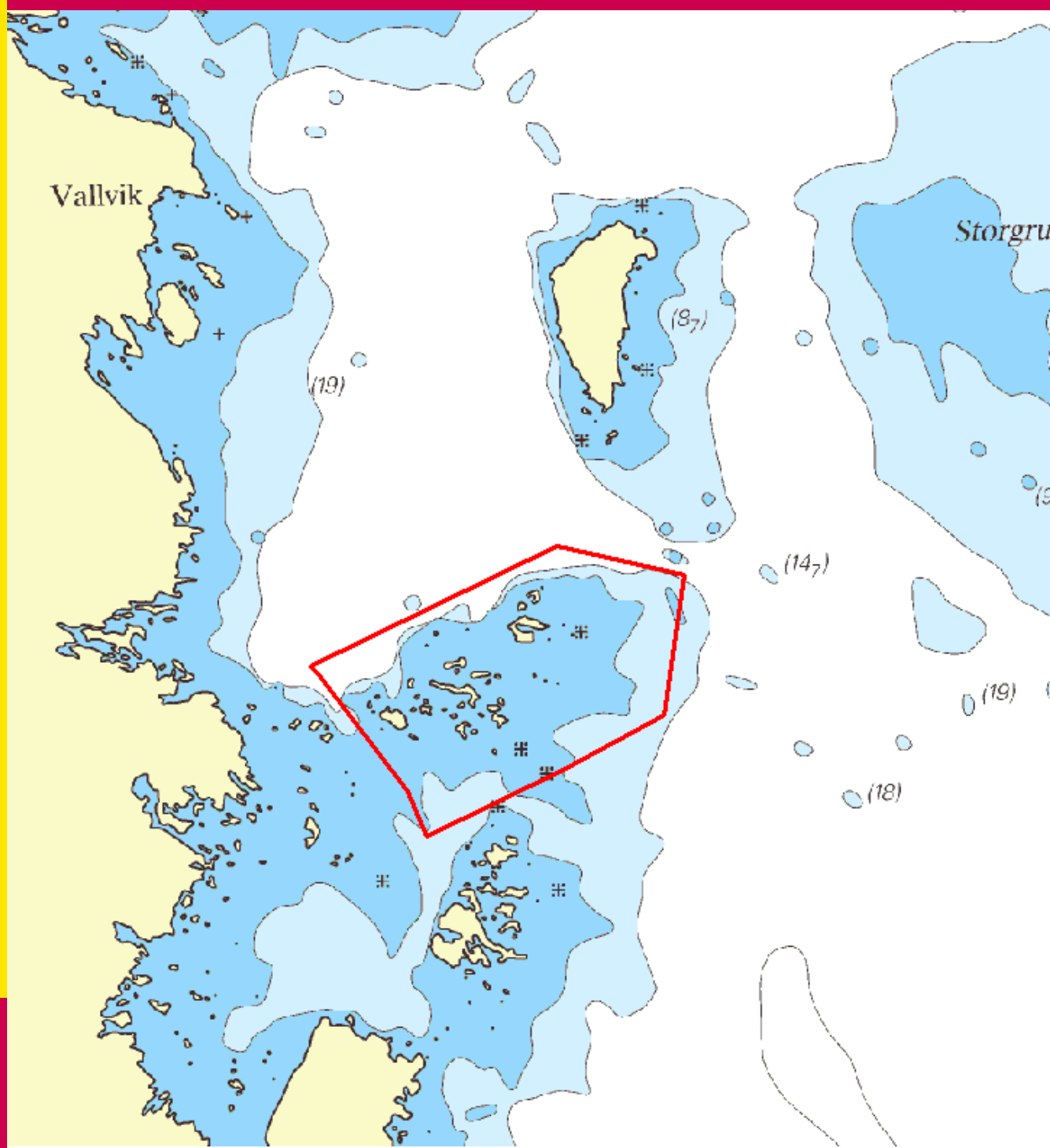


Modellering av den marina vegetationen vid Tupparna - Kalvhararna



Länsstyrelsen
Gävleborg

Modellering av den marina vegetationen vid Tupparna - Kalvhararna

Susanne Qvarfordt, Ronny Fredriksson & Mikael Borgiel
Sveriges Vattenekologer AB

November 2009



Länsstyrelsen
Gävleborg

Förord

I september 2009 utförde Sveriges Vattenekologer AB, på uppdrag av Länsstyrelsen i Gävleborgs län, substratkartering vid Tupparna-Kalvhararna. Utifrån denna kartering modellerades utbredningen av den marina vegetationen i området. För innehåll och slutsatser i denna rapport ansvarar Sveriges Vattenekologer AB.

Rapporterna vänder sig i första hand till beslutsfattare och tjänstemän på Länsstyrelsen och kommunerna som jobbar med områdesskydd i marin miljö. Underlaget kan även användas vid tillståndsprövning av miljöfarlig verksamhet, samt vid samrådsärenden, som t ex muddring, uppförande av bryggor eller annan påverkan som kan skada miljön. Rapporten bidrar även med viktigt kunskap för övervakning av miljöns tillstånd.

Cecilia Nyberg
Länsstyrelsen Gävleborg, Naturvårdsenheten

Innehållsförteckning

Sammanfattning	1
Inledning.....	2
Bakgrund.....	2
Syfte.....	4
Utförande.....	5
Fältundersökningar	5
Substratkartering	5
Befintliga data.....	5
Vegetationsmodellering och kartprediktioner.....	6
Kvalitetssäkring.....	6
Resultat och Diskussion.....	7
Substratkartering och modellering	7
Vegetationsmodellering.....	8
Slutsats.....	12
Tack till	13
Referenser	14
Bilagor	15
Bilaga 1. Modelleringar	16
Bilaga 2. Naturtypsavgrensning	38
Länsstyrelsens marina rapporter	39

Sammanfattning

I september 2009 genomförde Sveriges Vattenekologer AB, på uppdrag av Länsstyrelsen i Gävleborgs län, en substratkartering i ett område kring ögrupperna Tupparna och Kalvhararna. Syftet med undersökningen var att kartlägga förekommande livsmiljöer.

I denna rapport presenteras resultaten av substratkarteringen och en statistisk vegetationsmodellering baserad på tidigare inventeringar gjorda år 2005 och 2006. I rapporten finns även kartprediktioner som visar sannolik förekomst av vegetation i området.

I vegetationsmodelleringen testades fyra prediktorsvariablers (vågexponering, substrat, lutning och djup) förmåga att förklara vegetationens utbredning i undersökningsområdet. Substrat och djup var de variabler som bidrog med mest till modellernas förklaringsgrad. Modelleringen gav mycket starka modeller (ROC-värde 0,86 - 1,0), vilket innebär att modellerna med hög sannolikhet kan prediktera förekomst av vegetation i området.

Block var den dominerande bottenotypen i större delen av undersökningsområdet vilket borde gynna makroalgsfloran. Kartprediktionerna indikerar att bottenarna grundare än 15 m i området med hög sannolikhet har minst 25 % vegetationstäckning. Stor förekomst av hårda bottenar och djup grundare än 15 m i större delen av undersökningsområdet skapar därmed förutsättningar för hög vegetationsutbredning i området.

Kartprediktionerna antyder att fleråriga makroalger generellt förekommer i djupare delar av området medan ettåriga grönalger mest sannolikt förekommer på grunda hårbottenar. Sannolikheten att finna kärlväxtsamhällen med en yttäckning över 25 % är däremot mycket liten i området.

Inledning

I september 2009 genomförde Sveriges Vattenekologer AB, på uppdrag av Länsstyrelsen i Gävleborgs län, en substratkartering i ett område kring ögrupperna Tupparna och Kalvhararna (Figur 1). Uppdraget var en del av en systematisk kartläggning av länets marina naturmiljöer inom ramen för arbetet med skydd av natur samt basinventering av Natura 2000-områden som Länsstyrelsen genomför sedan 2005.

Undersökningsområdet består av 1900 hektar hav och ligger inom ett riksintresseområde för naturvården. Området ingår även i ett BSPA-område (Baltic Sea Protected Area). BSPA-områden har skapats för att skydda representativa nätverk av marina livsmiljöer. Tidigare undersökningar i området inkluderar vegetationsinventeringar som utfördes år 2005 och 2006 (Hansson 2006, 2011).

I denna rapport presenteras resultaten av en vegetationsmodellering som baserade sig på substratkarteringen samt tidigare vegetationsinventering i området. De statistiska GAM-modeller (Generaliserade Additiva Modeller) som redovisas beskriver förekomst av substrat och vegetation i relation till miljövariabler i undersökningsområdet. I rapporten finns även kartprediktioner med sannolik vegetationsutbredning i området.

Bakgrund

Östersjön har ett vidsträckt avrinningsområde som tillför stora mängder sötvatten, vilket späder ut det salta vattnet som kommer in genom de smala sunden i sydväst. Följden blir en salthaltsgradient där salthalten minskar ju längre norrut i Östersjön man kommer. På västkusten är salthalten ca 25 promille medan den längst upp i Bottniska viken är nära noll.

Dagens Östersjön med rådande salthaltsförhållandena är endast ca 3000 år gammal, vilket är kort tid sett ur ett evolutionärt perspektiv. Östersjön är därför ett artfattigt hav eftersom få arter har hunnit anpassa sig till dagens salthalter. Östersjöns flora och fauna utgörs av en blandning av marina arter och sötvattensarter. Antalet marina arter minskar norrut i Östersjön allteftersom de olika arterna når sin utbredningsgräns som bestäms av salthalten. Det omvända gäller för sötvattensarterna som är mer talrika i norr där salthalten är lägre. Ju närmare de saltare vattnen i söder man kommer desto färre sötvattensarter hittar man.

Östersjön är ett känsligt hav. Salthaltsgradienten innebär att dess djur och växter lever på gränsen av vad de klarar av. Det är en stress för organismen som bland annat märks i storlek. Många marina arter blir mindre i Östersjön eftersom de måste avsätta energi för att klara av den lägre salthalten, energi som de annars skulle använda till tillväxt. Eftersom organismerna är konstant stressade av salthalten innebär det också att de är mer känsliga för störningar som till exempel utsläpp av gifter, övergödning och grumling av vattnet. Att det finns så få arter bidrar till ekosystemets känslighet. Arter påverkar varandra genom bland annat konkurrens, betning och predation. Om en art försvinner kan det få stora konsekvenser för artsammansättningen i växt- och djursamhällena.

Östersjön är också ett hav som är starkt påverkat av människan. Det stora avrinningsområdet är tätbefolkat. Vattendrag som mynnar i havet för bland annat med sig näringsämnen från åkermarker och dagvatten som bidrar till övergödning. Även om reningsverk och industrier

har infört bättre reningsprocesser på senare år, bidrar de fortfarande till en övergödning och negativ påverkan på växt- och djursamhällen. Lokala utsläpp (t ex fiskodlingar, orenade enskilda avlopp) kan också bidra substantiellt till närområdets övergödning.

Inventeringar av växt- och djursamhällen kan beskriva hur ett område mår. Fastsittande, bottenlevande växter speglar förhållandena i området eftersom de sitter på samma plats hela tiden och inte kan flytta på sig om förhållandena blir sämre. Växternas djuputbredning visar hur djupt ljuset når i vattnet vilket bestäms av grumlighet i vattnet. Inventeringar ger också information som kan användas för att avsätta reservat i syfte att skydda speciellt känsliga samhällen, till exempel viktiga yngelplatser för fisk eller födosöksområden för sjöfågel.

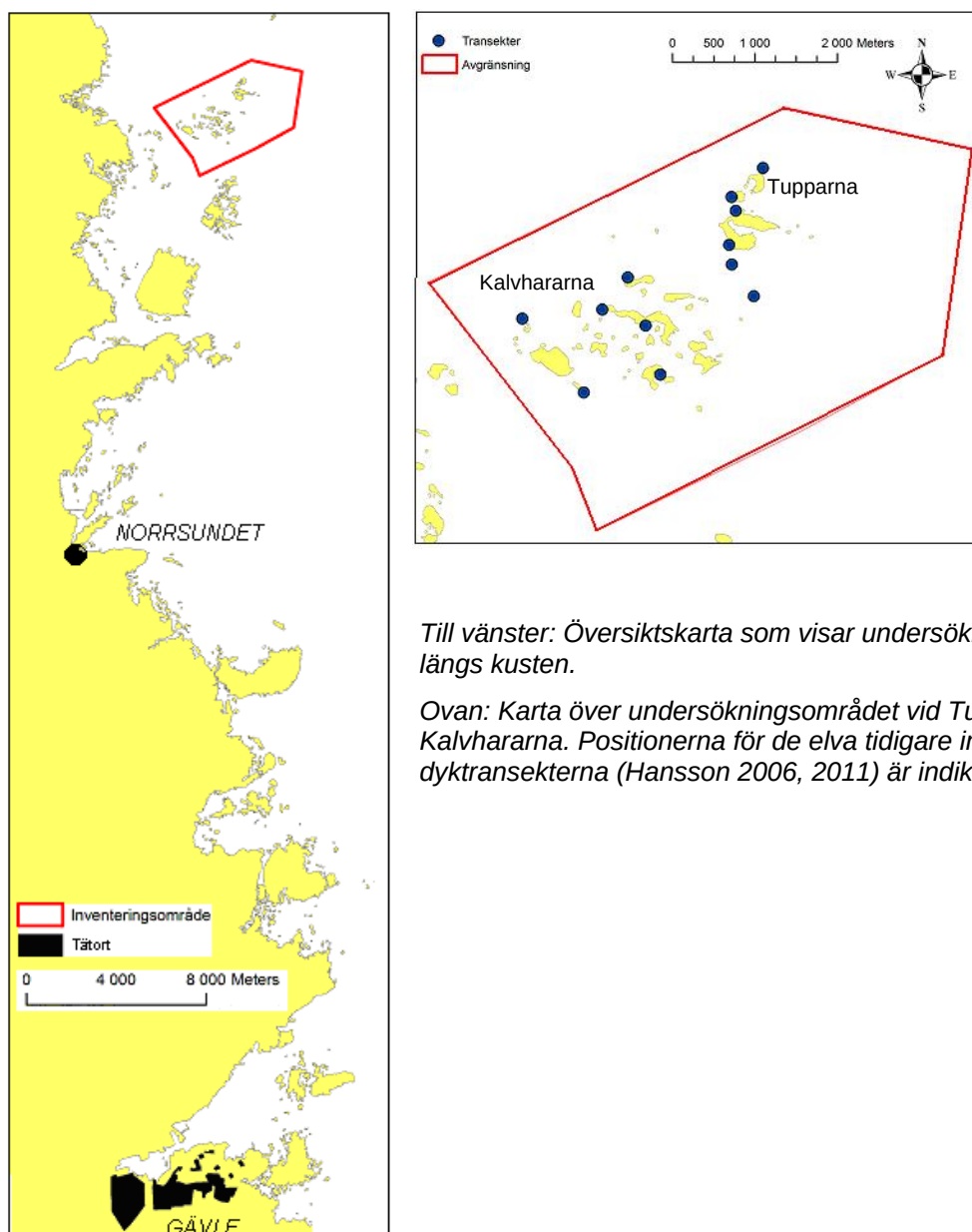
Inventering av vegetation under vattnet är emellertid svårt. På land kan man lätt få en överblick över stora områden bara genom att gå ut och titta. I havet är sikten ofta begränsad till ett par meter vilket gör det svårt att få en överblick av större områden. Ett sätt att beskriva vegetationens utbredning i ett område är att inventera små delområden noggrant med hjälp av dykare och sedan använda statistisk modellering och kartprediktioner för att ge en grov beskrivning av hela området. De resulterande kartorna ger en indikation om hur det kan se ut i området men kan naturligtvis inte förklara all variation. Kartorna skall ses som en visualisering av en statistisk beräkning för de samband och variationer man lyckats täcka in i undersökningen.

Syfte

Syftet med undersökningen var att kartlägga förekommande livsmiljöer. Fältundersökningen inkluderade en substratkartering.

I syfte att beskriva förekomst av substrat och vegetation i relation till miljövariabler i undersökningsområdet utfördes en statistisk GAM-modellering som baserades på substratkarteringen och tidigare gjorda vegetationsinventeringar (Hansson 2006, 2011). Utifrån de statistiska modellerna gjordes därefter kartprediktioner för att illustrera sannolik vegetationsutbredning i området.

Figur 1.



Till vänster: Översiktskarta som visar undersökningsområdets läge längs kusten.

Ovan: Karta över undersökningsområdet vid Tupparna och Kalvharna. Positionerna för de elva tidigare inventerade dyktransekterna (Hansson 2006, 2011) är indikerade.

Utförande

Fältundersökningar

Fältundersökningen vid Tupparna – Kalvhararna bestod av en substratkartering. Substratkarteringen utfördes den 4 september 2009, men p g a dåligt väder krävdes ett återbesök den 7 oktober för att komplettera det insamlade materialet.

Substratkartering

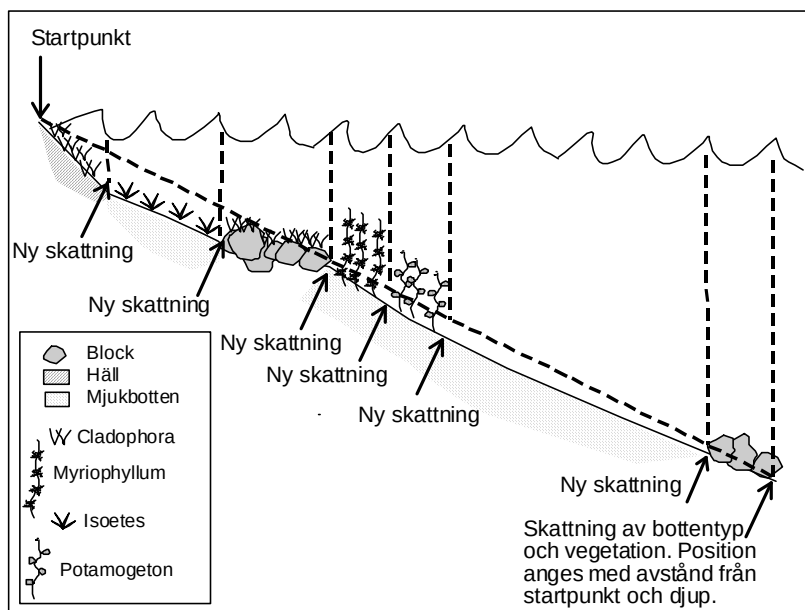
Substratkarteringen av grunda bottnar utfördes med hjälp av vattenkikare och på djupare vatten med en undervattensvideokamera som släpades efter båten. När kamera släpades efter båt bestämdes substrat, djup och position på startpunkten och därefter när substratet förändrades. Vid homogent substrat gjordes nya mätningar av djup och position med jämna mellanrum. Resultatet blev en 0,5-2 m bred (beror av siktdjup) korridor där substratets bestämts till klasserna häll, block, sten, grus, sand och/eller finsediment. Djup mättes med ekolod och position med GPS.

Bedömning av substratet gjordes direkt i fält genom vattenkikare eller via en monitor i båten kopplad till undervattensvideokameran. Bedömningen av substrat via vattenkikare eller kamera kompletterades vid behov med ett bottenprov för att verifiera t ex grus, sand och finsediment.

Befintliga data

Befintliga underlagsdata bestod av elva dyktransekter som inventerats enligt standardmetodiken för nationell miljöövervakning av grunda vegetationsklädda bottnar i Östersjön (Naturvårdsverket 2004). Fem av dyktransekterna inventerades år 2005 i Tupparna (Hansson 2006) och sex transekter inventerades år 2006 i Kalvhararna (Hansson 2011).

Inventeringsmetodiken innebär att inventering sker längs med ett måttband som läggs ut vinkelrät mot djupkurvorna från strand eller en grundklack (Figur 2). Skattningar av bottenvegetationen sker i en 6-10 m bred korridor (3-5 m på vardera sidan om måttbandet). Resultatet blir en detaljerad beskrivning av bottenstruktur, vegetationssammansättning, täckningsgrad och djuputbredning.



Figur 2. Metodskiss av linjetaxering. Ett måttband läggs ut i en förutbestämd kompassriktning utifrån en startpunkt på stranden. Ny skattning av botten typ och vegetation görs när förändring sker. Skattningarnas positioner anges med avstånd från land (avläses från måttband) och djup (avläses från djupmätare).

Vegetationsmodellering och kartprediktioner

Generaliserade additiva modeller (GAM) användes för att modellera förhållandet mellan substrat/vegetation och prediktionsvariabler. I detta projekt användes prediktorvariablerna djup, vågexponering, lutning och lutningsriktning vid modelleringen av substrat. Vid modelleringen av vegetation användes variablerna djup, vågexponering, lutning och substrat. Vegetationen delades innan analys in i ett antal grupper som modellerades var för sig.

Fältmätta djup och substratnoteringar användes vid den statistiska modelleringen. Till kartprediktionerna användes heltäckande djupkartor från Naturvårdverkets sammanställning och analys av kustnära undervattensmiljöer (Naturvårdsveket 2006) samt det, i denna studie, framtagna substratskiktet. Från Naturvårdsverkets sammanställning erhöles även skikt för vågexponering (Isaeus 2004) och lutning. Lutningsriktning beräknades utifrån tillgängligt skikt för lutning. Modellering och GIS-analyser utfördes av Ronny Fredriksson, Baltic Angling. Mer detaljerad metodbeskrivning samt analys och resultat finns i bilaga 1.

Kvalitetssäkring

Inom företaget finns ett kvalitetssäkringssystem som följs i alla projekt (se www.vattenekologer.se). Det innebär bland annat att det finns en kvalitetssäkringsansvarig för varje projekt.

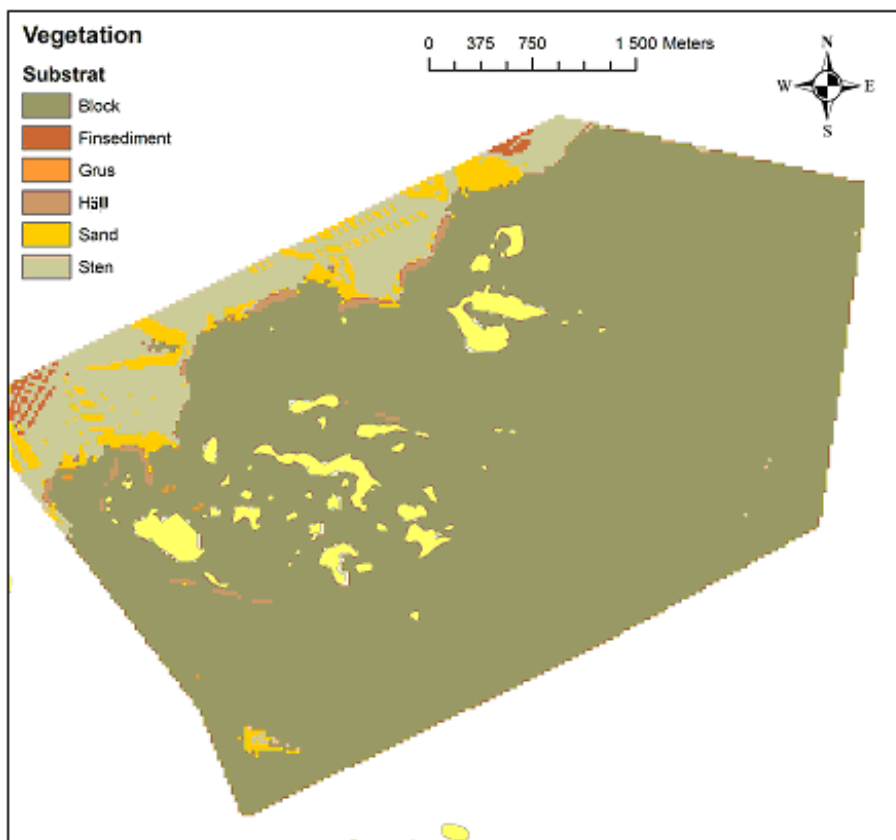
Resultat och Diskussion

I denna del beskrivs och diskuteras resultaten av substratkartering och modellering samt vegetationsmodellering. I bilaga 1 finns utförligare resultat inklusive figurer och kartprediktioner för alla modellerade vegetationsgrupper.

Substratkartering och modellering

Modelleringen av substrat gav starka modeller (ROC-värde 0,72 – 0,95), vilket innebär att modellerna med hög sannolikhet kan prediktera om en viss substrattyp förekommer med minst 25 % yttäckning i en viss punkt eller ej.

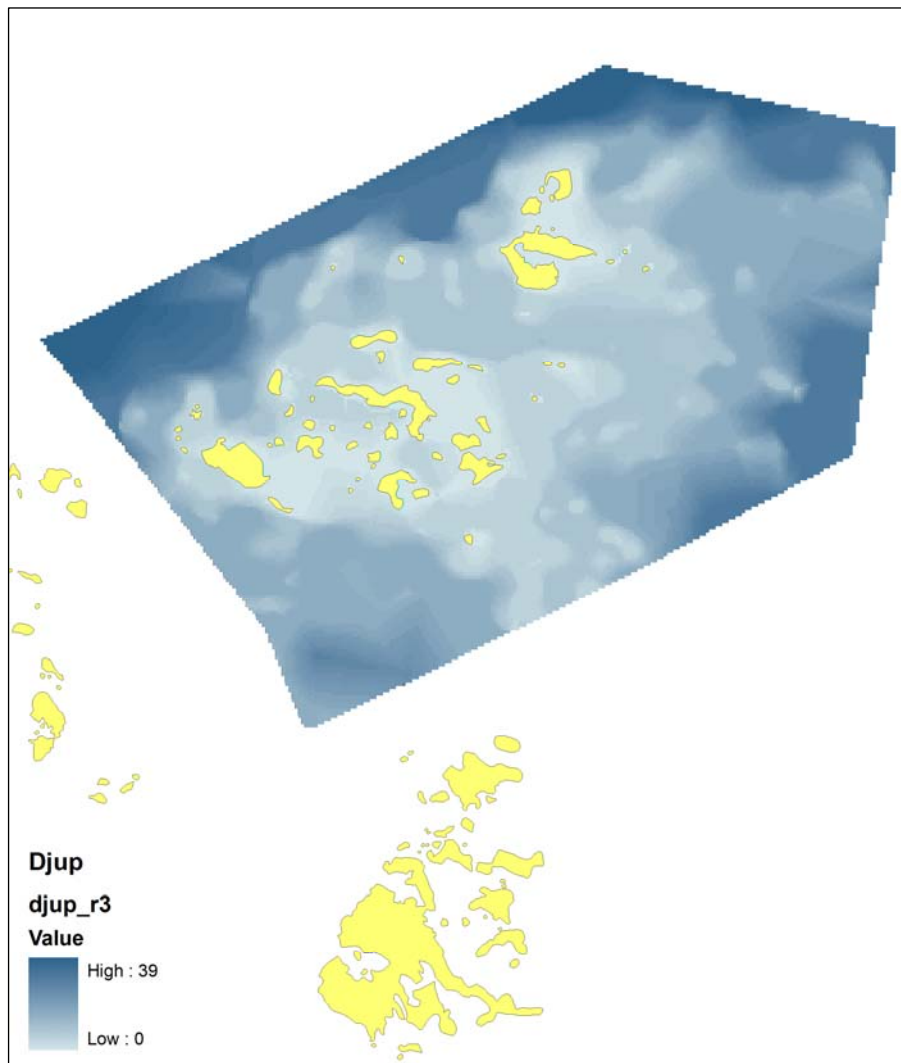
Block var det dominerande botten substratet i nästan hela området (Figur 3). I den djupare, nordliga delen av området var det mer sand och sten än block (jmf med djupkarta, Figur 4). Kartan över dominerande botten substrat skapades med hjälp av en överlagringsanalys baserad på modelleringar av varje substrattyp (häll, block, sten, grus, sand och finsediment).



Figur 3. Kartbild som visar dominerande botten typ i undersökningsområdet. Varje substrattyp modellerades för sig och sammanfördes till en samlad bild med dominerande substrat genom en så kallad överlagringsanalys i GIS-miljö.

Substratkartan visar dominerande botten typ, vilket innebär att vissa substrat blir underrepresenterade. En viss substrattyp kan bli underrepresenterad i substratkartan om den vanligen förekommer som en mindre del av mosaikbotten, t ex block 50 %, sten 25 %, sand

25 % blir blockbotten i substratkartan. Det innebär också att vegetation knuten till det underrepresenterade substratet får en underskattad sannolik utbredning i kartprediktionen.



Figur 4. En illustration av djupet i undersökningsområdet. Mörkare blå färg anger djupare vatten, största djup i området är 39 m.

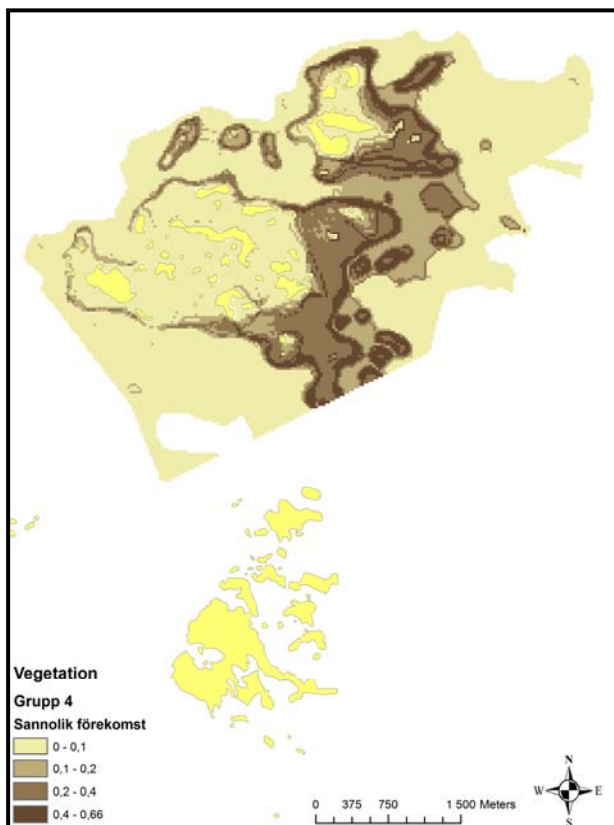
Vegetationsmodellering

Modelleringen av vegetation gav mycket starka modeller (ROC-värde 0,86 - 1,0), vilket innebär att modellerna med hög sannolikhet kan prediktera förekomst av en vegetationsgrupp (t ex fleråriga makroalger) i en viss punkt eller ej.

I vegetationsmodelleringen testades fyra prediktorsvariablers (vågexponering, substrat, lutning och djup) förmåga att förklara vegetationens utbredning i undersökningsområdet. Samtliga variabler bidrog till modellens förklaringsgrad men substrat, vågexponering och djup var de viktigaste. Detta stämmer väl överens med tidigare studier som visat att de viktigaste faktorerna som styr bottenvegetationens utbredning på lokal nivå är vågexponering, botten typ och ljus (djup) (Kautsky 1988, Kautsky & van der Maarel 1990).

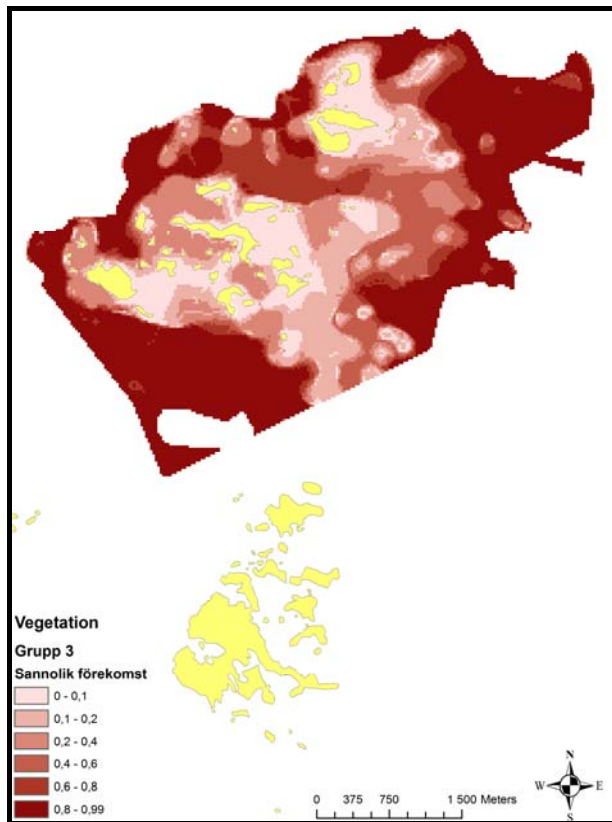
I undersökningsområdet var substrat och djup de variabler som generellt bidrog med mest till förklaringsgraden i modellerna. Vågexponering, men framförallt lutning, bidrog generellt sett med en mindre del av modellernas förklaringsgrad, men deras inflytande varierade för olika vegetationsgrupper.

Med hjälp av modellerna gjordes kartprediktioner som indikerar olika vegetationsgruppers sannolika förekomst i undersökningsområdet. Kartprediktionerna antyder att det mest sannolikt att blåstång/smaltång bildar bälten på mer vågexponerade bottnar (Figur 5). En hög vågexponering innebär bland annat att sediment inte ansamlas på hårbottenarna. Studier har visat att sediment missgynnar makroalgetablering (Berger et al 2003, Eriksson & Johansson 2003).

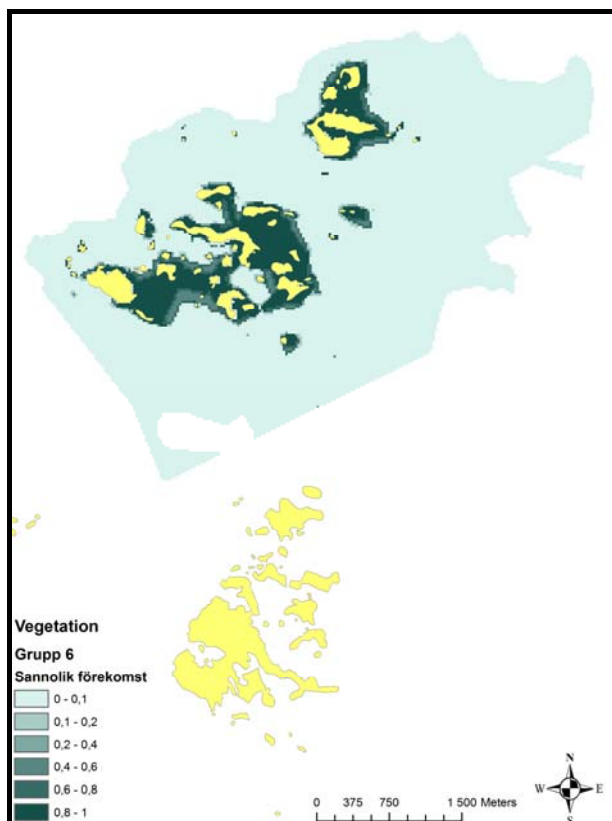


Figur 5. Kartprediktion av sannolik utbredning av blåstång/smaltång. Kartan visar hur sannolikt det är att vegetationsgruppen förekommer med minst 25 % yttäckning. De vita fälten i områdets kanter är djupa bottnar där data saknas eftersom modelleringen begränsades till djupintervallet 0-15 m. Notera skalan över sannolik förekomst.

Generellt indikerar kartorna att fleråriga makroalger mest sannolikt förekommer i djupare delar av området (Figur 6). På grundare hårbottenar är det mer sannolikt att finna ettåriga grönalger (Figur 7).

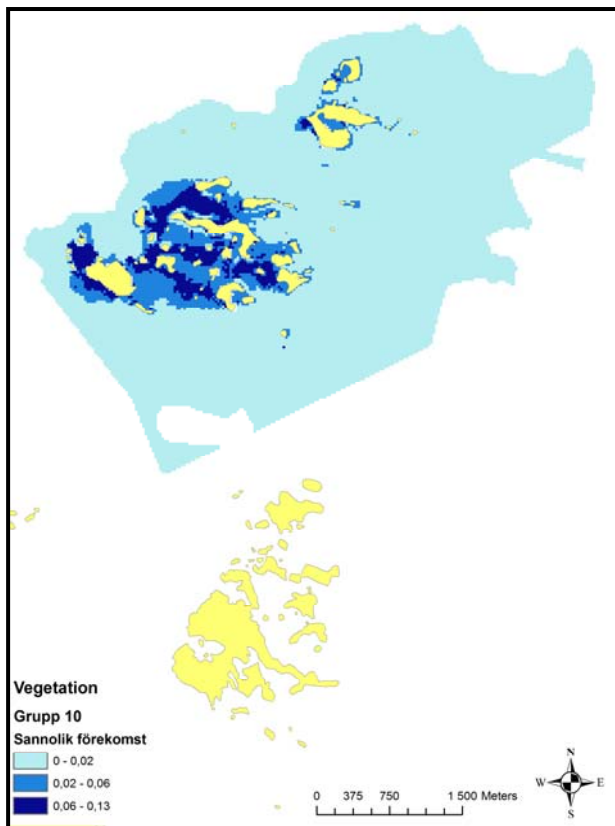


Figur 6. Kartprediktion av sannolik utbredning av fleråriga röd- och brunalger (exklusive blåstång och smaltång) i undersökningsområdet. Kartan visar hur sannolikt det är att vegetationsgruppen förekommer med minst 25 % yttäckning. De vita fälten i områdets kanter är djupa bottenar där data saknas eftersom modelleringen begränsades till djupintervallet 0-15 m.



Figur 7. Kartprediktion av sannolik utbredning av ettåriga grönalger i undersökningsområdet. Kartan visar hur sannolikt det är att vegetationsgruppen förekommer med minst 25 % yttäckning. De vita fälten i områdets kanter är djupa bottenar där data saknas eftersom modelleringen begränsades till djupintervallet 0-15 m.

Kartprediktionen av kärlväxtsamhällen visar att man sannolikt inte finner kärlväxtsamhällen som täcker mer än 25 % av botten i undersökningsområdet (Figur 8). I kartprediktionen kan man emellertid se var i området dessa samhällen eventuellt kan förväntas förekomma.



Figur 8. Kartprediktion av sannolik utbredning av kärlväxter. Kartan visar hur sannolikt det är att vegetationsgruppen förekommer med minst 25 % yttäckning. De vita fälten i områdets kanter är djupa bottenar där data saknas eftersom modelleringen begränsades till djupintervallet 0-15 m. Notera skalan över sannolik förekomst – mörkblå färg innebär fortfarande mycket låg sannolikhet att det förekommer kärlväxtsamhällen med minst 25 % täckning.

Slutsats

Block var den dominerande bottentypen i större delen av undersökningsområdet vilket borde gynna makroalgsfloran. Kartprediktionerna indikerar att bottnarna grundare än 15 m i området med hög sannolikhet har minst 25 % vegetationstäckning. Stor förekomst av hårda bottnar och djup grundare än 15 m i större delen av undersökningsområdet skapar därmed förutsättningar för hög vegetationsutbredning i området.

Kartprediktionerna antyder att fleråriga makroalger generellt förekommer i djupare delar av området medan ettåriga grönalger mest sannolikt förekommer på grunda hådbottnar.

Kartprediktionen antyder att sannolikheten att finna kärlväxtsamhällen med en yttäckning över 25 % är mycket liten i området. Om de förekommer är det troligen på lite mindre vågexponerade bottnar mellan skären.

Tack till

Tack till Hans Kautsky för diskussioner och kommentarer på rapporten. Och, vår ständige fältassistent och fixare Jonny Skarp på Skarps miljöteknik. Ett stort tack till Håkan och Lena Björklund för toppenlogi och trevligt sällskap under vår vistelse i länet.

Referenser

- Berger, R., Henriksson, E., Kautsky, L. & T. Malm (2003) Effects of filamentous algae and deposited matter on the survival of *Fucus vesiculosus* L. germlings in the Baltic Sea. *Aquatic Ecology* 37, 1-11.
- Eriksson, B.K & G. Johansson (2003) Sedimentation reduces recruitment success of *Fucus vesiculosus* L. in the Baltic Sea. *European Journal of Phycology* 38, 217-222.
- Hansson, P. (2006) Marin hårdbotten – Inventering sommaren 2005 i Gävleborgs län. Sörsundet, Gåsholma, Tupparna, Långvind. Länsstyrelsen Gävleborg. Rapport 2006:10.
- Hansson, P. (2011) Marin hårdbotteninventering 2006 i Gävleborgs län. Gran, Vitörarna, Notholmen, Hornslandet, Störjungfrun, Kalvharna, Vitgrund-Norrskär. Länsstyrelsen Gävleborg. Rapport 2011:1.
- Heinänen, S., Rönkä, M., von Numers, M. (2008) Modelling the occurrence and abundance of a colonial species, the arctic tern *Sterna paradisaea* in the archipelago of SW Finland. *Ecography* 31: 601-611, 2008.
- Isæus, M. (2004) "A GIS-based wave exposure model calibrated and validated from vertical distribution of littoral lichens" in thesis "Factors structuring *Fucus* communities at open and complex coastlines in the Baltic Sea." Dept. of Botany. Stockholm, Sweden, Stockholm University: 40 pp.
- Kautsky, H. (1988) Factors structuring phytobenthic communities in the Baltic Sea. Doktorsavhandling. Zoologiska institutionen, Stockholms universitet. ISBN 91-87272-12-1.
- Kautsky, H. & E van der Maarel (1990) Multivariate approaches to the variation in benthic communities and environmental vectors in the Baltic Sea. *Marine Ecology Progress Series* 60: 169-184.
- Lehmann, A., Overton, J.McC., Leathwick, J.R. (2002) GRASP: generalized regression analysis and spatial prediction. *Ecological Modelling* 157, 189-207.
- Maggini, R., A. Lehmann, N. E. Zimmerman and A. Guisan. (2006) Improving generalized regression analysis for the spatial prediction of forest communities. *Journal of Biogeography* 0:1-21.
- Naturvårdsverket (2004) Naturvårdsverkets handledning för miljöövervakning, programområde kust och hav. Vegetationsklädda bottnar, ostkust. Version 2004-04-27.
http://www.naturvardsverket.se/upload/02_tillstandet_i_miljon/Miljoovervakning/undersokn_typ/hav/vegbotos.pdf [Accessed 2007-12-03]
- Naturvårdsverket (2006) Sammanställning och analys av kustnära undervattensmiljö (SAKU). Redaktörer: Sandra Wennberg, Cecilia Lindblad. Stockholm, 98 s., ill. (Rapport/Naturvårdsverket, 0282-7298; 5591). ISBN 91-620-5591-7.
- Naturvårdsverket (2007) Manual för basinventering av marina naturtyperna 1110, 1130, 1140 och 1170. Bilaga 2, Svenska tolkningar av naturtyperna, s. 23-31.
- Pearce, J. and Ferrier, S. (2000) Evaluating the predictive performance of habitat models developed using logistic regression. *Ecological Modelling* 133: 225-245.
- Sandman, A., Isæus, M., Bergström, U., Kautsky, H. (2008) Spatial predictions of Baltic phytobenthic communities: Measuring robustness of generalized additive models based on transect data. *Journal of Marine Systems* 74: S86-S96

Bilagor

Bilaga 1: Modelleringar

Bilaga 2: Naturtypsavgrensning

Bilaga 1. Modelleringar

Metod

Anpassning av fältdata

Varje dyktransekt subsamplades genom att i GIS sätta en punkt varje meter längs transekten. Varje punkt tilldelades det värde för substrat och vegetation som dykaren noterat. Denna typ av subsampling innebär att mängden tillgänglig information ökar betydligt (Sandman et al. 2008).

Djupet i respektive punkt beräknades genom linjär interpolation av det aktuella transektavsnittets fältmätta start- och slutdjup. Information från dyktransekterna användes som indata vid både substrat- och vegetationsmodelleringen. Vid modelleringen av substrat användes även transekter där observationer av botten typ gjordes med vattenkikare eller videokamera. Dessa transekter subsamplades genom att sätta en punkt var tionde meter, eftersom upplösningen på dessa transekter bedömdes vara lägre än på dyktransekterna.

Prediktorvariabler

Prediktorvariabler är de miljövariabler som används för att statistiskt beskriva förekomsten av de modellerade substraten och vegetationsgrupperna. I detta projekt användes prediktorvariablerna djup, vågexponering, bottenlutning och lutningsriktning vid modelleringen av substrat. Vid modelleringen av vegetation användes variablerna djup, vågexponering, bottenlutning och substrat. I modelleringsanalysen användes fältmätta djup- och substratnoteringar.

För att skapa visualiseringar (kartor) av de framtagna modellerna i GIS-miljö användes heltäckande kartunderlag av prediktorvariablerna. Till kartorna användes det i denna studie framtagna substratskiktet samt djupkartor från Naturvårdverkets sammanställning och analys av kustnära undervattensmiljö (Naturvårdsveket 2006). Från Naturvårdsverkets sammanställning erhöles även skikt för vågexponering (Isaeus 2004) och bottenlutning. Skiktet för lutningsriktning beräknades utifrån tillgängligt skikt för lutning genom att jämföra respektive cells värde med intilliggande cells värden. Data från dessa skikt extraherades med hjälp av funktionen "Intersect point tool" i ArcGIS.

Modellering och kartprediktioner

En statistisk metod med generaliserade additiva modeller (GAM) användes för att modellera förhållandet mellan substrat/vegetation och prediktionsvariablerna. All modellering utfördes med GRASP (Generalized Regression Analysis and Spatial Predictions) version 3.3 (Lehmann et al. 2002).

Vid substratanalysen modellerades varje substrattyp (häll, block, sten, grus, sand och finsediment) för sig. Därefter skapades en kartprediktion med det dominerande substratet genom en överlagringsanalys med de framtagna substratmodellerna som indata.

Vid överlagringsanalysen tilldelas varje rasterruta den mest sannolika substrattypen. Samtliga modeller kördes med två frihetsgrader vilket är en relativt grov kurvanpassning. Tidigare

studier har visat att enkla modeller med få frihetsgrader ger starkare prediktioner (Sandman et al. 2008).

Akaike's information criterion (AIC), användes som selektionsmetod för att ta fram modellerna. AIC har visat sig fungera bra som selektionsmetod vid studier med relativt få prediktorvariabler (Sandman et al. 2008), vilket är fallet i detta projekt. Närvaro kontra frånvaro av substrat respektive vegetationsgrupp användes som indata i modellerna.

Vid modellering av substrat samt vegetationsgrupper 1, 2, 3, 4, 6 och 10 (se senare avsnitt om vegetationsindelning) krävdes en täckning på minst 25 % för att det skulle räknas som närvaro i indatamaterialet. För vegetationsgrupp 5, 9 och 12 krävdes endast 1 % täckningsgrad.

Kartprediktionerna togs fram i ArcView 3.3 med hjälp av ett skript från GRASPIT. De heltäckande kartorna över prediktorvariabler hade en upplösning på 25x25 meter vilket också de resulterande kartprediktionerna fick.

De framtagna kartprediktionerna för substrat var heltäckande för undersökningsområdet. För vegetationen begränsades kartprediktionerna till ett djup av 14 m, vilket motsvarar det djup där det finns fältmätt data för vegetation.

Modellernas förmåga att prediktera närvaro/frånvaro testades med hjälp av ett D2-test (anger andel av den totala variationen som förklaras av modellen), samt ROC-kurvor som ger ett AUC (area under kurvan) värde mellan 0,5 och 1. Ett värde på 0,5 betyder att modellen inte är bättre på att prediktera närvaro/frånvaro än någon annan slumpvis vald modell, medan ett värde på 1 betyder att modellen i varje punkt kan skilja mellan närvaro och frånvaro (Heinänen et al. 2008). Ett AUC-värde mellan 0,7 och 0,9 ger enligt Pearce och Ferrier (2000) en tillräckligt stark modell för att vara användbar i de flesta fall och ett värde över 0,9 indikerar en mycket stark modell.

När den inbyggda valideringen med ROC-kurvor används i GRASP körs även en korsvalidering. Vid korsvalideringen sätts delar av datamaterialet åt sidan för intern validering av modellprediktioner som görs på basen av de kvarstående delarna av datasetet. Proceduren upprepas ett antal gånger med nya subset som sätts åt sidan. För alla modeller i denna studie användes en 5-gruppers korsvalidering som ger ett cvROC-värde. Detta värde i förhållande till ROC-värdet ger ett mått på modellens stabilitet.

Vegetationsindelning

En vegetationsmodellering kan göras artvis för att analysera vilka prediktorvariabler som styr varje arts utbredning i ett område. Det kan emellertid vara mer intressant att undersöka vad som styr utbredningen av olika samhällen, till exempel samhällen dominerade av fleråriga arter.

I vegetationsmodelleringen har därför vegetationen delats in i ett antal grupper (Tabell 4:1) baserat på olika frågeställningar. Först delades makroalgerna upp i fleråriga och ettåriga arter. De fleråriga arterna skapar samhällen som utgör viktiga habitat året runt medan utbredningen av samhällen dominerat av ettåriga arterna växlar med årstiderna.

Fleråriga makroalger förekommer främst på stabila substrat, exempelvis block och håll. De ettåriga, snabbväxande arterna kan däremot opportunistiskt utnyttja även mindre stabila substrat, exempelvis småstenar som rullar runt av vågor vid hårt väder. Många av de fleråriga arterna är dessutom referensarter i Naturvårdsverkets bedömningsgrunder vilket gör det extra intressant att undersöka vad som styr deras utbredning i ett område.

De fleråriga makroalgerna modellerades även i mindre grupper. Blåstång (*Fucus vesiculosus* och smaltång, *Fucus radicans*) modellerades för sig. Övriga fleråriga brunalg modellerades tillsammans med de fleråriga rödalger (Tabell 4:2). Bland de ettåriga arterna modellerades även grönalger tarmalger (*Enteromorpha spp*) och grönslick (*Cladophora glomerata*) som en grupp eftersom stor utbredning och höga täckningsgrader av dessa kan indikera övergödning.

Tabell 4:1. I tabellen visas modelleringsgrupper (1-13) samt inkluderade taxa. I kolumnen till höger visas minsta täckningsgrad som använts för att indikera närvaro i modellering och prediktionskartor. Några av grupperna har inte modellerats, det gäller grupperna 7, 8, 11 och 13 som inte observerats i området.

Grupp (nr)	Inkluderade taxa	Täcknings- grad (%)
1	Fleråriga makroalger	25
2	Ettåriga makroalger	25
3	Fleråriga röd- och brunalg	25
4	Blåstång (<i>Fucus vesiculosus</i> , <i>F. radicans</i>)	25
5	Fleråriga grönalger (<i>Cladophora rupestris</i>)	1
6	Ettåriga grönalger (<i>C.glomerata</i> , <i>Ulva spp</i>)	25
7	Fleråriga löslevande rödalger (<i>F.lumbricalis</i> , <i>Phyllophora/Coccotylus</i>)	25
8	Löslevande blåstång	25
9	Kransalger	1
10	Kärlväxter	25
11	Ålgräs (<i>Zostera marina</i>)	25
12	Mossa	1
13	Slangalger (<i>Vaucheria sp</i>)	25

Slangalger (*Vaucheria sp*) som är en löslevande alg som kan bilda tjocka mattor på botten, modellerades för sig eftersom deras utbredning skiljer sig från övriga makroalger.

Kransalger modellerades som en grupp och kärlväxter som en grupp. Även mossor modellerades för sig eftersom dess utbredning, i vissa områden, kan visa på sötvattnens påverkan.

Utbredningskartorna visar sannolikheten att en art/ett samhälle förekommer på en viss punkt i området. Utbredningskartorna visar sannolikheten att respektive grupp (exempelvis fleråriga makroalger) förekommer med minst 25 % yttäckning. I några fall, gäller mer ovanliga arter, visar kartorna sannolikhet för förekomst, d v s var arten/gruppen sannolikt finns med minst 1 % täckning.

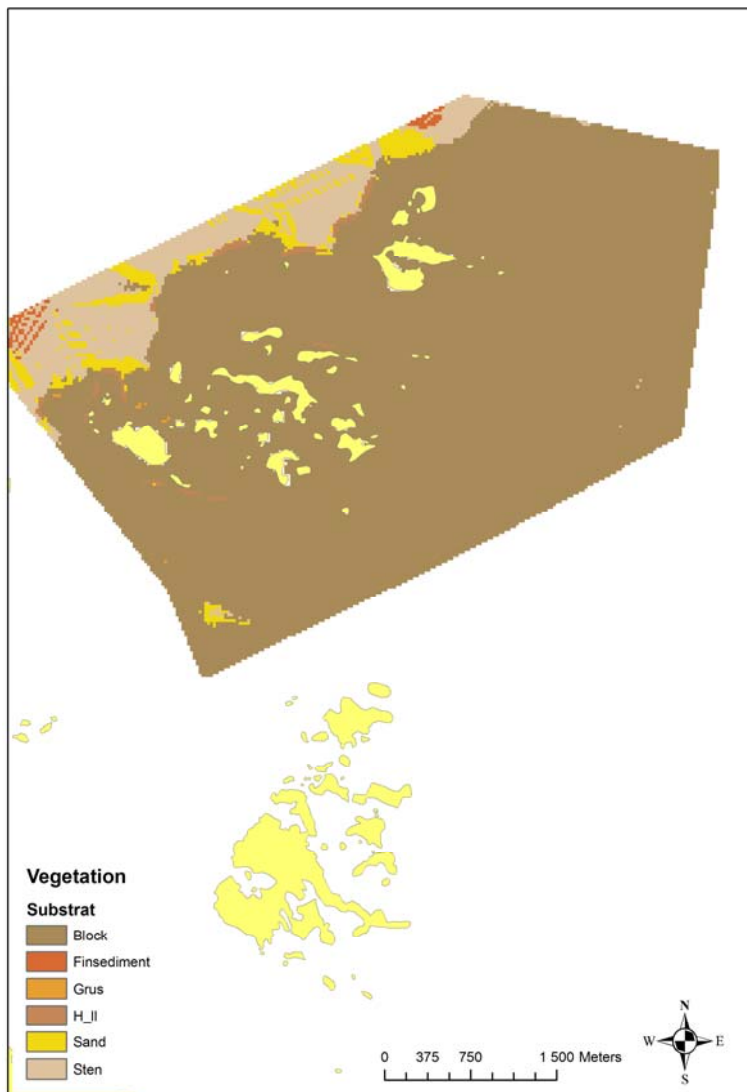
Tabell 4:2. I tabellen visas vilka arter som ingår i respektive modelleringsgrupp (1-13) samt vilken täckningsgrad som krävs för att indikera närvaro i analysen.

Grupp	Taxa	Täckningsgrad
1	<i>Furcellaria lumbricalis</i>	25%
	<i>Polysiphonia fucoides</i>	
	<i>Fucus radicans</i>	
	<i>Fucus vesiculosus</i>	
	<i>Sphacelaria arctica</i>	
	<i>Cladophora rupestris</i>	
2	<i>Ceramium tenuicorne</i>	25%
	<i>Polysiphonia fibrillosa</i>	
	<i>Chorda filum</i>	
	<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>	
	<i>Ectocarpus/Pylaiella</i>	
	<i>Scytosiphon lomentaria</i>	
	<i>Stictyosiphon tortilis</i>	
	<i>Cladophora glomerata</i>	
3	<i>Furcellaria lumbricalis</i>	25%
	<i>Polysiphonia fucoides</i>	
	<i>Sphacelaria arctica</i>	
4	<i>Fucus radicans</i>	25%
	<i>Fucus vesiculosus</i>	
5	<i>Cladophora rupestris</i>	1%
6	<i>Cladophora glomerata</i>	25%
	<i>Enteromorpha</i>	
9	<i>Chara aspera</i>	1%
	<i>Chara connivens</i>	
	<i>Tolypella nidifica</i>	
10	<i>Callitriche hermaphrodita</i>	25%
	<i>Myriophyllum sibiricum</i>	
	<i>Myriophyllum spicatum</i>	
	<i>Potamogeton filiformis</i>	
	<i>Potamogeton pectinatus</i>	
	<i>Potamogeton perfoliatus</i>	
	<i>Ranunculus circinatus</i>	
	<i>Ranunculus peltatus ssp. baudotii</i>	
12	<i>Zannichellia palustris</i>	1%
	<i>Fontinalis dalecarlica</i>	

Resultat

Substrat

Samtliga substratmodeller blev starka med ett ROC-värde mellan 0,72 och 0,95. Det innebär att modellerna med hög sannolikhet kan prediktera om ett visst substrat förekommer med minst 25 % yttäckning i en viss punkt eller ej. I figur 1:1 visas en karta, skapad med hjälp av överlagringsanalys, över dominerande bottensubstrat i undersökningsområdet. Modellering och kartprediktion indikerade att block var det dominerande bottensubstratet i nästan hela området. I den djupare, nordliga delen av området fanns mer sand och sten än block (jmf med djupkarta, Figur 1:12).



Figur 1:1. Kartbild som visar dominerande bottenbotten i undersökningsområdet. Varje substrattyp modellerades för sig och sammanfördes till en samlad bild med dominerande substrat genom en så kallad överlagringsanalys i GIS-miljö.

Vegetation

Mycket starka modeller med ett ROC-värde mellan 0,86 och 1,0 (Tabell 1:3) erhöles för alla vegetationsgrupper. Även stabiliteten i modellerna bedöms som hög då värdena (cvROC) från korsvalideringen ligger i paritet med värdena för modellpassning (ROC). Det innebär att modellerna med hög sannolikhet kan prediktera om en viss vegetationsgrupp förekommer med minst 25 % (alternativt 1 % för grupp 9 och 12) yttäckning i en viss punkt eller ej.

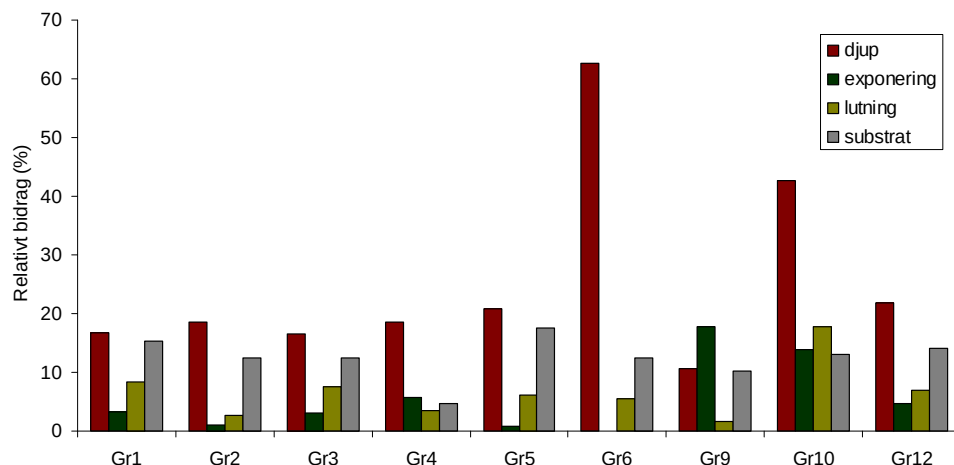
Tabell 1:3. Sammanfattande statistik för modellerade vegetationsgrupper. ROC anger area under kurvan-värde och cvROC motsvarande värde för korsvalidering. D2 anger deviance, ett mått på förklaringsgrad och förekomst anger andelen prover där vegetationsgruppen varit representerad.

Vegetationsgrupp	ROC	cvROC	D ²	Förekomst (%)
1	0.91	0.90	0.44	57
2	0.86	0.86	0.34	53
3	0.90	0.89	0.40	43
4	0.90	0.89	0.32	16
5	0.97	0.96	0.45	8
6	0.99	0.99	0.80	12
9	0.91	0.90	0.40	11
10	1.00	1.00	0.87	7
12	0.93	0.93	0.48	14

Modelleringen visade att samtliga prediktorvariabler bidrar till att förklara vegetationens utbredning. Djup och substrat var de viktigaste variablerna och bidrog med mest i de flesta modeller. Djupet var klart dominant. För åtta av de totalt nio modellerade vegetationsgrupperna var djupet den variabel som bidrog mest till modellen.

Detta stämmer väl överens med tidigare studier som visat att de viktigaste faktorerna som bestämmer växternas utbredning i Östersjön på lokal nivå är vågexponering, bottenbotten och ljus (djup) (Kautsky 1988, Kautsky & van der Maarel 1990). Salinitet är vanligen en viktig faktor främst på regional nivå men kan i områden med lokal sötvattenspåverkan vara en viktig faktor även på lokal nivå.

Vågexponering, men framförallt lutning, bidrog generellt sett med en mindre del av modellens förklaringsgrad, men deras inflytande varierade. För ettåriga grönalger (grp 6) bidrog till exempel vågexponering inte alls till förklaringsgraden i modellen. Figur 1:2 visar de olika variablernas bidrag till modellerna.



Figur 1:2. Relativt bidrag från varje enskild prediktorvariabel inom modellerna.

De partiella responskurvor för vegetationsmodellerna som låg till grund för de framtagna kartprediktionerna visas i figur 1:3-1:11. Responskurvorna visar på vilket sätt prediktorvariablerna påverkar utbredningen för den modellerade vegetationsgruppen.

Responskurvorna för vegetationsgrupp 3 (fleråriga röd- och brunalger, exklusive *Fucus spp*), där djup och substrat var de mest bidragande variablerna (Figur 1:5), visar till exempel att samhällen dominerade av fleråriga makroalger framförallt förekom i djupare områden med

hårt substrat (Figur 1:7). För grupp 5 (fleråriga grönalger, *Cladophora rupestris*) ser det lite annorlunda ut. Där är sannolikheten för förekomst högst på grunda hårbottenar (figur 1-6).

Kartprediktionerna av olika vegetationsgruppers sannolika utbredning i området antyder att blåstång/smaltång bildar bälten på mer vågexponerade bottenar där sediment inte ansamlas på hårbottenarna (Figur 1:16). Generellt indikerar kartorna en högre förekomst och täckningsgrad av fleråriga makroalger i djupare delar av området (Figur 1:15). Grundare hårbottenar täcks framförallt av ettåriga grönalger (Figur 1:18).

Kartprediktionen av kärlväxternas utbredning visar att det är låg sannolikhet att finna kärlväxtsamhällen som täcker mer än 25 % av botten i undersökningsområdet (Figur 1:20). I kartprediktionen kan man emellertid se var i området dessa samhällen eventuellt kan förväntas förekomma.

Kartprediktioner för samtliga modellerade vegetationsgrupper redovisas i figur 1:13-1:21.

Diskussion

Samtliga modeller i denna studie var starka eller mycket starka (Pearce och Ferrier 2000). Det korsvaliderade cvROC-värdet låg för samtliga modeller i paritet med ROC-värdet. En stor skillnad mellan dessa båda värden kan enligt Maggini (2006) vara ett tecken på överanpassning av modellen.

Djupet var en viktig variabel i denna studie och antagligen hade ett högupplöst kartsnitt över djup resulterat i förbättrade kartprediktioner. Djupskiktet som användes bygger på sjökortets djupangivelser, vilket i många områden ger en grov bild av bottenpografin. Ett bättre djupskikt hade även gett bättre data för lutning eftersom dessa i grunden bygger på djupdata.

Hur starka modeller kartprediktionerna än bygger på, hänger deras förmåga att visualisera "verkligheten" även på andra faktorer. Några av dessa faktorer är till exempel modellens förmåga att förklara variationen, vilka prediktorvariabler man valt och hur väl man lyckats täcka in deras variationsbredd i fält. I dagsläget begränsas emellertid kartprediktionerna främst av kvalitén på tillgängligt kartunderlag.

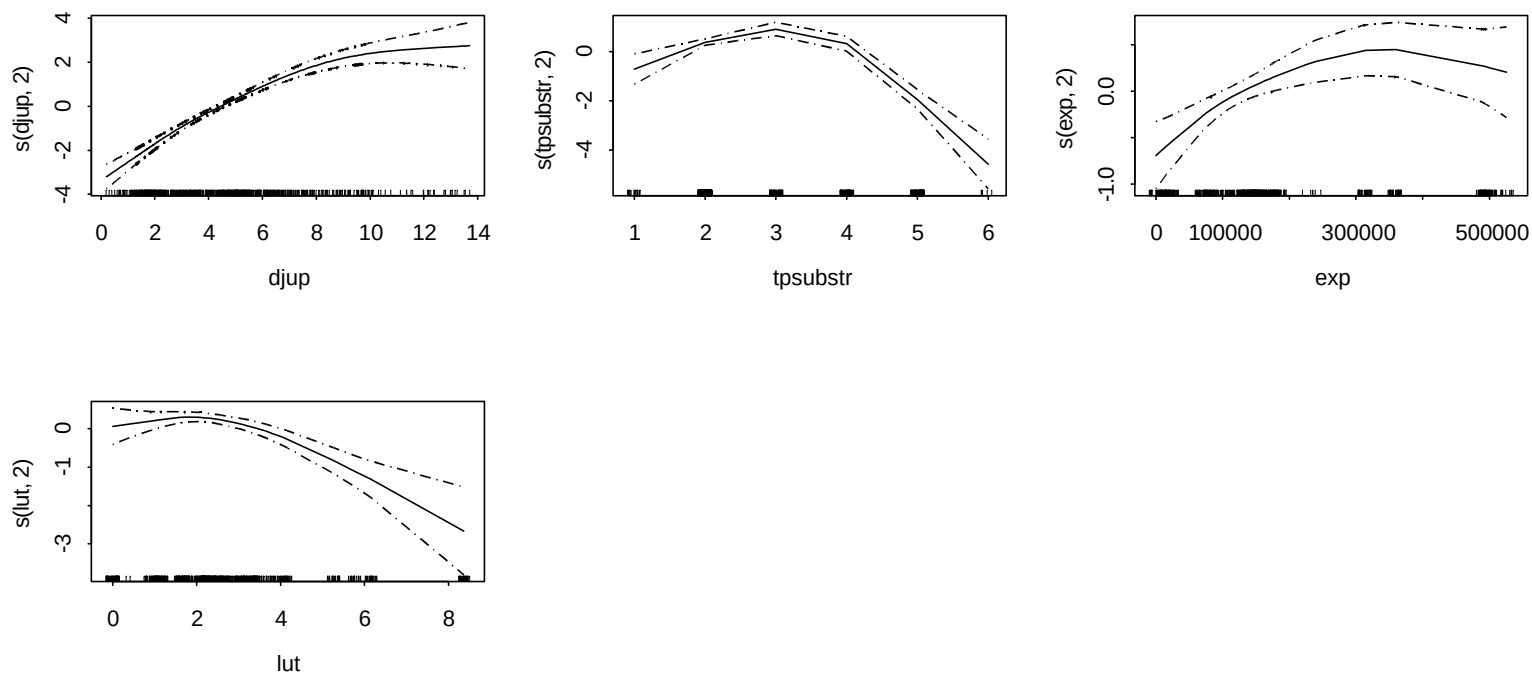
Substratkartan (Figur 1:1) visar dominerande bottenyp, vilket innebär att vissa substrat blir underrepresenterade. En viss substrattyp kan bli underrepresenterad i substratkartan om den vanligen förekommer som en mindre del av mosaikbottenar, t ex block 50 %, sten 25 %, sand 25 % blir blockbotten i substratkartan. Det innebär också att vegetation knuten till det underrepresenterade substratet får en underskattad sannolik utbredning i kartprediktionen.

Slutsats

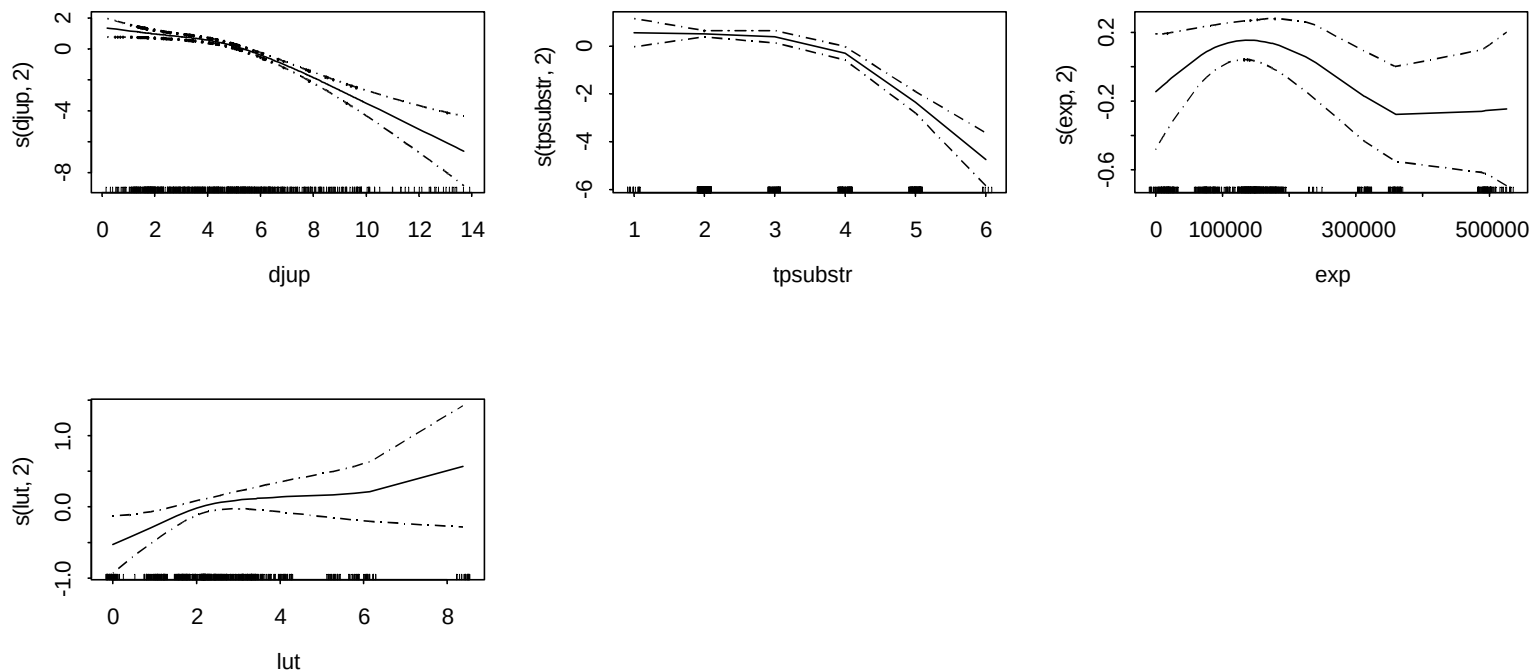
Block är den dominerande bottenypen i större delen av undersökningsområdet vilket borde gynna makroalgsfloran. Kartprediktionerna indikerar hög sannolikhet att vegetation täcker mer än 25 % av bottenarna grundare än 15 m i området. Stor förekomst av hårda bottenar och djup grundare än 15 m i större delen av undersökningsområdet skapar förutsättningar för hög vegetationsutbredning i området.

Kartprediktionerna av olika vegetationsgruppers sannolika utbredning i området antyder generellt en högre förekomst och täckningsgrad av fleråriga makroalger på djupare bottenar. På grundare bottenar dominerar ettåriga grönalger.

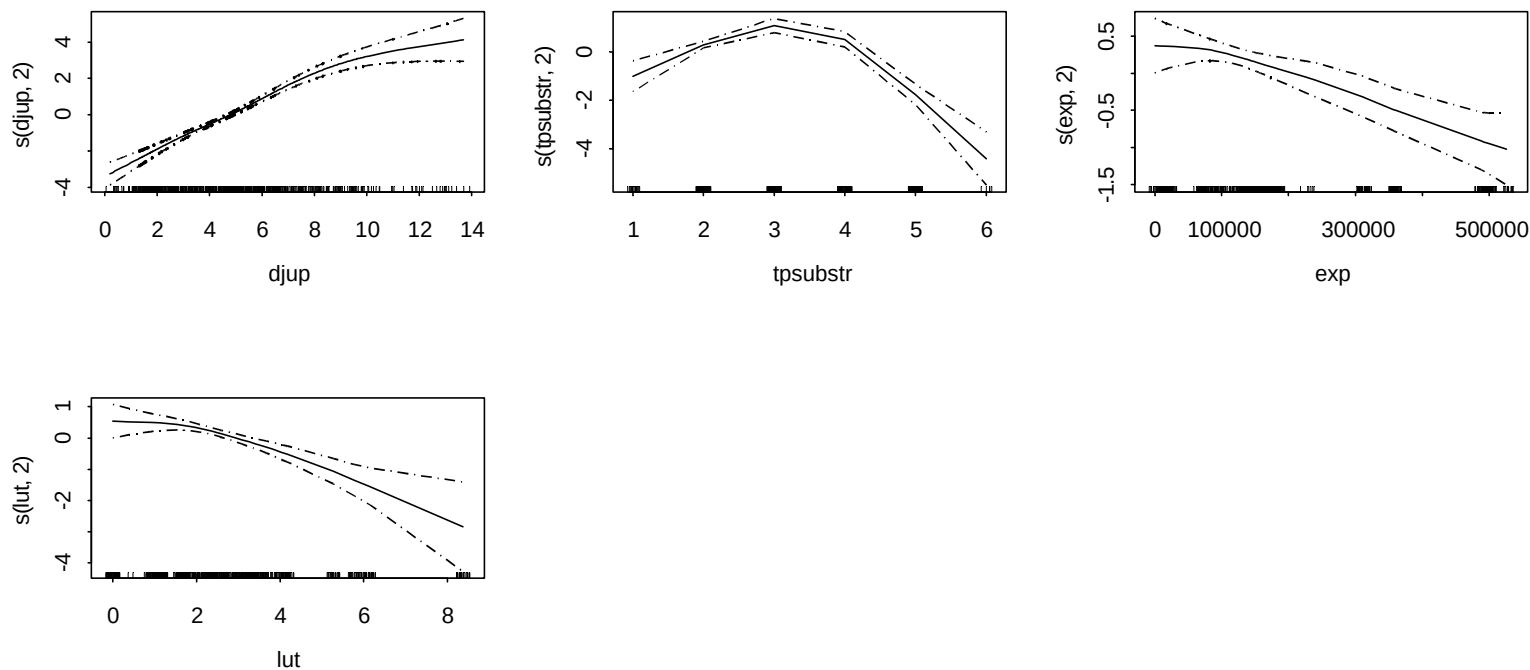
Kartprediktionen antyder att sannolikheten att finna kärlväxtsamhällen med en yttäckning över 25 % är mycket liten i området. Om de förekommer är det framförallt på lite mindre vågexponerade bottnar mellan skären.



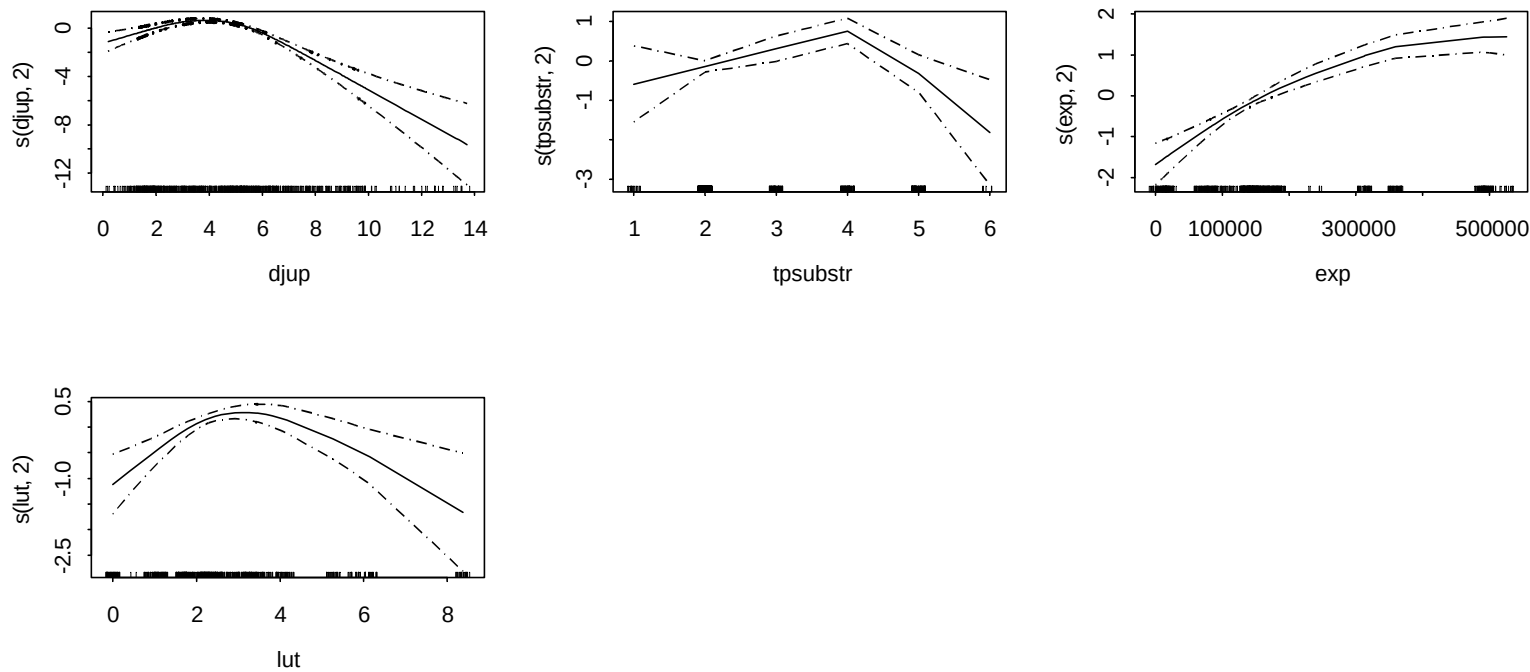
Figur 1:3. Vegetationsgrupp 1 – Fleråriga makroalger. Partiella responskurvor för den modell som ligger till grund för kartprediktionen. Kurvorna illustrerar hur prediktorvariablerna påverkar förekomsten av de testade vegetationsgruppen. Y-axeln anger responsen på den linjära prediktorskan i GAM-modellerna, där höga värden anger hög sannolik förekomst. De streckade linjerna anger standardfelet för skattningen. Punkterna på X-axeln anger fördelningen av provtagningspunkter längs varje prediktorvariabel. För substrat anges de olika substrattyperna med siffror där 1 = håll, 2 = block, 3 = sten, 4 = grus, 5 = sand och 6 = finsediment.



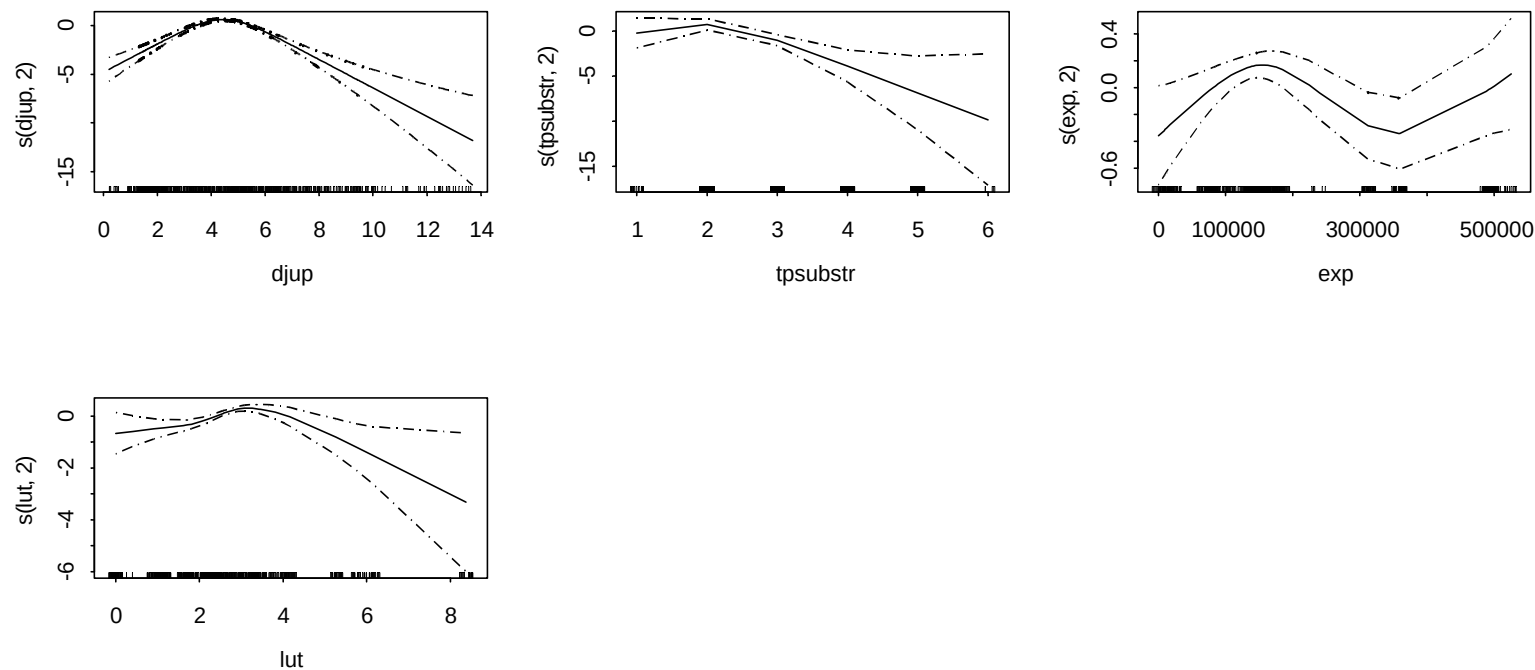
Figur 1:4. Vegetationsgrupp 2 – Ettåriga makroalger. Partiella responskurvor för den modell som ligger till grund för kartprediktionen. Kurvorna illustrerar hur prediktorvariablerna påverkar förekomsten av de testade vegetationsgruppen. Y-axeln anger responsen på den linjära prediktorskalen i GAM-modellerna, där höga värden anger hög sannolik förekomst. De streckade linjerna anger standardfelet för skattningen. Punkterna på X-axeln anger fördelningen av provtagningspunkter längs varje prediktorvariabel. För substrat anges de olika substrattyperna med siffror där 1 = håll, 2 = block, 3 = sten, 4 = grus, 5 = sand och 6 = finsediment.



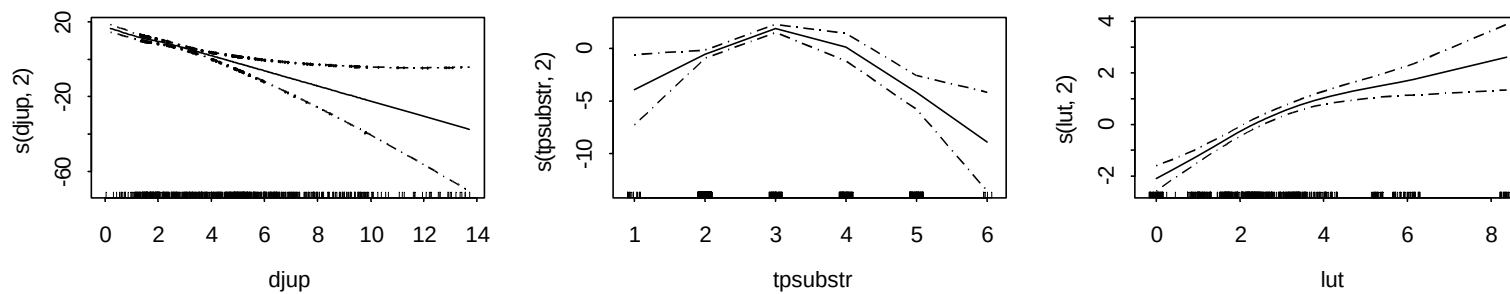
Figur 1:5. Vegetationsgrupp 3 – Fleråriga röd- och brunalger. Partiella responskurvor för den modell som ligger till grund för kartprediktionen. Kurvorna illustrerar hur prediktorvariablerna påverkar förekomsten av de testade vegetationsgruppen. Y-axeln anger responsen på den linjära prediktorskalen i GAM-modellerna, där höga värden anger hög sannolik förekomst. De streckade linjerna anger standardfelet för skattningen. Punkterna på X-axeln anger fördelningen av provtagningspunkter längs varje prediktorvariabel. För substrat anges de olika substrattyperna med siffror där 1 = håll, 2 = block, 3 = sten, 4 = grus, 5 = sand och 6 = finsediment.



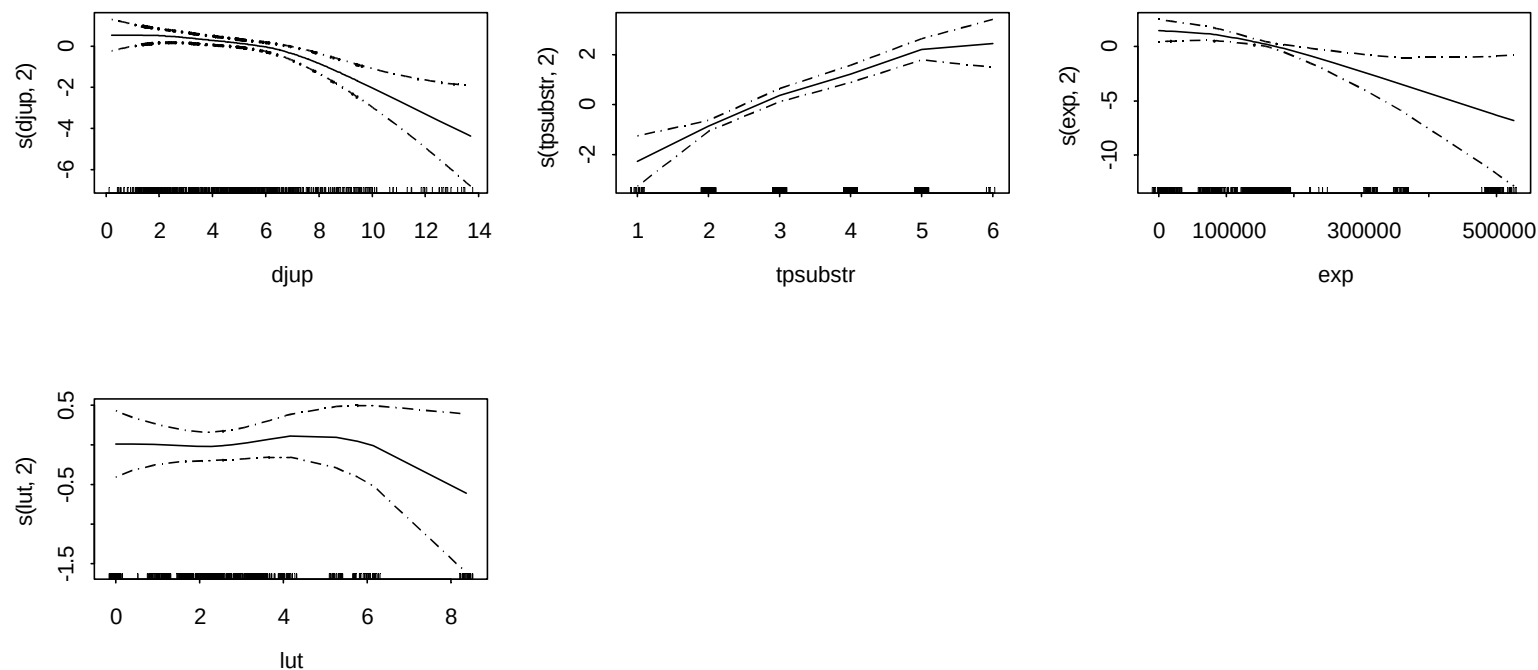
Figur 1:6. Vegetationsgrupp 4 – Blåstång och smaltång. Partiella responskurvor för den modell som ligger till grund för kartprediktionen. Kurvorna illustrerar hur prediktorvariablerna påverkar förekomsten av de testade vegetationsgruppen. Y-axeln anger responsen på den linjära prediktorskalen i GAM-modellerna, där höga värden anger hög sannolik förekomst. De streckade linjerna anger standardfelet för skattningen. Punkterna på X-axeln anger fördelningen av provtagningspunkter längs varje prediktorvariabel. För substrat anges de olika substrattyperna med siffror där 1 = håll, 2 = block, 3 = sten, 4 = grus, 5 = sand och 6 = finsediment.



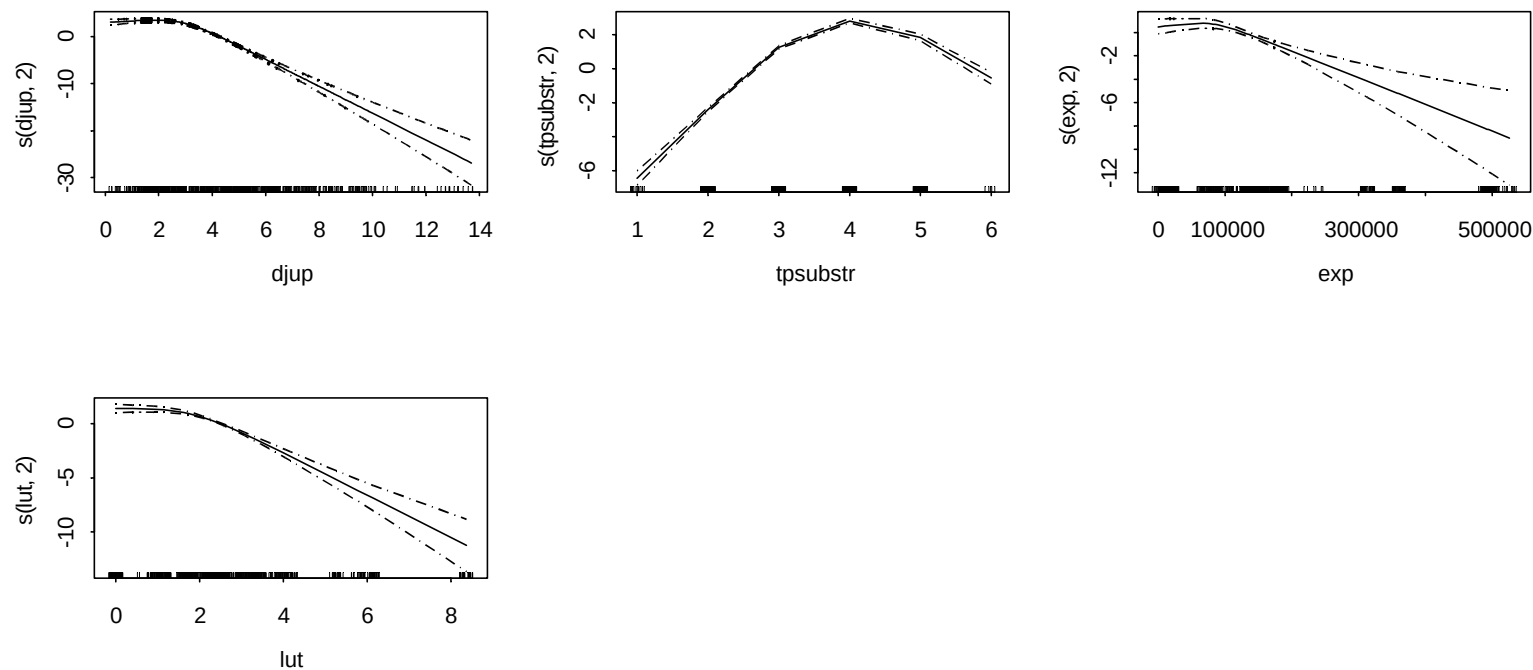
Figur 1:7 Vegetationsgrupp 5 – Flerårig grönalga, bergborsting. Partiella responskurvor för den modell som ligger till grund för kartprediktionen. Kurvorna illustrerar hur prediktorvariablerna påverkar förekomsten av de testade vegetationsgruppen. Y-axeln anger responsen på den linjära prediktorskalen i GAM-modellerna, där höga värden anger hög sannolik förekomst. De streckade linjerna anger standardfelet för skattningen. Punkterna på X-axeln anger fördelningen av provtagningspunkter längs varje prediktorvariabel. För substrat anges de olika substrattyperna med siffror där 1 = håll, 2 = block, 3 = sten, 4 = grus, 5 = sand och 6 = finsediment.



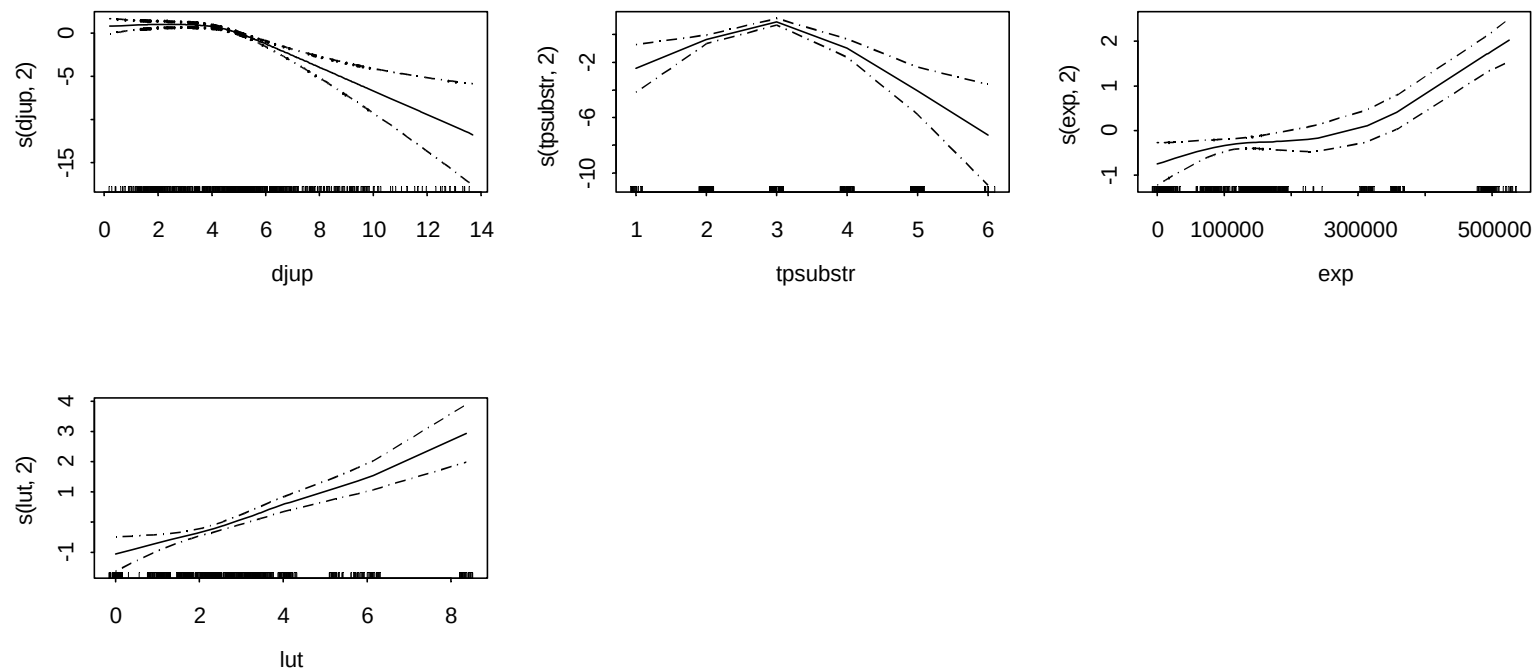
Figur 1:8. Vegetationsgrupp 6 – Ettåriga grönalger. Partiella responskurvor för den modell som ligger till grund för kartprediktionen. Kurvorna illustrerar hur prediktorvariablerna påverkar förekomsten av de testade vegetationsgruppen. Y-axeln anger responsen på den linjära prediktorskalen i GAM-modellerna, där höga värden anger hög sannolik förekomst. De streckade linjerna anger standardfelet för skattningen. Punkterna på X-axeln anger fördelningen av provtagningspunkter längs varje prediktorvariabel. För substrat anges de olika substrattyperna med siffror där 1 = håll, 2 = block, 3 = sten, 4 = grus, 5 = sand och 6 = finsediment.



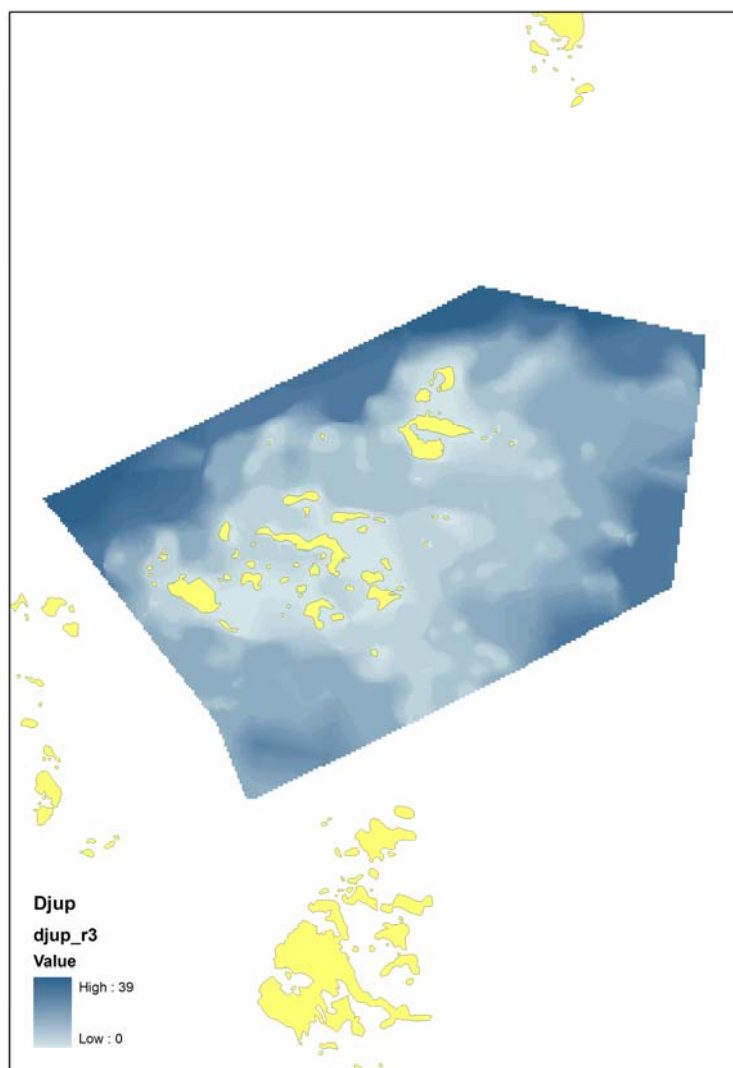
Figur 1:9. Vegetationsgrupp 9 – Kransalger. Partiella responskurvor för den modell som ligger till grund för kartprediktionen. Kurvorna illustrerar hur prediktorvariablerna påverkar förekomsten av de testade vegetationsgruppen. Y-axeln anger responsen på den linjära prediktorskalen i GAM-modellerna, där höga värden anger hög sannolik förekomst. De streckade linjerna anger standardfelet för skattningen. Punkterna på X-axeln anger fördelningen av provtagningspunkter längs varje prediktorvariabel. För substrat anges de olika substrattyperna med siffror där 1 = håll, 2 = block, 3 = sten, 4 = grus, 5 = sand och 6 = finsediment.



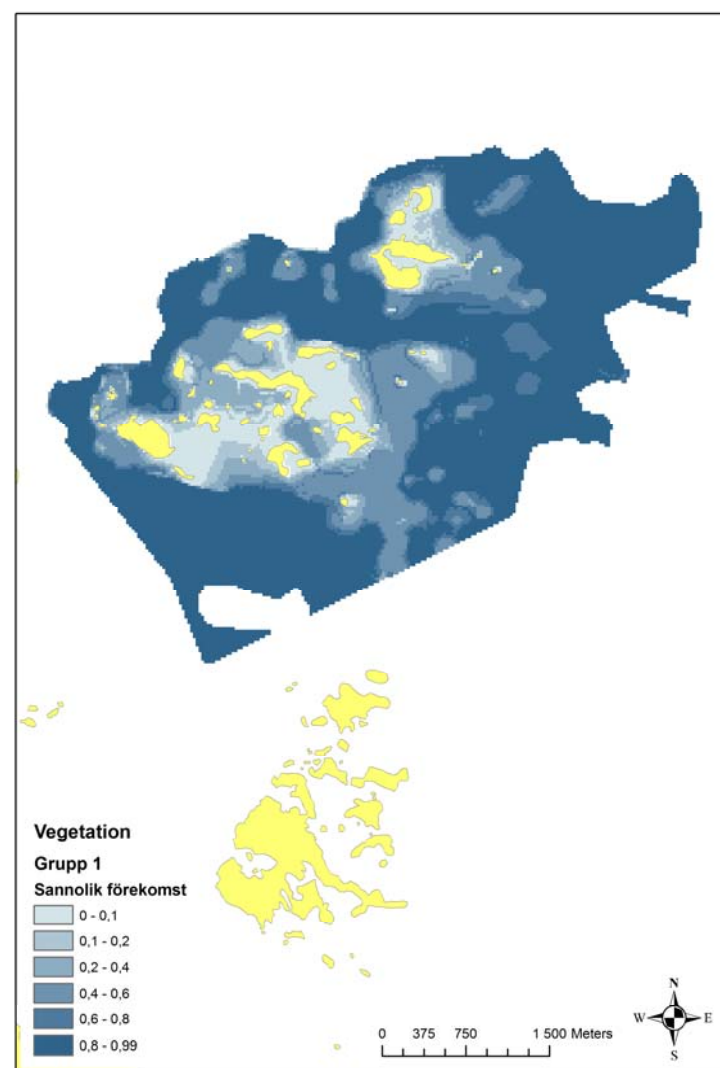
Figur 1:10. Vegetationsgrupp 10 – Kärlväxter. Partiella responskurvor för den modell som ligger till grund för kartprediktionen. Kurvorna illustrerar hur prediktorvariablerna påverkar förekomsten av de testade vegetationsgruppen. Y-axeln anger responsen på den linjära prediktorskalen i GAM-modellerna, där höga värden anger hög sannolik förekomst. De streckade linjerna anger standardfelet för skattningen. Punkterna på X-axeln anger fördelningen av provtagningspunkter längs varje prediktorvariabel. För substrat anges de olika substrattyperna med siffror där 1 = håll, 2 = block, 3 = sten, 4 = grus, 5 = sand och 6 = finsediment.



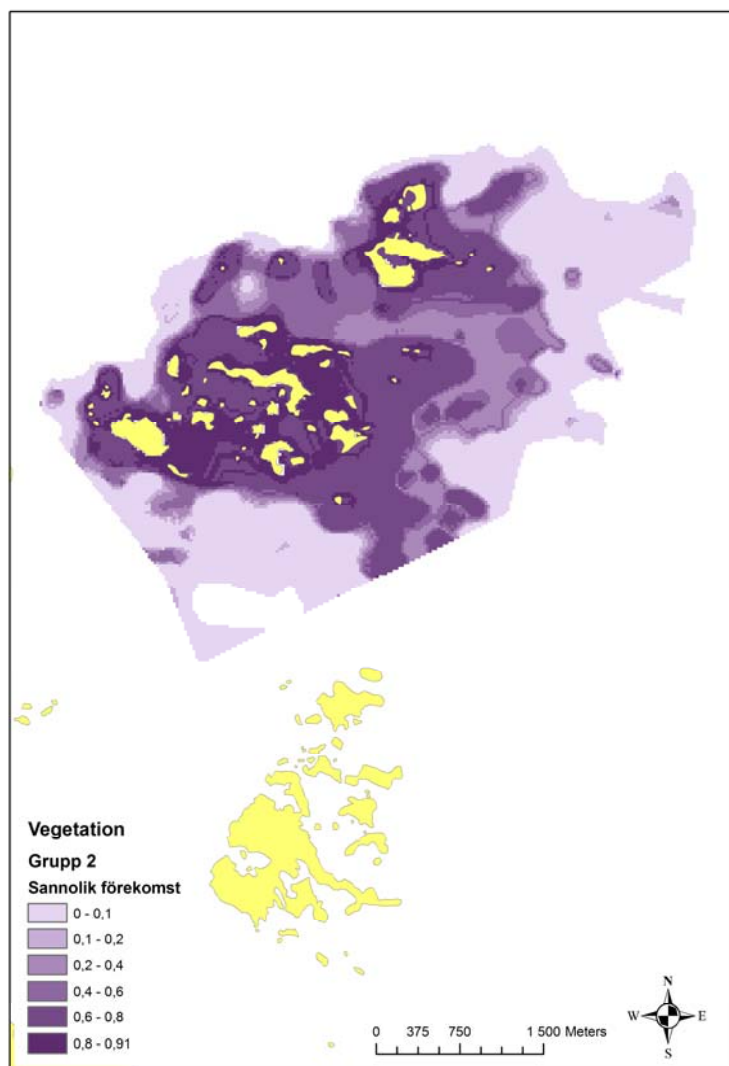
Figur 1:11. Vegetationsgrupp 12 – Mossa. Partiella responskurvor för den modell som ligger till grund för kartprediktionen. Kurvorna illustrerar hur prediktorvariablerna påverkar förekomsten av de testade vegetationsgruppen. Y-axeln anger responsen på den linjära prediktorskalen i GAM-modellerna, där höga värden anger hög sannolik förekomst. De streckade linjerna anger standardfelet för skattningen. Punkterna på X-axeln anger fördelningen av provtagningspunkter längs varje prediktorvariabel. För substrat anges de olika substrattyperna med siffror där 1 = håll, 2 = block, 3 = sten, 4 = grus, 5 = sand och 6 = finsediment.



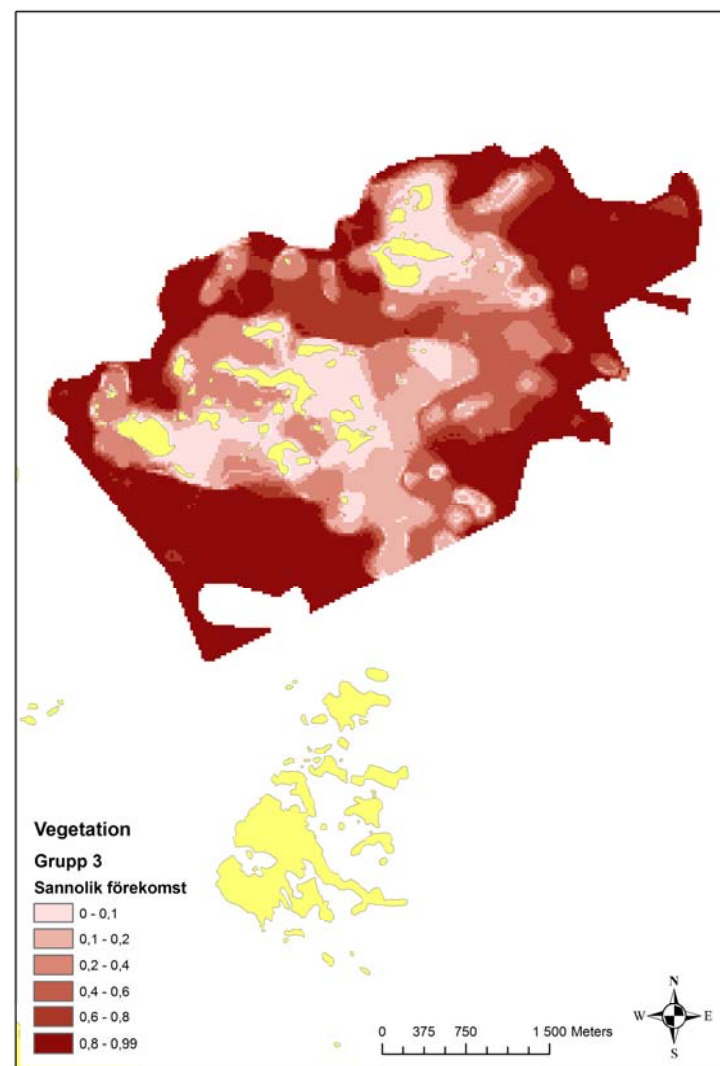
Figur 1:12. En illustration av djupet i undersökningsområdet. Mörkare blå färg anger djupare vatten, största djup i området är 39 m.



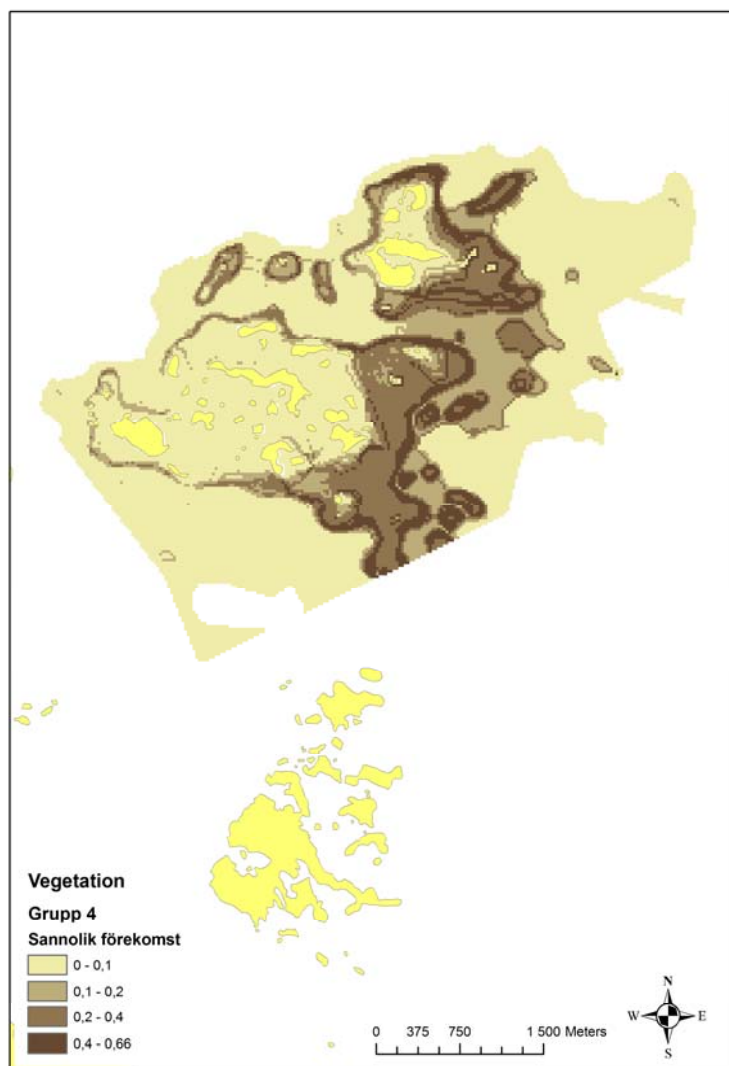
Figur 1:13. Kartprediktion av vegetationsgrupp 1, d v s hur sannolikt det är att det finns fleråriga makroalger med minst 25 % yttäckning.



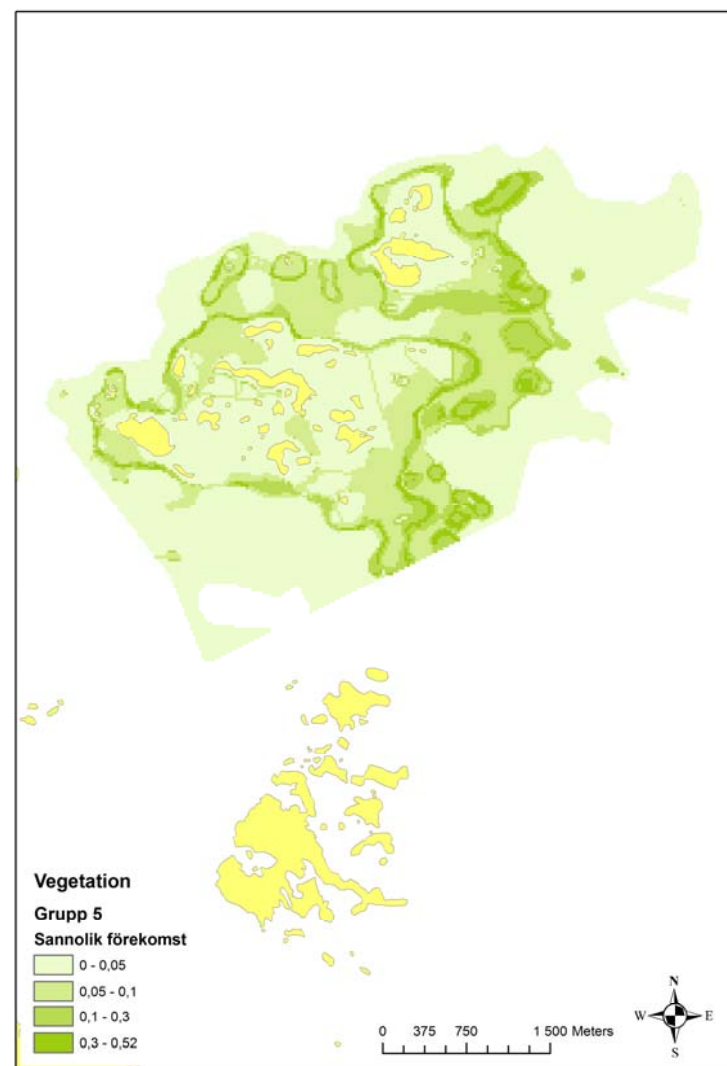
Figur 1:14. Kartprediktion av vegetationsgrupp 2, d v s hur sannolikt det är att det finns ettåriga makroalger med minst 25 % yttäckning.



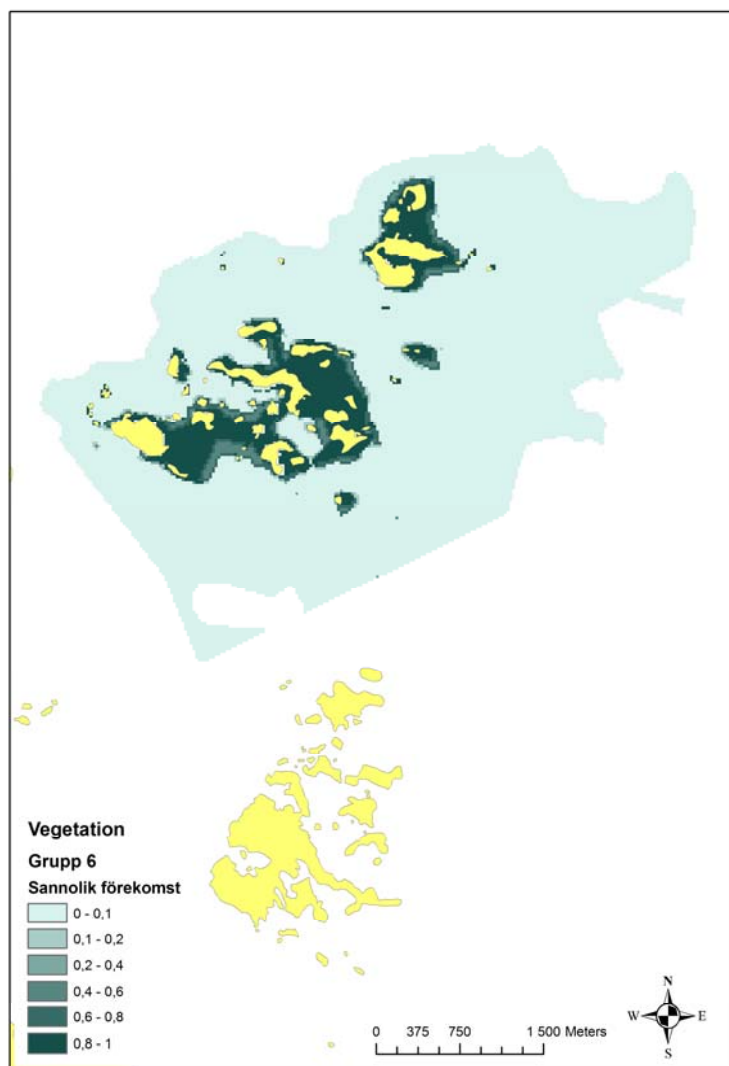
Figur 1:15. Kartprediktion av vegetationsgrupp 3, d v s hur sannolikt det är att det finns fleråriga brun- och rödalger med > 25 % täckning.



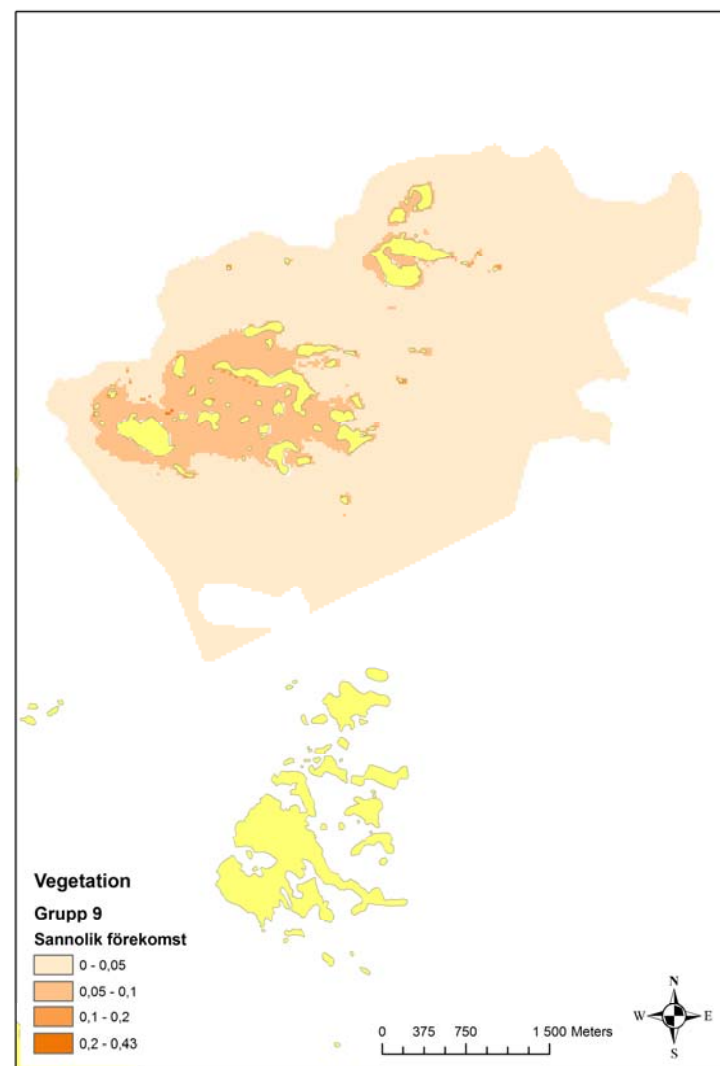
Figur 1:16. Kartprediktion av vegetationsgrupp 4, d v s hur sannolikt det är att det finns blåstång/smaltång med minst 25 % yttäckning.



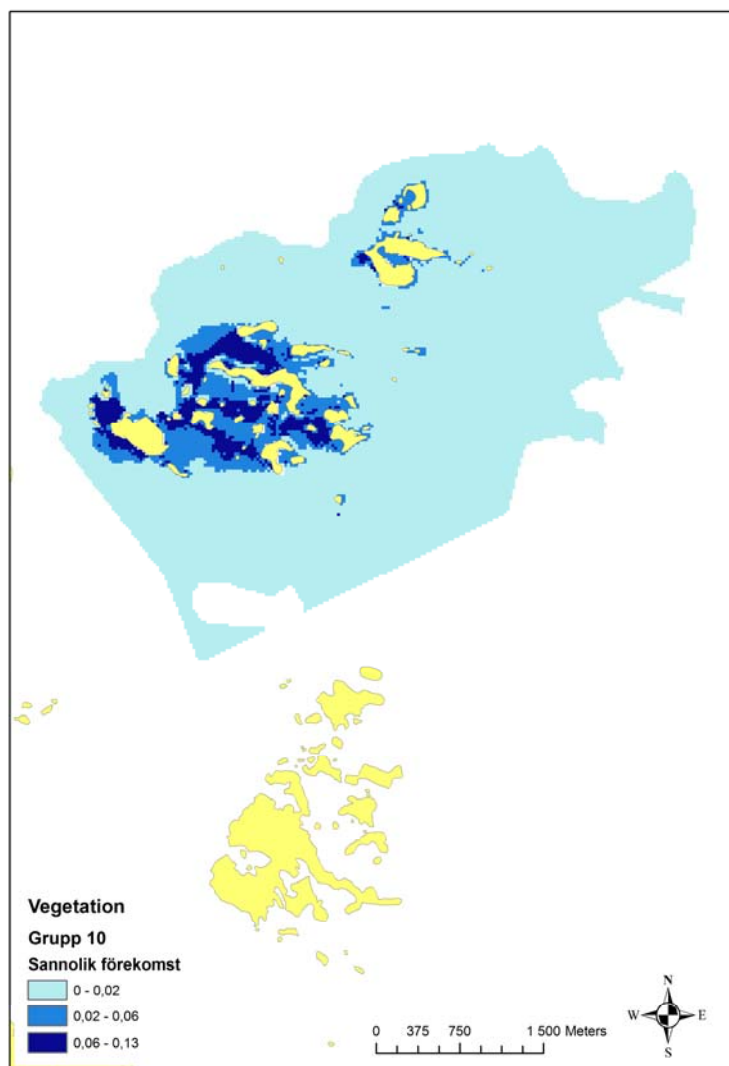
Figur 1:17. Kartprediktion av vegetationsgrupp 5, d v s hur sannolikt det är att bergborsting förekommer (minst 1 % yttäckning).



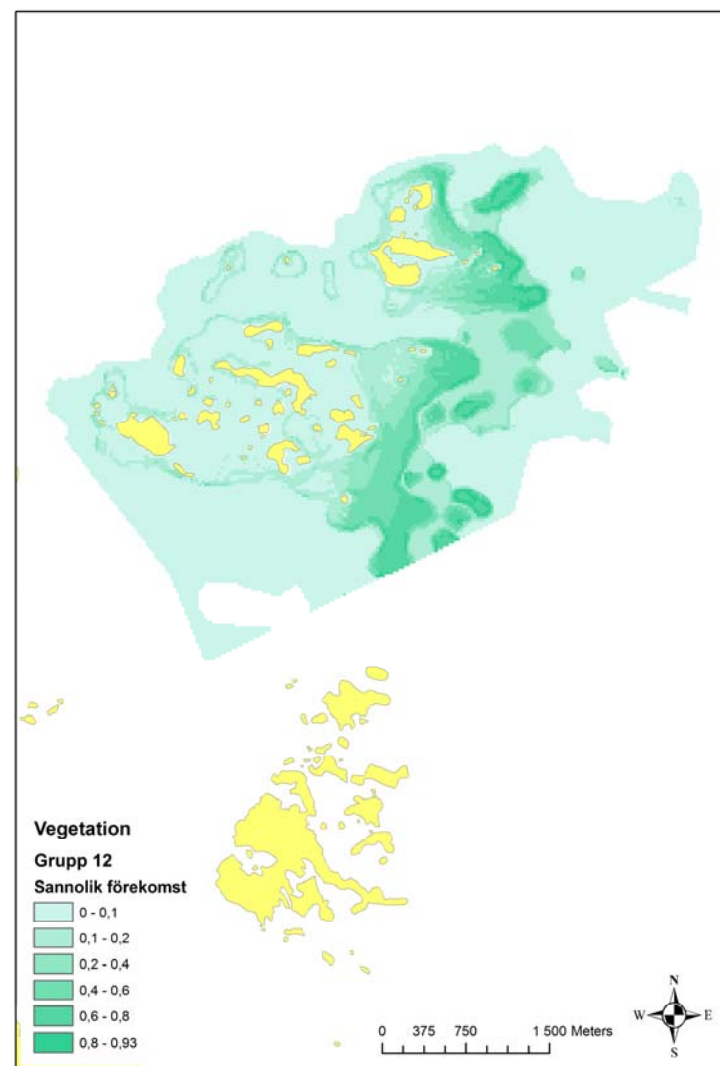
Figur 1:18. Kartprediktion av vegetationsgrupp 6, d v s hur sannolikt det är att det finns ettåriga grönalger med minst 25 % yttäckning.



Figur 1:19. Kartprediktion av vegetationsgrupp 9, d v s hur sannolikt det är att det finns kransalger med minst 1 % yttäckning.



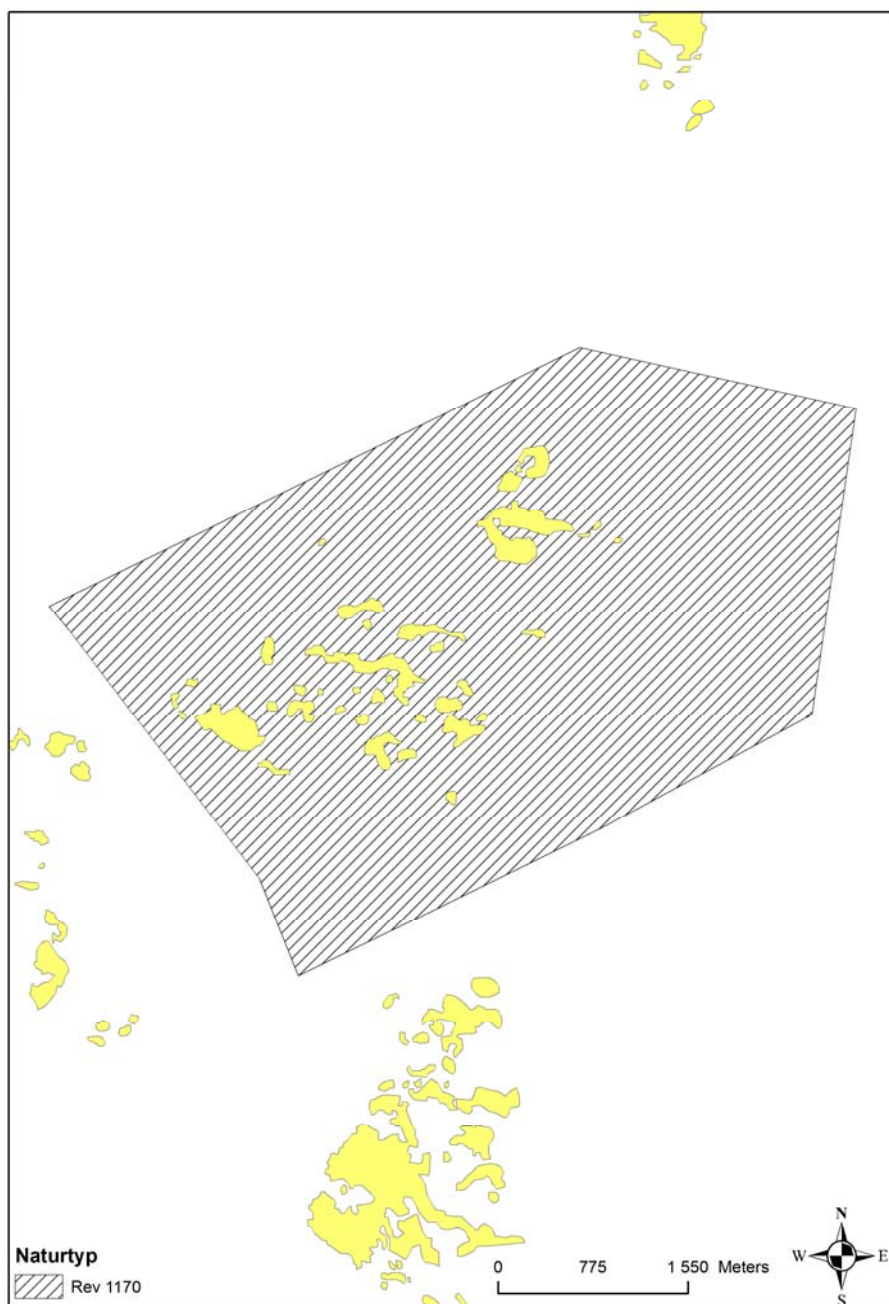
Figur 1:20. Kartprediktion av vegetationsgrupp 10, d v s hur sannolikt det är att det finns kärlväxter med minst 25 % yttäckning.



Figur 1:21. Kartprediktion av vegetationsgrupp 12, d v s hur sannolikt det är att det finns mossor med minst 1 % yttäckning.

Bilaga 2. Naturtypsavgränsning

Nedan presenteras ett förslag till naturtypsavgränsning baserat på Naturvårdsverkets tolkningar av EUs definitioner av olika naturtyper (Naturvårdsverket 2007). De små ögrupperna består av skogsbeklädda öar och skär vilket gör att bottnarna klassas som naturtyp Rev, 1170.



Figur 2:1. Förslag till naturtypsavgränsning i undersökningsområdet.

Länsstyrelsens marina rapporter

Marin inventering

- 2011:1 Marin naturinventering 2006 i Gävleborgs län. Gran, Vitörarna, Notholmen, Hornslandet, Störjungfrun, Kalvharna, Vitgrund-Norrskär
- 2011:2 Marin inventering vid Långvind sommaren 2007
- 2011:3 Marinbiologiska undersökningar i Axmar och Hilleviks-Trödjefjärden, 2008
- 2011:4 Marinbiologiska undersökningar vid Orarna i Gävlebukten, 2009
- 2011:5 Marinbiologiska undersökningar vid Eskön, 2009
- 2011:6 Marinbiologiska undersökningar i skärgården öster om Lindön, 2009
- 2011:8 Modellering av den marina vegetationen vid Tupparna – Kalvharna
- 2006:10 Marin hårbotteninventering sommaren 2005 i Gävleborgs län. Sörsundet, Gåsholma, Tupparna, Långvind

Grunda vikar

- 2011:7 Inventering av vegetationsklädda bottenar i Siviksfjärden och Norbergfjärden 2009
- 2003:1 Grunda havsvikar - Bottenfauna och vegetation i Långvind (Gävleborgs län)
- 2001:4 Trödjefjärden – en del av vårt unika kustområde
- 1995:9 Grunda vegetationsklädda havsfjärdar i Gävleborg

Alger

- 2005:3 Blåstång vid Gävleborgskusten 2004
- 2004:5 Blåstång vid Gävleborgskusten 2002

Fisk & vegetation

- 2010:8 Fiskyngel i Långvind och Harkskär sommaren 2009
- 2006:8 Fiskyngel och undervattensvegetation i Långvind, Sörsundet och Harskärsfjärden i Gävleborgs län
- 2005:4 Fiskyngel och undervattensvegetation i Axmars naturreservat
- 2004:7 Fiskyngel och undervattensvegetation i Harkskärsviken, Gävleborgs län
- 2004:6 Fiskyngel och undervattensvegetation i Långvind, Gävleborgs län

Gifter i fisk

- 2010:11 Trendövervakning av kvicksilver, kadmium och cesium-137 i abborre
- 2009:7 Säsongsvariation och geografisk variation i koncentrationer av dioxiner, dibensofuraner och dioxinlika PCB:er i strömming från Bottenhavet
- 2005:23 Geografisk variation i koncentration av dioxiner och PCB i strömming från Bottniska viken och norra egentliga Östersjön

Kustfåglar

- 2010:16 Minimal trutdöd i Gävlebuktensommaren 2010
- 2010:15 Ingen trutdöd i Gävlebuktensommaren 2009
- 2009:12 Metodjämförelse av undersökningstyper för kustfåglar
- 2009:11 Metodstudie kustfågelinventering 2007
- 2009:10 Kustfåglar i Gävleborg 2007

Diverse

- 2008:10 Strategi för kontrollerande övervakning av kustvatten i Bottenhavets vattendistrikt
- 2004:9 Strandexploatering längs med kusten i Gävleborgs län
- 2004:3 God ekologisk status enligt ramdirektivet för vatten

Länsstyrelsens rapporter 2011

- 2011:1 Marin naturinventering 2006 i Gävleborgs län. Gran, Vitörarna, Notholmen, Hornslandet, Storjungfrun, Kalvhararna, Vitgrund-Norrskär
- 2011:2 Marin inventering vid Långvind sommaren 2007
- 2011:3 Marinbiologiska undersökningar i Axmar och Hilleviks-Trödjefjärden, 2008
- 2011:4 Marinbiologiska undersökningar vid Orarna i Gävlebukten, 2009
- 2011:5 Marinbiologiska undersökningar vid Eskön, 2009
- 2011:6 Marinbiologiska undersökningar i skärgården öster om Lindön, 2009
- 2011:7 Inventering av vegetationsklädda bottenar i Siviksfjärden och Norbergsfjärden 2009
- 2011:8 Modellering av den marina vegetationen vid Tupparna – Kalvhararna

Rapportnr: 2011:8

ISSN: 0284-5954

Upplaga: pdf



Länsstyrelsen
Gävleborg

Besöksadress: Borgmästarplan, 801 70 Gävle **Telefon:** 026-17 10 00

Webbadress: www.lansstyrelsen.se/gavleborg