

# DETALJERET KORTLÆGNING AF STEN VED TAARBÆK REV

APRIL 2022

SUPPLERENDE NOTAT TIL "GEOLOGISK UNDERSØGELSER MED  
HENBLIK PÅ REETABLERING AF STENREV VED TAARBÆK REV"

Projekt navn	Geologiske undersøgelser ved Taarbæk Stenrev
Kunde	Miljøstyrelsen
Projektleder	Danni Junge Jensen
Projektnummer	3622100232
Til	Anna-Grethe Underlien Pedersen, Miljøstyrelsen
Udarbejdet af	Sebastian Westh, Karen Ôzdemir og Danni Jensen
Godkendt af	Danni Junge Jensen
Version	02
Versionsdato	05-04-2022

# INDHOLD

1	INDLEDNING.....	4
2	OMRÅDEBESKRIVELSE.....	5
3	METODE .....	7
4	RESULTATER .....	9
5	DISKUSSION .....	11
6	KONKLUSION .....	14

# 1 INDLEDNING

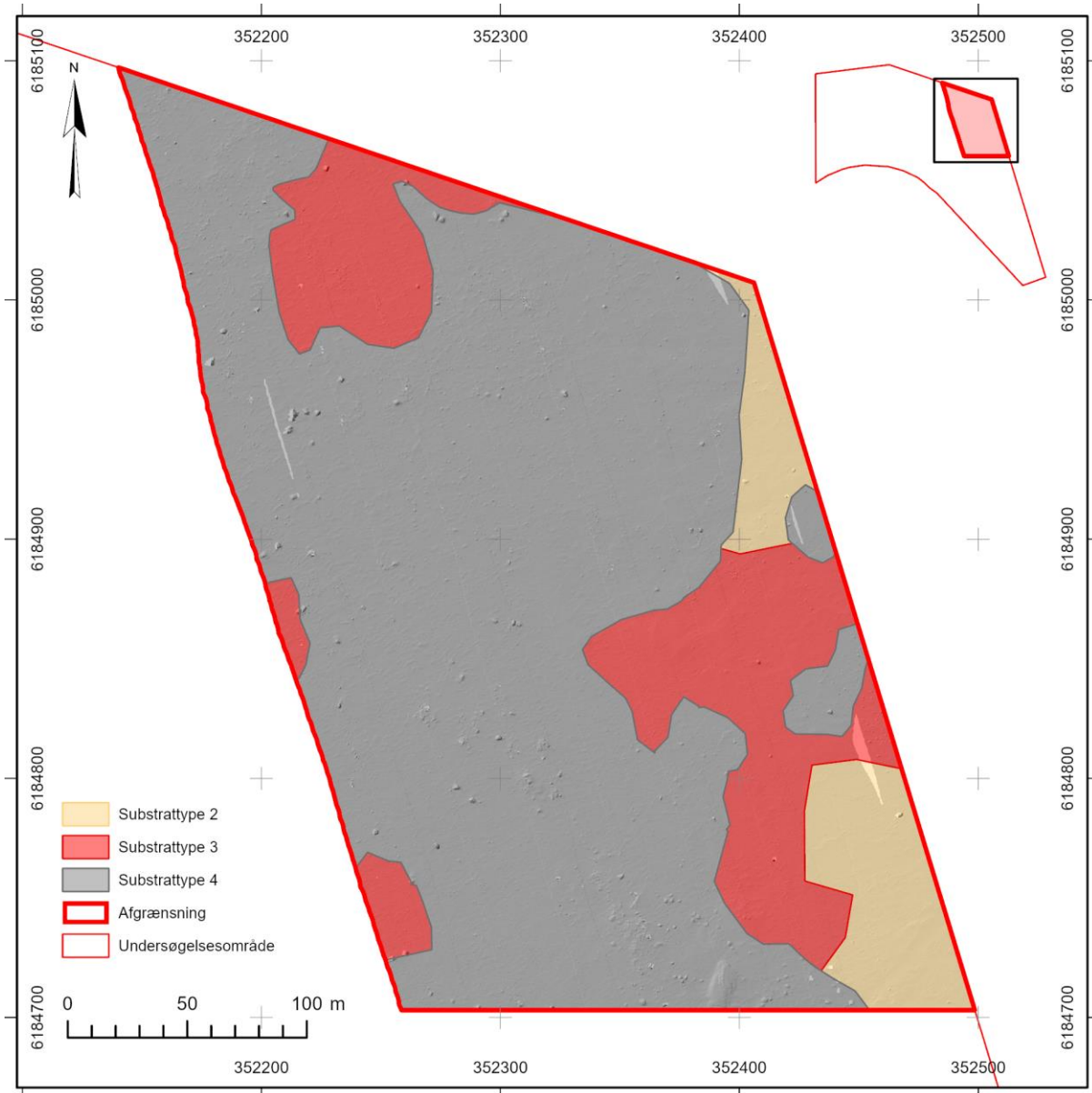
Nærværende notat er et tillæg til rapporten "Geologisk undersøgelse med henblik på reetablering af stenrev ved Taarbæk rev" udarbejdet af WSP Danmark for Miljøstyrelsen (WSP, 2022). Som led i de geologiske undersøgelser af revet blev der bl.a. lavet detaljeret havbundskortlægning med multibeam, der ligger til grund for en kortlægning af fordelingen og størrelsen af sten i undersøgelsesområdet ved Taarbæk Rev.

Efter aftale med Miljøstyrelsen har dette notat til formål at præsentere en udvidet og mere detaljeret kortlægning af sten i et delområde af det oprindelige undersøgelsesområde. Kortlægningen af sten i den geologiske baggrundsrapport (WSP, 2022) blev foretaget på baggrund af en dybdemodel med en opløsning på 0,5 m, mens nærværende kortlægning bygger på en opløsning på 0,2 m. Dette betyder, at det er muligt at kortlægge flere mindre sten, hvorved der opnås større indsigt i fordelingen og størrelsen af sten. Ved nærværende analyse er sten ned til 0,04 m<sup>2</sup> (0,2 x 0,2 m) blevet kortlagt.

Nærværende notat er ønsket for at få en vurdering af om nærværende kortlægningsmetode konkret kan anvendes til at sandsynliggøre stenfiskeri af bestemte stenstørrelser i situationer, hvor man ikke har historiske data om stenfiskeri. Ligesom det ønskes vurderet om analysen også er anvendelig som yderligere karakterisering af stenrevet foruden substrattyperne.

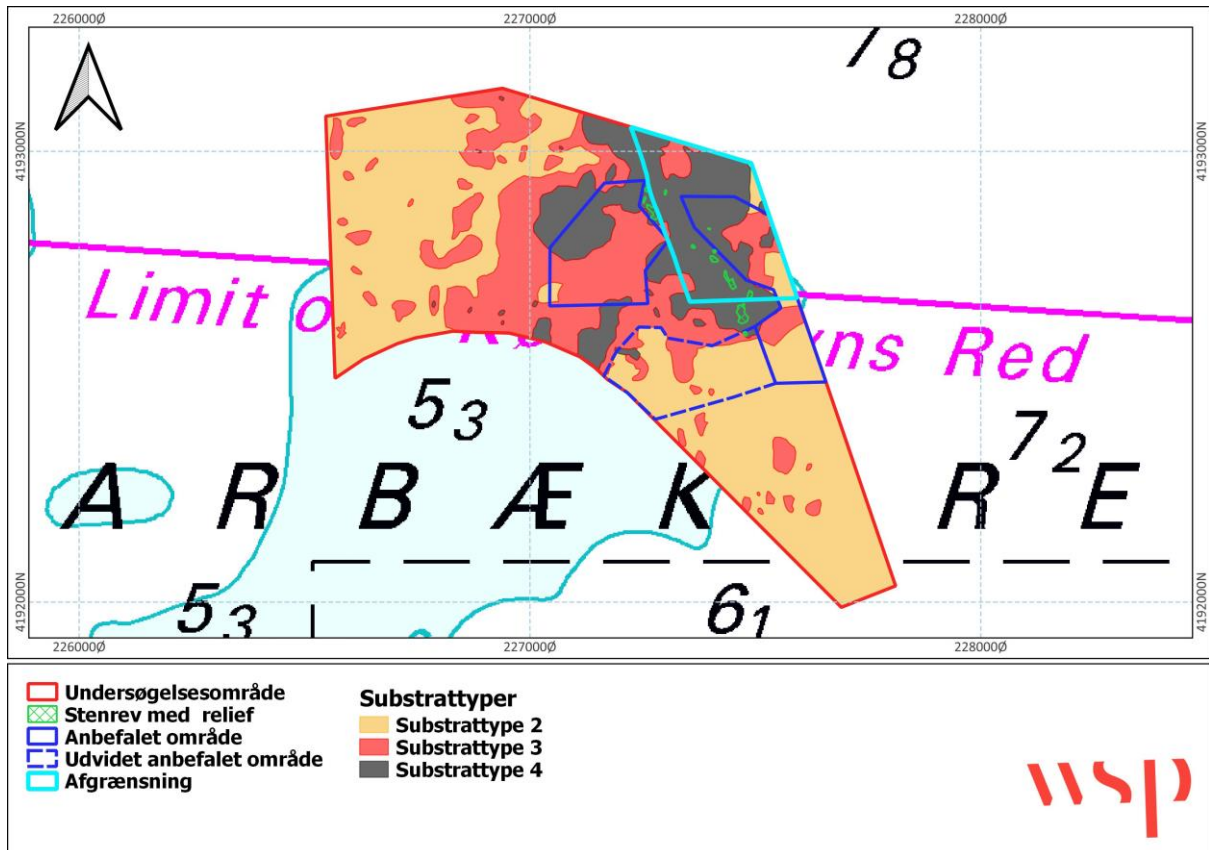
## 2 OMRÅDEBESKRIVELSE

Delområdet for nærværende analyse er placeret i den nordøstlige del af undersøgelsesområdet, og består hovedsageligt af substrattype 4 og mindre områder med substrattype 2 og 3 (Figur ). Delområdet udgør ca. 84.300 m<sup>2</sup> – ca. 225 x 375 m i udbredelse.



**Figur 1. Placering af delområde med substrattyper og bagvedliggende skyggekart. Afgrensningen præsenterer områdeafgrænsningen for nærværende genanalyse af stenstørrelser**

Nærværende delområde dækker en del af det anbefalede område til stenudlægning, som blev udpeget i (WSP, 2022). Den sydøstlige del af delområdet ligger inden for det udvalgte område til reetablering af stenrevet (Figur ).



Figur 2. Placering af delområde med substrattyper og det anbefalede område til reetablering. Delområdet repræsenterer områdeafgrænsningen for nærværende genanalyse af stenstørrelser.

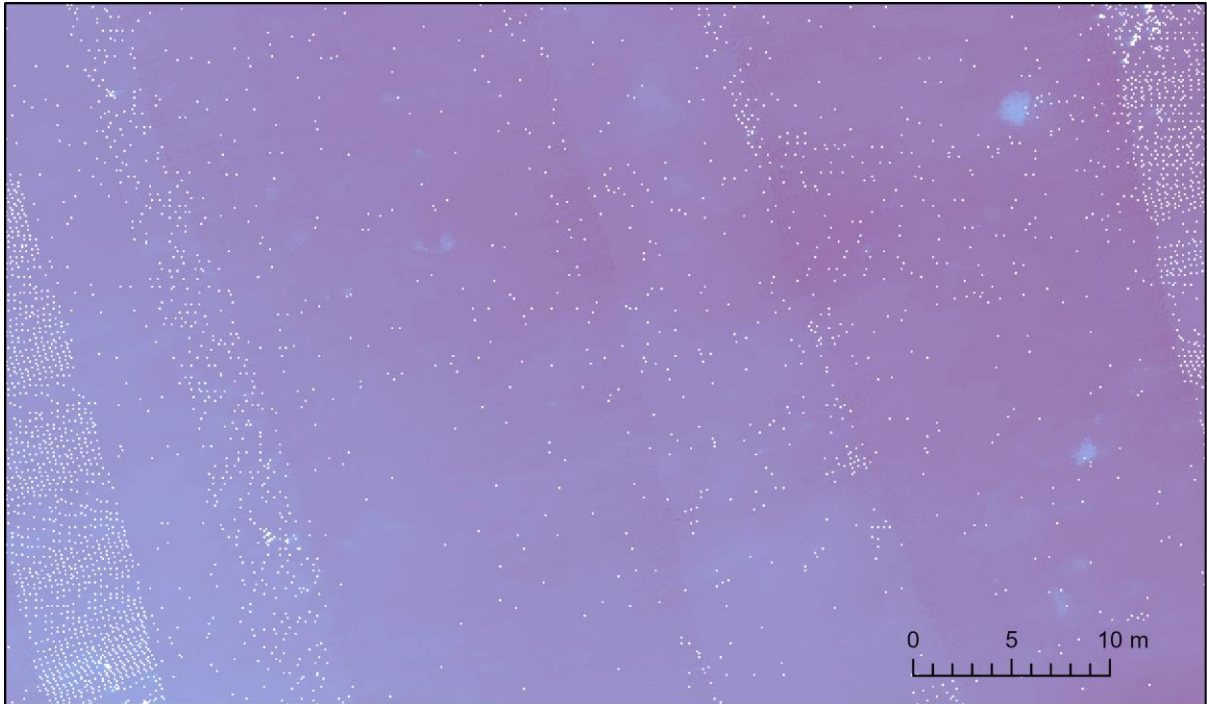
### 3 METODE

For beskrivelsen af metoden til opmåling med multibeam henvises til "Geologisk undersøgelse med henblik på reetablering af stenrev ved Taarbæk Rev" (WSP, 2022).

For nærværende genanalyse blev sten kortlagt på baggrund af hældningskort for havbunden (slope) baseret på indsamlede multibeam data. Hældningskortet blev lavet ud fra en 20 cm dybdemodel i programmet ArcMap. Dernæst blev celler med en hældning på over 9 grader udvalgt, og konverteret til shapefil. 9 grader er dermed grænsen for udpegning af sten i dette tilfælde, men kan op- eller nedjusteres alt efter behov. Fastlæggelsen af de 9 grader er baseret ud fra en trial and error tilgang. Opjusteres den for meget vil man få færre sten med og nedjusteres den for meget vil områder, der ikke nødvendigvis er sten, blive kortlagt som sten. Dette er en af de væsentlige kilder til usikkerhed ved nærværende kortlægningsmetode. Mange af stenene kan desuden være delvist dækket af sediment, hvorved stenene ikke bliver kortlagt ved anvendelse af hældningsberegninger.

Høje hældninger vil som regel kun vise sig i periferien af stenene, mens midten/toppen af stenene vil have en lav hældning. For at fjerne disse huller, typisk i midten af stenene, blev der brugt en expand/shrink tilgang med et buffer tool i ArcMap. Dernæst blev der brugt et smooth tool til at give et mere visuelt retvisende udseende af stenene. Sten ned til 0,04 m<sup>2</sup> er blevet kortlagt. Til sidst blev stenene gennemgået visuelt med henblik på at finde fejludpegninger og for at tilrette stenstørrelser.

Det viste sig, at opløsningen ikke kunne komme længere ned end 20 cm, da der ellers ikke ville være fuld dækning på multibeam data og der vil optræde mange huller i data (Figur ). En opløsning på f.eks. 10 cm vil derfor medføre en for stor usikkerhed i udpegelsen af antallet af sten. Derfor er 20 cm valgt som grundlag til nærværende analyse. WSP har også erfaring med, at der i forbindelse med forskellige infrastrukturprojekter typisk tages udgangspunkt i en nøjagtighed på 20 cm af stenene på havbunden.

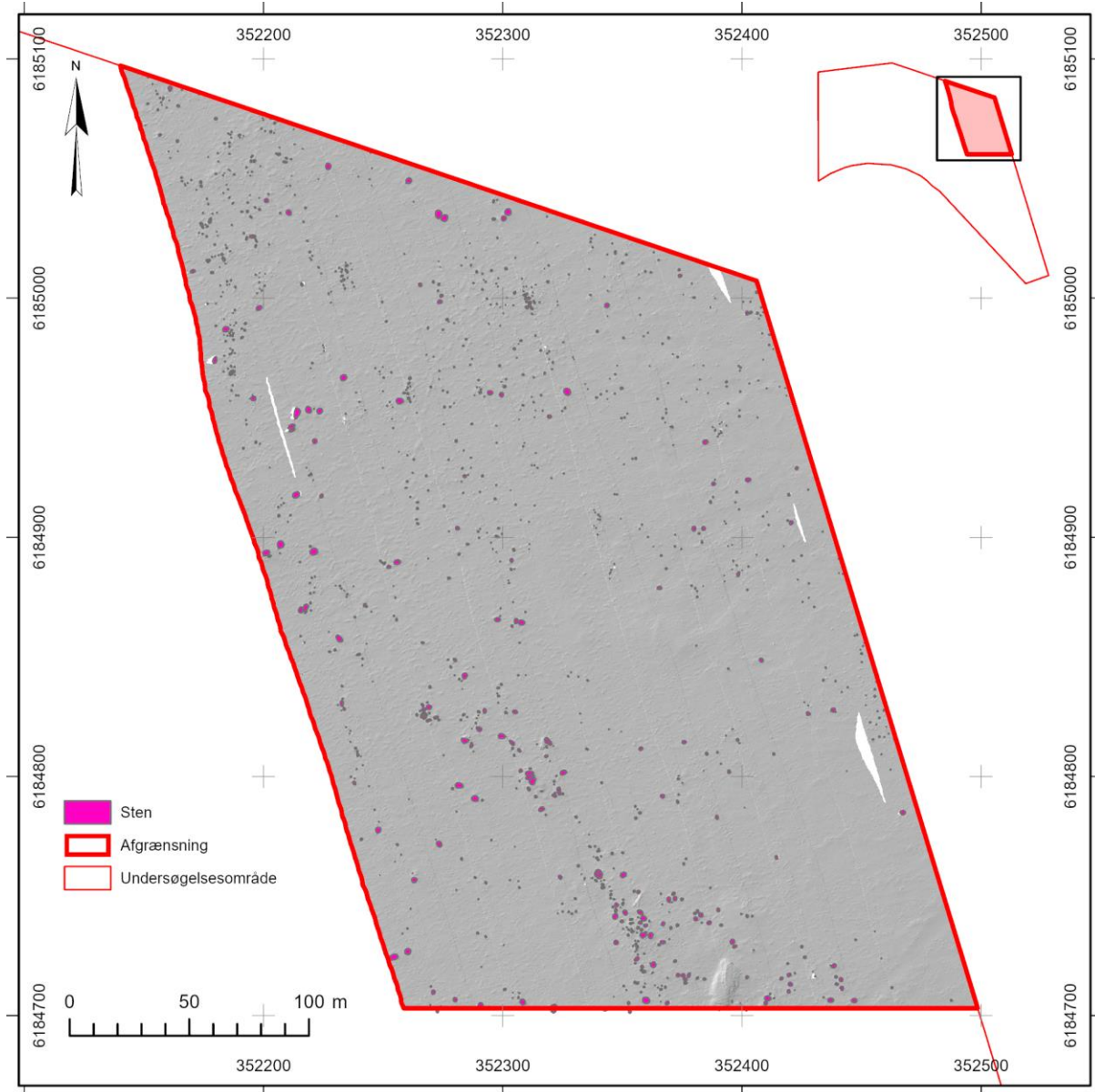


Figur 3. Eksempel på 10 cm opløsning dybdemodel med en del huller uden data (hvide prikker).



## 4 RESULTATER

Inden for delområdet blev der i alt kortlagt 1.204 sten større end 0,04 m<sup>2</sup> svarende til en størrelse på minimum 20 x 20 cm (Figur ). Det ses, at stendækningen inden for delområdet er meget varierende.



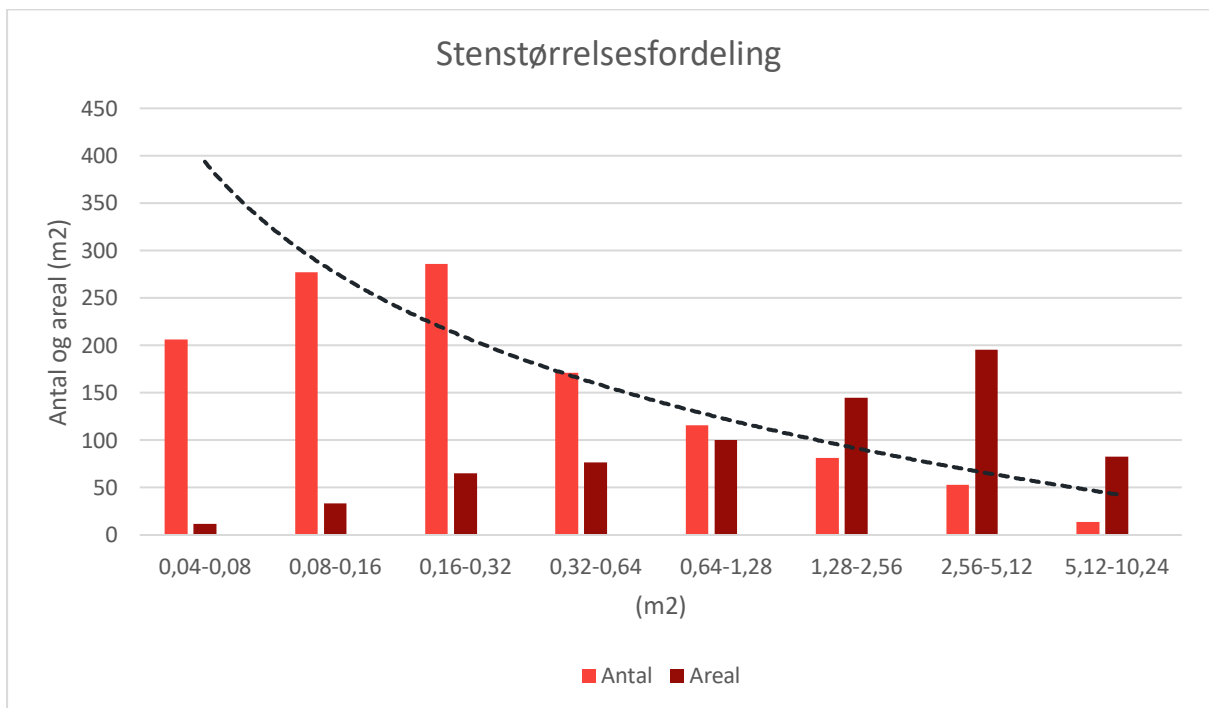
Figur . Resultat for kortlægningen af sten (>20 cm) indenfor delområdet med bagvedliggende skyggekort.

Stenene er inddelt i otte størrelseskategorier, hvor hver kategorisering er en fordobling af stenstørrelsen i m<sup>2</sup>. Der er kortlagt flest sten i størrelsen 0,16-0,32 m<sup>2</sup>, mens det største samlede areal er for sten i størrelsen 2,56-5,12 m<sup>2</sup> (Figur ).

Naturligt ville man generelt forvente et stort antal mindre sten (eksempelvis 0,04-0,32 m<sup>2</sup>) og færre store sten (eksempelvis 2,56-10,24 m<sup>2</sup>). Ved nærværende kortlægning i delområdet observeres færre sten i intervallerne 0,04-0,08 m<sup>2</sup> og 0,08-0,16 m<sup>2</sup> end i intervallet 0,16-0,32 m<sup>2</sup>. For stenstørrelserne

0,16-0,32 m<sup>2</sup> og opefter ses en fin naturlig fordeling af stenstørrelserne, som følger en faldende eksponentiel kurve. For de mindste stenstørrelse fra 20 til 40 cm følger antallet af kortlagte sten i delområdet derfor ikke den forventede kurve over stenstørrelser (Figur ). Årsager hertil beskrives i nedenstående diskussion. Det er muligt, at den eksponentielle kurve naturligt vil være endnu stejlere ved de små stenstørrelser end angivet på figuren.

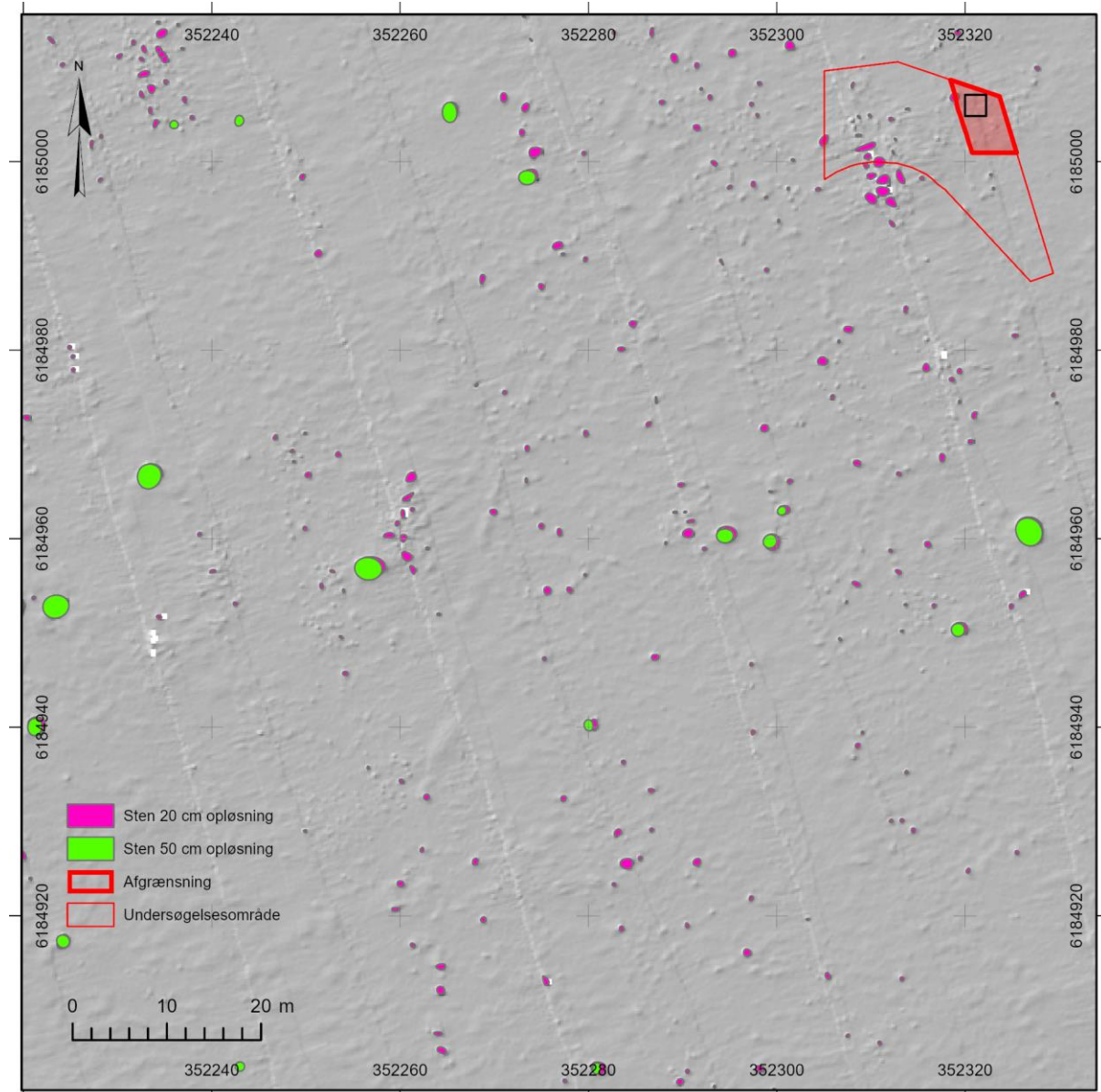
For arealerne ses generelt en fin fordeling, hvor arealet af de kortlagte sten inden for hver størrelseskategori stiger eksponentielt med stigende stenstørrelse (Figur ).



**Figur 4. Stenstørrelsesfordeling med antal og samlet areal fordelt på stenstørrelsesintervaller i m<sup>2</sup>. Den stiplede, eksponentielle kurve indikerer den forventede fordeling i forhold til antallet af sten.**

## 5 DISKUSSION

Antallet af kortlagte sten hænger i høj grad sammen med opløsningen på dybdemodellen. Sammenlignes der med den forrige kortlægning baseret på 50 cm dybdemodellen fra "Geologisk undersøgelse med henblik på reetablering af stenrev ved Taarbæk Rev" (WSP, 2022), ses der som forventet væsentligt flere mindre sten baseret på 20 cm dybdemodellen (Figur ). Det bemærkes, at der ikke i alle tilfælde er fuldstændig overlap mellem udbredelsen af typisk de større sten. Dette skyldes primært forskellen i opløsningen og hvilke hældninger, der medtages. Det ses, at meget store sten ved en højere opløsning typisk inddeles i flere mindre sten, hvor det samlede areal samtidig formindskes. Dette kan til dels forklarer underestimering af stenarealet.



**Figur 5. Sammenligning i udbredelsen af sten mellem kortlægning baseret på 20 cm og 50 cm dybdemodellerne med bagvedliggende skyggekort.**

Selv med den højopløselige dybdemodel på 20 cm må det forventes, at metoden i større eller mindre grad underestimerer antallet af mindre sten, da kortlægningen er baseret på en given hældning.

Metoden vil dermed kun finde sten, der stikker op over den omkringliggende havbund med en given hældning. Dermed vil sten, der ligger i niveau med den omkringliggende havbund eller er delvist begravet i havbunden, ikke identificeres. En visuel inspektion af dybdemodellen viser, at der visuelt kan identificeres flere sten end hvad der er kortlagt ved den automatiserede metode. Modsat må det dog også forventes, at der er kortlagt sten, som kan være andet end sten, f.eks. fejl i dybdemodellen eller andet på havbunden, der kan føre til højere hældninger.

Dernæst kan der også være en overestimering af større sten, hvis det i virkeligheden er flere små sten, der ligger tæt op ad hinanden. Der kræves en efterfølgende visuel inspektion af hver enkelt sten for at afskille stenene, som generelt er en tidskrævende proces.

Nærværende undersøgelse viser, at det klart er fordelagtigt at have en højere opløsning på dybdemodellen, men den højere opløsning kræver også, at der er mere visuelt og manuelt arbejde efterfølgende med at verificere og tilrette alle stenene. Dette kan være relativt arbejdstungt, hvormed man mister metodens fordel i at være forholdsvis hurtig til at danne sig et overblik over tilstedeværelsen af sten. Det skal ligeledes bemærkes, at det indledende arbejde med håndteringen af dybdedata også er mere omfattende ved større opløselighed.

Ønskes der en højere opløsning på f.eks. 10 cm vil det kræve, at det er specificeret inden opmålingens begyndelse, idet det stiller større krav til opmålingens setup og nøjagtighed eksempelvis ved ændring af sejllinieafstand, surveyhastighed og antal pings pr. m<sup>2</sup> på multibeam udstyret.

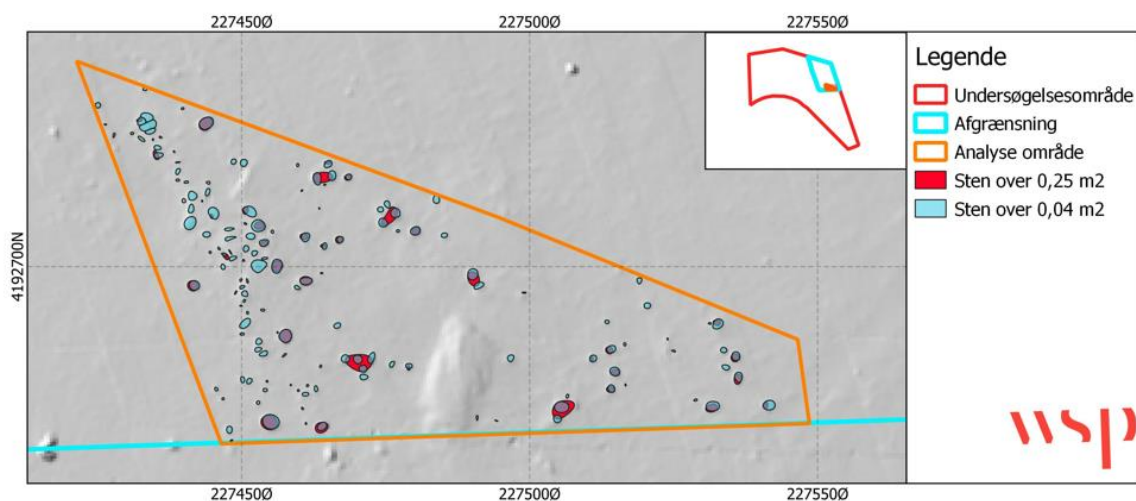
I fordelingen af stenstørrelser på Figur ses, at den kortlagte fordeling af stenstørrelser for delområdet ikke følger den forventede kurve over stenstørrelser. Dette kan skyldes usikkerhederne i kortlægningsmetoden, som underestimerer antallet af mindre sten (typisk 20-40 cm). Det kan også være et tegn på stenfiskeri i området, eller højst sandsynligt, en kombination af de to. Ud fra nærværende analyse ses der ikke umiddelbart entydigt tegn på stenfiskeri af de større sten fra 40 cm og opefter.

En anden usikkerhed er relateret til tætheden af vegetation på havbunden. Den indledende tolkning af vegetation i undersøgelsesområdet jf. (WSP, 2022) viser, at delområdet hovedsageligt er dækket af kategorierne "Lidt vegetation" og "Ingen vegetation", med et lille område nordligst dækket af "Meget vegetation". Uden ROV-verifikation eller andre biologiske undersøgelser er det svært at vurdere, hvor stor indflydelse dette har på resultatet for stenkortlægningen.

For at give et bud på størrelsen af usikkerheden kan arealet af sten i delområdet ved nærværende automatiserede metode sammenlignes med den manuelle substrattypetolkning baseret på SSS data (WSP, 2022). På Figur ses det, at størstedelen af delområdet er klassificeret som substrattype 4, defineret ved en dækning af sten over 10 cm på 25-100%. En del af området er dækket af substrattype 3 (10-25% sten over 10 cm) og substrattype 2 (op til 10% sten over 10 cm). Et groft estimat af den gennemsnitlige stendækning (sten større end 10 cm) i delområdet vil være 20%, hvilket svarer til et areal på ca. 17.000 m<sup>2</sup>. Dette er herved et estimat af arealet af sten over 10 cm indenfor delområdet, baseret på SSS tolkningen.

Ovenstående sammenlignes med arealet af sten over 20 cm fundet ved den nærværende undersøgelse baseret på multibeamkortlægningen, som er ca. 710 m<sup>2</sup>. Det svarer til ca. 1 % af delområdet. Der observeres derfor en stor uoverensstemmelse mellem de to kortlægningsmetoder. Sammenligningen viser, at SSS tolkningen finder ca. 24 gange højere dækning af sten.

Sammenlignes metoderne på et mindre detailområde (ca. 4.400 m<sup>2</sup>), med højere stendækning (Figur 6), observeres en formindskning af usikkerheden mellem metoderne. Detailområdet er fra den sydlige del af det afgrænsede delområde. Ved nærværende metode, med undersøgelse af sten over 0,04 m<sup>2</sup> findes 151 sten med et samlet areal på 149 m<sup>2</sup>, svarende til 3,4 % af området. Det mindre område er næsten udelukkende substrattype 4, med en dækning af sten over 10 cm, på over 25 %, dette svarer til et areal på 1.104 m<sup>2</sup>. I mindre områder med høj stendækning ses det altså at SSS tolkningen "kun" finder ca. 7 gange højere dækning af sten. Denne forskel kan i højere grad forklares ved at metoden baseret på multibeam ikke inkludere sten i størrelsen 10-20 cm, som forventelig udgør en stor andel sten. Derudover observeres der visuelt en stor forskel på de to opløsninger af sten, hvor det ses, at når der bruges en lavere opløsning på data klumpes mindre sten sammen og præsenteres som en større sten.



**Figur 6. Sammenligning i udbredelsen af sten på et mindre område med høj stendækning.**

Uoverensstemmelsen skyldes formodentlig mange forskellige faktorer; til dels at nærværende metode ikke medregner sten fra 10-20 cm, men dette kan langt fra forklare den store forskel. Flere af de øvrige kilder til usikkerhed er beskrevet i ovenstående. Derudover kan der også være en overestimering af stendækningen i forbindelse med SSS tolkningen. Der er dermed behov for verificering af substrattypekortlægning.

Det kan dermed konkluderes, at usikkerheden og underestimeringen af mindre sten i forbindelse med denne automatiserede metode er signifikant. Dette betyder, at metoden isoleret set ikke er velegnet til kvantificering af antal sten og arealet heraf, og i sidste ende til at kvantificere omfanget af stenfiskeri.

I forhold til substrattypekortlægning er der relativ god overensstemmelse mellem udbredelsen af de tolkede substrattyper og fordelingen af sten ned til 20 cm. Generelt er det ikke muligt at anvende de kortlagte sten fra 20 cm og opefter til afgrænsning af substrattyperne, da disse er baseret på dækning af sten ned til 10 cm. Det kan dog vise en indikation, hvorved substrattyperne lokalt kan tilrettes. Taget de beskrevne usikkerheder i betragtning skal nærværende metode ikke som selvstændig, automatiseret metode anvendes til afgrænsning af substrattyper, men metoden kan indgå som et godt supplement til de øvrige manuelle værktøjer i henhold til tolkning af substrattyper.

## 6 KONKLUSION

På baggrund af dybdemodel med 20 cm opløsning er der ved nærværende detailkortlægning af sten samlet identificeret 1.204 sten inden for et delområde af undersøgelsesområdet i størrelsen fra 20 cm og op til 3,2 m. Der ses underrepræsentation af stenstørrelser på 20 til 40 cm, der forventeligt er blevet stenfisket eller ikke er fuldt kortlagt på grund af de tilstedeværende usikkerheder ved den anvendte kortlægningsmetode. Underrepræsentationen af de nævnte stenstørrelser er sandsynligvis en kombination af disse tilfælde.

Umiddelbart virker nærværende metode effektiv til kortlægning af sten på havbunden, men efterfølgende detaljerede analyser viser, at kortlægningsmetoden ikke isoleret set er velegnet til formålet. En optimering af kortlægningsmetoden kræver en del efterfølgende manuel inspektion og tilretning, hvilket er tidskrævende. Arealet for det undersøgte område er derfor afgørende for effektiviteten af nærværende kortlægningsmetode. Antallet af især mindre sten (typisk 20-40 cm) underestimeres med stor sandsynlighed, mens antallet af større sten (> 5 m<sup>2</sup>) muligvis overestimeres en smule.

Den automatiserede metode til kortlægning af sten egner sig generelt bedst til kortlægning af sten med en vis størrelse, eftersom jo mindre sten man ønsker at kortlægge, jo mere manuelt arbejde er der i form af fjernelse af fejludpegninger og tilretning. En kombination af den indledende automatiserede kortlægningsmetode med efterfølgende manuel tilpasning vurderes effektiv til detailkortlægning af sten.

Metoden kan i samspil med traditionel manuel substrattypkortlægning vise sig brugbar til at estimere og sandsynliggøre stenfiskeri i fremtiden, hvis det er specificeret inden opmålingens begyndelse, idet det stiller større krav til opmålingens setup og nøjagtighed. Dette skal implementeres i kriterier for sejllinie afstand og antal pings pr. m<sup>2</sup> for multibeam udstyret, som tilsammen sikrer meget høj opløsning på dybdemodellen. Større opløsning på multibeam data og krav til analyse af mindre sten kræver generelt afsætning af større budgetrammer til formålet.

I forbindelse med nærværende analyse har det baseret på den aktuelle budgetramme ikke været muligt at foretage en yderligere præcisering af om den kortlagte stenstørrelsesfordeling er et resultat af historisk stenfiskeri og/eller i høj grad skyldes usikkerheder i kortlægningsmetoden.