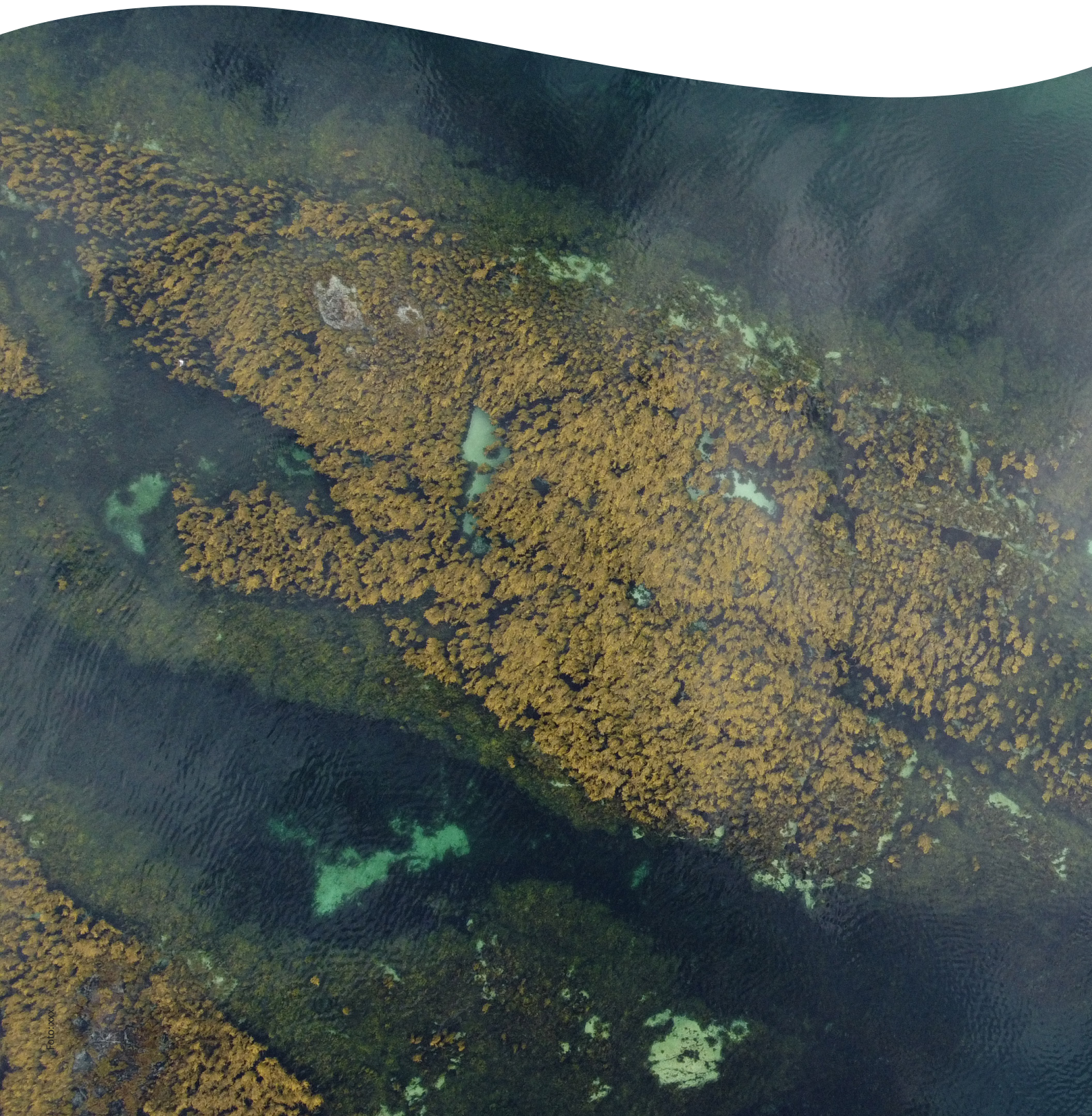


KELPMAP-Vega: Metodeutvikling for kartlegging av tareskog ved bruk av droner og satellittbilder (feltrapport)



RAPPORT

Hovedkontor

Økernveien 94
0579 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: www.niva.no

Tittel KELPMAP-Vega: Metodeutvikling for kartlegging av tareskog ved bruk av droner og satellittbilder (feltrapport)	Løpenummer 7790-2022	Dato 30.11.2022
Forfatter(e) Hege Gundersen, Kasper Hancke, Robert N. Poulsen, Toms Buls, Medyan Ghareeb, Hartvig Christie, Maia R. Kile, Karoline S. Arvidsson, Kristina Ø. Kvile	Fagområde Marin biologi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Vega og Herøy kommuner	Sider 20 + vedlegg

Oppdragsgiver(e) Miljødirektoratet	Kontaktperson hos oppdragsgiver Ida Maria Evensen, Ragnvald Larsen, Ida Egge Johnsen
Oppdragsgivers utgivelse: Miljødirektoratet, M-2390 2022	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 220083

Sammendrag

Rapporten er en del-leveranse i prosjektet "Metodeutvikling for kartlegging av tare ved bruk av droner og satellittbilder" og beskriver metoder for innsamling av høyopløselige bilder ved hjelp av droner og generering av sammenhengende georefererte ortofoto, samt innhenting av bakkesannheter og sammenstilling av disse. Feltarbeidet er utført i Vega og Herøy kommuner på Helgelandskysten i Nordland fylke. Kriterier for hva som karakteriserer gode forhold for innsamling av data med droner er beskrevet, og inkluderer i hovedsak lysforhold, vannstand, vind, og skydekke. Utstyr for innhenting av bakkesannheter og droneflyging er også gitt. Det konkluderes at nøye feltplanlegging og egnede værforhold er avgjørende for suksessfull gjennomføring av et slikt feltarbeid. En retrospektiv analyse av værforholdene for droneflyving på Vega i august 2022 er inkludert. Endelig rapport for prosjektet er planlagt ferdigstilt november 2023.

Fire emneord	Four keywords
1. Tareskog	1. Kelp forest
2. Drone/UAV (Unoccupied Aerial Vehicle)	2. Drone/UAV (Unoccupied Aerial Vehicle)
3. Habitatkartlegging	3. Habitat mapping
4. Bakkesannheter	4. Ground truthing

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Hege Gundersen
Prosjektleder/Hovedforfatter

Paul R. Berg
Kvalitetssikrer

Paul R. Berg
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7526-1
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning og Miljødirektoratet. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

KELPMAP-Vega:
**Metodeutvikling for kartlegging av tareskog ved
bruk av droner og satellittbilder (feltrapport)**

Forord

Prosjektet er gjennomført som et pilotprosjekt under "Copernicus-potten" som har som mål å bygge opp kompetanse for bruk av data fra Copernicus-programmet og annen type fjernmåling i Miljødirektoratets overvåkings- og kartleggingsarbeid. Oppdragsgiver er Miljødirektoratet v/Ragnvald Larsen (teknisk ansvarlig) og Ida Maria Evensen (fagansvarlig). Rapporten er en del-leveranse i prosjektet "Metodeutvikling for kartlegging av tare ved bruk av droner og satellittbilder" (avtalennummer 22047043), der kun feltarbeidet, gjennomført i 2022, rapporteres i denne rapporten. Endelig rapport for prosjektet er planlagt ferdigstilt november 2023. Internt prosjekt-navn på NIVA er KELPMAP-Vega (prosjektnummer 220083). Prosjektet gjennomføres som et oppdrag utført av den nasjonale droneinfrastrukturen SeaBee (SeaBee.no). Droneflyging og postprosessering av dronebilder er utført av Medyan Ghareeb (NIVA/SeaBee), samt Robert N. Poulsen og Toms Buls fra underleverandøren og SeaBee-partner SpectroFly. Hartvig Christie og Maia R. Kile stod for innhenting av bakkesannheter i felt, mens administrasjon, planlegging og feltdesign er gjort av Hege Gundersen, Kasper Hancke, Karoline Slettebø Arvidsson og Kristina Ø. Kvile (alle fra NIVA, se Vedlegg A). Alle prosjektdeltakere har bidratt til skrivearbeidet. Deling av dronebilder og relevante metadata vil skje via Miljødirektoratets *Rasterportal* tidlig i 2023. NIVA takker Miljødirektoratet for oppdraget og for god kontakt med Ida Maria Evensen og Ragnvald Larsen underveis.

Oslo, 30. november 2022



Hege Gundersen
Prosjektleder

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn	5
2	Metode	6
2.1	Lokalitet	6
2.2	Kriterier for gjennomførelse av feltarbeidet	7
2.3	Innhenting av bakke-data	7
2.4	Droneflyging og avbildning	10
2.5	Postprosessering av dronebilder	13
3	Resultater	14
3.1	Logistikk og værforhold	14
3.2	Innhenting av bakke-data	17
3.2.1	Generell beskrivelse av arter og naturtyper som ble observert	17
3.2.2	Innsamlede data	17
3.3	Droneflyginger	19
3.3.1	Sørlig område	19
3.3.2	Nordlig område.....	19
4	Konklusjon	20
5	Vedlegg	21

1 Bakgrunn

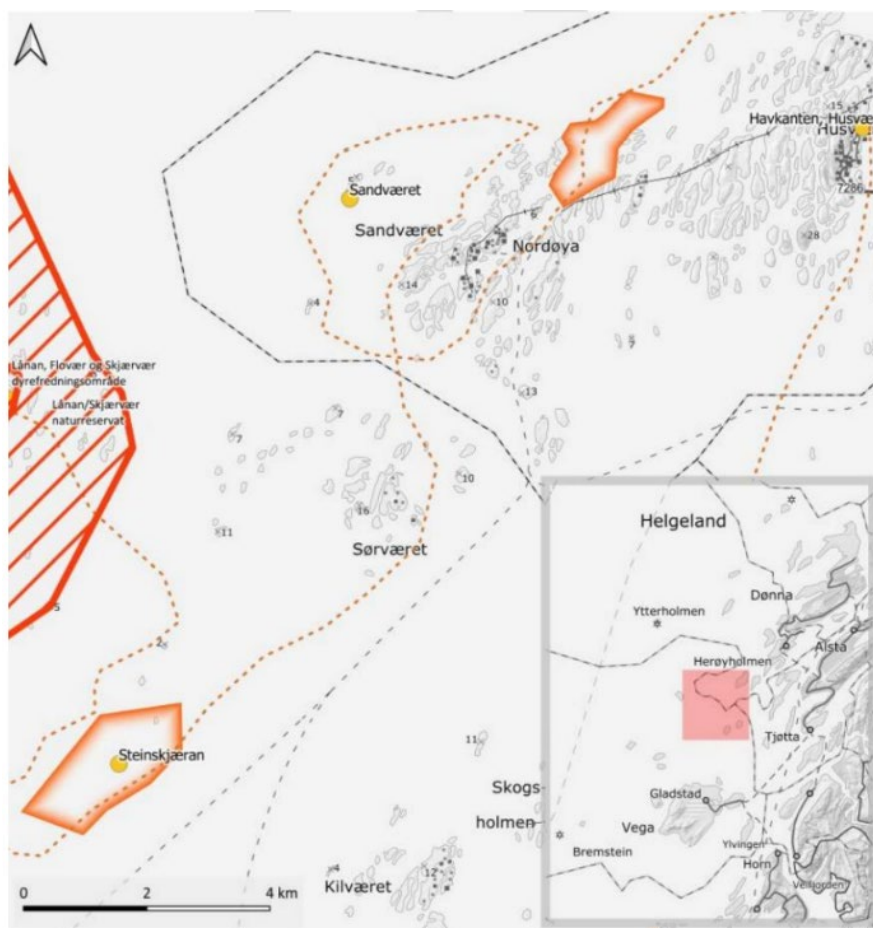
Oppdraget er et av Miljødirektoratets pilotprosjekter for fjernmåling, kartlegging og miljøovervåking. Miljødirektoratet ønsker å undersøke mulighetene for å utvikle metoder for en mer effektiv kartlegging av marine naturtyper enn tradisjonelle og manuelle overvåkingsteknikker, basert på bilder fra droner og satellitter med multispektrale sensorer med høy oppløsning. Prosjektet har til hensikt å utvikle kostnadseffektive og reproducerbare metoder for å kartlegge tareforekomster og annen marin vegetasjon i grunnere områder (fra overflaten ned til minst 5 meters dyp) ved hjelp av høyoppløselige dronebilder, automatisert bildeanalyse og habitatklassifisering. I tillegg vil oppdraget evaluere mulighetene for å oppnå samme målsetning ved bruk av Copernicus satellittbilder, samt undersøke om det er mulig å oppskalere droneproduktene til satellittbaserte kartprodukter og dermed oppskalere innsamlet dronedata til større områder. Oppdraget er inndelt i fire aktiviteter, der feltarbeidet og postprosessering av dronebilder (aktivitet 1) har blitt utført i løpet av høsten 2022, mens bildeanalyser (aktivitet 2), validering (aktivitet 3) og oppskalering (aktivitet 4) er planlagt for 2023. **Denne rapporten gjelder kun aktivitet 1, som inkluderer innsamling av høyoppløselige bilder ved hjelp av droner og generering av sammenhengende georefererte ortofoto, samt innhenting av bakkesannheter og sammenstilling av disse. Feltarbeidet er utført på Vega og Hærøy kommuner i Nordland fylke (Figur 1).**



2 Metode

2.1 Lokalitet

Områdene som ble undersøkt for avbildning ligger i kommunene Vega og Herøy på Helgelandskysten i Nordland fylke (Figur 1). Skjærgården på Helgeland består av et komplekst nett av øyer, holmer og skjær, med rik marin vegetasjon bestående av tangbelter i litoral - (tidevannssonen) og sublitoral sone, og tareskog under disse, så langt ned som lyset rekker, som er rundt 20-30 m i dette området. NIVA fikk lokasjonsdata av områdene i form av polygoner (shapefiler) fra oppdragsgiver i forkant av feltarbeidet, som definerte oppdraget. Det sørlige området *Steinskjæran* er lokalisert i Vega kommune og strekker seg over 3,0 km². Det nordlige området *Sandværodden* i Herøy kommune er på 1,5 km² (Figur 1). Ingen av de to områdene befinner seg innenfor verneområder med spesielle restriksjoner knyttet til ferdsel, lavflyging eller andre spesielle hensyn. Nærmeste naturreservat er Lånan/Skjærvær fuglefredningsområde lokalisert 2 km fra vårt sørlige studieområde (Figur 1). Her er det flyforbud lavere enn 300 meter og landingsforbud på grunn av hekke-, myte og overvintringsområde for sjøfugl (Naturbase.no). All aktivitet i forbindelse med feltarbeidet ble gjennomført utenfor hekkesesongen og i god avstand til naturreservatet.



Figur 1. Oversikt over de to kartlagte områdene (oransje polygoner), Steinskjæran (i sør) og Sandværodden (i nord) i henholdsvis Vega og Herøy kommuner på Helgelandskysten i Nordland fylke. Rød skravering til venstre i kartet er Lånan/Skjærvær fuglefredningsområde. Kartutsnittet i nedre høyre hjørne viser feltområdet (rosa firkant) med øya Vega i nedre halvdel.

2.2 Kriterier for gjennomførelse av feltarbeidet

All droneflyging ble gjennomført etter gjeldende nasjonale regler og i dialog med Luftfartstilsynet. Feltarbeidet ble utført 15-19. august 2022. Denne perioden ble valgt da perioden var utenfor hekkesesongen og en periode i løpet av måneden med ekstra lavt tidevann. Sistnevnte var ønskelig for å sikre at den marine vegetasjonen var så synlig og tilgjengelig som mulig, både for avbildning (Kapittel 2.4) og for innhenting av bakke­data (Kapittel 2.3). Av samme grunn ble droneflygingen utført på tider av døgnet hvor vannstanden var lavest. Andre forhold som ble vurdert i forbindelse med datainnhenting med bildesensor på drone var 1) gode lysforhold over havoverflaten (solvinkel og -intensitet), 2) god sikt i vannet (lav konsentrasjon av planteplankton, lite partikler fra for eksempel avrenning fra land, og lav konsentrasjon av oppløst organisk stoff, også kalt gulstoff, i vannet), 3) lite til moderat bølgebevegelse og 4) moderate vindforhold. Planlegging av feltarbeidet ble gjort i samsvar med tidevannstabellen og ved å følge lokale værvarsler og myndighetenes retningslinjer for å sikre trygge flyforhold. Innsamling av data på bakkesannhet stiller mindre krav til vær og lysforhold, men også der var lavvann og gode lys- og vindforhold gunstig.

2.3 Innhenting av bakke­data

Som en del av kartleggingen er det viktig å samle inn bakkesannheter på vegetasjonen i det undersøkte området. Disse skal benyttes for 1) å sikre nøyaktige, fagbaserte, georefererte observasjoner for å veilede annoteringen av dronebildene, altså identifisere hvilke arter og naturtyper som vises i bildene og 2) å validere kvaliteten på habitatkartene.

For å sikre best mulig samsvar mellom dronebilder og bakkesannheter, bør disse dataene innhentes så nær hverandre i tid som mulig. Som et minimum, bør innhentingene skje på samme tid på året siden habitatflekke­ne som avbildes kan variere naturlig mellom sesonger. Men det vil også forekomme småskala endringer over kortere perioder, helt ned til times-skala. For eksempel kan tang i fjæresonen «flytte» flere titalls centimeter mellom lavvann og høyvann, rett og slett fordi tangstilkene går fra liggende til stående/flytende. Dette er faktorer som i neste runde kan påvirke kvaliteten i analysene. Imidlertid kan mye av avvikene justeres i en kvalitetssjekk av dataene, som gjøres ved å legge bakkeobservasjonene opp på dronebildet i GIS og sikre at disse registreringene representerer korrekt observasjon. Dersom det ikke er samsvar, for eksempel at det er sandbunn der man har registrert en tareplante, må disse datapunkter slettes.

Innhenting av bakkesannheter gjøres manuelt etter tradisjonelle metoder brukt i marin naturtypekartlegging. Av praktiske og sikkerhetsmessige hensyn opererer to marinbiologer i felt samtidig. På land og i grunne områder brukes vadere og såkalt Global Navigation Satellite System (GNSS)-teknologi (Leica GS18T GNS, Figur 2A) for geoposisjonering av bakkesannheter med centimeters presisjon. Dette gjelder fjæresonen og et lite stykke ned i "sublittoralen" ned til ca. 0,5 meters dyp. I områder dypere enn 0,5 meter er det nødvendig å bruke båt (Figur 3) i kombinasjon med enten vannkikkert (Figur 2B) (ned til ca. 2 meter ved god sikt) eller undervannskamera (Figur 2C) (ned til mer enn 30 meter) for å kunne identifisere vegetasjon på havbunnen.

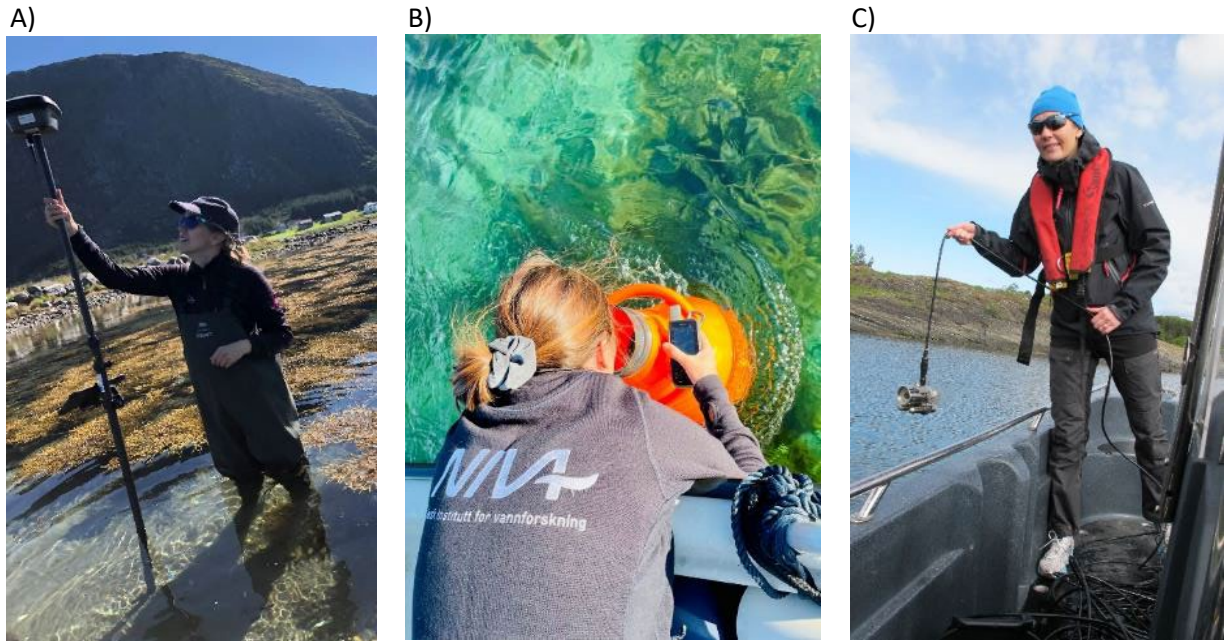
Verken vannkikkert eller undervannskamera har innebygget GPS, så dette utstyret benyttes som regel i kombinasjon med håndholdt GPS. En vanlig håndholdt GPS gir ikke på langt nær den samme romlige presisjonen som GNSS-utstyret, og man må regne med en usikkerhet som ofte kan gå over flere meter. Spesielt er usikkerheten stor ved bruk av undervannskamera, hvor lengden på kabelen (det vil si avstanden fra kameraet og opp til GPS'en) også utgjør en faktor. Den store usikkerheten som følger observasjoner gjort fra båt gjør at det er viktig å velge habitatflekker som er store nok til

eventuelt å kunne dekke den romlige usikkerheten. Altså søker man å registrere kun store (helst flere meter i diameter) habitatflekker med denne metoden. For bakkesannheter registrert med GNSS-teknologi derimot, satt vi tilsvarende krav på ca. 10 cm i diameter. Siktedypet i vannsøylen ble målt ved bruk av en secchiskive på morgenen før droneflygingen.

Presisjonen på de innsamlede bakkesannhetene avgjør hvordan de kan brukes i videre annotering av bildene. Høypresisjons (cm-nivå) bakkeobservasjoner kan brukes direkte i annoteringsarbeidet, der man med stor sikkerhet vet hvilken vegetasjonstype som gjengis i bildet der posisjonen ble tatt. Jo høyere presisjon på observasjonene, dess mer småskala objekter og vegetasjonstyper kan man klassifisere i bildet, gitt at dronebildene har høy nok oppløsning. Lavpresisjons (meter-nivå) bakkeobservasjoner derimot, kan kun brukes ved store sammenhengende habitatflekker, eller veiledende på en slik måte at man ikke bruker posisjonen direkte, men for å få en viten om hva som finnes på lokaliteten og på den måten indikere hva som vises i dronebildene. Altså, dersom man skal kartlegge et fragmentert område, med mange små habitatflekker, er det nødvendig med høy presisjon på bakkesannhetene. Hvis man derimot skal kartlegge et område med store vegetasjonsflekker, for eksempel sammenhengende områder med tareskog, vil det være tilstrekkelig med posisjonering med lavere presisjon.

I motsetning til innsamling av data for bruk i statistiske utbredelsesmodeller, er det ingen krav til randomisert utvalg når bakkesannheter skal hentes inn for bruk i bildeanalyser. Den beste og mest effektive innsamlingsmetoden for å sikre at flest mulig av de tilstedeværende artene blir funnet, er å gjøre registreringer i form av transekter langs kjente miljøgradienter som for eksempel dybde- og eksponeringsgradienter.

På forhånd listet vi opp sannsynlige og mulige arter vi kunne forvente å finne i området og kodet disse i en artsliste. I tillegg til fauna og flora, inneholdt denne listen abiotiske objekter som stein, grus, sand og antropogene gjenstander (Vedlegg B). I vårt feltarbeid på Vega gjorde vi alle registreringer i et feltskjema som senere ble koblet til GPS-data via waypoint ID. Det anbefales imidlertid å bruke GPS-utstyr som kan forhåndsprogrammeres (for eksempel Leica GS18T) med alle relevante habitatklasser, noe som både sikrer datahåndteringen og reduserer etterarbeid. I SeaBee-infrastrukturen er man i ferd med å utvikle en detaljert protokoll for habitatkartlegging ved bruk av drone, der blant annet en slik liste over habitatklasser inngår (Kvile m.fl. under utarbeidelse).



Figur 2. Ulike typer utstyr brukt for innhenting av bakkeedata. A) høypresisjons GNSS posisjoneringssystem (Leica GS18T GNSS/GPS), B) tradisjonell vannkikkert og C) undervannskamera med SD video, dybdesensor og opptaksmulighet (Atlantis 5080, også kalt droppkamera).



Figur 3. Aluminiumbåten Kaasbøll, 19 fot, 60 hk og innebygget GPS og ekkolodd ble brukt under feltarbeidet på Vega og Herøy.

2.4 Droneflyging og avbildning

Kartleggingen skulle ifølge oppdraget dekke tidevannsonen og havområdet utenfor, så dypt som det er mulig å identifisere vegetasjon i bilder tatt ved fjernmåling, som vi antar er ved maks 5-10 meters dybde i dette området. Også øyer, holmer, skjær og strandsoner i området skulle kartlegges i bildene. Shapefilene med polygoner fra oppdragsgiver ble brukt i programmering av flyruter for dronene før feltarbeidet. Størrelsen på de to kartlagte områdene på henholdsvis 2,0 og 3,5 km² var mer enn hva pilotene tidligere hadde kartlagt på et par dager, noe som medførte et ekstra press på logistiske og praktiske forhold.

Fastvingedronen eBee X mapping drone (Figur 4) fra leverandøren AgEagle (tidligere SenseFly, Sveits) ble benyttet til oppdraget. Fastvingedroner er gunstige for å dekke større områder på en tidseffektiv måte, da de flyr raskt og har lang batterikapasitet. Dronen var utstyrt med et multispektralt kamera for innhenting av bildedata i de to undersøkte områdene. Det multispektrale kameraet (Micasense Rededge-MX) samlet inn data i 5 spesifikke fargebånd, henholdsvis blått, grønt, rødt, mørkerødt og infrarødt. Sensorens spektrale sensitivitet og bredden for hvert bølgebånd er oppgitt i Tabell 1. Multispektralt kamera ble valgt siden multispektrale bilder gir det beste utgangspunktet for maskinlæringsanalyser. For annoteringsarbeidet derimot, vil RGB-bilder gi et noe bedre grunnlag da de gjengir naturlig farge av vegetasjonen, men det var ikke rom for RGB-bilder i prosjektets budsjett.



Figur 4. Fastvinge-dronen som ble anvendt i prosjektet – en *eBee X mapping drone*. Dronen var utstyrt med en multispektral sensor som samlet inn data i 5 spesifikke fargebånd (se Tabell 1 for detaljer).

Tabell 1. Farge og sensitivitet for den multispektrale sensoren som ble anvendt i datainnsamlingen – en Micasense Rededge-MX multispektral sensor.

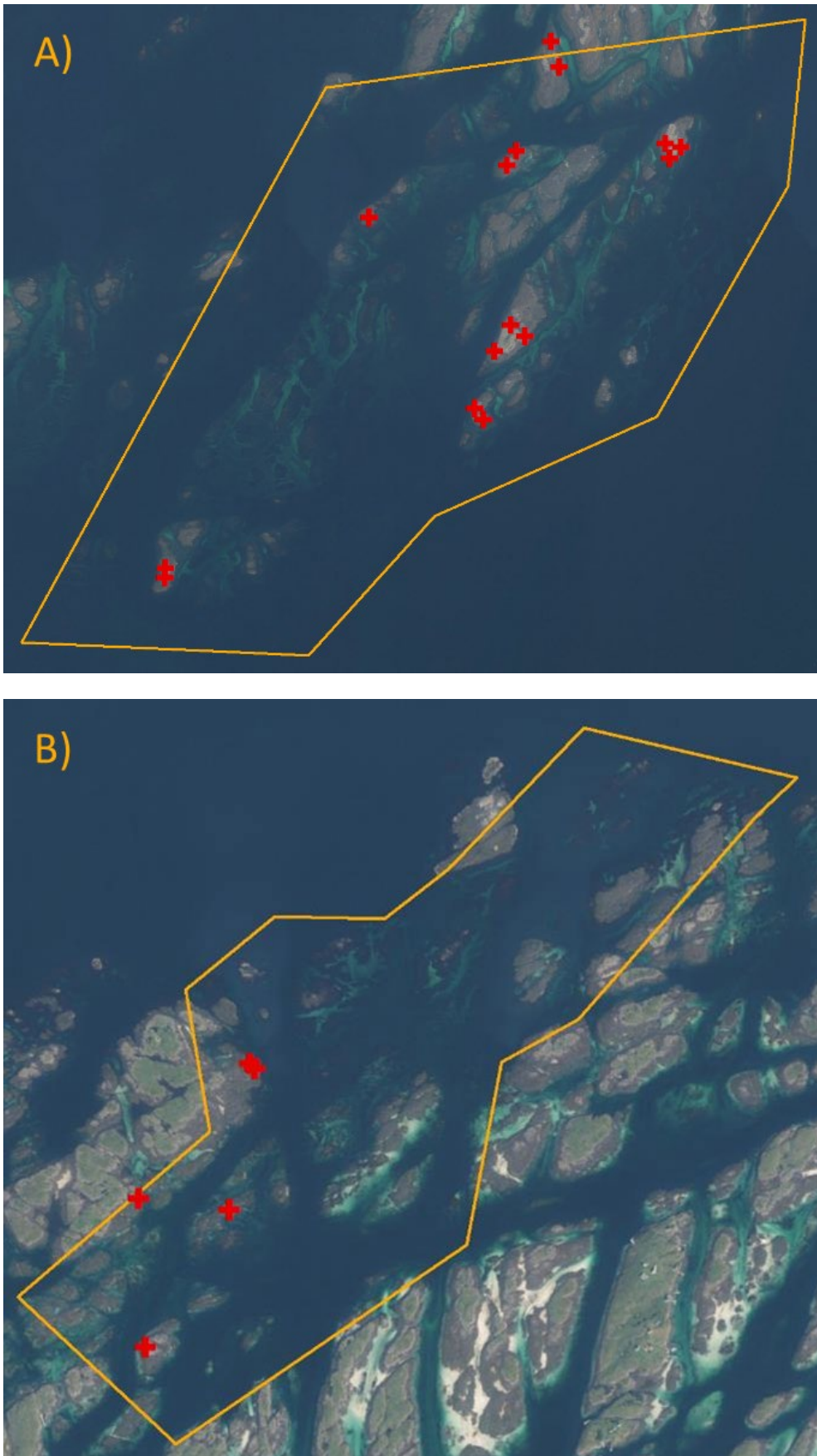
Farge	Sensitivitetssenter (nm)	Båndbredde (nm)
Blått	475	32
Grønt	560	27
Rødt	668	16
Mørkerødt	717	12
Infrarødt	842	57

For å øke presisjonen av georeferering av ortomosaikkene (se Kapittel 2.5) kan man legge ut kontrollpunkter på bakken (Ground Control Points, GCPs) i området som kartlegges. Dette gjøres ved å sette kryss på bakken, enten i form av et trekryss eller nedbrytbar maling rett på bakken (Figur 5A). Ved maling bruker man et miljøvennlig produkt som forsvinner i løpet av mindre enn 30 dager. Punktene eksakte posisjon bestemmes ved bruk av høypresisjons georeferering (<3 cm, GNSS, her en Leica GS18T). Slike kontrollpunkter med kjent posisjon er avgjørende for å få til riktig georeferering og sammensying av bildene til kartprodukter (georefererte ortomosaikker) i etterkant (Kapittel 2.5). Mangel på egnede lokaliteter for posisjonering av slike kontrollpunkter er ofte en utfordring langs kystlinjer og i åpne havområder, hvor det er langt til land. I studieområdet på Vega/Herøy, derimot, er området dominert av tettliggende holmer og skjær som gjorde det relativt enkelt å legge ut et egnet antall kontrollpunkter på bakken. Det ble lagt ut henholdsvis 15 og 5 kontrollpunkter i sørlig og nordlig område (Vedlegg F og Figur 6).



Figur 5. Kontrollpunkt (GCP) på bakken for å sikre riktig geoposisjonering av bildene. For markeringen ble det enten brukt en miljøvennlig, oppløselig kalkfarge som forsvinner i løpet av mindre enn 30 dager (A) eller et portabelt og gjenbrukbart trekryss malt med hvit maling (B).

Droner er typisk utstyr med 'vanlige' GPS mottakere (presisjon <2 m), og i noen tilfelle utstyr med muligheten for å øke presisjonen på posisjonering ved hjelp av enten RTK (Real Time Kinematic) eller PPK (Post Processing Kinetic) teknologi, typisk til en presisjon på <2 cm. En RTK-korrigerer består av en mottaker på dronen som kommuniserer med en stasjonær bakkestasjon. Denne kan være regional (Leicas eller andre aktørers nett) eller lokalt satt opp. Bakkestasjonen justerer for atmosfæriske forstyrrelser fra satellittene ned til bakken. Forhold som påvirker dekningen kan være skydekke, ionosfæriske forstyrrelser og satellittenes posisjon (lav vinkel mot horisonten gir mer ionosfæriske forstyrrelser). Det finnes tjenester tilgjengelig på Internett som gir varsler om høy ionosfærisk aktivitet. På droner med RTK, og ved god satellittdekning, vil korreksjonen skje i sann tid mens dronen er i luften. Ved dårlig dekning, vil korreksjonen ikke skje øyeblikkelig, og må gjøres i etterkant (post-prosessering). En direkte georeferering via RTK kan være å foretrekke, da dette medfører mindre etterarbeid. Ofte er ikke dekningen god nok under flygingen i for eksempel avsidesliggende kystområder, slik at postprosessering kan bli nødvendig. Dette var også tilfelle i denne feltkampanjen (Kapittel 3.3). Som en del av post-prosesseringen vil georefereringen av bildene i tillegg bli testet (og evt. korrigert) i forhold til kontrollpunktene på bakken (Figur 5A, Figur 6). Dette arbeidet er planlagt utført til neste år.



Figur 6. Kontrollpunktene plassering (røde kryss) i sørlig (A) og nordlig (B) område.

2.5 Postprosessering av dronebilder

Avbildningen ved droneflyging resulterer i et stort antall enkeltbilder som må post-prosesseres gjennom mange enkeltprosesser før bildeanalyse kan utføres. Først kvalitetssikres bildene gjennom ortorektifisering og fotogrammetri (en prosess der bilder blir konvertert til et format egnet for kartframstilling ved å fjerne geometriske forvrengninger relatert til drone, sensor, terreng og andre faktorer). Deretter skjer en sammensying av enkeltbildene til en sammensatt bildemosaikk, som igjen blir georeferert. For systematisk kvalitetssikring, ortorektifisering og generering av bildemosaikk ble programvaren Pix4D (www.pix4d.com) anvendt. Dette er en anerkjent kommersiell programvare for dette formålet.

I alt ble det innhentet omtrent 45 000 bilder fra de to områdene (Tabell 2). I det sørlige området består datamaterialet av omtrent 6 000 bilder for hver av de fem fargebåndene, altså totalt 30 000 enkeltbilder. I det nordlige området ble det innhentet rundt 3 000 bilder. Multiplisert med 5 bånd gav dette rundt 15 000 bilder. Bilder for hver av de fem fargebåndene ble opptatt simultant, omtrent hvert sekund (1 Hz) under de respektive flyvinger. En kort oppsummering av metadata på dronedatainnhentingen i sørlig og nordlig område er gitt i Tabell 2. Se Tabell 4 og 5 for en oversikt over gjennomførte flyvinger.

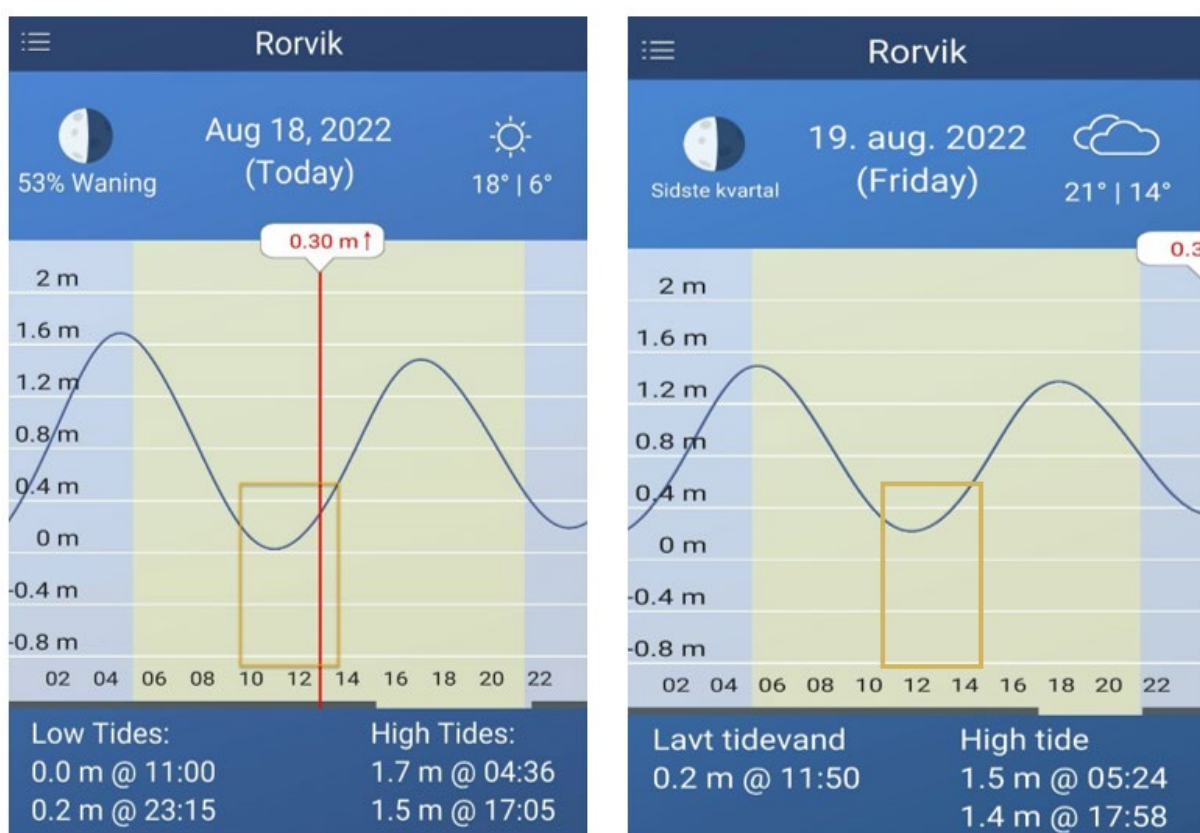
Tabell 2. Kort oppsummering av metadata på data/bildeopptak med drone for sørlig (Steinskjæran) og nordlig (Sandværødden) område.

	Sørlig område (Steinskjæran)	Nordlig område (Sandværødden)
Areal	350 ha	200 ha
Dato	18. august	19. august
Tid	09:45-13:54 (fordelt på 5 flyvninger inkl. batteriskifte)	10:32-13:31 (fordelt på 2 MS flyvninger og inkl. batteriskift)
Laveste tidevann	Kl. 11:00	Kl. 11:50
Vær	Først overskyet med 6-8 m/s vind. Deretter sol og 3-4 m/s vind	Overskyet med 6-8 m/s vind
Siktdyp	Ca. 10 m	Ca. 10 m (antatt samme som dagen før)
Drone og sensor	SenseFly eBee X med Multispektralt kamera (Micasense Rededge-MX)	SenseFly eBee X med Multispektralt kamera (Micasense Rededge-MX)
Flyhøyde	120 m	120 m
Bilde-overlapp	75/75	75/75
Oppløsning	8,5-9 cm	8,5-9 cm
Antall bilder	Ca. 6000 (x 5 bånd) = ca. 70 GB rådata materiale (før prosessering)	Ca. 3000 (x 5 bånd) = ca. 30 GB før prosessering
Bakke-sannhet	403 posisjoner med håndholdt GPS (omkring +/- 2 m presisjon, dypt vann), 332 posisjoner med Leica GS18T (omkring +/- 2 cm presisjon, grunt vann)	Bakkesannhet: 146 posisjoner med håndholdt GPS (omkring +/- 2 m presisjon, dypt vann), 168 posisjoner med Leica (omkring +/- 2 cm presisjon, grunt vann)

3 Resultater

3.1 Logistikk og værforhold

De to områdene Steinskjæran (sør) og Sandværødden (nord) var greie å nå fram til med småbåt, og feltarbeidet gikk uten betydelige problemer. De første dagene av feltperioden (15-17. august) ble brukt til rekognosering og innhenting av bakkeedata. I denne perioden var det kraftige vindkast (> 10 m/s i flyhøyde) og dagene var ikke ideelle for droneflyging. Den 18. og 19. august løyet vinden og værforholdene ble bedre og gav anledning til å gjennomføre alle planlagte droneflyvinger. Det ble målt ca. 10 meter siktdyp, noe som anses som rimelig god. Drone-misjonene ble utført på maksimalt lavvann disse to dagene (Figur 7).



Figur 7. Tidevannskurver fra dagene det ble gjennomført droneflyging. Den 18. og 19. august 2022 i henholdsvis sørlig og nordlig område. De brune boksene viser når på dagene flygingene ble utført. Kilde: Appen *Tidevann*.

Som nevnt i Kapittel 2.2 er det mange faktorer som skal klaffe for å få gjennomført et vellykket dronefeltarbeid. Ved retrospektiv vurdering av værstatistikken i området nord for Vega var det mulig å identifisere de faktiske vinduene for egnede flyforhold i løpet av august måned. Fra Norsk Klimaservicesenter (seklima.met.no) lastet vi ned værstatistikk på nedbør, vindhastighet (snitt og maks-verdier), skydekke (høyde og dekningsgrad), sikt, tidspunkt for soloppgang og -nedgang, samt tidevannsforhold. Kriteriene som ble satt for egnede flyforhold er gjengitt i Tabell 3.

Tabell 3. Parametere og kriterier brukt i vurderingen av gode forhold for droneflyging.

Parameter	Kriterium	Forklaring
Dagslys	1,5-2 timer etter soloppgang og før solnedgang	For å ha gode lysforhold for avbildning, unngå skygge-effekter og for å ha visuell kontakt med dronen
Lavvann	± 2 timer før/etter lavvann	For at vegetasjonen skal være så synlig og tilgjengelig som mulig
Nedbør	0 mm	Unngå vanndråper på sensorlinser og droner
Vindhastighet (snitt)	< 7 m/s	Unngå risikofylt flyving. Vindhastighet på 7 m/s på bakken kan være over 10 m/s i en flyhøyde på 120 m.
Vindhastighet (max)	< 9 m/s	Unngå risikofylt flyving. Vindkast på 9 m/s på bakken kan være over 12 m/s i en flyhøyde på 120 m.
Skydekke (høyde)	> 300 moh	For å sikre god visuell kontakt med dronen
Skydekke (oktas)	0 = Særdeles god (S) 1-3 = Meget god (M) 4-8 = God (G)	Kun brukt til å differensiere mellom gode, meget gode og særdeles gode forhold. Alle grader av skydekke (oktas) er ansett som egnet for flyging.

De faktiske tidsvinduerne for droneflyging, basert på værstatistikken rundt Vega i august måned 2022, er vist i Figur 8. To ufravikelige parametere var dagslys (1,5-2 timer etter soloppgang og før solnedgang) og tider for lavvann (± 2 timer før/etter lavvann). Derfor ble alle tidspunkt som ikke oppfylte disse to kriterier ekskludert fra statistikken som vises i Figur 8. De resterende parameterne i figuren er klassifisert som 0 (ikke egnet) eller 1 (egnet) for droneflyving i henhold til Tabell 3. Det er også satt som et krav at tidsvinduet skal være i minimum 3 timer, for å rekke å fly et område av en størrelse opp mot 2 km² (tilsvarende nordlig område *Steinskjæran*). Analysene viste at i løpet av august måned 2022 var det i alt 15 tidsvinduer (14 unike dager) med akseptable flyforhold for drone på Vega (Figur 8). Av disse var det særdeles gode (S) forhold 3 av disse, meget gode (M) forhold i kun halvparten av et vindu, og ellers gode forhold (G). Den siste klassifiseringen er basert på skydekke, som differensiere flyforhold fra hverandre basert på skydekke. Oppsummert, kan man konkludere med at værforholdene er en viktig faktor for suksessfull gjennomføring av dronefeltarbeidet, og at det er viktig å følge med på værvarselet nøye i forkant av et feltarbeid, samt være fleksibel med hensyn til når arbeidet kan utføres.

Av andre faktorer man kunne inkludert i en slik oversikt er siktedyp, der kriteriene vil variere avhengig av hva slags type marin vegetasjon man studerer. For eksempel er grunn vegetasjon (f.eks. tang og ålegrasenger) ikke så avhengig av siktedyp som dyp vegetasjon (f.eks. tareskog). Man kunne også lagt til andre faktorer som ikke nødvendigvis påvirker flygingen, men allikevel er avgjørende for god datainnsamling, som f.eks. forhold som påvirker satellittdekningen (Kapittel 2.4).

Dato	01.aug					02.aug					03.aug					04.aug					05.aug					06.aug					07.aug					08.aug					09.aug					10.aug					
Time	7	8	9	10	19	20	8	9	10	11	20	8	9	10	11	20	9	10	11	12	20	9	10	11	12	13	10	11	12	13	11	12	13	14	12	13	14	15	13	14	15	16	14	15	16	17	6	15	16	17	18
Dagslys	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lawann	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
Nedbør	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
Vind snitt	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
Vind maks	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1					
Skybase	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
Sikt	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
Skydekke	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	S	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G									

Dato	11.aug					12.aug					13.aug					14.aug					15.aug					16.aug					17.aug					18.aug					19.aug						
Time	7	16	17	18	19	7	8	17	18	19	20	7	8	9	18	19	20	7	8	9	18	19	20	7	8	9	10	19	20	8	9	10	11	20	8	9	10	11	9	10	11	12	10	11	12	13	
Dagslys	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Lawann	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nedbør	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vind snitt	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vind maks	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Skybase	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sikt	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Skydekke	G	G	G	G	G	G	G	M	M	G	G	G	G	G	G	G	G	G	S	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G					

Dato	20.aug					21.aug					22.aug					23.aug					24.aug					25.aug					26.aug					27.aug					28.aug					29.aug					30.aug					31.aug				
Time	11	12	13	14	14	13	14	15	16	14	14	15	16	17	15	16	17	18	15	16	17	18	15	16	17	18	7	16	17	18	19	7	17	18	19	8	8	17	18	19	8	8	17	18	19	8	9	18	19	8	9	19	8	9	10	19				
Dagslys	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
Lawann	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										
Nedbør	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1										
Vind snitt	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1					
Vind maks	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1					
Skybase	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1										
Sikt	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1							
Skydekke	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	M	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G										

Figur 8. Perioder med egnete forhold for droneflyging, basert på en retrospektiv analyse av værforholdene for august måned 2022, klassifisert etter kriterier gitt i Tabell 3. Verdien 1 = egnet og 0 = uegnet. Værdata ble hentet fra Norsk Klimaservicesenter (seklima.met.no) for værstasjonen Vega – Vallsjø (SN76450), lokalisert i nordvestlig hjørne av øya Vega. Orange bokser indikerer tidsvinduer for droneflyging, der G = gode forhold, M = Meget gode forhold og S = Særdeles gode forhold. Datoer for droneflygingen i KELPMAP-prosjektet foregikk 18 og 19. august 2022.

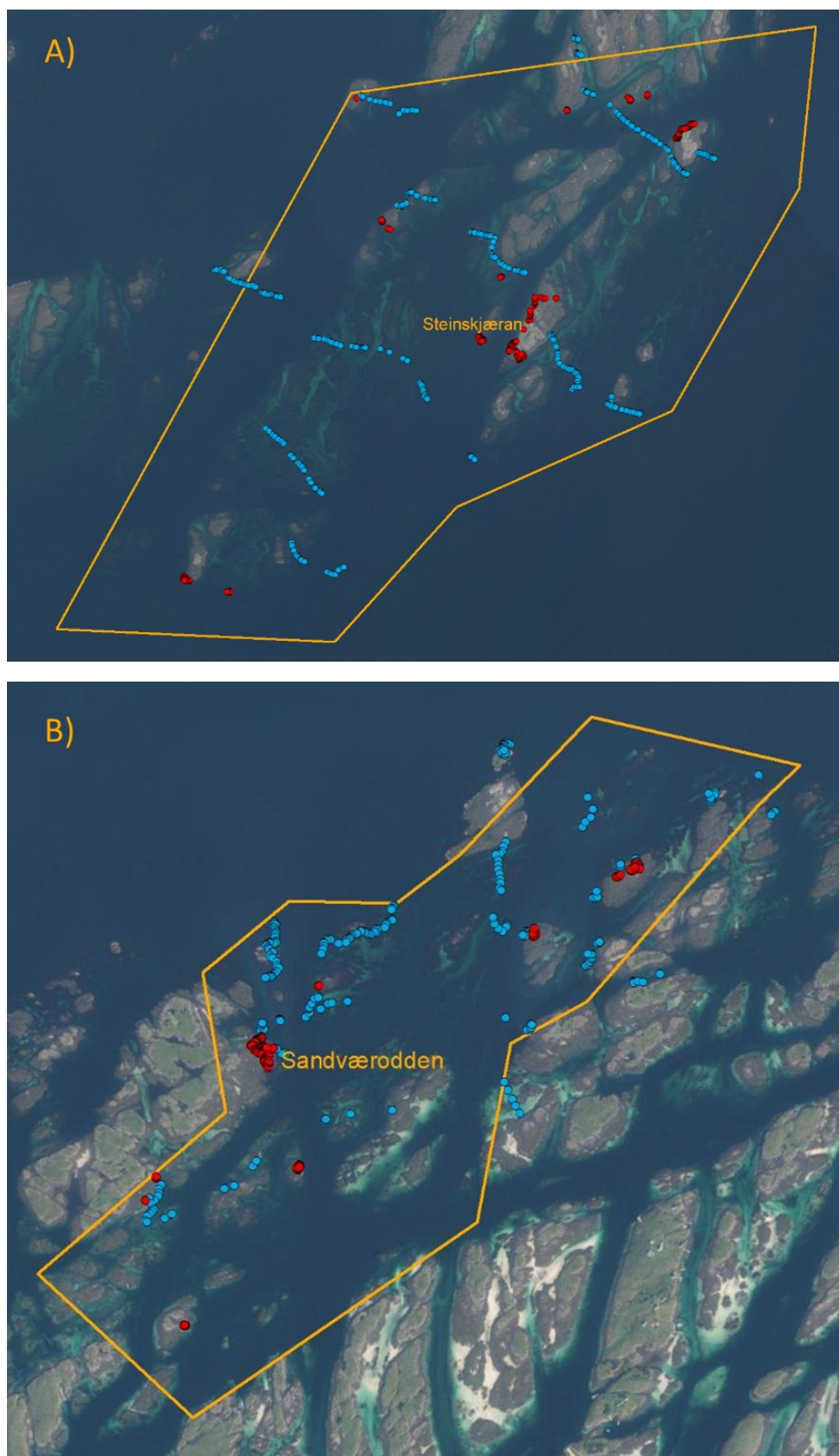
3.2 Innhenting av bakkeedata

3.2.1 Generell beskrivelse av arter og naturtyper som ble observert

Begge områdene ligger innenfor en rekke holmer og grunner som beskytter mot storhavet og tung sjø, selv om deler av områdene også ligger ut mot en litt åpen havstrekning som til tider kan gi lokale bølger ved kraftig vind fra vestlig retning. Områdene er preget av små holmer med mye tang i naturlig sonering med sauetang øverst, etterfulgt av spiraltang, blæretang, grisetang og sagtang, men også i litt flekkvis blanding. Rundt de fleste holmene dekker tangen helt, mens ved de mest eksponerte holmene er tangen flekkvis og fjell med rur er vanlig. I sublittoralen, altså under tidevannsbeltet, ble det funnet fire ulike arter av tare som varierte avhengig av eksponeringsforholdene. Stortare (*Laminaria hyperborea*), fingertare (*L. digitata*) og butare (*Alaria esculenta*) ble funnet på nokså eksponerte steder, mens sukkertare (*Saccharina latissima*) ble funnet i mer beskyttet områder og ofte noe dypere enn de andre artene, der energien fra bølgene er mindre kraftig. Det gjenstår å se om det er mulig å skille disse artene fra hverandre i dronebildene. Stortare, fingertare og til dels butare er veldig like, og kan være vanskelige å skille fra hverandre selv for spesialister, så det er trolig lite sannsynlig at de kan separeres i dronebilder. Sukkertare har en noe lysere farge enn de to andre, og også en annen, mer krøllet struktur, så denne håper vi skal være mulig å skille fra *Laminaria*-artene. På mer beskyttet sublittoral bunn bar det preg av nylig nedbeiting fra kråkeboller (*Strongylocentrotus droebachiensis*), selv om det var få kråkeboller å se. Det var også en del bart fjell bevokst med martaum (*Chorda filum*) og andre opportunistiske alger. Overalt var det sandbunn innimellom, ofte grov skjellsand. Det var ikke forventet å finne ålegras (*Zostera marina*) så langt ute i havet, men det ble allikevel funnet en liten flekk i sørlig område. Det ble også gjort registreringer av en del fauna, som albueskjell og ansamlinger av strandsnegl og rur, men siden så små elementer er vanskelig å identifisere i dronebildene, er disse tatt ut av datasettet som skal analyseres videre.

3.2.2 Innsamlede data

Kartene i Figur 9 viser transektene som ble fulgt ved innhenting av bakkeedata. Dette ble gjort både for å dekke dybdegradienter i området og fordi det er en effektiv måte å gjøre registreringer på. Vedlegg B viser en liste over alle arter og habitattyper som ble funnet i området. Siden kartlegging av tareforekomster var fokus i oppdraget, var det viktig å prioritere registreringer av tare og andre makroalger i datainnsamlingen. Det resulterende datasettet inneholder 425 (41 %) registreringer av tare, hvorav stortare utgjorde 26 %, mens sukkertare, butare og fingertare stod for henholdsvis 7 %, 4 % og 4 %. Tangarter utgjorde 28 % (288 registreringer), der følgende arter ble registrert: sagtang (9 %), grisetang (7 %), blæretang (4 %), sauetang (3 %), spiraltang (2 %) og skulpetang/skolmetang (2 %). Vær oppmerksom på at antallet av de ulike artene ikke er representativt for hva som er til stede i området, da denne metodikken ikke gir grunnlag for slik kvantifisering.



Figur 9. Kart over innsamlede data i sørlig (A) og nordlig (B) område. Røde punkter viser registreringer gjort på land og grunt vann ved bruk av vadere og Leica posisjoneringssystem. Blå punkter viser registreringer gjort fra båt med enten vannkikkert eller undervannskamera.

3.3 Droneflyginger

3.3.1 Sørlig område

Operasjonen i det sørlige området ble gjennomført torsdag 18. august mellom kl. 9:45 og 13:54, i alt 4 timer og 20 min som inkluderte 5 flyginger og batteriskift mellom hver flyging. Været var overskyet fra morgenen med ca. 6-8 m/s østlig vind. Senere på dagen ble det solskinn og vinden løyet til ca. 3-4 m/s. Det avbildede området utgjorde ca. 350 ha (3,5 km²). Flygingen ble tilrettelagt ut fra å kunne kartlegge området innen tidevannet oversteg 50 cm over maksimalt lavvann. Flyhøyden var 120 m med 75/75 overlapp, altså alle bilder overlappet 75 % med neste bilde foran og til siden (Tabell 4). Dette tilsvarer en forventet pixeloppløsning på bakken på 8,5-9 cm/pixel. RTK-signalene var noe ustabile under flygingen, noe som medførte behov for PPK post-prosessering av bildene i ettertid. Det ble lagt ut 15 GCP i det sørlige området, som ble benyttet til georeferering av modellen. I alt ble det samlet inn ca. 6 000 multispektrale bilder, hver med 5 bånd, som i alt utgjør ca. 70 GB i råmateriale. Gjennom flere post-prosesserings skritt ble alle enkeltbilder for hver flyving satt sammen til en ortomosaikk (geo-tiff fil), via ortorektifisering, for hvert bølgebånd. Dette ble gjennomført for alle fem flyvinger, som deretter ble satt sammen til én stor ortomosaikk som dekket hele området for hvert bølgebånd (Vedlegg E, Figur E1A). Deretter ble det generert et sammenhengende RGB-komposittbilde basert på de 5 flyvingene fra de multispektrale bildene (Vedlegg E, Figur E1B). For det sørlige området dekker dette bildet kun ca. 55 % av det oppmålte polygonet som skulle kartlegges, noe som skyldes at polygonet inneholdt store områder med dypt vann som ikke gir grunnlag for sammensying av enkeltbilder fra dronen til post-prosesserte ortomosaikker (en teknikk som krever overlapp av gjenkjennbar fysiske karakteristika i enkeltbildene).

Tabell 4. Spesifikasjoner ved droneflygingen i sørlig område 18. august 2022.

Flyvning	Take-off	Landing	Flyhøyde (m)	Sensor	Skydekke	Vind (m/s)
1	09:45	10:33	120	MS	40 %	6-7 Ø
2	10:38	11:30	120	MS	10 %	7-8 Ø
3	11:39	12:34	120	MS	10 %	5-6 Ø
4	12:38	13:43	120	MS	10 %	5-6 Ø
5	13:47	13:54	120	MS	10 %	5-6 Ø

3.3.2 Nordlig område

Operasjonen i det nordlige området ble gjennomført fredag 19. august mellom kl. 10:32 og 13:31, i alt 3 timer (Tabell 5). Operasjonen ble sentrert rundt laveste tidevann kl. 11:50. Været var helt overskyet under alle flyginger med stabil sørøstlig vind på 6-8 m/s. Det ble ikke tatt siktedyp denne dagen, men den anses å være den samme som dagen før. Det avbildede området utgjorde ca. 200 ha (2 km²). Hele området ble dekket på to flyginger med multispektralt kamera, tilsvarende det som ble gjort i det sørlige området. Dronetype og MS innstillinger var de samme som i sørlig område dagen før, det vil si 120 m og 75/75 overlapp. RTK var også denne dagen noe ustabil. Det ble lagt ut 5 GCP i det nordlige området. Etterarbeidet på dronebildene for generering av ortomosaikker samt RGB-komposittbilder ble gjort som beskrevet ovenfor (Vedlegg E, Figur E2). For det nordlige området dekker dette bildet tilnærmet 100 % av det oppmålte polygonet, da det var mulig å sy sammen stort sett hele området til sammensatte ortomosaikkbilder. Dette området inneholdt færre dype åpne områder og flere øyer og skjær som gav godt overlapp mellom bildene og grunnlag for god sammensying. I alt ble det samlet inn ca. 3 000 multispektrale bilder, som tilsvarer 30 GB datamateriale i råmateriale.

Tabell 5. Spesifikasjoner ved droneflygingen i nordlig område 19. august 2022.

Flyvning	Take-off	Landing	Flyhøyde (m)	Sensor	Skydekke	Vind (m/s)
1	10:32	11:27	120	MS	100 %	6-8 SØ
2	11:31	12:25	120	MS	100 %	6-8 SØ
3	12:30	13:31	120	RGB	100 %	6-8 SØ

4 Konklusjon

Overordnet var feltarbeidet meget vellykket. Størrelsen på de to kartlagte områdene på henholdsvis 2,0 og 3,5 km² var mer enn hva pilotene tidligere hadde kartlagt på noen få dager, noe som medførte et ekstra press på logistiske og praktiske forhold. Begge områder ble avbildet fra 120 meters høyde, som er maksimalt tillatte flyhøyde for droner i åpen kategori. Dette gav maksimalt dekning av områdene, men som også går på bekostning av pixel-oppløsningen i bildene. Det er en avveining mellom størrelsen på arealet man vil dekke og oppløsningen i bildene. Vi mener det ble gjort en OK avveining mellom disse hensynene i dette studiet.

En retrospektiv analyse av værdata for området viste at vi var forholdsvis heldige med valg av dager for gjennomføringen av droneflygingen. Analysen viste at det var 15 tidsvinduer med egnede flyforhold i løpet av august 2022, og det var flere lengre perioder (opptil 6 dager) da droneflyging ikke var mulig. Dette er viktig lærdom for planlegging av fremtidige dronekampanjer i tilsvarende værutsatte områder. I tillegg til å følge godt med på værvarselet i området, bør man ha en viss fleksibilitet for utføring av feltarbeidet, for å ha mulighet til å utnytte gode dager for flyving, hvis man vil sikre høy kvalitet på produktene av droneflyving.

De to områdene som var valgt ut av Miljødirektoratet for kartlegging av tareskog var godt egnet for hensikten, da det ble funnet tareforekomster av flere ulike tarearter og andre makroalger i området. Dog var det uhensiktsmessig, at det sørlige området inneholdt relativt få øyer og skjær og store arealer med dypt vann (>10 meter) uten gjenkjennelige karaktertrekk fra luften, som umuliggjorde sammensetting av ortomosaikker. Dermed ble unødvendig mye flytid brukt over områder som ikke kunne settes sammen til ortomosaikker. Kun 55 % av det sørlige området ble inkludert i det sammensatte komposittbildet. En erfaring man kan trekke av dette er at utvelgelse av studieområde bør gjøres i samråd med fagpersoner (dronepilot og biolog) som skal utføre feltarbeidet.

Vi antar at det innsamlede datamaterialet er et godt utgangspunkt for videre analyser av marin vegetasjon og produksjon av kart over naturtyper og tareforekomster.

5 Vedlegg

Vedlegg A: Prosjektmedarbeidere og ansvarsoppgaver

Navn	Institusjon	Aktivitet
Hege Gundersen	NIVA	Prosjektleder, administrasjon, hovedansvar for feltplanlegging og rapportering
Kasper Hancke	NIVA	Faglig medansvarlig, leder for SeaBee infrastrukturen, feltplanlegging og rapportering
Medyan Ghareeb	NIVA	Dronepilot, feltplanlegging, postprosessering av dronebilder, rapportering
Robert N. Poulsen	SpectroFly	Dronepilot, feltplanlegging, postprosessering av dronebilder, rapportering
Toms Buls	SpectroFly	Dronepilot, postprosessering av dronebilder, rapportering
Hartvig Christie	NIVA	Innhenting av bakkesannheter
Maia R. Kile	NIVA	Innhenting av bakkesannheter, feltplanlegging
Karoline S. Arvidsson	NIVA	Administrasjon, økonomisk ansvarlig, feltplanlegging og rapportering
Kristina Ø. Kvile	NIVA	Planlegging av analyser (ikke utført ennå), rapportering

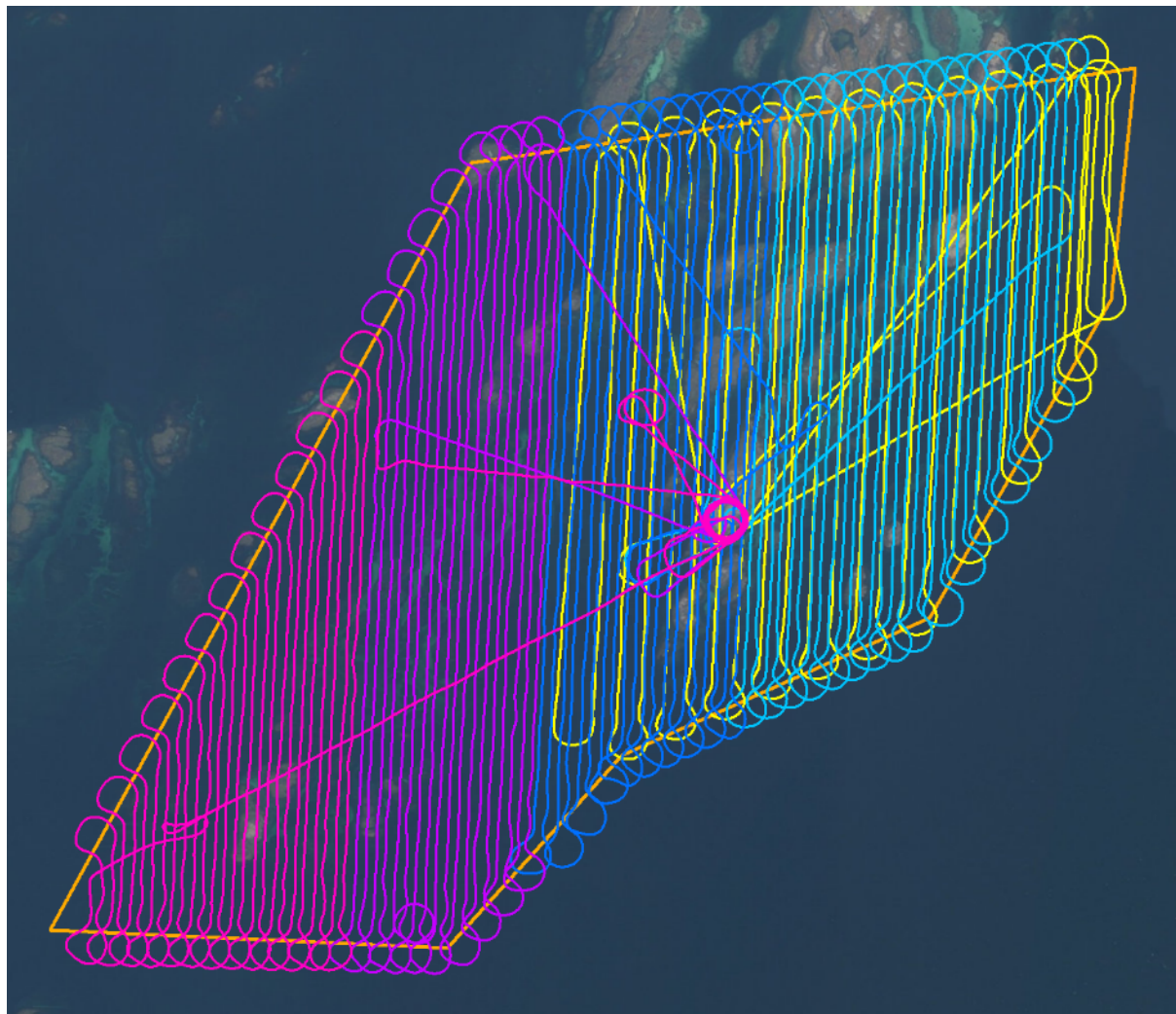
Vedlegg B: Liste over arter og habitattyper

Liste over alle arter, habitater og andre funn gjort i studieområdene gjennom registrering av bakkesannheter. Listen er sortert etter antall observasjoner. Frekvensen av observasjonen er *ikke* representativt i forhold til utbredelsen av habitatene/artene i området, da den anvendte metodikken ikke gir grunnlag for slik kvantifisering.

Kode	Art/habitat	Steinskjæran (SØR)	Sandværodden (NORD)	Totalt antall observasjoner
LAMHY	<i>Laminaria hyperborea</i> (stortare)	223	51	274
SAND	Sandbunn	67	32	99
FUCSE	<i>Fucus serratus</i> (sagtang)	57	36	93
ASCNO	<i>Ascophyllum nodosum</i> (grisetang)	41	34	75
SACLA	<i>Saccharina latissima</i> (sukkertare)	50	19	69
ROCK	Fjell/stein	33	36	69
CHOFI	<i>Chorda filum</i> (martaum)	27	19	46
ALAES	<i>Alaria esculenta</i> (butare)	42		42
LAMDI	<i>Laminaria digitata</i> (fingertare)	40		40
FUCVE	<i>Fucus vesiculosus</i> (blæretang)	22	15	37
PELCA	<i>Pelevetia canaliculata</i> (sauetang)	12	23	35
FUCSP	<i>Fucus spiralis</i> (spiraltang)	15	9	24
HALSI	<i>Halidrys siliquosa</i> (skulpetang/skolmetang)	24		24
CLARU	<i>Cladophora rupestris</i> (grønndusk)	13	10	23
ULVIN	<i>Ulva intestinalis</i> (tarmgrønske)	9	8	17
BROWN	Brunalge uspesifisert	7	8	15
MAERL	Ruglbunn	12	2	14
CHOCR	<i>Chondrus crispus</i> (krusflik)	8	2	10
TURF	Trådformede alger	15	2	17
FURLU	<i>Furcellaria lumbricalis</i> (svartkluft)	3	3	6
PALPA	<i>Palmaria palmata</i> (søl)	6		6
VERLA	<i>Vertebrata lanosa</i> (grisetangdokka/trøffeltang)	4	1	5
PRASP	<i>Prasiola</i> sp. ("mosegrønske")		2	2
DESVI	<i>Desmarestia viridis</i> (mykt kjerringhår)	1		1
GREEN	Grønnalge uspesifisert		1	1
HILRU	<i>Hildenbrandia rubra</i> (fjæreblod)		1	1
ZOSMA	<i>Zostera marina</i> (ålegras)	1		1
TOTALT		732	314	1046

Vedlegg D: Flyruter for gjennomførte droneoppdrag

Nedenfor vises flyrutene for flyvningene for sørlige område (Figur B1) nordlige område (Figur B2).

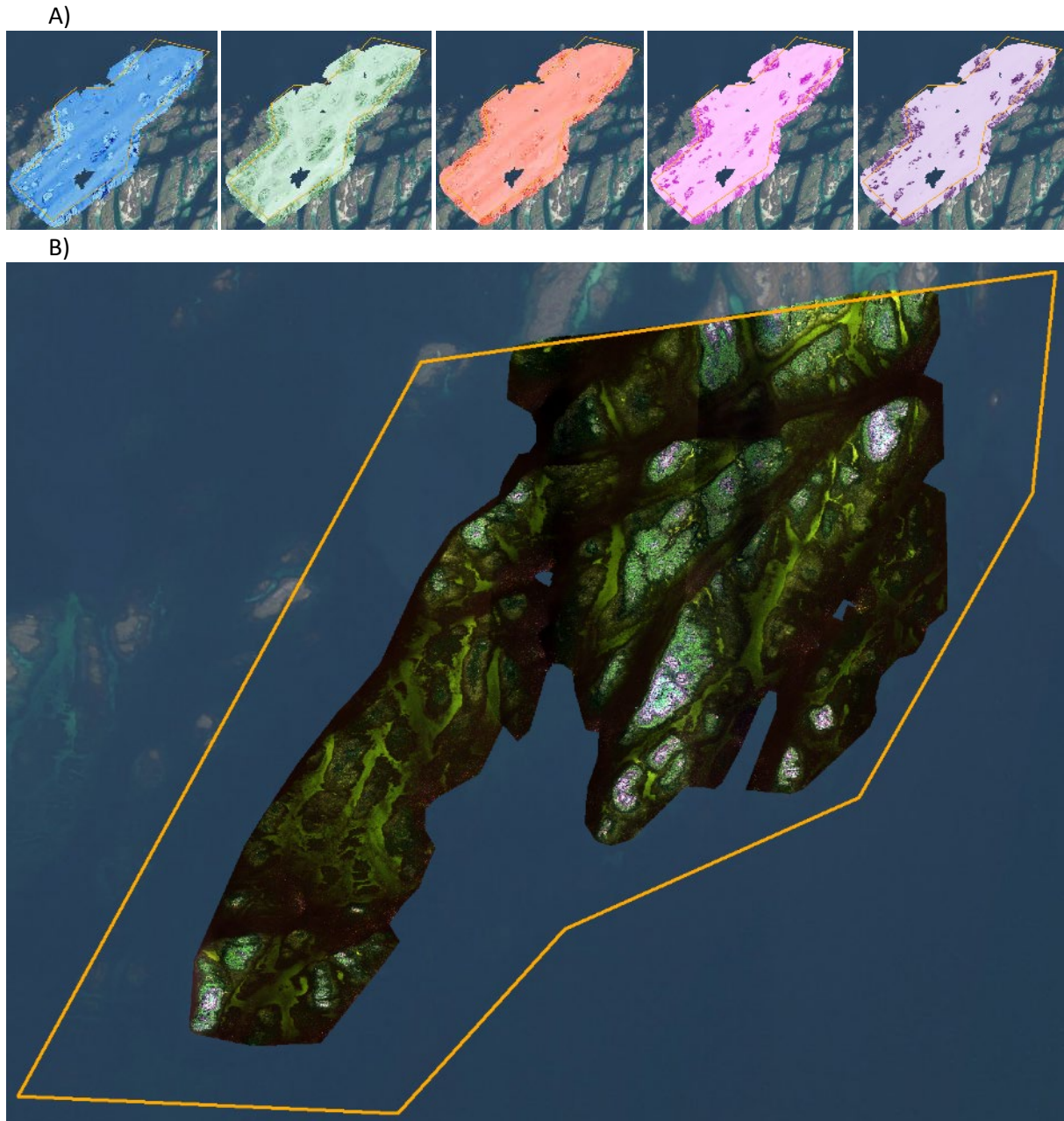


Figur B1. Flyspor for de fem gjennomførte flyvninger med fastvinge drone (Kapittel 2.4) som til sammen dekket hele det sørlige området (se Tabell 2 for detaljer). Filnavn: 20220818_0945_ms_fl 1_120m, 20220818_1038_ms_fl 2_120m, 20220818_1139_ms_fl 3_120m og 20220818_1238_ms_fl 4_120m.

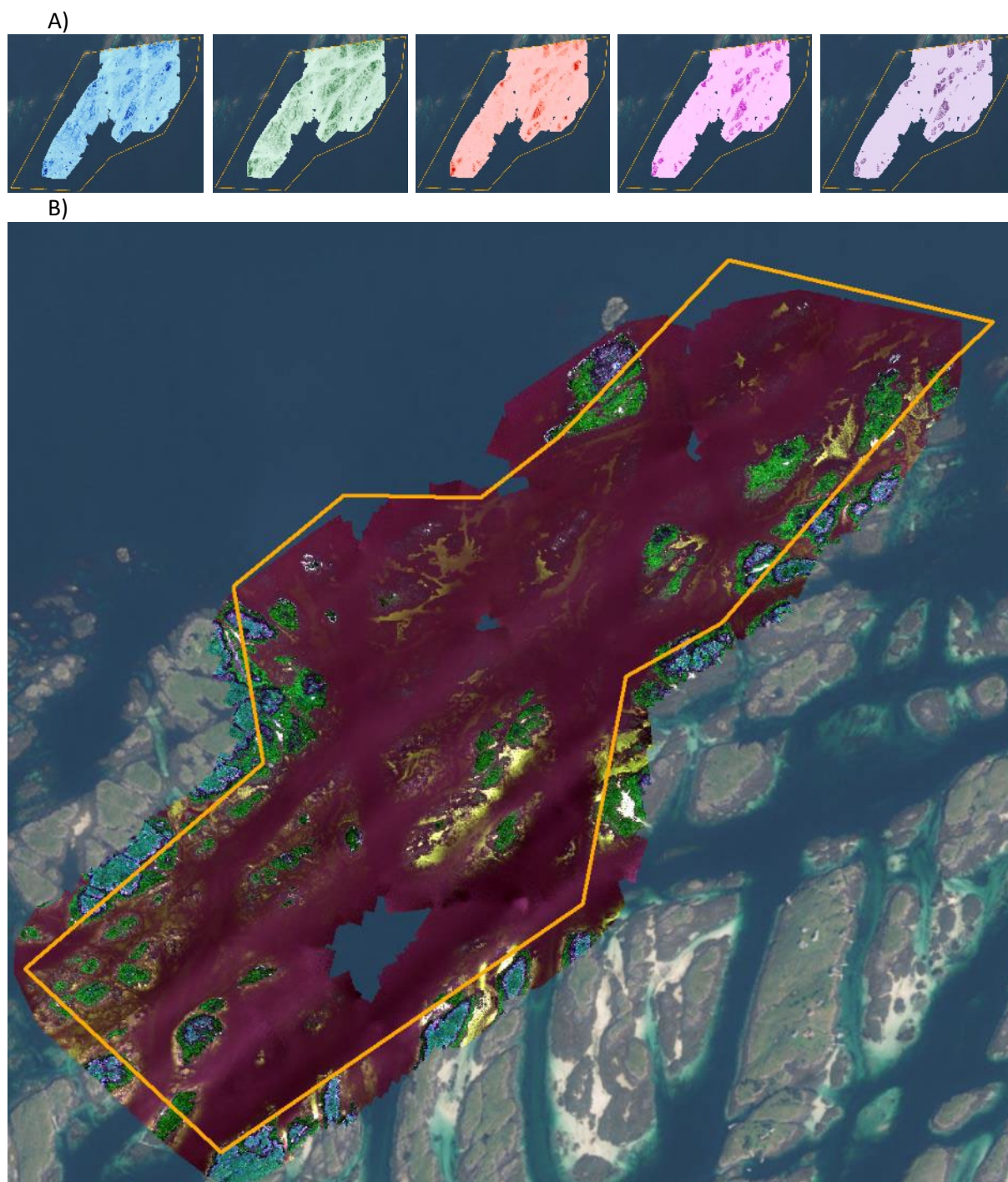


Figur B2. Flyspor for de to gjennomførte flyvninger med fastvinge drone (Kapittel 2.4) som til sammen dekket hele det nordlige området (se Tabell 2 for detaljer). Filnavn: 20220819_1032_ms_fl1_120m og 20220819_1131_ms_fl2_120m.

Vedlegg E: Multispektrale bilder og sammensatt komposittbilde basert på disse



Figur E1. Bilder fra nordlig område. A) Sammensyde MS-bilder i spektrene blått, grønt, rødt, red-edge (RE) og nær infrarødt (NIR). B) Et RGB-komposittbilde generert fra multispektrale bilder. En RGB-kompositt er et bilde sammensatt av informasjon fra multispektrale bilder (rødt, grønt, blått) som til sammen danner et RGB-tilsvarende bildet. RGB-komposittbilder har typisk en dårlig fargedybde og -intensitet, som gir bildet et kunstig uttrykk.



Figur E2. Bilder fra nordlig område. A) S sammensyde MS-bilder i spektrene blått, grønt, rødt, red-edge (RE) og nær infrarødt (NIR). B) Et RGB-komposittbilde generert fra multispektrale bilder (se forklaring til RGB-bilde i Figur E2).

Vedlegg F: Koordinater på kontrollpunkter (GCP)

SØR	GCP #	Lengdegrad (X)	Breddegrad (Y)	MOH (Z)	Nøyaktighet
	1	357230,1	7304180,6	1,248	0,011
	2	357201,6	7304273,9	1,291	0,011
	3	357074,9	7303877,4	1,234	0,010
	4	357042,9	7303825,9	1,089	0,010
	5	356545,0	7303638,9	1,335	0,013
	6	355809,1	7302372,1	1,968	0,010
	7	355806,8	7302339,3	1,008	0,009
	8	356925,0	7302950,4	1,302	0,010
	9	356955,8	7302908,1	1,495	0,009
	10	357106,2	7303209,9	1,368	0,011
	11	357055,4	7303250,9	1,313	0,030
	12	356996,6	7303155,7	1,328	0,011
	13	357669,9	7303890,7	1,316	0,008
	14	357612,6	7303904,8	1,083	0,010
	15	357628,9	7303852,2	1,209	0,010

NORD	GCP #	Lengdegrad (X)	Breddegrad (Y)	MOH (Z)	Nøyaktighet
	1	357230,1	7304180,6	1,248	0,011
	2	357201,6	7304273,9	1,291	0,011
	3	357074,9	7303877,4	1,234	0,010
	4	357042,9	7303825,9	1,089	0,010
	5	356545,0	7303638,9	1,335	0,013

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er Norges viktigste miljøforskningsinstitutt for vannfaglige spørsmål, og vi arbeider innenfor et bredt spekter av miljø, klima- og ressursproblemer. Vår forskerkompetanse kjennetegnes av en solid faglig bredde, og spisskompetanse innen mange viktige områder. Vi kombinerer forskning, overvåkning, utredning, problemløsning og rådgivning, og arbeider på tvers av fagområder.



Norsk institutt for vannforskning

Økernveien 94 • 0579 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no