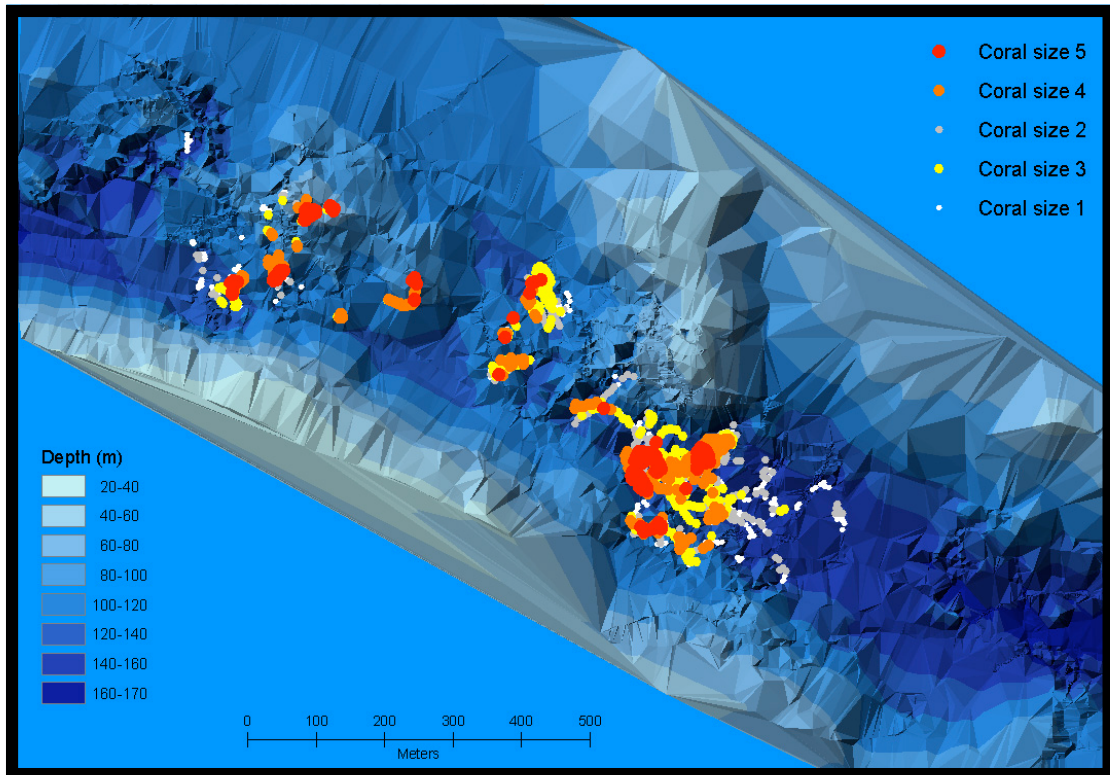


Fig. 12. Fördelning av kolonistorlekar (diameter). Storlek 5: > 1,5 m. Storlek 4: 0,5 - 1,5 m. Storlek 3: 0,2 - 0,5 m. Storlek 2: 0,05 - 0,2 m. Storlek 1: < 0,05 m.

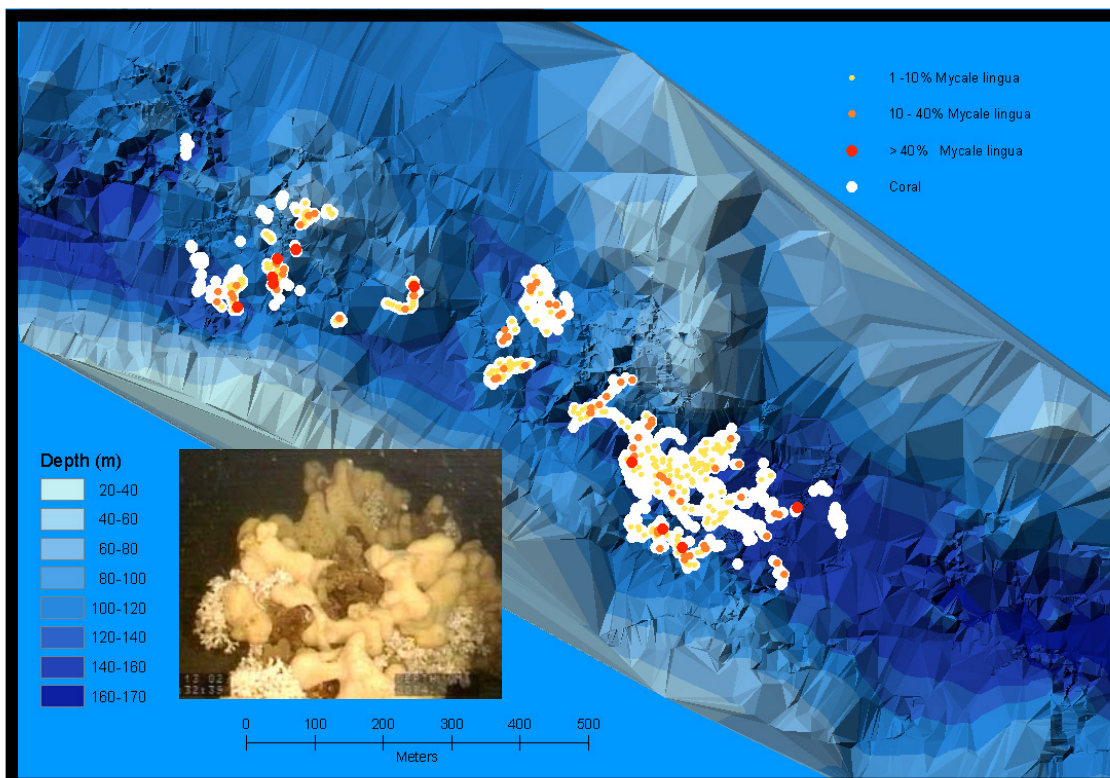


Fig. 13. Uppskattning av graden påväxt av *Mycale lingua*, indelat i fyra klasser, på levande korallstrukturer. Klass 1: < 1% påväxt. Klass 2: 1 - 10% påväxt. Klass 3: 10 - 40% påväxt. Klass 4: > 40% påväxt. Infällt: Bild på korallkoloni med riklig påväxt av *Mycale*.

Analysen av videomaterialet visade på talrika spår av fysiska skador på korallstrukturer, som med stor sannolikhet till övervägande del orsakats av trålfiske. Skadornas karaktär sträckte sig över ett vitt spektrum, inkluderande insnärjda rester av trålduk och garn, krossade och utspridda mindre fragment av levande kolonier, breda spår genom massiva levande korallstrukturer med omkullvälta korallblock med ännu levande korallpolyper på undersidan (sannolikt orsakade av trålbord) till mer eller mindre tydliga spår från trålbord genom levande och dött korallmaterial. Förekomsten av tydliga spår av detta slag lokaliserades också på kartbilden, och illustreras i Fig. 14. Figuren kan ge ett något felaktigt intryck av att hela området är mycket kraftigt påverkat av fiske. Skadorna är visserligen omfattande, och berör uppenbart minst 50% av revstrukturen, men revet innehåller också relativt stora områden utan uppenbara skador och i mycket god kondition.

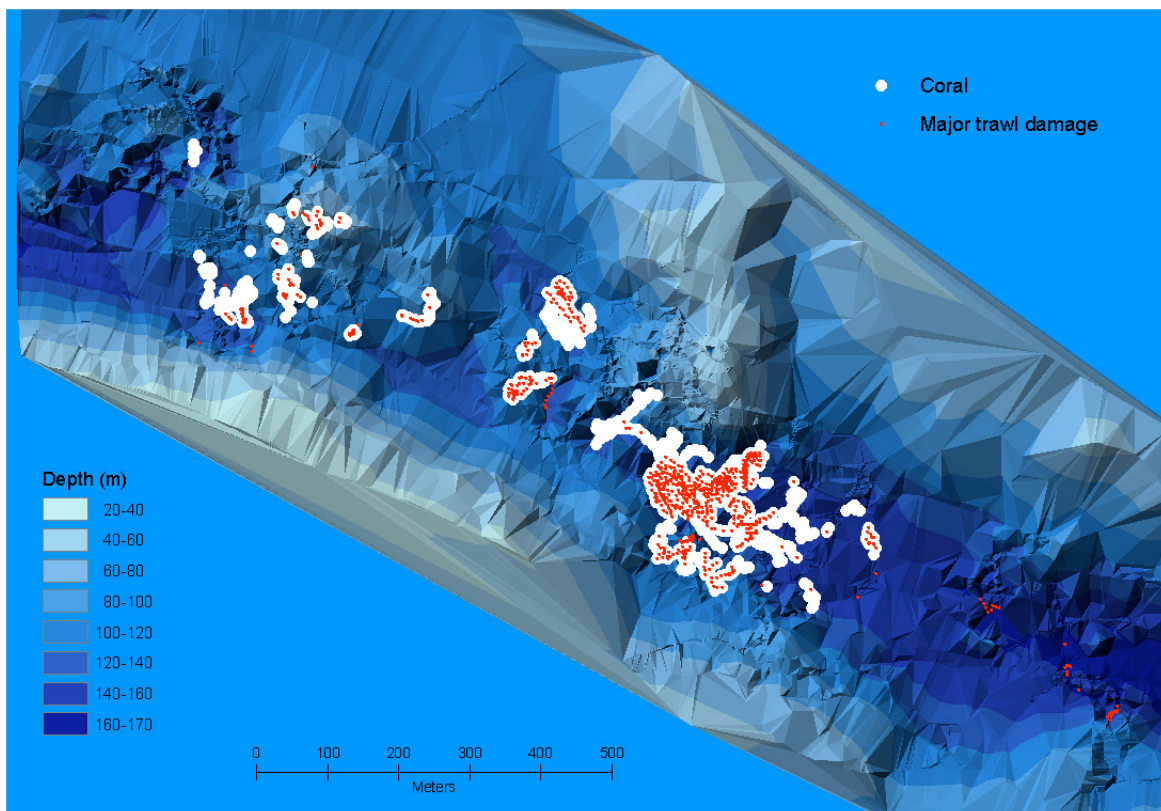


Fig. 14. Förekomst av tydliga skador, sannolikt till övervägande del orsakade av trålfiske, markerade med röda prickar.

Förutom ovannämnda fenomen, relaterade till själva korallstrukturen, gjordes också vissa övriga observationer utefter de avsökte ROV-transekterna. Dessa inkluderade bestämning av bottenstrukturer enligt EUNIS-systemet, så långt detta var möjligt genom observationer från videomaterialet. Bottenstrukturer som observerades i området, i tillägg till biogent korall- och skalgrus, utgjordes av klippbotten (stenar och klippor > 100 cm) och mobila substrat inkluderande block (25 - 100 cm), sten (6 - 25 cm), småsten (2 - 6 cm), grus (0,4 - 2 cm) och sand (< 0,4 cm).

I tillägg till biotoper som dominerades av *Lophelia pertusa* identifierades också biotoper som dominerades av (1) sponger med arten *Geodia baretii* som dominerande inslag, (2) havsanemoner (Actiniarida) med arterna *Urticia eques* och *Bolocera*

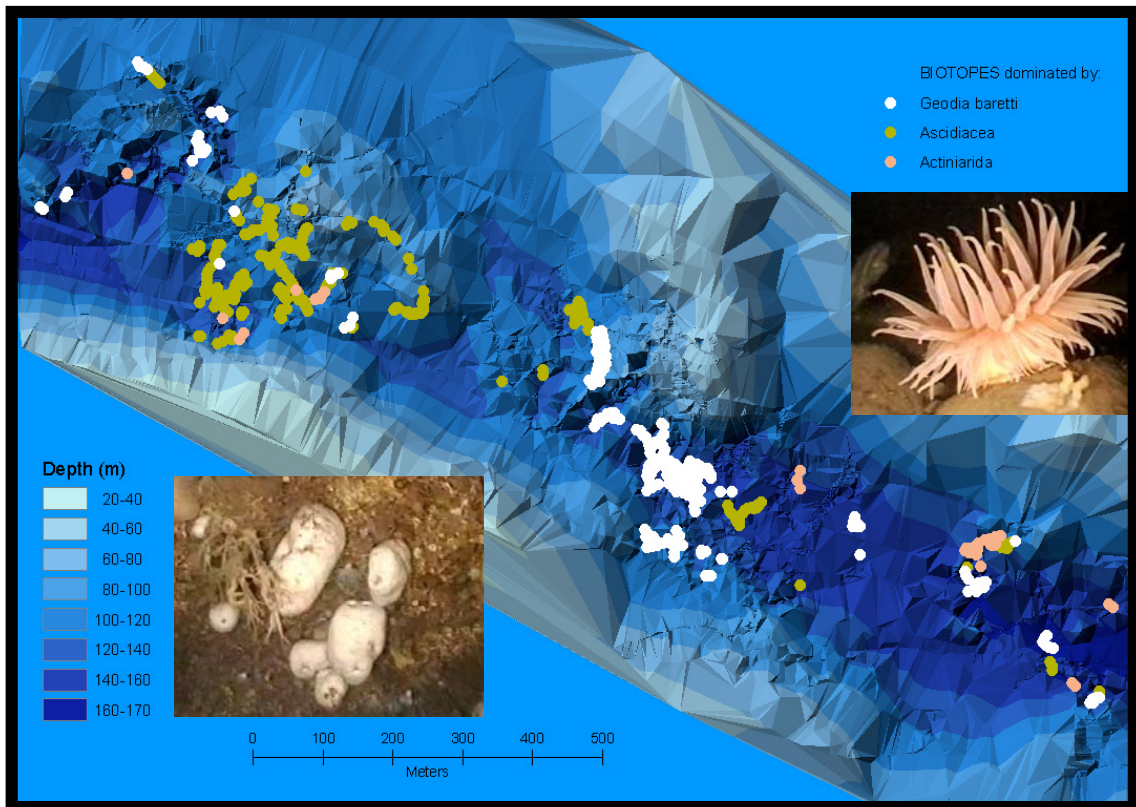


Fig. 15. Utbredning av biotoper dominerade av (1) Spongier (vita punkter), med *Geodia baretii* som dominerande art, (2) Ascidier (olivfärgade punkter) och (3) havsanemoner

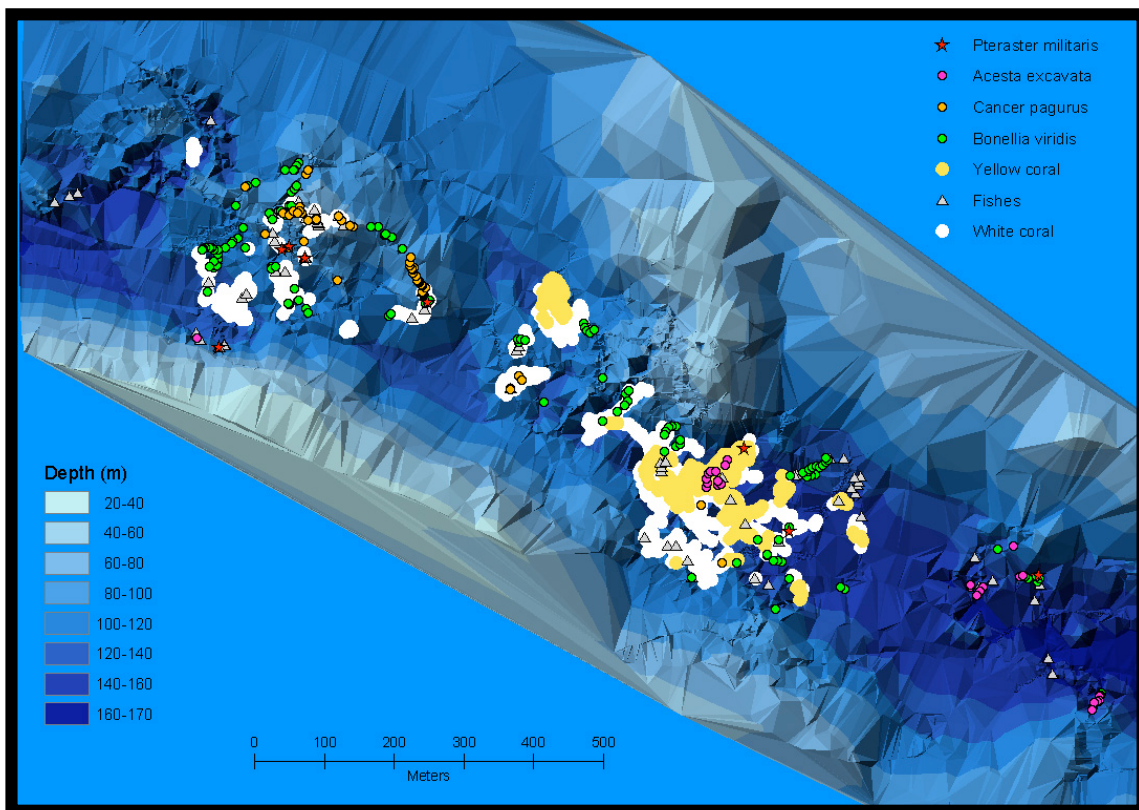


Fig. 16. Observationer av arter och grupper av särskilt intresse, inkluderande den sällsynta sjöstjärnan *Pteraster militaris*, limamussla (*Acesta excavata*), krabbtaska (*Cancer pagurus*), *Bonellia viridis* samt 13 fiskarter.

tuediae som dominerande inslag samt (3) ascidier (sjöpungar). Förekomsten av dessa biotoper illustreras i Fig. 15. Slutligen noterades också förekomsten av vissa enskilda arter och grupper som bedömdes vara av särskilt intresse (Fig. 16). Dessa inkluderade limamussla (*Acesta excavata*), den i korallbiotoper vanligt förekommande echiuroiden *Bonellia viridis*, krabbtaska (*Cancer pagurus*), och den sällsynta sjöstjärnan *Pteraster militaris*, vilken observerades i 8 exemplar, samt observationer av fiskar. Den vanligaste observerade fiskarten var mindre kungsfisk (*Sebastes viviparus*), men ytterligare 10 fiskarter (*Pollachius virens*, *Gadus morhua*, *Myxine glutinosa*, *Raja radiata*, *Lophius piscatorius*, *Molva molva*, *Micromesistius poutassou*, *Trisopterus luscus*, *Microstomus kitt*, *Brosme brosme*) kunde identifieras, varav torsk (*Gadus morhua*) var den vanligaste arten. Ytterligare ett par observerade fiskarter kunde ej identifieras p g a bristfällig videobild.

OMRÅDE 6, SÄCKEN

Innan kartläggningsarbetet i Yttre Hvaler påbörjades har ett omfattande kartläggningsarbete genomförts i själva Kosterfjorden, bl a med avseende på förekomst av djupvattenkoraller (*Lophelia pertusa*). Det finns säkra uppgifter om att levande bestånd av *Lophelia* förekom på tre lokaler i Kosterrännan för ca 20 år sedan. Vid detaljerad kartläggning av dessa lokaler med ROV under de senaste åren, har det framkommit att bestånden av *Lophelia* sannolikt helt har dött ut på två av lokalerna, medan ett litet bestånd av levande koraller, fördelat på två mindre ”patcher”, fortfarande finns kvar i Säckområdet, i omedelbar anslutning till den norsk-svenska gränsen (Fig. 1, lokal 6). På samtliga undersökta koralllokaler i Kosterrännan finns rikliga spår efter trålfiske, och det är sannolikt att detta ligger bakom korallernas utdöende på två av lokalerna (jfr. Fig. 18).

Hela Kosterrännan på djup större än ca 50 m har kunnat kartläggas med hjälp av multistråleekolodningar, och delvis också med sidoskannande sonar. I Fig. 17 visas 3D-projektioner av den del av Säckan i vilken korallreven förekommer. Reven är belägna på en tröskel (ca 85 m djup) som skiljer djupare områden (ca 150 – 170 m) i Kosterrännan till söder och Singlefjorden i norr. På tröskeln finns två ”kullar” (s k carbonate mounds) bestående av korallmaterial. Varje kulle är ca 80 m lång, 40 m bred och 10 m hög. Kvarvarande levande rev är lokaliserade till SV-kanten av varje kulle. Den associerade faunan på Säckanrevet överensstämmer till stora delar med den som återfinns vid reven i Yttre Hvaler-området. I några avseenden finns emellertid också betydande avvikelser. Mest påtagligt är att Säckanrevet hyser en mycket tät population av hårstjärnor (Crinoidea), medan denna grupp är sparsamt företrädd på reven i Yttre Hvaler. På Hvalerreven förekommer också en artrikare spongiefauna, liksom ytterligare en del arter, såsom sjöstjärnan *Pteraster militaris*, hornkorallen *Paramuricea placomus* och medusahuvudet *Gorgonocephalus caputmedusae*, vilka inte observerats på Säckanrevet.

En trålfri zon runt revområdet i Säckan infördes i den svenska fiskeristadgan i juli år 2001. Något senare annonserades även samma område som trålfri zon på norsk sida med stöd av den s k ”korallföreskriften”. Förnyad ROV-dokumentation av området de senaste åren har dock visat att nya betydande skador har inträffat på revet, med stor sannolikhet som följd av trålfiske. Det måste därför konstateras att det hittillsvarande skyddet mot trålfiske ej har varit helt effektivt. Sonarbilden i Fig. 18 visar hela den södra och en del av den norra ”korallkullen” i Säckanrevet. I bilden framträder relativt tydligt trålsår, i form av långa regelbundna fåror i botten, vilka delvis går rakt över revstrukturena.

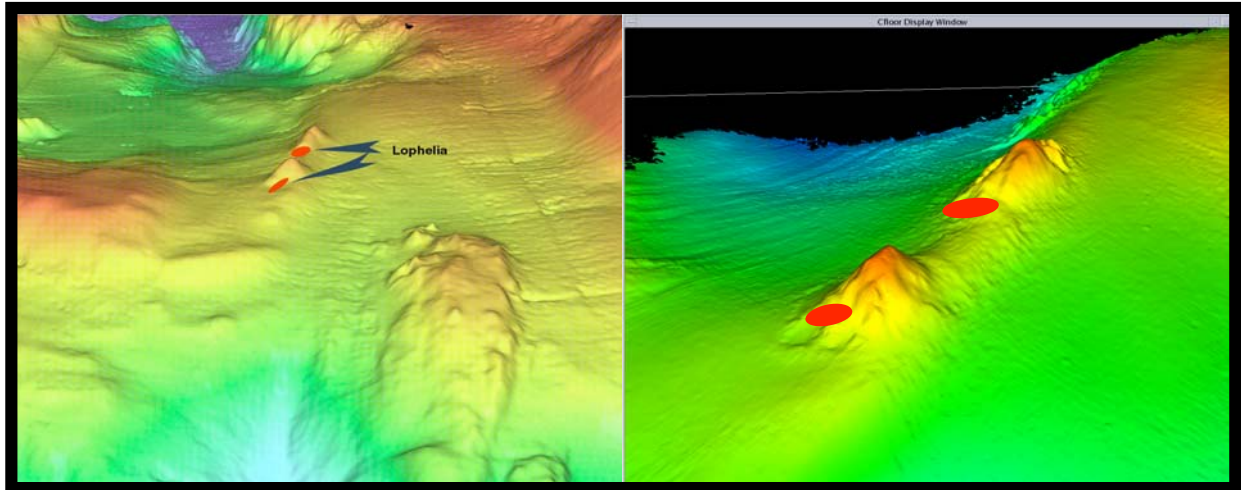
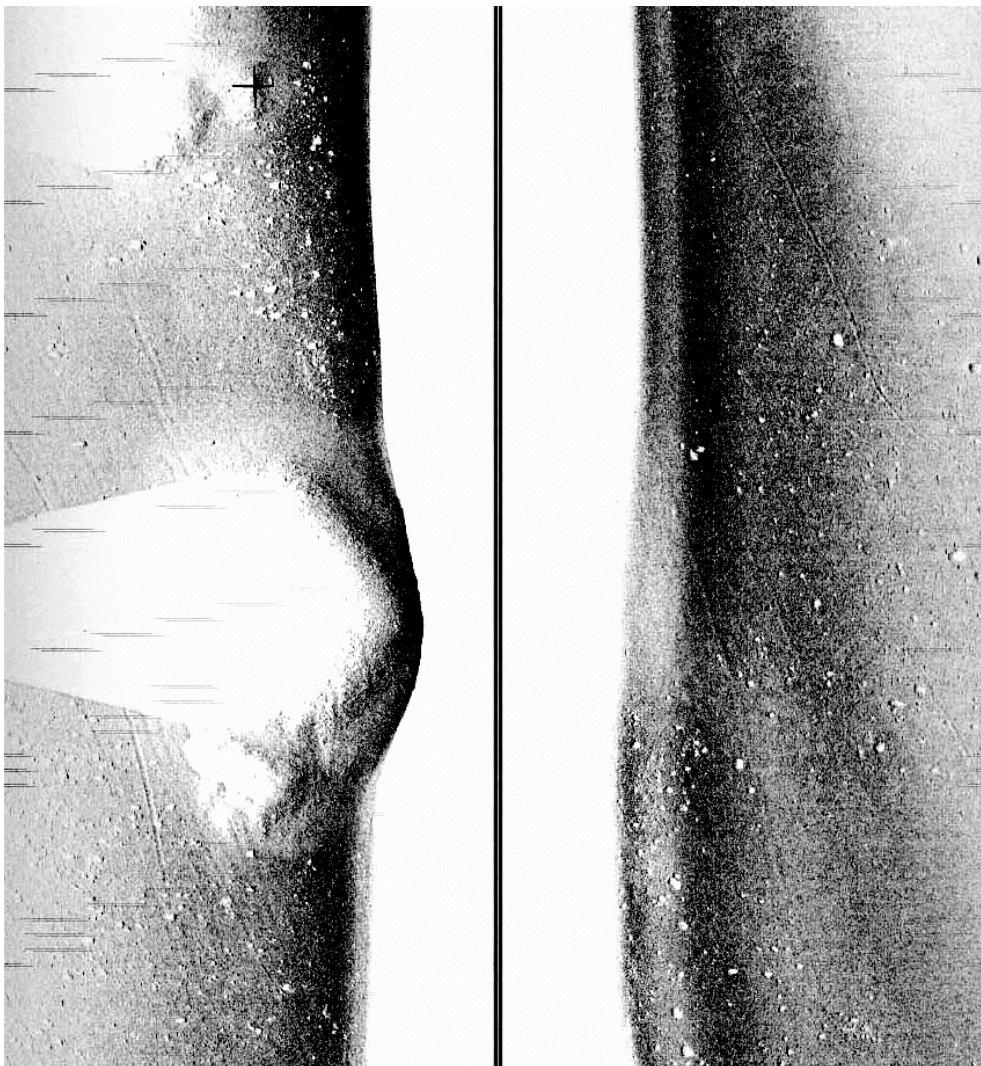


Fig. 17. Batymetriska kartor från koralllokalen i Säckan, med förekomster av levande *Lophelia pertusa* markerade med röda ovaler. Den totala bottenareal som täcks av levande koraller i detta område är ca 400 m². Bilden till vänster är baserad på data från ett multistråleekolod av typ Simrad EM 950, medan bilden till höger är baserad på data från ett högfrekvent (300 KHz) multistråleekolod av typ Simrad EM 3000.



Figur 18. Sonarbild över revområdena i Säckan.

SAMMANFATTANDE BEDÖMNINGAR OCH REKOMMENDATIONER

FYSISKA FÖRHÅLLANDEN

Det råder ingen tvekan om att Yttre Hvaler-området som helhet rymmer utomordentliga värden ur marinbiologisk synvinkel. Förutsättningarna för detta skapas till stor del av de geologiska förhållandena, som i detta område har givit upphov till ett synnerligen variationsrikt undervattenslandskap, innefattande kustnära djuprännor med förträngningar, tröskelstrukturer och större djupvattenbassänger ner till betydande djup, klippbottnar med varierande exponeringsgrad, mineralsammansättning och lutning i djupintervall från ytan och ner till över 400 m djup samt sedimentbottnar innefattande ett brett spektrum av substrattyper över ett stort djupintervall.

Av speciell betydelse är att de kustnära djuprännorna utgör förbindelselänkar mellan Skagerraks djupområden och innanföriggande större djupvattenbassänger som Oslofjorden och Kosterfjorden. Genom att tröskeldjupen i dessa djuprännor är så stora som dryga 100 m, medges ett kontinuerligt utbyte av djupvatten mellan bassängerna som en följd av tidvattenrörelser, interna vågrörelser i djupa vattenskikt och kompensationsströmmar till utströmmande ytvatten. Genom att förbindelserna på ett flertal lokaler i området är trånga, skapas höga medelströmshastigheter, vilket bidrar till god näringstillgång och frånvaro av sedimentation, faktorer som framför allt gynnar ett stort antal filtrerande organismer. Förhållandena bidrar också till upprätthållande av substrattyper som annars är ovanliga i Skagerrakområdet, såsom djupa sten, grus och sandbottnar, vilka utgör livsmiljöer för en helt speciell fauna. I djuprännornas förträngningar pressas också djupvatten upp till betydligt grundare nivåer än vad som är normalt i öppet hav. Härigenom skapas förutsättningar för många organismer att etablera sig på betydligt grundare nivåer än vad som är normalt i mera öppna marina system (den så kallade "fjordeffekten").

BIOLOGISKA VÄRDEN

Den ROV-dokumentation som kommit till användning i föreliggande undersökning kan naturligtvis inte ge en heltäckande bild av den biologiska statusen i ett område. Ett stort antal visuellt observerbara marina arter kan ej med säkerhet identifieras från en videobild, utan kräver ofta undersökning i mikroskop. Ytterligare många arter lever dessutom nergrävda, eller inne i strukturer som ej medger direkt observation. Många grupper av djuplevande fauna kräver dessutom en taxonomisk kompetens, som i många fall saknas eller är svårtillgänglig. Metodiken ger emellertid en god översikt av större dominerande och/eller biotopbildande arter (jfr. Appendix 2), samt en god allmän bild av den biologiska variationsrikedomen och statusen i ett område. En stor fördel är också att metodiken medger förmedling av information om biologiska värden och eventuella hot mot dessa till en bred publik.

Av speciell betydelse är de nya fynden av mycket omfattande förekomster av ögonkorall (*Lophelia pertusa*) i Yttre Hvaler-området. Dessa har genomgripande konsekvenser för förståelsen av denna arts utbredning, liksom för förvaltningen av korallförekomster i Skagerrakområdet i stort. De tidigare kända förekomsterna har betraktats som marginella, i periferin av artens utbredningsområde och långt från andra kända förekomster. Detta har medfört att artens överlevnadsmöjligheter i området har betraktats som osäkra, bl a med

utgångspunkt från artens möjligheter till reproduktion och genetisk adaptation till eventuella förändringar i miljön.

De nya fynden visar att arten har en substantiell förekomst i området och bildar biotoper av betydande omfattning (se Appendix 3 och ovan). Den torde därmed ha en stor betydelse för hela områdets biologiska diversitet, eftersom det numera är välkänt att *Lophelia*-rev skapar förutsättningar för extremt artrika biotoper (t ex. Hovland & Mortensen, 1999). Det bör också finnas ett gott reproduktivt underlag för återkolonisation av redan förstörda eller skadade korallmiljöer, under förutsättning av att dessa kan erbjudas ett effektivt skydd mot fortsatta störningar. Det bör påpekas att även döda korallstrukturer, som fortfarande innehåller större korallaggregat, har ett mycket stort värde som underlag för hög biologisk mångfald hos associerande arter.

Bevarande av revmiljöer kan också ha positiva effekter på storleken av lokala fiskbestånd (t. ex. Costello et. al, in press). Vi har genomgående observerat större förekomster av fisk i revmiljöer än i andra jämförbara miljöer, och under fältarbetet har vi kunnat konstatera att revområdena i Yttre Hvaler utgör frekvent besökta fiskeplatser för lokalbefolkningen. Orsaken är sannolikt att revmiljöerna erbjuder speciellt goda födosöks- och skyddsmöjligheter för ett antal fiskarter.

Reven i Yttre Hvaler-området har också ett utomordentligt stort värde i forskningssammanhang. Ett skäl är att de såvitt känt ligger starkt isolerade från andra kända korallförekomster och i miljöer som i flera avseenden avviker från mera normala revmiljöer. Genom att reven ligger nära kusten i relativt skyddade och grunda områden och utan påverkan av extrema tidvattenströmmar är de också mera lättillgängliga för detaljerade studier än så gott som alla övriga kända förekomster. Fördelningen av rev i området ger bl a underlag för studier av högtintressanta frågeställningar rörande reproduktivt utbyte, lokal genetisk variation och möjligheter till restaurering av skadade revmiljöer.

Av speciellt intresse är också de senaste årens upptäckt av tre såvitt känt starkt isolerade bestånd av hornkoraller (främst *Paramuricea placomus*) med associerade bestånd av medusahuvuden (*Gorgonocephalus caputmedusae*) i Oslofjordens yttre tröskelområde. Det är tillsvidare en gåta varför dessa koraller är begränsade till relativt små specifika områden och frånvarande från andra, till synes likvärdiga, miljöer.

Utöver korallförekomsterna innehåller de undersökta djupområdena synnerligen variationsrika biotoper med stor artrikedom och en lång rad spektakulära och, för det geografiska området i övrigt, sällsynta arter. I första hand förekommer rika exempel på områden dominerade av filtrerande organismer, med en artrik och strukturbildande spongiefauna som främsta inslag, men med framträdande bestånd också av andra djurgrupper såsom ascidier (sjöpungrar), hydroider, brachiopoder (armfotingar), serpulider och sabellider (rörbyggande borstmaskar), anemoner, sjöstjärnor och kräftdjur. I delar av området finns också etablerade populationer av limamussla (*Acesta excavata*), om än med begränsade populationstätheter.

Miljöer av speciellt värde, som är vanligt förekommande i alla de undersökta områdena, utgörs av djupa strömspolade lite grövre sedimentära substrat, såsom småsten, grus, sand och silt. Erfarenhetsmässigt innehåller denna typ av miljöer en specialiserad och relativt artrik fauna, som dock är svår att dokumentera med videoobservationer, möjligen med

undantag av de mycket individrika populationer av skedmasken *Bonellia viridis*, som förekommer på ett stort antal lokaler i området, och med de allra tätaste bestånden i Fjellknausene-området. Allmänt verkar denna typ av miljöer och deras associerade arter vara på stark tillbakagång i Skagerrakområdet, sannolikt till följd av ökat nedfall av organiskt material till följd av eutrofiering. I Yttre Hvaler-området förefaller dock de speciella strömförhållandena kunna vidmakthålla dessa biotoper.

Endast begränsade delar av rena mjukbottenbiotoper i undersökningsområdet har hittills kunnat dokumenteras. Med ROV-teknik kan man i sådana områden främst studera förekomsten av uppstickande epifauna, t ex olika former av sjöpennor (pennatulacéer) vissa anemonarter, rörbyggande borstmaskar och ytlevande musslor. De mjukbottenområden som hittills kunnat dokumenteras har inte uppvisat någon högre täthet eller artrikedom hos denna typ av fauna. I huvudsak har endast glesa bestånd av två sjöpennearter (*Kophobelemnon stelliferum* och *Virgularia tuberculata*), samt enstaka exemplar av ceriantharierna *Pachyceriantus multiplicatus* och *Cerianthus sp.* Erfarenheter från mera omfattande dokumentation av denna typ av miljöer i Kosterfjorden indikerar att detta kan vara en effekt av påverkan från trålfiske (Lundälv & Jonsson, 2000; samt opublicerade data). Områden som är dokumenterat fria från trålpåverkan, t ex till följd av naturliga hinder, har vanligen en betydligt art- och individrikare fauna av denna typ. Sannolikt finns det också områden av denna typ i Yttre Hvaler.

HOTBILDER

Resultaten av kartläggningsarbetet indikerar starkt att fysisk påverkan till följd av fiske, främst med bottenläpande redskap, redan har orsakat betydande skador på korallförekomsterna i Yttre Hvaler-området. Mest uppenbara är dessa skador på delar av Tislerrevet och i Djupekrakkområdet. Men även på Fjellknausene- och Søndre Søster-lokalerna finns klara tecken på skador i vissa kantzoner. Motsvarande skador från trålfiske, fast med än större negativa konsekvenser, har tidigare konstaterats i Kosterfjorden (Lundälv & Jonsson, 2000, 2003). Sammantaget kan konstateras att minst hälften av kända lokaler för *Lophelia pertusa* i gränsområdet helt eller delvis har dött ut under relativt modern tid, och med stor sannolikhet med trålfiske som en dominerande orsak. Skadorna har sannolikt inte orsakats med avsikt. Fiskare uppger vanligen att man undviker trålning i korallområden, på grund av risken för skador på redskapen. Uppenbarligen sker det ändå från tid till annan att trålning sker i dessa områden, kanske som misstag eller genom att oerfarna fiskare provar nya fiskefält. Korallmiljöerna är extremt känsliga för denna typ av påverkan, och det kan räcka med ett enda olyckligt tråldrag för att på minuter allvarligt skada miljöer, som kanske krävt hundratals år för sin uppbyggnad. Även om misstag av denna typ sker med låg frekvens, kommer de med tiden att gradvis utarma revmiljöerna.

Även trålning på mjukbotten i nära anslutning till revmiljöer kan ha negativa konsekvenser, genom den re-suspension av bottenmaterial som sker i samband med trålning, och som kan leda till att bottenströmmar för in stora mängder sediment över reven.

I främst Tislerområdet har ett flertal bottengarn hittats insnärjda i korallstrukturer. Skadorna blir mindre omfattande än i samband med trålning, men är ändå inte försumbara.

Förlorade garn kan fortsätta att ”spökfiska” under lång tid, och försök att dra loss fastnade garn orsakar skador. Risken att garn fastnar är också mycket stor i denna typ av miljöer.

Frekvent ankring i revmiljöer, t ex i samband med fritidsfiske, kan potentiellt orsaka betydande skador på revstrukturen, och bör undvikas.

För några av de döda revstrukturer som har observerats i den norra delen av området O Søndre Søster, samt i Fjellknausene-området, är orsaken till korallernas död för närvarande oklar. En möjlighet är att korallerna kan ha skadats av trålfiske längre tillbaka i tiden. Det kan emellertid också finnas alternativa förklaringar. Delar av dessa korallfält ligger i huvudflödet för Glomma, och det kan tänkas att denna älv vid maximala flöden för med sig stora mängder partikulärt material som möjligen kan leda till kraftig sedimentation och igenslamning av korallmiljöer. Det finns också uppgifter om att dumpning av muddermassor har förekommit i området. Det kan också tänkas att naturliga faktorer, t ex förändrade strömförhållanden till följd av landhöjning, kan ha medverkat. Om möjligt bör dessa förhållanden utredas närmare, för att eventuellt kunna förebygga ytterligare skador i framtiden.

GEOGRAFISK AVGRÄNSNING AV SPECIELLT SKYDDSVÄRDA OMRÅDEN

Som framgår av ovanstående redogörelse innehåller hela det undersökta området stora biologiska värden. Geografiskt torde man dock kunna avgränsa några delområden med speciellt stora kvaliteter. Ett givet sådant delområde utgörs av Tislerrevet med omgivande habitat (område 1 i Fig. 19). Detta rev får anses utgöra ett unikt inslag i Skagerraks marina miljö, och med kvaliteter som gör det unikt även i ett vidare perspektiv. Revområdet är ett av de största som är kända i ett inomskärsområde, kanske det allra största. Revet täcker ett djupintervall på närmare 100 m, och med den grundaste observerade förekomsten på 74 m utgör det en av grundaste kända förekomsterna av *Lophelia pertusa* (endast med undantag av mindre revområden i Trondheimsfjorden). I anslutning till revet finns också andra typer av habitat med stora värden, såsom branta klippbottnar med en rik fauna och strömspolade grus- och sandbottnar. Revet med en omgivande mindre buffertzoon har redan erhållit ett skydd mot fiske med bottenläpande redskap.

Andra områden med speciellt höga kvaliteter finns i anslutning till de djuprännor som förbinder Hvalerdjupet med Oslofjorden på båda sidor om Søster-öarna. I dessa system av trånga djuprännor finns omfattande komplex av korallrev, men här också i kombination med en stor variationsrikedom av andra typer av habitat, innefattande branta klippbottnar, strömspolade bottenar med grövre bottenmaterial samt rena mjukbottenmiljöer.

I Fjellknausene-området (område 2 i Fig. 19) har redan ett mindre område, innefattande de sydligaste revkomplexen i området, erhållit skydd mot fiske med bottenläpande redskap. Kompletterande studier har nu visat att de kanske mest värdefulla reven, med inslag också av hornkoraller, befinner sig längre norrut i systemet. Dessa rev har också till en del redan påverkats av trålfiske. Det vore därför av stort värde om ett större sammanhängande område, innefattande hela detta komplex av korallrev och andra typer av habitat, kunde erhålla ett bättre skydd. I den södra delen av området finns också sluttningar ner mot de extrema djupen i Hvalerdjupet, vilka det inte har varit tekniskt möjligt att undersöka i

denna studie. Djupa klippbottnar i detta område kan emellertid också förväntas innehålla för området unika biologiska komponenter.

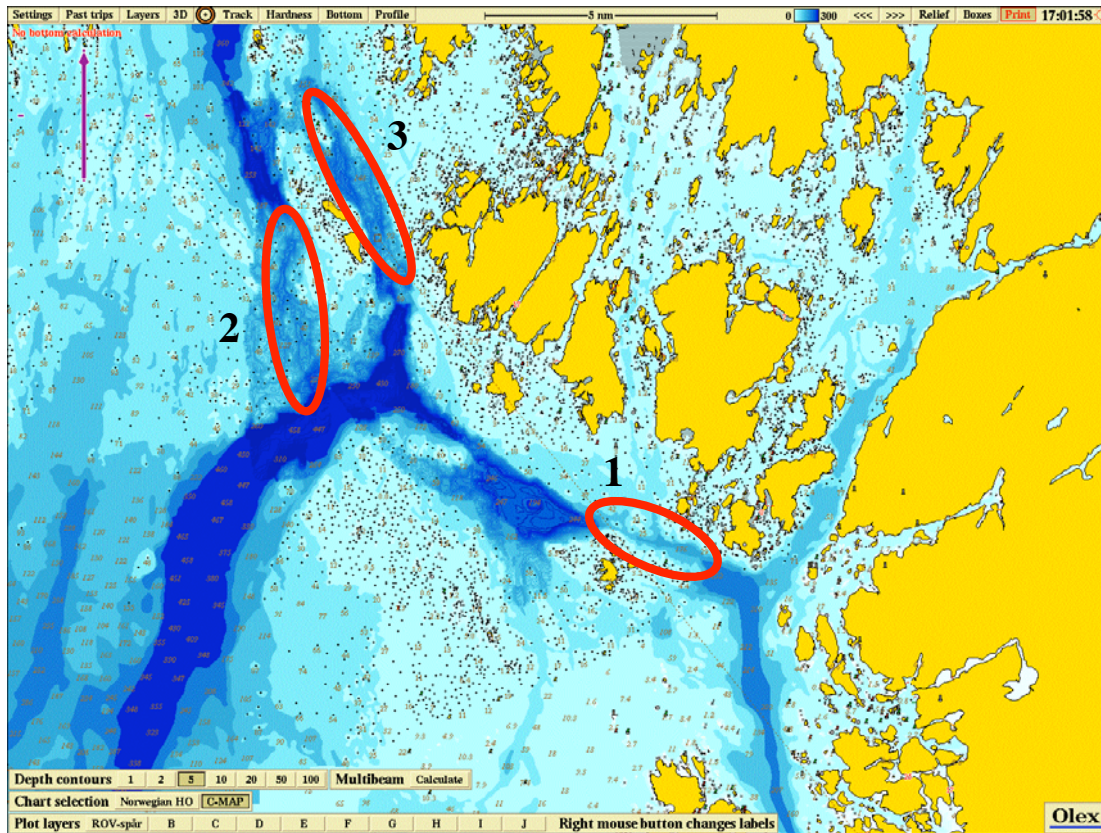


Fig. 19. Områden med speciellt stora skyddsvärden i Ytre Hvaler.

Även området öster om Søster-öarna uppvisar liknande kvaliteter, med de kanske största kvarvarande skyddsvärdena i den södra delen av djupvattenförbindelsen. En optimal lösning vore kanske att eftersträva ett större sammanhängande skyddat område, innefattande djupvattenförbindelserna på båda sidor av Søstrene.

En slutlig avgränsning av skyddade områden, och vad skyddet skall omfatta, måste naturligtvis slutligen avgöras av berörda myndigheter, i samråd med brukarintressen.

TACK

För värdefull assistans i samband med fältarbetet vill jag tacka Cecilia Erlandsson, Lisbeth Jonsson, Johanna Järnegren och Nilima Lindmark. Cecilia Erlandsson och Lisbeth Jonsson har också medverkat vid analys av videomaterial.

Ekonomiska bidrag för utförandet av fältarbete och analyser har lämnats av Nordiska Ministerrådet, WWF Sverige, Fylkesmannen i Østfold, EU 5FP-projektet ACES (contract No EVK3-CT-1999-00008) och naturvårdsverket (genom programmet MARBIPP). Ekonomiska bidrag till använd utrustning har lämnats av Knut och Alice Wallenbergs

stiftelse, Tjärnö Centre of Excellence (strukturfonderna mål 2B och 5B), Västra Götalandsregionen, naturvårdsverket och WWF Sverige.

Slutligen vill jag tacka Fiskeridirektoratet och övriga berörda norska myndigheter för snabb handläggning av tillståndsansökan att arbeta på norskt territorialvatten.

REFERENSER

- Afzelius, L., 1998. Marinbiologisk översikt av djuppartier i yttre Oslofjorden. Rapport till Fylkesmannen i Østfold. 21 s.
- *Costello, M.J., McCrea, M., Freiwald, A., Lundälv, T., Jonsson, L., Bett, B.J., van Weering, T., de Haas, H., Roberts, J.M. & Allen, D., (In press) Functional role of deep-sea cold-water *Lophelia* coral reefs as fish habitat in the north-eastern Atlantic. 2 nd ISDSC Special Volume, Springer Verlag.
- Dons, C. 1944: Norges korallrev. Kgl. norske vidensk. selsk. forhl.
- Hovland, M. & Buhl-Mortensen, P., 1999. Norske korallrev og prosesser i havbunnen. John Grieg Forlag, Bergen.
- Jägerskiöld, L.A., 1971. A Survey of the Marine Benthonic Fauna along the Swedish West Coast 1921-1938. Zoologica 6, 1-146.
- Nilsson, P., 1997a. Biologiska värden i Kosterfjorden. Naturvårdsverkets Rapport 4749. Elanders Gotab, Stockholm.
- Nilsson, P., 1997b. Kriterier för val av marina skyddade områden. Naturvårdsverkets Rapport 4750. Elanders Gotab, Stockholm.
- Lundälv, T., 2003. Kartläggning av marina habitat i Yttre Hvaler, nordöstra Skagerrak. En pilotstudie. Rapport till Fylkesmannen i Østfold och Nordiska Ministerrådet, 16 s.
- Lundälv, T. & Jonsson, L., 2000. Inventering av Koster - Väderöområdet med ROV-teknik. En pilotstudie. Naturvårdsverkets rapport 5079. Naturvårdsverkets förlag, Stockholm.
- Lundälv, T. & Jonsson, L. 2003. Mapping of deep-water corals and fishery impacts in the NE Skagerrak, using acoustical and ROV survey techniques. Proc. 6th Underwater Science Symposium, Aberdeen, April 2003, 4 pp.
- Pfannkuche, O. and cruise members, 2004. Alkor 232 cruise report, 40 pp.
- Wahrberg, R., & Eliason, A., 1926. Ny lokal för levande *Lophohelia prolifera* (Pallas) vid svensk kust. Fauna och Flora 6, 256-260.

APPENDIX 1, Bildbilaga



Korallformationer på Tislerrevet.

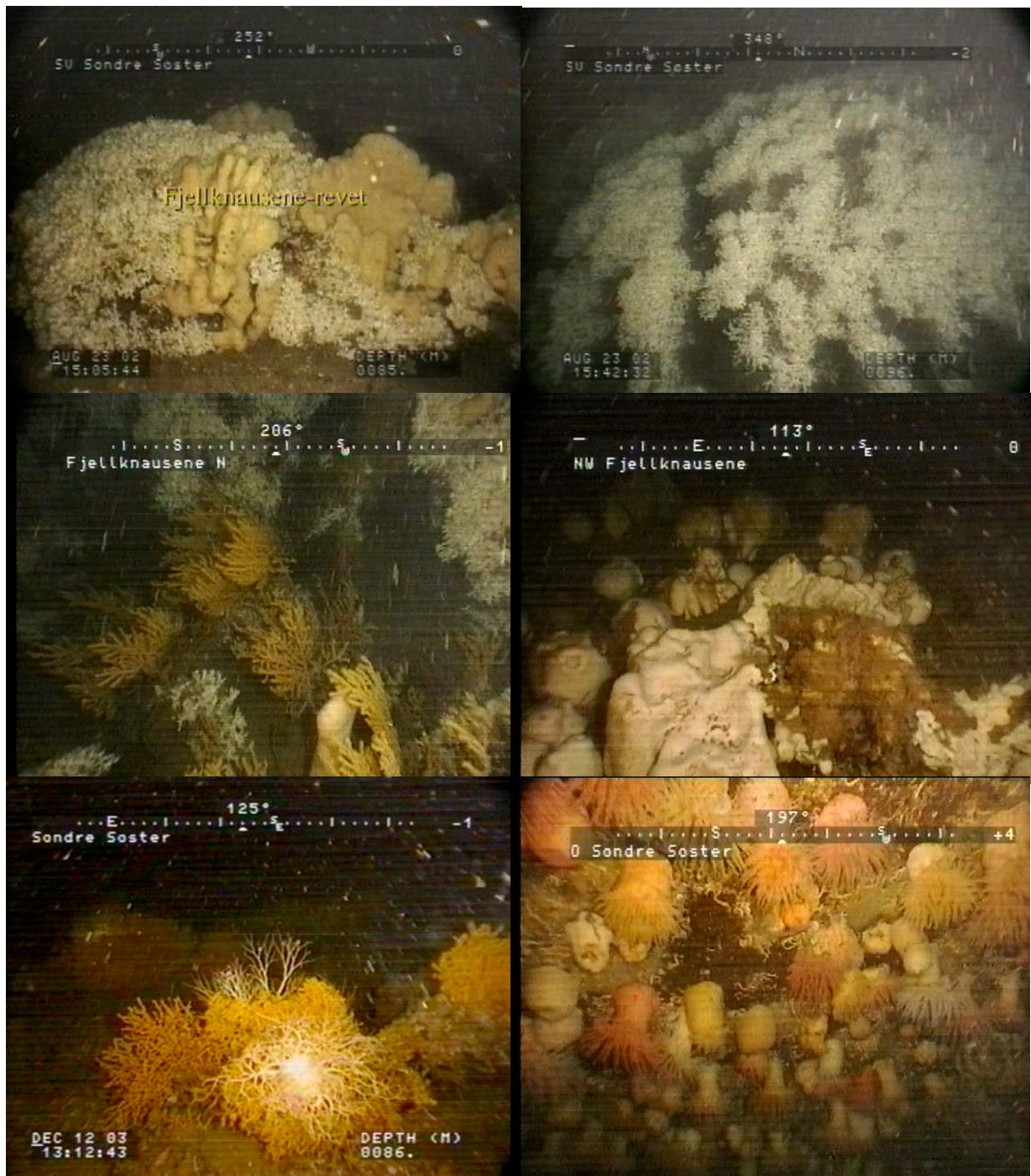


Bild 1 -4: Korallformationer och spongedominerat habitat i Fjellknausene-området
 Bild 5 -6: Hornkoraller med medusahuvuden och klippvägg med *Urticina eques*,
 O Søndre Søster
 (Numrering från ovan, vänster till höger)



Bild 1-2: Limamussla O Søndre Søster och *Pteraster militaris*.

Bild 3-6: Exempel på skador av fiske.

(Numrering från ovan, vänster till höger)

APPENDIX 2. Större bottenlevande arter som observerats med ROV i tre områden (Tislerrevet, Fjellknausene – FK och ost Søndre Søster – SS). Det bör observeras att endast en mindre del av den totala faunan har kunnat identifieras med säkerhet från videodokumentationen.

ARTLISTA			
Lokal		Art	
TISLER	FK	SS	
PORIFERA SVAMPDJUR			
x	x	x	Antho dichotoma
x	x	x	Aplysilla rosea
x	x	x	Aplysilla sulphureus
x	x	x	Axinella infundibuliformis
x	x	x	Axinella rugosa
x	x	x	Geodia barretti
x	x	x	Haliclona spp.
x	x	x	Isops phlaegrei
x	x	x	Mycale lingua
x	x	x	Phakellia ventilabrum
x	x		Phakellia robusta
x	x	x	Pseudosuberites sulphureus
x	x	x	Polymastia sp
x	x		Oidentifierad gul spongie
x	x	x	Oidentifierad gul skorp spongie 2
x			Oidentifierad gul skorp spongie 2
x	x		Oidentifierad vit spongie
x	x	x	Oidentifierad vit skorp spongie
x	x	x	Oidentifierad vit skorp spongie med ådror
x	x	x	Oidentifierad vit skorp spongie knottrig
		x	Oidentifierad vit skorp spongie med hål
x	x	x	Oidentifierad vit spongie grenad
x	x	x	Oidentifierad vit grenad spongie mjuk sladdrig
x	x		Oidentifierad grå skorp spongie med hål
x	x		Oidentifierad gulbrun skorp spongie
		x	Oidentifierad mörkgrå skorp spongie
x	x		Oidentifierad blå spongie
CNIDARIA NÄSSELDJUR			
x	x	x	Lophelia pertusa
		x	Paramuricea placomus
		x	Kophobelemnion stelliferum
		x	Virgularia tuberculata

x	x	x	Bolocera tuediae
x	x	x	Actinostola callosa
x	x	x	Urticina eques
	x	x	Hormathia digitata
x		x	Protanthea simplex
		x	Pachycerianthus multiplicatus
x		x	Cerianthus sp
x	x	x	Eudendrium rameum
x	x	x	Oidentifierad anemon med lång krage
x			Oidentifierad hydroid stor brun buske
x		x	Oidentifierad hydroid liten buske
x		x	Oidentifierad hydroid
x	x	x	Oidentifierad hydroid fiskbenslik
x			Oidentifierad hydroid stor buske
x	x	x	Oidentifierad hydroid grenad liten buske

NEMERTEA SLEMMASKAR

	x		Cerebratulus roseus
	x		Oxypolella punnetti

POLYCHAETA HAVSBORSTMASKAR

x	x	x	Branchiomma bombyx
x	x		Chaetopterus spp
x	x	x	Filograna implexa
x	x	x	Myxicola infundibulum
x		x	Oidentifierad polychaet med långa tentakler
		x	Ophiodromus flexuosus
		x	Owenidae
		x	Pectinaridae
		x	Phylo norwegica
x	x	x	Sabellidae
x	x	x	Sabella pavonina
x	x	x	Serpulidae

ECHIURA SKEDMASKAR

x	x	x	Bonellia viridis
---	---	---	------------------

MOLLUSCA BLÖTDJUR

		x	Abra nitida
x	x	x	Acesta excavata
x			Buccinum undatum

x			Nudibranchia
x			Neptunea antiqua
		x	Nucula spp
x		x	Pseudamussium septemradiatum
x	x	x	Sepiida
ARTHROPODA LEDDJUR			
<hr/>			
x	x	x	Pantopoda
CRUSTACEA KRÄFTDJUR			
<hr/>			
x	x	x	Cancer pagurus
		x	Eualus gaimardi
x			Hyas araneus
	x	x	Nephrops norvegicus
x	x	x	Lebbeus polaris
x			Lepadomorpha
x			Liocarcinus sp
x	x	x	Lithodes maja
x	x	x	Munida sp
x	x	x	Munidopsis serricornis
x			Orchomene serratus
x	x	x	Pagurus spp
x	x	x	Pandalus spp
x	x	x	Spirontocaris liljeborgii
x	x	x	Stenopleustes latipes
		x	Tmetonyx cicada
BRYOZOA MOSSDJUR			
<hr/>			
x	x	x	Reteporella beaniana
	x		Securiflustra securifrons
		x	Oidentifierad vit liten bryozoa
BRACHIOPODA ARMFOTINGAR			
<hr/>			
x	x	x	Macandrevia cranium
x	x	x	Neocrania anomala
x	x	x	Terebratulina retusa
ECHINODERMATA TAGGHUDINGAR			
<hr/>			
x			Antedon petasus
x	x	x	Hathrometra sarsii
x		x	Crinoidea

		x	Brissopsis lyrifera
		x	Echinocardium sp
	x	x	Echinus elegans
x	x	x	Echinus esculentus
	x	x	Gorgonocephalus caputmedusae
x	x	x	Ophiopholis aculeata
x	x	x	Ophiotrix fragilis
x	x	x	Ophiura spp
x	x	x	Henricia spp
x	x	x	Mesothuria intestinalis
x	x	x	Parastichopus tremulus
x	x	x	Ceramaster granularis
x	x	x	Hippasteria phrygiana
x	x	x	Porania pulvillus
x		x	Pteraster militaris
	x	x	Stichastrella rosea

CHORDATA RYGGSTRÄNGSDJUR

ASCIDIACEA SJÖPUNGAR

x	x	x	Ascidia callosa
x	x	x	Ascidia prunum
		x	Ciona intestinalis
		x	Corella parallellogramma
x	x	x	Polycarpa pomaria

VERTEBRATA RYGGGRADSDJUR

x	x	x	Myxine glutinosa
x	x	x	Raja radiata
x			Lophius piscatorius
x			Brosme brosme
x	x	x	Gadus morhua
x			Molva molva
x	x	x	Pollachius virens
x	x	x	Sebastes viviparus
x	x	x	Trisopterus luscus
x			Micromesistius poutassou
		x	Acantholabrus palloni
x	x	x	Microstomus kitt
x			Oidentifierad liten randig fisk

APPENDIX 3. Centralpositioner för olika typer av korallobservationer

<i>Koralltyp</i>	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>	<i>Lokal</i>
Levande större rev av <i>Lophelia pertusa</i>	59°06,220	10°44,100	N Fjellknausene
Levande större rev av <i>Lophelia pertusa</i>	59°04,520	10°44,120	Fjellknausene
Levande mindre rev av <i>Lophelia pertusa</i>	59°03,680	10°44,280	Fjellknausene
Levande mindre rev av <i>Lophelia pertusa</i>	59°03,674	10°44,270	Fjellknausene
Levande större rev av <i>Lophelia pertusa</i>	59°03,577	10°44,190	Fjellknausene
Levande mindre rev av <i>Lophelia pertusa</i>	59°03,700	10°44,242	Fjellknausene
Levande mindre rev av <i>Lophelia pertusa</i>	59°03,700	10°44,260	Fjellknausene
Levande större rev av <i>Lophelia pertusa</i>	59°05,656	10°47,657	O Søndre Søster
Levande större rev av <i>Lophelia pertusa</i>	59°05,640	10°47,870	O Søndre Søster
Levande mindre rev av <i>Lophelia pertusa</i>	59°05,735	10°47,685	O Søndre Søster
Levande större rev av <i>Lophelia pertusa</i>	59°05,785	10°47,895	O Søndre Søster
Levande större rev av <i>Lophelia pertusa</i>	59°05,890	10°47,667	O Søndre Søster
Levande större rev av <i>Lophelia pertusa</i>	59°05,970	10°47,680	O Søndre Søster
Levande större rev av <i>Lophelia pertusa</i>	58°59,860	10°57,670	Tislerrevet
Levande större rev av <i>Lophelia pertusa</i>	58°59,780	10°58,000	Tislerrevet
Levande större rev av <i>Lophelia pertusa</i>	58°59,690	10°58,260	Tislerrevet
Levande mindre rev av <i>Lophelia pertusa</i>	59°00,807	11°06,925	Säcken
Levande mindre rev av <i>Lophelia pertusa</i>	59°00,845	11°06,980	Säcken
Större död Lopheliastruktur	59°04,710	10°43,900	Fjellknausene
Större död Lopheliastruktur	59°04,565	10°43,787	Fjellknausene
Större död Lopheliastruktur	59°04,520	10°44,280	Fjellknausene
Större död Lopheliastruktur	59°04,270	10°44,495	Fjellknausene
Större död Lopheliastruktur	59°08,634	10°43,488	V Strutskrakkene
Större död Lopheliastruktur	59°08,390	10°45,860	Strutskrakkene
Större död Lopheliastruktur	59°06,900	10°47,253	O Nordre Søster
Större död Lopheliastruktur	59°06,060	10°47,800	O Søndre Søster
Större död Lopheliastruktur	59°06,010	10°47,990	O Søndre Søster
Större död Lopheliastruktur	59°05,490	10°48,452	O Søndre Søster
Större död Lopheliastruktur	59°01,450	10°52,035	Djupekrakk
Större död Lopheliastruktur	58°59,995	10°57,280	Tisler
Större död Lopheliastruktur	58°59,845	10°57,850	Tisler
Större död Lopheliastruktur	58°59,605	10°58,690	Tisler
Större död Lopheliastruktur	59°00,815	11°06,945	Säcken
Större död Lopheliastruktur	59°00,855	11°07,010	Säcken
Förekomst av <i>Paramuricea placomus</i>	59°06,280	10°44,070	N Fjellknausene
Förekomst av <i>Paramuricea placomus</i>	59°04,520	10°44,130	Fjellknausene
Förekomst av <i>Paramuricea placomus</i>	59°06,020	10°48,000	O Søndre Søster