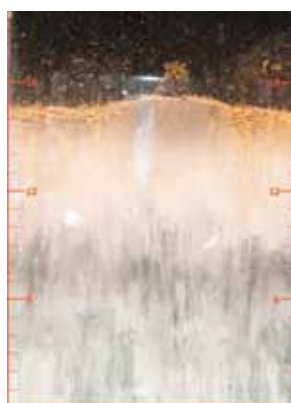




LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN



Marinbiologisk undersökning i de inre delarna av Idefjorden 2010



Projekt Enningdalsälven



Rapportnr: 2010:65

ISSN: 1403-168X

Redaktör: Anna Stenström

Foto: Marina Magnusson

Text: Anna Dimming och Marina Magnusson, Marine monitoring research and consulting

Utgivare: Länsstyrelsen i Västra Götalands län, Naturvårdsenheten

Rapporten finns som pdf på www.lansstyrelsen.se/vastragotaland under Publikationer.

Förord

Idefjorden, belägen på gränsen mellan Norge och Sverige, är en tröskelfjord. Undervattensmiljön i området är speciell. Fjordens inre delar, där sötvattenutflödet från Enningdalsälven blandas med det salta vattnet från havet, utgörs av ett s.k. estuarium. Där förekommer både marina-, sötvattens- och brackvattensarter.

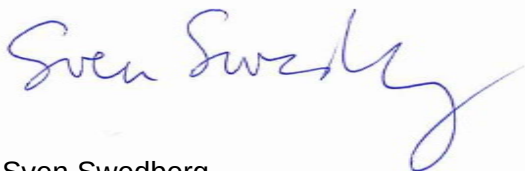
Idefjorden har sedan länge tampats med stora miljöproblem. Dessa orsakas framför allt av fjordens instängda läge och en hög organisk belastning. Den svenska sidan av Idefjorden har sedan 2002 varit ett Natura 2000-område och ingår i EU:s nätverk av skyddade områden. Inom Natura 2000-området har vissa naturtyper ett skydd, en av dessa är 1130 Estuarier.

Inom Interregprojektet Enningdalsälven genomfördes en marinbiologisk undersökning av Idefjordens djupare mjukbottenar. Dessutom kompletterades äldre mätningar av salthalt, temperatur och syre.

Ett syfte med undersökningen har varit att avgöra hur långt ut i fjorden sötvattenspåverkan från Enningdalsälven sträcker sig och med denna information kunna avgöra estuariets utbredning i fjorden. Undersökningen syftade också till att ge information om tillståndet hos grävande mjukbottenfauna i området och hur syreförhållandena är i de djupare delarna. Dessa uppgifter kan även användas vid statusklassningen för Vattendirektivet, både i Sverige och i Norge.

Undersökningen är utförd av Marine Monitoring AB. De tackas för ett väl genomfört arbete. Slutsatser och synpunkter i rapporten är författarnas egna.

Göteborg i januari 2011



Sven Swedberg
Enhetschef, Naturvårdsenheten

Sammanfattning

På uppdrag av Länsstyrelsen i Västra Götalands Län utförde Marine Monitoring AB en marinbiologisk undersökning av de inre delarna i Idefjorden den 16 juli 2010.

Undersökningen omfattade fotografering med sedimentprofilkamera på fem stationer med varierande djup samt kompletterande provtagning och analys av bottenfauna vid tre av dessa stationer. Utöver dessa utfördes även mätningar av salthalt, temperatur och syre från ytan till botten. Vid beräkningar av stationernas miljöstatus enligt EU:s vattendirektiv hade stationerna en *måttlig* till *dålig* miljöstatus. Totalt återfanns endast 8 arter i hela undersökningen med låga individantal på mellan 3 till 34 individer per bottenprov. Biomassan var mycket låg och varierade mellan 0,08 – 0,63 g/0,1 m² (medelvärde 0,3 g/0,1 m²). Syrehalterna vid ytan uppmättes till ca 8 ml/l för alla fem stationerna och vid botten låg alla syrevärden under 2 ml/l vilket medför att känsliga arter ej kan leva här. Haloklinen återfanns på ca 20 meters djup där salthalten vid ytan varierade mellan 8,5 – 10 ‰ för att under haloklinen ha en stabil halt på ca 31 ‰. Temperaturen vid ytan var ca 21,4 °C på alla stationerna men gick från ca 7,4 till 14 °C vid botten med den lägsta temperaturen vid den djupaste botten.

Jämförelser med tidigare studier kunde endast utföras genom att titta på typen av funna arter (tåliga, känsliga, opportunistiska etc.) eftersom metoderna samt analyserna skiljer sig avsevärt mellan studierna. Jämförelsen visar dock att det fortfarande är opportunistiska och/eller tåliga arter av havsborstmaskar och musslor som dominerar vilka ofta återfinns i områden med hög organisk belastning samt vid variationer av salinitet och syrehalter. Sammantaget kan vi konstatera att det är låga syrekoncentrationer som medför att bottenmiljön är dålig i inre Idefjorden.

Bakgrund

Idefjorden som ligger på gränsen mellan Sverige och Norge är en av Sveriges största fjordar med två trösklar i fjordens mynning ut mot Singlefjorden. Fjorden är uppdelad i två vattenförekomster, Idefjorden och Inre Idefjorden, där området längst in i fjorden vid Enningdalsälvens på den norska sidan är ett estuarieområde. Hela den svenska delen är avsatt som ett Natura 2000-område. Utanför trösklarna till fjordsystemet återfinns individrika mjukbottensslätter till skillnad från de inre delarna nedanför Halden som denna studie avhandlar (figur 1).



Figur 1. Karta över den inre delen av Idefjorden med stationer från provtagningen 2010.

Syrebrist och syrefria bottenar är ett vanligt förekommande tillstånd i marina miljöer där vattnet är stagnerat under delar av året som t.ex. i fjordar liksom Idefjorden, där en tröskel hindrar syrerikt vatten att kontinuerligt flöda in och byta ut mindre syrerikt vatten.

Denna procedur förekommer naturligt men kan i kombination med en hög näringstillförsel, som ger upphov till en överproduktion av organiskt material såsom alger, få allvariga konsekvenser för de bentiska organismerna. När dessa sjunker till botten och dör förbrukas stora mängder syrgas av de bakterier och bottendjur som bryter ned algresterna, vilket kan leda till syrebrist i bottenvattnet. Den mer rörliga bentiska faunan reagerar genom att fly om möjligt medan den mer fastsittande faunan dör. De som överlever längst är anpassade till att överleva i vatten med reducerat syre. Man räknar med att de känsligaste arterna påverkas negativt vid syrehalter under ca 1,4 ml/l men att de mest tåliga arterna klarar syrehalter ner till 0,7 ml/l (Diaz & Rosenberg 1995).

Studier gjorda i Idefjorden på 1920-talet visade en artrik bottenfauna i hela fjorden (Jägerskiöld 1925) men redan under 1950-talet var Idefjorden en svårt förorenad havsmiljö. Från sedimentprover har man kunnat utläsa att syrefria bottenar började uppträda på 30-talet. Orsaken till föroreningarna var i första hand utsläppen av fibrer, tungmetaller och organiska klorföreningar från bl.a. sulfittmassafabriken i Halden. Under 60- och 70-talet var föroreningarna så omfattande att fjorden praktiskt taget saknade marint makroskopiskt liv

(Rosenberg 1980). Utbyggd rening av kommunala och industriella utsläpp under 80- och 90-talet har lett till förbättrade miljöförhållanden (Pleijel 2007).

Flera studier är gjorda i Idefjorden med avseende på bottenmiljön. En enklare jämförelse av resultaten från denna undersökning görs med några av dessa studier i slutet av denna rapport.

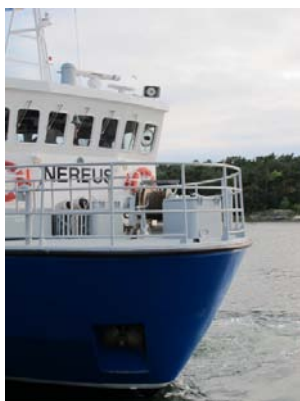
Metodbeskrivning

Provtagning och insamling av material utfördes 16 juli år 2010 från fartyget R/V Nereus (fig.2). Provtagningsförhållandena denna dag var optimala med klart till halvklart väder och 3 m/s sydlig vind. De fem stationerna var utplacerade längs den norsk-svenska gränsen (figur 1) och provtogs vid de exakta positionerna som anges i tabell 1. Två olika metoder användes; dels fotografering av sedimentprofiler med en sedimentprofilkamera (SPI) på fem stationer, dels kompletterande bottenfaunaprovtagning med en huggare på tre av dessa fem stationer.

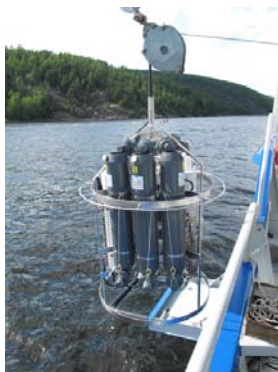
Tabell 1. En översikt över varje provtagningsstations exakta position, djup och beräknad ekologisk status enligt EU:s Vattendirektiv (Water Frame Directive WFD) med standardavvikelser.

Bottenhugg	Djup (m)	Longitud	Latitud	BQI Index	SD	Miljöstatus enligt WFD
SB1(a)	9,3	59° 0.708	11° 26.665	3,2	0,19	Dålig
SB1(b)		59° 0.708	11° 26.665			Dålig
SB2(a)	12,8	59° 1.366	11° 26.144	3,4	0,18	Dålig
SB2(b)		59° 1.352	11° 26.116			Dålig
SB3(a)	20,6	59° 1.954	11° 25.478	2,9	0,95	Dålig
SB3(b)		59° 1.942	11° 25.488			Dålig
SPI	Djup (m)	Longitud	Latitud	BHQ Index	SD	Miljöstatus enligt WFD
SB1	9,7	59° 0,721	11° 26,637	5,6	0	Måttlig
SB2	12,7	59° 1,358	11° 26,136	5	0,89	Otillfredsställande
SB3	20,5	59° 1,96	11° 25,468	3,6	1,82	Otillfredsställande
S4	35,5	59° 4,28	11° 23,602	1,4	1,22	Dålig
S5	37,5	59° 5,543	11° 22,475	1	0,89	Dålig

Totalt provtogs 5 SPI-stationer och 3 bottenfaunastationer i de inre delarna av Idefjorden. För varje station noterades position och djup samt utfördes en CTD- mätning (modell SEA-Bird SBE 19 Plus V2, figur 3) och syreprovtagning. Syremätningarna utfördes med en syresond (YSI model 58, figur 4) vid botten men övriga mätningar erhöles från ca 2 m ovan botten till följd av apparaturen som är känslig för kontakt med botten. Salinitetens startvärden började vid 0,5 m djup vid ytan.



Figur 2 Provtagningsfartyg



Figur 3 CTD-utrustning

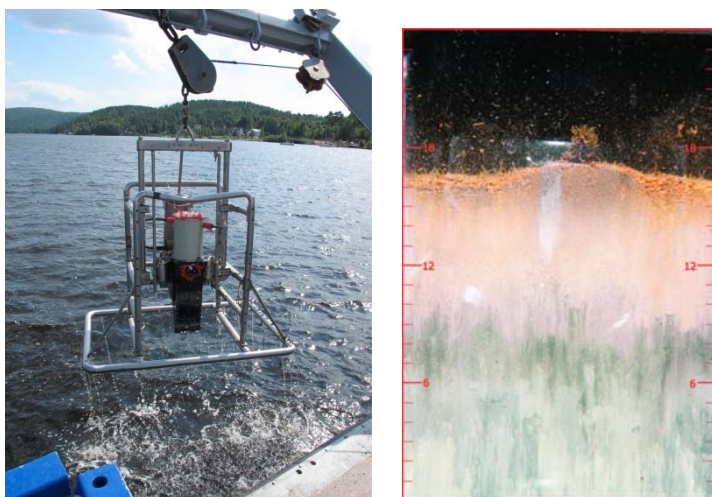


Figur 4 Syremättningsapparat

Nedan följer en metodbeskrivning av fotografering med SPI-kamera samt provtagning av bottenfauna.

Sedimentprofilkamera

SPI-tekniken med fotografering av sedimentprofiler kommer från USA, där den sedan drygt 30 år har använts för miljöanalys, bland annat av amerikanska Naturvårdsverket (EPA). Fotografering av vertikala profiler av sedimentet sker med en s.k. sedimentprofilkamera (SPI) (fig.5) som sakta sänks mot botten. Väl på botten sjunker prismet med kameran in i sedimentet och bilden exponeras. Kamerans rörelse ner i sedimentet är dämpad av en



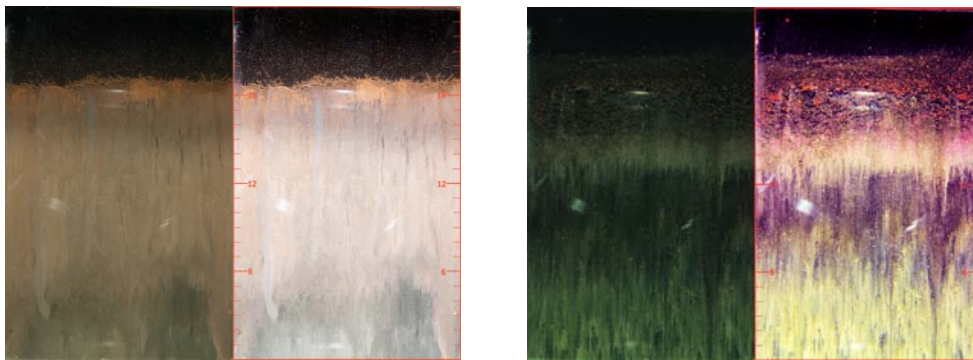
Figur 5 Sedimentprofilkamera samt en sedimentprofilbild från botten.

hydraulisk cylinder för att minska upprörning och neddragning av det översta sedimentet. Den verkliga storleken på bilden som fotograferas genom prismet är 16 cm bred och upp till 24 cm djup. Det fotograferade sedimentets djup beror i huvudsak på sedimentets kornstorlek

och vatteninnehåll, vilka styr hur långt prismet tränger ner i sedimentet. I denna studie användes en digital systemkamera (Canon EOS D10, 6,3 Megapixlar, 35 mm/F 2,0), vilket möjliggör en besiktning av tagna bilder direkt efter det att kameran kommer upp till ytan.

Vid varje station i Idefjorden fotograferades fem sedimentprofilbilder som senare analyserades digitalt med avseende på sedimentets oxidationsstatus samt bottendjurens aktivitetsmönster i och på sedimentet. Från dessa variabler beräknades ett bentiskt habitats kvalitets index (BHQ – Benthic Habitat Quality) vilket kan visa på eventuell biologisk störning (Nilsson & Rosenberg, 1995, 1997, 2000). För att få en säkrare analys förstärks kontraster och färger i Photoshop CS 8.0 (Adobe) innan bildanalys sker (figur 6). De bilder som visas i denna rapport är behandlade på detta sätt, varför färgerna inte är naturliga.

Efter analys görs en miljö kvalitetsbedömning med avseende på bottenmiljöns kvalitet i relation till EU:s vattendirektiv. För mer utförlig information se faktaruta 1.



Figur 6 Färgredigering av två profilbilder. Den högra bilden från varje sammansatt bildgrupp visar resultatet efter färgförstärkning. Sedimentprofilbilderna härstammar från undersökningen 2010 och visar botten med status *måttlig* (vänster) respektive *dålig* (höger) enligt EU:s vattendirektiv.

Undersökningar i kustområden i Skagerrak har vetenskapligt visat att det Miljö kvalitetsindex (BHQ) som beräknas genom SPI-teknik ger en mycket stark korrelation med analys av bottenfauna (Nilsson & Rosenberg, 2000; Rosenberg et al. 2002). SPI kan därför starkt rekommenderas som en utmärkt metod för att bedöma miljö kvaliteten av havsområden, vilket även framgår ur Naturvårdsverkets rekommendationer (Anon. 1999).

Användandet av SPI medför att större områden effektivt kan inventeras med avseende på botten miljöstatus. Vidare möjliggör det att både direkta (exempelvis effekter av muddertippning alternativt trålskador) och indirekta (effekter på bottendjur) effekter kan studeras med samma metod. SPI medger dock inte artbestämning av bottendjur utan för att kartlägga biodiversiteten, rekommenderas analys av bottenfauna.

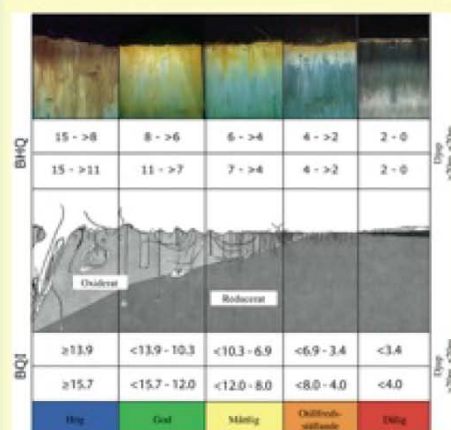
Faktaruta 1

Faktaruta 1 - Analys av bottenens miljökvalitet med sedimentprofilkamera (SPI)

I slutet på 1970-talet utvecklades en generell modell, den så kallade Pearson & Rosenberg modellen, för att beskriva marina bottenars kvalitet samt förändringar av faunan i tid eller rum. Denna modell har visat sig vara användbar för att beskriva hur artdiversiteten hos bottenfaunan förändras i relation till olika typerna av stress, t.ex. organisk belastning, syrebrist och mekanisk störning som trålning och muddringsarbeten.

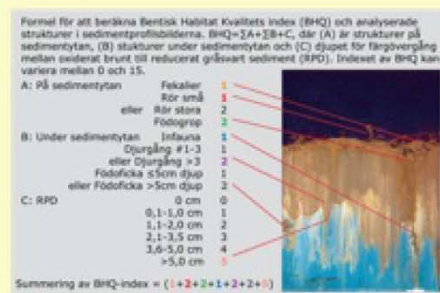
För att kunna uppskatta graden av stress hos bottenfaunasamhällen beräknas ett benthiskt kvalitetsindex (BQI) som är uppbyggt av tre faktorer; proportionen mellan känsliga och toleranta arter, antal arter och antal individer.

Att analysera bottenfaunaprover är mycket tidsödande. Ett index för att bestämma miljökvaliteten hos mjukbottenfaunasamhällen (BHQ-index) utifrån sedimentprofilbilder (SPI) har därför utvecklats. Metoden har flera fördelar, bland annat genom att det går snabbt att provta och analysera bilderna i relation till BHQ-indexet. Detta gör metoden betydligt billigare än traditionell teknik med analys av bottenfaunasamhällen. Vidare ger metoden en integrerad bild av sedimentets syreförhållanden, vilka avspeglar djurens aktivitet under en längre tidsperiod.

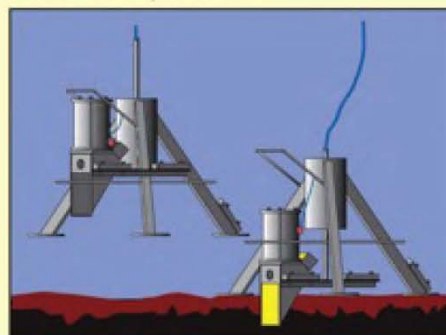


I figuren visas originalteckningen av de olika successionsstadierna, motsvarande sedimentprofilbilder, och föreslagna klassning utifrån EU:s vattendirektiv med angivna gränser för BHQ- och BQI-indexet för de 2 djupintervallen som klassningen stratifierats utifrån.

Foton av sedimentprofiler visar dessutom en mycket god överensstämmelse med Pearson & Rosenberg modellen, eftersom analysen av bilderna integrerar sedimentets syreförhållanden och faunans aktiviteter, dvs. ju större del av sedimentet som är oxiderat, desto fler funktionella djurgrupper finns det i botten (Nilsson and Rosenberg, 2000). Detta medför att BHQ är direkt jämförbart med det benthiska kvalitetsindexet (BQI). Från det framräknade BHQ- eller BQI-indexet kan man sedan klassificera bottenmiljön efter olika successionsstadier, vilket kan användas för tillståndsklassningen av miljön enligt EU:s vattendirektiv enligt ett förslag utarbetat av Rosenberg *et al.* (2004).



Variablerna som använts för att beskriva BHQ-indexet är sådana att de skall vara lätta att tolka från sedimentprofilbilderna, samt att de skall spegla bottenens kvalitet på ett objektivt sätt. Variablerna är fördelade inom tre grupper; (A) ytstrukturer, (B) strukturer i sediment och (C) oxidationsdjupet (RPD), dvs. djupet i sedimentet där färgövergången mellan det bruna oxiderade och det svarta reducerade skiktet förekommer.



Tekniken hos en sedimentprofilkamera kan, liknas vid ett upp-och-nervänt periskop. Sedimentprofilbilden exponeras efter att prismet har trängt ner i sedimentet.

Bottenfauna

På de grundare stationerna; SB1, SB2 och SB3, togs två bottenhugg med en huggare av typ Smith McIntyre med provtagningsyta $0,1 \text{ m}^2$ (figur 7). Vid varje hugg gjordes en bedömning av bottenens beskaffenhet utifrån ytskikt, lukt, färg och substratklassificering. De erhållna proverna behandlades separat och sållades genom 1 mm såll. Därefter fixerades djuren i 70 % etanol för senare analys i laboratorium.



Figur 7. Huggare av typen Smith McIntyre med provtagningsyta $0,1 \text{ m}^2$ samt det osållade provet.

Varje individ bestämdes till art och antalet individer (abundans) samt den sammanlagda våtvikten (biomassa) per art noterades för varje bottenprov och station. Provtagnings- och analysförfarande har skett utifrån metodbeskrivning för provtagning och analys av mjukbottenlevande makrovertebrater i marin miljö (Leonardsson 2004).

För att kunna göra en bedömning av den ekologiska statusen i enlighet med EU:s Vattendirektiv har ett bentiskt kvalitetsindex (BQI – Benthic Quality Index) (Rosenberg et al. 2004) beräknats för varje station (och replikat). BQI baseras på en objektiv bedömning av den relativa förekomsten av känsliga respektive tåliga arter, antal arter samt antal individer i bottenfaunan (se formel nedan). Proportionen känsliga och toleranta arter varierar mellan 1 och 15 (Naturvårdsverket 2007). En art som ofta förekommer i artfattiga (påverkade) miljöer får ett lågt indexvärde medan arter som endast förekommer i artrika miljöer får höga indexvärden. Det erhållna BQI-värdet varierar mellan 0 (döda botten) och >22 (hög miljöstatus). Detta innebär att andelen känsliga arter är stor på en station med högt BQI-värde medan tåliga arter dominerar på en station med lågt värde. I västerhavet är klassgränserna uppdelade på två djupintervall, då djupet är korrelerat till salthalten. Områden djupare än 20 m har tilldelats gemensamma klassgränser då salthalten anses stabil.

Grundare områden, 5 – 20 m, där salthalten kan vara varierande, har således tilldelats gemensamma klassgränser.

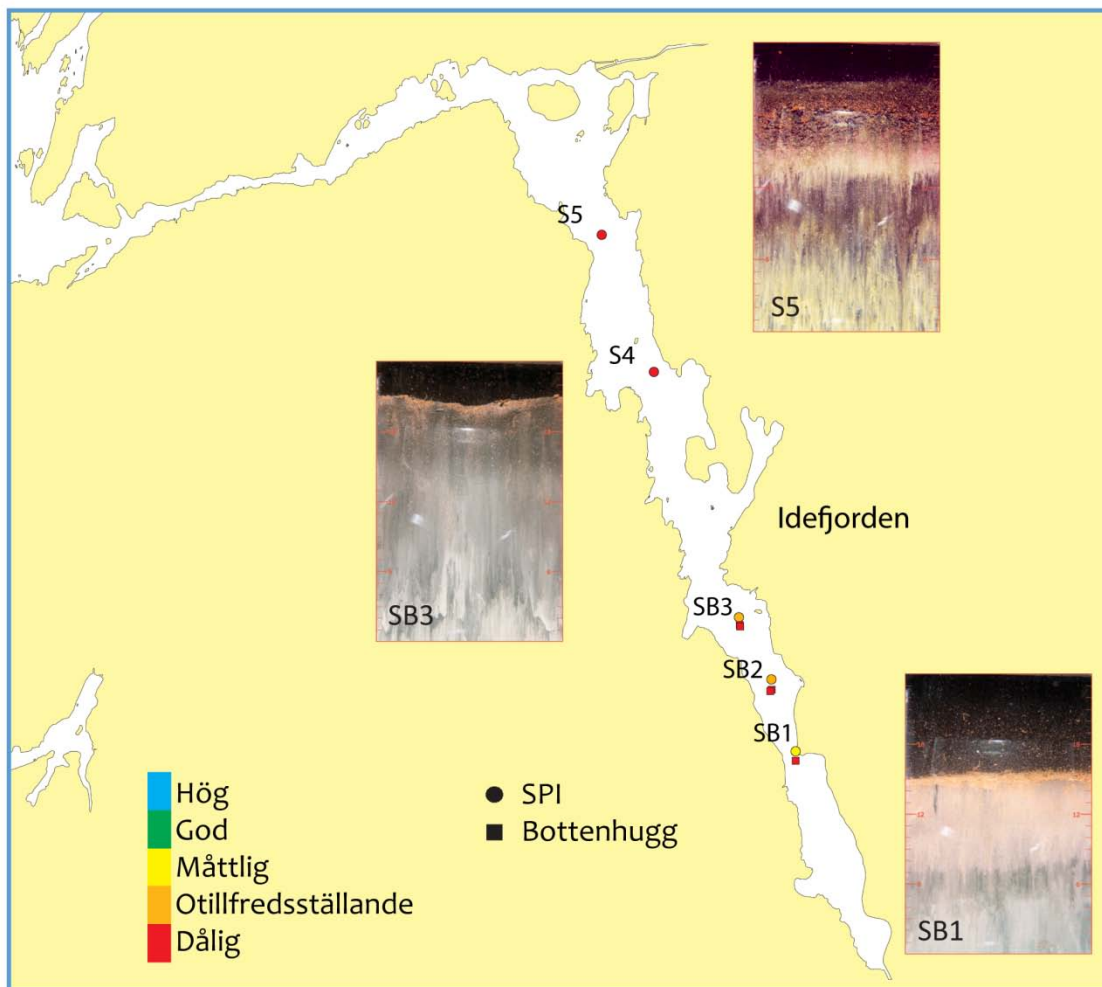
Formel för BQI (Benthic Quality Index) med dess ingående parametrar. S = totala antal arter, S_{klassade} = antal känslighetsklassade arter, N_{tot} = totalt antal individer per 0,1 m², N_{totklassade} = totalt antal känslighetsklassade individer, N_i = antal individer av art i (NFS 2008).

$$BQI_m = \left[\sum_{i=1}^{S_{klassade}} \left(\frac{N_i}{N_{totklassade}} * Känslighetsvärde_i \right) \right] * \log_{10}(S + 1) * \left(\frac{N_{tot}}{N_{tot} + 5} \right)$$

Resultat

Djupen vid de olika provtagningsstationerna varierade mellan 9,5 och 37 m där den djupaste stationen (S5) var belägen närmast Halden och den grundaste (SB1) var belägen närmast Enningdalsälvens estuarieområde.

Samtliga 6 bottenhugg var fulla och substratet utgjordes överlag av lera med varierande inslag av silt. En stor mängd organiskt material förekom i proverna och vid ett av proverna (från station SB2) återfanns en stor mängd kol och metallslagg som antas vara en kvarleva från ångbåtar som en gång i tiden trafikerade fjorden. Överlag var bottensubstratet mycket mjukt då flera sedimentprofilbilder var överpenetrerade och penetrationsdjupet i bilderna som lägst var 16 cm. Inget svavelväte observerades i något av bottenhuggen men kunde dock detekteras från SPI-kameran på de två stationerna med de största djupen (S4 35,5 m samt S5 37 m). På dessa båda stationer sågs även en annorlunda färgskiktning ca 6 cm ner i sedimentet som möjligen antas vara fibrer från den tidigare pappersmasseindustrin i Halden. Vid beräkningar av stationernas miljöstatus enligt EU:s vattendirektiv hade stationerna en *måttlig* till *dålig* miljöstatus (figur 8).

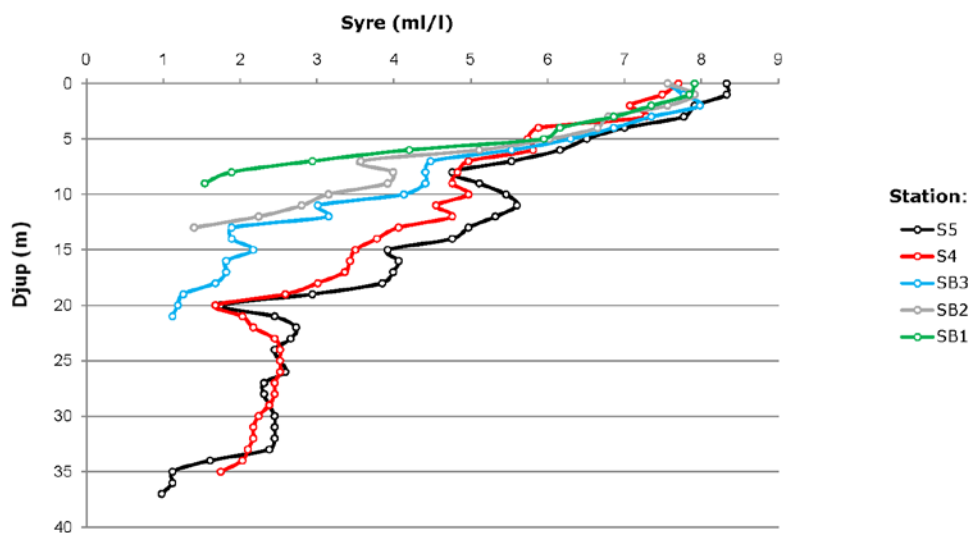


Figur 8. Karta över 2010-års undersökning med varje stations klassificerade miljöstatus enligt EU:s vattendirektiv med infällda sedimentprofilbilder från stationerna SB1, SB3 och S5. Notera att resultatet från SPI-bilderna presenteras som fyllda cirklar och bottenhuggens resultat som fyllda fyrkanter för varje station.

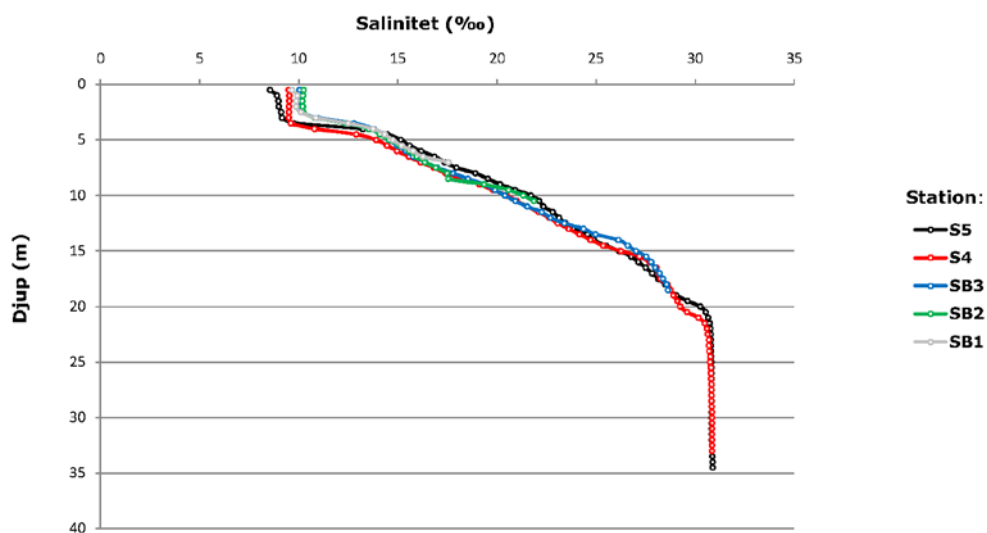
Syrehalterna vid ytan uppmättes till ca 8 ml/l för alla fem stationerna (figur 9). Vid botten låg alla syrevärden under 2 ml/l. Det lägsta syrevärdet (0,98 ml/l) uppmättes vid botten på den djupaste stationen (S5, 37 m) och bilder från denna station visar på en botten som saknar makroskopiskt liv.

Vattnet i Idefjorden har ett sötare ytvatten (ner till ca 2 m) och sedan sjunker saliniteten ner till 20 m djup där haloklinen (salthaltsskiktningen) befinner sig (figur 10). Under detta djup återfinns en stabil salthalt ner till de djupare bottenarna. Salthalten vid ytan varierade mellan 8,5 – 10 ‰. De djupaste stationerna (S4 35,5 m och S5 37,5 m) hade en salthalt på ca 31 ‰

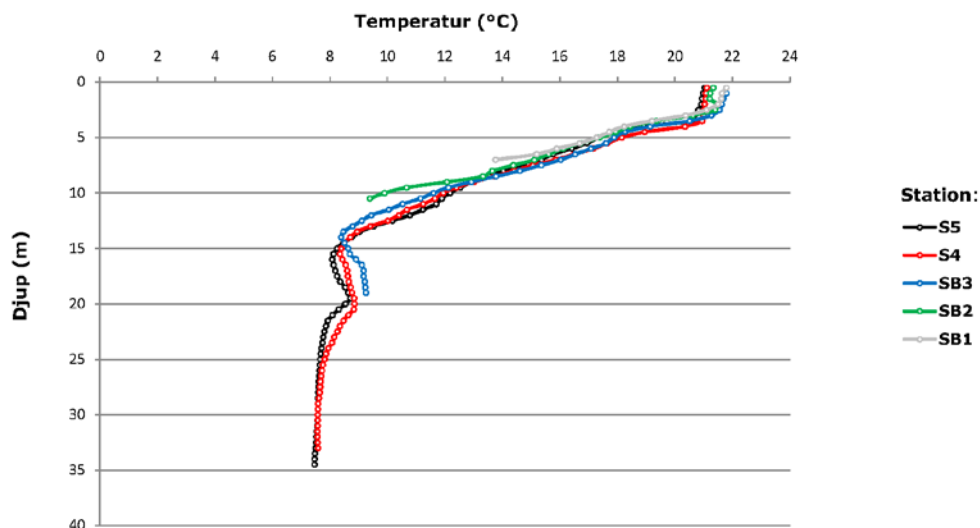
vid botten. Temperaturen vid ytan var ca 21,4 °C på alla stationerna men varierade från ca 7,4 till 14 °C vid botten med den lägsta temperaturen vid den djupaste botten (figur 11).



Figur 9. Syrevärden uppmättes på varje station från ytan till botten.



Figur 10. Salthaltsmätningar på varje station mättes från ytan till botten där haloklinen (salthaltssprångskiktet) ligger vid 20 m djup.



Figur 11. Temperaturmätningar uppmättes från ytan till botten på varje station

Totalt återfanns 8 arter i bottenhuggen fördelat på 6 havsborstmaskar och 2 musslor. Arterna med deras känslighetsvärde visas i tabell 2. Känslighetsvärdet indikerar hur stresstålig en art är. Ju lägre värde en art har desto mer vanligt förekommande är den i miljöer med olika sorters stress.

Arterna som dominerade i bottenproverna tillhörde grupperna havsborstmaskar (Polychaeta) och blötdjur (Mollusca).

I alla tre bottenfaunastationerna (SB1, SB2 & SB3) återfanns ett stort antal tomma lerrör från havsborstmaskar vilket antyder att bottenmiljön kan ha varit tillfälligt mer syresatt och att individantalet av havsborstmaskar nyligen varit större. Rören härstammar troligtvis från den dominerande arten *Pseudopolydora antennata* vilken kan leva i miljöer med hög stress men som också har en förmåga att snabbt kolonisera en miljö som förbättras, den är en s.k. opportunist.

Tabell 2. Totala antalet arter i undersökningen 2010 med djurgruppstillhörighet (H = havsborstmask, B = blötdjur) samt varje arts stresstålighet redovisat som känslighetsvärde. Havsborstmasken som är markerad i fetstil dominerade som art i undersökningen.

Art	Grupp	Känslighetsvärde	Kommentar
<i>Heteromastus filiformis</i>	H	8,95	vanlig i förorenade miljöer (indikatorart störd miljö), förekommer ofta med <i>Varicorbula gibba</i> och <i>Thyasira sp.</i>
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	H	7,49	toleranta i förorenade miljöer
<i>Trochochaeta multisetosa</i>	H	6,75	
<i>Glycera alba</i>	H	6,73	rovätande havsborstmask som hittas i låga individantal i skilda miljöer
<i>Pygospio elegans</i>	H	4,85	
<i>Varicorbula gibba</i>	B	4,58	överlever periodisk syrebrist
<i>Thyasira flexuosa</i>	B	4,53	
<i>Pseudopolydora antennata</i>	H	4,19	opportunist som koloniserar botten så fort syrehalter förbättras. Tolerant art (även som larv och juvenil) i miljöer med hög organisk belastning och låga syrehalter

Nedan följer resultat och information från varje station. För mer detaljerad information om varje station se appendix 1 och appendix 2.

Station SB1

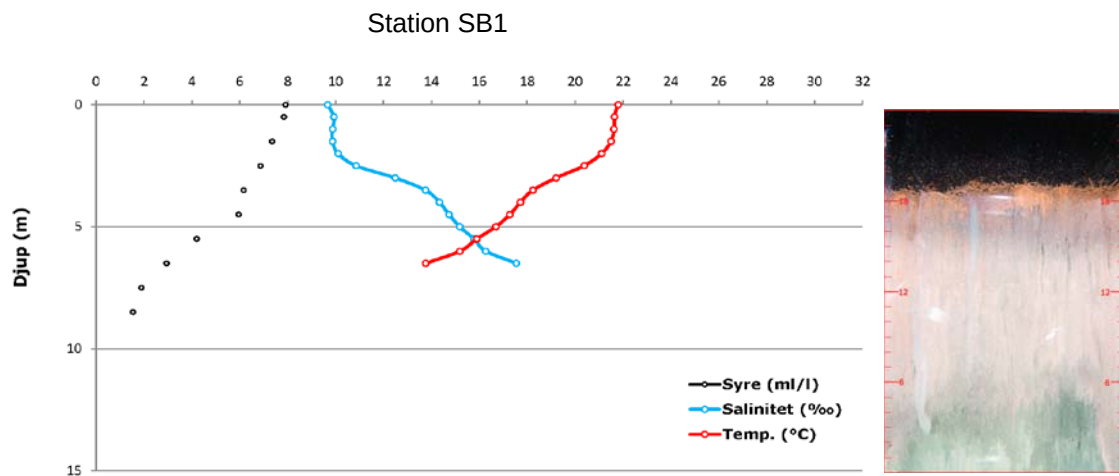
SPI-bilder samt bottenprover togs på station SB1 som är belägen längst in i Idefjorden (figur 1) med ett djup på 9,5 m. Bottensubstratet bestod av lera med litet inslag av silt och ingen svavelväte kunde observeras. Substratet var relativt mjukt då medelpenetrationen i SPI-bilderna var ca 20 cm dvs på gränsen till att vara överpenetrerade. I SPI-bilderna ses djur och gångar från dessa i sedimentet samt ett ytligt syresatt skikt bestående av flertalet maskrör, troligen *Pseudopolydora antennata*. Analys av bottenfauna visar ett art- och individfattigt bottenmiljö med 4 arter totalt (3 arter/prov 0,1 m²) och ett individantal på 27 individer/0,1m² (23-32 individer). Stationens fauna dominerades av den depositionsätande havsborstmasken *Pseudopolydora antennata* (75 %) samt den grävande depositionsätande havsborstmasken *Heteromastus filiformis* (22 %). Båda arterna har relativt lågt känslighetsvärde och är således vanliga i miljöer med hög stress.

Biomassan var låg (0,08 - 0,09 g/0,1m²) och dominerades av samma arter som ovan (*Pseudopolydora antennata* 50 % och *Heteromastus filiformis* 30 %).

Beräkningar av den ekologiska statusen enligt EU:s Vattendirektiv gav en *måttlig* miljöstatus vid provtagning med SPI-kameran (BHQ 5,6) och en *dålig* status vid analysen av bottenfaunan (BQI 3,2).

Profiler för syre, salinitet och temperatur för SB1 visas i figur 12. Syrehalten var 7,91 ml/l på ytan och 1,54 ml/l vid botten. Saliniteten på ytan var 9,6 ‰ och 17,5 ‰ vid botten, vilket

betecknas som bräckt vatten. Denna station ligger närmast Enningdalsälvens mynning. Temperaturen vid ytan låg på ca 22 °C och ca 14 °C vid botten.



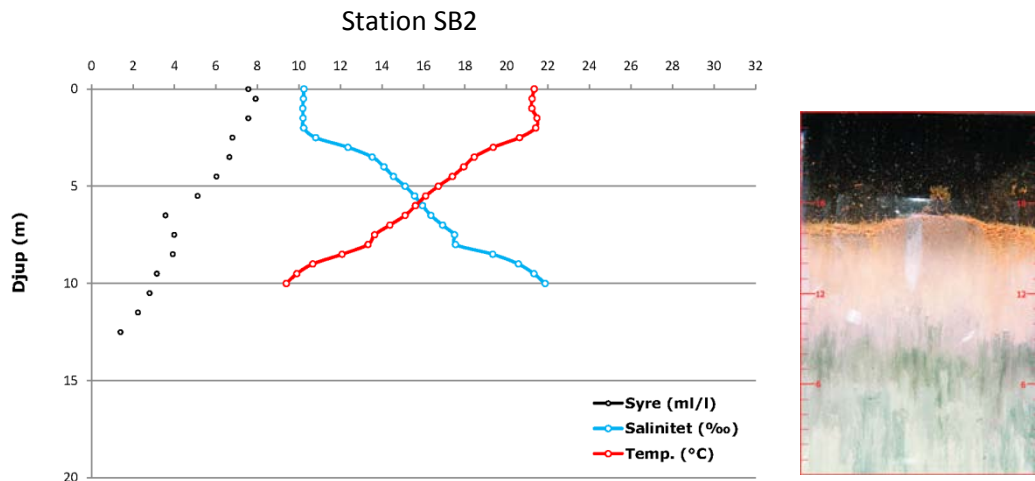
Figur 12. Syre-, salinitet- och temperaturprofiler för station SB1 samt sedimentprofilbild från samma station.

Station SB2

SPI-bilder samt bottenprover togs på station SB2 på ett djup av 12,8 m. Bottensubstratet bestod av lera med inslag av silt och ingen svavelväte observerades. Substratet var här något hårdare då medelpenetrationen i SPI bilderna var ca 16 cm. Även på denna station sågs ett syresatt skikt bestående av en matta av maskrör med djurgångar som sträckte sig ner ett par centimetrar i sedimentet dock ett lägre antal djur i sedimentet än på tidigare station. I proven återfanns 7 arter totalt (4 arter/prov 0,1 m²) och ett individantal på 12 per/0,1m². Stationens fauna dominerades av den grävande depositionsätande musslan *Thyasira flexuosa* (67 %) vilken är en mussla som kan förekomma på substrat rikt på organsikt material. Efter musslan dominerade den depositionsätande havsborstmasken *Pseudopolydora antennata* (12,5 %). På denna station som var full av kol och metallslaggprodukter observerades också många tomma musselskal (*Thyasira sp.*). Det är oklart om dessa var levande (eller nyligen levande) när provet togs och blivit förstörda mellan den stora mängden kol- och slaggprodukter vid hantering (sällning) eller om de redan var döda vid provtagningen. Skalen var i gott skick och kunde uteslutas vara äldre döda musslor. Biomassan var låg (0,34 - 0,43 g/0,1m²) och dominerades av två adulta individer av rovdjuret, havsborstmasken *Glycera alba* (48 %) samt av den mest individtäta arten i provet, musslan *Thyasira flexuosa* (40 %).

Beräkningar av den ekologiska statusen gav en *otillfredsställande* miljöstatus vid provtagning med SPI-kameran (BHQ 5) och en *dålig* status vid analysen av bottenfaunan (BQI 3,4).

Profiler för syre, salinitet och temperatur för SB2 visas i figur 13. Syrehalten var 7,5 ml/l på ytan och 1,4 ml/l vid botten. Saliniteten på ytan var 10 ‰ och 22 ‰ vid botten. Temperaturen vid ytan låg på ca 21 °C och ca 9 °C vid botten.



Figur 13. Syre-, salinitet- och temperaturprofiler för station SB2 samt sedimentprofilbild från samma station.

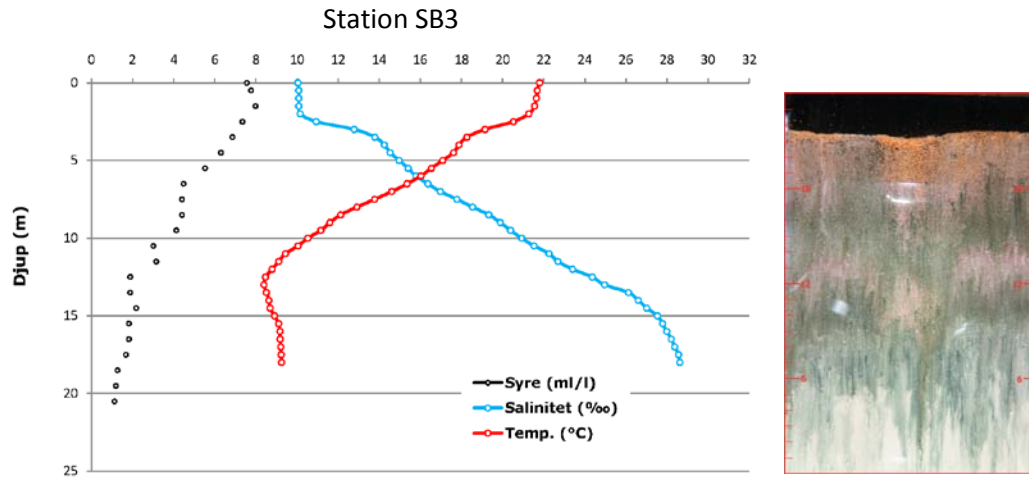
Station SB3

SPI-bilder samt bottenprover togs på station SB3 på ett djup av 20,6 m. Bottensubstratet bestod av lera med inslag av silt och ingen svavelväte observerades och medelpenetrationen i SPI bilderna uppgick här till ca 21 cm. Den matta av små maskrör som har observerats vid de båda grundare stationerna SB1 och SB2 har nu försvunnit. Fortfarande ses dock ett tunt och ytligt syresatt skikt med några enstaka maskrör som sticker upp ur sedimentet. Även ett fåtal gångar och djur kan ses i sedimentet.

I bottenfaunaproverna återfanns 5 arter totalt (2-5 arter/prov 0,1 m²) och ett individantal på 19 per/0,1m² (3-34 individer/prov). Ett av proven var mycket art- och individfattig med 2 arter av musslor med endast tre individer varav en juvenil. Stationens fauna i individantal dominerades av den depositionsätande havsborstmasken *Pseudopolydora antennata* (62 %) samt den suspensionsätande musslan *Varicorbula gibba* (27 %). Biomassan var låg (0,14 - 0,63 g/0,1m²) och dominerades av musslorna *Varicorbula gibba* med 85 %.

Beräkningar av den ekologiska statusen gav en *otillfredsställande* miljöstatus vid provtagning med SPI-kameran (BHQ 3,6) och en *dålig* status vid analysen av bottenfaunan (BQI 2,9).

Profiler för syre, salinitet och temperatur för SB3 visas i figur 14. Syrehalten var 7,5 ml/l på ytan och 1,1 ml/l vid botten. Saliniteten på ytan var 10 ‰ och 29 ‰ vid botten. Temperaturen vid ytan låg på ca 22 °C och ca 9 °C vid botten.



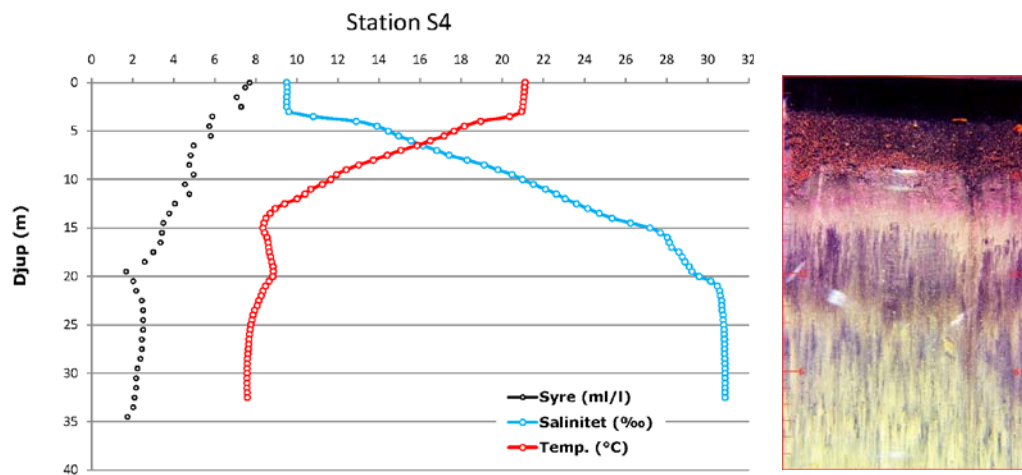
Figur 14. Syre-, salinitet- och temperaturprofiler för station SB3 samt sedimentprofilbild från samma station.

Station S4

Endast sedimentprofilbilder togs vid station S4 på ett djup av 35,5 m. Bottensubstratet bestod av en mycket "fluffig" yta samt reducerat sediment (se sedimentprofilbild figur 15). När dessa bilder färgförstärktes digitalt upptäcktes ett avvikande rödaktigt skikt ca 5 cm ner i sedimentet. Detta tros kunna vara fibrer från den tidigare närliggande pappersmasseindustrin. En doft av svavelväte kunde detekteras när sedimentprofilkameran kom upp på båtdeck. Flera av bilderna på denna station var överpenetrerade, d.v.s. prismet på kameran har trängt ner så djupt i sedimentet att inte sedimentytan syns på bilderna. Detta är vanligt i områden där dåliga syreförhållanden vid botten har förekommit under längre tid. Profilbilderna på station S4 visade en reducerad botten och beräkningar av den ekologiska statusen gav en *dålig* miljöstatus (BHQ 1,4).

Profiler för stationens syre-, salinitet- och temperaturvärden för S4 visas i figur 15.

Syrehalten var 7,7 ml/l på ytan och 1,7 ml/l vid botten. Saliniteten på ytan var 9,5 ‰ och 30,8 ‰ vid botten. Temperaturen vid ytan låg på ca 21 °C och ca 7,6 °C vid botten.



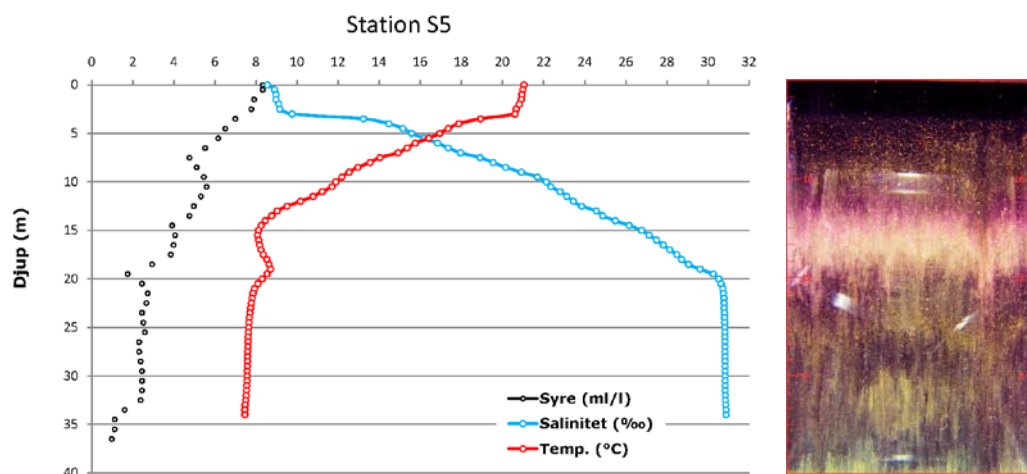
Figur 15. Syre-, salinitet- och temperaturprofiler för station S4 samt (färgförstärkt) sedimentprofilbild från samma station.

Station S5

Endast sedimentprofilbilder togs vid station S5 på ett djup av 37 m. Bottensubstratet bestod av en mycket "fluffig" yta samt reducerat sediment. Även på denna station var bilderna överpenetrerade och ett rödaktigt skikt kunde ses en bit ner i bilderna. En doft av svavelväte kunde detekteras när sedimentprofilkameran kom upp på båtdeck. Profilbilderna på S5 visade en reducerad botten och beräkningar av den ekologiska statusen gav en *dålig* miljöstatus (BHQ 1). Trots att bilderna visar på en botten som saknar makroskopiskt liv så beräknas BHQ till 1. Detta beror på att i de flesta bilderna så kan man vanligtvis se små pelletsformade partiklar, vilka bedöms vara fekalier från olika organismer. Fekalier kan många gånger föras med vattnet från grundare och friskare områden och ansamlas i djupare områden.

Profilerna för stationens syre-, salinitet- och temperaturvärden för S5 visas i figur 16.

Syrehalten var 8,3 ml/l på ytan och 0,98 ml/l vid botten. Saliniteten på ytan var 9 ‰ och 30,9 ‰ vid botten. Temperaturen vid ytan låg på ca 21 °C och ca 7,5 °C vid botten.



Figur 16. Syre-, salinitet- och temperaturprofiler för station S5 samt (färgförstärkt) sedimentprofilbild från samma station.

Jämförelser med tidigare studier i Idefjorden

I Idefjorden har en stor mängd undersökningar utförts med avseende på bottenmiljön. I tabell 3 presenteras 3 undersökningar. Som tabellen visar har metoderna och platserna varierat inom Idefjorden vilket gör det svårt att göra jämförelser med undersökningen 2010. Även analyserna av det insamlade materialet har varierat.

Tabell 3. Tidigare studier utförda i Idefjorden med varierande metoder och på olika platser i Idefjorden

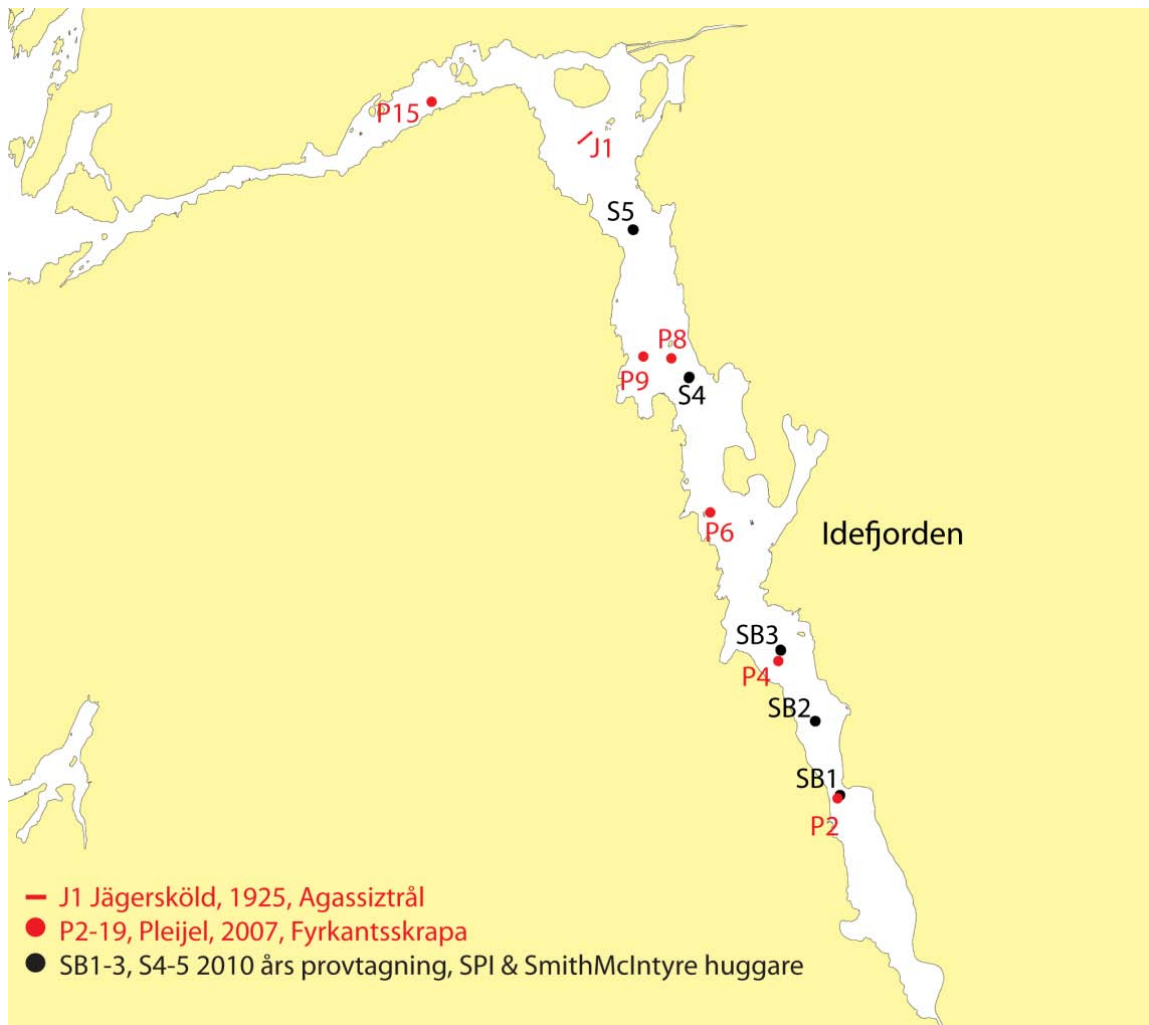
Författare/utförare	Provtagningsår	Metod	Område	Kommentar
Jägerskiöld LA	1925	Agassiztrål	Idefjorden	skrapade botten över olika djup, artrik bottenmiljö
Afzelius	1994	Bottenskrapa samt håv	Enningdalsälvens estuarieområde	mycket grunda områden (0,5-2 m djupt), ej jämförbart
Pleijel	2007	Fyrkantsskrapa med finmaskig innerkasse	Idefjorden, från mynning till angränsande estuarieområde	ej kvantitativ studie men jämförbara djup

Genom att jämföra typen av arter funna i tidigare studier med de arter som återfinns i denna rapport från likartade djup kan man dock få en indikation på skillnaderna och likheterna på bottenarna nu och tidigare. Redan 1925 gjordes en studie (Jägerskiöld 1971) nära Halden med en Agassiztrål (figur 17). Vid denna tid hade fjordens bottenmiljö en rik bottenfauna och upp till 36 arter av bottendjur noterades på djup på mellan 20 - 24 m. Saliniteten var 29 ‰ vid botten. Artlistorna från studien innefattar både tåliga och känsliga arter. I dessa artlistor återfinns tre stresståliga arter (med lågt känslighetsvärde) som finns med i undersökningen

från 2010; musslorna *Thyasira flexuosa* och *Varicorbula gibba* samt havsborstmasken *Glycera alba*.

En annan studie avseende mjukbottnarna i Idefjorden utfördes 2007 (Pleijel).

Undersökningen utfördes på 17 platser i fjorden där 6 av stationerna hade likartade djup och position med 2010-års studie (se figur 17). Totalt återfanns ca 25 arter i dessa 17 stationer 2007. På station P2 från 2007 vilken sammanfaller med position för SB2 från 2010 på likartat djup (11 m i jämförelse med 9,3 m) kan man hitta 3 lika arter. Eftersom undersökningen 2007 saknar kvantitativ information om abundans eller biomassa (endast mer eller mindre förekomst) går det inte att avgöra huruvida individantalet har ökat eller minskat för dessa arter. Dock kan man se att arternas känslighetsvärden var något högre på detta djup vid studien från 2007. Den art som dominerade i individantal på denna plats 2007 var havsborstmasken *Trochochaeta multisetosa* (känslighetsvärde 6,75) i jämförelse med musslan *Thyasira flexuosa* (känslighetsvärde 4,53) vid 2010-års undersökning. På station P4 2007 (21 m), för motsvarande SB3 (21 m) 2010, återfanns endast en art *Thyasira sp.* 2007. På denna station kan man se en förbättrad bottenmiljö med 5 arter 2010 där havsborstmasken *Pseudopolydora antennata* dominerar. Dock finns även några få individer av *Thyasira flexuosa* här. Vid övriga två jämförbara stationer på djupen 32 m (P8) och 37 m (P9) har ingen förändring skett. Dessa var utan makroskopiskt liv både 2007 och i den senaste studien 2010. På station P15 från 2007 finner man på ett likartat djup (34 m) en rik bottenmiljö.



Figur 17. Positioner för stationer från tidigare studier presenteras i förhållande till stationerna från 2010-års studier.

Diskussion

I de inre delarna av Idefjorden bedöms bottenfaunans ekologiska status (BQI) enligt EU:s Vattendirektiv till *dålig* medan sedimentprofilerna på samma stationer får bedömningen *otillfredsställande* till *måttlig* status (figur 8 och Tabell 1).

Skillnaden mellan indexen som annars är (starkt korrelerade och) kompatibla (Rosenberg et al. 2002) bedöms vara ett resultat av den innersta delens brackvattensmiljö (Enningdalsälvens estuarieområde). Området är grunt och påverkat av stora variationer i salinitet och temperatur samt låga syreförhållande och få toleranta arter är att förvänta sig i ett sådant område. I en tidigare studie gjord av Marine Monitoring (Andersson et al. 2008) i Nordre Älvs estuarium uppkom en liknande situation där bedömningen på bottenfaunan hade en lägre status än sedimentprofilerna vid samma områden. I denna undersökning var artsammansättningen starkt influerad av sött och bräckt vatten från Nordre Älvs mynning.

Resultaten från klassningen av bottenmiljön i de inre delarna av Idefjorden bör därför tolkas med försiktighet då bedömningsgrunderna baseras på hela västkusten som har samma klassgränser oavsett typområde. Dessutom har bedömningsgrunderna utformats för att klassificera status för hela vattenförekomster istället för enskilda provtagningspunkter och antalet stationer per vattenförekomst bör inte understiga fem.

De djupare delarna i studien undersöktes med SPI-kamera och saknade helt makroskopiskt liv, där svavelväte kunde detekteras via lera som fastnat på sedimentprofilkameran. Således har ingen förbättring skett på dessa djup sedan den senaste undersökningen 2007 (Pleijel). I SPI bilder tagna på de två grundaste stationerna kunde tydliga mattor av små lerrör urskiljas. Dessa härstammar troligtvis från den i undersökningen dominerande havsborstmasken *Pseudopolydora antennata*. Denna art som är tolerant och återfinnes i miljöer med hög organisk belastning och låga syrehalter är opportunistisk och koloniserar botten så fort syrehalter förbättras. Vid sortering och artbestämning av bottenfaunan i de tre grundaste stationerna återfanns relativt få levande individer av denna art men ett stort antal tomma rör. Detta kan tyda på fluktuationer i syretillgången på dessa stationer. Arterna som dominerade i undersökningen tillhör de taxonomiska grupperna havsborstmaskar och blötdjur. Det är i dessa djurgrupper man återfinner de mest toleranta arterna längs västkusten (Naturvårdsverket 2007).

Syrehalten som uppmättes vid botten på stationerna låg alla under 2 ml/l. Vid 1,4 ml/l reagerar de mest känsliga arterna (de mobila flyr, övriga dör). De mest toleranta djuren kan överleva ner till en syrehalt på 0,7 ml/l (Nilsson & Rosenberg 2000). Det lägsta uppmätta värdet i undersökningen var på den djupaste stationen (S5 37 m) med 0,98. Den näst djupaste (S4 35,5 m) som också enligt sedimentprofilerna bedömdes till en miljö utan makroskopiskt liv hade dock ett syrevärde på 1,7 ml/l. Nedsänkningen av syresonden skedde manuellt och detta kan ha medfört att syret inte uppmättes exakt vid botten där syret kan vara högre än vid sedimentytan.

Vi kan sammanfattningsvis konstatera att bottenmiljön i de inre delarna av Idefjorden är dålig till följd av låga syrekoncentrationer och en bottenmiljö med hög halt av organiskt material. Detta bedöms vara orsakat av hög belastning från bl.a. nuvarande industrier samt tidigare pappersmassaverksamheter i Halden samt avrinning från omgivande landområden i kombination med att inre Idefjordens botten har en begränsad vattenomsättning.

Vår rekommendation är att kontinuerligt provta på olika djupstrata med SPI och bottenhugg på fasta positioner (i enlighet med bedömningsgrunderna för vattenförekomster) för att säga något om det sker en förändring i fjordens miljöstatus mellan åren.

Referenser

Andersson et al 2008. Marinbiologisk inventering av Nordre Älvs estuarium. Marine Monitoring AB.

Afzelius L 1994. Inventering av bottenfaunan i Enningdalsälvens estuarium i inre Idefjorden.

Diaz RJ, **Rosenberg** R 1995. Marine benthic hypoxia –review of ecological effects and behavioural responses of marine macrofauna. *Oceanogr Mar Biol Annu Rev* 33:245-303

Jägerskiöld L.A. 1971. A survey of the marine benthonic macrofauna along the Swedish west coast, 1921-38. Kungl. Vetenskap- och vitterhetssamhället, Göteborg, p. 1-46

Leonardsson 2004, Metodbeskrivning för provtagning och analys av mjukbottenlevande makroevterbrater i marin miljö, Umeå Universitet

Naturvårdsverket Rapport 4914, sid 134. Anon. (1999). Bedömningsgrunder för miljö kvalitet kust och hav.

Naturvårdsverkets författningssamling 2008. ISSN 1403-8234

Naturvårdsverket 2007 Bedömningsgrunder för kustvatten och vatten i övergångszon, Bilaga B till handbok 2007:4

Nilsson, H.C. & **Rosenberg** R. (1995). Miljöbedömning och karakterisering av Havstensfjord - en syrestressad fjord analyserad med undervattensteknik. Länsstyrelsen i Göteborg och Bohuslän 1995:24, sid 11

Nilsson, H.C. & **Rosenberg** R., (1997). Benthic habitat quality assessment of an oxygen stressed fjord by surface and sediment profile images. *J. Mar. Sys.*, Vol. 11, sid 249-264

Nilsson, H.C. & **Rosenberg** R., (2000). Succession in marine benthic habitats and fauna in response to oxygen deficiency analysed by sediment profile imaging and grab samples. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol.197 sid 139-149

Pearson, T.H. & **Rosenberg** R. (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, Vol. 16, sid 229-311

| **Pleijel** F. 2007. Iddefjordens miljö –bottenfauna och syreförhållanden i maj 2007

| **Rosenberg** 1980, Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment, *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 1978, 16, 229-311

Rosenberg R, **Blomqvist** M, **Nilsson** CH, **Cederwall** H, **Dimming** A (2004) Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions; a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. *Mar. Pollut. Bull.* 49:728-739

Rosenberg R, **Agrenius** S, **Hellman** B, **Nilsson** HC, **Norling** K (2002) Recovery of benthic habitats and fauna in a Swedish fjord following improved oxygen conditions. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 234:43-53

Rosenberg 1980. Effect of oxygen deficiency on benthic macrofauna in fjords. *Fjord Oceanography* 1980; 499-514

Appendix

- **Appendix 1**

Tabeller för samtliga bottenprov med beräknad miljöstatus (BQI) presenteras för varje station. För varje art anges antal och biomassa (g) per prov (0,1 m²). Arterna är kategoriserade efter taxonomisk tillhörighet Kräftdjur (Crustacea), Tagghudingar (Echinodermata), Blötdjur (Mollusca) samt ev. övriga grupper (Varia) och till födostrategisk gruppstillhörighet (p sus = passiva suspensionsätare, sus = filtrerare/suspensionsätare, dep = ytliga depositionsätare, sub = grävande depositionsätare, pre = predatorer, kom = lever associerade med andra arter/kommensaler och symb = i symbios med kemoautotrofa bakterier). Vissa tillhör mer än en födostrategisk grupp.

- **Appendix 2**

Översiktstabell för samtliga sedimentprofilstationer med beräknad miljöstatus (BHQ)

Appendix 1

Idefjorden				Station SB1	
Datum:	2010-07-16			Longitud	59 00.708
Djup:	9,3 m			Latitud	11 26.665
Bottentyp:	lera med inslag av silt				
Huggare:	Smith-McIntyre				
Svavelväte:	Nej				
Latinskt namn	Födostrategi	Hugg 1		Hugg 2	
		antal /0,1 m ²	vikt (g) /0,1 m ²	antal /0,1 m ²	vikt (g) /0,1 m ²
Polychaeta (havsborstmaskar)					
<i>Heteromastus filiformis</i>	Sub	6	0,047	6	0,005
<i>Pseudopolydora antennata</i>	Dep	16	0,002	25	0,084
<i>Trochochaeta multisetosa</i>	Dep	1	0,034		
Mollusca (blötdjur)					
<i>Thyasira (c.f) flexuosa</i>	Sub/Symb			1	
Summa:	Arter: 4	23	0,08	32	0,09
Bentiskt kvalitetsindex (BQI):	3,2	3,3		3,1	
Klassning enligt EU:s vattendirektiv:	Dålig	Dålig		Dålig	

Idefjorden				Station SB2	
Datum:	2010-07-16		Longitud hugg 1	59 01.366	
Djup:	12,8 m		Latitud hugg1	11 26.144	
Bottentyp:	lera med inslag av silt kol- och metallslaggprodukter				
Huggare:	Smith-McIntyre		Longitud hugg 2	59 01.352	
Svavelväte:	Nej		Latitud hugg 2	11 26.116	
Latinskt namn	Födostrategi	Hugg 1		Hugg 2	
		antal /0,1 m ²	vikt (g) /0,1 m ²	antal /0,1 m ²	vikt (g) /0,1 m ²
Polychaeta (havsborstmaskar)					
<i>Glycera alba</i>	Pre	1	0,148	1	0,225
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Pre			1	0,046
<i>Pseudopolydora antennata</i>	Dep	3	0,004		
<i>Polycirrus sp</i>	Dep	frgm	0,002		
<i>Pygospio elegans</i>	Dep			1	0,001
Mollusca (blötdjur)					
<i>Thyasira flexuosa</i>	Sub/Symb	7	0,151	9	0,162
<i>Varicorbula gibba</i>	Sus	1	0,037		
Summa:	Arter: 7	12	0,34	12	0,43
Bentiskt kvalitetsindex (BQI):	3,4	3,2		3,5	
Klassning enligt EU:s vattendirektiv:	Dålig	Dålig		Dålig	

Idefjorden			Station SB3		
Datum:	2010-07-16	Longitud hugg 1	59 01.954		
Djup:	20,6 m	Latitud hugg1	11 25.478		
Bottentyp:	lera med inslag av silt		Longitud hugg 2	59 01.942	
Huggare:	Smith-McIntyre		Latitud hugg 2	11 25.488	
Svavelväte:	Nej				
Latinskt namn	Födostrategi	Hugg 1		Hugg 2	
		antal /0,1 m ²	vikt (g) /0,1 m ²	antal /0,1 m ²	vikt (g) /0,1 m ²
Polychaeta (havsborstmaskar)					
<i>Heteromastus filiformis</i>	Sub			1	
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	Pre			1	0,003
<i>Pseudopolydora antennata</i>	Dep			23	0,083
Mollusca (blötdjur)					
<i>Thyasira flexuosa</i>	Sub/Symb	1	(*)	1	0,028
<i>Varicorbula gibba</i>	Sus	2	0,141	8	0,519
Summa:	Arter: 5	3	0,14	34	0,63
Bentiskt kvalitetsindex (BQI):	2,9	2,2		3,5	
Klassning enligt EU:s vattendirektiv:	Dålig	Dålig		Dålig	

(*) Juvenil cf flexuosa

Appendix 2

Datum	Område	Vattenförekomst	Stations namn	Djup	Latitud°	Latitud'	Longitud°	Longitud'	BHQ index	Miljöstatus	SD BHQ	RPD	Penetration cm
2010-07-16	Idefjorden	Idefjorden	S5	37,5	59	5,543	11	22,475	1	Dålig	0	0	22
2010-07-16	Idefjorden	Idefjorden	S4	35,5	59	4,28	11	23,602	1,4	Dålig	0,89	0	21,8
2010-07-16	Idefjorden	Idefjorden	SB3	20,5	59	1,96	11	25,468	3,6	Otillfredsställande	1,82	0,48	21,4
2010-07-16	Idefjorden	Inre Idefjorden	SB2	12,7	59	1,358	11	26,136	5	Otillfredsställande	1,22	0,76	15,66
2010-07-16	Idefjorden	Inre Idefjorden	SB1	9,7	59	0,721	11	26,637	5,6	Måttlig	0,89	0,74	19,8

