



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

Provtagning med dykmetod och videometod – en jämförelse

Pilotstudie inför ett nytt miljöövervakningsprogram
för vegetationsklädda bottenar i Västerhavet



Rapportnr: 2013:96

ISSN: 1403-168X

Rapportansvarig: Johan Erlandsson

Foto: Sandra Andersson, Marine Monitoring

Utgivare: Länsstyrelsen i Västra Götalands län, vattenvårdsenheten

Tack till Mats Lindegarth, HMI samt Anna Dimming och Katrina Envall, Länsstyrelsen, för värdefullt bidrag i arbetet med rapporten

Utförare av pilotstudien i fält och laboratorium: Marine Monitoring AB

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

Innehållsförteckning

1. Sammanfattning	2
2. Introduktion och bakgrund.....	4
2.1. Syften med pilotstudien 2012.....	5
3. Studiens upplägg, omfattning och metoder	6
3.1. Generellt upplägg och områdesbeskrivning.....	6
3.2. Delstudie 1. Dyk- och videostudier på hårbotten.....	8
3.3. Delstudie 2. Videostudier slumpade över både mjuk- och hårbotten	8
3.4. Jämförelse av variation och antal provrutor som behövs för en god precision samt kostnadseffektivitet mellan dyk- och videometoderna.....	9
4. Resultat	10
4.1. Medeltäckningsgrad av vegetation på hårbotten: jämförelse mellan dyk- och videometod.....	10
4.2. Precision samt antal provrutor som behövs för skattning av medeltäckningsgrad på hårbotten: jämförelse mellan dyk- och videometod.....	12
4.3. Artdiversitet av vegetation på hårbotten: jämförelse mellan dyk- och videometod.....	13
4.4. Medeltäckning av vegetation totalt oavsett botten typ: videometod.....	16
4.5. Variation & precision av medeltäckning totalt oavsett botten typ: videometod .	19
4.6. Medeltäckningsgrad av vegetation på mjukbotten: videometod.....	21
4.7. Antal provrutor som behövs för en god precision av skattning av medeltäckningsgrad på mjukbotten: videometod	22
4.8. Kostnader för det antal provrutor som behövs för en god precision: jämförelse mellan dyk- och videometod.....	23
4.9. Samband mellan videoanalys i fält och laboratorium	25
5. Diskussion.....	27
5.1. Jämförelse av skattning av medeltäckning och medeldiversitet mellan dyk- och videometod.....	27
5.2. Standard error, stickprovsstorlek för att uppnå god precision och totala kostnader: jämförelse mellan dyk- och videometoder	28
5.3. Skattning av medeltäckning, precision och kostnader med videometod på mjukbotten	29
6. Slutsatser.....	31
7. Referenser	33

1. Sammanfattning

Det finns ett behov av att ta fram ett samordnat program för miljöövervakning av marina vegetationsklädda botten i Västerhavets vattendistrikt. För att testa olika metoder inför att ta fram ett sådant program genomförde Länsstyrelsen en pilotstudie under sommaren 2012 i Orust/Tjörnområdet. Pilotstudien hade två syften:

1. Att jämföra och utvärdera en video- och dykmetod på hårbotten så att de olika metodernas förtjänster och begränsningar vad gäller skattning av diversitet, vegetationstäckning (av taxonomiska/funktionella grupper), precision och kostnader kan tydliggöras och kvantifieras i olika typer av havsområden,
2. Att utvärdera precision och kostnader för skattning av vegetationstäckning med videometod i olika områden på olika djup oavsett bottenotyp.

Förekomsten av ålgräs och makroalger i fem delområden analyserades

Länsstyrelsen utförde pilotstudien i Orust/Tjörnområdet och den omfattade en gradient med avseende på närsaltsbelastning och vågexponering. Provtagning utfördes i 5 olika delområden: 1) Byfjorden, 2) Havstens fjord, 3) Halsefjorden/Askeröfjorden, 4) Hakefjord och 5) Marstrandsfjorden. Förekomsten av ålgräs och olika makroalger analyserades och algerna delades in i följande taxonomiska och funktionella grupper:

- alger totalt (antingen täckningsgrad eller antal taxa)
- makroalger (exkl. fintrådiga)
- fintrådiga alger
- läderartade alger (*Fucus* sp., *Sacharina* sp., *Laminaria* sp.)
- rödalger
- brunalger
- grönalger
- lösdrivande alger
- krustaalger.

Läderartade alger är habitatbildande och även känsliga för övergödning.

Liknande relativa skillnader mellan delområden med båda metoderna

Resultaten visar att videometoden kunde upptäcka liknande *relativa* mönster som dykmetoden gällande täckningsgrad av olika alggrupper på hårbotten, dvs rumsliga skillnader mellan olika delområden och mellan olika djupstrata. Skattningen av *absolut* täckningsgrad var oftast högre med dykmetoden än med videometoden för hela området. Samma relativa skillnader i diversitet, d.v.s. antal arter eller andra taxa¹, mellan delområden upptäcktes med båda metoderna. Dykmetoden upptäckte ca 2-6 gånger fler taxa än videometoden. Detta innebär att båda metoderna oftast upptäckte en gradient med ökad medeltäckningsgrad och artdiversitet från Byfjorden ut mot Marstrandsfjorden, vilket troligen beror på både närsalts- och vågexponeringsgradienten. Dessutom upptäcktes ett klart positivt linjärt samband mellan dyk- och videometoderna vad gäller skattningen av täckningsgrad av fintrådiga alger och makroalger (exkl. fintrådiga alger) samt för skattningen av totalt antal taxa av alger.

Dykmetoden behöver färre provrutor än videometoden för att uppnå en god precision

Generellt så minskade standardfelet (standard error of the mean, SE) hos medeltäckningen för olika vegetationsvariabler med ett ökat antal provrutor (storlek: 5x5m). Antal provrutor för att uppnå en god precision minskade med en ökad medeltäckningsgrad, t. ex. från ca 1400 provrutor vid 5% täckningsgrad till ca 13 provrutor vid 50% täckningsgrad. Denna typ av samband har observerats tidigare och är oberoende av provtagningsmetod. Ungefär halva

¹ antal taxa = antal arter, släkten, familjer etc. som man kan bestämma

antalet provrutor behövs med dykmetoden jämfört med videometoden för att få en god precision vid skattning av täckningsgrad av fintrådiga alger, makroalger och rödalger på hårbotten (3-6m djup) i hela Orust/Tjörnområdet medan det för andra grupper är mer likartat mellan metoderna. För skattning av diversitet behövs ca 1,5-4 gånger färre provrutor med dykmetoden än med videometoden.

Kostnaden för en god precision är cirka 3 gånger högre för dykmetoden än videometoden

Kostnaderna för skattning av algtäckningsgrad på hårbotten (3-6m djup) i hela Orust/Tjörnområdet beräknades till ca 2-4,5 gånger högre för dykmetoden än videometoden för det antal provrutor som behövs för att uppnå en god precision. Samma kalkyl för skattning av diversiteten av alger på hårbotten visar att dykmetoden skulle vara ca 1-3,5 gånger dyrare än videometoden.

För ålgräsövervakning är videometoden ekonomisk rimlig vid 50-60% medeltäckningsgrad

Medeltäckningsgraden av ålgräs på 0-3m var signifikant högre än på 3-6m djup på mjukbotten i alla delområden, och ingen förekomst av ålgräs djupare än 6m noterades, vilket sannolikt visar att ålgräsets djuputbredning begränsas av övergödningen orsakad av hög näringsbelastning i Orust/Tjörnområdet. För skattning av ålgrästäckning skulle mer än 600 provrutor krävas för att uppnå en god precision i alla delområden (vid 0-20% medeltäckningsgrad) beroende på den mycket stora variationen inom och mellan områden och djup. Ett undantag är Havstens fjord där det bara behövs ca 60 provrutor i båda djupintervallen (vid 50-60% medeltäckning). Beräkningar av kostnader för det antal rutor som krävs för en god precision vid skattning av ålgrästäckning på mjukbotten visar att enbart användning av videometoden troligen inte är ekonomiskt rimligt i ett program för övervakning av ålgräsubredning längs hela västkusten, åtminstone inte vid 0-20% medeltäckningsgrad.

Video kan användas på hårbotten för skattning av täckningsgrad

En slutsats från denna pilotstudie är alltså att en videometod skulle kunna användas på hårbotten för skattning av täckningsgrad av dominerande alggrupper inom ett övervakningsprogram för vegetationsklädda bottenar. Videometoden fann samma relativa mönster som dykmetoden och är betydligt mer kostnadseffektiv för att uppnå en önskad precision i skattningen. Eftersom det främsta syftet med det planerade övervakningsprogrammet för vegetationsklädda bottenar är att beskriva statusen och långsiktiga trender inom och mellan vattentyper, så bör videometoden vara tillräckligt bra för att analysera relativa rumsliga och tidsmässiga förändringar i täckningsgrad av dominerande alggrupper. Det finns dock praktiska problem med videometoden på hårbotten, t.ex. sedimentpålagring i de inre mer skyddade områdena eller att fintrådiga alger i ett övre skikt ofta kan täcka det undre skiktet av habitatbildande alger vilket kan göra filmerna svårtolkade. En framtagning av en entydig standardiserad metodbeskrivning för fältarbete och tolkning av filmerna kan troligtvis lösa en del av dessa problem. Om man vill skatta täckningsgraden och följa utbredningen av många olika specifika algarter är dykmetoden bättre än videometoden.

Vad gäller skattningen av diversitet (antal taxa) på hårbotten så är slutsatsen att dykmetoden är att föredra om syftet är att beskriva artsammansättningen och dess förändringar, eftersom man upptäckte 2-6 gånger fler taxa med denna metod än med videometoden för de flesta alggrupper i de olika delområdena. För mjukbotten är det endast vid ca 50-60% medeltäckningsgrad av ålgräs som det enligt denna studie är ekonomiskt rimligt med enbart videoövervakning, men då behöver man begränsa övervakningen till redan kända ålgräsängar. Videometoden kan dock användas som komplement till och i kombination med andra metoder på mjukbotten.

2. Introduktion och bakgrund

Det finns ett behov av att ta fram ett samordnat nationellt och regionalt program för miljöövervakning av marina vegetationsklädda bottnar i Västerhavets vattendistrikt eftersom de nuvarande övervakningsprogrammen omfattar provtagning med dykning (djuptransekt) endast på ett fåtal lokaler i begränsade områden, samt med olika inventeringsmetoder. En del mätkampanjer har utöver detta gjorts i vissa områden i Västerhavets distrikt för vissa år (t. ex. Makrofytkampanjen 2009), men sammantaget så är det ändå en fragmentarisk övervakning i tid och rum av makrovegetation längs kusten. Detta är ett problem eftersom den rumsliga och tidsmässiga variationen kan vara stor på olika skalor.

Standardiserade kostnadseffektiva metoder för övervakning; möjligheten med videoteknik

Behovet av standardiserade metoder för övervakning, uppföljning och kartering av marina habitatbildande arter (på hård- och mjukbotten) har påtalats i en rad olika sammanhang, bland annat gällande regional och nationell miljöövervakning, uppföljning i skyddade områden, biogeografisk uppföljning enligt art- och habitatdirektivet, övervakning enligt havsmiljödirektivet och som underlag för havsplanering. Det pågår en diskussion om potentialen hos kostnadseffektiva, översiktliga visuella metoder, såsom olika typer av video- eller stillbildstekniker. Flera exempel på varianter av sådana metoder existerar, men genomgripande ”cost-benefit” analyser, analyser av precision och ”bias” samt explicita test av olika alternativa protokoll och utformning av provtagningar har saknats. Därför finns än så länge ingen vedertagen standardmetod för provtagning av utbredning av habitat och karakteristiska vegetationsarter med hjälp av video².

Projekt av relevans för denna pilotstudie

Diskussioner om möjligheterna till samordning och kompletteringar av olika pågående initiativ rörande övervaknings-, kartläggnings- och uppföljningsmetoder har lett fram till några gemensamma projekt, t.ex. i Orust/Tjörnområdet i Västerhavets distrikt samt i Östergötland, Skåne och Västerbotten (Gullström et al. 2013). Även inom Interregprojektet Hav möter Land (www.havmoterland.se) har en pilotstudie utförts, i Koster/Hvaler-området (Sundblad et al. 2013). Ett annat relevant projekt är forskningsprojektet WATERS (som leds av Havsmiljöinstitutet, HMI) där en första gradientstudie (m.a.p. närsaltsbelastning) med dykmetod i Orust/Tjörnområdet och Östergötland har utförts under sommaren och september 2012. Ytterligare en mer omfattande studie i samma områden skall utföras under 2013. Deras syfte är att testa och utveckla de befintliga bedömningsgrunderna för bl a makrovegetation (Blomqvist et al. 2012).

Fokus på vegetationsgrupper och habitatbildande arter med viktig ekologisk roll

Fokus för Länsstyrelsen ligger bl a på utbredningen av olika vegetationsgrupper och habitatbildande arter, d.v.s. olika dominerande eller känsliga makroalger och ålgräs. Orsaken till att fokus ligger på habitatbildande organismer är pga deras viktiga ekologiska roll samt för att kunna ta hänsyn till havsmiljödirektivet (där också habitat och habitatbildande organismer ingår) utöver vattendirektivet. Den nuvarande indikatorn och bedömningsgrunden för makrovegetation (djuputbredningsindex) som används i vattenförvaltningsarbetet och är övergödningrelaterad anses fungera dåligt pga att djuputbredningen av olika arter ofta är substratbegränsad istället för ljusbegränsad, samt att en djuptransekt på ca 20m och ett minimum av 3 arter behövs (Blomqvist et al. 2012). Dessutom ger djuptransekter också ofta statistiska problem eftersom provrutorna längs transekten inte kan behandlas som oberoende stickprov (även om det ofta felaktigt behandlas som det) utan ett mått kan egentligen endast

² men arbetet med detta är under utarbetande (Gullström et al. 2013)

erhållas för varje transekt. Djuptransekterna är dessutom väldigt kostsamma (Blomqvist et al. 2012; Andersson 2013).

Olika förslag på möjliga indikatorer utifrån vattendirektivet och havsmiljödirektivet

Inom projektet WATERS har man genom bl a litteraturstudier tagit fram förslag på möjliga reviderade indikatorer för makrovegetation med utgångspunkt från vattendirektivet som ska testas i deras gradientstudie 2013-2016, d.v.s. i) djuputbredningsgränsen för nyckelgrupper eller nyckelarter med hänsyn tagen till t. ex. substratet, ii) total djuprelaterad täckningsgrad, iii) relativ eller absolut djuprelaterad förekomst av funktionella grupper, samt känsliga och toleranta arter för övergödning, iv) djuprelaterad artdiversitet och artsammansättning (Blomqvist et al. 2012). På mjukbotten kommer man även att testa indikatorn areell utbredning av ålgräs, t. ex. fragmentering.

Inom havsmiljöförordningen så finns det även deskriptorer och kriterier som är aktuella för detta övervakningsprogram och pilotstudie, kanske främst Deskriptor 1: ”Biologisk mångfald bevaras”, samt då speciellt kriterium 1.4 ”Utbredning av livsmiljöer och livsmiljöbildande arter överensstämmer med rådande geomorfologiska, geografiska och klimatiska villkor...” och 1.5 ”Livsmiljöernas utsträckning överensstämmer med rådande geomorfologiska, geografiska och klimatiska villkor...”.

En generell beskrivning och representativ bild av vattenstatus och långsiktiga trender

Speciellt fokus för detta samordnade övervakningsprogram av vegetationsklädda bottenar inom Västerhavets distrikt är att ge en generell beskrivning och en representativ bild av vattenstatus och långsiktiga trender och utformas så att den avspeglar fördelningen mellan de vattenkategorier och vattentyper som finns. Inför det samordnade övervakningsprogrammet för makrovegetation utförde Länsstyrelsen denna pilotstudie 2012 i samarbete med WATERS och deras gradientstudie i Orust/Tjörnområdet i mjuk- och hårbottensmiljö.

2.1. Syften med pilotstudien 2012

1. Att jämföra och utvärdera en videometod och dykmetod på hårbotten så att de olika metodernas förtjänster och begränsningar vad gäller skattning av diversitet och vegetationstäckning (av taxonomiska/funktionella grupper och habitatbildande arter) kan tydliggöras, samt att kvantifiera precision och kostnader för dessa metoder i olika typer av havsområden.
2. Att utvärdera precision och kostnader för skattning av vegetationstäckning med videometod i olika områden på olika djup oavsett botten typ (mjuk- eller hårbotten).

3. Studiens upplägg, omfattning och metoder

3.1. Generellt upplägg och områdesbeskrivning

Länsstyrelsen utförde denna pilotstudie i Orust/Tjörnområdet (delvis i samarbete med WATERS gradientstudie i samma område) vilken omfattade en gradient m.a.p. närsaltsbelastning och vågexponering.

Provtagning skedde i fem olika delområden i augusti-september 2012 (se Fig. 1):

- 1) Byfjorden
- 2) Havstens fjord
- 3) Halsefjorden/Askeröfjorden
- 4) Hakefjord
- 5) Marstrandsfjorden

Dessa fem områden är separata vattenförekomster förutom Halsefjorden/Askeröfjorden som behandlas tillsammans i ett kluster men egentligen är separata vattenförekomster. Byfjorden ligger längst in närmast Uddevalla följt av Havstens fjord och dessa vattenförekomster är därför starkt påverkade av industri, mänsklig verksamhet och hög närsaltsbelastning (den ekologiska statusen är otillfredsställande). Halsefjorden/Askeröfjorden, Hakefjord och Marstrandsfjorden är mindre påverkade av mänsklig aktivitet (måttlig ekologisk status). Framför allt Marstrandsfjorden och Hakefjord har däremot en högre vågexponeringsgrad.

Enligt SMHIs indelning av vattentyper tillhör alla fem delområden kustvattentyp 2 (Västkustens fjordar) utom Marstrandsfjorden vilken tillhör kustvattentyp 3 (Skagerrak, Västkustens yttre kustvatten).

Pilotstudien var uppdelad i två delstudier enligt nedan.



Fig. 1. Karta över Orust/Tjörnområdet där provtagning ägde rum i fem delområden (Byfjorden, Havstens fjord, Halsefjorden/Askeröfjorden, Hakefjord och Marstrandsfjorden). Dessa delområden är separata vattenförekomster, även Halsefjorden och Askeröfjorden som i denna studie behandlades tillsammans i ett kluster. Vattenförekomsterna (enligt vattendirektivet) är avgränsade på kartan.

3.2. Delstudie 1. Dyk- och videostudier på hårbotten

Dykprovtagning av vegetation utfördes i totalt 48 rutor (5x5 m) på hårbotten (icke-mobila substrat) i ett djupintervall på 3-5 m (enligt WATERS specificerade metoder och lokalisering på hårbotten) med hänvisning till punkt 1 under syften med pilotstudien. Täckningsgrad av olika arter och lämpliga taxonomiska grupper och substrat skattades (se Andersson 2013). Av dessa 48 provtagningsrutor videofilmades (dropvideo; HD) 31 rutor (Tabell 1; pga tidsbrist filmades inte samtliga rutor) och fri skattning av täckningsgrad gjordes i fält enligt AquaBiotas metodbeskrivning Dropvideo version 1.5 (tidigare version 1.4, Isaeus, 2010 med tillägg och uppdatering av Frida Fyhr, 2011 och Nicklas Wijkmark, 2012; för utförligare metodbeskrivning i fält, se S. Andersson, 2013).

Filmerna sparades också för framtida bildanalys i laboratoriet. I Byfjorden, Havstens fjord, Halsefjorden/Askeröfjorden, Hakefjord och Marstrandsfjorden provtogs 9-10 rutor med dykning och 4-7 rutor med video (se Tabell 1; se också Andersson 2013 för karta över vilka lokaler som provtogs). Jämförelser av skattad biodiversitet, täckning av funktionella och taxonomiska grupper samt habitatbildande arter uppmätta med dykning och videometod gjordes för varje delområde.

3.3. Delstudie 2. Videostudier slumpade över både mjuk- och hårbotten

Provrutor (5x5m) slumpades ut inom varje delområde (totalt 4 delområden; Marstrandsfjorden provtogs ej pga tidsbrist) och djupintervall oavsett botten typ. Provtagning med video (HD) utfördes enligt AquaBiotas metodbeskrivning Dropvideo version 1.5 (Isaeus, 2010), dvs fri visuell skattning i fält enligt en kontinuerlig skala. Filmerna sparades för framtida bildanalys i laboratoriet. Provtagning av 180 rutor gjordes totalt, således 45 rutor i varje delområde (Tabell 1). Av dessa var merparten dominerade av mjukbotten. Endast 5 provrutor dominerades av hårbotten (3 i Hakefjord och 2 i Byfjorden), och ytterligare 2 rutor hade ungefär lika mycket hård- som mjukbotten.

De 45 rutorna per delområde stratifierades i 3 olika djupintervall (0-3m, 3-6m, 6-10m), med ca 15 rutor per djupintervall (för utförligare metodbeskrivning i fält och fördelning mellan provlokaler, se S. Andersson, 2013). Samma typ av metod användes alltså oavsett om det var hård- eller mjukbotten för skattning av utbredning av makrovegetation för att analysera vilka arter eller grupper som dominerade inom olika områden och djup (för att se trender i materialet) och för att både mjuk- och hårbotten ofta förekommer inom rutorna. Täckningsgrad av olika arter och lämpliga taxonomiska grupper och substrat skattades (se Andersson 2013). Jämförelser av skattad biodiversitet, samt täckning av funktionella och taxonomiska grupper samt habitatbildande arter gjordes för varje delområde.

Tabell 1 Antal rutor som provtogs med dyk- och videometoden i de fem delområdena inom studiens del 1 och del 2. På grund av tidsbrist filmades inte samtliga rutor som provtogs med dykning i del 1. I del 1 var djupintervallet 3-5m. I del 2 provtogs ca 15 rutor per djupstrata (0-3m, 3-6m, 6-10m) i varje delområde.

	Del 1 (hårdbotten)	Del 1 (hårdbotten)	Del 2 (oavsett bottentyp)
<i>Delområde</i>	<i>Antal provrutor med dykmetod</i>	<i>Antal provrutor med videometod</i>	<i>Antal provrutor med videometod</i>
Byfjorden	9	4	45
Havstens fjord	10	6	45
Halsefj/Askeröfjorden	10	7	45
Hakefjord	10	7	45
Marstrandsfjorden	9	7	0
Totalt	48	31	180

3.4. Jämförelse av variation och antal provrutor som behövs för en god precision samt kostnadseffektivitet mellan dyk- och videometoderna

Rutor provtogs med både dyk- och videometoder på hårdbotten för att utvärdera den specificerade jämförelsen under delstudie 1 (dyk- och videostudier på hårdbotten, 3.2). Dessutom gjordes ytterligare provtagning med video för att ge en mer omfattande bild av makrovegetationens utbredning enligt den specificerade jämförelsen i delstudie 2 (videostudier slumpade över mjuk- och hårdbotten, 3.3). Denna del är viktig för att utvärdera videometodens förmodade potential för att kvantifiera samband med naturliga gradienter, t.ex. djup (olika djupintervall) och exponering ("utbredning") och areell "utsträckning".

Frågeställningarna i studien hanterades med olika metoder:

- (1) Täckningsgrad: Jämförelser av precision (SE eller konfidensintervall), förmåga att upptäcka rumsliga skillnader, metodavvikelser och kostnader inom delområden och hela området. Detta gjordes med multifaktoriella test och osäkerhetsberäkningar i olika delområden och platser inom områdena för att undersöka generalitet och betydelsen av olika felkällor. Skattningar av variationsbidrag (Lindgarth et al. 2013) användes också för att göra cost-benefit analyser för att optimera provtagning. Biodiversitet: Antal arter eller andra taxa jämfördes mellan de olika metoderna och delområdena.
- (2) Videometodens effektivitet utvärderades genom beräkning av medeltäckning av valda habitatbildande arter/grupper (med osäkerhetsmått), precisionen hos skattade samband med naturliga gradienter (djup, exponering), modellering av utbredning och utsträckning, samt antal provrutor som behövs för en god eller önskad precision (där konfidensintervallet inte avviker mer än 20% från medelvärdet).

4. Resultat

4.1. Medeltäckningsgrad av vegetation på hårbotten: jämförelse mellan dyk- och videometod

En jämförelse mellan skattningen av specifika arters täckningsgrad med de olika metoderna kunde inte göras eftersom data för varje enskild art var för litet att göra statistik på. Undantag var för ålgräs på mjukbotten och t.ex. *Saccharina latissima* (skräppetare) på hårbotten som var den absolut mest dominerande arten i gruppen läderartade alger³ (en grupp där data från både dyk och video analyserades). Makroalgerna delades därför in i följande taxonomiska och funktionella grupper: i) alger totalt, ii) makroalger (exkl. fintrådiga), iii) fintrådiga alger, iv) läderartade alger (*Saccharina* sp., *Laminaria* sp., *Fucus* sp.), v) rödalger, vi) brunalger, vii) grönalger, viii) lösdrivande alger och ix) krustaalger. Skattningen av täckningsgrad för total vegetation, fintrådiga alger, makroalger (exkl. fintrådiga alger) och rödalger var ungefär dubbelt så hög med dykmetoden som med videometoden på hårbotten för hela området (de fem delområdena ej separerade), medan täckningsgraden av läderartade alger, brunalger och grönalger har skattats till ungefär samma täckningsgrad med båda metoderna (Fig. 2). En linjär regressionsanalys mellan dyk- och videometoden gällande täckningsgraden av fintrådiga alger och makroalger (exkl. fintrådiga) visar att det finns ett klart positivt samband mellan metodernas skattning på de 31 olika lokalerna, dvs i de olika provrutorna, där båda metoderna användes (Fig. 3).

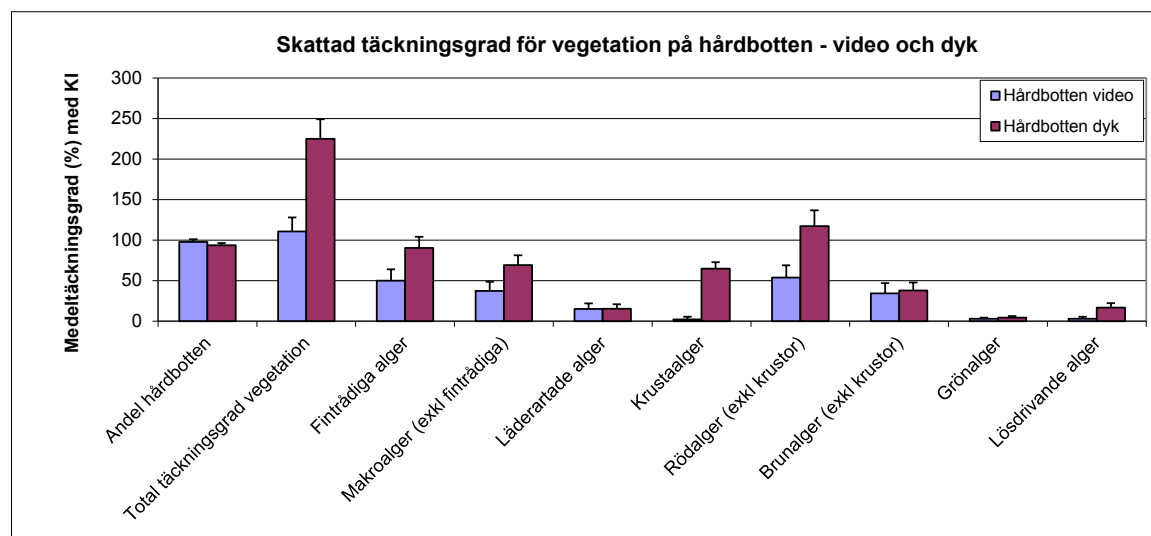


Fig. 2 Medeltäckningsgrad av olika alggrupper på hårbotten skattad med video- och dykmetoden i hela Orust/Tjörn-området. $n_{\text{video}}=31$, $n_{\text{dyk}}=48$. 95% konfidensintervall (KI) visas. För total vegetation, fintrådiga alger, makroalger (exkl. fintrådiga alger) och rödalger var medeltäckningen ungefär dubbelt så hög med dykmetoden som med videometoden, medan den för läderartade alger, brunalger och grönalger var ungefär densamma med båda metoderna.

³ Läderartade alger är habitatbildande och även känsliga för övergödning (Blomqvist et al. 2012). Även vissa andra röd- och brunalger kan anses vara habitatbildande arter.

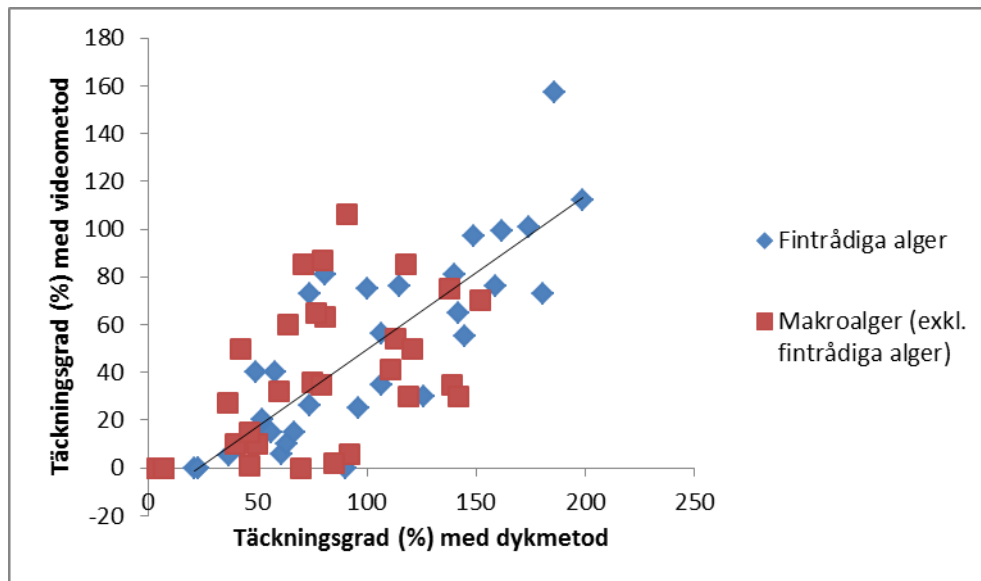


Fig. 3. Linjär regression mellan skattad täckningsgrad med dyk- och videometoderna på hårbotten. 31 lokaler (dvs n=31 provrutor) provtogs med både dyk och video. Filtrådiga alger: $r^2=0,693$, $p=0,0000001$; Makroalger (exkl. filtrådiga): $r^2=0,292$, $p=0,0017$. Det finns ett klart positivt samband mellan metodernas skattning.

Resultaten för skattningen av medeltäckningsgraden på hårbotten stratifierat för område visar att samma eller liknande mönster som upptäcktes för de olika vegetationstyperna med dykmetoden fångas också upp av videometoden relativt sett (Fig. 4a och 4b). För total vegetation, filtrådiga alger, makroalger (exkl. filtrådiga alger) och i viss mån rödalger innebär det att en gradient från Byfjorden (minst täckningsgrad) ut mot Marstrandsfjorden (högst täckningsgrad) upptäcktes med båda metoderna. För habitatbildande alger som läderartade alger (*Fucus* sp., *Laminaria* sp. och *Saccharina* sp.) är mönsterna också väldigt lika med de två metoderna (Fig. 4a och 4b). Endast för krustaalger är det stora avvikelser i resultaten mellan dyk- och videometoden.

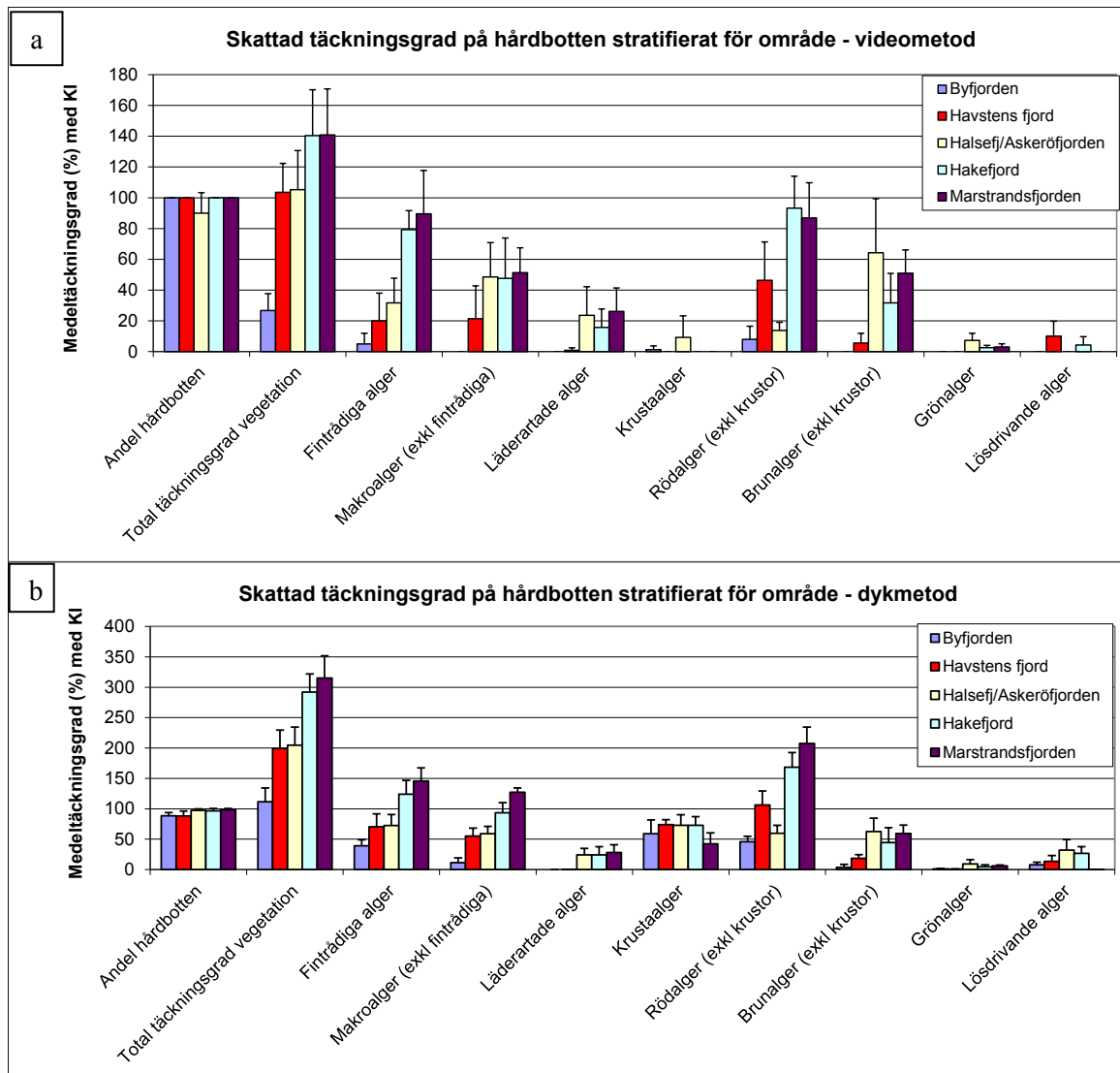


Fig. 4. Medeltäckningsgrad av olika alggrupper på hårbotten stratifierat för delområde skattad med a) videometoden och b) dykmetoden. Byfjorden: $n_{\text{video}}=4$, $n_{\text{dyk}}=9$; Havstens fjord: $n_{\text{video}}=6$, $n_{\text{dyk}}=10$; Halsefj./Askeröfjorden: $n_{\text{video}}=7$, $n_{\text{dyk}}=10$; Hakefjord: $n_{\text{video}}=7$, $n_{\text{dyk}}=10$; Marstrandsfjorden: $n_{\text{video}}=7$, $n_{\text{dyk}}=9$. Observera att skalorna på y-axeln i a) och b) är olika. 95% konfidensintervall (KI) visas. Liknande relativa mönster upptäcktes för de olika vegetationstyperna med både dyk- och videometoden, d.v.s. ofta en gradient från Byfjorden (minst täckningsgrad) ut mot Marstrandsfjorden (högst täckningsgrad).

4.2. Precision samt antal provrutor som behövs för skattning av medeltäckningsgrad på hårbotten: jämförelse mellan dyk- och videometod

Standardfelet (standard error of the mean, SE; se 5.5) för skattning av täckningsgraden av olika vegetationsgrupper på hårbotten skiljde inte mycket mellan dyk- och videometoden (Fig. 5a). För vissa grupper (total vegetation, krustaalger, rödalger och lösdrivande alger) var SE större för dykmetoden, troligen pga den högre skattade täckningsgraden. Antal provrutor som behövs för en precision där konfidensintervallet inte avviker mer än 20% från medelvärdet är något olika för de båda metoderna. Ungefär hälften antal provrutor med dykmetoden jämfört med videometoden behövs för skattning av täckningsgrad av fintrådiga alger ($n=28,8$ vs $n=65,4$), makroalger ($n=37,9$ vs $n=70,3$) och rödalger ($n=34,8$ vs $n=62,6$)

medan det för täckningsgrad av total vegetation behövs färre antal provrutor med båda metoderna för en önskad precision ($n=14,4$ vs $n=19,3$; Fig. 5b). För grupperna läderartade alger ($n=154,9$ vs $n=170,0$), brunalger ($n=81,6$ vs $n=108,5$) och grönalger ($n=215,3$ vs $n=205,9$) är skillnaderna mellan metoderna inte så stora gällande antal provrutor som behövs för en god precision, men det krävs större stickprovsstorlekar generellt sett för dessa grupper (Fig. 5b).

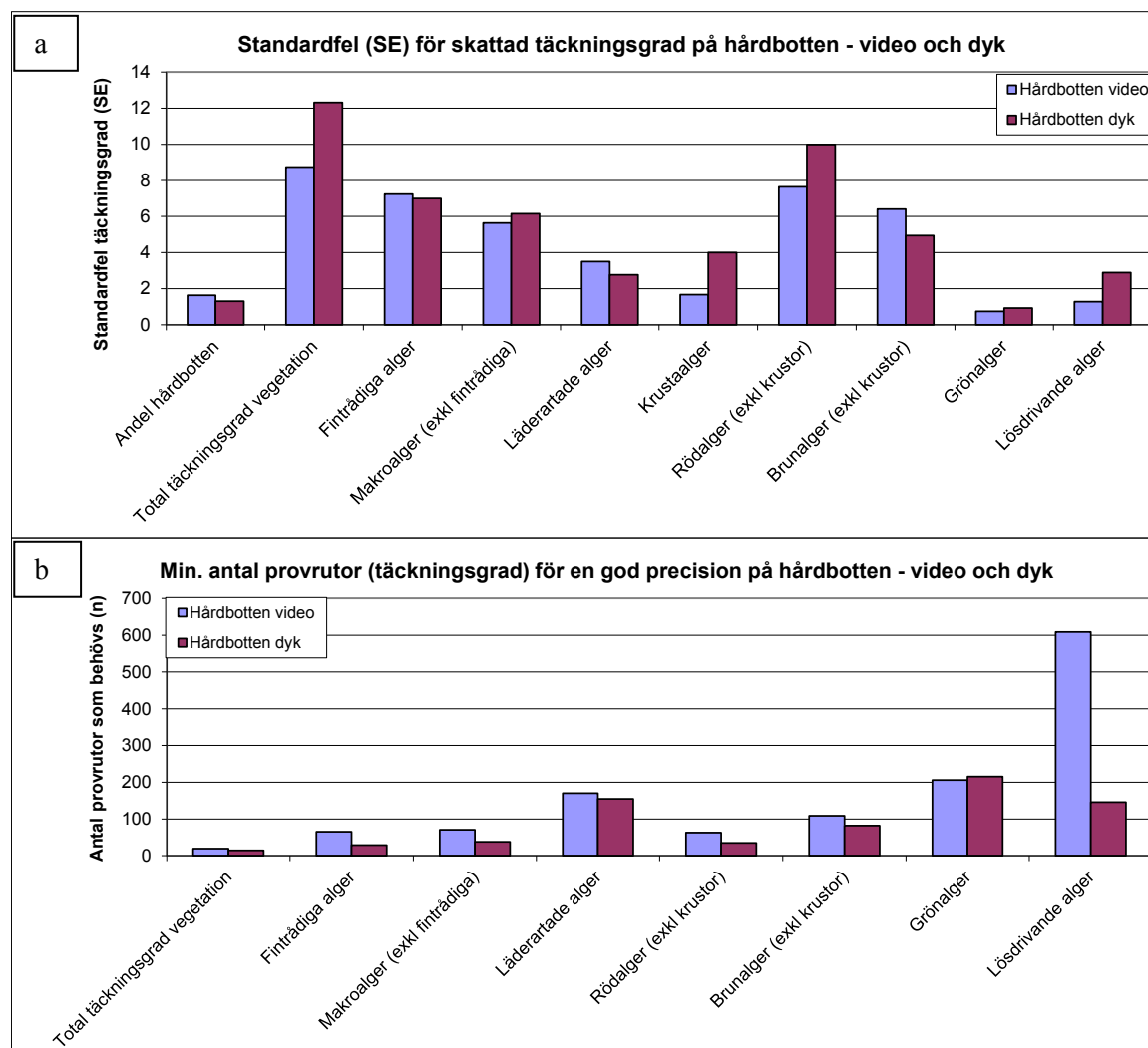


Fig. 5. a) SE av skattad täckningsgrad ($n_{\text{video}}=31$, $n_{\text{dyk}}=48$) och b) antal rutor som krävs för en god precision på hårbotten i hela området med video- respektive dykmetoden. SE för täckningsgraden skiljde inte mycket mellan dyk- och videometoden. Ungefär hälften antal provrutor med dykmetoden jämfört med videometoden behövs för skattning av täckningsgrad av fintrådiga alger, makroalger och rödalger.

4.3. Artdiversitet av vegetation på hårbotten: jämförelse mellan dyk- och videometod

Artdiversiteten, i detta fall estimerat som antal taxa (antal arter, släkten och familjer etc. som kunde bestämmas), var ca 2-6 gånger högre för dykmetoden än videometoden för de flesta alggrupper i de olika delområdena (Fig. 6a och 6b). Som exempel observerades med dykmetoden totalt 11-24 olika taxa av alger i de olika delområdena medan samma spann med videometoden var 2-8 taxa (Fig. 6a och 6b). För brun- och grönalger var skillnaden mindre (1-2 gånger högre artdiversitet med dykmetoden). Trots skillnaden i absolut antal taxa mellan metoderna så upptäcktes en liknande trend med båda metoderna, dvs att antal taxa ökar från Byfjorden ut mot Marstrandsfjorden för alla makroalggrupper (Fig. 6a och 6b). En linjär

regressionsanalys mellan dyk- och videometoden gällande totalt antal taxa av makroalger visar att det finns ett klart positivt samband mellan metodernas skattning på de 31 olika lokalerna, dvs i de olika provrutorna, där båda metoderna användes (Fig. 7).

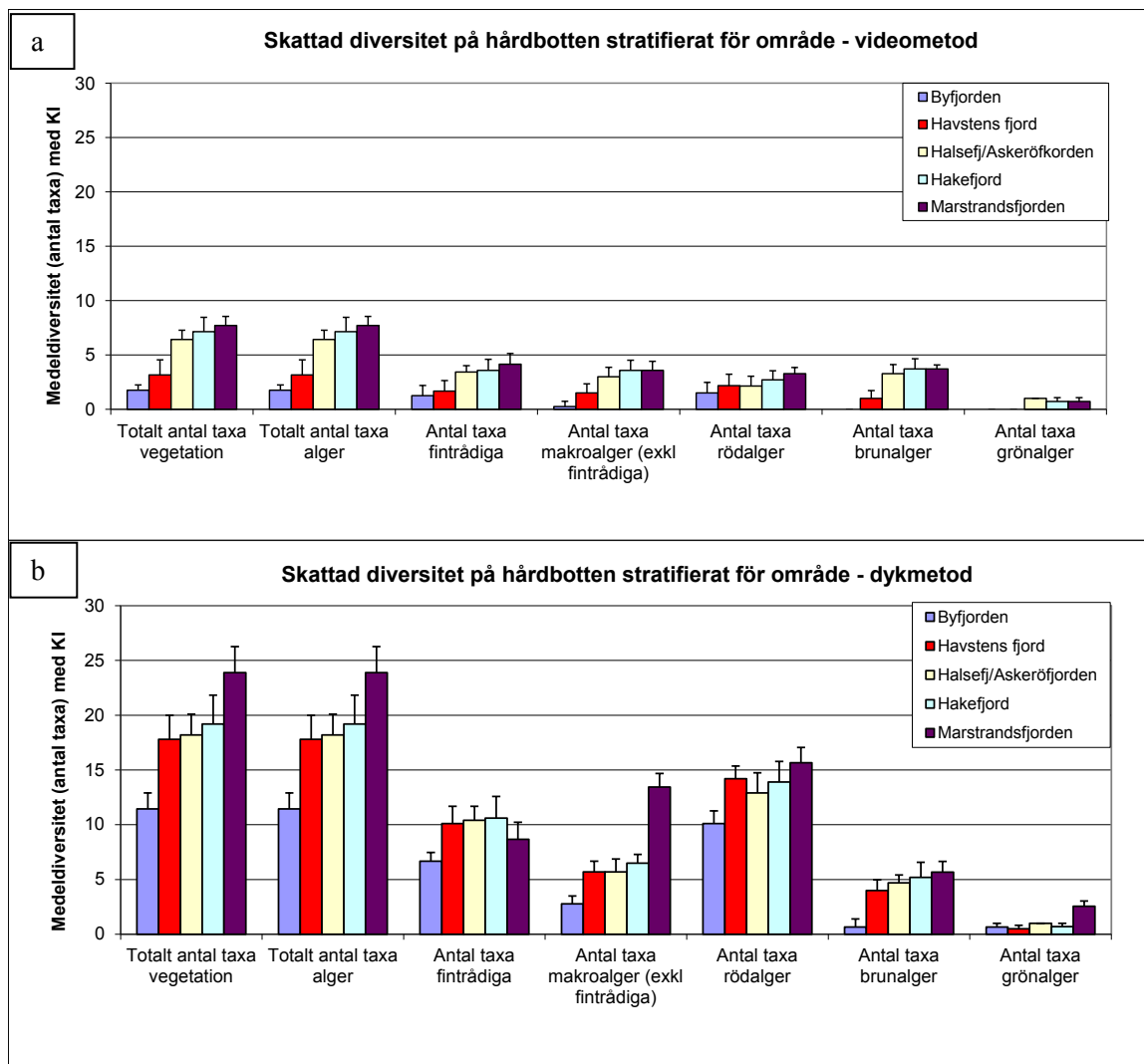


Fig. 6. Medeldiversitet (antal taxa) av olika alggrupper på hårbotten stratifierat för delområde skattad med a) videometoden och b) dykmetoden. Byfjorden: $n_{\text{video}}=4$, $n_{\text{dyk}}=9$; Havstens fjord: $n_{\text{video}}=6$, $n_{\text{dyk}}=10$; Halsefj./Askeröfjorden: $n_{\text{video}}=7$, $n_{\text{dyk}}=10$; Hakefjord: $n_{\text{video}}=7$, $n_{\text{dyk}}=10$; Marstrandsfjorden: $n_{\text{video}}=7$, $n_{\text{dyk}}=9$. 95% konfidensintervall (KI) visas. Trots att dykmetoden upptäckte 2-6 gånger fler taxa för många alggrupper så observerades en liknande trend med båda metoderna, d.v.s. att antal taxa ökar från Byfjorden ut mot Marstrandsfjorden för alla makroalgsgupper.

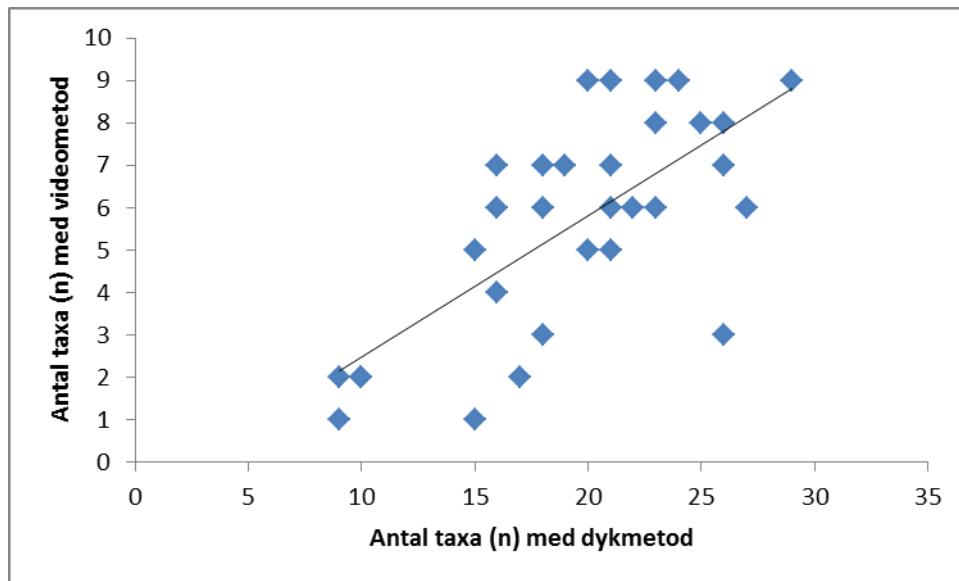


Fig. 7. Linjär regression mellan skattad diversitet (totalt antal algtaxa) med dyk- och videometoderna på hårbotten. 31 lokaler (dvs n=31 provrutor) provtogs med både dyk och video. $r^2=0,489$, $p=0.000012$. Det finns ett klart positivt samband mellan metodernas skattning.

Minimum antal provrutor som behövs för en god precision i skattningen av antal taxa i hela området (ej stratifierat för delområden) är 20-42 med videometoden respektive 5-32 provrutor med dykmetoden för alla alggrupper (förutom för grönalger där det krävs ca 85 respektive 70 provrutor; Fig. 8).

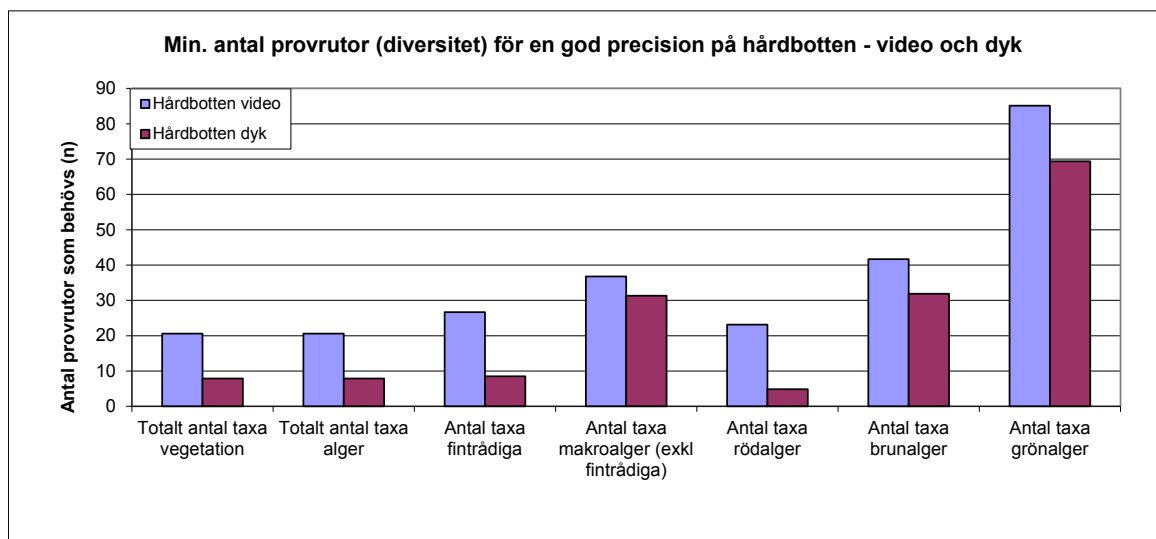


Fig. 8. Minimum antal provrutor som behövs för en önskad precision (KI inom 20% av medelvärdet) av skattning av diversitet (antal taxa) för olika alggrupper på hårbotten i hela Orust/Tjörn-området med video- och dykmetoden. Antal provrutor som behövs är 20-42 med videometoden och 5-32 med dykmetoden för alla alggrupper utom grönalger.

4.4. Medeltäckning av vegetation totalt oavsett bottenotyp: videometod

Skattningen av täckningsgraden av makroalger totalt sett och täckningsgraden av fintrådiga alger visade att det finns en gradient från Byfjorden (minst algtäckning) ut mot Marstrandsfjorden (högst algtäckning; Fig. 9 och 10). Dock bör det noteras att täckningsgraden för alger i Marstrandsfjorden är i viss mån missvisande i jämförelse med övriga delområden eftersom endast hårbottenslokaler undersöktes där, således med betydligt färre provrutor totalt (i övriga områden ingår både hård- och mjukbottenslokaler).

Resultaten visar att videometoden är tillräckligt bra för att upptäcka skillnader i algtäckningsgrad mellan olika områden och i viss mån mellan olika djup. Två 2-faktors ANOVA, med område och djupstratum som fixa faktorer, visade att för total täckningsgrad av alger (som beroendevariabel) så finns det en signifikant interaktion mellan de båda faktorerna (område och djupstratum), och för täckningsgrad av fintrådiga alger så finns det en signifikant skillnad mellan såväl områden som mellan djupstrata (högst täckningsgrad på 3-6m djup).

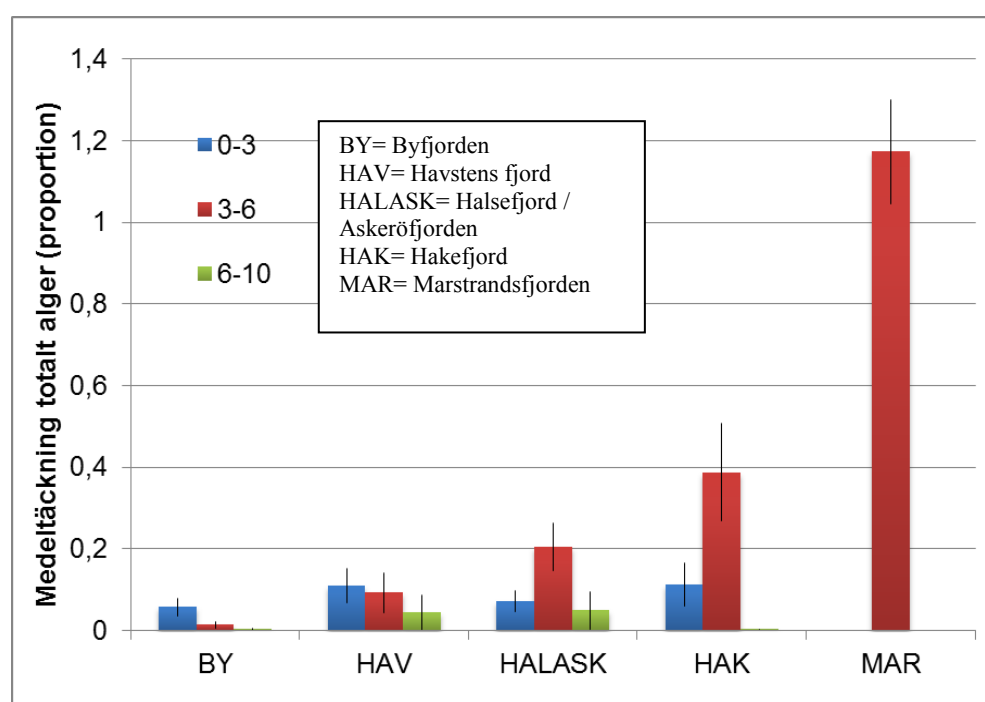


Fig. 9. Medeltäckning (\pm SE) av total algtäckning per djup och område oavsett bottenotyp (hård- och mjukbottenslokaler) totalt för tre olika djupstrata och fem olika delområden skattad med videometod. I Marstrandsfjorden provtogs endast hårbotten (därmed färre provrutor och ett djupintervall). Det finns en gradient från Byfjorden (minst algtäckning) ut mot Marstrandsfjorden (högst algtäckning).

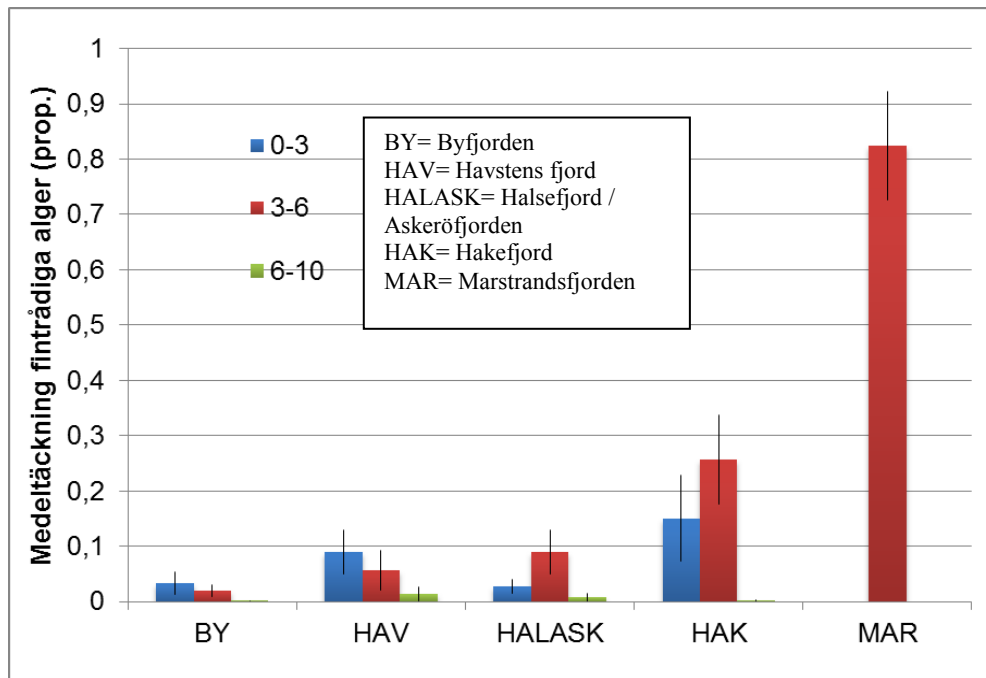


Fig. 10. Medeltäckning (\pm SE) av fintrådiga alger per djup och område oavsett botten typ (hård- och mjukbottenslokaler) totalt för tre olika djupstrata och fem olika delområden skattad med videometod. I Marstrandsfjorden provtogs endast hårbotten (därmed färre provrutor och ett djupintervall). Det finns en gradient från Byfjorden (minst algtäckning) ut mot Marstrandsfjorden (högst algtäckning).

Analyser (2-faktors ANOVA med område och djupstratum som fixa faktorer) av täckningsgraden av röd- och brunalger visade att det för rödalger finns en signifikant interaktion mellan de båda faktorerna (högst täckningsgrad på 3-6m djup i Hakefjord och Marstrandsfjorden) och för brunalger en signifikant skillnad mellan områden och mellan djupstrata (Fig. 11 och 12). Resultaten visar att videometoden kan upptäcka skillnader i täckningsgrad av makroalger åtminstone mellan olika områden.

Ytterligare en 2-faktors ANOVA (område och djupstratum som fixa faktorer) av täckningsgraden av fanerogamer visade att det finns en signifikant interaktion mellan de båda faktorerna (högst täckningsgrad på 0-3m djup och i Havstens fjord).

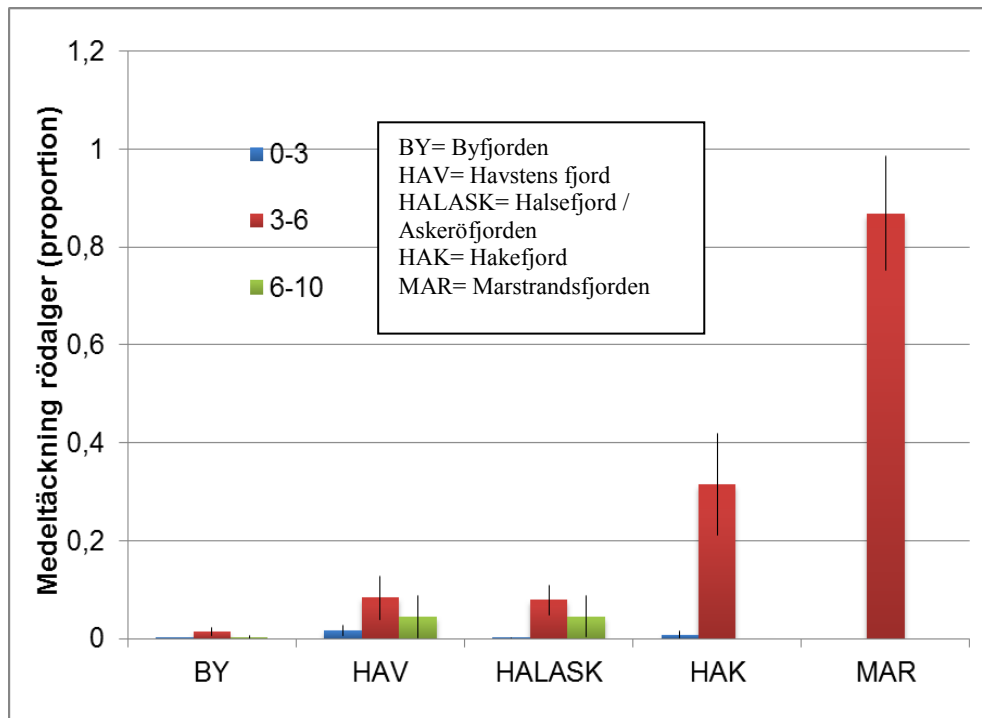


Fig. 11. Medeltäckning (\pm SE) av rödalger för hård- och mjukbottenslokaler totalt för tre olika djupstrata och fem olika delområden skattad med videometod. Endast hårbotten i Marstrandsfjorden. Signifikant högre täckningsgrad på 3-6m djup i Hakefjord och Marstrandsfjorden.

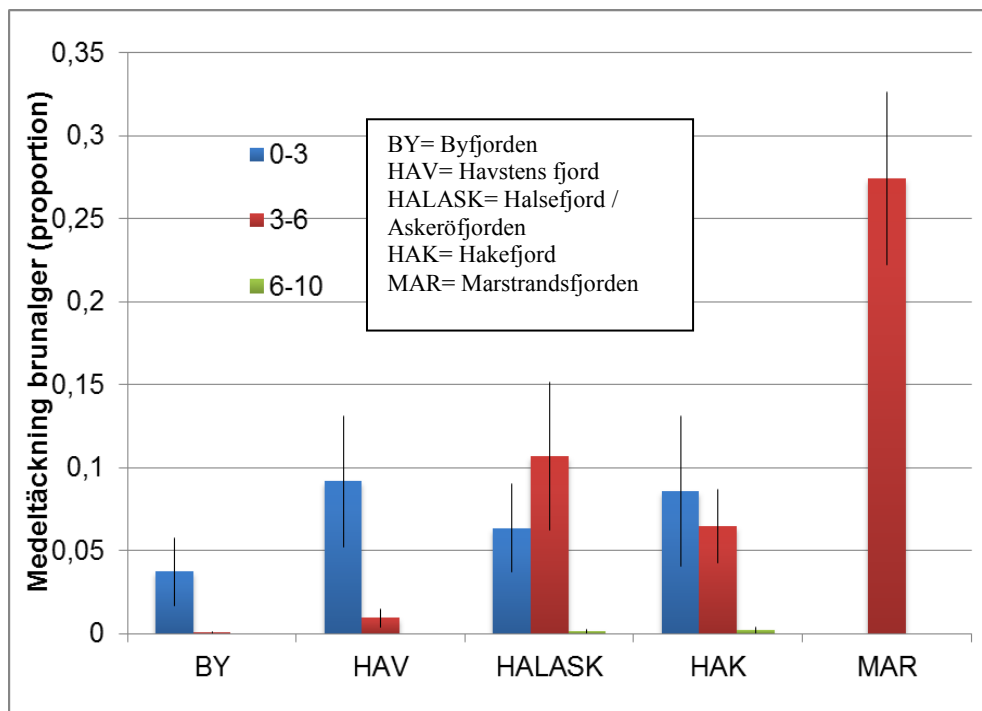


Fig. 12. Medeltäckning (\pm SE) av brunalger för hård- och mjukbottenslokaler totalt för tre olika djupstrata och fem olika delområden skattad med videometod. Endast hårbotten i Marstrandsfjorden. En signifikant skillnad mellan områden och mellan djupstrata.

4.5. Variation & precision av medeltäckning totalt oavsett bottentyp: videometod

Ett sätt att uttrycka precision av skattningar i ett område eller djupstratum som helhet är att beräkna det s.k. standardfelet (standard error of the mean, SE). SE kan tolkas som hur stort fel man i medeltal kan förväntas ha när man skattar ett medelvärde med ett stickprov. SE beror av variationen och antal oberoende mätningar (här rutor) som man gör. Figur 13 visar hur SE för olika vegetationsvariabler minskar med ett ökat antal provrutor. Vidare visar Figur 13 att SE är störst för fanerogamer (t. ex. ålgräs) och total täckning av alger medan den är mindre för grupperna brunalger, läderartade alger (*Fucus* sp, *Laminaria* och *Saccharina* sp) och ”corticated” alger (t. ex. *Chondrus* sp). Alla undersökta vegetationsvariabler har ett medelfel (SE) på mindre än 0,03 d.v.s. 5% täckning med minst 40 mätningar.

Ett annat sätt att utvärdera precision är att undersöka hur många prover som behövs för att uppnå en viss önskad precision. Detta påverkas av variationen och vilka krav man ställer på precisionen. Figur 14 visar att antal provrutor (n) för att uppnå en önskad precision där konfidensintervallet (KI) inte avviker mer än 20% från medelvärdet (för medeltäckningen av all vegetation totalt sett) minskar med en ökad medeltäckningsgrad. Som exempel behövs ca 13 provrutor för att uppnå denna önskade precision vid 50% täckningsgrad, medan det vid 20%, 10% eller 5% täckningsgrad behövs betydligt fler, ca 80, 300 respektive 1400 provrutor (Fig. 14). Dessa resultat och modelleringar baseras på följande ekvation (se Snedecor & Cochran 1989, Svensson et al. 2011, Sundblad et al. 2013) för att beräkna minimum antal prover som behövs för en specifik precision med ett tvåsidigt konfidensintervall:

$$n_{\text{prec}} \geq 2^2 \times s^2 \div L^2 \quad (\text{eq. 1})$$

där s^2 är den estimerade variansen och L är den tillåtna avvikelsen från medelvärdet ($L=0.2 \times$ det estimerade medelvärdet). Även om denna ekvation är approximativ för små stickprovsstorlekar ($n \leq 30$) så är det relativt säkert att anta en normalfördelning som en approximering av säkerheten vid stickprovsstorlekar $n > 5$ (Lindgarth et al. 2013). En stor variation medför en låg precision och en sämre möjlighet att upptäcka skillnader mellan områden eller undersökningstillfällen.

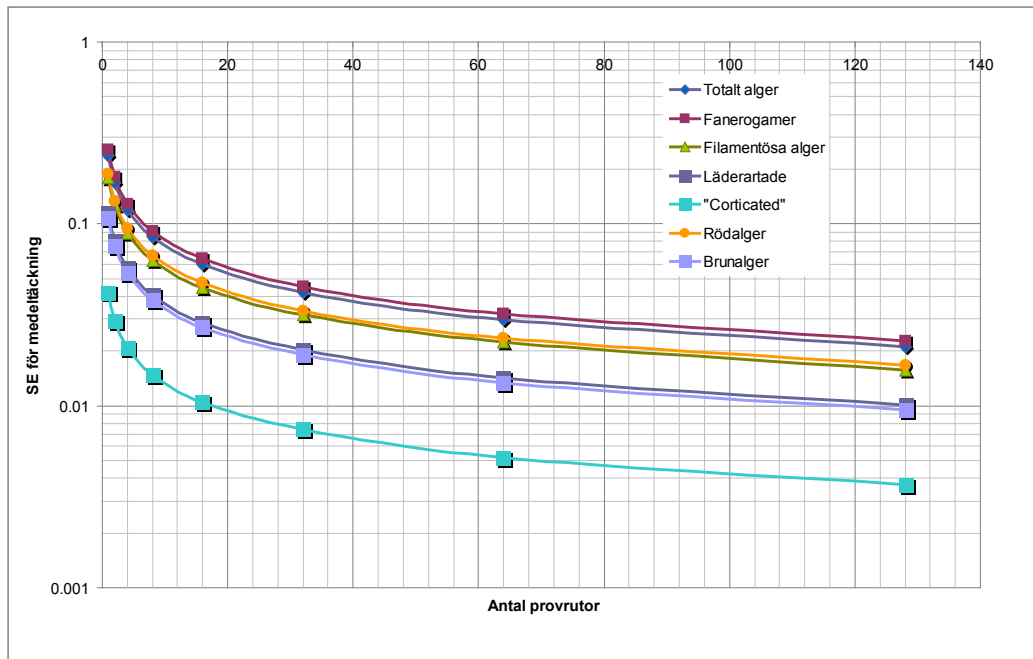


Fig. 13. Sambandet mellan antal provrutor och standardfelet (standard error of the mean, SE) för medeltäckningen av olika vegetationsgrupper (skattad med videometod) oavsett bottenotyp. Läderartade alger=*Fucus*, *Laminaria*, *Saccharina*; "Corticated"=t.ex. *Chondrus* sp. SE av medeltäckningen minskar med ett ökat antal provrutor.

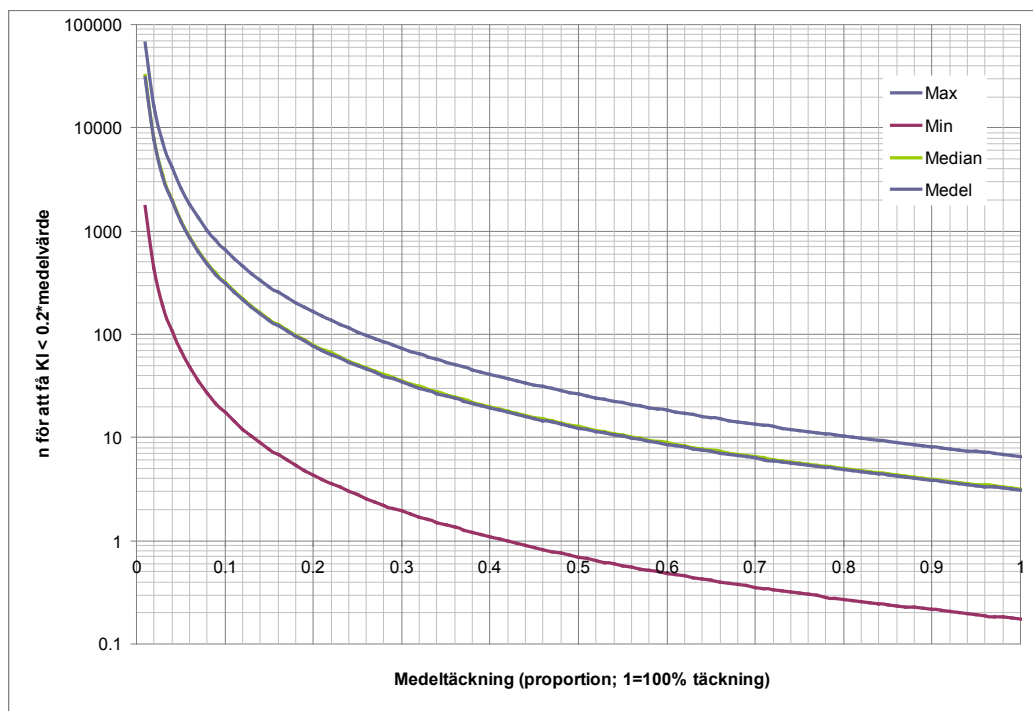


Fig. 14. Sambandet mellan medeltäckningen (skattad med videometod) totalt sett oavsett bottenotyp och antal provrutor (n) för att uppnå en önskad precision (KI inom 20% av medelvärdet). Antal provrutor för att uppnå en god precision minskar med en ökad medeltäckningsgrad. Max=maxvariansen, Min=minvariansen. Median- och medelvärdena var i princip samma.

4.6. Medeltäckningsgrad av vegetation på mjukbotten: videometod

Analyserna av skattningen av täckningsgrad av vegetation på mjukbotten visade att Havstens fjord hade högst täckningsgrad av total vegetation, ålgräs och sjögräs (Fig. 15a) samt att medeltäckningsgraden av ålgräs var högre på 0-3m än 3-6m djup i alla delområden och allra högst i Havstens fjord (medeltäckningsgrad 50-60% i båda djupintervallen; Fig. 15b). Ålgräs observerades inte djupare än 6m, och Marstrandsfjorden provtogs ej. Det fanns inget samband alls mellan täckningsgrad av fintrådiga alger (eller påväxt) och ålgräs (r^2 var väldigt nära 0).

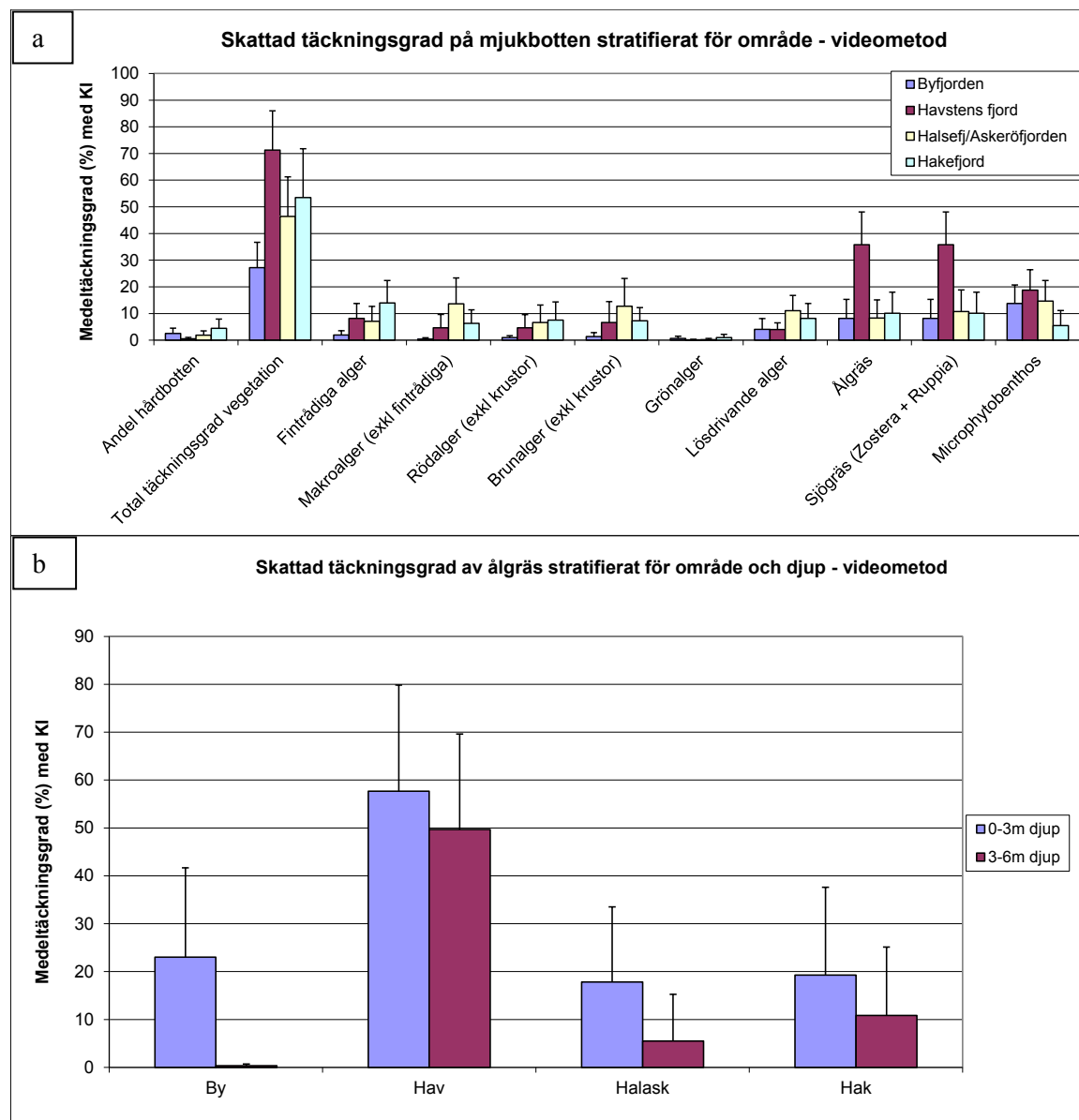


Fig. 15. Medeltäckningsgrad av a) olika vegetationsgrupper på mjukbotten stratifierat för delområde och b) ålgräs stratifierat för delområde och djup. Byfjorden: n=43; Havstens fjord: n=45; Halsefj./Askeröfjorden: n=45; Hakefjord: n=42. 95% konfidensintervall (KI) visas. Havstens fjord hade högst täckningsgrad av total vegetation, ålgräs och sjögräs samt ålgrästäckningsgraden var högre på 0-3m än 3-6m djup i alla delområden.

4.7. Antal provrutor som behövs för en god precision av skattning av medeltäckningsgrad på mjukbotten: videometod

Antal provrutor som behövs på mjukbotten för en god precision (där konfidensintervallet inte avviker mer än 20% från medelvärdet) överstiger 100 för total vegetation för alla delområden förutom Havstens fjord där antal provrutor som krävs är 50 (Fig. 16). För fintrådiga alger, ålgräs (samt sjögräs: *Zostera*+*Ruppia*) krävs 400 provrutor eller mer i alla områden förutom för ålgräs (och sjögräs) i Havstens fjord där det behövs 138 provrutor (Fig. 16). Samma analys av täckningsgraden av ålgräs på olika djupintervall visar att det krävs betydligt färre provrutor på 0-3m (260-330) än 3-6m djup i alla delområden förutom Havstens fjord där det krävs ca 60 provrutor i båda djupintervallen för att uppnå en god precision (Fig. 17).

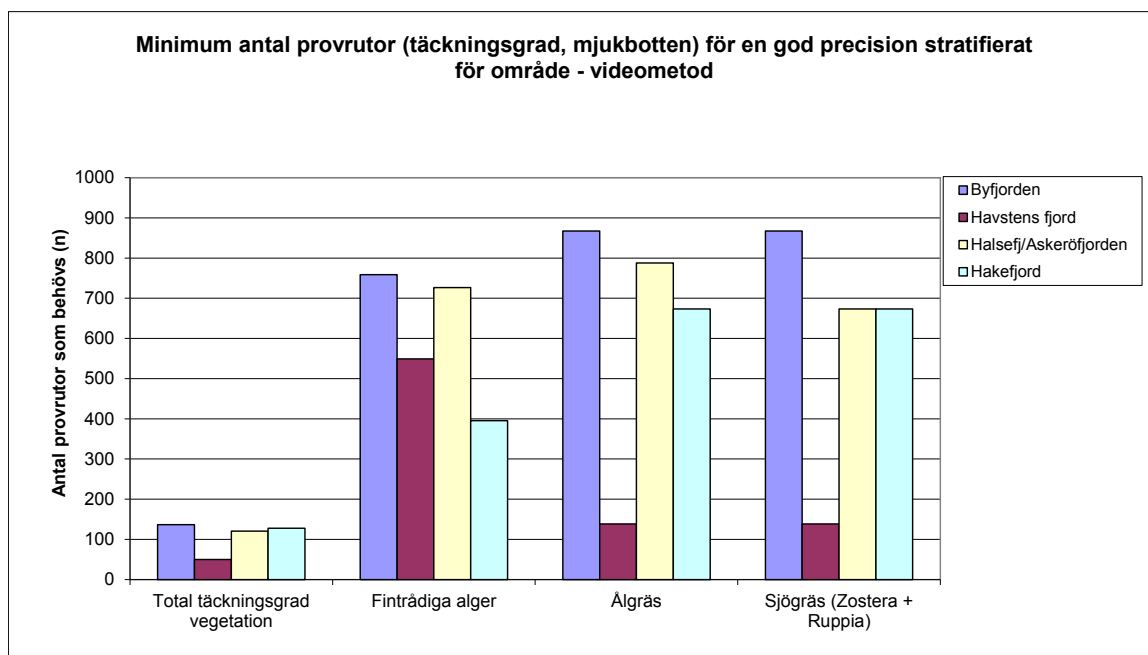


Fig. 16. Minimum antal provrutor som behövs för en önskad precision (KI inom 20% av medelvärdet) av skattning av täckningsgrad för olika vegetationsgrupper på mjukbotten stratifierat för delområde. För fintrådiga alger, ålgräs (samt sjögräs: *Zostera*+*Ruppia*) krävs 400 provrutor eller mer i alla områden förutom för ålgräs (och sjögräs) i Havstens fjord där det behövs 138 provrutor.

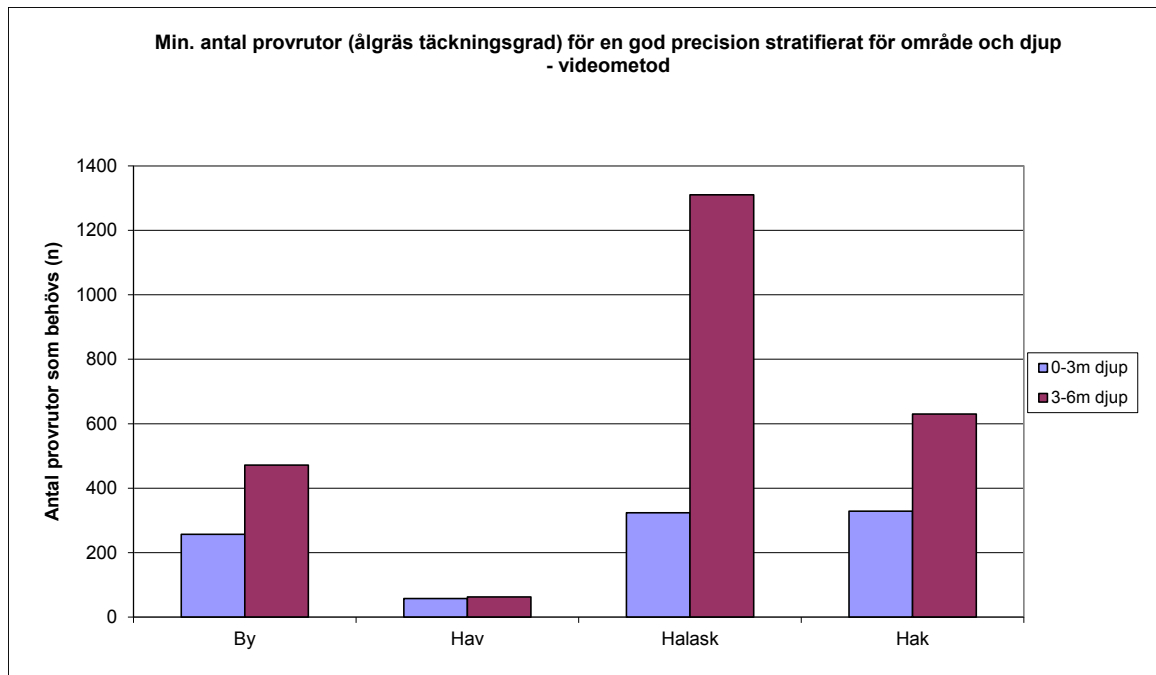


Fig. 17. Minimum antal provrutor som behövs för en önskad precision (KI inom 20% av medelvärdet) av skattning av ålgrestäckningsgrad på mjukbotten stratifierat för delområde och djup. By=Byfjorden, Hav=Havstens fjord, Halask=Halsefjord/Askeröfjorden, Hak=Hakefjord. Det krävs betydligt färre provrutor på 0-3m än 3-6m djup i alla delområden förutom Havstens fjord där det krävs ca 60 provrutor i båda djupintervallen för att uppnå en god precision.

4.8. Kostnader för det antal provrutor som behövs för en god precision: jämförelse mellan dyk- och videometod

Kostnaden för delstudie 1's kombinerade dyk- och videometod uppskattades innan provtagning till 6 890 SEK/provruta (inkl. datainmatning i Excel och efterarbete enligt metodbeskrivning) medan kostnaden för delstudie 2's videometod uppskattades till 1 055 SEK/ruta (inkl. datainmatning i Excel och efterarbete enligt metodbeskrivning). Kostnaden för enbart dykprovtagning skulle då bli 5 835 SEK/ruta. Men senare provtagningar av samma utförare för ett annat projekt visade sig kosta 6 200 SEK/ruta med dykmetoden och 1 400 SEK/ruta med videometoden (analys i fält), och nedanstående kalkyler är baserade på denna senaste kostnadsberäkning.

Kostnaderna för provtagning med det antal provrutor som behövs för att uppnå en precision där konfidensintervallet är inom 20% av medelvärdet beräknades för skattning av täckningsgrad till mellan ca 2-4,5 gånger högre för dykmetoden än videometoden på hårbotten för de olika alggrupperna (Tabell 2). För totala täckningsgraden av alger så beräknades kostnaden till ca 3,3 gånger mer för dykmetoden jämfört med videometoden.

För diversiteten (antal taxa) av alger på hårbotten var den beräknade kostnaden för att uppnå en önskad precision mellan ca 1-3,5 gånger högre för dykmetoden än videometoden för de olika alggrupperna i hela Orust/Tjörnområdet (Tabell 3).

Tabell 2. Min. antal provrutor som behövs för en önskad precision (för täckningsgrad) och totala kostnader för denna provtagning av olika alggrupper på hårbotten med dyk- resp. videometoden i hela Orust/Tjörnområdet. Kostnaden var ca 2-4,5 gånger högre för dykmetoden än videometoden för de olika alggrupperna.

Täckningsgrad	Dykmetod hårbotten	Hela området		Videometod hårbotten	Hela området	
<i>Alggrupper</i>	<i>Beräknad kostnad /ruta (SEK)</i>	<i>Min. antal rutor (n)</i>	<i>Total kostnad för n (SEK)</i>	<i>Beräknad kostnad /ruta (SEK)</i>	<i>Min. antal rutor (n)</i>	<i>Total kostnad för n (SEK)</i>
Totalt alger	6200	14,4	89 280	1400	19,3	27 020
Makroalg. (exkl fintrådiga)	6200	37,9	234 980	1400	70,3	98 420
Fintrådiga	6200	28,8	178 560	1400	65,4	91 560
Läderartade alger	6200	154,9	960 380	1400	170,0	238 000
Rödalger	6200	34,8	215 760	1400	62,6	87 640
Brunalger	6200	81,6	505 920	1400	108,5	151 900
Grönalger	6200	215,3	1 334 860	1400	205,9	288 260

Tabell 3. Min. antal provrutor som behövs för en önskad precision (för antal taxa) och totala kostnader för denna provtagning av olika alggrupper på hårbotten med dyk- resp. videometoden i hela Orust/Tjörnområdet. Kostnaden var ca 1-3,5 gånger högre för dykmetoden än videometoden för de olika alggrupperna.

Diversitet	Dykmetod hårbotten	Hela området		Videometod hårbotten	Hela området	
<i>Alggrupper</i>	<i>Beräknad kostnad /ruta (SEK)</i>	<i>Min. antal rutor (n)</i>	<i>Total kostnad för n (SEK)</i>	<i>Beräknad kostnad /ruta (SEK)</i>	<i>Min. antal rutor (n)</i>	<i>Total kostnad för n (SEK)</i>
Totalt alger	6200	7,9	48 980	1400	20,6	28 840
Makroalger	6200	31,3	194 060	1400	36,8	51 520
Fintrådiga	6200	8,5	52 700	1400	26,7	37 380
Rödalger	6200	4,9	30 380	1400	23,1	32 340
Brunalger	6200	31,9	197 780	1400	41,7	58 380
Grönalger	6200	69,4	430 280	1400	85,1	119 140

För täckningsgraden av ålgräs på mjukbotten skattad med hjälp av videometoden var den beräknade totala kostnaden för att uppnå en önskad precision väldigt varierande mellan delområden och djup (Tabell 4). Där medeltäckningsgraden är 0-10% blir denna kostnad ca 500 000 SEK – 1,8 miljoner SEK, medan vid en medeltäckningsgrad på 50-60% blir totalkostnaden ca 80 000 – 90 000 SEK (Tabell 4).

Tabell 4. Medelvärden, SE, min. antal provrutor som behövs för en önskad precision (för täckningsgrad) och totala kostnader för en sådan provtagning av ålgräs på mjukbotten med videometoden i de olika delområdena och djupintervallen. By=Byfjorden, Hav=Havstens fjord, Halask=Halsefjord/Askeröfjorden, Hak=Hakefjord. Med en medeltäckningsgrad på 0-10% blir kostnaden ca 500 000 SEK – 1,8 miljoner SEK, medan vid en medeltäckningsgrad på 50-60% blir kostnaden ca 80 000 – 90 000 SEK.

Videometod mjukbotten; ålgräs					
<i>Område och djup (m)</i>	<i>Medeltäckning (%)</i>	<i>SE (n)</i>	<i>Beräknad kostnad /ruta (SEK)</i>	<i>Min. antal rutor (n)</i>	<i>Total kostnad för n (SEK)</i>
By 0-3	23,0	9,52 (15)	1400	257,1	359 940
By 3-6	0,33	0,19 (15)	1400	471,4	659 960
Hav 0-3	57,67	11,3 (15)	1400	57,7	80 780
Hav 3-6	49,67	10,17 (15)	1400	62,9	88 060
Halask 0-3	17,81	8,01 (16)	1400	323,5	452 900
Halask 3-6	5,5	4,98 (16)	1400	1310,0	1 834 000
Hak 0-3	19,29	9,34 (14)	1400	328,7	460 180
Hak 3-6	10,86	7,28 (14)	1400	630,0	882 000

4.9. Samband mellan videoanalys i fält och laboratorium

I maj 2013 gjordes bildanalyser i laboratoriet på de videofilmer som analyserades i fält 2012. På hårbotten handlade det om filmer av 31 provrutor. Förhållandet mellan skattad täckningsgrad med fältanalys och labanalys analyserades med regressionsanalyser för de olika alggrupperna. Filmer av 7 provrutor var antingen skadade eller hade extremt dålig sikt/skärpa vilket gjorde att de inte kunde analyseras ordentligt i laboratoriet. Därför gjordes regressionsanalyserna endast på 24 provrutor. Resultaten visar att det finns ett signifikant positivt linjärt samband mellan fältanalyser och labanalyser för samtliga makroalggrupper med $r^2=0,59-0,77$ och $p<0,00001$ för samtliga olika alggrupper (Fig. 18). Detta betyder att jämförelser mellan skattningen av täckningsgrad med labanalyser av videofilmerna och med dykmetoden skulle ge ungefär samma resultat som jämförelserna av fältvideoanalysens och dykmetodens skattning som gjordes i denna rapport. Dessutom var de beräknade kostnaderna per ruta ganska likvärdiga för videometodens fältanalys (1400 kronor) och labanalys (1500 kronor).

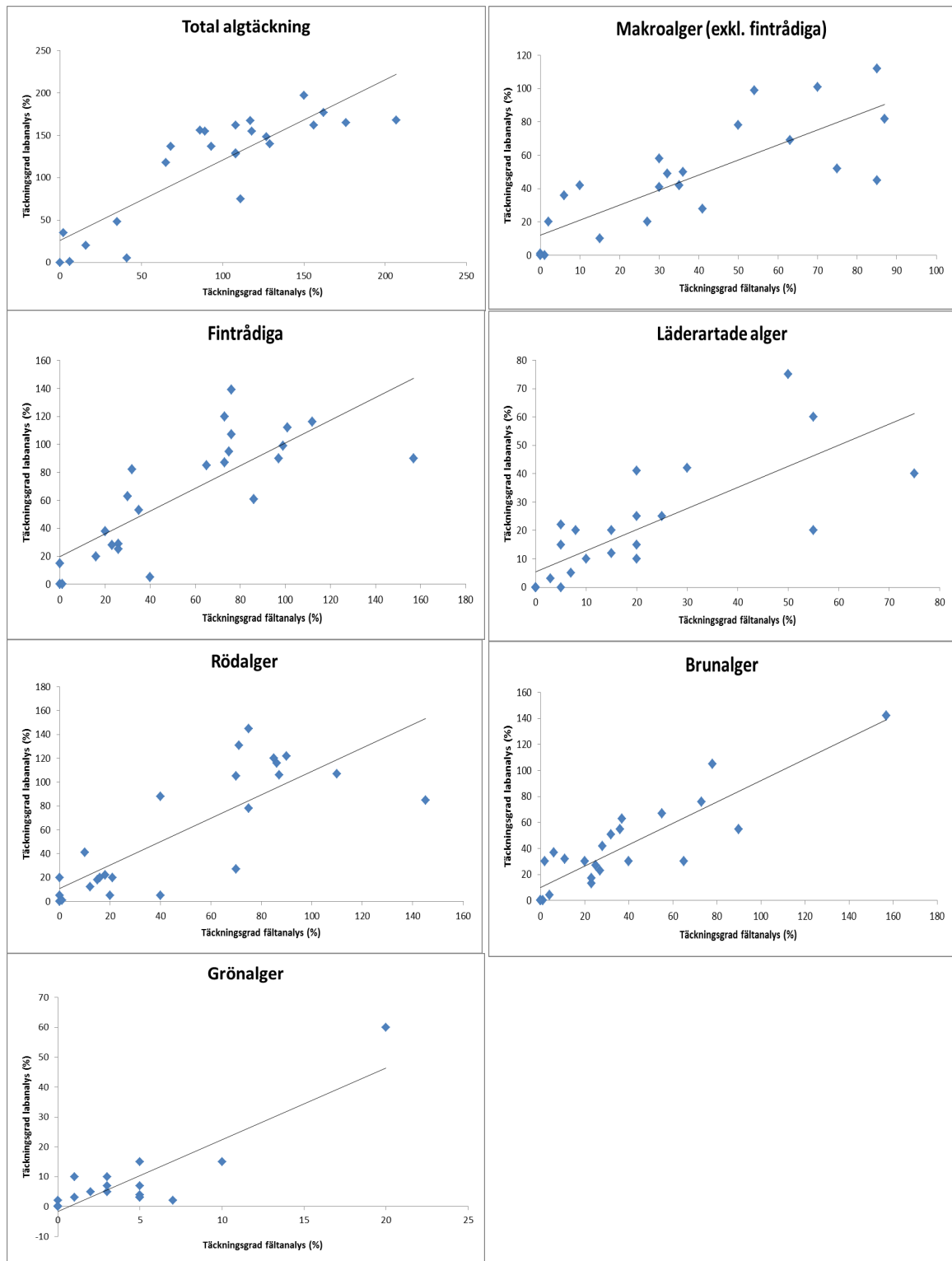


Fig. 18. Regressionsanalyser mellan skattad täckningsgrad av olika alggrupper med fältanalys och labanalys av filmerna erhållna med videometoden ($r^2=0,59-0,77$ och $p<0.00001$).

5. Diskussion

5.1. Jämförelse av skattning av medeltäckning och medeldiversitet mellan dyk- och videometod

Resultaten visar att videometoden kunde upptäcka samma eller liknande relativa mönster som dykmetoden gällande täckningsgrad av olika alggrupper på hårbotten, dvs rumsliga skillnader mellan olika delområden och mellan olika djupstrata (Fig. 4). Skattningen av täckningsgrad för fyra av grupperna var mycket högre med dykmetoden än med videometoden för hela området (Fig. 2). Täckningsgraden av den habitatbildande gruppen läderartade alger har dock skattats till ungefär samma med båda metoderna. Samma relativa skillnader i diversitet (antal taxa) mellan delområden upptäcktes med båda metoderna (Fig. 6), även om dykmetoden upptäckte ca 3-5 gånger fler arter (eller andra taxa) än videometoden. Detta innebär att det med båda metoderna generellt upptäcktes en gradient med ökad medeltäckningsgrad och artdiversitet från Byfjorden ut mot Marstrandsfjorden, vilket troligen beror på både närsalts- och vågexponeringsgradienten med högre belastning av t. ex. kväve och fosfor ju närmare Byfjorden man kommer och ökad exponeringsgrad längre ut mot Marstrandsfjorden. Dessutom visar resultaten ett klart positivt linjärt samband mellan dyk- och videometoderna vad gäller skattningen av täckningsgrad av fintrådiga alger och makroalger (exkl. fintrådiga alger) samt för skattningen av totalt antal algtaxa (Fig. 3 & 7).

I fält observerades praktiska problem med videometoden på hårbotten. Väder, vind och vågor etc. kan göra det svårt att hålla båten stilla och att hålla videokameran inom provrutin, och dålig sikt kan innebära problem för filmningen (Andersson 2013). Dessutom täckte fintrådiga alger ofta övrig vegetation och bildade ett övre skikt så att det på filmen var svårt att observera underliggande skikt av eventuellt habitatbildande alger medan man med dykmetoden kan undersöka underliggande skikt (Andersson 2013; i maj 2013 gjordes ytterligare provtagning för att utvärdera om det var mindre täckning av fintrådiga alger vid denna årstid men dessa data har inte ännu erhållits). Även sedimentpålagring i de inre mer skyddade områdena kan vara ett problem. Det var också stora skillnader mellan dyk- och videometoden i antal taxa och till vilken taxonomisk nivå som det gick att bestämma algerna (Andersson 2013). Även om dessa problem är mycket viktiga och är en negativ aspekt av videometoden, delvis beroende av att ingen entydig standardiserad metodbeskrivning ännu tagits fram för fältarbete och tolkning av filmerna, så såg man alltså ändå när man kvantifierar detta insamlade datamaterial att videometoden upptäckte samma trender relativt sett som dykmetoden. Är man intresserad av absoluta mått på skillnader, absoluta artantal och förekomsten av främmande arter är dykmetoden dock att föredra. Men om man inom ett miljöövervakningsprogram är intresserad av relativa skillnader i framför allt täckningsgrad (speciellt av större alggrupper och habitatbildande arter) mellan olika vattenförekomster (eller andra områden) och mellan olika år så borde videometoden fungera bra. Således är den metod som väljs helt beroende av syftet med övervakningsprogrammet.

I en liknande studie som utfördes 2012 i nationalparkerna Koster (Sverige) och Hvaler (Norge) i norra Skagerrak jämfördes olika videometoder och dykprovtagning inom Interregprojektet Hav möter Land (Sundblad et al. 2013). Den studien hade inte samma problem med att fintrådiga alger ofta täckte habitatbildande alger i ett övre skikt (då förhållandena i denna kustvattentyp skiljer sig från de i Orust/Tjörnområdets delområden). Deras slutsats var att videometoder fungerar lika bra som dykprovtagning för skattning av täckningsgrad av olika makroalggrupper och dominerande habitatbildande algarter på hårbotten (Sundblad et al. 2013). Medeltäckningsgraden av fintrådiga alger skattad med videometod var i Koster/Hvalerområdet ca 5% på hårbotten (Sundblad et al. 2013) och i Orust/Tjörnområdet ca 50% (Fig. 2), medan medeltäckningsgraden av makroalger (exkl.

fintrådiga alger) var i princip densamma i dessa båda studier (ca 40%). I vissa områden där det finns en högre närsaltsbelastning finns även en högre täckningsgrad av fintrådiga alger som försvårar skattningen av täckningsgrad av habitatbildande algar på videofilmat material medan det i andra områden längs västkusten med en lägre närsaltsbelastning, t. ex. i Kosterområdet, inte finns dessa problem.

Dykmetoden upptäckte 3-5 gånger fler arter (eller andra taxa) än videometoden i denna pilotstudie (Fig. 7) och ca 3 gånger fler arter/taxa i Koster/Hvalerområdet (Sundblad et al. 2013), men i båda studierna så såg man att videometoden kunde upptäcka samma trender som dykmetoden och urskilja låg- och högdiversitetslokaler (ett positivt samband mellan dyk- och videometoderna i antal funna taxa). Samma resultat observerades också inom projektet ”Visuella metoder” som jämförde dyk- och videometoder för skattning av makrovegetation i 5 områden runt hela Sveriges kust med Orust/Tjörnområdet som ett av områdena (Gullström et al. 2013). I dessa studier ökade dock skillnaden i skattningen av artdiversitet mellan dyk- och videometoderna med ett ökat antal arter i ett område pga att man med dykning kan identifiera arter i olika skikt och arter/individer som är små samt att man kan undersöka funna individer noggrannare. Detta innebär att för en god skattning av artdiversiteten och förekomsten av typiska arter inom ett övervakningsprogram så är dykmetoden att föredra. Men som har konstaterats ovan så är detta avhängigt av övervakningsprogrammets syfte.

Videometoder är lämpliga att använda för att skatta utbredningen av habitat, biotoper, grupper av arter eller enskilda karakteristiska arter som kan identifieras och som speglar olika taxonomiska och/eller funktionella grupper snarare än för att beskriva utbredningen av specifika eller typiska arter (Sundblad et al. 2013). Ett fokus på funktionella grupper som t. ex. fintrådiga och läderartade alger är också i enlighet med en del av de indikatorer som skall testas inom ramen för WATERS gradientstudie, där också förhållandet mellan känsliga och toleranta arter för övergödning och artsammansättning skall testas (Blomqvist et al. 2012). Det primära syftet med det planerade övervakningsprogrammet för vegetationsklädda bottnar på västkusten är att främst beskriva statusen och långsiktiga trender inom och mellan vattentyper. Ett fokus är därför att analysera relativa rumsliga och tidsmässiga skillnader/förändringar i täckningsgrad av dessa grupper och arter, vilket videometoden bör vara tillräckligt bra för att klara av enligt resultaten i denna studie. Videometoden kan alltså användas för skattning av täckningsgrad i kombination med dykmetoden för skattning av diversitet (antal arter och andra taxa) på hårbotten.

5.2. Standard error, stickprovsstorlek för att uppnå god precision och totala kostnader: jämförelse mellan dyk- och videometoder

Generellt så minskade standard error (SE) hos medeltäckningen för olika vegetationsvariabler (skattad med videometoden och ej stratifierat för substrat) med ett ökat antal provrutor (Fig. 13), där SE var störst för fanerogamer (t. ex. ålgräs) och total täckning av alger medan den var mindre för grupperna brunalger och läderartade alger (som ofta är habitatbildande). Antal provrutor för att uppnå en önskad precision, där konfidensintervallet (KI) inte avviker mer än 20% från medelvärdet, minskade med en ökad medeltäckningsgrad, t. ex. från ca 1400 provrutor vid 5% täckningsgrad till ca 13 provrutor vid 50% täckningsgrad (Fig. 14). Denna typ av samband har observerats tidigare och är oberoende av provtagningsmetod (Svensson et al. 2011). Även i Koster/Hvalerområdet upptäcktes detta samband (Sundblad et al. 2013). En mer specifik jämförelse visar att SE hos täckningsgraden av olika vegetationsgrupper på hårbotten var ungefär densamma för dyk- och videometoderna (Fig. 5a). Ungefär hälften antal provrutor med dykmetoden (n=30-40) jämfört med videometoden (n=60-70) behövs för en god precision vid skattning av täckningsgrad av fintrådiga alger, makroalger och rödalger på hårbotten (3-6m djup) i hela Orust/Tjörnområdet medan det för andra grupper är mer

likartat mellan metoderna (Fig. 5b). För skattning av diversitet behövs ca 1,5-4 gånger färre provrutor med dykmetoden (ca n=5-30) än med videometoden (ca n=20-40; Fig. 8).

I en studie runt Sveriges kust (jämförelse mellan olika metoder) så var precisionen i skattningen av täckningsgrad likvärdigt mellan dykning och videometoder, även i Orust/Tjörnområdet (Gullström et al. 2013). Osäkerheten och även personberoendet (av den som utför analysen) vid skattning av täckningsgrad i Koster/Hvalerområdet var lägre för en guidad bildanalysmetod i laboratoriet med 10 stopp inom en filmad yta (10 lika långa delar) och med 10 slumpade punkter inom varje del jämfört med en analys av en hel filmad ruta eller sekvens (Sundblad et al. 2013). Den guidade bildanalysmetoden var en modifierad version av en metod som användes för att övervaka täckningsgrad och diversitet av koraller i Australien (Hill & Wilkinson 2004). Sundblad et al. (2013) föreslår att använda denna guidade bildanalysmetod för kvantitativ skattning av täckningsgrad samt en analys av hela filmen för en kvalitativ skattning av diversitet (förekomst eller ej av olika arter). Antal prov som behövs för en precision där KI inte avviker mer än 20% från medelvärdet på hårbotten (0-15m djup) i Koster/Hvalerområdet var ca 3, 28, 18, 60 och 270 prov för total algäckning, makroalger (exkl. fintrådiga alger), rödalger, kelp (*Laminaria* sp. och *Saccharina* sp.) respektive fintrådiga alger (Sundblad et al. 2013).

Kostnaderna för skattning av algäckningsgrad på hårbotten (3-6m djup) i hela Orust/Tjörnområdet var ca 2-4,5 gånger högre för dykmetoden än videometoden för det antal provrutor som behövs för att uppnå en god precision (t. ex. 234 980 SEK mot 98 420 SEK för makroalger exkl. fintrådiga; Tabell 2). För skattning av diversiteten av alger på hårbotten (3-6m djup) i hela området var dykmetoden ca 1-3,5 gånger dyrare än videometoden för att uppnå en önskad precision för de olika alggrupperna (t. ex. 194 060 SEK mot 51 520 SEK för makroalger exkl. fintrådiga; Tabell 3). Denna betydligt högre totala kostnad för dykmetoden än videometoden beror bl a på att den totala tidsåtgången för provtagning på västkusten är ungefär dubbelt så hög för dykmetoden än för olika videometoder (Gullström et al. 2013), att personalkostnaderna är högre för dykmetoden och att antal provrutor som behövs för en god precision inte är så mycket mindre för dykmetoden än videometoden så att det kompenserar för den mycket högre kostnaden per provruta (ca 4,5 gånger högre per ruta).

Generellt är tidsåtgången för alla metoder mer än dubbelt så hög på västkusten än på östkusten vilket kan förklaras av en högre diversitet och komplexitet på västkusten (Gullström et al. 2013). På grund av den lägre kostnaden för videometoden för att uppnå samma önskade precision är den mer lämplig att använda för skattning av täckningsgrad om man inom ett övervakningsprogram vill täcka ett större geografiskt område. Alla precisionsberäkningar och kostnadsberäkningar är utförda baserat på att det är ett undersökningstillfälle per år.

5.3. Skattning av medeltäckning, precision och kostnader med videometod på mjukbotten

Denna studie fann en högre medeltäckningsgrad av ålgräs på 0-3m än 3-6m djup på mjukbotten i alla delområden (Fig. 15b) och ingen förekomst av ålgräs djupare än 6m, samt att det krävs betydligt färre antal provrutor för en god precision för skattning av ålgrästäckning på 0-3m djup (Fig. 17). Dessa resultat beror troligen på eutrofieringen och att grumligt vatten gör att ljuset har svårare att nå så djupt. Att Havstens fjord skiljde sig från de övriga områdena och hade mycket högre medeltäckningsgrad av ålgräs på både 0-3m och 3-6m djup (50-60% jämfört med ca 0-20% i övriga områden; Fig. 15b) är svårare att förklara. För skattning av ålgrästäckning (samt sjögräs: *Zostera+Ruppia*) krävs >600 provrutor för att uppnå en god precision i alla delområden beroende på den mycket stora variationen inom och mellan områden och djup (många provrutor hade 0% ålgräs), förutom i Havstens fjord där det behövs 138 provrutor totalt (Fig. 16) och ca 60 provrutor i båda djupintervallen (Fig. 17).

Således behövs det vid ca 5% medeltäckning ca 1300 provrutor, vid 20% medeltäckning drygt 300 provrutor och vid 50% medeltäckning ca 60 provrutor. Detta stämmer ganska bra överens med den mer generella modelleringen av det insamlade datamaterialet (Fig. 14), åtminstone vid 50% medeltäckning (ca 13 rutor skulle behövas) och 5% medeltäckning (ca 1400 rutor skulle behövas). I de områden och djup där medeltäckningsgraden är 0-10% blir kostnaden per undersökningstillfälle och år för att uppnå en god precision för skattning av ålgrästäckning på mjukbotten med videometod ca 500 000 SEK – 1,8 miljoner SEK, medan vid en medeltäckningsgrad på 50-60% blir totalkostnaden ca 80 000 – 90 000 SEK (Tabell 4).

Det betyder att det, enligt denna studies resultat, troligen inte skulle vara ekonomiskt möjligt att med enbart videometod övervaka ålgräsutbredning vid 0-10% medeltäckning (troligen inte heller vid 10-20%), men att ålgräsängar med 50-60% medeltäckning är möjliga att övervaka med videometod. Dock är artfattiga och mindre komplexa miljöer, t.ex. mjukbottensmiljöer och ålgräsängar, de som fungerar bäst att övervaka med video ur ett praktiskt perspektiv eftersom skillnaderna i skattningar av täckningsgrad mellan dyk- och videometoden blir mindre (Andersson 2013). Den absoluta avvikelserna är dessutom bara några få procents täckningsgrad vid 40-50 provrutor (Fig. 13) så det är kanske möjligt att man med hjälp av stratifiering och modeller, t.ex. satellitlager, kan lösa problemen där det krävs många provrutor på grund av låg täckningsgrad och ändå använda videometoden på mjukbotten.

För att notera djuputbredningen av ålgräs verkar en ekolodsmetod lovande i kombination med undervattensvideo eller vattenkikare (för att säkerställa att det är ålgräs) enligt P-O. Moksnes (Göteborgs universitet, personlig kommunikation). För analys av ekologiskt tillstånd eller hälsa hos ålgräs så är påväxtgraden en viktig faktor och borde kunna följas med mer kostnadseffektiva metoder som videometod eller vattenkikare (Moksnes, personlig kommunikation).

6. Slutsatser

En slutsats från denna pilotstudie i Orust/Tjörnområdet är att en videometod skulle kunna användas på hårbotten för skattning av täckningsgrad av dominerande alggrupper inom ett övervakningsprogram för vegetationsklädda bottnar eftersom den fann samma relativa mönster som dykmetoden och är betydligt mer kostnadseffektiv för att uppnå en önskad precision i skattningen (2-4,5 gånger lägre kostnad än dykmetoden). Skattningen av den absoluta täckningsgraden av alger är dock oftast mycket högre med dykmetoden än videometoden eftersom diversiteten och täckningen är hög på västkusten och man kan undersöka flera algsjikt med hjälp av dykmetoden. I det undersökta området skulle det med videometoden behövas totalt 70 provrutor (på <6m djup) för en god precision för att täcka in grupperna totalt algtäckning, makroalger (exkl. fintrådiga), fintrådiga alger och rödalger till en total kostnad av ca 98 000 kronor per undersökningstillfälle och år. För att få med även grupperna läderartade alger, som är habitatbildande och känsliga för övergödning, och brunalger så skulle det behövas 170 provrutor totalt till en kostnad av ca 238 000 kronor. I denna studie provtogs 180+31 rutor med videometoden i hela området. De fem delområdena som provtogs kan sägas utgöra fem olika vattenförekomster, och beräknat per vattenförekomst blir det $70/5=14$ provrutor eller $170/5=34$ provrutor som skulle krävas på detta djupintervall till en kostnad av 19 600 respektive 47 600 kronor per undersökningstillfälle och år.

Vad gäller skattningen av diversitet (antal taxa) på hårbotten så är slutsatsen att dykmetoden är att föredra (även om båda metoderna observerade samma relativa trender) inom ett övervakningsprogram med syftet att beskriva artsammansättningen och dess förändringar, eftersom man upptäckte 3-5 gånger fler arter (eller andra taxa) med denna metod än med videometoden. Med dykmetoden skulle det behövas totalt 32 provrutor (på <6m djup) i Orust/Tjörnområdet för en god precision av diversitetsskattning för att täcka in grupperna totalt alger, makroalger (exkl. fintrådiga), fintrådiga alger, rödalger och brunalger till en total kostnad av ca 198 000 kronor per undersökningstillfälle och år. Ungefärligt antal provrutor som skulle behövas samt kostnaden per vattenförekomst och djupintervall skulle då bli 6-7 provrutor och ca 40 000 kronor.

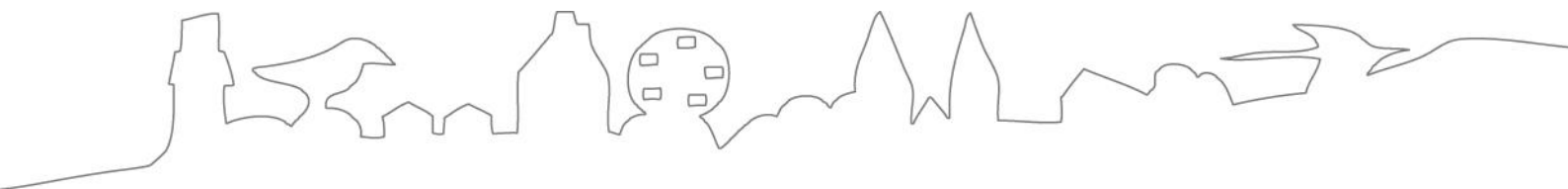
Användning av videometoden för övervakning av makrovegetationens utbredning på mjukbotten, speciellt vad gäller ålgräs, är ett problem, eftersom variationen är så stor både inom och mellan områden och djup, åtminstone i Orust/Tjörnområdet. Mellan 300-1300 provrutor behövs för en god precision vid en ålgräsmedeltäckning på 0-20% vilket skulle kosta >400 000 kronor (i en del fall nära eller betydligt mer än en miljon kronor) per undersökningstillfälle och år. Endast vid ca 50-60% medeltäckningsgrad av ålgräs verkar det vara rimligt med videoövervakning (80 000-90 000 kronor per djup och område), men då behöver man begränsa övervakningen till redan kända ålgräsängar.

Det vore dock viktigt att använda en metod som kan följa inte bara utbredning av ålgräs i redan kända ålgräsängar utan även fragmenteringen, förlusten och uppkomsten av nya ålgräsängar längs västkusten. För detta behöver man ha en metod som kartlägger och inventerar ålgräs längs hela kusten. Storskaliga metoder som analys av satellitbilder och ortofoton kan vara möjliga att använda i ett sådant övervakningssyfte, men observationer med hjälp av videometod (eller vattenkikare) behövs i kombination med satellitbildsanalys för att kalibrera metoden och verifiera ålgräsängars täthet och djuputbredning där man med satellitbildsanalys har observerat förekomst av ålgräsängar (Lawett et al. 2013). Genom att dessa mer storskaliga metoder skulle kunna peka ut vilka områden längs kusten som det finns ålgräsängar i där man sedan skulle kunna slumpa ut videoprovruator finns det en möjlighet att integrera videometoder med ortofoto/satellitbildsanalys, både för att verifiera satellitbilder och beskriva utbredningen inom ängarna.

En annan potentiell möjlighet är att använda ett liknande tillvägagångssätt och upplägg som Bohuskustens Vattenvårdsförbunds program för övervakning av fintrådiga alger i grunda områden där flygfoton tas årligen på 180 slumpvist valda lokaler (för skattning av täckningsgrad) av 792 förutbestämda grunda lokaler. Således kan videometoden troligen användas för övervakning av ålgräs på mjukbotten i kombination med andra övervakningsmetoder.

7. Referenser

- Andersson, S. 2013. Pilotstudie inför framtagande av program för miljöövervakning av vegetationsklädda bottenar i Västerhavet: Metodbeskrivning och fälterfarenheter. Marine Monitoring AB. ISBN: 978-91-86461-34-8. 18 pp.
- Blomqvist, M., Krause-Jensen, D., Olsson, P., Qvarfordt, S., Wikström, S. A. 2012. Potential eutrophication indicators based on Swedish coastal macrophytes. Deliverable 3.2-1, WATERS Report no. 2012:2. Havsmiljöinstitutet, Sweden. Available at <http://www.waters.gu.se/rapporter>.
- Gullström, M., Sundblad, G., Mörk, E., Lilliesköld Sjö, G., Johansson, M., Halling, C., Lindegarth, M. 2013, under bearbetning. Utvärdering av visuella undervattensmetoder för uppföljning av marina naturtyper och typiska arter: variation, precision och kostnader. Havs och Vattenmyndigheten & Naturvårdsverket.
- Hill, J., Wilkinson, C. 2004. Methods for ecological monitoring of coral reefs. Australian Institute of Marine Science ISBN 0 642 322 376.
- Isæus, M. 2010. Metodbeskrivning Dropvideo version 1.3-1.5 / Tillägg Kvalitetsrutiner, Fyhr, F. 2011 / Uppdatering nya inventeringsrutiner, Wijkmark, N. 2012. AquaBiota.
- Lawett, E., Envall, M., Olsson, A. 2013. Ålgräs på västkusten – test av metoder för fjärranalys, kartering, inventering och kvalitetklassificering. Rapport 2013: 84, Länsstyrelsen i Västra Götalands län.
- Lindegarth, M., Cartensen, J., Johnson, R. K. 2013. Uncertainty of biological indicators for the WFD in Swedish water bodies: current procedures and a proposed framework for the future. Deliverable 2.2-1, WATERS Report no. 2013:1. Havsmiljöinstitutet, Sweden. Available at <http://www.waters.gu.se/rapporter>.
- Snedecor, G. W., Cochran, W. G. 1989. Statistical methods, 8th ed. Iowa State University Press, Ames, IA.
- Sundblad, G., Gundersen, H., Gitmark, J. K., Isæus, M., Lindegarth, M. 2013. Video or dive? Methods for integrated monitoring and mapping of marine habitats in the Hvaler-Koster area. AquaBiota Report 2013:04. 44 pp. Rapportnummer hos Länsstyrelsen: 2013:31. Utgivare: Hav möter Land, Länsstyrelsen i Västra Götalands län. ISSN: 1403-168X.
- Svensson, J. R., Gullström, M., Lindegarth, M. 2011. Dimensionering av uppföljningsprogram: komplettering av uppföljningsmanual för skyddade områden. Havsmiljöinstitutet och Göteborgs universitet, Rapport, 80 pp.



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN