



Linnéuniversitetet

Institutionen för naturvetenskap

Mjukbottenövervakning i Oskarshamns hamnområde.

Rapportering av studier under 2011



Stefan Tobiasson
April 2012
ISSN 1402-6198
Rapport 2012:6

Mjukbottenövervakning i Oskarshamns hamnområde
Rapportering av studier under 2011

ANALYS OCH RAPPORT:

Stefan Tobiasson

GRANSKAD AV:

Susanna Andersson

FÅLTARBETE:

Stefan Tobiasson

Susanna Andersson

ILLUSTRATIONER:

Stefan Tobiasson

FOTO:

Stefan Tobiasson

Susanna Andersson

Torsten Jansson

© Linnéuniversitetet,
Institutionen för Naturvetenskap
Stefan Tobiasson
Rapport 2011:5

BESTÄLLNINGSADRESS:

Linnéuniversitetet i Kalmar

392 31 Kalmar

TELEFON:

0480-44 73 46

TELEFAX:

0480-44 73 40

EPOST:

stefan.tobiasson@lnu.se

FRAMSIDA:

Provtagning av sediment ombord på Kronan af Calmar. Foto Stefan Tobiasson



Linnéuniversitetet
Institutionen för naturvetenskap

Innehåll

Sammanfattning	
Bottendjur visar miljöstatus	1
Beprovad metod	2
Resultat	3
Mest gyttejor	
Få arter i hamnens metallförorenade sediment	3
Maskar men få östersjömusslor i störda sediment	3
Områdenas artsammansättning skiljer	4
Låg status	5
Referenser	5
Bilagor	5

Sammanfattning

Inför saneringen av Oskarshamns hamn genomfördes inventering av bottenfaunasamhället dels i hamnen och dels i ett referensområde. Undersökningen ska fungera som underlag för att bedöma djursamhällets utveckling efter genomförd sanering. Vid studien påträffades djur på samtliga 40 undersökningsstationer även om artantalet genomgående var relativt lågt. Den ekologiska statusen var överlag måttlig till otillfredsställande.

Då det gäller enskilda arters förekomst kan man se en förskjutning mot tåliga arter på bekostnad av de som är mer känsliga mot förorening. Även den vanliga och tämligen tåliga Östersjömusslan saknades helt eller nästan helt på flera stationer i hamnområdet. Däremot var den mot tungmetaller toleranta havsborstmasken *Hediste diversicolor* och den relativt nyetablerade havsborstmasken *Marenzelleria sp* vanliga.

Sammantaget visar undersökningen att bottenfaunan i Oskarshamns hamn är tydligt påverkad av den dåliga sedimentstatusen och av fartygstrafiken. Som en följd av denna påverkan hade flera av stationerna få arter, låg biomassa och förändrad artsammansättning. I områdena utanför hamnen var det främst syresituationen som påverkar bottenfaunan negativt, en effekt av den pågående övergödningen.



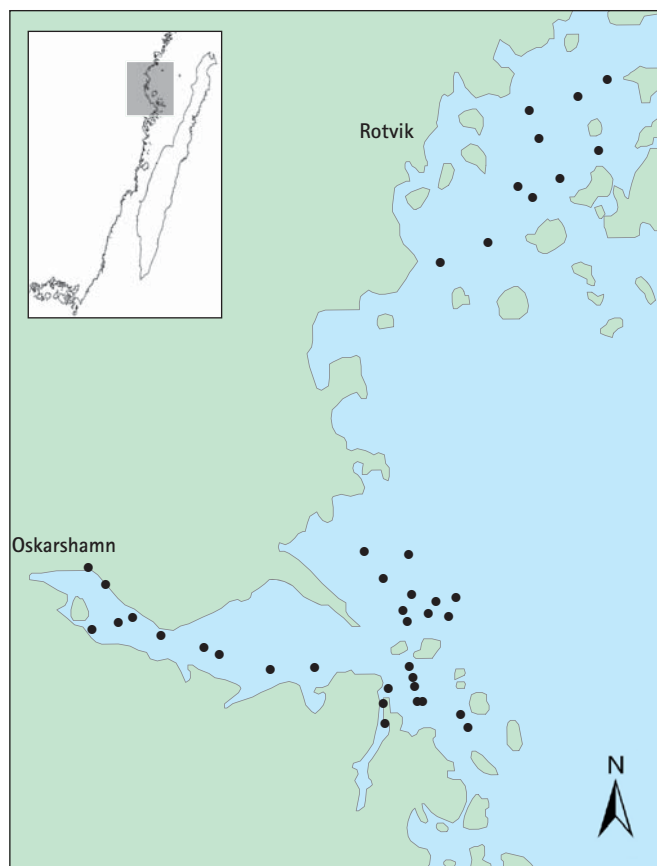
Östersjömussla, *Macoma baltica*

Mjukbottenprovtagning i Oskarshamns hamnområde 2011

På uppdrag av Oskarshamns kommun har Linnéuniversitetet genomfört en översiktlig undersökning av mjukbottenfauna i Oskarshamns hamnområde samt i ett referensområde vid Rotvik en bit norrut (figur 1). Undersökningen kommer att upprepas fem år efter slutförd sanering och då fungera som ett underlag för att bedöma djursamhällets utveckling.

Bottendjur visar miljöstatus

Med bottenfauna avses här de djur som lever nere i eller ovanpå botten med sand eller gyttja s k mjukbotten. Vanligtvis undersöker man, som i denna studie, de djur som är större än 1 mm, den s k makrofaunan. De vanligaste djurgrupperna är musslor, snäckor, maskar och olika kräftdjur. En del djur, exempelvis musslor, är i första hand filtrerare och livnär sig på att filtrera stora mängder vatten och på så sätt fånga upp organiska partiklar medan de fortfarande svävar i vattnet. På och i mjukbotten finns också depositionsätare som lever på organiska partiklar som sedimenterat på botten. Östersjömusslan kan skifta mellan dessa båda födoslag beroende på förutsättningarna. Utöver dessa grupper finns det ett något mindre antal bottendjur som är rovdjur.



Figur 1. Undersökningsområde för mjukbottenfauna inför saneringen av Oskarshamns hamn. Provtagningen utfördes 7-8 juni 2011. Varje punkt representerar en provtagningsstation.

Sedimentlevande bottendjur har sedan över 50 år visat sig vara utmärkta för att bedöma bottenmiljöns kvalitet i ett område. Bottendjuren är ibland både stationära och långlivade och speglar därför miljöförhållandena över en lång tid. Djursamhället innehåller både tåliga och känsliga djurarter och många gynnas vid en viss ökning av mängden organiskt material i vatten och sediment. Djuren blir då både större och fler. Med en ökad föroreningsgrad ökar risken för syrebrist och då försvinner några känsliga arter, medan musslor och en del maskar fortsätter att öka. Djursamhällets sammansättning förändras därmed och riskerar att komma i obalans. De djurarter i våra vatten som är mest tåliga mot föroreningar är framför allt vissa typer av fjädermygglarver men även östersjömusslor och rovbormaskar. Då det gäller tungmetaller har framför allt Havsborstmasken *Hediste diversicolor* (tidigare *Nereis div.*) visat sig vara mycket tålig. Genom att undersöka bottenarnas djursammansättning kan man få information om hur denna miljö mår och påverkas av förändringar i de utsläpp som sker.

Totalt förekommer ett drygt sjuttioal arter av bottendjur i Kalmarsund men på djupa mjukbotten ute i Östersjön är antalet arter så lågt som ett tiotal. Detta kan jämföras med Skagerrak där det finns åtminstone 500 arter av bottendjur. Att det finns få arter innebär inte att Östersjön är fattig på liv. Visserligen är biomassan ofta betydligt lägre än i Västerhavet men såväl individtäthet som produktion kan bli nästan lika hög. Den faktor som mer än något annat reglerar produktionen är tillgången på näring. Biomassan är ett mått på produktionen i ett område och i Egentliga Östersjöns mjukbotten räknar man med att den normalt varierar mellan 50 och 200 g färskvikt/m². Merparten av biomassan utgörs vanligen av östersjömusslor som lever i flera år och därför kan bygga upp biomassan. Vid bottenfaunastudier i Östersjön på 1920-talet (Christian Hesse) var



Några av de djurarter som man kan förvänta sig att finna i ett bottenhugg i Kalmarsund. På bilden syns bl a sandmusslor, östersjömusslor, havsborstmaskar och..... Foto Thorsten Jansson, Miljöreportage.

biomassan bara en femtedel så stor vilket inte kan tolkas på annat sätt än att bottendjuren fått ökad tillgång till föda i form av sedimenterat organiskt material, dvs en effekt av Östersjöns eutrofiering.

Beprövad metod

Provtagning av de mjuka bottenarnas djurliv har i princip utförts på samma sätt sedan 1920-talet. Med bottenhuggare insamlades en bestämd yta av botten sedimentet som sållades igenom ett nät med maskvidden 1 mm. Vanligtvis används en sk vanVeen-huggare med en huggyta på ca 0,1 m². Efter sållning konserverades återstoden av materialet i väntan på analys. Vi har använt 80 %-ig sprit med tillsats av färgämnet bengalrosa vid konserveringen. Insamlad makrofauna sorterades sedan på laboratoriet och djuren bestämdes till art, utom vissa svårbestämda grupper där högre taxonomisk nivå som släkte eller familj anges. Det gäller t ex fåborstmaskar (*Oligochaeta*), fjädermygglarver (*Chironomidae*) och tusensnäckor (*Hydrobiidae*). På varje provtagningsstation för bottenfauna togs också prov på botten sedimentet för att fastställa dess vattenhalt och organiska innehåll, vilket kan vara till hjälp för att förklara djursamhällets sammansättning och förändring.

Provtagningsprogrammet för bottenfauna i Oskarshamns hamn omfattar totalt 40 stationer provtagna med ett hugg vardera (bilaga 1). Av dessa ligger tio i referensområdet vid Rotvik några kilometer norr om hamnen. Provtagningen genomfördes 7 och 8 juni 2011. Alla stationer positionsbestämde med DGPS (Garmin GPSmap 276c) i WGS84-format med ca 4 m precision. Djupet bestämdes med ekolod (Hummingbird 987c).

Artantal, individtäthet och biomassa i de olika områdena jämfördes och analyserades med hjälp av variansanalys (ANOVA) med Tukeys posthoc. Utöver detta analyserades djursamhällets artsammansättning på stationerna med s.k multivariatanalys. Analysmetoden MultiDimensionalScaling (MDS) ger en grafisk bild där observationer med likartad artsammansättning ligger nära varandra och observationer med avvikande djursamhälle skiljs ut. Utifrån denna analys har sedan detaljstudier av respektive lokal genomförts, bl a med avseende på vilka djurarter som förorsakat att observationerna har avvikit från övriga. Med kännedom om lokalernas djup- och sedimentförhållanden, arternas ekologi och känslighet har sedan resultaten värderats. Skillnader

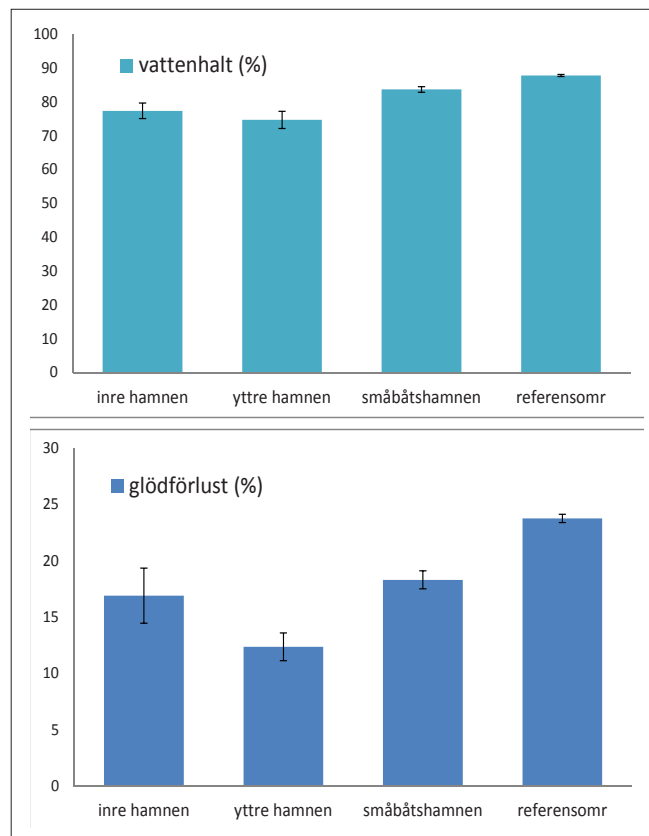


Metallförorenat sediment från Yttre hamnbassängen vid Oskarshamn, juni 2011. Foto Stefan Tobiasson.



Provtagningen av bottenfauna utförs med samma utrustning som för nästan 100 år sedan. Foto Susanna Andersson

i artsammansättning mellan de fyra olika områdena har testats med ANOSIM, en typ av multivariat variansanalys där man kan testa om djursammansättningen på en grupp stationer skiljer sig signifikant från den i en annan grupp. Man kan också se hur stor skillnaden är. För mer information om MDS, ANOSIM och annan multivariat statistik hänvisas till Field m fl 1982. Innan statistiska analyser genomfördes togs arter som inte hör hemma i en mjukbotten utan snarare i vegetationen bort från artlistan.



Figur 2. Sedimentets vattenhalt och glödförlust i de fyra undersökta områdena. Staplarna anger medelvärdet av tio stationer i respektive område och felstaplarna anger medelfelet (SE)

2007 fastställdes svenska bedömningsgrunder för bottenlevande evertebrater enligt krav i ramdirektivet för vatten (Naturvårdsverket 2007). Ekologisk status för ett vattenområde ska anges i klasserna Hög, God, Måttlig, Otillfredsställande och Dålig. För varje lokal beräknas ett sk BQI-värde (Biological Quality Index) med utgångspunkt i djursammansättningen. Ekologisk status beräknas sedan för respektive vattenförekomst och för detta behövs data (BQI-värden) från minst fem lokaler. I denna undersökning anges dels BQI-värden och motsvarande statusklass för respektive station och en statusklass för de fyra delområdena med vardera tio stationer.

Resultat

Resultaten från utförda bottenfaunaundersökningar redovisas i bilagorna 2 och 3. Där finns även resultaten från de statistiska analyserna och från BQI-beräkningen.

Mest gytjtjor

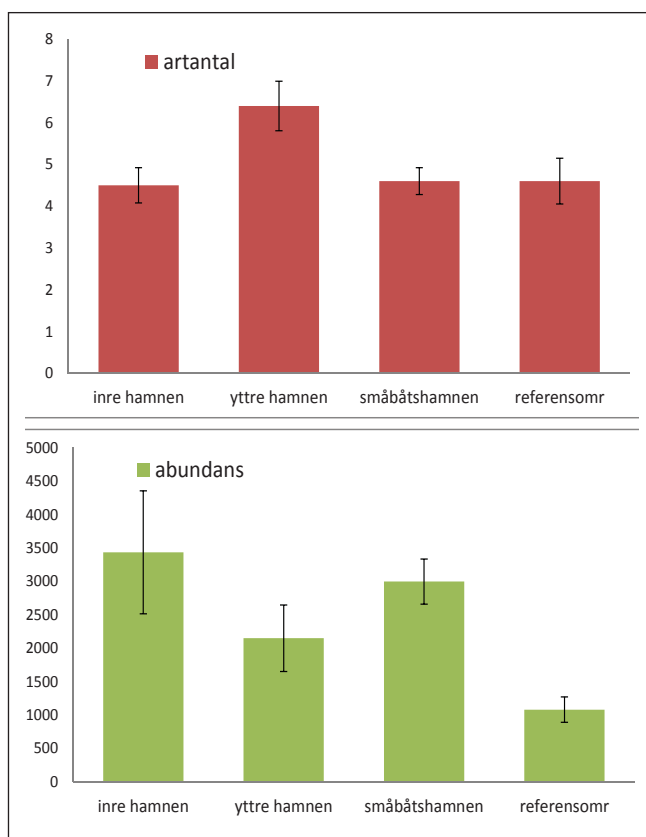
Sedimentet på de provtagna stationerna varierade en del även om det på flertalet platser bestod av en mer eller mindre fast gytjtja. Några intressanta observationer kan ändå vara värda att framhålla då de sannolikt kan förklara sammansättningen på bottenfaunasamhället och illustrera hur bottenmiljön ser ut.

Längst in i Inre hamnen var sedimentets organiska halt 13 till 17 %, dvs en relativt fast gytjtja medan den lite längre ut var väldigt fast och med ett eroderat ytskikt. Dessa stationer hade trots sitt fasta, nästan hårda, sediment väldigt hög glödförlust (25–27 %). Troligen rör det sig om ett äldre och mer kompakterat sediment som kommit till ytan efter att ytsedimentet spolats bort av fartygspropellrar. De två yttre stationerna i Inre hamnen hade ett tydligt förorenat sediment som i ytan var nästan orangefärgat av metalloxider.

Även i Yttre hamnen fanns några platser med kraftigt orangefärgat ytsediment. Därunder var gytjtjan nästan helt kolsvart och sannolikt helt utan levande djur. Överlag var annars sedimenten relativt likartade även om den organiska halten varierade mellan 9,5 och 17,2 %. Endast en av stationerna hade ett lite fastare sediment med mer inblandning av minerogent material vilket avspeglar sig i en lägre glödförlust (4 %).

I småbåtshamnen varierade den organiska halten mellan 16,4 och 18,0 % bortsett från två stationer längst in i den lite mer instängda delen. Där var den runt 23 % och svavelvätelukten kraftig. Alla stationerna hade ett måttligt till dåligt oxiderat ytskikt men det verkar inte bli total syrebrist i sedimentet, men bra nära. I referensområdet hade gytjtjan högre organisk halt (21,5–26 %). Med undantag av de två grundaste stationerna var sedimentets oxiderade ytskikt väldigt tunt och svavelvätelukten stark.

Statistisk analys med ANOVA (bilaga 4) visar att sedimenten i referensområdet hade signifikant högre glödförlust än de andra områdena och att småbåtshamnen hade högre glödförlust än Yttre hamnen. I princip samma sak gäller för vattenhalten i sedimentet. Då det gäller tjockleken på sedimentets oxiderade ytskikt kan man konstatera att Inre hamnen hade bäst syresättning följt av Yttre hamnen, båda



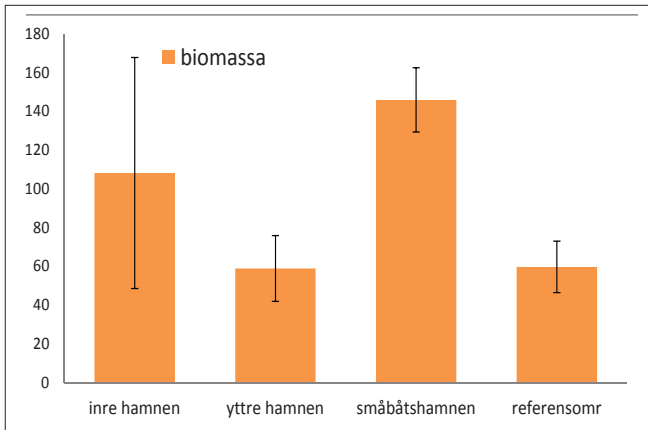
Figur 3. Bottenstationernas artantal och abundans (ind/m²) i de fyra undersökta områdena. Staplarna anger medelvärdet av tio stationer i respektive område och felstaplarna anger medelfelet (SE). Arter som hör till vegetationen är ej medräknade.

med signifikant högre värden än såväl småbåtshamnen som referensområdet. Dessa båda områden hade däremot inte signifikant olika oxiderat skikt utan var lika dåligt syresatta.

Få arter i hamnens metallförorenade sedimentet

Djur påträffades på samtliga bottenfaunastationer. Antalet arter eller högre taxa var totalt 21 och av dessa var det 9 som egentligen inte hör hemma i denna typ av miljö utan snarare i anslutning till vegetationen. Artantalet på de olika stationerna varierade mellan 2 och 11 men på så mycket som 21 av de 40 stationerna var det 5 arter eller mindre. I medeltal var artantalet högst på de tio stationerna i Yttre hamnen och lägst i referensområdet. Skillnaden består även efter att "vegetationsarterna" tagits bort från artlistan. På tre av fyra stationer med nio eller fler arter beror det högre antalet arter på förekomst av vegetation eller i ett fall ansamling av blåmusslor. Artantalet var signifikant högre i Yttre hamnen än i de övriga områdena om man räknar bort de arter som normalt hör till växtsamhällena. Sammantaget ger resultaten en bild av att artrikedomen i de undersökta områdena var låg.

Individd tätheten (abundansen) varierade mycket mellan olika stationer. Speciellt i Inre och Yttre hamnområdet var skillnaden stor. Den främsta orsaken är olika mängd småmaskar som *Oligochaeter* och den nyligen introducerade havsborstmasken *Marenzelleria sp.* Endast referensområdet avvek signifikant med lägre abundans än inre hamnen. Skillnader i abundans har inte alltid någon självklar koppling till eutrofiering eller annan påverkan, men i kraftigt



Figur 4. Bottenstationernas biomassa (gWW/m²) i de fyra undersökta områdena. Staplarna anger medelvärdet av tio stationer i respektive område och felstaplarna anger medelfelet (SE). Arter som hör till vegetationen är ej medräknade.

störda system tenderar stora, fleråriga arter som t ex musslor att ersättas av små, kortlivade arter som förekommer i mycket hög täthet och som dessutom varierar mycket mellan åren. Trots detta kan man konstatera att åtminstone ett par stationer hade onormalt låg abundans i såväl Inre som Yttre hamnen, sannolikt på grund av störning av fartygstrafik eller kraftigt förorenat sediment. Även ett par stationer i referensområdet hade onormalt låg abundans, men här var orsaken sannolikt syrebrist.

Biomassan på bottenfaunastationer varierar normalt inte alls i samma utsträckning som individtätheten men i såväl Inre som Yttre hamnbassängen var skillnaden väldigt stor mellan de stationer som hade högst respektive lägst biomassa. Främst beror skillnaden på väldigt låga biomassor (0,3-16,3 g WW/m²) på de renspolade gyttjestationerna samt på några metallförorenade stationer medan en station med lösa blåmusslor ovanpå sedimentet hade så mycket som över 1,2 kg WW/m². Även efter att växtbundna djurarter tagits bort var skillnaden stor. Totalt hade nästan hälften av stationerna i hamnområdet anmärkningsvärt låg biomassa. Den statistiska analysen visar dock att det inte var några signifikanta skillnader mellan biomassan i de olika områdena vilket förklaras av den stora spridningen i biomassa inom respektive område. Olika typer av musslor utgjorde merparten av biomassan i alla områden utom i

småbåtshamnen där havsborstmaskar och, på två stationer, fjädermygglarver bidrog med mycket vikt.

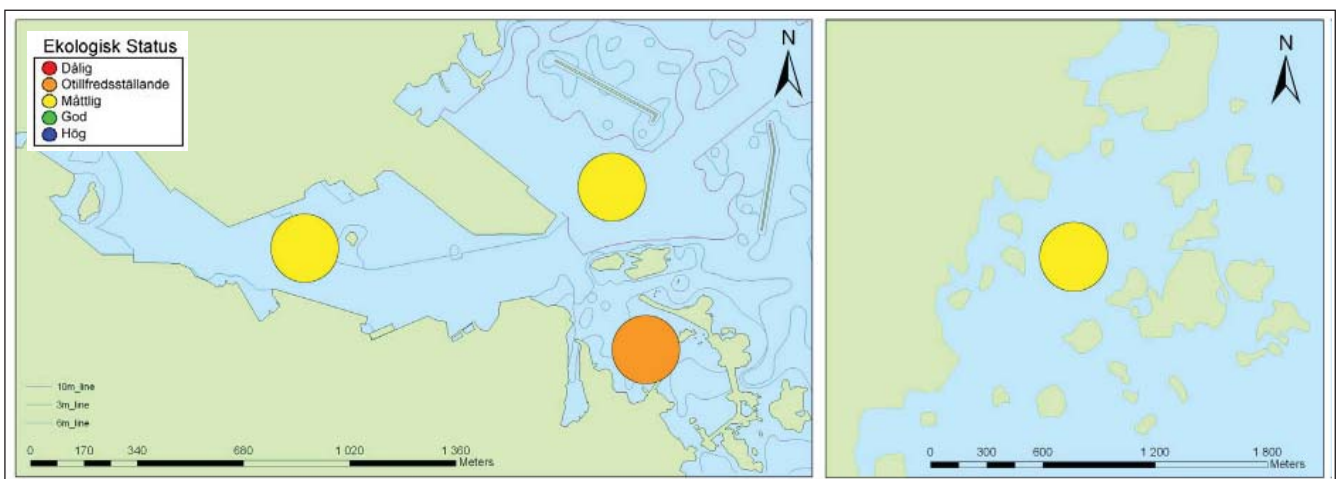
Maskar men få östersjömusslor i störda sediment

Nedan följer en kort genomgång av de vanligaste djurgrupperna och hur de förekommer i de undersökta bottenarna.

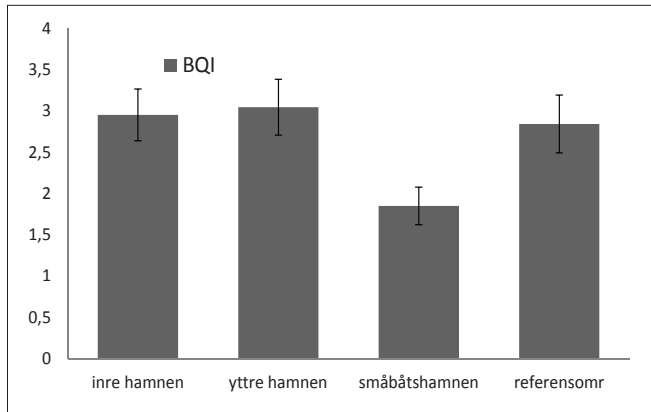
Östersjömusslan (*Macoma baltica*) är förhållandevis föroreningstålig (Leppäkoski 1975) och det vanligast förekommande djuret på mjuka bottenar i Kalmar län. Den utgör ofta merparten av djursamhällets biomassa i mjuka sediment (Tobiasson 2012). Det är därför anmärkningsvärt att så många som sju av de 40 undersökta stationerna vid Oskarshamn helt eller nästan helt saknar denna art. På två av stationerna är det tydligt att det beror på att ytsediment och djur har blivit bortspolat. På övriga stationer finns det ingen annan rimlig förklaring än att det beror på det starkt förorenade sedimentet. Även ett par stationer i referensområdet hade svag population av östersjömussla men här är förklaringen sannolikt den dåliga syresituationen.

Fåborstmaskar (*Oligochaeter*) förekommer ibland i stor mängd i bottenarna. Gruppen anses vara väldigt tålig mot olika föroreningar (Leppäkoski 1975) och är en av de sista som försvinner när miljön blir dålig. Vid Oskarshamn fanns masken i stor mängd framförallt i småbåtshamnen och i Inre hamnen.

Havsborstmasken *Hediste diversicolor* (tidigare *Nereis diversicolor*), även kallad rovbormask, har ofta en framträdande roll på gyttjiga bottenar som inte ligger på alltför stort djup. Eftersom arten är effektiv på att ta upp syre klarar den sig relativt bra även vid låga syrehalter. I Kalmar län är den en av de dominerande arterna men den har minskat i flertalet områden under perioden från 1984 till 2010 (Tobiasson 2012). Motsvarande utveckling ser vi i Blekinge men även på andra håll i Östersjön (Andersson m fl 2011). På sandiga bottenar kan *Hediste* förekomma i täta bestånd, men de är då oftast så små att de bara bidrar med några bråkdelar av gram till biomassan. Det är känt att den relativt nyetablerade havsborstmasken *Marenzelleria* kan konkurrera om utrymmet (Kotta m fl 2001). I flera studier har man konstaterat att arten är väldigt tolerant mot höga halter av tungmetaller (ref).



Figur 5. Ekologisk status i de fyra undersökta områdena baserat på bottenfauna data från tio stationer i respektive område.



Figur 6. Bottenstationernas BQI-värden (Biologisk kvalitetsindex) i de fyra undersökta områdena. Staplarna anger medelvärdet av tio stationer i respektive område och felstaplarna anger medelfelet (SE).

Havsborstmasken *Marenzelleria spp* introducerades i Östersjön 1985 och i Sverige hittades den för första gången 1990 vid Blekingekusten (Persson 1991) men den har ännu inte etablerat några riktigt täta bestånd där. I Kalmar län upptäcktes den första gången i Bergkvara 1992 och fanns vid undersökningarna 1995 så långt norrut som till Västervik. Den fortsätter att spridas till nya områden och finns nu i nästan hela Östersjön. Arten lyckades väldigt bra med sin reproduktion och spridning under 2010-2011 och i det regionala kontrollprogrammet i Kalmar län fanns den på 25 av 32 stationer 2011 (Tobiasson 2012). I Oskarshamnområdet, och då speciellt i hamnen fanns den i väldigt hög täthet och i princip på alla stationer. Maskarna var överlag väldigt små men utgjorde trots detta en stor del av biomassan på flera stationer. Tillsammans med fåborstmaskar (*Oligochaeta*) var den en karaktärsart på de flesta av stationerna i såväl Yttre som Inre hamnen.

Gruppen fjädermygglarver (*Chironomidae*) har ofta en stark ställning på organiskt förorenade bottenar. Några av arterna i gruppen betraktas som de mest tåliga av alla vad avser hög organisk belastning och dåliga syreförhållanden. Gruppen hade en mycket stark ställning på några stationer med syreproblem i referensområdet men också i småbåtshamnen. På en av stationerna bidrog fjädermygglarver med 67 % av totala biomassan och som mest fanns det närmare 75 gWW/m² vilket måste betraktas som väldigt mycket.

Områdenas artsammansättning skiljer

Förutom traditionell statistik som ANOVA har bottenfaunadata analyserats med hjälp av multivariata metoder som MDS (MultiDimensional Scaling). Analysen bekräftar att ett antal stationer har avvikande artsammansättning till följd av kraftig störning. Det gäller ett par stationer i Inre hamnen där det mesta ytsedimentet är bortspolat av fartygstrafiken, samt ett par stationer med kraftig metallutfällning i ytsedimentet. Gemensamt för dessa stationer är att de helt eller nästan helt saknar de i övrigt så vanliga arterna östersjömussla och havsborstmasken *Marenzelleria*. Djursamhället domineras istället av havsborstmasken *Hediste diversicolor*. Övriga stationer i hamnen utmärks av stora populationer av just *Marenzelleria* och *Oligochaeta*.

Många av stationerna i referensområdet och i småbåtshamnen har likartade djursamhällen, men ett antal stationer visar tydliga tecken på syrebrist med stora populationer av fjädermygglarver som följd.

hamnen har likartade djursamhällen, men ett antal stationer visar tydliga tecken på syrebrist med stora populationer av fjädermygglarver som följd.

Sammantaget visar analysen av mätningarna i Oskarshamn 2011 att stationerna inom respektive område är tämligen lika i artsammansättning samt att de olika områdena har signifikant skilda bottenfaunasamhällen. Skillnaden mellan referensområdet och Inre hamnen var stor medan den var knappt märkbar mellan Yttre och Inre hamnen samt mellan referensområdet och småbåtshamnen.

Låg ekologisk status

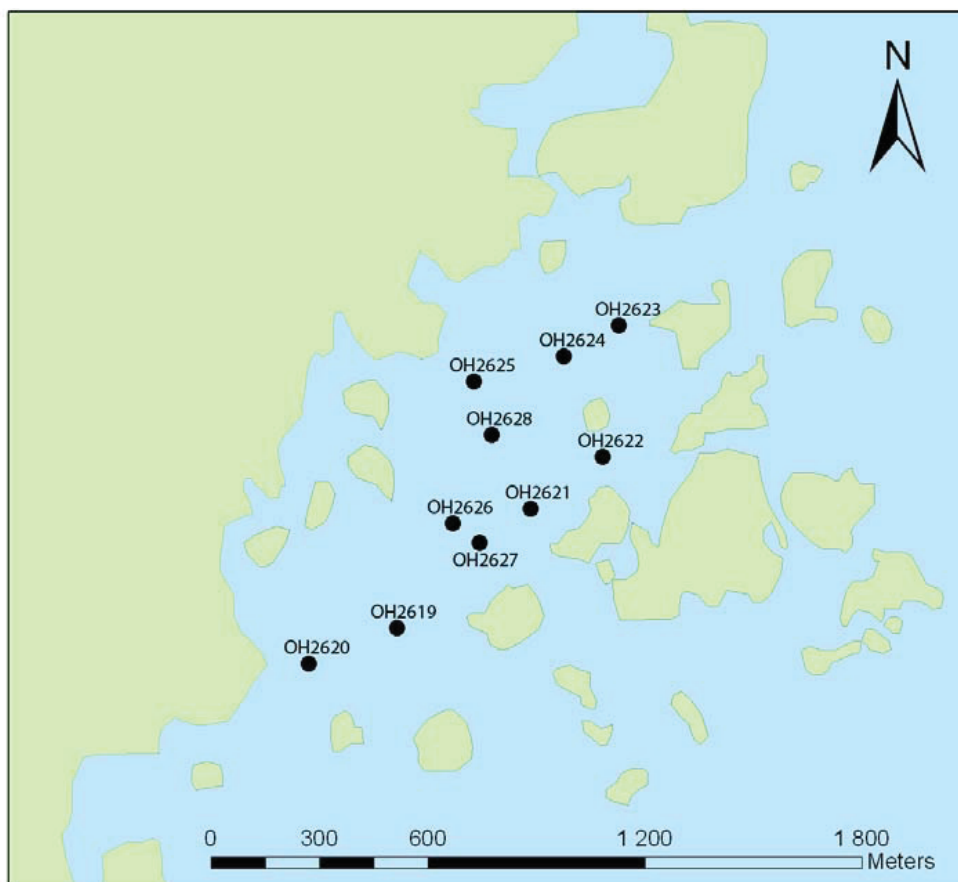
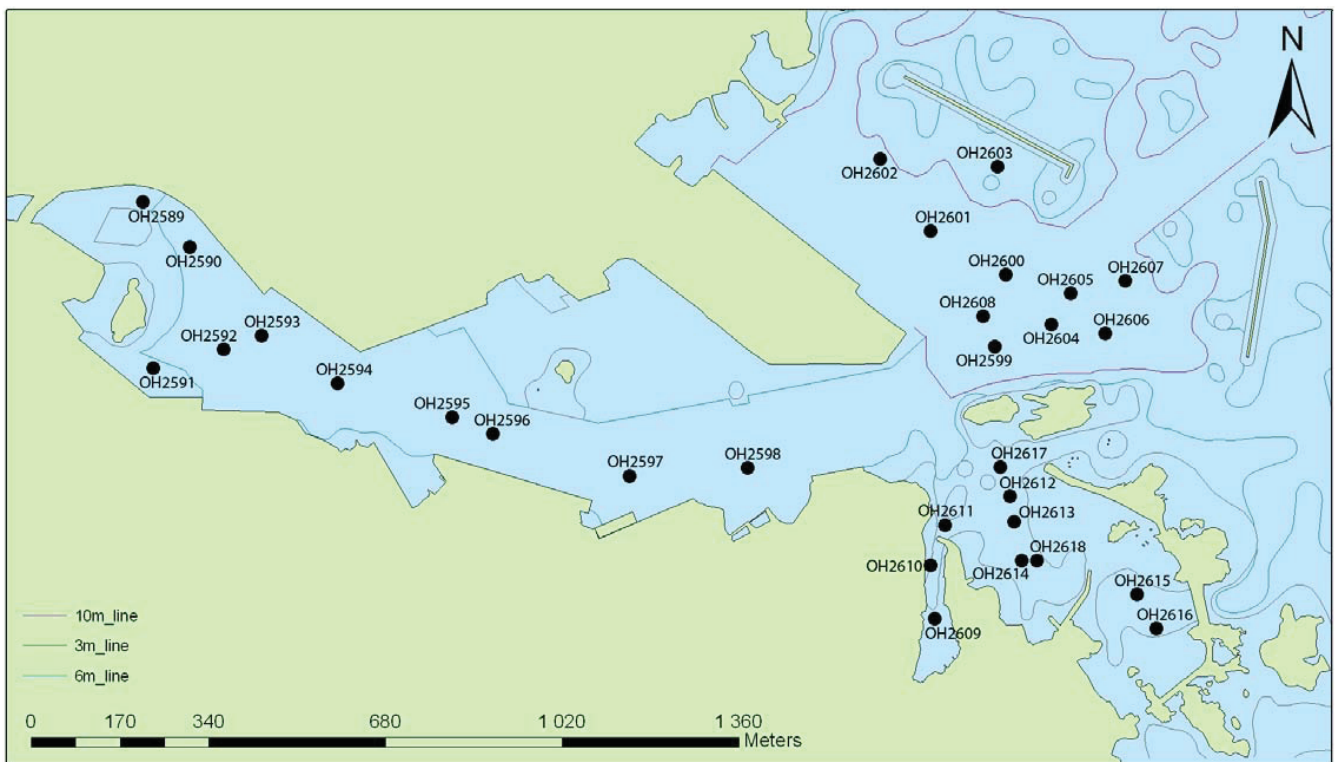
Statusklassning enligt vattendirektivet ska ske på vattenförekomstnivå med resultat från minst fem oberoende lokaler. I denna studie har vi istället slagit ihop de tio bottenhuggen från respektive område. Klassning av dessa fyra områden visas i figur 5. Dessutom redovisas resultatet från motsvarande klassning med BQI-värden från varje enskild station i bilaga 6.

Det biologiska kvalitetsindexet (BQI) som ligger till grund för statusklassningen varierar en hel del. Resultaten visar att statusen i hamnområdet är måttlig, vilket också gäller för referensområdet medan däremot småbåtshamnen hade otillfredsställande status. Statistisk analys med ANOVA visar att BQI-värdena i småbåtshamnen var signifikant lägre än i yttre hamnen. Det är intressant att konstatera att de fem stationer som hade tydligt metallförorenat sediment hade BQI-värden motsvarande tre olika statusklasser: otillfredsställande, måttlig och god status.

Referenser

- Andersson, S., Tobiasson, S., Engkvist, R., Edman, A. & Sjölin, A., (2011). Hanöbukten Kustvattenmiljö2010. Blekingekustens Vattenvårdsförbund och Vattenvårdförbundet för västra Hanöbukten. Linneuniversitetet. Rapport 2011:6.
- Field, J.G., Clarke, K.R. & Warwick, R.M., 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 8:37-52.
- Kotta J, Orav H, Sandberg-Kilpi E (2001) Ecological consequence of the introduction of the polychaete *Marenzelleria cf. viridis* into a shallow-water biotope of the northern Baltic Sea. *J. Sea Res.* 46:273-280.
- Leppäkoski, E., 1975. Assessment of degree of pollution on the basis of macrozoobenthos in marine and brackish-water environments. *Acta Academiae Aboensis*, ser B Vol. 35 nr 2.
- Mouneyrac, C., Mastain, O., Amiard, J.C., Amiard-Triquet, C., Beaunier, P., Jeantet, A.Y., Smith, B.D., & Rainbow, P.S. 2003. Trace-metal detoxification and tolerance of the estuarine worm *Hediste diversicolor* chronically exposed in their environment. *Marine Biology* (2003) 143: 731-744.
- Naturvårdsverket, 2007. Bedömningsgrunder för kustvatten och vatten i övergångszon"; Bilaga B till handbok 2007:4.
- Persson, L-E., 1991. Naturvårdsverket Rapport 3937. Övervakning av mjukbottenfauna vid Sveriges Sydkust. Rapport från verksamheten 1990.
- Qixing Zhou, Rainbow, P.S. & Smith, B.D. 2003. Tolerance and accumulation of the trace metals zinc, copper and cadmium in three populations of the polychaete *Nereis diversicolor*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* (2003), 83, 65-72.
- Tobiasson, S. 2012. Förekomst av djur i mjukbottenar 2011. Kalmar läns kustkontr. Linneuniversitetet. Rapport 2012:2

Bilaga 1. Stationer för mjukbottenstudier i Oskarshamns hamnområde samt i referensområde 2011.



Bilaga 2. Sediment och stationsdata. Mjukbottenstudier i Oskarshamns hamnområde 2011.

station	position (WGS84)	vattendjup (m)	sedimenttyp	konsistens	färg ytan	färg djupare	olja i sediment	oxiderat skikt (cm)	H2S-lukt (0-2)	glödförlust (% av TS)	vattenhalt (% av WW)	övriga observationer
OH2589	57 16,040	16 27,385	Gy	relöst	olivbrun	mörk olivgrå		1,0	1	16,5	83,9	
OH2590	57 15,994	16 27,473	Gy	halvfast	olivbrun	mörk olivgrå	x	2,0	1	13,1	73,9	
OH2591	57 15,870	16 27,402	Gy	halvfast	olivbrun	mörk olivgrå	x	5,0	1	13,0	75,6	"musseibank" + bark
OH2592	57 15,889	16 27,539	Gy	halvfast	olivbrun	mörk olivgrå		5,0	1	15,8	79,9	hårda gytje-klumpar
OH2593	57 15,901	16 27,610	Gy	halvfast	olivbrun	mörk olivgrå	x	3,0	0	16,9	80,0	
OH2594	57 15,851	16 27,754	Gy	hårt	olivgrå	olivgrå	x	>5	0	26,8	83,8	renspolad sed.yta, lite sten
OH2595	57 15,818	16 27,976	Gy	hårt	olivgrå	olivgrå		>5	0	24,7	80,3	renspolad sed.yta, lite sten
OH2596	57 15,797	16 28,050	Gy	hårt	olivgrå	olivgrå		>5	0	27,5	84,4	lera under
OH2597	57 15,753	16 28,309	MeGy	fast	orangebrun	mörk olivgrå	x	>5	0	6,6	65,9	
OH2598	57 15,758	16 28,537	MeGy	fast	orangebrun	mörk olivgrå	x	>5	0	8,1	66,3	
OH2599	57 15,881	16 29,010	MeGy	halvfast i ytan	orange	mörk olivgrå		2,0	0	15,4	77,1	svart o löst under
OH2600	57 15,956	16 29,036	MeGy	halvfast i ytan	orange	svart	x	1,5	1	13,6	77,6	svart o löst under
OH2601	57 16,002	16 28,892	Gy	relöst	olivbrun	mörk olivgrå		2,0	0	10,8	74,3	
OH2602	57 16,077	16 28,796	Gy	halvfast	olivbrun	mörk olivgrå		2,0	0	9,5	75,7	
OH2603	57 16,068	16 29,020	Gy	fast	olivbrun	olivgrå		2,0	1	14,1	77,7	silt under
OH2604	57 15,905	16 29,120	Gy	halvfast	olivbrun	gråsvart		1,0	1	12,1	74,5	
OH2605	57 15,936	16 29,159	Gy	fast	orangebrun	gråsvart	x	1,0	1	4,0	55,1	lera under
OH2606	57 15,894	16 29,224	Gy	relöst	olivbrun	gråsvart		1,0	1	17,2	80,9	lera under
OH2607	57 15,949	16 29,262	Gy	relöst	rostbrun	gråsvart		2,0	0	14,5	82,6	
OH2608	57 15,913	16 28,991	Gy	fast	olivbrun	olivgrön		>5	0	12,4	71,8	grus i ytan
OH2609	57 15,601	16 28,892	Gy	halvfast	olivbrun	olivsvart		0,2	0	16,4	86,3	
OH2610	57 15,656	16 28,885	Gy	halvfast	olivbrun	olivsvart	x	1,0	0	18,0	82,1	växter
OH2611	57 15,698	16 28,911	Gy	halvfast	olivbrun	olivsvart	x	1,0	1	17,2	82,1	
OH2612	57 15,727	16 29,039	Gy	halvfast	olivbrun	olivsvart		1,0	1	16,8	83,6	
OH2613	57 15,701	16 29,046	Gy	halvfast	olivbrun	olivsvart		1,0	0	17,5	79,9	
OH2614	57 15,661	16 29,061	Gy	halvfast	olivbrun	olivsvart		1,0	1	17,4	83,0	
OH2615	57 15,624	16 29,281	Gy	löst	olivbrun	olivsvart		0,2	2	23,1	87,7	
OH2616	57 15,588	16 29,316	Gy	löst	olivbrun	olivsvart		0,2	2	22,5	87,0	
OH2617	57 15,758	16 29,020	Gy	halvfast	olivbrun	olivsvart		0,2	1	17,1	82,4	
OH2618	57 15,661	16 29,086	Gy	halvfast	olivbrun	olivsvart		0,2	1	16,9	83,2	
OH2619	57 16,927	16 29,443	Gy	löst	olivbrun	olivsvart		0,1	2	21,5	87,6	
OH2620	57 16,875	16 29,199	Gy	löst	olivbrun	olivsvart		0,1	2	24,1	89,8	
OH2621	57 17,103	16 29,814	Gy	löst	olivbrun	olivsvart		0,1	2	23,2	88,3	
OH2622	57 17,179	16 30,014	Gy	halvfast	olivbrun	mörk olivgrå		0,1	2	24,0	86,8	
OH2623	57 17,374	16 30,060	Gy	halvfast	olivbrun	mörk olivgrå		1,0	2	24,4	87,7	växter
OH2624	57 17,330	16 29,910	Gy	löst	olivbrun	olivsvart		0,1	2	26,0	88,3	
OH2625	57 17,292	16 29,661	Gy	halvfast	olivbrun	mörk olivgrå		1,0	2	23,6	86,6	
OH2626	57 17,082	16 29,600	Gy	relöst	olivbrun	mörk olivgrå		0,5	2	23,9	87,3	
OH2627	57 17,052	16 29,673	Gy	löst	olivbrun	olivsvart		0,1	2	23,2	88,1	
OH2628	57 17,214	16 29,708	Gy	relöst	olivbrun	mörk olivgrå		0,1	2	23,8	88,1	

Bilaga 3. Resultat av bottenfaunastudier inför saneringen av Oskarshamns hamn. Undersökningen utförd 7-8 juni 2011

		Inre hamnen									
station		OH2589	OH2590	OH2591	OH2592	OH2593	OH2594	OH2595	OH2596	OH2597	OH2598
vattendjup (m)		5,8	5,9	5,8	11,3	11,4	12,7	13,9	12,8	9,0	9,3
		Abundans (ind/m2)									
NEMATODA											
	Nereis diversicolor	283	25	674	92	200	158	33	175	208	191
	Pygospio elegans										
	Marenzelleria viridis	2346	6889	549	3644	2729	707			948	2696
	OLIGOCHAETA	998	25	5599	632	2329	366	50	216	200	2180
	MYSIS SP.									17	
	Idotea baltica										
	Idotea chelipes			8							
	Gammarus locusta			8							
	Gammarus zaddachi										
	Gammarus salinus			42							
	Monoporeia affinis										
	Corophium volutator						8		8		
	CHIRONOMIDAE					25					25
	Chironomus plumosus										
	HYDROBIA SP.										
	Radix peregra										
	Mytilus edulis			1423			8		17	25	17
	Cerastoderma glaucum										
	Macoma baltica <5mm	250	42	774	25	491	33				
	Macoma baltica 5-10mm	33	8	1647	42	383	25				
	Macoma baltica >10mm	141	17	840	33	624	83				
	Macoma baltica tot	424	67	3261	100	1498	141				
	Mya arenaria	8	8	1298		75	25			83	8
artantal		5	5	9	4	6	7	2	4	6	6
totalabundans		4060	7013	7013	4468	6855	1414	83	416	1481	5116
		Biomassa (g WW/m2)									
NEMATODA											
	Nereis diversicolor	12,99	0,13	26,79	4,79	4,69	2,62	0,29	9,39	11,67	6,58
	Pygospio elegans										
	Marenzelleria viridis	4,67	13,59	0,81	11,33	1,50	0,69			0,63	1,54
	OLIGOCHAETA	0,49	0,02	2,36	0,74	0,33	0,50	0,01	0,22	0,15	1,09
	MYSIS SP.									0,10	
	Idotea baltica										
	Idotea chelipes			0,04							
	Gammarus locusta			0,01							
	Gammarus zaddachi										
	Gammarus salinus			1,47							
	Monoporeia affinis										
	Corophium volutator						0,07		0,06		
	CHIRONOMIDAE					0,07					0,04
	Chironomus plumosus										
	HYDROBIA SP.										
	Radix peregra										
	Mytilus edulis			625,10			1,93		1,06	4,40	0,23
	Cerastoderma glaucum										
	Macoma baltica <5mm	0,48	0,02	1,82	0,10	1,00	0,07				
	Macoma baltica 5-10mm	1,29	0,08	128,07	1,88	29,30	2,94				
	Macoma baltica >10mm	54,56	2,44	183,79	6,16	127,11	18,31				
	Macoma baltica tot	56,33	2,55	313,68	8,14	157,41	21,31				
	Mya arenaria	0,03	0,01	252,10		0,19	67,69			77,39	4,24
artantal		5	5	9	4	6	7	2	4	6	6
totalbiomassa		74,51	16,29	1222,35	25,01	164,19	94,81	0,30	10,72	94,34	13,73
BQI		3,1	3,9	3,8	3,1	3,1	3,6	0,8	1,9	3,5	2,8

		Yttre hamnen									
station		OH2599	OH2600	OH2601	OH2602	OH2603	OH2604	OH2605	OH2606	OH2607	OH2608
vattendjup (m)		16,7	16,0	14,9	12,9	9,7	15,6	15,4	15,4	15,5	16,7
NEMATODA											
Nereis diversicolor		33	42	8	8	50	8	83	8		25
Pygospio elegans								8			125
Marenzelleria viridis			333	732	3286	657	2529	1348	982	75	108
OLIGOCHAETA				8	358	674	175	433	133	175	141
MYSIS SP.					8			8			
Idotea baltica											
Idotea chelipes											
Gammarus locusta											
Gammarus zaddachi											
Gammarus salinus											
Monoporeia affinis								8	8		
Corophium volutator		17	25					8	8		33
CHIRONOMIDAE		33	42	1855	807	25	458	25	1473	1414	25
Chironomus plumosus			8	17	33				50	17	
HYDROBIA SP.											
Radix peregra											
Mytilus edulis			8					33			25
Cerastoderma glaucum											
Macoma baltica <5mm			8	33	108	116	33	17	233	58	
Macoma baltica 5-10mm				25	50	499	8		83	25	17
Macoma baltica >10mm				67	216	275	92		125	200	17
Macoma baltica tot				125	374	890	133	17	441	283	33
Mya arenaria				8	25		58	33		17	25
artantal		3	6	7	8	5	6	11	8	6	9
totalabundans		83	458	2754	4900	2296	3361	2005	3103	1980	541
NEMATODA											
Nereis diversicolor		1,65	1,22	0,42	0,36	5,24	1,68	2,70	0,27		0,44
Pygospio elegans								0,01			0,12
Marenzelleria viridis			2,72	1,13	4,12	3,19	7,05	3,31	2,56	5,82	0,19
OLIGOCHAETA				0,01	0,15	0,71	0,13	0,22	0,13	0,17	0,06
MYSIS SP.					0,17			0,04			
Idotea baltica											
Idotea chelipes											
Gammarus locusta											
Gammarus zaddachi											
Gammarus salinus											
Monoporeia affinis								0,01	0,01		
Corophium volutator		0,06	0,20					0,02	0,05		0,37
CHIRONOMIDAE		0,07	0,06	9,46	2,21	0,06	1,72	0,02	9,34	5,31	0,03
Chironomus plumosus			0,31	0,48	0,77				1,66	0,42	
HYDROBIA SP.											
Radix peregra											
Mytilus edulis			1,32					0,15			0,05
Cerastoderma glaucum											
Macoma baltica <5mm			0,01	0,12	0,26	1,18	0,17	0,08	0,81	0,17	
Macoma baltica 5-10mm				0,57	1,57	29,13	1,28		3,69	0,86	1,43
Macoma baltica >10mm				30,78	88,29	112,25	30,62		65,59	84,65	8,27
Macoma baltica tot				31,46	90,12	142,56	32,07	0,08	70,08	85,68	9,70
Mya arenaria				0,41	13,01		16,86	9,67		1,40	7,70
artantal		3	6	7	8	5	6	11	8	6	9
totalbiomassa		1,77	5,83	43,38	110,91	151,76	59,52	16,25	84,11	98,80	18,67
BQI		1,8	4,0	2,0	3,6	2,9	3,6	4,3	2,7	1,5	4,0

		Småbåtshamnen									
station		OH2609	OH2610	OH2611	OH2612	OH2613	OH2614	OH2615	OH2616	OH2617	OH2618
vattendjup (m)		2,4	2,6	4,2	6,2	6,1	5,5	5,8	5,3	5,7	5,1
NEMATODA			25								
	Nereis diversicolor	233	166	349	58	125	116		8	141	266
	Pygospio elegans			8							
	Marenzelleria viridis	8	92		275	100	8			183	42
	OLIGOCHAETA	3686	2471	3661	557	815	899			1722	1739
	MYSIS SP.						8				
	Idotea baltica										
	Idotea chelipes										
	Gammarus locusta										
	Gammarus zaddachi		8								
	Gammarus salinus										
	Monoporeia affinis										
	Corophium volutator										
	CHIRONOMIDAE		58					699	857		
	Chironomus plumosus							1115	2130		
	HYDROBIA SP.					8					
	Radix peregra										
	Mytilus edulis		200			8					
	Cerastoderma glaucum										
	Macoma baltica <5mm	25	125	250	283	266	166	474	416	316	191
	Macoma baltica 5-10mm	33	25	100	316	150	33	8	17	125	50
	Macoma baltica >10mm	241	632	200	591	599	391	33	141	466	366
	Macoma baltica tot	300	782	549	1190	1015	591	516	574	907	607
	Mya arenaria		17	25		8				8	25
artantal		4	9	5	4	7	5	3	4	5	5
totalabundans		4226	3819	4592	2080	2080	1622	2329	3569	2962	2679
NEMATODA			0,02								
	Nereis diversicolor	30,85	30,37	31,40	7,56	26,19	28,94		3,85	26,44	33,20
	Pygospio elegans			0,01							
	Marenzelleria viridis	0,01	0,05		1,27	3,99	1,84			5,31	4,14
	OLIGOCHAETA	6,25	1,68	4,18	0,20	0,52	1,72			1,46	1,84
	MYSIS SP.						0,01				
	Idotea baltica										
	Idotea chelipes										
	Gammarus locusta										
	Gammarus zaddachi		0,49								
	Gammarus salinus										
	Monoporeia affinis										
	Corophium volutator										
	CHIRONOMIDAE		0,02					7,14	8,95		
	Chironomus plumosus							41,66	65,94		
	HYDROBIA SP.					0,02					
	Radix peregra										
	Mytilus edulis		107,72			0,02					
	Cerastoderma glaucum										
	Macoma baltica <5mm	0,15	0,17	0,54	0,36	0,15	0,21	0,87	0,67	0,41	0,60
	Macoma baltica 5-10mm	1,41	1,91	3,88	28,19	11,56	3,71	0,52	1,47	8,81	2,65
	Macoma baltica >10mm	88,37	217,84	44,27	125,07	135,20	109,98	22,94	65,80	113,05	91,26
	Macoma baltica tot	89,93	219,91	48,69	153,63	146,91	113,90	24,33	67,95	122,27	94,50
	Mya arenaria		0,04	0,09		0,09				0,03	0,07
artantal		4	9	5	4	7	5	3	4	5	5
totalbiomassa		127,03	360,30	84,37	162,66	177,75	146,41	73,13	146,69	155,52	133,76
BQI		1,0	2,2	1,4	2,7	3,1	1,9	1,1	1,1	2,1	1,9

		Referensområde (Rotvik)									
station		OH2619	OH2620	OH2621	OH2622	OH2623	OH2624	OH2625	OH2626	OH2627	OH2628
vattendjup (m)		9,9	10,1	8,9	6,8	6,6	8,0	6,2	8,3	8,3	8,1
NEMATODA											
	Nereis diversicolor				67		17	33			
	Pygospio elegans				8	8					
	Marenzelleria viridis	25			8	25	75		42		258
	OLIGOCHAETA	408	17		458	33	874	449	75	17	391
MYSIS SP.											
	Idotea baltica					17					
	Idotea chelipes										
	Gammarus locusta										
	Gammarus zaddachi										
	Gammarus salinus					8					
	Monoporeia affinis	33								8	
	Corophium volutator										
	CHIRONOMIDAE	208	333	17		17				8	8
	Chironomus plumosus	75	283								8
HYDROBIA SP.											
	Radix peregra					33					8
	Mytilus edulis										
	Cerastoderma glaucum					17					
	Macoma baltica <5mm	507	391	133	241	200	125	1165	233	491	458
	Macoma baltica 5-10mm	83	33	17	208	58	25	225	125		116
	Macoma baltica >10mm	50	125	17	474	116	116	175	225	42	175
	Macoma baltica tot	641	549	166	923	374	266	1564	582	532	749
	Mya arenaria	8			42	8		25			
artantal		7	4	2	6	10	4	4	3	4	6
totalabundans		1398	1181	183	1506	541	1231	2072	699	566	1423
NEMATODA											
	Nereis diversicolor				19,24		12,96	9,53			
	Pygospio elegans				0,01	0,01					
	Marenzelleria viridis	0,04			0,02	0,02	0,05		0,02		0,68
	OLIGOCHAETA	0,67	0,02		0,92	0,02	1,88	0,68	0,02	0,02	0,80
MYSIS SP.											
	Idotea baltica					0,33					
	Idotea chelipes										
	Gammarus locusta										
	Gammarus zaddachi										
	Gammarus salinus					0,01					
	Monoporeia affinis	0,05								0,01	
	Corophium volutator										
	CHIRONOMIDAE	1,39	2,17	0,05		0,02				0,02	0,01
	Chironomus plumosus	3,11	9,18								0,01
HYDROBIA SP.											
	Radix peregra					1,96					0,45
	Mytilus edulis										
	Cerastoderma glaucum					0,07					
	Macoma baltica <5mm	0,68	0,37	0,31	0,89	0,44	0,23	2,65	0,30	0,94	0,66
	Macoma baltica 5-10mm	6,78	3,81	2,59	12,93	1,75	1,70	16,15	5,07		6,75
	Macoma baltica >10mm	15,27	47,15	5,51	108,52	48,85	35,32	63,88	75,47	14,14	52,92
	Macoma baltica tot	22,73	51,34	8,40	122,34	51,04	37,25	82,68	80,83	15,08	60,32
	Mya arenaria	0,02			0,14	0,01		1,39			
artantal		7	4	2	6	10	4	4	3	4	6
totalbiomassa		28,00	62,71	8,45	142,67	53,49	52,14	94,28	80,88	15,12	62,27
BQI		2,9	1,9	1,8	3,2	5,2	1,5	2,9	2,6	3,2	3,2

Bilaga 4. Resultat av statistiska analyser på bottenfaunadata från Oskarshamns hamn och referensområde juni 2011.

Resultat av ANOVA med TukeyHSD

Mjukbottendata Oskarshamns hamn 2012

Signifikanta skillnader ($p < 0,05$) markeras med * i tabellen

	Artantal					Glödförlust ytsediment			
	inre hamnen	yttre hamnen	småbåtshamnen	refområde		inre hamnen	yttre hamnen	småbåtshamnen	refområde
inre hamnen	-					-			
yttre hamnen	*	-					-		
småbåtshamnen			*	-			*	-	
refområde			*			*	*	*	-

	Abundans					Vattenhalt ytsediment			
	inre hamnen	yttre hamnen	småbåtshamnen	refområde		inre hamnen	yttre hamnen	småbåtshamnen	refområde
inre hamnen	-					-			
yttre hamnen		-					-		
småbåtshamnen			-				*	-	
refområde	*			-		*	*		-

	Biomassa					Oxiderat skikt			
	inre hamnen	yttre hamnen	småbåtshamnen	refområde		inre hamnen	yttre hamnen	småbåtshamnen	refområde
inre hamnen	-					-			
yttre hamnen		-				*	-		
småbåtshamnen			-			*	*	-	
refområde				-		*	*		-

	BQI			
	inre hamnen	yttre hamnen	småbåtshamnen	refområde
inre hamnen	-			
yttre hamnen		-		
småbåtshamnen		*	-	
refområde				-

Resultat av ANOSIM (ickeparametrisk ANOVA på hela artsammansättningen)

Mjukbottendata Oskarshamns hamn 2012

Signifikanta skillnader ($p < 0,05$) markeras med * i tabellen till vänster

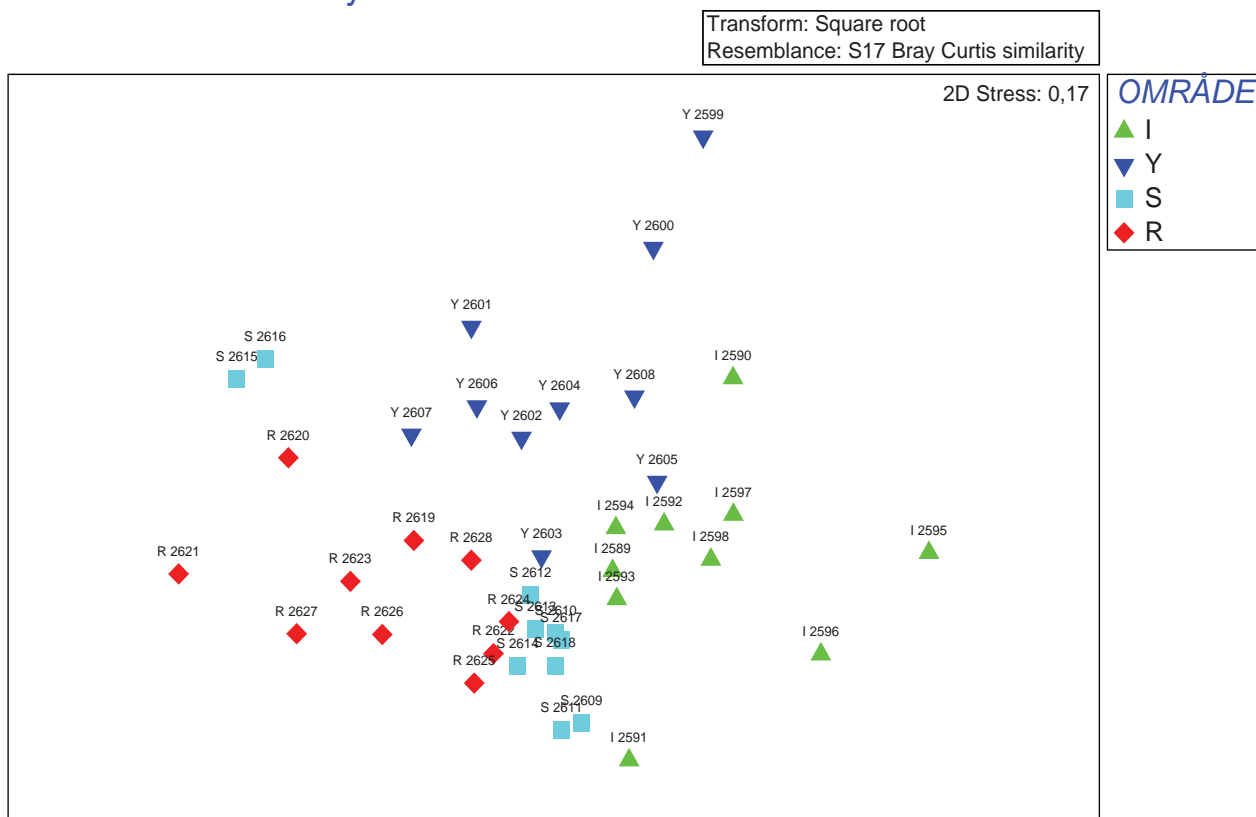
I tabellen till höger anges R-värdena för hur stor skillnaden är, däröver en förklaring av vad R-värdet betyder.

R-värden	
>0,75	väl åtskilda
>0,5	tydligt åtskilda
<0,25	knappt åtskilda

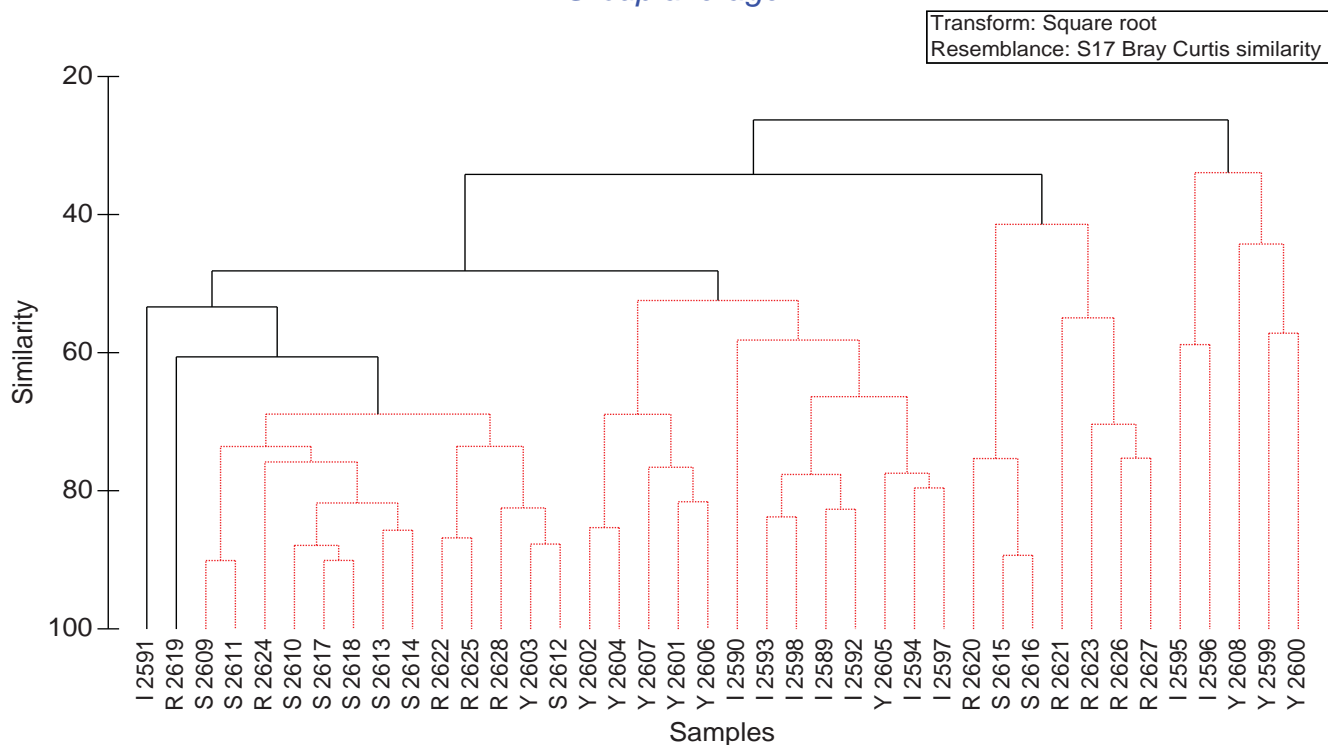
	Artsammansättning					Artsammansättning			
	inre hamnen	yttre hamnen	småbåtshamnen	refområde		inre hamnen	yttre hamnen	småbåtshamnen	refområde
inre hamnen	-					-			
yttre hamnen	*	-				0,228	-		
småbåtshamnen	*	*	-			0,319	0,404	-	
refområde	*	*	*	-		0,613	0,483	0,207	-

Bilaga 5. Resultatet av statistisk analys med multivariabla metoder (MDS och CLUSTER). Stationerna har fått nya prefix för att lättare kunna identifieras. OH har ersatts med I (Inre hamnen), Y (Yttre hamnen), S (småbåtshamnen) och R (referensområde). Siffrorna är oförändrade.

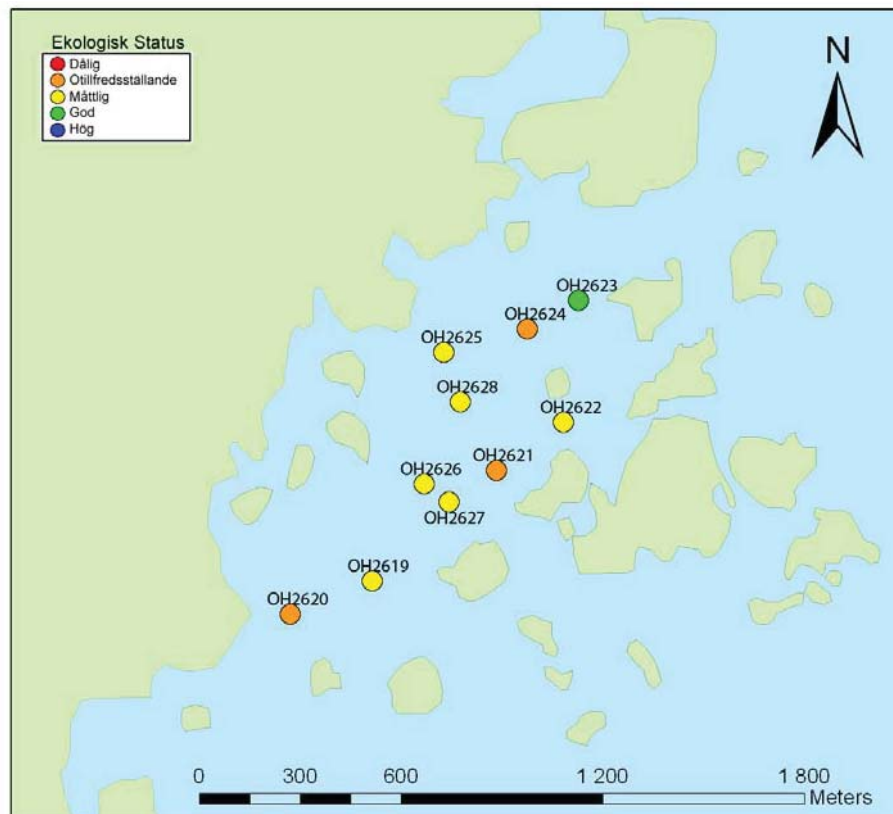
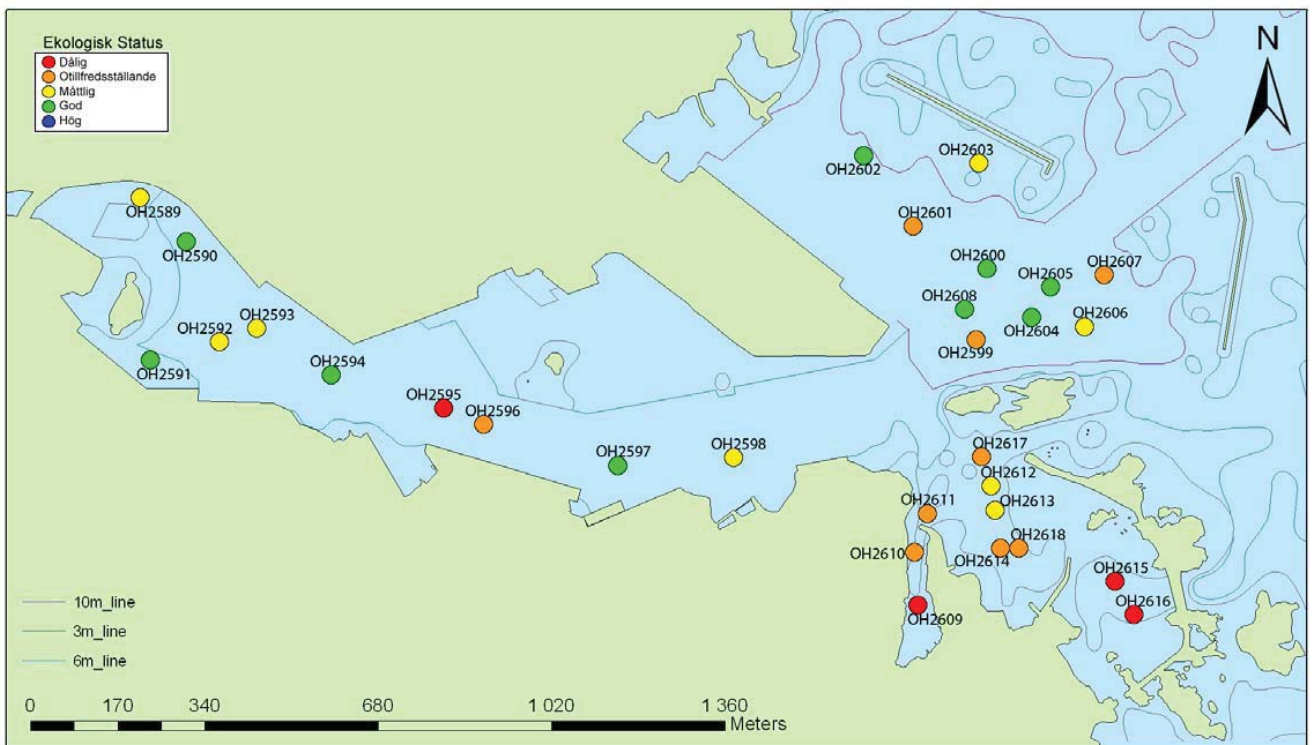
Mjukbottenfauna O-hamns hamn 2011



Mjukbottenfauna O-hamns hamn 2011 Group average



Bilaga 6. Biologiskt kvalitetsindex (BQI) för bottenfaunastationer från Oskarshamns hamn och referensområde.



Kalmar Växjö

391 82 Kalmar

Tel 0480-446200

stefan.tobiasson@lnu.se

lnu.se

