

3D-dokumentasjon som metode i overvåking av tilstand og miljø på bergkunstfelt i verdensarvområdene i Alta og Tanum

ET PROSJEKT STØTTET AV RIKSANTIKVARENS FOU-MIDLER 2025

Rapport

Karin Tansem, Henrik Zedig, Eirik Haug Røe,
Emma-Karolina Granberg og Hans Lundenmark



**ALTA
MUSEUM**

World Heritage
Rock Art Centre



Länstyrelsen
Västra Götaland



Forsidefoto: Hans Christian Søborg og Karin Tansem, VAM

Sammendrag

Prosjektet har undersøkt hvilke potensiale laserskanning og sammenlignende analyser av 3D-dokumentasjon har gjennom å sammenligne data fra skanninger i 2024 og 2025 med skanningene som ble foretatt på begynnelsen av 2000-tallet, i begge verdensarvområdene, for å produsere objektive analyser og resultater man kan basere en systematisk og langsiktig tilstandsovervåking av bergkunst på.

Analysen av utvalgte partier av Kåfjordfeltet (Askeladden ID:8163-1) og i Tanum (L1968:7550 (RAÅ Tanum 151:1) og L1968:7401 (RAÅ Tanum 21:1)) viser at det i løpet av de siste 20 årene har skjedd en viss skadeutvikling på feltene, men at utviklingen ikke har vært så omfattende som man forventet da feltet ble vurdert for 20 år siden. Til sammenligning er RAÅ Tanum 21:1 uforandret.

For å få en oversikt over hva som har vært registrert av skader tidligere på Kåfjordfeltet i Alta og de to undersøkte feltene i verdensarvområdet Tanum, har historisk dokumentasjon, som skriftlige tilstandsbeskrivelser og skadekarteringer blitt gjennomgått. Prosjektet har vurdert hvor presise og etterprøvbare resultatene av disse metodene kan være. En sammenligning med resultatene fra 3D-skanningene viser at selv om skadekartering kan gi et inntrykk av skadesituasjonen på et felt, blir det likevel både subjektivt og upresist sett i forhold til 3D-skanning, og vanskelig å bruke for å vurdere tilstandsutvikling over tid. Samtidig har historisk fotomateriale også blitt gransket som dokumentasjon på skader og skadeutvikling. Gitt at man har tilstrekkelig fotodokumentasjon, kan det være et viktig supplement til analysene fra skanning, for å få detaljert oversikt over hvilke skader som har oppstått når, spesielt hvis det har gått lang tid mellom skanninger. Det kan imidlertid være vanskelig å oppdage små endringer utelukkende ved hjelp av fotodokumentasjon, spesielt på felt av en viss størrelse eller med et komplisert skadebilde.

Den samme konklusjonen kan trekkes om 3D-dokumentasjon basert på Structure-from-Motion fotogrammetri, som prosjektet også har prøvd ut. Denne metoden kan egne seg til å dokumentere og oppdage litt større endringer enn med 3D-skanning, som f.eks. steinblokker som forsvinner eller flytter seg, eller utvikling i vegetasjon. En fordel med fotogrammetri er også at man kan fremstille fotomosaikker uten radiell forskyvning. Grunnlagsmaterialet, de enkelte fotografiene, utgjør en total fotodokumentasjon, som også kan brukes til nye fotogrammetrier på senere tidspunkt.

Alle de overnevnte metodene har sine tilkortkommenheter og utfordringer. Dette bunner ofte i mangler i grunndata og objektive analyseverktøy. Konklusjonen vår er at alle metodene har noe for seg, men vår beste anbefaling angående overvåking av tilstandsutvikling på bergkunstfelt, er å ta i bruk 3D-skanning som basismetode om det er mulig, og supplere med andre typer data for å komplimentere skadeutviklingsbildet på bergflatene.

Samtidig forandres landskap og miljøer som omgir bergkunstfeltene, gjennom naturlige prosesser som tilgroing, men også gjennom turisme, friluftaktivitet, jord- og skogbruk, samt utbygging av veier, industri og boligområder. Prosjektets har utforsket mulighetene for å bruke eldre og nyere flyfoto, dronefoto og fotogrammetri for å kartlegge utviklingen av miljøet rundt bergkunstlokalitetene. Eksemplene på bruken av GIS viser at det er et godt verktøy for å kartlegge og overvåke endringer, men også her er man avhengig av å kunne innhente og/eller produsere relevant kartdata for analyser.

Tilstand og miljø henger sammen. Det er likevel viktig å skille mellom overvåkningsprosessene av bergkunstens tilstand, og av endringer som har skjedd eller skjer i miljøet.

Innhold

INNLEDNING	1
PRAKTISK GJENNOMFØRING	3
PROSJEKTTEAM.....	3
AKTIVITETER.....	3
<i>Møter og annen kommunikasjon</i>	3
<i>Workshoper og feltarbeid</i>	3
<i>Innsamling av historisk dokumentasjon og sammenlignende analyser</i>	4
<i>Formidling</i>	4
DEN UNDERSØKTE BERGKUNSTEN I ALTA OG TANUM	6
KÅFJORD – ID:8163-1	6
<i>Bergkunsten</i>	6
<i>Geologi</i>	7
<i>Miljø og omgivelser</i>	10
<i>Avdekkingshistorikk</i>	13
<i>Tiltak – konservering, skjøtsel, dokumentasjon, skadedokumentasjon og overvåkningstiltak</i>	16
<i>Dokumentasjon</i>	16
<i>Skadedokumentasjon og tilstandsvurderinger</i>	17
<i>Tilstandsovervåkning</i>	18
TANUM - HÅLLRISTNINGEN L1968:7550 (RAÅ TANUM 151:1)	19
<i>Bergkunsten</i>	19
<i>Geologi</i>	19
<i>Upptäckt och första dokumentation</i>	19
<i>Senare 2D-dokumentation</i>	20
<i>3D-dokumentation</i>	20
<i>Skadekartering</i>	21
<i>Avgjutninger</i>	21
TANUM - HÅLLRISTNINGEN L1968:7401 (RAÅ TANUM 21:1).....	23
<i>Bergkunsten</i>	23
<i>Upptäckt och dokumentation</i>	23
<i>3D-dokumentation</i>	24
<i>Skadedokumentation och övertäckning</i>	24
3D-SKANNING – HISTORIK, METOD OCH ANALYS	26
3D-SKANNING AV HÅLLRISTNINGAR - TILLBAKABLICK	26
3D-DOKUMENTATION.....	29
<i>Dokumentation av hållristningar med handhållen 3D-skanner</i>	29
<i>Skanning av en hållristning</i>	29
<i>De digital 3D-filerna</i>	30
<i>Val av 3D-teknik ved dokumentation av hållristningar</i>	31
<i>Datafangst med handhållen 3D-skanner Creaform Black Elite</i>	32
JÄMFÖRELSEANALYS AV HÅLLRISTNINGAR ÖVER TID MED HJÄLP AV 3D	34
JÄMFÖRANDEANALYS MELLAN ÄLDRE OCH NYARE 3D-DATA FRÅN KÅFJORD OCH TANUM	36
<i>Kåfjord, Alta</i>	36
<i>Tanum</i>	44
<i>Tanum - hållristningen L1968:7401 (RAÅ Tanum 21:1)</i>	48
<i>Summering</i>	50
ANDRE METODER FOR OVERVÅKNING AV TILSTAND OG MILJØ VED BERGKUNSTFELT	51

MANUELL SKADEKARTERING TANUM.....	51
<i>Skadedokumentation en kort tillbakablick</i>	51
SKADEKARTERING OG SKRIFTLIG TILSTANDSDOKUMENTASJON I KÅFJORD, ALTA	53
<i>Bakgrunn</i>	53
<i>Beskrivelser av skadeomfanget på bergkunstfeltet i Kåfjord</i>	54
<i>Skadekartering i Kåfjord</i>	56
<i>Sammenstilling av skadekarteringene i Kåfjord, 2003-2013</i>	60
<i>Oppsummering</i>	62
FOTOGRAFI SOM OVERVÅKNINGSMETODE	64
<i>Metodens muligheter og begrensninger</i>	70
<i>Oppsummering</i>	70
STRUCTURE-FROM MOTION FOTOGRAFOMETRI SOM GRUNNLAG FOR SAMMENLIGNENDE ANALYSER I TILSTAND- OG MILJØOVERVÅKNING AV BERGKUNST	71
<i>M3C2 - Metode for sammenligning av punktskyer i CloudCompare</i>	71
<i>Oppsummering</i>	76
DATAINNSAMLING FRA KÅFJORDFELTET FRA 2019 TIL 2025 – FLERE METODER	78
<i>Om Kåfjordprosjektet</i>	78
<i>Flakforvitring</i>	78
<i>Sprekkeutvikling</i>	81
<i>Viltkameraovervåkning</i>	83
<i>Oppsummering</i>	86
GIS OCH GEOGRAFISKA DATA	87
<i>Att arbeta med geodata och mapphygien</i>	87
<i>GIS och monitoring (miljöövervakning) - exempel från Världsarvet i Tanum</i>	87
<i>Summering</i>	91
EVALUERING AV DE UNDERSØKTE METODENE SOM VERKTØY FOR MILJØ OG TILSTANDSOVERVÅKNING	93
DE UNDERSØKTE METODENE – KORT SAMMENFATNING	93
SAMLET EVALUERING.....	94
OPPSUMMERING OG AVSLUTTENDE KOMMENTARER.....	95
IMPLEMENTERING AV OVERVÅKNINGSMETODER I ALTA OG TANUM	97
FORSLAG TIL VIDerefØRING AV TILSTAND- OG MILJØOVERVÅKNING I ALTA	97
MILJØOVERVAKNING I TANUMS VÆRLDSARV	98
<i>Hællristningarna</i>	98
<i>Det öppna kulturlandskapet</i>	98
REFERANSER.....	99

Innledning

De to verdensarvstedene med bergkunst i Skandinavia, Alta og Tanum, deler behovet for mer kunnskap om den faktiske tilstandsutviklingen på bergflater og helleristninger, for å finne trygge strategier for å best mulig bevare bergkunsten for fremtidige generasjoner i sitt rette element: ute i naturen. Miljøet bergkunsten befinner seg i er i stadig forandring gjennom årstider og skiftende vær, og med en hurtig og varig klimaendring kan man stå overfor store nye utfordringer.

Gjennom mange år har kulturmiljøforvaltningen og forskningsmiljøer undersøkt og beskrevet bergkunstlokaliteter, og kartlagt skader med opphav i både naturlige prosesser og menneskelig aktivitet. Mange tiltak for konservering og pleie har blitt gjennomført i begge verdensarvområdene for å sikre bergkunsten og beskytte den mot naturlige prosesser og uønsket menneskelig påvirkning. Noen av tiltakene kan imidlertid ha effekter som det er vanskelig å se konsekvensene av på sikt, og det er derfor viktig at det finnes et objektivt og tydelig kunnskapsgrunnlag omkring miljø, tilstand og prosesser i det videre bevaringsarbeidet. I 2025 søkte derfor Verdensarvsenter for bergkunst – Alta Museum om finansiering til dette prosjektet fra Riksantikvarens FoU-midler for 2025, i samarbeid med Länsstyrelsen i Västra Götaland og Vitlycke Museum. Riksantikvaren støttet prosjektet, og samarbeidspartnerne bidro med betydelig egeninnsats for å gjennomføre prosjektplanen.

Tilstanden til noen av feltene i verdensarvområdene har blitt ansett som dårlig. Det er imidlertid ofte uklart *når* skadene har oppstått, hvor *hurtig* forvitringen foregår og hvordan tilstanden vil utvikle seg videre. Målet med dette prosjektet har derfor ikke vært å finne nye måter å bevare bergkunsten på. Det har derimot vært å undersøke og utvikle metoder for å kartlegge, dokumentere og analysere miljø og tilstand, og i særdeleshet *tilstandsutvikling* over tid, på og ved bergkunstfeltene i verdensarvområdene i Alta og Tanum, slik at bergkunstforvaltningen står bedre rustet til å møte kommende utfordringer.

Länsstyrelsen i Västra Götaland var tidlig ute med bruk av 3D-teknologi i dokumentasjon av helleristninger. I forbindelse med RANE-prosjektet (se omtale nedenfor) ble noen helleristningsfelt i Tanums verdensarv og store deler av Kåfjordfeltet i Alta i perioden 2000–2004 laserskannet, med høy oppløsning og nøyaktighet, utført med datidens kostbare og relativt tungvinte teknologi av svenske Metimur AB. Dette unike datamaterialet var et av utgangspunktene for utviklingen av herværende prosjekt.

Prosjektets hovedproblemstilling er å utforske hvorvidt laserskanning av helleristningsfelt kan utvikles som verktøy for en objektiv og systematisk tilstandsovervåkning i et langsiktig klima- og miljøperspektiv. Dette gjøres gjennom sammenlignende analyser av 3D-data fra begynnelsen av 2000-tallet fra begge verdensarvområdene, med skanningsdata fra 2024-25, for å se hvordan metoden kan dokumentere endringer i bergets overflate.

Prosjektet undersøker også andre metoder for å dokumentere tilstand og skader på helleristningsfelt, ved å ta i bruk historisk dokumentasjon som fotografi, skriftlige kilder og skadekarteringer. I tillegg har fotogrammetri som metode for å dokumentere i 3D-format blitt utprøvd.

Prosjektet bygger på erfaringer fra tidligere prosjekter og samarbeid i bergkunstmiljøer og forvaltningsinstanser både i Norge og i Sverige, der bergkunstdokumentasjon og systematiseringen av den har vært ett av flere sentrale tema. Eksempler er Riksantikvarens nasjonale satsninger Sikring av bergkunst – Bergkunstprosjektet (1996-2006) og Bevaringsprogrammet for bergkunst BERG (2011-2024), og de skandinaviske samarbeidsprosjektene RANE, Rock Art in Northern Europe (2000–2006) og senest interreg-samarbeidet SAMHELL (2019-2022), der Länsstyrelsen i Västra Götaland og Riksantikvaren var prosjekteiere. Et av målene var å vurdere og utvikle 3D-skanning som dokumentasjonsmetode og etablere felles praksis over landegrensene.

Rapporten er delt inn i fem deler. Første del er et sammendrag av prosjektets praktiske gjennomføring. Andre del redegjør for bergkunsten som er undersøkt i dette prosjektet, i henholdsvis Alta og Tanum. Tredje del beskriver 3D-skanning som metode; herunder historikken til dens bruk i de undersøkte bergkunstområdene, selve metoden, samt resultatene fra dette prosjektet. Fjerde del gir en gjennomgang og evaluering av en rekke andre metoder som har vært eller kan brukes for tilstand- og miljøovervåkning av bergkunst. Femte og siste del gjør en oppsummerende evaluering av de anvendte metodene i dette prosjektet. Forslag til videre arbeid og implementering av miljø- og tilstandsovervåkning i verdensarvområdene i Tanum og Kåfjord er lagt helt til slutt i rapporten.

Rapportens kapitler er skrevet på både norsk og svensk.

Praktisk gjennomføring

Prosjektteam

Prosjektansvarlig: Evelyn Johnsen, seksjonsleder for seksjon for bergkunst og verdensarv, Verdensarvsenter for bergkunst – Alta Museum. evjo@altamuseum.no

Prosjektleder: Karin Tansem, førstekonservator/arkeolog, Verdensarvsenter for bergkunst – Alta Museum. kata@altamuseum.no. +47 93096203

Prosjektmedarbeider: Eirik Haug Røe, verdensarvkoordinator/førstekonservator for verdensarven Bergkunsten i Alta, Verdensarvsenter for bergkunst – Alta Museum. eirik@altamuseum.no

Prosjektpartner: Henrik Zedig, antikvar/arkeolog, prosjektleder for Samhell, Länsstyrelsen i Västra Götaland. henrik.zedig@lansstyrelsen.se

Prosjektpartner: Emma-Karolina Granberg, GIS-ansvarlig, Länsstyrelsen i Västra Götaland. emma-karolina.granberg@lansstyrelsen.se

Prosjektpartner: Hans Lundenmark, antikvar ved Vitlycke museum, verdensarvkoordinator for verdensarven Tanum. hans.lundenmark@vgregion.se

I tillegg benyttet prosjektet erfaring og kompetanse ved Riksantikvaren gjennom dialog med fagdirektør for bergkunst Eva Walderhaug, tidligere prosjektleder for BERG og norsk prosjektleder for SAMHELL.

Flere i prosjektteamet var deltakere i SAMHELL (2019-2022), og noen har også erfaringer fra Bergkunstprosjektet, BERG, RANE og andre prosjekter. Videre har Riksantikvaren, Länsstyrelsen i Västra Götaland, Verdensarvsenter for bergkunst – Alta museum og Vitlycke museum gjennomført et forprosjekt om tilstands- og miljøovervåking i 2024. FoU-prosjektet er en direkte følge av dette samarbeidet. Prosjektdeltakerne har lang og praktisk erfaring med bergkunst, dokumentasjon, forvaltning, overvåking og skjøtsel. Sverige ligger imidlertid fortsatt foran norske bergkunstmiljøer hva angår kompetanse og bruk av digitale dokumentasjonsmetoder, særlig 3D-skanning. Dette gjelder spesielt Länsstyrelsen i Västra Götaland i samarbeid med Vitlycke museum, Tanum. Prosjektet har slik representert en mulighet for kunnskapsoverføring og videre konkret samarbeid mellom de to verdensarvstedene spesielt og bergkunstmiljøene generelt.

De svenske prosjektpartnerne har bidratt med en betydelig egenandel i form av egen arbeidstid samt alt teknisk utstyr til 3D-dokumentasjonen i prosjektet. Det ble søkt om delvis frikjøp av prosjektdeltakere fra Alta Museum.

Aktiviteter

Møter og annen kommunikasjon

Prosjektgruppa har hatt hyppig kommunikasjon gjennom møter på Teams, der faglig diskusjon om metoder, tilgjengelig data og de utfordringene vi har møtt, har vært en sentral aktivitet. Også søknad om prosjektmidler, forberedelser til workshoper, presentasjoner og ikke minst rapportering har blitt diskutert og jobbet med i fellesskap.

Workshoper og feltarbeid

To workshoper ble gjennomført, i Tanum 23.-26. juni og i Alta 25.-28. august. Alle i prosjektgruppa deltok. Et av formålene med workshopene var at deltakerne skulle bli kjent med verdensarvområdene i Tanum og Alta, bergkunsten og miljøene de ligger i, og de særskilte utfordringene man står overfor. Hovedmålet med workshopene var imidlertid å samle inn materiale til de sammenlignende analysene av

datamateriale, og at deltakerne fra Alta skulle være med på skanning i praksis, samt få et innblikk i hvordan materialet bearbeides. Det ble også skannet partier på verdensarvområdene Amtmannsnes og Storsteinen i Alta, særlig med tanke på fremtidig prosjekter som innebærer tilstandsovervåking med 3D-skanning. Vi var heldige med været under begge workshopene, og fikk derfor gjennomført all den skanningen som var planlagt.

Ytterligere feltarbeid ble gjort i Kåfjord i oktober, hvor et utvalgt parti av feltet ble 3D-dokumentert med Structure-from-Motion fotogrammetri.

Feltarbeid ble utført ved følgende lokaliteter:

- Kåfjord (Askeladden ID:8163-1)
- Hällristningen L1968:7550 (RAÄ Tanum 151:1)
- Hällristningen L1968:7401 (RAÄ Tanum 21:1)
- Amtmannsnes 1D (Askeladden ID:215875)
- Amtmannsnes 2A (Askeladden ID:215876)
- Amtmannsnes 3C (Askeladden ID:215878-1)
- Partier av Storsteinen (Askeladden ID:8633-1)

Innsamling av historisk dokumentasjon og sammenlignende analyser

Prosjektets arbeid har inkludert bearbeidelse av data hentet i felt, innsamling av historisk dokumentasjon, og sammenlignende analyser.

- Beskrivelse av forvaltningshistorikken til Kåfjord (ID:8163-1) og Hällristningen L1968:7550 (RAÄ Tanum 151:1) og Hällristningen L1968:7401 (RAÄ Tanum 21:1).
- 3D-skanning av bergkunst med håndholdt laserskanner.
 - o Dokumentasjon av felt i Tanum og av ulike partier av Kåfjordfeltet
 - o Redigering av 3D-filer og sammenlignende analyser
- Utprøving av M3C2-metoden i CloudCompare som verktøy for sammenlignende analyser av 3D-dokumentasjon tatt med Structure-from-Motion fotogrammetri
 - o Dokumentasjon i Kåfjord av utvalgt parti for sammenligning.
 - o Fremstilling av 3D-dokumentasjon fra 2021 og 2025, med påfølgende analysearbeid og metodeevaluering.
- Kåfjordprosjektet (2014-2019)
 - o Gjennomgang og evaluering av resultatene til og resultatene av datainnsamlingen mellom 2019 og 2025.
- Bildeklassifiseringsanalyse (supervised image classification) i GIS som metode for identifikasjon av endringer i landskapsbruk.
 - o Exempelanalys för Världsarvet i Tanum.
- Manuell skadekartering som metode for tilstandsovervåking av bergkunst.
 - o Gjennomgang av historisk dokumentasjon, også skriftlige rapporter.
- Fotografi som metode for overvåking av bergkunst.
 - o Gjennomgang og evaluering av utvalgt historisk dokumentasjon.

Formidling

Prosjektets resultater kan ha overføringsverdi for verdensarvmiljøet og de bergkunstfaglige miljøene i Norge, der miljøovervåking og klimautfordringer er særlig aktuelle tema.

Prosjektet er blitt presentert på følgende steder:

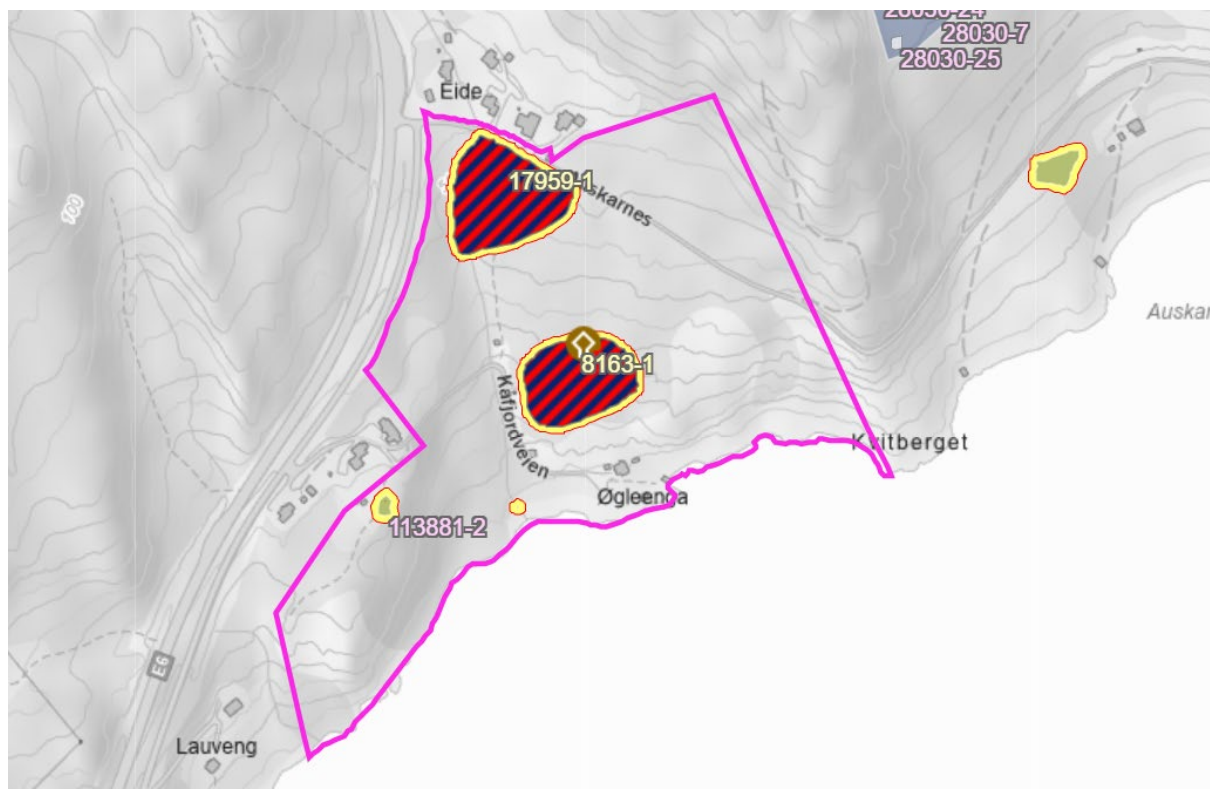
- Föreningen Vårdsarv i Sveriges årsmøte i Stockholm i mars v/ Hans Lundenmark
- Norges Verdensarvforum i mai 2025, v/ Karin Tansem
- Riksantikvarens FoU-seminar i juni, v/ Karin Tansem
- Kaffemøte: Skandinavisk Nettverk for visualisering, formidling og forvaltning av bergkunst, desember 2025, v/Henrik Zedig og Karin Tansem
- Internt i organisasjonene
- En kort film om 3D-skanning blir publisert på hjemmesidene til de deltagende institusjonene.

Den undersøkte bergkunsten i Alta og Tanum

Kåfjord – ID:8163-1

Helleristningsfeltet i Kåfjord er uten tvil det mest omfangsrike og mangfoldige i Alta, og også det som utfordrer mest med hensyn til bevaringsstrategi, skjøtselsmetoder og ikke minst tilstandsvurderinger. Dette reflekteres i den omfattende aktiviteten som i stor grad har blitt finansiert av Riksantikvaren, og i flere samarbeidsprosjekter med bl.a. svenske myndigheter og bergkunstmiljøer. Kåfjordfeltet var det siste av de store helleristningslokalitetene i Alta som myndighetene ble gjort oppmerksom på, etter at Storsteinen, Hjemmeluft og Amtmannsnes ble rapportert inn i løpet av 1973-1977. Helleristningene i Kåfjord ble først kjent for myndighetene i 1978, da det ble meldt inn av to privatpersoner. Feltet ble først registrert i 1980 av Tromsø Museum, og siden «gjenoppdaget» i 2001 (Askeladden). Kåfjordfeltet har tre hovedpartier, og disse er i noen registreringer oppført som separate felt (1,2 og 3). VAMs dokumentasjon og tiltaksregistrering av feltene følger også denne tredelingen.

Ved avgrensning av området som ble fredet i 2009 (id-128826-1), ble det funnet avslag og redskaper av svart chert ligger høyere oppe i terrenget enn helleristningene i Kåfjord (id-17959-1). Funnene dateres til eldre steinalder i Askeladden. Det imidlertid ikke blitt spekulert rundt eller undersøkt nærmere om det er noen klar sammenheng mellom bergkunsten og de øvrige arkeologiske funnene.



Figur 1. Områdefredningens utstrekning er markert med rosa strek. De tre helleristningsfeltene ligger innenfor markeringen 8163-1. (kart: Askeladden/Geodata AS, Kartverket, Geovekst og kommunene, OpenStreetMap)

Bergkunsten

Feltet består av en 600 m² stor sammenhengende flate, beliggende fra 18 til 26 meter over havet. Det ligger også 5-6 figurer på et lite felt ca. 30 m øst for hovedfeltet (Kåfjord 3). I området mellom disse

feltene er det observert helleristningsfigurer på enkelte åpne, men lavbevokste partier, og man kan anta at det befinner seg flere også under torv. Foreløpig har disse helleristningene fått ligge i fred. Størparten av figurene er konsentrert mellom 18 og 20 m.o.h. (Kåfjord 2) og 22-25 m.o.h (Kåfjord 1), men det er figurer på hver høydemeter. Dette samsvarer med faseinndelingen av helleristningene i Hjemmeluft (Helskog 1983) og Kåfjordfeltet representerer slik de to eldste fasene av bergkunsten i Alta (Helskog 2014, Gjerde 2010). Feltet som helhet er datert til ca. 5000-7000 BP (Gjerde 2010, Helskog 2014).

Så langt er det dokumentert i overkant av 1600 figurer i Kåfjord, hvorav ca. 300 er udefinerbare prikker/streker eller fragmenter av figurer og motiver. I tillegg kommer det ca. 600 enkelte bjørnespor. Omkring 1300 av figurene befinner seg på feltet som er definert som Kåfjord 1 (+ bjørnespor), mens det er rundt 300 på Kåfjord 2 (Tansem 2022). Som i det øvrige helleristningsmaterialet i Alta, er det dominerende motivet rein (ca. 370), men antall mennesker er også betydelig (ca. 190). Øvrige vanlige motiver er båter, elg, bjørn, fot- og trugespor, hval og fisk, hunder/ulver, samt en variert rekke mønstre og, for oss, abstrakte figurer med ukjent betydning. Helleristningsfeltet inneholder en stor variasjon av scener og motiver, noen av dem helt unike for Kåfjord (Helskog 2014, Gjerde 2010).



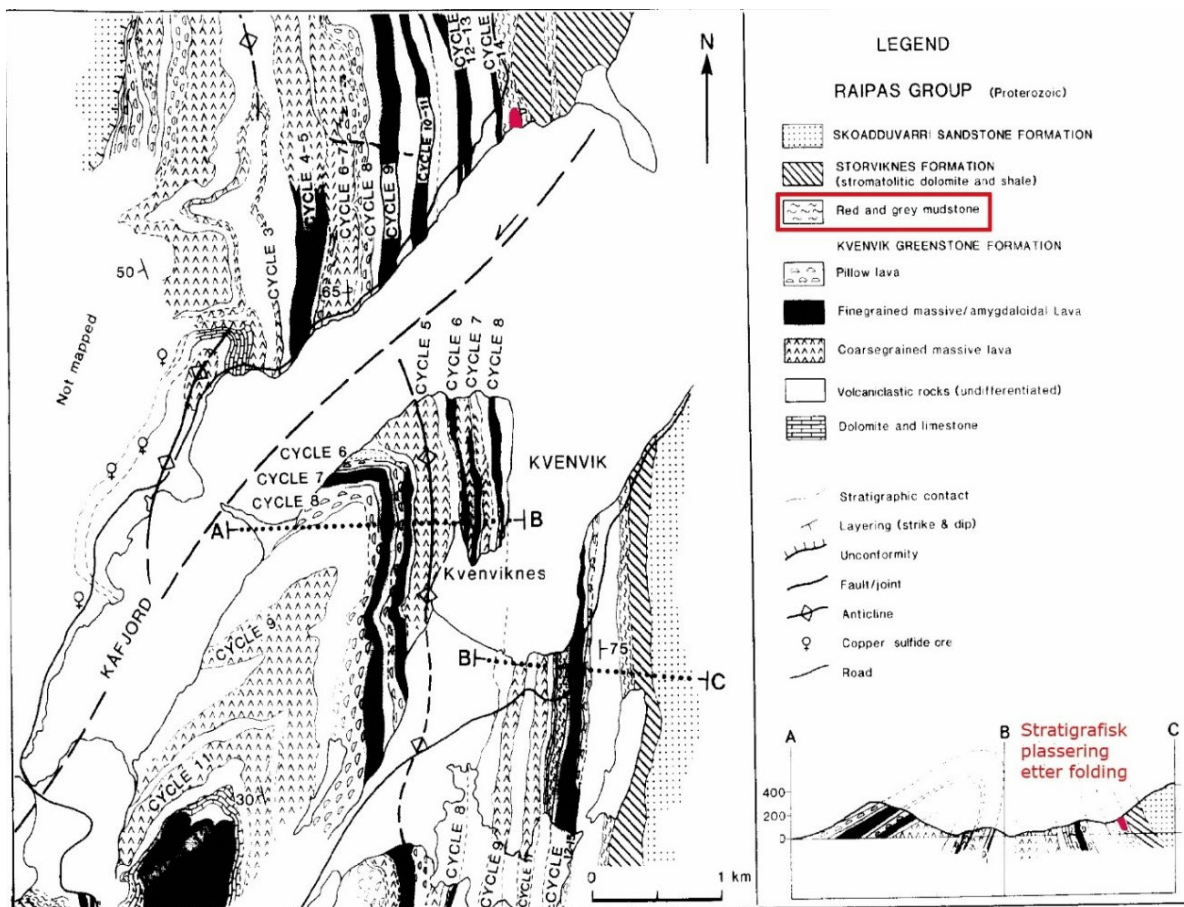
Figur 2. En scene fra den eldste delen av Kåfjordfeltet1, med bueskyttere og spydbærere, bjørn og rein. Legg merke til bueskytteren nede til høyre, som holder buen i sin venstre hånd og flere piler i den høyre. Slike unike figurer er det mange av blant de rundt 1600 figurene som er laget på berget i Kåfjord. På dette bildet fremtrer fargen på berget som rødoransje, og som man kan se på fotografiene ellers i denne rapporten, er det stor variasjon i hvordan bergets farge trer frem. Dette avhenger av lys og fukt, og berget kan se både rødt, oransje, lilla og grått ut. Fargene blir ofte spesielt sterk på høsten. Foto: K. Tansem, VAM

Geologi

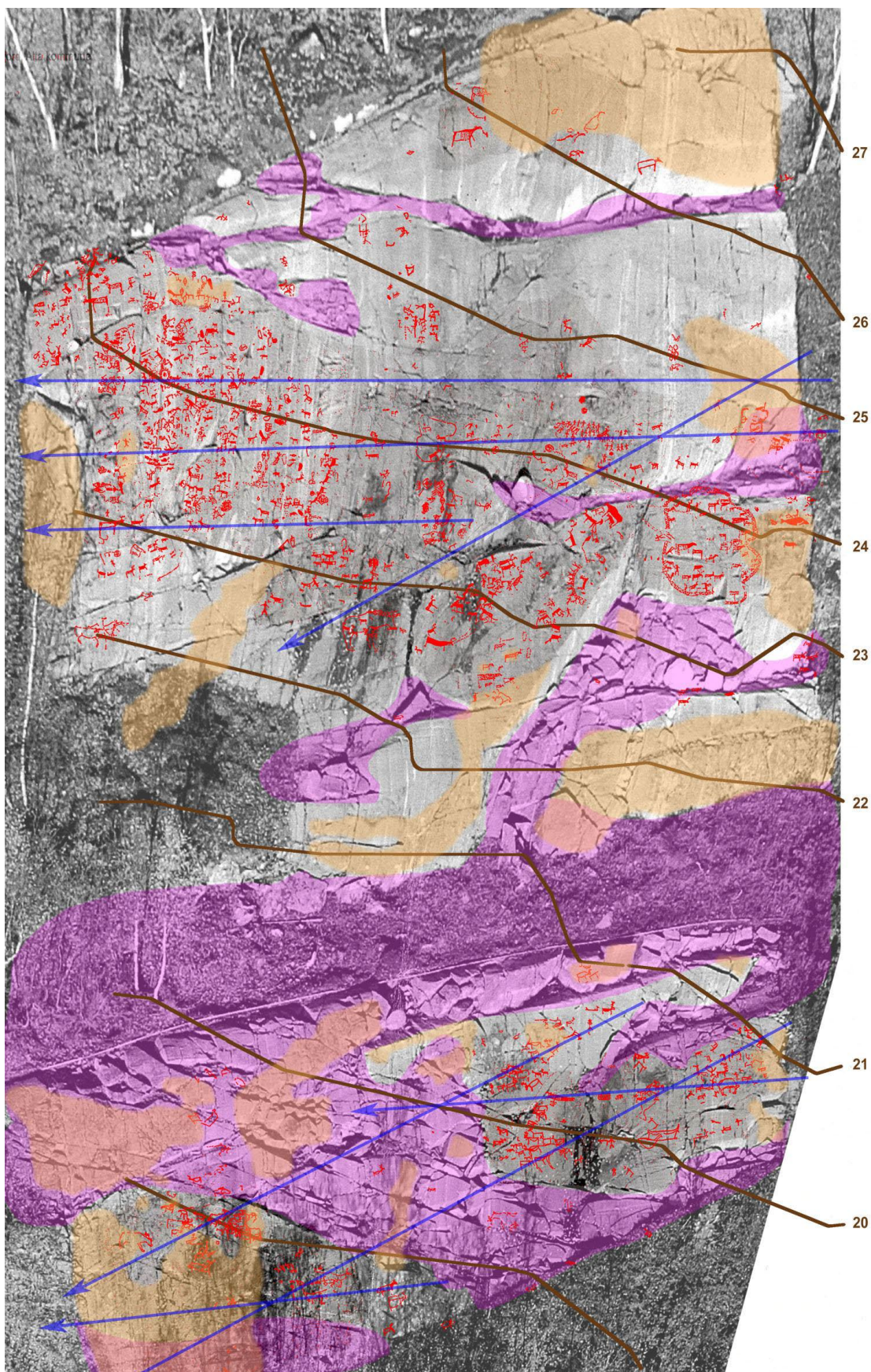
Bergarten Kåfjordristningene er laget på, ble dannet for ca. 1,8-2 milliarder år siden, i overgangen mellom Kvenvikformasjonen, som består av vulkanske og til dels sedimentære bergarter, og den sedimentære Storviknesformasjonen (Bergh og Torske 1988, Melezhik et al. 2015).

Den ca. 60-75 meter brede geologiske enheten defineres som tuffittisk leirskifer, en blanding av leire og fine, vulkanske askefragmenter som ble avsatt på sjøbunn, antakeligvis i en tidevannssone, der sedimentene ble sortert og senere delvis omformet (Storemyr 2013). Bergarten er rødlig, og fargen kan delvis forklares med at den inneholder spormengder av finkornet hematitt (Tansem og Storemyr 2020). Men den er også laminert med tynne gulgrønne striper som er rike på kloritt, og det som kan være kismineraler. Disse forvitrer trolig raskere enn den øvrige bergarten, og de gulgrønne stripene kan derfor representere svakhetssoner (Sæbø 2003, Storemyr 2013).

På grunn av tektonisk folding står de opprinnelig plane lagene i bergarten nå på høykant, og er slipt ned og eksponert grunnet erosjon under istidene (figur 3). Storemyr påpekte også at bergartens struktur er sterkt preget av gjennomsettende kløv (spaltinger), som antakeligvis har utviklet seg ved foldinger og fjellkjededannelser på forskjellige tidspunkt i den lange geologiske historien. De samme prosessene er sannsynligvis opphavet til de mange små og store sprekkene, eller sprekkeplanene, som ligger i minst tre retninger. Disse danner utallige svakhetsplan i bergarten, som kan observeres ved storskala oppsprekking på deler av feltet (Storemyr 2013). Erosjon fra isens skuring på tvers av sprekken og de gulgrønne lagene, har i tillegg til å produsere skuringsstriper, revet løs større og mindre biter av berget langs sprekken, noe som er spesielt tydelig på deler av feltet. Storemyr identifiserer altså flere primære geologiske svakheter; den loddrette lagdelingen, de gulgrønne lagene som eroderer hurtigere enn den rødlig bergarten, kløvene, og de utallige sprekken, som sammen med påvirkning fra innlandsisen kan forklare mange av forvitningsfenomenene som kan observeres på Kåfjordfeltet.



Figur 3. Den geologiske enheten med Kåfjordfeltet er markert med rødt. Kart hentet fra Bergh og Torske 1988, med markeringer etter Storemyr, 2013.



Figur 4. Illustrasjon hentet fra Storemyrs rapport fra 2013. De rosa områdene viser svært oppsprukket berg, de oransje områder med utpreget overflateforvitring/eksfoliasjon, og helleristningene er lagt på med rødt. Illustrasjon: P. Storemyr (2013), flyfoto: B. Holst (2005, før feltet var helt avdekket), kalkering K. Tanssem, VAM (2005).

Miljø og omgivelser

Feltet ligger på nordsiden av Kåfjord, en sidefjord til Altafjorden, og ca. 3 km i luftlinje nordvest for Hjemmeluft, ca. 100 m nord for fjæra og ca. 150 m sør for E6. Feltet er orientert NS-ØV med en helningsgrad på 10-20 grader. Det ligger sørvendt, og er omringet av skog og svært frodig vegetasjonen på alle kanter i et kupert terreng. Kombinasjonen av at feltet ligger sørvendt med gode solforhold og i et fuktig område kan være en av forklaringene på den kraftige og mangfoldige vegetasjonen. Feltet tilhører gården «Øglengen» (navnet er ukjent for eierne), men det umiddelbare området rundt feltet har neppe vært brukt som annet enn slåtte- og beitemark. Områdene overfor, der terrenget flater ut, har vært brukt til dyrking av potet i moderne tid.

Makrovegetasjonen domineres av bjørk og rogn, samt einer. Undervegetasjonen beskrives som mose, gress, lyng og vierkratt (Rapportskjema for Bergkunstprosjektets 2001/2004, se også Bjelland 2014).

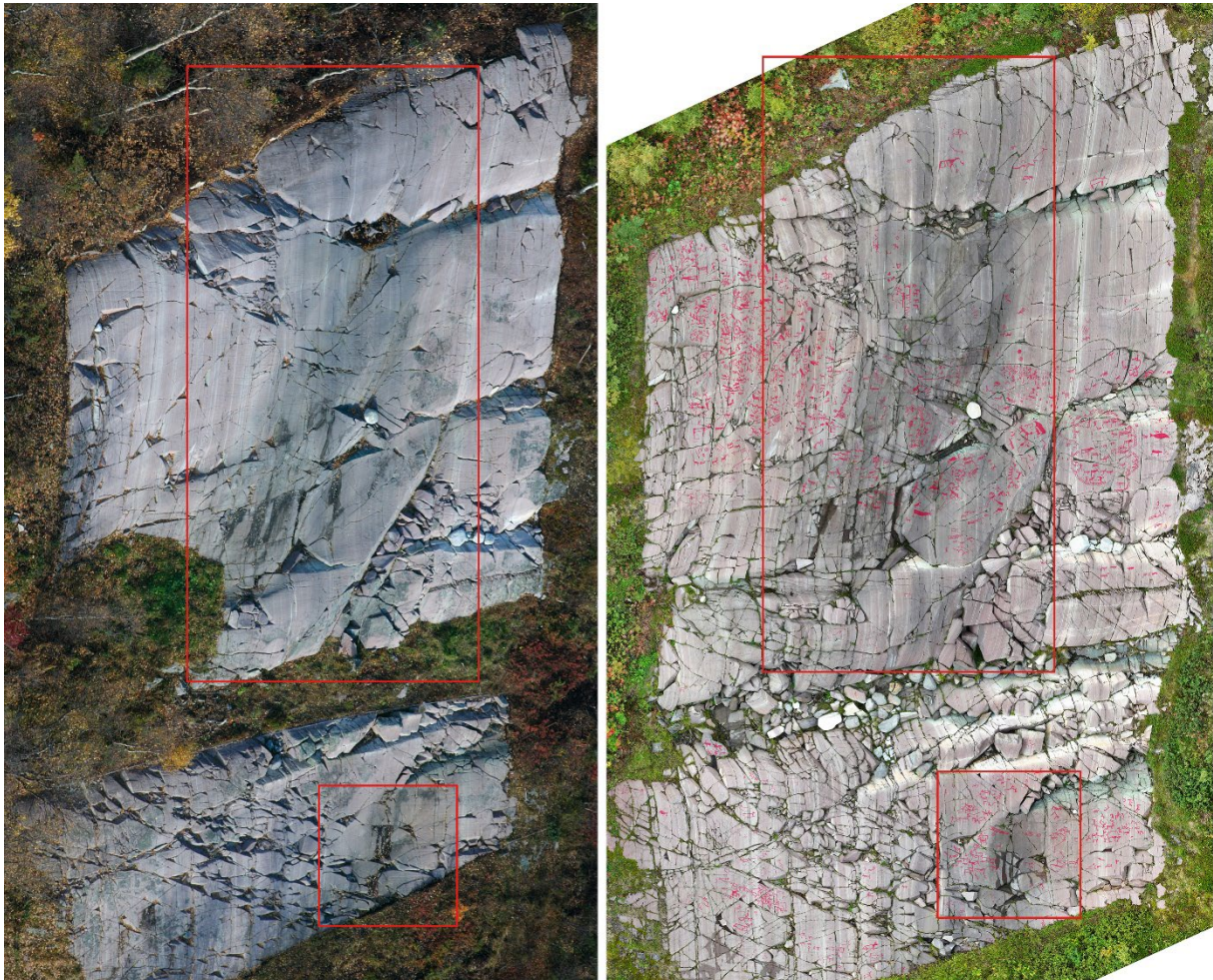
Mikrovegetasjonen ble kartlagt av Bergkunstprosjektet og utbredelsen av lav, mose, alger og cyanobakterier ble knyttet til områder som lå eksponert før avdekkingen av feltet, til sprekker og til vannsig (Bergkunstprosjektets rapportskjema 2001/2004, se også Zielke 2013).

På flere deler av feltet er det jevnlig fuktig. Vann ledes inn og samles i større sprekker og forsenkninger som strekker seg på skrått og på tvers av feltet, og renner nedover feltet der det er naturlige utløp. Disse vannsigene har nok vært der fra før feltet ble avdekket på begynnelsen av 2000-tallet. Det er spesielt her at cyanobakterier og enkelte lavararter kan trives. Disse områdene lar seg lett identifisere i felt og på oversiktsfoto (figur 5). Det omfattende sprekkesystemet i berget tilfører også fukt til andre deler av feltet, men i mindre omfang.

Torvtykkelsen ble anslått til mellom 5 og 15 centimeter. Det ble også poengtert i samme skjema at vegetasjonen på feltet gror hurtig til, og gitt at det hadde fått ligge helt i fred, ville man anta at det hadde vært helt overgrodd i løpet av 30-40 år.

Verdt å merke seg, er at det sto flere større og mindre trær, bjørk, rogn og einebusker, på feltet da det ble oppdaget. Man kan anta at kraftige røtter kan ha forårsaket en del skade i berget. Det bemerkes i Rapportskjema for Bergkunstprosjektet fra 2001 at: «Mange av bjørkene og einene er skadet eller døde som følge av at de har vært flyttet på i samband med tidligere undersøkelser. Disse er satt tilbake på opprinnelig plass, men røttene er nok revet opp.».

Miljøet *på* feltet har naturligvis endret seg siden feltet ble registrert i 1980, og Bergkunstprosjektet gjorde sine registreringer på begynnelsen av 2000-tallet. Underveis har større deler av feltet blitt avdekket og sprekker tømt for organisk materiale, skjøtsel og lusing av hele feltet har pågått årlig og utstrakt etanolbehandling frem til 2022. Vegetasjonsutviklingen på feltet synes å ha eskalert noe de siste årene, kanskje på grunn av noen varme og fuktige somre. Miljøet *rundt* feltet synes ikke å ha endret seg nevneverdig (figur 6 og 7), bortsett fra at en observerer at trær og spesielt noen typer vegetasjon vokser i et hurtigere tempo enn tidligere erfart.



Figur 5. «Misfarging» av bergflater med jevnlig vannsig på Kåfjordfjellet. Til venstre situasjonen i 2005, like etter fremgravningen i 2002 og 2004, og til høyre i 2023. Områdene med misfarging/cyanobakterier er så godt som identiske, til tross for mange år med jevnlig etanolbehandling av feltet. Foto: B. Holst. Drone/mosaikk: K. Tansem, VAM



Figur 6. CIR ortofoto fra 2015 og 2024. Vegetasjon og skog ser ikke ut til å ha endret seg i særlig grad de siste 10 årene på disse bildene. Hentet fra Norge i bilder/Statens kartverk.



Figur 7. Ortofoto, selv med ulikheter i detaljnivå, klarhet og lysforhold, kan vise endringer i landskapet. Her fra 1958 til 2024. I 1958 ble område ned mot fjæra slått, og vegetasjonen i området for øvrig kan ha blitt holdt nede med beiting. Allerede i 1968 kan det se ut til at vegetasjonen har tiltatt noe. Det ble anlagt en vei ned til fjæra før 2005, da neste ortofoto fins tilgjengelig. I løpet av 2000-tallet har bygningsmassen økt betraktelig i fjæreamrådet nedenfor feltet. På disse bildene ser det imidlertid ikke ut til at vegetasjonsomfanget har økt nevneverdig mellom 2005 og 2024, eller at det ellers har skjedd drastiske endringer i omgivelsene. Foto hentet fra Norge i bilder og Kartverket.

Avdekkingshistorikk

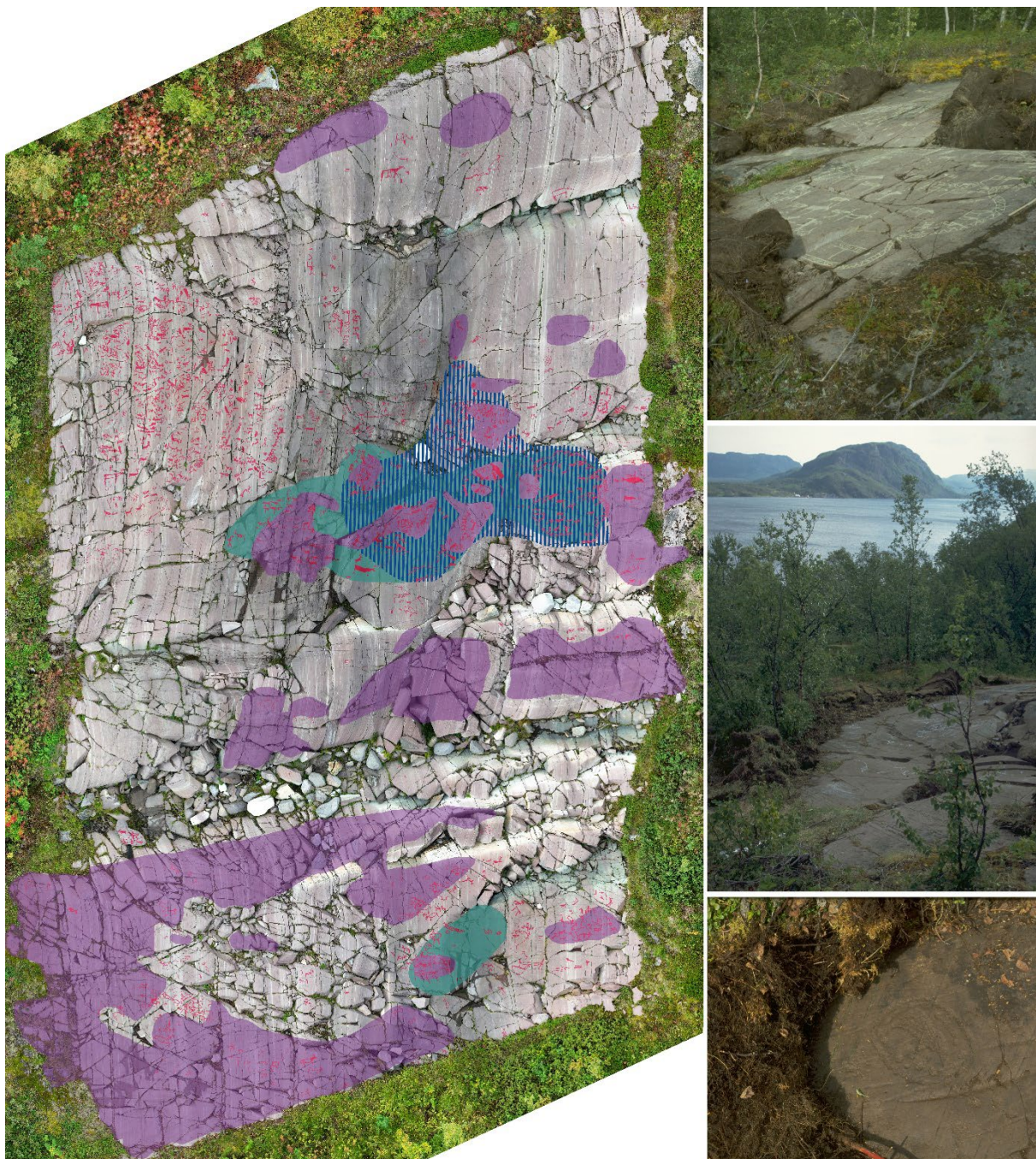
1978-2001

Da feltet ble kjent var det en svært begrenset del av det som lå oppe i dagen. Det var på den midtre delen av feltet at de første figurene ble funnet (figur 8). Antakeligvis var det også noen spredte åpne områder som var delvis tilvokst med lav, mose og tynn torv. Det finnes lite dokumentasjon av prosessen fra feltet var tilnærmet dekket av vegetasjon i 1978, og til siste rest av torv og vegetasjon ble fjernet i 2010. Det har heller ikke vært noen skriftlige rapporter som beskriver avdekkingene å oppdrive. Unntaket er at den siste avdekkingen blir nevnt i Rapport vedrørende sikringsarbeid for Bergkunstprosjektet fra 2010.

Knut Helskog avdekket mindre partier av feltet sent på 80-tallet, og i løpet av 90-tallet, for å undersøke feltet, og for å dokumentere figurene (figur 9) (se også kalkeringer i Helskog 1988 og 1999). Det var altså et svært begrenset område som ble tatt frem og dokumentert i løpet av de første 20 årene etter oppdagelsen. Det er grunn til å tro at torva stort sett ble lagt på plass igjen. Det er også kjent at det flere ganger var ekskursjoner med fagfolk eller andre for å se på bergkunsten i Kåfjord, der torva ble tatt bort, og lagt på tilbake.



Figur 8. Disse var blant de første figurene som ble funnet i Kåfjord. Mennesket med truger som spaserer over den store bjørnen, har blitt nevnt. Da dette bildet ble tatt, var nok allerede noe torv fjernet. De «rene» partiene står i kontrast til det lavbevokste, som trolig har ligget åpent. Foto: K. Helskog.



■ Antatt helt eller delvis åpne områder da feltet ble kjent i 1978

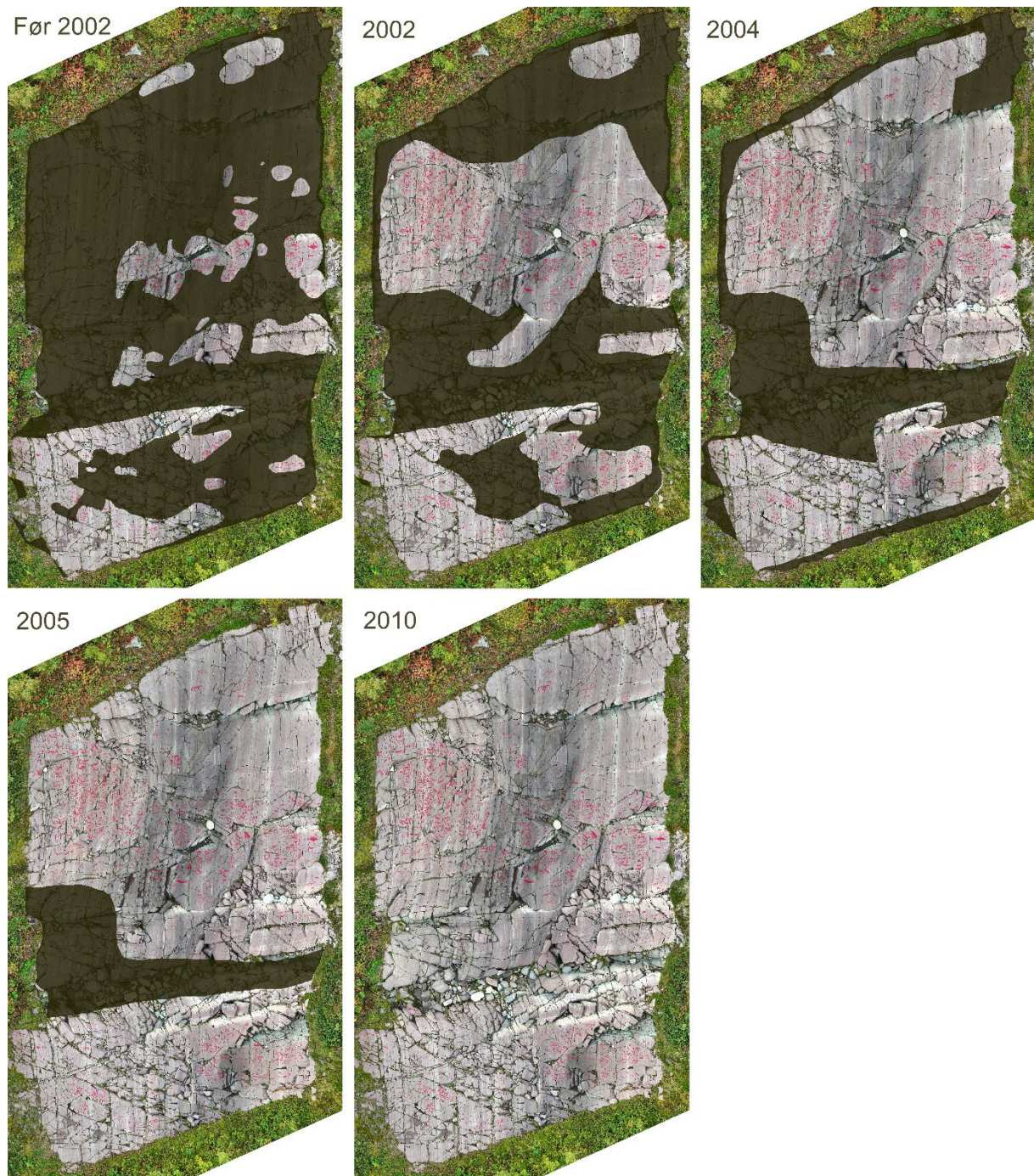
■ Avdekket for dokumentasjon på 80-tallet

||||| Avdekket for dokumentasjon på 90-tallet

Figur 9. Avdekkingshistorikk rekonstruert etter eldre fotografier. De lilla områdene lå muligens helt eller delvis åpne i 1978. Tydelig lavvekst i avgrensede områder på senere fotografier (tatt før etanolbehandling for å fjerne lav tok til) har også vært en del av puslespillet (se bilde til venstre på figur 5). De grønne partiene antas å ha blitt avdekket på 80-tallet, mens det med blå striper ble avdekket og dokumentert på 90-tallet. Det nederste bildet ble antakelig tatt på 90-tallet, og viser det da nylig avdekkede og nå kjente bjørnehiet, som er en viktig del av den store komposisjonen som la grunnlag for Helskogs kosmologiske tolkninger av bergkunsten i Alta. Illustrasjon: K. Tansem. Alle foto til høyre: K. Helskog.

2002-2010

I 2002 ble store deler av feltet torvet av og rensert opp, i regi av TMU. Avdekkingen skjedde samme år som Metimur laserskannet deler av feltet. I 2004 ble neste trinn i fremgraving gjennomført, antakeligvis i forbindelse med at Metimur skulle komme tilbake og laserskanne flere partier av feltet. I 2005 ble så ytterligere torv fjernet, og kanter rettet opp. Siste rest av torv innenfor det definerte feltets grenser ble tatt bort i 2010. Det har ikke vært mulig å finne rapporter som beskriver tiltakene, eller annen dokumentasjon, bortsett fra en del fotografier som ble tatt av bl.a. Knut Helskog, TMU og Hans Christian Søborg, AM.



Figur 10. Avtorving og opprensing foregikk i flere trinn på Kåfjordfjellet. De mørke feltene representerer torv og vegetasjon. Utviklingen er rekonstruert delvis gjennom fotografier, og delvis gjennom hukommelse. Mosaikk og illustrasjon K. Tansem, VAM.

Tiltak – konservering, skjøtsel, dokumentasjon, skadedokumentasjon og overvåkningstiltak

I stedet for å beskrive tiltakene inngående, blir de her satt opp punktvis. Dette er ikke en utfyllende liste, og den må betraktes som foreløpig. Det bør finnes en god del mer dokumentasjon omkring tiltak vedrørende Kåfjord-feltet, men det har ikke vært rom innenfor prosjektets rammer å foreta et fullstendig dypdykk i alt kjent og ukjent kildemateriale. Rammene tillater heller ikke en gjennomgang av alle foreslåtte, men ikke gjennomførte, tiltak for feltet.

Konservering

2003-2004, vinteren: Midlertidig tildekking med svart plast og sandsekker for å dempe fryse/tineprosesser og lavvekst. TMU/FFK/AM.

2006-2013: Tildekket med Sarnafil og Ventiflex pvc-matter med glassvatt som isolasjon. Målsettingen var at tildekkingen skulle være permanent, og vare i mange år. Tildekkingen ble fjernet fordi den ikke fungerte som forventet; mattene var et populært tilholdssted for gnagere, som lagde hull i dem, slik at glassvatt ble spredt utover. Mattene ble også fylt med vann. Miljøet under tildekkingen var bekymringsfullt, man hadde ikke kontroll på hva som skjedde under den, og man vurderte det slik at tildekkingen kunne være mer ødeleggende enn bevarende. Den ble tatt bort i 2013.

Ellers ingen konserveringstiltak

Skjøtsel

2003-2006, 2013-2025: Systematisk luking og fjerning av organisk materiale fra sprekker og forsengkninger. Luking og fjerning av organisk materiale i områder uten helleristninger, og svært oppsprukne områder, har blitt redusert fra 2023-2025. VAM koster ikke feltet.

Etanolbehandling

2013-2023: Hele feltet

2023-2025: Kun partier med tilvekst av alger/lav.

Dokumentasjon

Opplysningene er ikke utfyllende, spesielt når det gjelder fotografier og fotogrammetri.

Kalkeringer

På plast: 80-, 90- og 2000-tallet. TMU: Knut Helskog

Laget digitalt med photoshop 2004/2005:

TMU/Knut Helskog. Grunnlag: tidligere nedfotograferte plastkalkeringer, Metimurs skanninger i jpg-format og inngående kjennskap til feltet.

FFK/Karin Tansem. Grunnlag: Metimurs skanninger i jpg-format, fotografier og feltarbeid.

2020: VAM/Karin Tansem. Grunnlag: tidligere digital kalkering, fotografier, fotogrammetrier og innmålinger (AK, VAM).

Foto

TMU: Ukjent antall fotografier i fotosamlingen (Knut Helskog, Bjørn Helberg m.fl.). En del av de eldste diasene tatt av Helskog ble skannet av Hans Christian Søborg i 1999, og ca. 90 kopier fra Kåfjord oppbevares i VAMs bergkunstarkiv.

FFK: ca. 1000 digitale fotografier tatt mellom 2003-2006. Overført til og oppbevares i VAMs bergkunstarxiv. Helikopterfoto, blant annet av Kåfjordfeltet, ble tatt i 2005, av Bernt Holst ved Finnmarksforskning. Oppbevares ved VAM.

VAM: ca. 1600 digitale bilder i bergkunstarxivet. En større mengde bilder avventer arkivering.

Fotogrammetri

VAM tok i bruk fotogrammetri i 2014, og de første brukbare resultatene var 2D-mosaikker, av deler av feltet. Ved hjelp av dronefoto har modeller og fotomosaikker blitt produsert også av hele feltet, den første i 2016. VAM har samlet inn store mengder fotomateriale, dvs. grunnlag for fotogrammetri, og har ikke en god oversikt over 3D-modeller. Mesteparten av materialet er ikke systematisert eller lagret i arkiv, men snarere på eksterne harddisker.

Laserskanning

2002 og 2004: Metimur, RANE-prosjektet.

2024 og 2025: Länsstyrelsen i Västra Götaland, VAM, RA.

Innmåling

2004: Noen få figurer, samt innmålinger for å få 1-meters høydekoter på Kåfjordfeltet. Målt inn av FFK og Alta kommune.

2014: Enkeltfigurer samt feltets omkrets målt inn med CPOS GPS av VAM og Alta Kommune.

Askeladden

Noe informasjon vedrørende tiltak, dokumentasjon og tilstandsvurderinger.

Skadedokumentasjon og tilstandsvurderinger

2001: Skadekartering på nedfotograferte kalkeringer. Kartlegging av vegetasjon og lav, samt forvitring. Skadekartering mangler, men det finnes skriftlig beskrivelse av feltet i Rapport vedrørende sikringsarbeid for det nasjonale bergkunstprosjektet 2001 – del Nord-Norge, samt Bergkunstprosjektets dokumentasjonsskjema. Utført av TMU/UiT: arkeolog Bjørn Helberg, botaniker Jarle Werner Bjerke og konservator Jon Lønnve.

2003: Skadekartering på nedfotograferte kalkeringer. Pga. dårlig vær ble bare et parti øverst på den vestlige delen av feltet skadekartert. Utført av Norsk Faggruppe for bergkunstkonservering: konservator Bitten Bakke (AMS), konservator Kirsti Hauge Riisøen (UMB), botaniker Torbjørg Bjelland (UMB), geolog Linda Sæbø (UMB). Skriftlige beskrivelser i Årsrapport 2003, Norsk faggruppe for bergkunstkonservering.

2004: Skadekartering av store deler av feltene. På utskrifter av laserskanning på felt 1 og nedfotograferte kalkeringer utenfor skanning, og på kalkeringer på felt 2 (som ikke var skannet enda). Skriftlige beskrivelser i Rapport vedrørende sikringsarbeid for det nasjonale bergkunstprosjektet 2003 – del Nord-Norge. Utført av TMU: arkeolog Bjørn Helberg og konservator Camilla Nordby.

2013: Kontroll etter fjerning av tildekking. Skadekartering (foto) på noen partier. Begrenset skriftlig beskrivelse. Utført av TMU: arkeolog Bjørn Helberg og konservator Julia Damman.

I 2013 ble også Kåfjordprosjektet i regi av VAM satt i gang. Det ble opprettet en prosjektgruppe bestående av Martin Hykkerud (VAM), Bjørn Helberg (TMU), Julia Holme Damman (TMU), Per Storemyr (Per Storemyr Archaeology and Conservation Services) og Eva Walderhaug (RA). I den forbindelse leverte Per Storemyr en omfattende rapport angående geologi, tilstand, forvitring og mulige

tiltak for overvåkning (Storemyr 2013). Bioforsk Nord ved Matthias Zielke undersøkte vurderte mikrobiologisk påvirkning på bergflatene.

2014: Kåfjordprosjektets medlemmer befarte området og vegetasjonstyper, torvtykkelse og forskjell i forvitningsgrad under forskjellige torvtykkelser ble registrert. Rapport ved Rådgivende Biologer AS, Torbjørg Bjelland (2014).

Tilstandsovervåkning

Feltet har hatt relativt hyppige tilsyn siden 2003, med hendelser notert i rapporter og logger.

2006-2008: Temperaturmålinger under tildekking. Kg Conservation. (Gran 2008)

2014-2025: Kåfjordprosjektet. Innsamling av løse biter på testområder, måling av utvikling av sprekker og løse blokker. Viltkamera for å fange opp værforhold, spesielt snø og is, og trafikk på feltet, mennesker og dyr (Hykkerud 2019).

2024/2025: Laserskanning (fortsettelse av Samhäll og inneværende prosjekt) for å sammenligne datamaterialet fra Metimurs skanninger i 2002 og 2004.

Tanum - hällristningen L1968:7550 (RAÄ Tanum 151:1)

Bergkonsten

Hällristningen L1968:7550 (RAÄ Tanum 151:1) är 6,0 × 3,5 meter stor (riktning ÖNÖ–VSV) och är belägen i världsarvets nordöstra del, cirka 15 meter S om riksväg 163. Den ligger på en nästan horisontell håll som framträder på en svag förhöjning i åkermarken. På Lantmäteriets ortofoton från 1960- och 1970-talen framgår att området kring ristningen tidigare utgjorde ett obrukat impediment. Därefter har hällen under ett antal år legat mitt i odlad mark men numera ligger hällen åter igen en bit från åkerkanten.

Hällen markerar den västligaste punkten i den rad av hällristningslokaler som ligger längs nuvarande riksväg 163, strax öster om Tanumshede. På den cirka 2,5 kilometer långa sträckan har 31 lokaler identifierats, däribland några av världsarvets mest imponerande platser: Fossum, Balken och Varlös. Ristningsklustret ligger mellan 40 och 50 meter över dagen havsnivå och har alltså inte haft den direkta havskontakten under sin brukningstid under bronsåldern som ristningarna mer centralt placerade i världsarvet. Det daterbara ristningar på hällen kommer ifrån bronsålderns perioder IV och V, 1100-700 f.Kr.

Ristningens motiv består av 18 skepp, 10 människofigurer, en fotsula, en figur som liknar en plog, flera sammanbundna ringar samt cirka 50 skålgropar. Skeppen är mellan 32 och 125 centimeter långa, vanligen enkellinjiga och med bemanningsstreck. Människofigurerna är 20–50 centimeter långa, varav två är större än de övriga. En av de större figurerna står i ett av de längsta skeppen. De sammanbundna ringarna, 8–13 centimeter i diameter, ligger framför människofigurerna i ristningens mittparti. Fotsulan, med markerad klacklinje, är 22 centimeter lång.

Geologi

I Tanumsområdet dominerar den välkända Bohusgraniten, som sträcker sig från Gullmarsfjorden vid Lysekil upp till riksgränsen och vidare in i Norge, där den benämns Iddefjordsgranit. Bohusgraniten består huvudsakligen av kalifältspat, plagioklas och kvarts, med inslag av biotit och/eller muskovit samt mindre mängder accessoriska mineral som magnetit, ilmenit, apatit och monazit. Graniten uppvisar stor variation i både färg och textur: färgskalan sträcker sig från rött till grått, och kornstorleken varierar från finkornig till grovkornig samt ojämnkornig (porfyrisk).

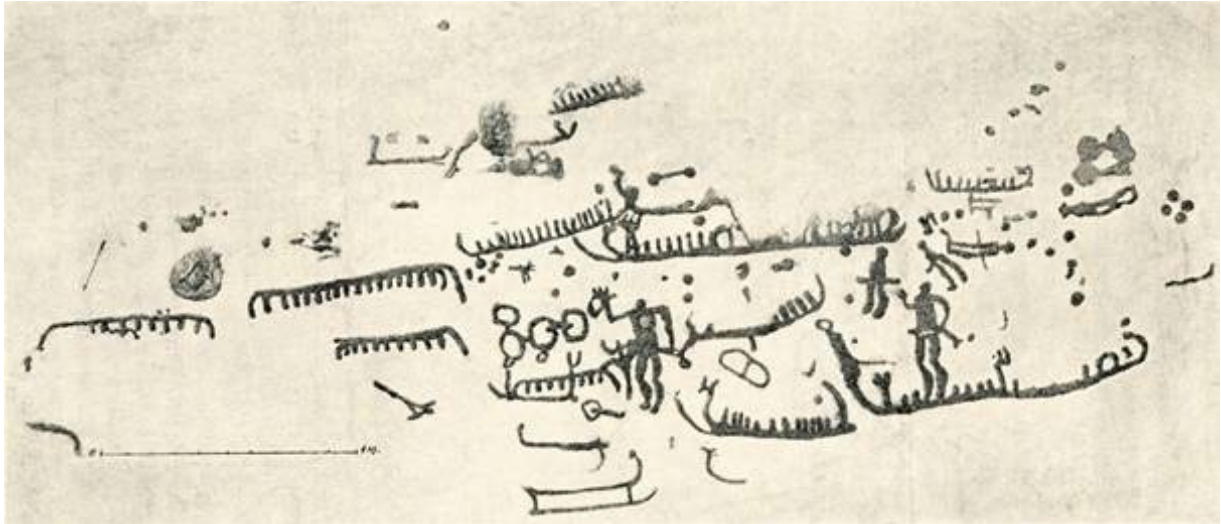
Graniten genomkorsas lokalt av pegmatitådror och innehåller även xenoliter, det vill säga fragment av äldre bergarter som granitmagman fört med sig under uppträngningen i jordskorpan. Dessa xenoliter kan vara allt från decimeterstora till mycket stora och består oftast av amfibolit, ådergnejs eller metagråvacka. Bohusgraniten är generellt mycket motståndskraftig mot vittring, särskilt i de finkorniga varianterna. Vittringen är dock mer påtaglig där graniten innehåller högre halter av biotit, mikrosprickor eller större spricksystem, samt i anslutning till xenoliter, vilka vittrar snabbare än omgivande granit och därför ofta bildar svackor i bergytan (Brander 2022, s. 14-16).

Upptäckt och första dokumentation

L1968:7550 omnämns inte i 1800-talspionjärernas beskrivningar av Tanums ristningar. Den publicerades första gången 1913 i Oscar Almgrens *Tanums härads fasta fornlämningar från bronsåldern*. Almgren frilade hela ristningsytan och beskrev den som välbevarad (Almgren 1913, s. 496–497).

Ristningen dokumenterades genom så kallad avklappning, en metod där ett pappersavtryck tas av ristningen. Ett tjockt, segt läskapper fuktades i vatten och placerades över ristningen. Papperet trycktes därefter ned i ristningslinjerna med hjälp av borstar och en mjuk dyna, exempelvis gjord av hoprullade näsdukar. Ett torrt papper lades ovanpå för att suga upp överflödigt vatten och skydda avtrycket.

När avtrycket torkat framträdde ristningsbilderna tydligt, och de kunde studeras i olika ljus eller från pappersarkets baksida, där figurerna framstod som upphöjda. För publicering fotograferades avtrycken eller kalkerades från baksidan. Syftet med metoden var att undvika subjektiva tolkningar och frihandsritningar samt erhålla en så trogen återgivning av originalet som möjligt (Ekhoff 1892, s. 125–126).



Figur 11. Den första avbildningen av L1968:7550 (Almgren 1912).

Senare 2D-dokumentation

Efter Almgrens dokumentation har hållristningen avbildats vid flera tillfällen med olika metoder, såsom fotografering, kalkering och frottage:

- Detalj- och översiktsfotografier med målade ristningar, Torsten Högberg (1963)
- Kalkering (troligen baserad på 1963 års imålning), Torsten Högberg
- Översiktsfotografier, Torsten Högberg (1973)
- Detaljfotografier med omålade ristningar, Bertil Almgren (1976)
- Detalj- och översiktsfotografier med målade ristningar, Gerhard Milstreu samt Lasse Bengtsson (1992)
- Frottage, Tanums Hällristningsmuseum Underslös (1992)
- Kalkering (troligen baserad på 1992 års imålning och frottage), Tanums Hällristningsmuseum Underslös (1993)
- Detalj- och översiktsfotografier med omålade ristningar, Lasse Bengtsson (1995)

3D-dokumentation

År 2000 gav Riksantikvarieämbetet företaget Metimur AB i Göteborg i uppdrag att genomföra en förstudie om möjligheterna att använda 3D-teknik för dokumentation av hållristningar. Syftet var att undersöka om tekniken kunde vidareutvecklas för kulturmiljöarbete.

Som en del av studien skannades hållristningen Tanum 151:1. Den valdes ut eftersom den låg nära en väg och samtidigt skulle dokumenteras med en traditionell gipsavgjutning, vilket möjliggjorde metodjämförelse.

Efter att skanningsutrustningen placerats på hällen kalibrerades systemet. Ett antal fixpunkter mättes in för att skapa ett lokalt koordinatsystem, och i samband med detta borrades ett antal metallstift in i hällytan. Varje mätning täckte ett område på cirka 120 centimeter, och proceduren upprepades fem gånger tills hela ristningen var dokumenterad.

Resultatet användes för att tillverka en betongkopia av ristningen, som i dag är placerad på gårdsplanen bakom Vitlycke museum.

Året därpå 3D-dokumenterades hällristningen åter av Metimur AB denna gång med deras nyinköpta 3D-system ATOS HR (Zedig 2022, s.23-26).

År 2017 3D-dokumenterade Länsstyrelsen Västra Götaland hällristningen inom Dokumentationsprojektet och ytterligare en 3D-dokumentation utfördes år 2025 inom det föreliggande FOU-projektet.

Skadekartering

Inom ramen för RockCare-projektet genomförde konservator Eva Ernfridsson en skadekartering av hällristningen år 2000. Karteringen omfattade registrering av lavpåväxt, ytstruktur, exfoliationer, pågående vittring och tidigare lagningar. Tidpunkt och utförare av lagningarna är okända. I samband med skadekartringen togs 70 fotografier av hällen föreställande lavpåväxt, skador och nyborrade hål till referenspunkter för den ovan beskrivna skanningen.

Avgjutningar

Åren 1935–1936 lät Herman Wirth, verksam inom det SS-anknutna Forschungsgemeinschaft Deutsches Ahnenerbe, göra gipsavgjutningar av hällristningar i världsarvet. De positiva avgjutningarna som togs fram användes sedan för att gjuta kopior av hällytorna. En av de hällar som gjöts av är L1968:7550 och gipskopian finns idag på Västergötlands museum i Skara. Gipskopian skannades av Länsstyrelsen Västra Götaland 2020.

Sommaren 2000 utfördes en avgjutning av hällristningen Tanum 151 av konservatorerna Hans-Erik Hansson (RAÄ) och Cecilia Strömer (Strömer Stenkonsivering). Syftet var att skapa en exakt kopia som en del av RockCare-projektets dokumentation.

Hällen valdes på grund av sin goda bevarandestatus, sitt begränsade ristningsområde och sin lättillgängliga placering. Före avgjutningen rengjordes och dokumenterades den, och ett skyddstält restes. Ristningarna kalkerades på genomskinlig plast och delades in i åtta sektioner för gjutningsarbetet.

Ett släppmedel penslades på hällen för att silikonet inte skulle fastna. Därefter lades ett cirka 3 mm tjockt lager knådsilikon över ristningen för att skapa ett exakt negativt avtryck. För att stabilisera silikonformen tillverkades åtta armerade gipskappor som förstärkning, vilka hölls samman av en isärtagbar järnbalk.

När silikonmattan och gipskapporna härdat togs de försiktigt bort och transporterades till verkstad. Konstruktionen vändes, och en masterkopia av ristningen göts i sju gipsdelar med armering av rostfritt stål. Kopian torkade i fem veckor innan den flyttades till Bohusläns museum i Uddevalla. Kontakt har tagits med Bohusläns museums föremålsantikvarie som inte kan se att kopian längre finns i museets samling.

Arbetet genomfördes utan att hällen skadades. Endast några små ljusa märken utanför ristningsytan observerades efteråt. Totalt användes cirka 300 arbetstimmar för hela processen. Arbetet bedömdes som tekniskt lyckat och resulterade i en mycket noggrann kopia av originalristningen (Strömer 2000).



Figur 12. Gipskopia av Wirths avgjutning av L1968:7550.

Tanum - hällristningen L1968:7401 (RAÄ Tanum 21:1)

Bergkonsten

Hällristningen L1968:7401 (RAÄ Tanum 21:1) är 1,3 x 0,9 meter stor (riktning ÖNÖ–VSV). Ristningen är belägen inom Aspebergets besöksområde men ligger en bit från stigarna och är inte tillgängliggjord.

Ristningen motiv består av två skepp och en skålgrop. Det större skeppet är 82 cm långt, svagt inhugget med tre linjer och 17 bemanningsstreck. Skeppstypen med tre linjer i skrovet finns på fler hållar i området. För- och det högra akterpartiet är otydliga. Det mindre skeppet är 22 cm långt, enkelt utformat och liknar en halvt kvadrat. Intill det högra hörnet finns en skålgrop. Ristningen ligger på en starkt vittrad bergyta med cirka 25 graders östslutning.

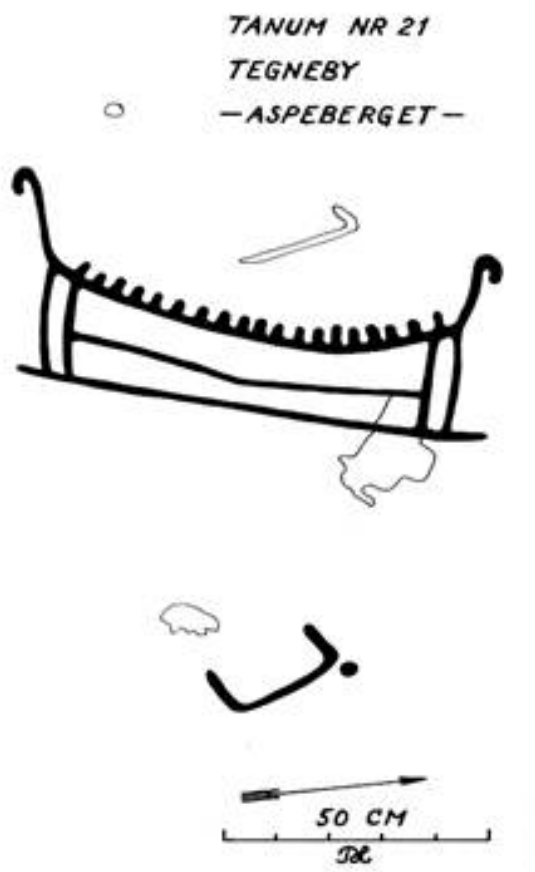
Upptäckt och dokumentation

Ristningen omnämns första gången av John Bunyan Johansson 1953 som nr. 110b i hans inventering av Tanums hällristningar. Bunyan anger Nils Niklasson, docent i jämförande fornkunskap vid Göteborgs högskola, som upptäckare (Johansson 1953).

Ristningens motiv bildtolkas för första gången av Torsten Högberg (figur 13), kalkering och frottage av hållen publiceras 1988 (Högberg 1988, s. 22).

Efter Högbergs dokumentation har hållen avbildats vid flera tillfällen med olika metoder:

- Frottage, Tanums Hällristningsmuseum Underslös (1992)
- Grafik, Tanums Hällristningsmuseum Underslös (1993)
- Laserskanning, Henrik Zedig, Länsstyrelsen Västra Götaland (2016)
- Nattfoto, Ellen Meijer, Tanums Hällristningsmuseum Underslös (2016)
- Ortofoto (Sfm), Julián Moyano Di Carlo, SHFA (2022)



Figur 13. Torsten Högbergs renritning av motiven på L1968:7401 (Högberg 1988).

3D-dokumentation

Ristningen har 3D-dokumenterats vid tre tillfällen - 2000 och 2001 av Metimur AB på uppdrag av Riksantikvarieämbetet samt 2016 inom Länsstyrelsen Västra Götalands dokumentationsprojekt för Tanums världsarvsområde.

Skadedokumentation och övertäckning

Hällristningen skadeinventerades 1994 på uppdrag av Riksantikvarieämbetet. Fältarbetet genomfördes av personal från kulturmiljöenheten vid Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län.

Vid varje lokal registrerades en rad parametrar. Vissa beskrev hällens geografiska läge och exponering – till exempel vindriktning, solinstrålning och närhet till utsläppskällor som trafikerade vägar. Andra parametrar rörde bergartens geologi, som mineralogisk sammansättning, kornstorlek, sprickighet och ytstruktur, samt graden av bevuxenhet med lavar och mossor. Omgivningen beskrevs också med avseende på markanvändning och vegetation. Planerade mätningar av pH och konduktivitet i översilningsvattnet kunde inte genomföras eftersom perioden var ovanligt torr.

Data om torr- och våtdeposition av svavel-, kväve- och hämtades ur Länsstyrelsens miljödatabas samt från spridningsberäkningar utförda av SMHI. En preliminär ”trafikpåverkansfaktor” beräknades också, baserad på Vägverkets trafikmätningar, vinddata och hällarnas exponering mot vägar. Denna faktor, som än så länge är en grov uppskattning, beräknades genom att antalet fordon per dygn multiplicerades med andelen vindar från väghållet och hällens exponeringsgrad, och därefter dividerades med avståndet till vägen.

För att bedöma vittringens art och intensitet användes en metod som gick ut på att med en knivsudd försiktigt testa fältspatkornens krossbarhet och hur hårt de sitter fast. Resultaten graderades på en skala från 0 till 100 procent – där 0 betyder helt friska och fasta korn, och 100 betyder helt vittrade eller lösa korn. Metoden är skonsam mot hällerna och lämnar inga märken, eftersom de korn som lossnar vid testet ändå skulle ha fallit bort naturligt inom kort tid (Magnusson & Berg 1994, s. 1-2).

Tillståndsbeskrivning av hällerna 1994: *Ställvis är hällerna släta och polerade men vittrar i form av flagor och 45% av kornen är lösa. Den kemiska vittringen är också utbredd men exfoliationer saknas.* (Magnusson & Berg 1994, bilaga 1).

1998 täcktes hällristningen med geotextil närmast berget, därefter lades isoleringsplattor av rock wool-typ och till sist ett lager med tjock polyetenplast. Under de betongtyngder som fixerade övertäckningen lades plattor av cellplast. Vid inspektion av övertäckningen 2000 konstaterades att ett lager av avsatt grus på den övre kanten innan täckningen togs bort. Det bedömdes att gruset hade sitt ursprung i berget strax ovanför ristningen, där ljusa fläckar från små, färskare exfoliationer var vanliga. Täckningen tycktes ha förhindrat liknande flagning, eftersom inget löst material fanns under isoleringen. Ytan under täckningen hade en mörkare färg än den omgivande berget, vilket kan förklaras av den ständiga fuktigheten under täckmaterialet (Ernfridsson 2001, s. 61). I samband med kontrollen av övertäckningen genomfördes en skadedokumentation med kammätning för att bedöma ytans råhet samt fotografering.

Övertäckningen togs bort 2016 och ristningen har sedan dess legat i dagen. En ljusare ram som visar var övertäckningen legat är fortfarande synlig 2025.



Figur 14. Övertäckning av L1968:7401, bilden är från 2000.

3D-skanning – historik, metod och analys

3D-skanning av hållristningar - tillbakablick

Första gången 3D-teknik användes för att dokumentera hållristningar i Norden var i slutet av 1980-talet. De första testerna utfördes med en laserskanner som Naturgeografiska Institutionen vid Göteborgs universitet hade konstruerat för att mäta vittringshastigheten på berghällar i olika delar av Sverige (Swantesson, 1992).

Den nya dokumentationstekniken gjorde det möjligt att skapa en digital kopia av hållristningen i tre dimensioner, dessutom gick det att använda 3D-data i miljöövervakning för att mäta ristningarnas nedbrytningshastighet (Johansson, 2000). Riksantikvarieämbetet började därför 1989, inom sitt Luftföroreningsprojekt, samarbeta med geografen Jan Swantesson på högskolan i Karlstad, som ledde utvecklingen av den nya 3D-tekniken (kallad mikrokartering, se figur 15) (Johansson och Magnusson, 2004, s. 125).



Figur 15. Jan Swantesson med mikrokarteringsskannern på en håll utan ristningar Tanum. Foto: Jan Magnusson, 1994.

Efter några år stod det dock klart att tekniken både var tung och långsam, därför sökte Riksantikvarieämbetet mer moderna 3D-tekniker för dokumentation av hållristningar. Ett av de ledande företagen inom sektorn i Sverige var Metimur AB i Göteborg, som arbetade med fotogrammetri och 3D-teknik inom bland annat landskapsdokumentation och svensk bilindustri (Johansson, 2000). Företaget använde Gom International Ag:s 3D-system ATOS HR, där ATOS är en förkortning av Advanced Topometric Sensor (se figur 2). Mätssystemet var från början framtaget för bilindustrin för att modellera, tillverka och testa komponenter och enheter med hög noggrannhet.

Mellan åren 2000–2005 3D-dokumenterade Metimur hållristningar i olika EU-projekt i Sverige, Norge, Italien och Portugal (Johansson och Magnusson, 2004). Den största hållristningsytan Metimur 3D-dokumenterade var Kålfjordsristningen. Arbetet utfördes inom projektet Rock art in Northern Europe (RANE), och genomfördes vid två olika tillfällen under 2002 och 2004 (Johansson och Magnusson, 2004, s. 125).



Figur 16. Metimur skannar med ATOS HR i Kåfjord i 2002. Foto: H.C. Søborg, VAM.

2015 startade Länsstyrelsen i Västra Götaland ett pilotprojekt för att ta fram en ny, enhetlig och modern teknik för att dokumentera hållristningarna i Tanums Världsarv. Bakgrunden till projektet var artikel 4 i världsarvskonventionen som bland annat fastslår att:

”Varje stat som är part i konventionen erkänner att skyldigheten att säkerställa identifiering, skydd, bevarande, levandegörande och överlämnande till kommande generationer /.../ främst tillkommer denna stat”.

Därför skulle den nya dokumentationstekniken uppfylla tre kriterier: skapa en så exakt avbild av ristningarna som möjligt, data ska kunna användas i uppföljning och vård av hållristningar, samt dokumentationen ska kunna levandegöra ristningarna och kunna visa ristningar som vittrat bort för kommande generationer.

I slutet av 2015 utvärderades ett antal olika digitala dokumentationsmetoder i en workshop där målet var att jämföra och utvärdera dem utifrån noggrannhet, tidsåtgång och användarvänlighet. Efter workshopen stod det klart att en handhållen 3D-skanner från företaget Creaform var den noggrannaste, effektivaste och mest användarvänliga tekniken. Metoden har en mycket hög noggrannhet med en ISO 10360 och 17025-standard som möjliggör monitoring av en och samma håll över tid vad gäller nedbrytning.

2016 startade Länsstyrelsen i Västra Götaland ett dokumentationsprojekt i Tanums världsarv, vars syfte är att med hjälp av 3D-teknik och fotografier enhetligt dokumentera samtliga 474 registrerade figurativa hållristningar i världsarvet. Dokumentationen är tänkt att användas av Länsstyrelsen i samband med vård och bevarande av ristningarna. I skrivandets stund återstår tre hållristningar att dokumenteras.

Mellan åren 2019–2022 pågick projektet SAMHELL som var ett svenskt-norskt samarbetsprojekt om hållristningar. Projektet genomfördes inom ramen för det territoriella samarbetsprogrammet Interreg Sverige-Norge, delområde Gränslöst samarbete, och var delvis finansierats av EU-medel genom Europeiska regionala utvecklingsfonden. Länsstyrelsen i Västra Götaland och norska Riksantikvaren

var projektägare och huvudprojektledare. Projektets undertitel – samarbete om hållbilders bevarande, visualisering, dokumentation och förmedling – är en komprimerad beskrivning av dess syfte.

Ett av projektets mål var att utveckla 3D-teknik som dokumentationsmetod och uppföljning av hållristningarnas tillstånd över tid. Sedan slutet av SAMHELL-projektet har Länsstyrelsen Västra Götaland stärkt sitt samarbete med kulturmiljövårdande institutioner som arbetar med hållristningar i Norge.

Som en del i samarbetet har Länsstyrelsen i Västra Götaland, Riksantikvaren, Vitlycke museum - besökscenter för Världsarvet Tanums hållristningar och Alta Museum - Verdensarvsenter for bergkunst, startat en förstudie vad gäller monitoring/miljöövervakning av kärnvärdena i de båda världsarven. I förstudien ingår användandet av 3D-teknik för uppföljning av hållristningarnas tillstånd över tid. Länsstyrelsen i Västra Götaland och Vitlycke museum besökte därför Alta i augusti 2024 för att 3D-dokumentera delar av Kåfjordsristning och jämföra 3D-data från 2002 och 2004 och se eventuella avvikelser.



Figur 17. Fältarbete på Kåfjord 2024. Foto Karin Tansem, 2024.

Resultaten av analyserna var över förväntan och i början av 2025 ansökte Alta Museum - Verdensarvsenter for bergkunst, Länsstyrelsen i Västra Götaland, och Vitlycke museum - besökscenter för Världsarvet Tanums hållristningar FOU-medel från Riksantikvaren i Norge.

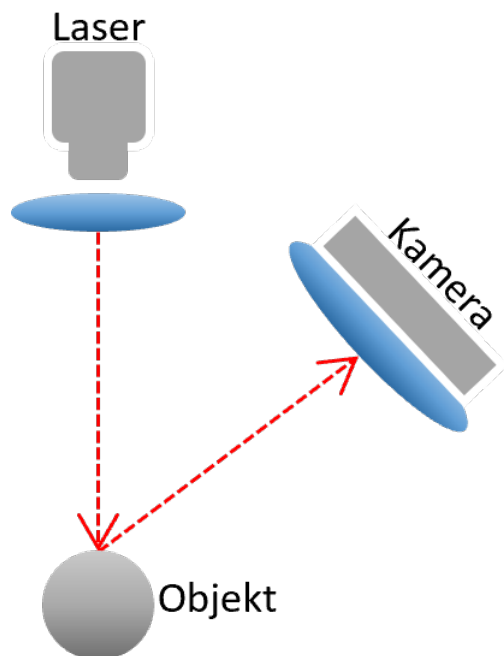
Huvudmålet var att analysera historiska data från skanningarna i Kåfjord och Tanum under 2002 och 2004, och jämföra dessa med nya skanningar från 2024 och 2025, för att få en exakt översikt över tillståndsutvecklingen i fälten. Vidare ska en metod utarbetas för uppföljning och övervakning av hållristningar med 3D-teknik över tid i de båda världsarven. I arbetet kommer också andra övervakningsmetoder att utvärderas så som äldre dokumentationsmaterial, fotografier och fotogrammetri. Slutligen ska en plan tas fram för att implementera metoden i världsarven Alta och Tanum.

3D-dokumentation

3D är en förkortning som står för tredimensionell, det vill säga det rumperspektiv där längd, bredd och djup uppfattas. För att kunna skapa en digital tredimensionell kopia av ett föremål krävs en teknik för insamlande av digitaldata. De två vanligaste teknikerna för 3D-datafångst är en 3D-skanner eller någon form av mjukvara där man kan processa digitalbilder, så kallad digital fotogrammetri.

Dokumentation av hållristningar med handhållen 3D-skanner

En 3D-skanner är en enhet avsedd för insamling av ett föremåls form och ibland även textur. Insamlade data används för att i digital miljö skapa en kopia av det skannade föremålet – ett tredimensionellt objekt som kallas 3D-modell/3D-mesh. För att fånga det skannade föremålets former skickar skannern ut strålning i form av laser eller strukturerat ljus för att mäta avståndet mellan skannern och föremålet. Den utskickade strålningen reflekteras sedan mot det skannade objektets yta och fångas upp av kameror som är monterade på skannern. Laserskannern erhåller en exakt position för varje ivägskickad laserstråle. Skannern använder sig av triangulering av varje mätpunkt; en teknik som i detta fall innebär att laserpunkten, kameran och lasersändaren bildar en triangel (se figur 18).



En vitljusskanner använder också triangulering, men belyser objektet med ett linjärt ljusmönster – strukturerat ljus, som skannern registrerar förändringar i. En laserskanner sänder oftast ut flera laserstrålar som sveps över objektet som ska skannas. Detta för att påskynda inhämtningsprocessen av data. Skannern skapar för det mesta ett geometriskt punktmoln av det skannade objektets yta. För att skannern ska kunna räkna ut var den befinner sig gentemot det skannade objektet används markörer, så kallade targetpoints. Dessa läses in av skannern när de belyses och skapar en virtuell karta över objektet. Data från skannern vidarebefordrats via en kabel eller minneskort till en dator som skapar ett tredimensionellt punktmoln. Punkterna förbinds med linjer så att trianglar bildas i skannerns mjukvara. Det är dessa trianglar som bildar själva ytan i modellen (meshen).

Figur 18. Triangulering, tekniken har fått sitt namn eftersom laserpunkten, kameran och lasersändaren bildar en triangel. Illustration: bearbetad bild från Paulus et al. 2014.

Skanning av en hållristning

Dokumentation av en hållristning med 3D-skanner förutsätter att den har rensats fram och är fri från jord, skräp, lav, mossor eller annat. Vissa 3D-skannrar kräver referenspunkter för att kunna fånga data på ett noggrant och korrekt sätt. När dessa placerats ut med rätt inbördes avstånd på hållristningen, är det viktigt att utföra skanningen på rätt sätt, framför allt om en hel hållristningspanel ska dokumenteras i en tagning. Skannern ska föras över hållristningen i lugna och följsamma rörelser enligt så kallad "Spider web technique" (se figur 19).



Figur 19. Enligt spiderwebb-tekniken skannas objektet från mitten och sedan utåt kanterna. Illustration: Länsstyrelsen Västra Götaland.

Den går ut på att skanningen påbörjas i mitten av ristningen och rör sig ut mot kanterna så att rörelserna kan liknas vid ett spindelnät. Man bör undvika att föra skannern fram och tillbaka över hällen i ett oregelbundet mönster, vilket kan medföra mätfel. De senaste åren har Länsstyrelsen Västra Götaland utvecklat dokumentationstekniken med en mätram 1 x2 m med referenspunkter klistrats på långsgående metallstänger (se nedan).

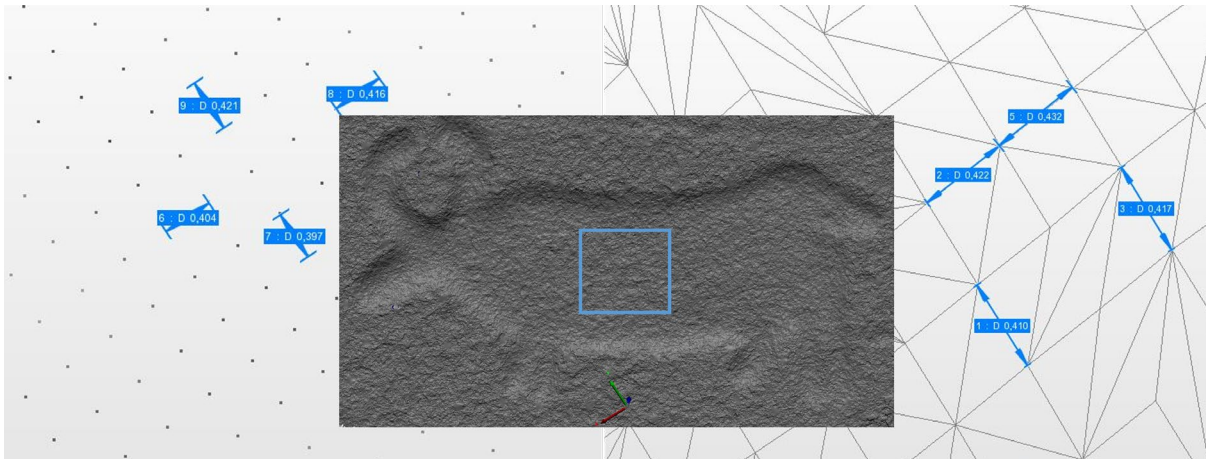
Den stora vinsten med handhållen laserskanner är att resultatet syns på datorskärmen i realtid, vilket är en stor fördel i förhållande till exempelvis fotogrammetri där resultatet först framträder efter att bilderna processats i en mjukvara. Att kunna se datafångsten i realtid gör det enkelt att se om det saknas data i någon del av den skannande ytan och i så fall återvända med skannern tills hällristningen är helt dokumenterad. Själva handhavandet av skannern vid datafångst är också relativt enkelt då det finns olika färgindikatorer på instrumentet som meddelar om skannern är på rätt avstånd från dokumentationsytan.

En nackdel med 3D-skannrar är att de inte tål vatten och kan därför inte användas i regn. De klarar inte heller av att dokumentera en våt hällristning då laserstrålarna kommer att returneras felaktigt mot skannerns kameror, vilket kommer att resultera i mätfel. Generellt är de flesta 3D-skannrar känsliga för direkt, starkt solljus. 3D-skannrar som använder strukturerat ljus är extra känsliga och kräver att ljuset stängs ute med hjälp av exempelvis tält. Laserskannrar klarar ljuset betydligt bättre och det räcker oftast att skärma av det direkta ljuset med ett paraply eller en presenning. Det bästa väderförhållandet för dokumentation är därför när det är mulet.

De digitala 3D-filerna

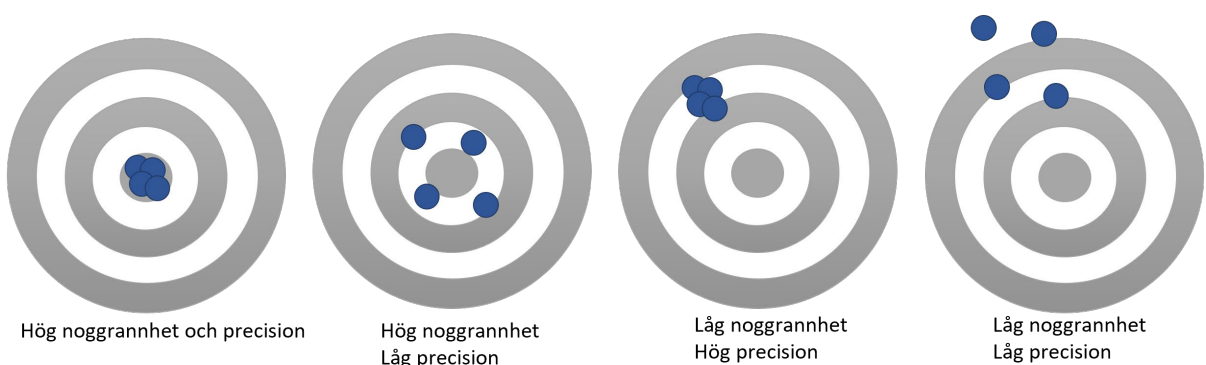
De filer som skapas under 3D-dokumentation är vanligtvis uppbyggda av ett punktmoln eller en Mesh. Ett punktmoln är en uppsättning datapunkter i ett tredimensionellt koordinatsystem där varje punkt har en X, Y, Z koordinat och kan också ha ett RGB värde (en färg). Mesh kan liknas vid en nätstruktur med noder där en yta skapas genom att punkterna förbinds med trianglar. När 3D-tekniken började användas skapade skannrarna enbart punktmoln som sedan fick editeras i en 3D-mjukvara för att generera ytmodeller. De nya 3D-skannrarna skapar ytmodellen direkt vid datafångsten.

I 3D-dokumentation är upplösning avgörande. Upplösningen är en teknisk datavetenskaplig term som kännetecknar hur väl verkligheten fångades. När det handlar om datorskärmar är upplösningen kopplad till antalet tillgängliga pixlar för att återskapa en bild. Ju fler pixlar, desto bättre upplösning och bildkvalitet. I 3D-skanning refererar upplösning till meshen, det vill säga avståndet mellan två punkter i ett punktmoln eller hur långa sidorna är i en triangel (se figur 20). Upplösningen avgör hur detaljerat hållristningen återges i 3D-data. En högre mesh-upplösning är mer detaljerad vilket innebär längre laddningstider och tyngre filer.



Figur 20. Utsnittet av 3D-modellen visar dels skillnaden mellan punktmoln och nätstruktur (mesh), dels upp-lösningen på 3D-modellen där avståndet mellan varje punkt respektive triangelsida är uppmätt. Illustration: Länsstyrelsen Västra Götaland.

Det är viktigt att känna till att upplösning och noggrannhet är två olika faktorer och att upplösningen enbart definierar detaljnivån i en 3D-fil. I 3D-skanning är noggrannhet hur nära mätningen är dess sanna eller tolererbara värde. Precision är hur nära olika mätningar av samma mål är varandra. Vid 3D-dokumentation bör man sträva efter både hög precision och noggrannhet för att få en så exakt kopia som möjligt av hållristningen (se figur 21).



Figur 21. Skillnaden mellan noggrannhet och precision. Illustration: bearbetad bild från Science Notes.

Val av 3D-teknik vid dokumentation av hållristningar

Allteftersom 3D-tekniken har blivit billigare och enklare att använda har den också blivit vanligare vid dokumentation inom arkeologin. När ny teknik introduceras inom en sektor är det emellertid vanligt att det skapas en övertro på tekniken, vilket också inträffat inom arkeologin och framför allt inom

hällristningsforskningen. Museer, universitet och andra aktörer använder ofta den 3D-teknik som man först introducerades till.

Innan dokumentationsprocessen påbörjas och typ av 3D-teknik väljs är det därför viktigt att ställa sig frågan: vad ska 3D-datan användas till? Ska 3D-modellen vara skalenlig och mätbar eller bara bra nog för att visualiseras i en 3D-mjukvara? Ska det gå att med hög precision analysera och använda data till jämförelseanalyser mot annan högupplöst data, och vilken upplösning ska i så fall användas vid datafångsten? Svaren på frågorna leder förhoppningsvis fram till vilken 3D-teknik som fordras för att tillgodose kraven. Risken är annars stor att det skapas mängder med data som i slutändan inte går att använda.

Det går till exempel inte att använda den fotogrammetriska metoden Structure-from-Motion för att beräkna nedbrytning av en hällristning över tid i hundradels millimeter eftersom tekniken inte är tillräckligt noggrann. Det är också meningslöst att 3D-skanna en 12 kvadratmeter stor hällristningspanel i alltför hög upplösning bara för att visa upp modellen i Meshlab eller någon annan 3D-mjukvara.

Det är också viktigt att fundera på vilket filformat som passar bäst när dokumentationen är utförd och data eventuellt ska långtidslagras. I skrivande stund bör 3D-filerna sparas som binära STL-filer, då det anses vara det mest öppna och tillgängliga formatet i världen inom 3D. Det är också en bra regel att alltid spara originalfilen.

Datafångst med handhållen 3D-skanner Creaform Black Elite

3D-skannern Black Elite från Creaform är en handhållen blålaserskanner med noggrannhet på 0,025 mm.

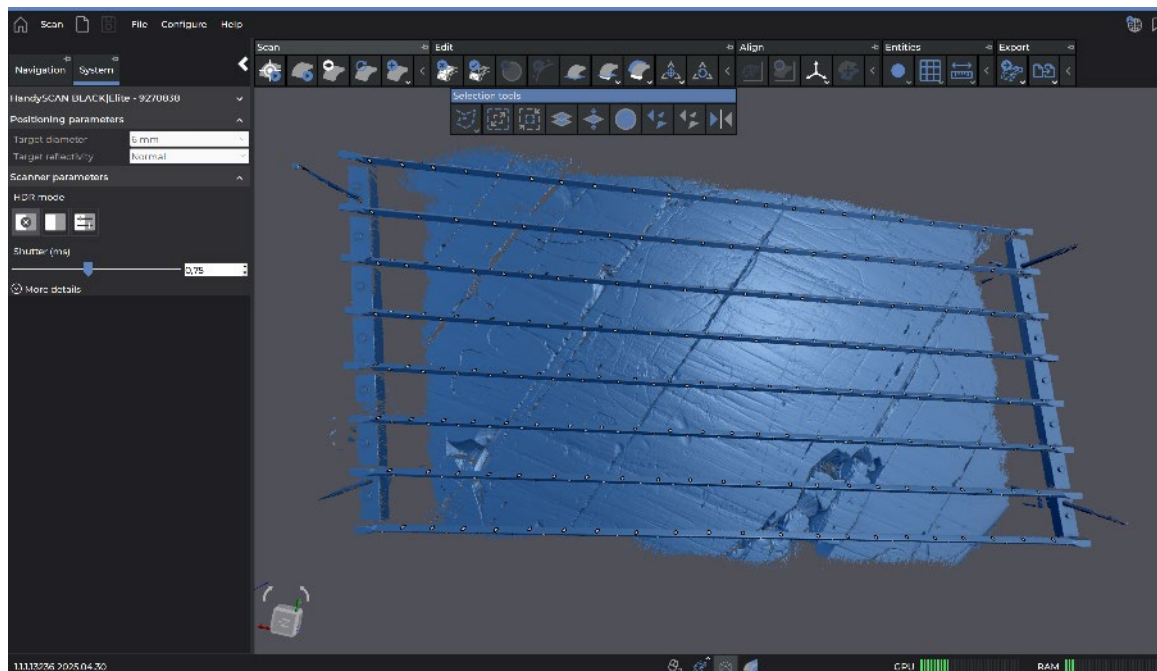
1. Hällristningen som ska 3D-dokumenteras rensas från skräp så som löv, mossor mm.
2. En mätram (1x2 meter) med referenspunkter placeras över delen som ska 3D-dokumenteras



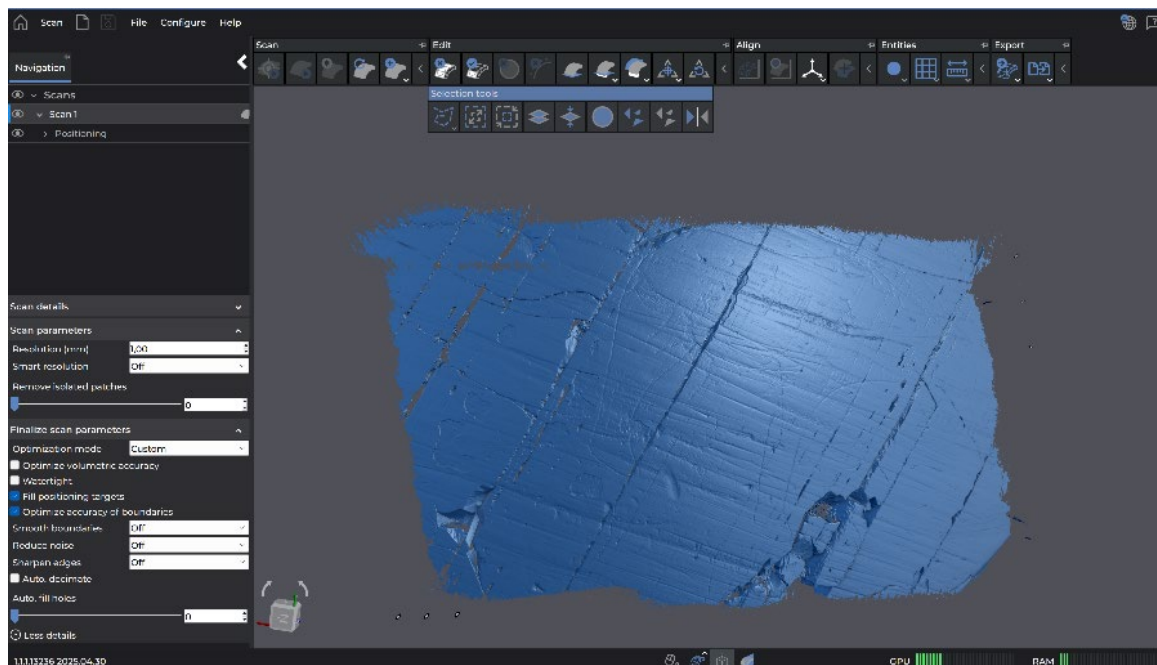
3. Mät ramen och området under ramen 3D-dokumenteras med den handhållna skannern direkt (med en upplösning på 0,5–1 mm), alternativt så skapas en modell av referenspunkterna innan skanningen och sedan 3D-dokumenteras mät ramen och området under ramen.
4. Mät ramen och referenspunkterna tas bort från 3D-modellen i skannerns programvara Vxelements, dokumentationsfilen namnges och sparas.

Redigering av 3D-modellen (mesh-filen)

1. 3D-filen öppnas i 3D-skannerns mjukvara Creaform.OS:



2. Mätramen editeras bort och 3D-filen sparas:

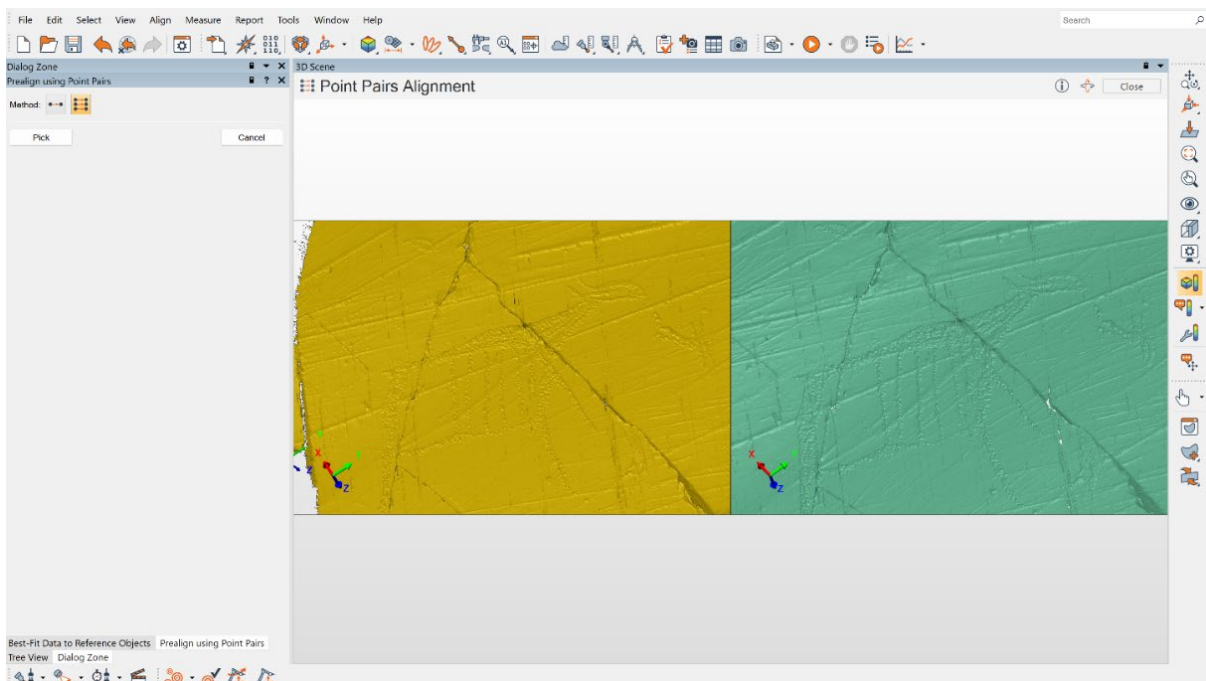


3. 3D-filen exporteras till det öppna filformatet STL (förkortning av engelskan stereolithography).

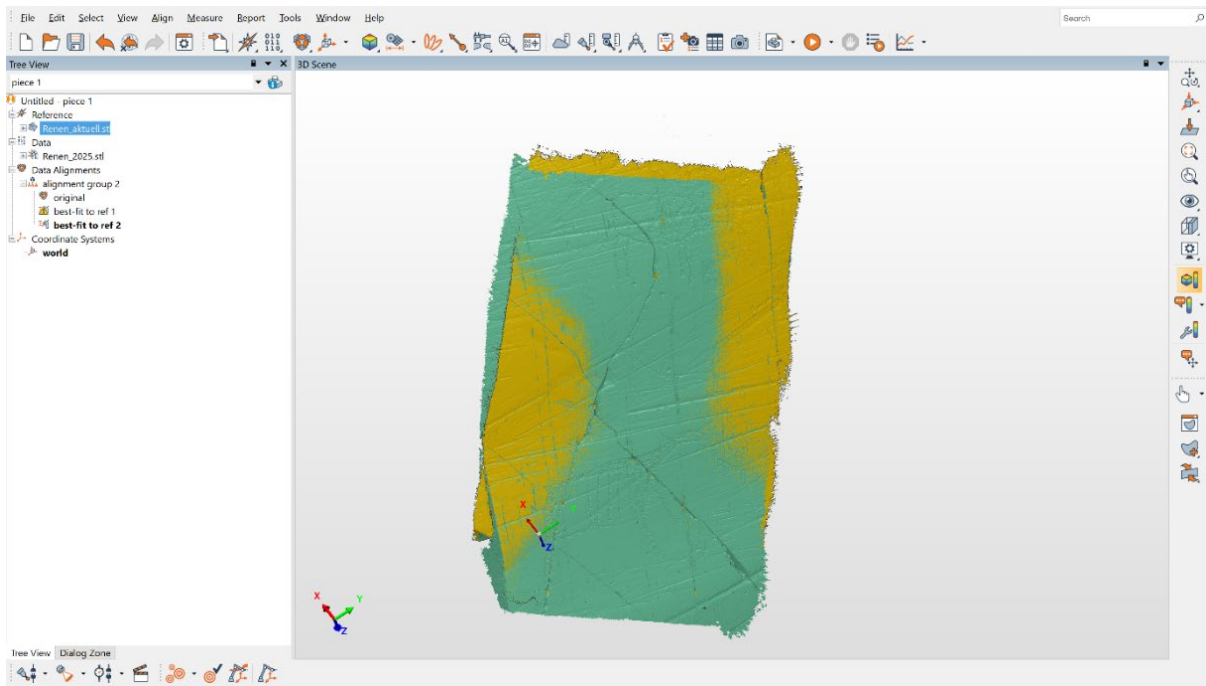
Jämförelseanalys av hållristningar över tid med hjälp av 3D

Användandet av 3D i jämförelseanalyser är vanligt inom tillverkningsindustrin där det är viktigt att upptäcka avvikelser av de tillverkade produkterna. Under produktionen kontrolleras de tillverkade produkterna regelbundet med 3D och jämförs med en 3D-modell tillverkad från en CAD-ritning över hur produktens olika mått ska vara. Samma tillvägagångssätt kan användas för att monitorera hållristningarna tillstånd över tid. Genom att jämföra delar av eller hela ristningarna med en tidigare 3D-dokumenterad hållristning i en mjukvara kan man följa eventuella förändringar så som materialförluster. Projektet använder sig av mjukvaran Polyworks Metrology Suite och nedan återges analysen steg för steg:

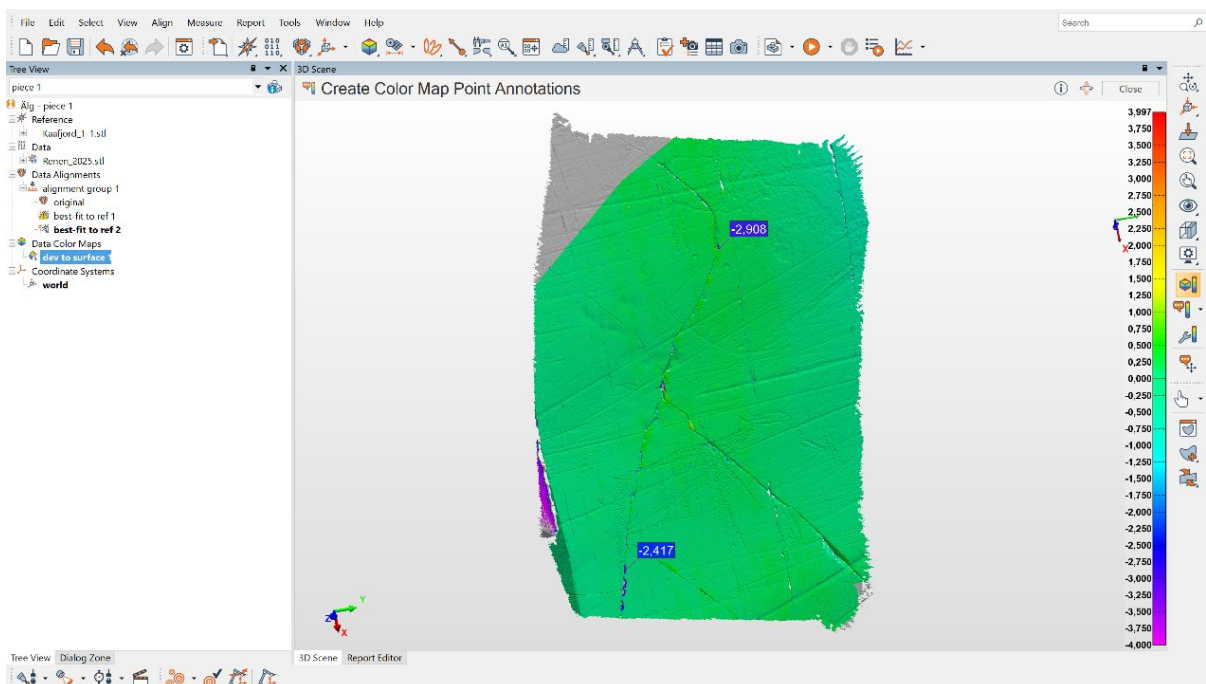
1. Mjukvara Polyworks Metrology Suite öppnas och 3D-filerna över samma område från olika tidpunkter importereras



2. Den äldsta filen konverteras till referensfil i mjukvaran.
3. De två filerna placeras över varandra och rätas upp under Alignment där mjukvaran finner den bästa passningen.

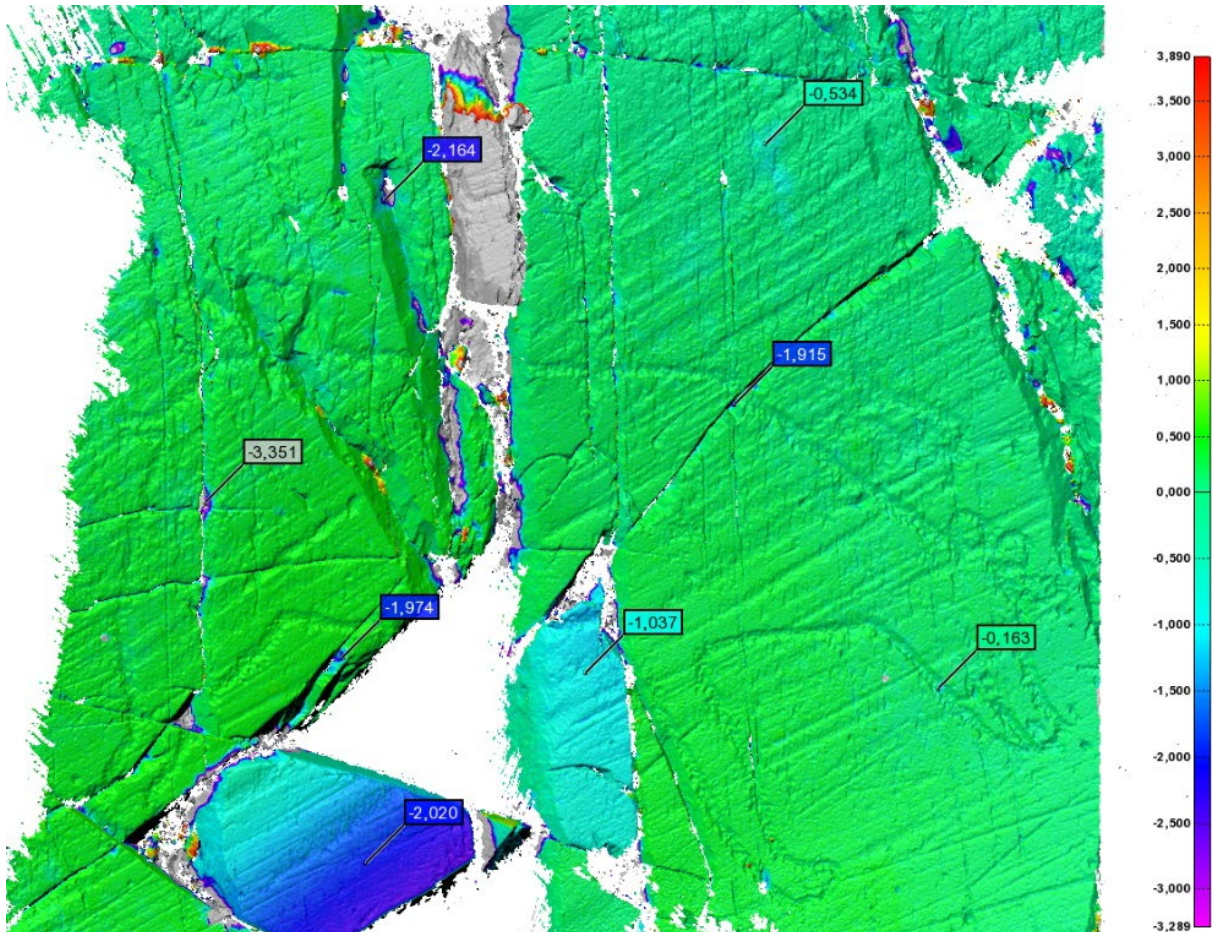


4. Mjukvaran jämfört den nya filen mot den äldre och registrerar eventuella förändringar som redovisas i en färgkarta där områden där filerna skiljer sig får annan färg. Det går också att markera ut hur mycket av hållristningen som försvunnit i siffror.



5. Projektet sparas och en rapport skrivs ut från analysen.

I den jämförande analysen mellan data från 2004 och 2024 (figur 24) framgår att materialförlust framför allt förekommer i sprickorna i och runt björnfiguren, medan själva hållristningsytan är nästintill oförändrad sedan 2004. På enstaka platser i den huggna figurlinjen har små stenfragment lossnat, exempelvis i den nedre käklinjen. Nedanför björnens mage i den större sprickan återfinns ett antal lösa delar av berget som har rubbats ur sitt läge sedan 2004. Det samma gäller den grå delen ovanför björnens rygg som idag ligger på en högre nivå än 2004 vilket gör att den faller utanför mjukvarans toleransnivåer och därför inte ges någon höjdnivå eller färg i analysen.



Figur 24. Jämförelseanalysen mellan data från 2004 och 2024 visar på liten eller ingen förändring på själva björnristningen.

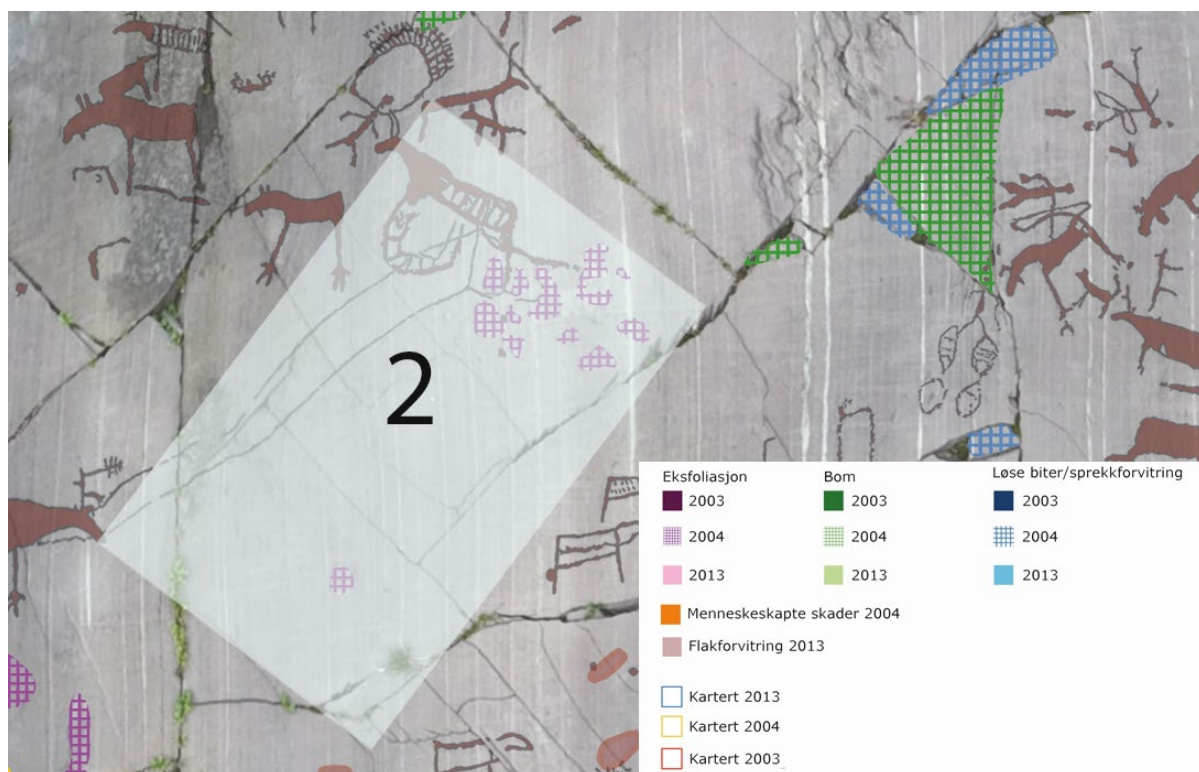
I den jämförande analysen mellan data från 2024 och 2025 (figur 25) framgår det att hållristningen i stort är oförändrad. Uppe i mitterstadelen av ristningen och nedanför i en spricka har två lösa stenar rubbats ur sina lägen sedan 3D-dokumentationen året innan.



Figur 25. Jämförelseanalysen mellan data från 2024 och 2025 visa inte på någon förändring av hållristningsområdet.

Område 2

Inom området finns djur- och människofigurer.

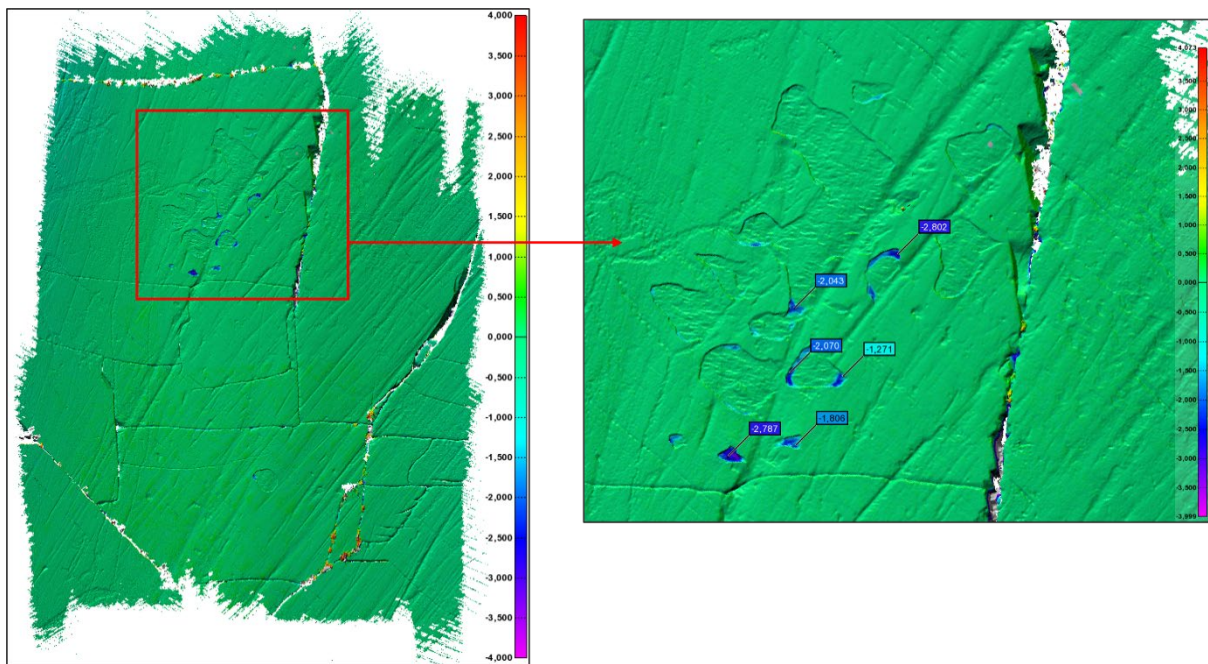


Figur 26. Översikt av den mellersta delen av Kåfjordsfältet, med område 2 av de 3D-skannade områdena från 2024 och 2025. Bildmontage: Karin Tansem/Henrik Zedig 2025.

Området 3D-dokumenterades 2002 och skadekarterades 2004 och 2013. I skadedokumentationen (figur 26) syns bompartier (gröna markeringar) i övre nordöstra delen av området, utanför 3D-

dokumentationen. Här finns också områden med bompartier (blå markeringar. Inom den 3D-dokumenterade ytan finns områden där bergsytan exfolierat (lila/rosa markeringar).

Vid fältarbetet 2024 fokuserades 3D-dokumentationen till de exfolierade ytorna för att se om de utvidgats sedan 2002. I den jämförande analysen mellan data från 2002 och 2024 (se figur 27 och 28) framgår det att samtliga exfolierade områden expanderats och att det tillkommit tre nya avskalade områden. I områdets nedre östra del finns det några sprickor med röda höjdmärkingar som tyder på att mindre fragment av berget har rest sig upp och håller på att lossna. Förutom själva avskalningarna och de nämnda sprickorna är området opåverkat sedan 2002.

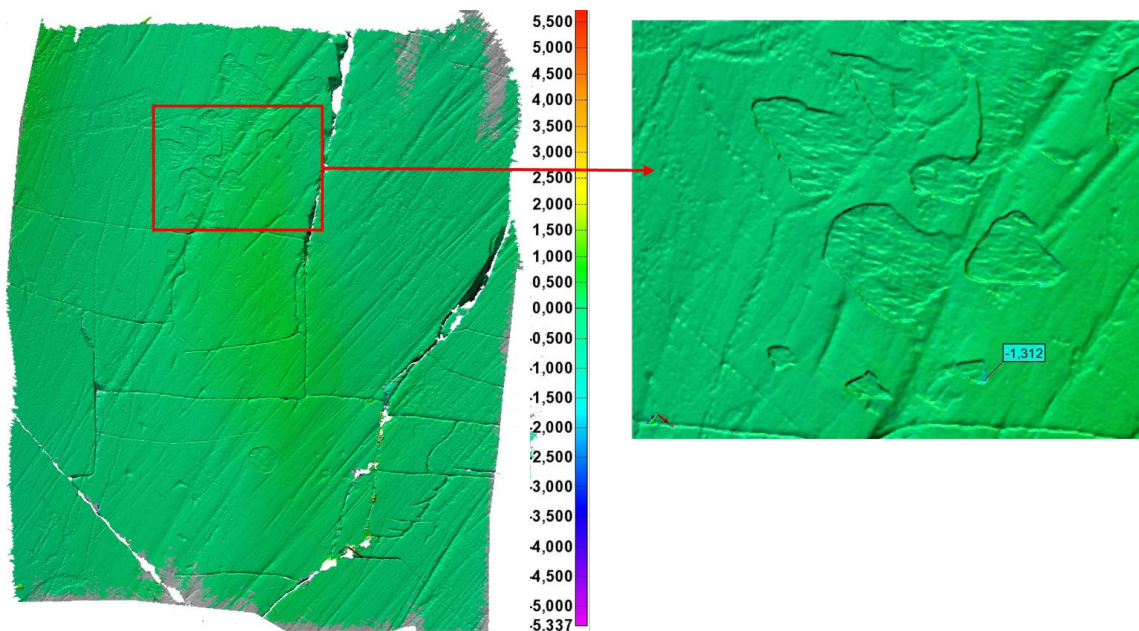


Figur 27. Jämförelseanalysen mellan data från 2002 och 2024 visar ytterligare materialförlust i de exfolierade partierna.



Figur 28. Den vänstra bilden togs 2002, i den högra bilden från 2024 syns nya exfolierade ytor inom den röda ramen. Foto: Metimur 2002, Henrik Zedig 2024.

I den jämförande analysen mellan data från 2024 och 2025 framgår det att hållristningen i stort är oförändrad förutom att ett av exfoliationsområdena (figur 29) hörnet under året utvidgats med några millimeter.



Figur 29. Jämförelseanalysen mellan data från 2024 och 2025 visar att inga förändringar skett förutom att exfolieringen i vänstra hörnet utökats några millimeter.

Område 3

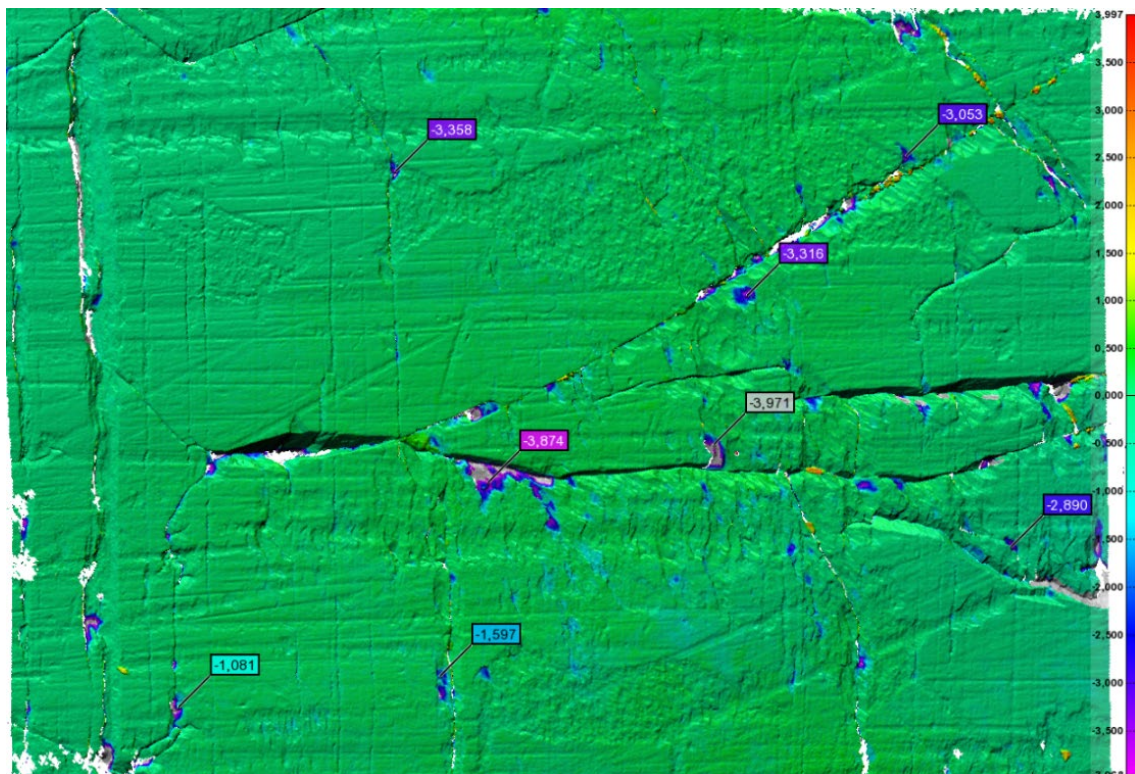
Området 3D-dokumenterades 2002 och inom området finns en valffigur, en djurfigur och några oidentifierade figurer.



Figur 30. Översikt av den östra delen av Kåfjordsfältet, med område 3 av de 3D-skannade områdena från 2024 och 2025. Bildmontage: Karin Tansem/Henrik Zedig 2025.

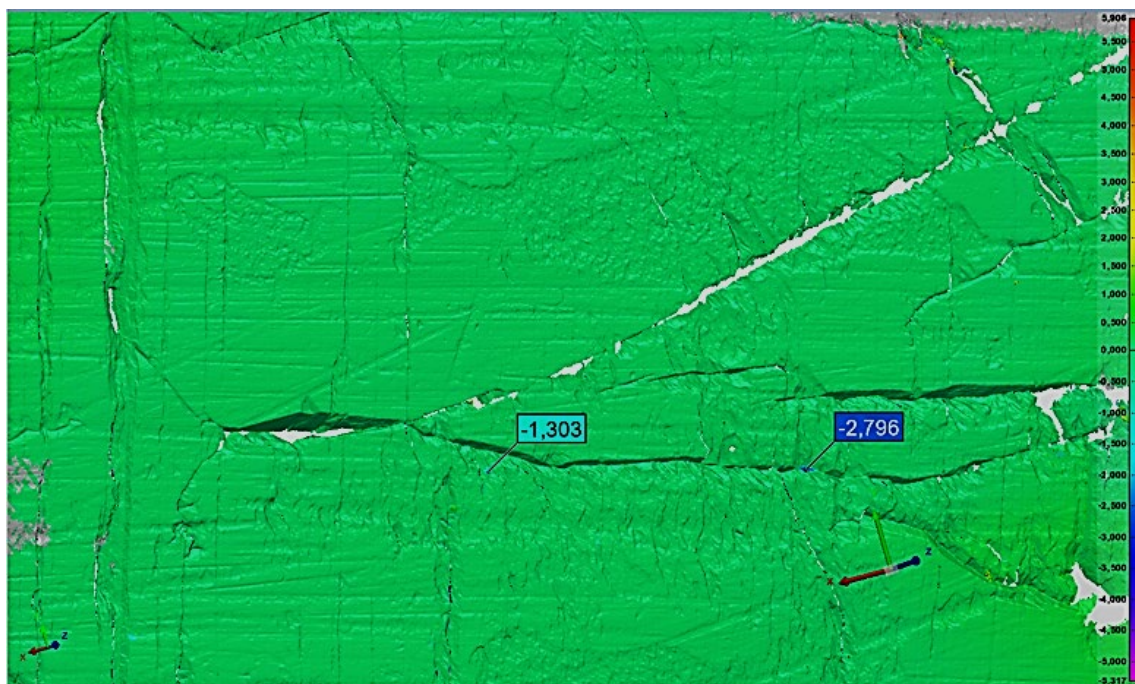
I skadedokumentationen från 2004 (figur 30) syns områden med bompartier (grön skraffering) i och ovanför valfiguren. Nedanför valfiguren finns ett område med lösa stenbitar (blå skraffering).

I den jämförande analysen mellan data från 2002 och 2024 (figur 31) framgår att hållristningen i området är i väldigt dåligt skick, med flagvittring över stora delar av det 3D-dokumenterade området. Det framgår också att bitar av berget fallit bort från det röda området nedanför valfiguren.



Figur 31. Bilden visar jämförelseanalysen mellan data från 2002 och 2024.

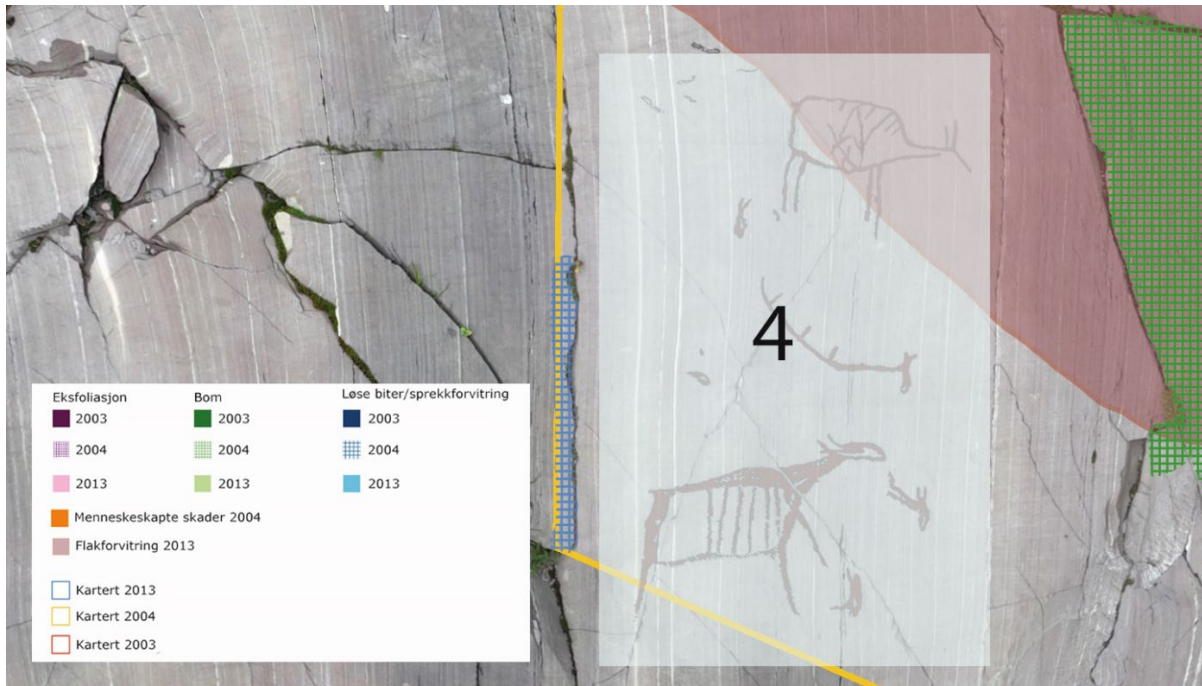
I den jämförande analysen mellan data från 2024 och 2025 framgår det att hållristningen fortsätter att flagvittra (figur 32).



Figur 32. Jämförelseanalysen mellan data från 2024 och 2025 visar att flagvittringen fortfarande är aktiv.

Område 4

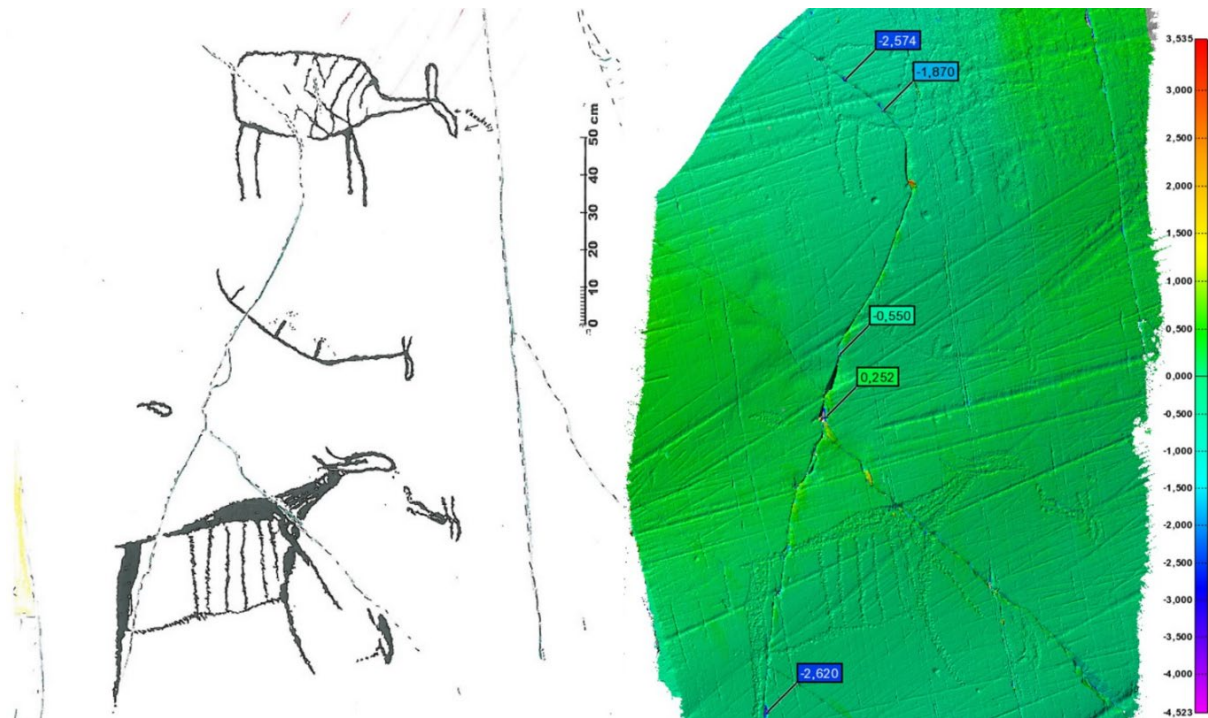
Inom området finns två djurfigurer och en båt med älghuvud.



Figur 33. Översikt av den övre delen av Kåffjordsfältet, med område 4 av de 3D-skannade områdena från 2024 och 2025. Bildmontage: Karin Tansem/Henrik Zedig 2025.

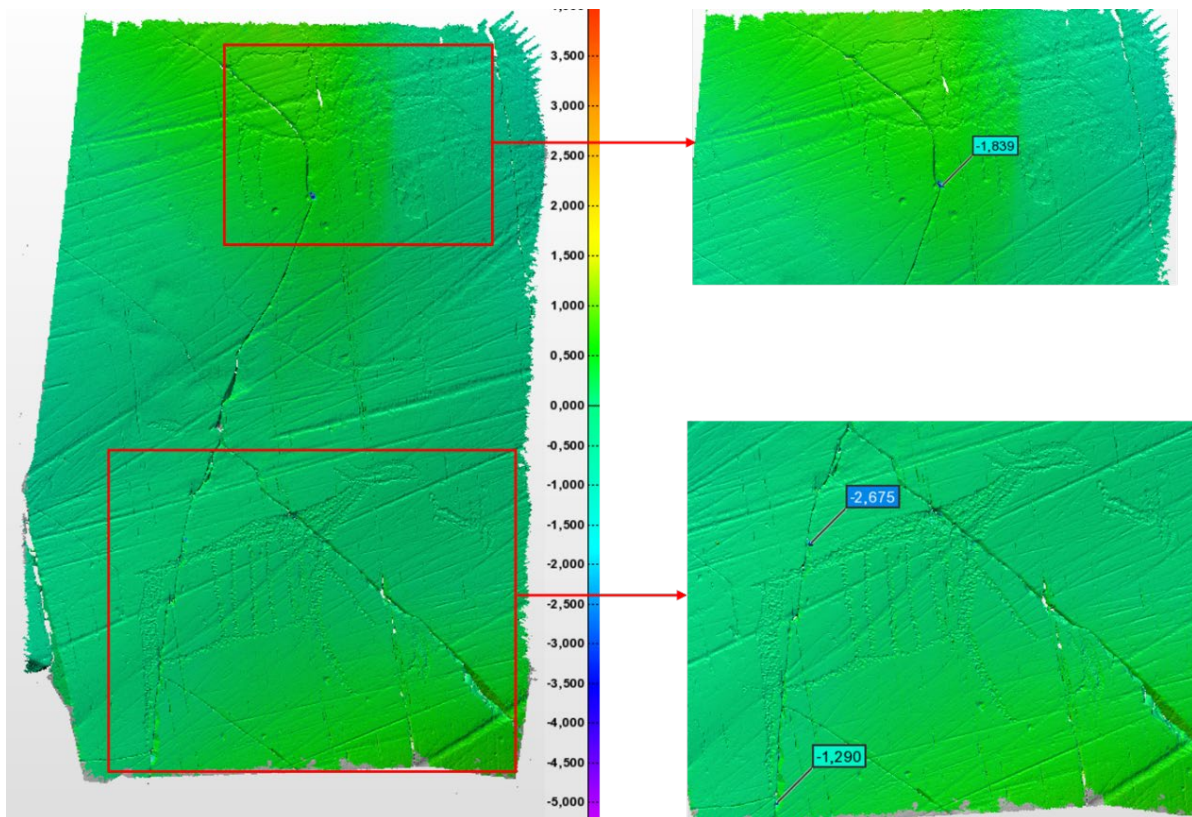
I skadedokumentationen från 2004 (till vänster i figur 34) återfinns ett parti med lösa stenar (gul skraffering) bakom den nedre djurfiguren.

I den jämförande analysen mellan data från 2004 och 2024 (till höger i figur 34) framgår att stora delar av hällristningen är mycket välbevarad. Det framgår också av analysen att den enda materialförlusten finns i sprickan (som liknar ett upp och nedvänt Y i bilderna).



Figur 34. Utdrag ut skadedokumentationen från 2004 visar lösa stenar gulmarkerade. Bilden till höger visar jämförelseanalysen mellan data från 2004 och 2024.

I jämförande analysen mellan data från 2024 och 2025 (figur 35) framgår det att mineralkorn fortsätter att släppa i sprickan som löper genom de båda djurfigurerna, och att hållristningen fortsätter att flaggvittra.



Figur 35. Jämförelseanalysen mellan data från 2024 och 2025 visar mindre stenbitar fortsätter att lossna i sprickorna.

Tanum

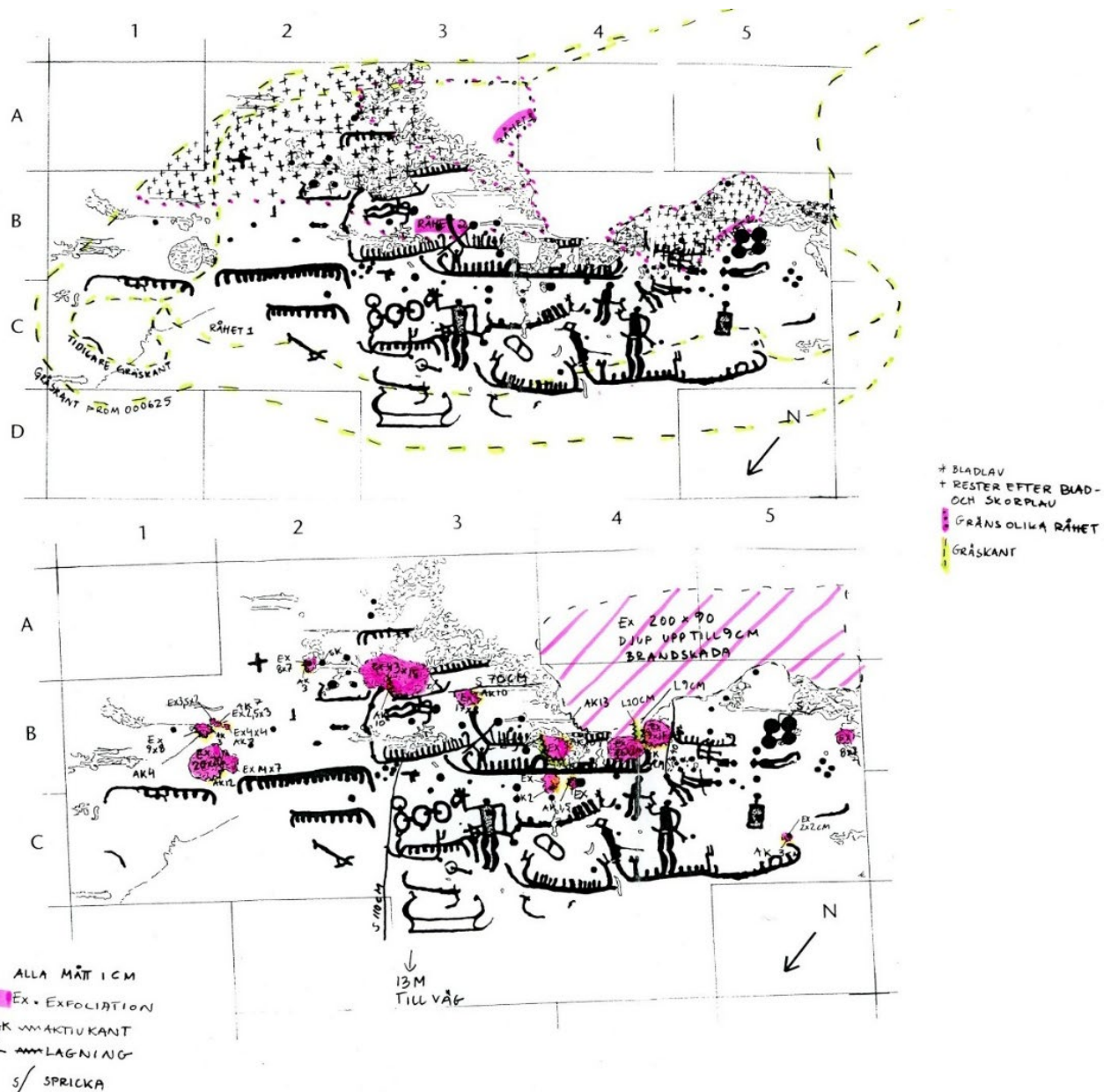
Hällristningen L1968:7550 (RAÄ Tanum 151:1)

Hällristning L1968:7550 (RAÄ Tanum 151:1) är huggen i Bohusgranit och var den första hela hällristning som Metimur AB 3D-dokumenterade år 2000. Företaget använde sin egentillverkade 3D-skanner Nomad, vilken med dagens mått mätt var långsam, otymplig och tung. Året där på dokumenterades hällristningen ytterligare en gång, då använde Metimur den nya och något smidigare 3D-skannern Atos HR. I den följande jämförandeanalysen kommer data från 2001 jämföras med projektets nya data från 2025. Hällristningen skadekarterats 1995 av Riksantikvarieämbetet och 2000 inom projektet Rock Care.



Figur 36. Drönbild av hällristning L1968:7550. Foto Hans Lundenmark, 2024.

Vid skadekarteringen 1995 registrerades områden med mekanisk vittring och en stor brandskada på hällen. Skadekarteringen från 2000 var mer noggrann med inritade exfolieringsområden, äldre lagningar, biologiskpåväxt, pågående vittring, tidigare lagningar och brandskador (figur 37).



Figur 37. Skisser från skadekarteringen 2000 där den övre visar biologisk påväxt och den undre de registrerade skadorna. Eva Ernfridsson i projektet Rock Care.

För att få en noggrann jämförande analys utan mätfel delades hållristning Tanum 151:1 upp i fyra delar (se figur 17).

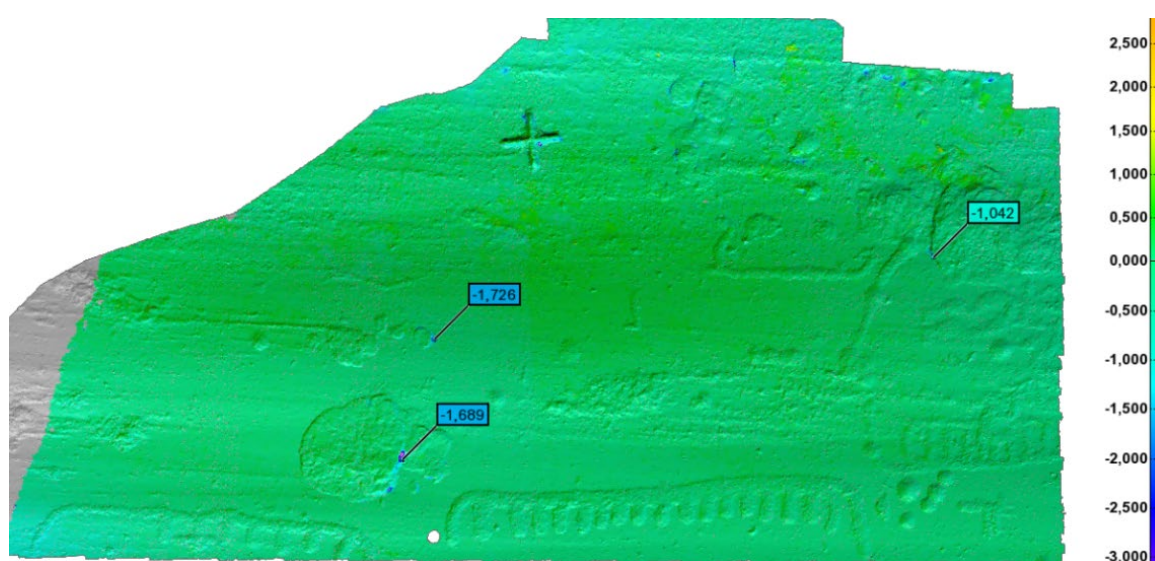


Figur 38. Hällristning L1968:7550 med de fyra delområdena inritade. Foto Hans Lundenmark, 2024/E-K Granberg.

Område 1

Området ligger i den östra delen av hällristningen och innehåller skeppsfigurer och skålgropar. Intill åkerkanten finns ett kors inhugget med mejsel, troligen en markering gjord av lantmäteriet. Vid skadekarteringen 2000 var den övre delen täckt av rester efter blad- och skorplav och i mitten av området registrerades en större och fyra mindre exfolieringar. Ytterligare en exfoliering, den största, finns i områdets södra del på gränsen till Område 2 (se figur 38). Samtliga exfolieringar utom den sistnämnda hade vid skadekarteringen aktivt vittrande kanter.

I den jämförande analysen mellan data från 2001 och 2025 (se figur 39) framgår att hällristningen inom Område 1 är relativt stabil och att det inte inträffat några stora förändringar på de 24 år som passerat. Analysen visar att kanterna i två av exfolieringarna i mitten har utökats något och att den största exfolieringen på gränsen mot Område 2, vars kanter 2001 var stabila, nu börjat vittra. Det framgår också att området längs öster ut har en pågående flagvittring.

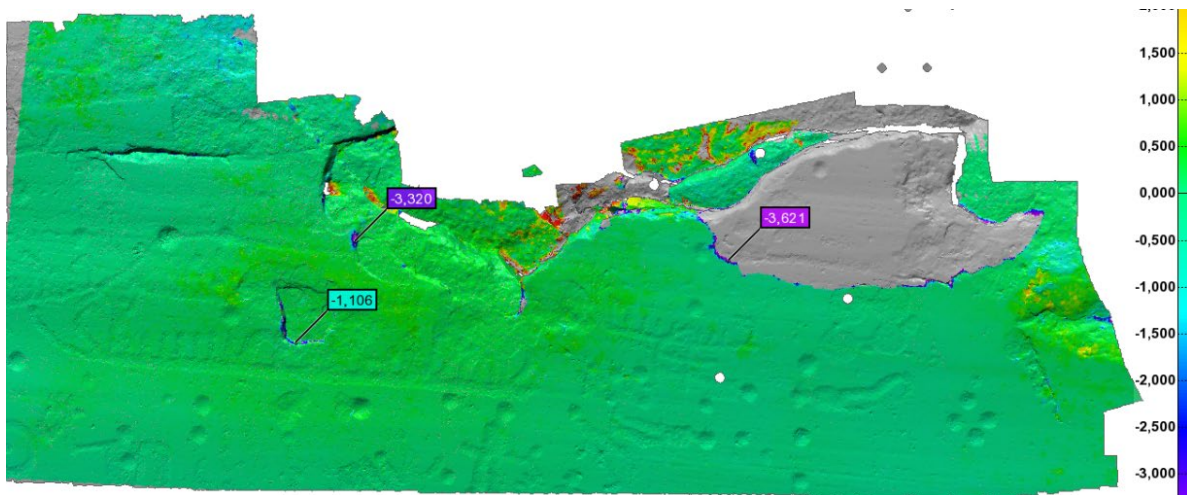


Figur 39. Jämförelseanalysen mellan data från 2001 och 2025 visar på liten förändring på inom Område 1.

Område 2

Området ligger i den sydöstra delen av hållristningen och innehåller skeppsfigurer, människofigurer, cirkelfigurer och skålgropar. Den övre delen av hållristningen i Område 2 domineras av en brandskada (200x90 cm) vilken har påverkat hållristningen norr om skadan negativt och försvagat bergets struktur. Inom området finns sju registrerade exfoliationer där den största (26x20 cm) är belägen i mitten av området mellan två skeppsfigurer omedelbart under brandskadan. I östra delen av området finns en kvadratisk exfoliation ovanför en stor skeppsfigur. För att förhindra att vatten tränger mellan hållens yta och berget gjordes under 1990-talet försök att laga skadan med cement. Samtliga exfolieringar utom två hade vid skadekartringen aktivt vittrande kanter (se figur 37).

I den jämförande analysen mellan data från 2001 och 2025 (figur 40) framgår att hållristningen inom Område 2 är relativt stabil men att en 82x38 cm stor del av hållen nedanför brandskadan slagits av. Då hållristningen ligger mitt i en åker är skadan troligtvis orsakats av jordbruksmaskiner och uppstått någon gång efter att hållen 3D- och skadedokumenterade 2001 och 2000. Jämförandeanalysen visar också att kanterna i tre av exfolieringarna har utökats något, samt att området längs österut har en pågående flagvittring.

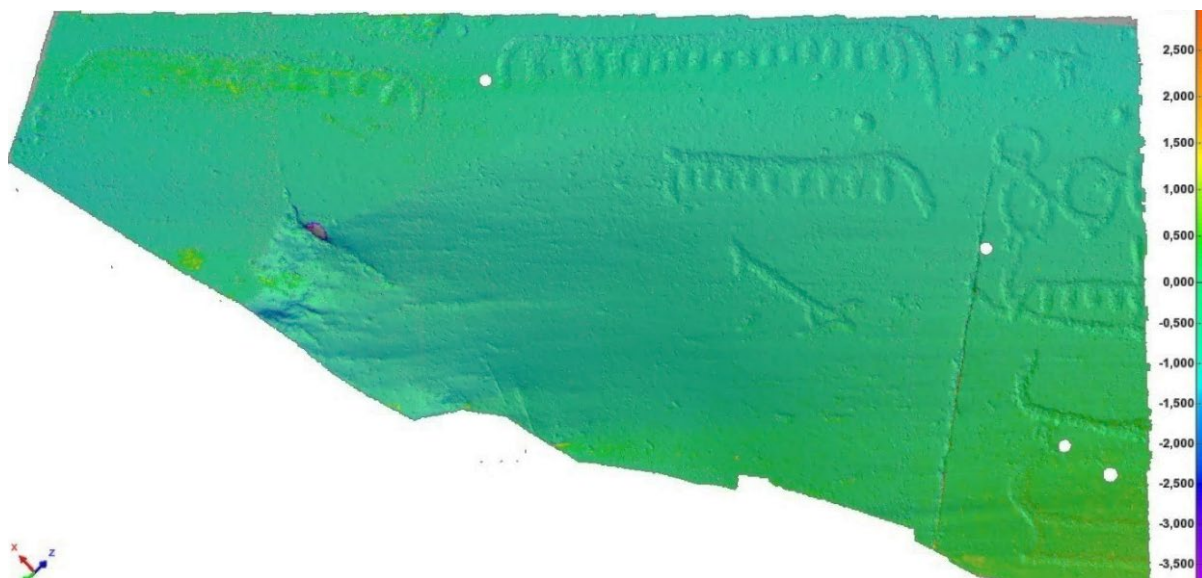


Figur 40. Jämförelseanalysen mellan data från 2001 och 2025 visar pågående vittring i flera av områdets exfolieringar. Den största skada är dock den gråa delen som slagits av från hållen.

Område 3

Området ligger i den nordöstra delen av hållristningen och innehåller skeppsfigurer, ett åder, cirkelfigurer och skålgropar.

Vid skadekartringen 2000 registrerades en exfoliering i området som sträcker sig österut in i Område 1 (se figur 37). I den jämförande analysen mellan data från 2001 och 2025 (figur 41) framgår att hållristningen inom Område 3 är mycket stabil, sedan 2001 har endast mindre vittring skett i en naturlig spricka i områdets östra del.

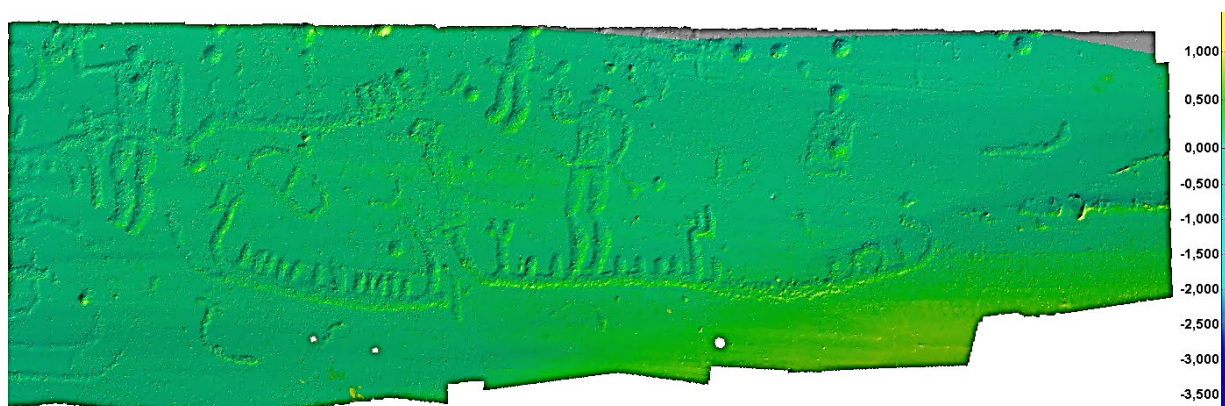


Figur 41. Jämförelseanalysen mellan data från 2001 och 2025 visar på liten förändring inom Område 2 sedan år 2001.

Område 4

Området ligger i den nordvästra delen av hållristningen och innehåller skeppsfigurer, människofigurer, cirkelfigurer och skålgropar.

Vid skadearteringen 2000 registrerades en mindre exfoliering i södra delen av hållristningsområdet (se figur 37). I den jämförande analysen mellan data från 2001 och 2025 (se figur 42) framgår att hållristningen inom Område 4 är mycket stabil och att ingen förändring kan ses.



Figur 42. Jämförelseanalysen mellan data från 2001 och 2025 visar att hållristningen är oförändrad sedan år 2001.

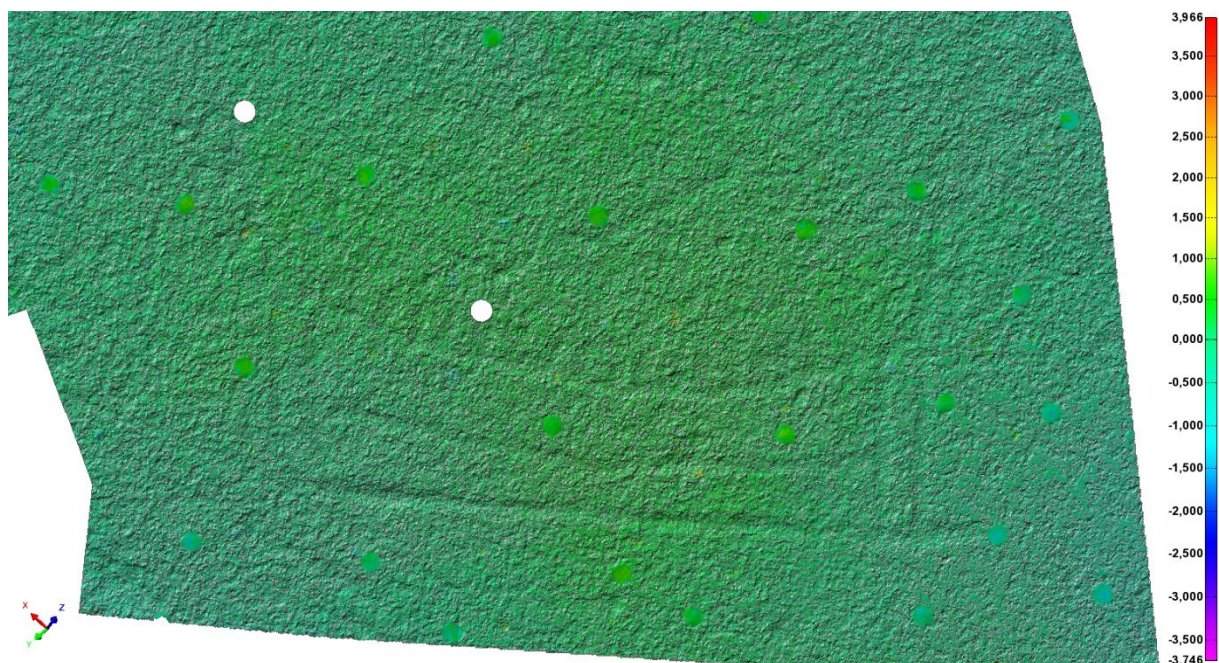
Tanum - hållristningen L1968:7401 (RAÄ Tanum 21:1)

Hållristning L1968:7401 (RAÄ Tanum 21:1) är tunt huggen i Bohusgranit och skadearterades 1995 och 2000. Ristningen 3D-dokumenterades vid två olika tillfällen, 2002 och 2003, i samband med ett monitoringprojekt. I den följande jämförande analysen av en del av ristningen kommer data från 2002 jämföras med projektets nya data från 2025. Vid skadearteringen 1995 och 2000 registrerades både mekanisk och kemisk vittring. Hållristningen magasinerades 1998 och täcktes av först 2016 då den också 3D-dokumenterades av Länsstyrelsen.



Figur 43. L1968:7401 är en tunt huggen ristning som är svår att se. Bilden visar den delen av ristningen som jämförandeanalysen utförts på. Foto Underslös museum 2016 (hämtad från SHFA, 2025).

I den jämförande analysen mellan data från 2002 och 2025 (figur 44) framgår att hållristningen är mycket stabil och att ingen förändring kan ses.



Figur 44. Jämförelseanalysen mellan data från 2001 och 2025 visar att hållristningen är oförändrad sedan år 2001.

Summering

Syftet har varit att analysera förändringar av hållristningarna vid Kåfjord och Tanum över tid genom att jämföra ny 3D-data med Metimur AB dokumentation från 2001, 2002 och 2004. Det finns flera stora skillnader mellan hållristningarna vid Kåfjord och Tanum. Figurerna vid Kåfjord är från stenåldern och huggna i en sedimentär bergart en blandning av tuffit och lerskiffer medan hållristningarna i Tanum är huggna under bronsåldern i bergarten granit. Bergarten i Kåfjord har en sämre samhallning än granit med större porer vilket medför att den snabbare utsätts för både mekanisk och kemisk vittring.

På Kåfjordsristningen 3D-dokumenterades fyra delytor med varierande bevarandestatus och i Tanum två hållristningar. De skannades med en handhållen blålaserskanner (Creaform HandyScan Black Elite) med 1 mm punktupplösning och certifierad mätnoggrannhet enligt ISO 10360 och 17025. De äldre stl-modellerna från Metimur användes sedan som referenser i analyserna för att identifiera avvikelser i bergytan och på hållristningarna. I analysarbetet användes mjukvaran PolyWorks MS 2022.

Analysen visar att majoriteten av de inhuggna figurerna på Kåfjord är förhållandevis välbevarade och att vittringen främst tillkommit i sprickor och fördjupningar i berghällen. Inom några ytor återfinns områden med flagvittring och i en yta iaktogs exfolieringar där berghällens övre skikt spjälkats av. Flera av de exfolierade ytorna som noterades 2002–2004 har expanderat och nya avskalningar har uppstått. Vittringsprocesserna på Kåfjordsristningen är aktiva men långsamma och de följer främst bergartens strukturella svagheter.

Kåfjordsristningen har skadekarterats vid flera tillfällen sedan den påträffades i slutet av 1970-talet. Skadekarteringarna har utförts genom att bergytans bevarandeförhållande bedömts visuellt, en metod som fortfarande används vid tillståndsbedömningar och skadekarteringar av hållristningar i Norden. Metoden är svår att tillämpa på visa uppspruckna bergarter så som tuffit och skiffer. På sådana bergarter är det vanskligt att få en korrekt och tillräckligt detaljerad information på grund av flera olika felkällor. Resultaten blir då subjektiva och svåra att jämföra över tid vilket ibland framgår i de utförda jämförelseanalyserna.

Analysen av hållristning L1968:7550 i Tanum visar att de inhuggna figurerna är välbevarade och att vittringen liksom på Kåfjordsristningen främst tillkommit i sprickor och fördjupningar i berghällen. I övre delen av L1968:7550 återfinns ett mindre område med flagvittring och flera av de exfolierade ytorna som noterades 2000 har expanderat. Vittringsprocesserna är aktiva men långsamma och de följer främst bergartens strukturella svagheter. Jämförelseanalysen av hållristning L1968:7401 visar att hållristningen är mycket stabil och att inga förändringar skett sedan Metimurs dokumentation 2002.

Studien visar på ett övertygande sätt att 3D-monitorering är en effektiv metod för att identifiera och följa förändringar av hållristningars tillstånd över tid. Man får inte bara en identisk digital kopia av hållristningen utan också en precis lägesrapport i tre dimensioner av ristningens bevarandestatus. Skadedokumentation med hjälp av 3D blir också objektiva och mätbara och inte som vid tidigare subjektiva och uppskattade.

Andre metoder for overvåkning av tilstand og miljø ved bergkunstfelt

Manuell skadeartering Tanum

Skadedokumentation en kort tilbakeblikk

Første gangen någon belyste vittringsproblematikken kring hällristningar i Sverige var Arne Strömberg 1959 i tidskriften *Fornvännen*. I artikeln *Vittring på hällristningar* tar han upp både mekanisk- och kemisk vittring på den stora hällristningen vid Aspeberget (Strömberg 1959, s. 47–50).

Under 1950- och 1960-talen var dokumentation främst inriktats på att avbilda ristningsfigurerna, vilket gjorde att kunskapen om vittringssituationen under 1950- och 1960-talen är mycket bristfälliga. I Sverige började regelrätta rapporter om vittringsskador dyka upp först i början på 1970-talet.

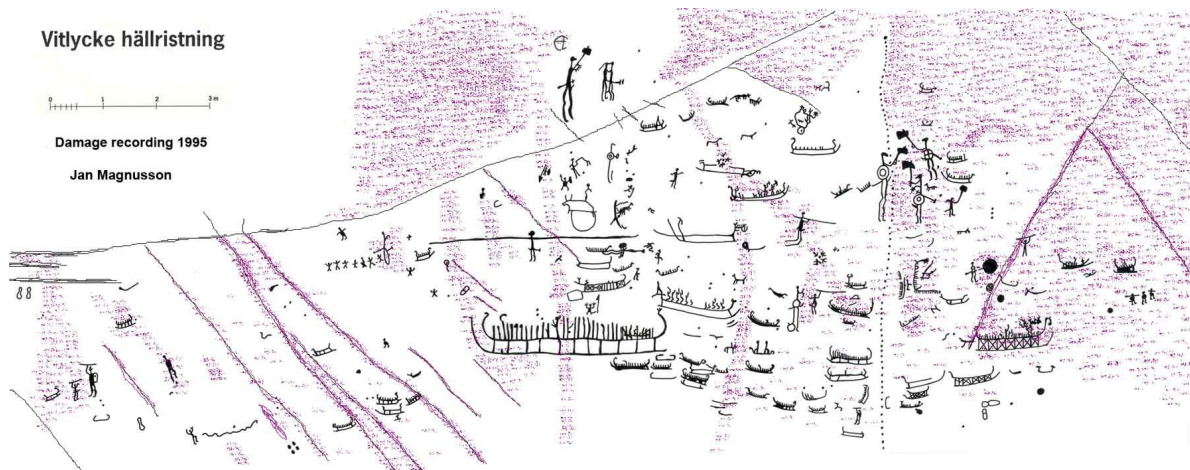
Det första seminariet i Sverige som tog upp vittring, dokumentation och skötsel av hällristningar anordnades av Norrköpings museum 1983 (Stangel & Parr, 1984). Under 1980-talet var orons stor inom kulturarvssektorn i Europa att luftföroreningar skulle förstöra kulturavet i bland annat byggnader, monument, runstenar och hällristningar i sten. Därför gav den svenska regeringen och riksdagen Riksantikvarieämbetet i uppdrag att undersöka på vilka sätt luftföroreningarna påverkad kulturavet i Sverige. Det föranledde Riksantikvarieämbetet att driva projektet *Luftföroreningar och kulturminnen* under åren 1988–1995 (Bertilsson & Lövendahl 1992, 21).

Som en del av projektet initierade Riksantikvarieämbetet den första systematiska skadedokumentationen på hällristningar 1989. I projektet dokumenterades ett stort antal hällristningspaneler i Bohuslän med skadebeskrivningar och fotografier (Kallhovd, K & Magnusson, J. 2000, s 25).

År 1990 startades ett tvärvetenskapligt projekt med forskare från Universiteten i Stockholm, Göteborg, Uppsala och Stockholm. I projektet valdes fem hällristningar ut i Bohuslän som skulle detaljstuderas utifrån vittring och vittringshastighet. Dokumentationen omfattade: fotografisk-, geologisk-, biologiskdokumentation samt geokemisk provtagningar. Geologen Thomas Eliasson, expert på det Bohusgranit, lade grunden för den geologiska- och skadedokumentationen (Kallhovd, K & Magnusson, J. 2000, s 24).

Arbetet fortsatte sedan av Länsstyrelsens i Göteborg och Bohus län (nuvarande Västra Götalands län) regi mellan åren 1994–1996. Jan Magnusson och Christina Berg fick i uppdrag av RAÄ att ta fram en detaljerad metod för skadedokumentation med tillhörande formulär. Syftet var att få kunskap om skadornas omfattning och intensitet samt orsakerna till den accelererade nedbrytningshastigheten. Metoden bygger på att beskriva och kvantifiera skador, samt fastställa de faktorer som kan tänkas orsaka dem. Den skulle också och klargöra sambandet mellan orsak och verkan med hjälp av statistisk utvärdering. Den underliggande idén med deras metod var att karakterisera och kvantifiera skador och alla faktorer som kan tänkas orsaka dem, samt klargöra sambandet mellan orsak och verkan med hjälp av statistisk utvärdering. Skadearteringen utfördes dels skriftligen i formuläret, dels på färdiguppritade kartor över ristningarna, där sådana fanns. På de lokaler som inte hade en färdiguppritad karta ritades karteringen in på millimeterpapper (Berg, C & Magnusson, J 1994).

I rapporten förklarar de hur skador klassificeras och tillvägagångssättet för den statistiska utvärdering som utförs av ett program som heter UNSCRAMBLER (Ibid).



Figur 45. Karta över Tanum 1:1 med kemisk vittring och förstärkt vittring som förändringszoner längs de flesta sprickor utritad på hållristningen.

Data från skadedokumentationen registrerades år 2006 in i en skadedatabas som tagits fram inom EU projektet Rock Art in Northern europe (RANE). Databasen innehåller förutom information om ristningarnas bevarandegrad också en mängd fotografier över 350 ristningspaneler.

Jan Magnusson färdigställde ytterligare en rapport om hållristningar i februari 1996; "Vårdplan för Hållristningar i Tanums världsarvsområde". Rapporten ingick i Riksantikvarieämbetets projekt Luftföroreningar och kulturminnen och redogjorde för skadedokumentation på 138 hållristningar i världsarvsområdet. Jan Magnusson redogör för fältarbetet och presenterar resultaten från sin undersökning i form av lättolkade diagram (Magnusson 1996).

År 1997 publicerade RAÄ handboken "Vård av hållristningar" som skrivits av stenkonservatorn Cecilia Strömer. Boken är en praktisk handbok som sammanfattar de kunskaper som kommit fram inom projektet Luftföroreningar och kulturminnen. Strömer menar att skadedokumentation är avgörande för bevarandet av hållristningar. Hon förordar att samtliga viktiga hållristningar i Sverige bör skadedokumenteras för att få en överblick över bevarandetillståndet och en bas för planering av ytterligare åtgärder inom bevarandet. Vidare ska skadedokumentationen innehålla en beskrivning av skadans typ och omfattning, teorier om möjliga orsaker till skadan och information om typen av bergart. Dessutom bör miljön beskrivas avseende vegetation, vattenflöde och avstånd till vägar eller industrier (Strömer 1997).

Länsstyrelsen Västra Götaland utförde år 2006 en uppföljning av skadedokumentationen från mitten av 1990-talet. Dokumentationens huvudsyfte var att studera ett urval ristningslokaler för att se om det inträffat någon förändring vad gäller skadesituationen på de cirka 10 år som passerat sedan den första skadedokumentationen utfördes. Ett annat syfte var att ta fram en metodik för uppföljning av hållristningar. Informationen från dessa skadekarteringar återfinns dels i pappersformat på Länsstyrelsen, dels i den skadedatabas som tog fram under 2000-talet (Magnusson 2007).

Skadekartering og skriftlig tilstandsdokumentasjon i Kåfjord, Alta

Bakgrunn

Det har blitt foretatt grundig tilstandsdokumentasjon og flere skadekarteringer av helleristningsfeltet i Kåfjord både før og etter at storparten av det ble avdekket i årene 2002-2005. Bakgrunnen for at dette kunne bli gjort var Riksantikvarens etablering av Bergkunstprosjektet i 1996, på vegne av Miljøverndepartementet. Alarmerende rapporter viste at «95% av bergkunsten i Norge var utsatt for skader», i generelt dårlig stand på grunn av forvitring, vandalisme og annen menneskelig påvirkning, og nedbrytingen foregikk i et stadig økende tempo (Helliksen og Holm-Olsen 2001:3-4). Det ble valgt ut 300 norske helleristningslokaliteter som skulle sikres, og en av dem var Kåfjord, som allerede var verdensarv (Hygen 2006).

Sentralt i sikringsarbeidet var dokumentasjon og tilstandsregistrering. Mellom 1997-2000 ble det gjennom flere svensk-norske samarbeid utarbeidet flere dokumentasjonsstandarder for bergkunst og bergkunstdatabaser (Helliksen og Holm-Olsen 2001). Med denne bakgrunnen ble det utarbeidet en tverrvitenskapelig norsk dokumentasjonsstandard i 1998 av NIKU, i samarbeid med Riksantikvaren, publisert i 2001 (Helliksen og Holm-Olsen 2001). Denne dokumentasjonsstandard for bergkunst ble utviklet som en skjemarapport, som sammen med annen dokumentasjon i form av f.eks. andre rapporter, foto, tegninger, kalkeringer og kart, organisert i en database, skulle danne grunnlaget for forvaltningen av bergkunst i Norge. I Bergkunstprosjektet ble det også årlig levert skriftlige rapporter fra landsdelmuseene som hadde ansvar for tilstandsdokumentasjon og anbefaling av tiltak. Etter at Bergkunstprosjektet var avsluttet, fortsatte arbeidet med å sikre bergkunstlokaliteter i Norge med RAs bevaringsprogram BERG. Bergkunstdatabasen ble etter hvert lagt ned, og en del av den lagrede dataen ble overført til Askeladden.

«Bergkunst. En veiledning i dokumentasjon, skjøtsel, tilrettelegging og overvåking av norsk bergkunst» (Bergkunsthåndboka) (Bjelland og Helberg 2006) ble utarbeidet som et resultat av erfaringer og praksis fra det nasjonale bergkunstprosjektet (1995-2005). I boka ble «en grunnleggende dokumentasjon av *bergkunstens fysiske tilstand*» (Bjelland og Helberg 2006:56, kursiv i original) beskrevet som en viktig del av den totale dokumentasjonen av bergkunsten, og helt avgjørende for å velge strategier og tiltak for både skjøtsel og konservering. Bergkunsthåndboka er et oppslagsverk som fortsatt er i bruk, men er under en viss revidering.

Ambisjonene omkring dokumentasjonens omfang og karakter var (og er) store. Elementære skritt var 1) observasjon og beskrivelse, 2) innhente kunnskap om materialene (berget m.m.), hvordan de endret seg over tid og hva det skyldtes og 3) vurdere strategier som kan motvirke problemer. Standard tilstandsdokumentasjon skulle omfatte følgende (Bjelland og Helberg 2006: 57):

Miljøet rundt bergkunsten

- Type område (jordbruksområde, boligstrøk, bymiljø, industri).
- Terrengtype (dal, kupert terreng, åpen beliggenhet, fjell, fjord, elv, vidde, strand, innsjø, strand, hav).
- Lokal vegetasjon (åker, eng, beite, gressplen, hage, barskog, løvskog, blandingsskog, hogstfelt, plantefelt, krattskog, myr, strandvegetasjon, fjellvegetasjon).
- Veitrafikk/andre forurensingskilder.

Bergkunstflaten

- Hver figur beskrives med hensyn til motiv, materiale og teknikk. Tilstanden karakteriseres ved å gjøre rede for hva som er bevart og hvordan dette ytrer seg: Sterkt eller svakt, tydelig avgrenset eller utflytende og konturløs, etc. Det er også viktig å inkludere hva som ser ut til å være forsvunnet og sannsynlig årsak til tapet. (Dette er basert på en visuell og subjektiv oppfatning. Forsøk har vist at det er fordelaktig at to stykker lager en beskrivelse uavhengig av hverandre og senere

sammenlikner resultatene. Det hele betinges av godt lys. En hodelykt med halogenpærer er helt nødvendig ved dokumentasjon av hulemalerier.)

- Orientering (eksposisjon og helning).
- Bergart.
- Fuktpåvirkning (nedbør, sjøsprøyt, periodisk tilsig, permanent tilsig).
- Makrovegetasjon.
- Mikrovegetasjon (type vegetasjon: mose, lav, alger, biofilm, % dekning).
- Forvitringsskader (løse korn, eksfoliasjon, grusvitring, bomparti, kjemisk forvitring, sprekkrelatert forvitring, flakforvitring, mineralutfelling, spor etter vannsig).
- Menneskeskapt skader (mekanisk slitasje, overhugging, rissing, graffiti, oppkrittning, brannskade, sot fra fakler, søl fra stearinlys).

Det ble understreket at:

Det er selvsagt umulig å gi et tilnærmedesvis komplett bilde av nedbrytningsfaktorer og -prosesser som er årsakene til nåværende tilstand, siden miljøet består av et stort antall parametre (innbyrdes variable faktorer) som utgjør et ytterst komplisert system. Men vi bør i det minste ta sikte på å kartlegge hovedtrekkene. En del av vanskelighetene skyldes at fullt synlige effekter ofte har skjulte årsaker. (Bjelland og Helberg 2006:56)

Beskrivelser av skadeomfanget på bergkunstfeltet i Kåfjord

Blant flere rapporter, er rapportskjemaene og de årlige rapportene til Bergkunstprosjektet (BKP) en viktig kilde i kartleggingen av hvilke beskrivelser som finnes av Kåfjordfeltet. Det ble foretatt skadekartlegginger i 2001, 2003, 2004 og 2013. I det følgende har det blitt lagt vekt på beskrivelsene av bergflatene, og ikke vegetasjon, miljøet i omgivelsene osv.

2001

Fra Rapport vedrørende sikringsarbeid for BKP, TMU:

Berget består av en rødlig, finkoma skiferbergart som til dels er sterkt oppsprukket. I forbindelse med disse sprekkene finnes det flere steder løse steiner/steinfliser ... Den dominerende forvitringstypen ser ut til å være sprekkrelatert forvitring som finnes i en størrelsesorden på mer enn 50%.

Fra Rapportskjema fra BKP (2001/2004):

Under punktet 9. Konklusjon, ble det anbefalt permanent tildekking, og drenering/bortledning av overflatevann i den forbindelse, men i merknader også «Ingen tiltak, la feltet gro igjen med torv og lyng», og «Feltet bør få ligge i fred. Hvis man ønsker en total dokumentasjon av figurfeltet må en mengde bjørkekratt og torv fjernes. Dette vil i seg sjøl være et stort inngrep, og dette kan være vanskelig å få til uten at steinfliser og lignende løsner og faller av. Man bør derfor vurdere nøye om en total dokumentasjon av figurfeltet er nødvendig før man eventuelt bestemmer seg for å gå til et slikt tiltak». I BKPs rapport vedrørende sikringsarbeid fra samme år (Helberg 2001), ble det slått fast at feltets omfang og tilstand ikke kunne vurderes skikkelig før man fjernet all vegetasjon. Muligheten for et tiltak koordinert med et forskningsprosjekt, med studier av både figurer/motiver og ulike forvitringsprosesser under henholdsvis partier som har ligget beskyttet av torv og de som har ligget eksponert for vind, vær og forurensing over lengre tid, ble også fremlagt. Det ble tatt for gitt at torva skulle legges på igjen etter at undersøkelsene var gjort: «Et slikt prosjekt bør framskaffe et såpass breispektra materiale slik at lokaliteten kan få være i fred for «framtida". Her må man vurdere den verdien som ny viten om feltet kan gi mot den slitasje som midlertidig fjerning av vegetasjonen uvilkårlig vil gi».

2003

Fra Norsk faggruppe for bergkunstkonserverings årsrapport (etter at mesteparten av feltet var gravd frem)

Vi er av den mening at feltet i Ytre Kåffjord er i svært dårlig forfatning. Det er mange dype og grunne sprekker i berget. I forbindelse med disse sprekkene er det mye løs stein i forskjellige størrelser, samt bommer langs sprekkantene, (bommene er ikke synlige på overflaten). Det er relativt store partier med bommer, alle i tilknytning til sprekkene. Bommene, sprekkene og de løse steinene går flere steder inn på selve ristningene. Det vil si at flere ristninger står i akutt fare for å forsvinne ganske snart! Noen steder så vi at steiner/løse blokker midt i ristningene var borte, kanskje fjernet av souvenirjeger. Store deler av berget har eksfoliasjoner/avskallinger. Også disse kom i direkte konflikt med ristningene flere steder. Mange av skadene kommer fra røttene til trær som har stått på feltet samt mindre vekster som hadde grodd opp etter at feltet ble avdekket.

2004

Fra Rapport vedrørende sikringsarbeid for BKP, TMU

Skadebildet på alle feltene (feltet var på det tidspunktet delt inn annerledes enn i dag) er stort sett likt og av samme karakter. Alle feltene ligger på flere svært oppsprukne svaberg som heller ned mot S. Feltene har svært mange løse steinblokker og er mye forvitra i sprekkene, blant annet mekanisk forvitring fordi bergstrukturen er tilnærma 180 grader invertert slik at figurene er hogd inn på tvers av lagdelinga, og dermed er de svært utsatt for oppsprekking og at biter brekker av. De dominerende forvitringsskadene er derfor sprekkrelatert og kjemisk forvitring, men også de øvrige forvitringstypene er representert på alle feltene.

På NØ-delen av felt II er heile overflata sprukket opp i svært tynne og skallaktige flak, som enten ligger igjen som grus på bergflata eller har falt bort. Årsaka til at denne delen av bergflata er i dårligere forfatning enn ellers er usikker, men det kan skyldes frostsprengning. Flere steder blei det også observert at vitringshuden hadde spalta av. Både det at ristningene er hogd inn på tvers av den tynne laglaminasjonen som lett kan brette av og at vitringshuden er skada gjør at ristningene sitter svært utsatt til.

Lokaliteten i Ytre Kåffjord ser ut til å være i svært dårlig forfatning. Det er mange dype og grunne sprekker i berget. I forbindelse med disse sprekkene er det mye løs stein i forskjellige størrelser, samt bommer langs sprekkantene. Ikke alle bommene er synlige på overflata. Noen områder har relativt store partier med bommer, alle i tilknytning til sprekkene. Bommene, sprekkene og de løse steinene går flere steder inn på sjølve ristningene. Det vil si at flere ristninger står i akutt fare for å forsvinne ganske snart. Noen steder er steiner og løse blokker midt i ristningene borte. Store deler av bergoverflatene har eksfoliasjoner/avskallinger. Også disse er i direkte konflikt med ristningene flere steder.

For å redusere forvitringsprosessen og oppløsning av mineralkorn og dermed utviklinga av en porøs forvitringssone, oppsprekking og igjengroing av lokaliteten, er det nødvendig med ei drenering i overkant av området for å hindre vannsig nedover bergflatene. Deretter bør lokaliteten dekkes til, og dette bør skje så fort som mulig slik at ikke de allerede eksisterende skadende utvikler seg.

2006-2013

Kåffjordfeltet var i denne perioden tildekket med det som skulle være en permanent løsning. Den ble fjernet i 2013.

2013

Fra Rapport vedrørende sikring av bergkunst i Nord-Norge, TMU:

Kontroll etter fjerning av tildekking. TMU stilte med konservator og arkeolog i forbindelse med avdekkinga av Kåffjordfeltet. Det blei foretatt ny skadedokumentasjon av ca. 10 områder på feltet. Disse

blei så sammenligna med tilsvarende skadedokumentasjon fra 2002 – 2003, og som var gjort før tildekking kom på plass.

Ved sammenligning av skadekartering og bildemateriale kunne det fastslås at det ikke har skjedd noen dramatiske endringer på bergflata. Det var stort sett de samme skadetyperne på de samme stedene. Nye skader som kunne registreres kan sannsynligvis knyttes til arbeidet med å fjerne tildekkinga.

Det samme året undersøkte geoarkeolog Per Storemyr Kåfjordfeltet for å vurdere feltets tilstand ved flere anledninger, også i en workshop organisert av VAM, med representanter fra bl.a. TMU, RA, UiO, Bioforsk Nord, Rådgivende Biologer og Per Storemyr Archaeology and Conservation Services. I Storemyrs (2013) omfangsrike rapport legges det vekt på at majoriteten av skadene på berget kunne ha oppstått allerede under istiden, i form av sprekker, løse blokker og utallige skuringsstriper som allerede da de ble til kunne ha forårsaket eksfoliasjoner. Storemyr gjorde også en annen vesentlig observasjon, nemlig at bare et fåtalls ristninger ble laget på løse blokker eller flater som var sterkt preget av svakhetssoner og forvitring fra istidens påvirkning, og at den overveiende majoriteten snarere ble hugd på «gode» bergpartier som isen har slipt glatte, uten mye oppsprekking og eksfoliasjon (figur 4, se også Walderhaug og Walderhaug 1998:124). Storemyr kvantifiserte antall figurer som i større eller mindre grad var berørt av løsnede blokker og eksfoliasjon til ca. 15-20%, og estimerte at ytterligere ca. 10% av figurene hadde andre skader, knyttet til fin oppsprekking langs større sprekker, forvitring av de gulgrønne lagene (se beskrivelse av Kåfjordfeltets geologi) og tynn avskalling. Et samlet anslag på figurer med betydelige skader ble da ble 25-30%. Storemyr poengterte at dette dreide seg om antall figurer og ikke areal med skader, og mente at dette kunne ses på som en forbausende lav skadeprosent, gitt at berget var «ekstremt oppsprukket» og følsomt for forvitningsfenomener som eksfoliasjon (Storemyr 2013).

2014

Fra Rapport vedrørende sikring av bergkunst i Nord-Norge, TMU:

Om Kåfjordprosjektet: Prosjektets målsetning er å vurdere om det foregår faretruende forvitring på kåfjordfeltet samt si noe om hvilken type forvitring som eventuelt er til stede og hastigheten på denne. I tillegg vil man se på torvas sammensetning og forholdet mellom torv, bergart og forvitring. Prosjektet ser for seg en 5-års periode, der man vil registrere de viktigste forvitningsprosessene som er til stede, før man eventuelt kan konkludere med forslag angående ny tildekking og materialvalg. Det er også meninga at man skal ta i bruk eldre foto av området for å se om det er mulig å se endringer av bergflata sia disse blei tatt.

Skadekartering i Kåfjord

Skadekartering har tradisjonelt bestått av å markere forskjellige typer skader på kalkeringer, sammen med sprekker og andre svakheter ved bergflaten. Man har også skadekartert direkte på fotografier, eller på 2D-produkter etter laserskanning. I Kåfjord ble alle de tre metodene tatt i bruk.

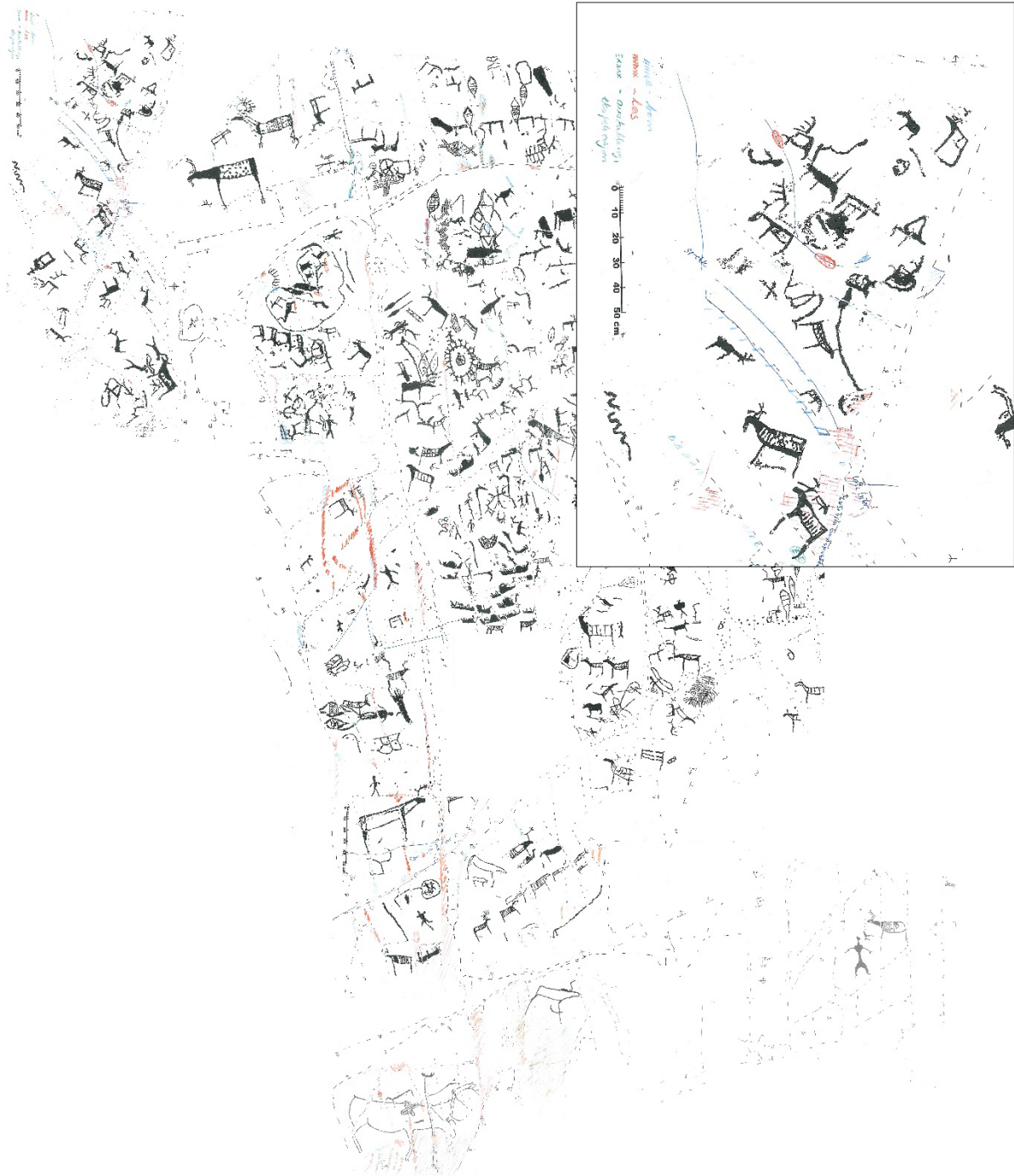
2001

Tilstanden på berget i Kåfjord ble først dokumentert med skadekartering på kalkering i 2001, av TMU. På det tidspunktet lå en relativt beskjeden del av feltet åpent i dagen (se Avdekkingshistorikk). Selve skadekarteringen har det ikke vært mulig å få tak i.

2003

I 2003 skadekarterte Norsk Faggruppe for bergkunst den vestre delen av Kåfjord 1, på kalkering (figur 46). Faggruppa estimerte at de rakk å undersøke 1/3 av feltet (Årsrapport 2003, Norsk faggruppe for

bergkunstkonservering). Karteringen ble gjort manuelt på papirkopier av nedfotograferte kalkeringer (kalkert av Knut Helskog i 2002), og 2D-versjoner av skanning, gjort året før av Metimur. Det ble brukt forskjellige farger som skadesymboler for eksfoliasjoner/avskallinger (grønn), bom (blå) og løse biter (rød). Skanningen ble brukt for å orientere seg på berget, og finne igjen figurene på kalkeringen.



Figur 46. Skadearteringen foretatt av Norsk faggruppe for bergkunstkonservering i 2003. Det karterte partiet er til venstre på kalkeringen. Detalj i ramme til høyre. Kalkering: K. Helskog, TMU, kartering: Norsk faggruppe for bergkunstkonservering. ill: K. Tansem, VAM.

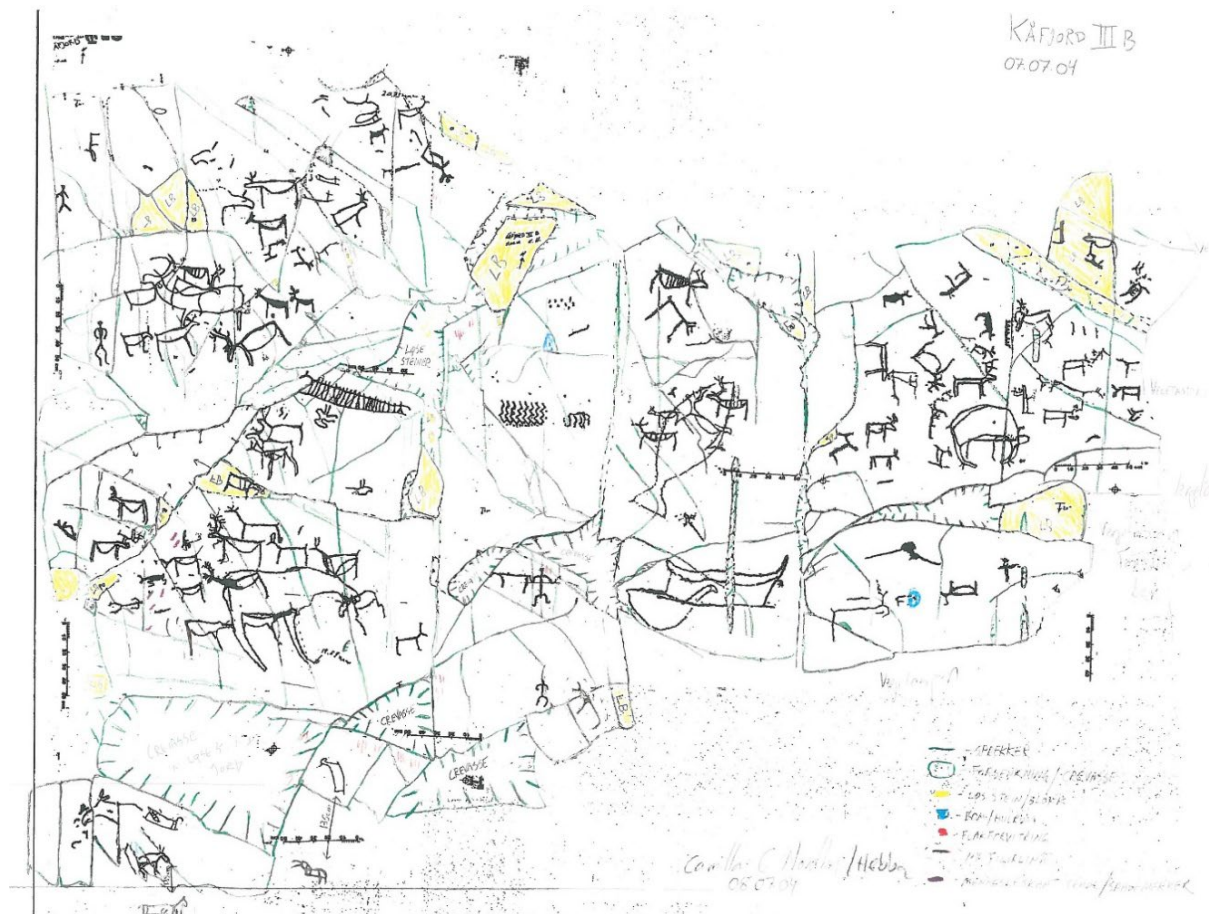
Noe skal ha blitt kartert direkte på skanningen, men dette materialet er ikke å få tak i. Skader på eller i tilknytning til ristningene ble gjort på kalkering, slik at en «klart [ville] se hvilke ristninger som er skadet eller står i akutt fare for å bli ødelagt.» (Årsrapport 2003, Norsk faggruppe for bergkunstkonservering).

Det er altså mulig at flere skader enn de som har direkte forbindelse til figurene på kalkeringen ble registrert på skanningene.

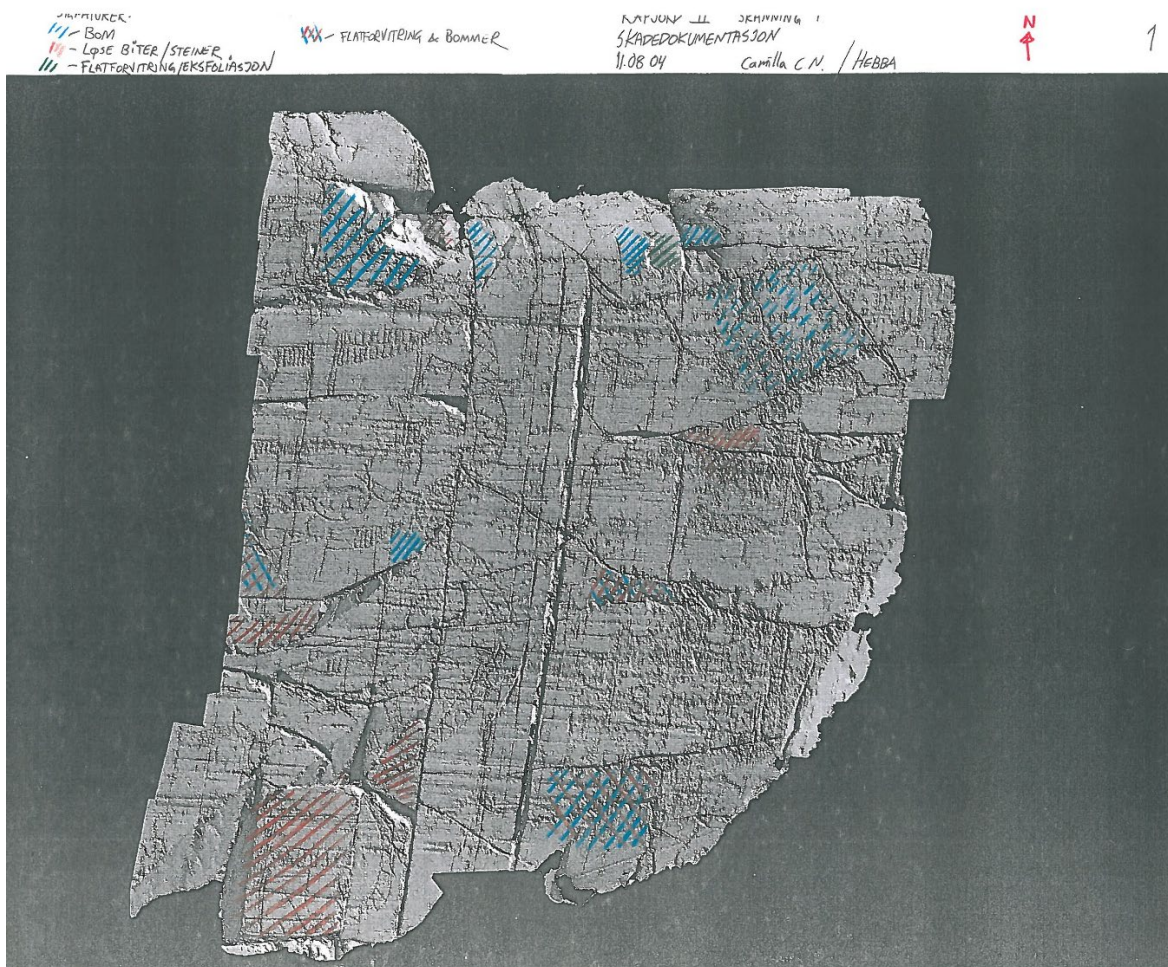
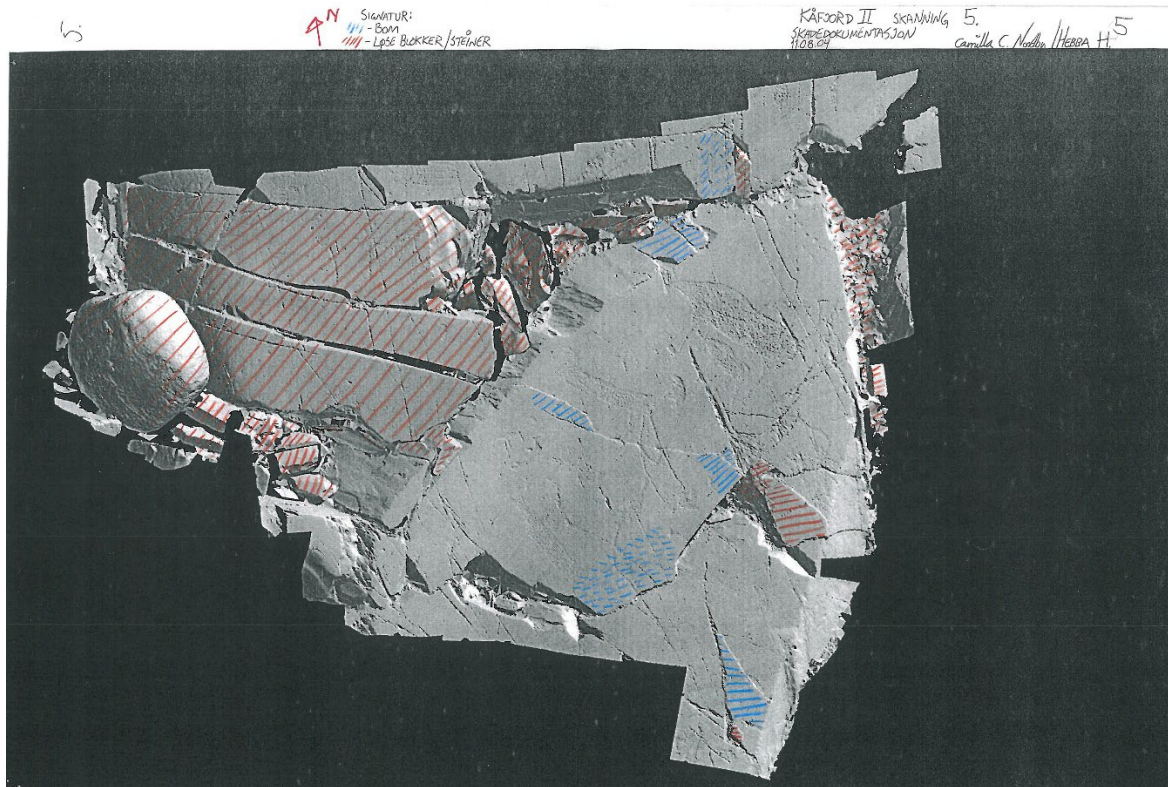
Arbeidet, som foregikk med papir og blyant, ble ikke ferdig fordi det var mye regn og vind den uka feltet skulle kartlegges.

2004

Den tredje skadekartering ble gjort av TMU i 2004, og er den mest omfattende av de som er tilgjengelige. Skadekarteringa er ikke beskrevet i rapporter, annet enn som en fullføring av karteringa som ble påbegynt i 2003. Kartering ble gjort manuelt på skanning i de områdene som hadde blitt skannet og materialet bearbeidet til 2D-versjon (figur 48), og på kalkering der skannet materiale manglet, dvs. enkelte deler av Kåfjord 1 (det øvre partiet), og hele Kåfjord 2 (figur 47). Man benyttet de samme symbolene som på karteringen i 2003, og definerte også de samme typene skader: eksfoliasjon/flakforvitring, bom og løse biter.



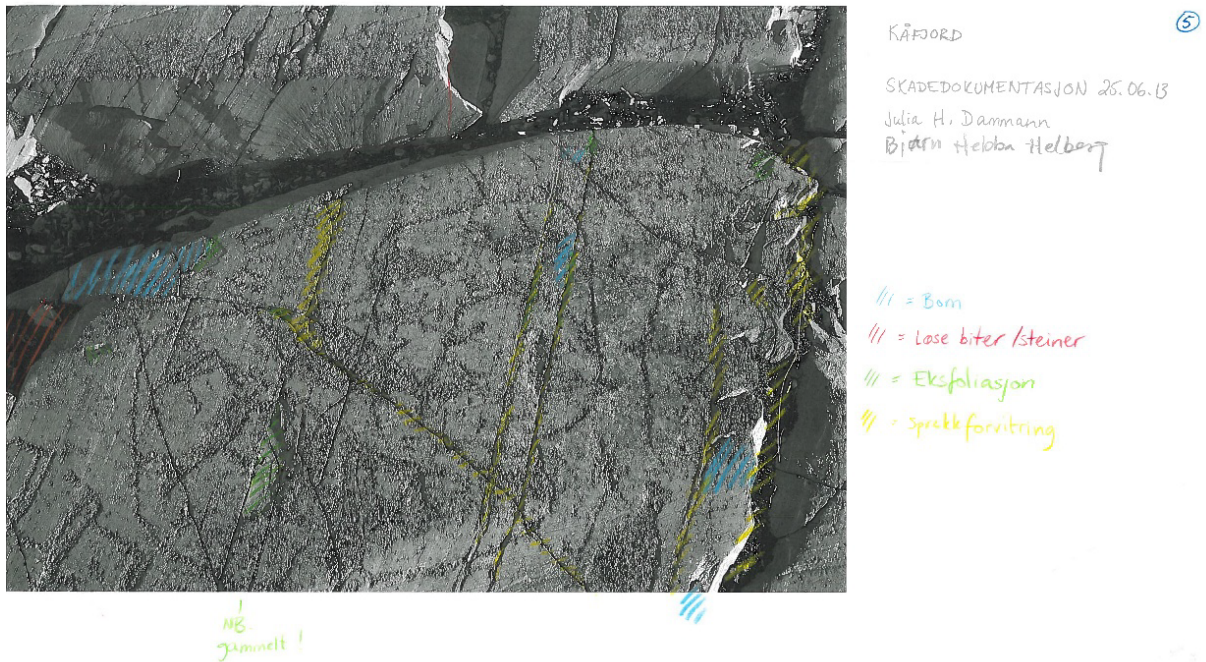
Figur 47. Skadekartering av vestre del av Kåfjord 2 på kalkering fra 2004. Kalkering: K. Helskog m. fl. TMU, kartering: TMU.



Figur 48. Kartering på to av delene av Metimurs bearbejdede skanning i 2D-format fra 2002.

2013

Etter at tildekkingen ble fjernet i 2013, ble feltet kontrollert. Man kan anta at hele feltet har blitt vurdert ut fra tidligere skadekartering. Ved tilstandsvurderingen som TMU gjorde ble det skadekartert noen mindre partier på fotografier (figur 49), som i BKP's rapport vedrørende sikringsarbeid fra 2013 bl.a. ble gjort for å kunne sammenligne med tidligere skadekarteringer: *Ved sammenligning av skadekartering og bildemateriale kunne det fastslås at det ikke har skjedd noen dramatiske endringer på bergflata. Det var stort sett de samme skadetyperne på de samme stedene. Nye skader som kunne registreres kan sannsynligvis knyttes til arbeidet med å fjerne tildekkinga. Nye registrerte skader ble imidlertid ikke notert ned eller markert på foto eller andre medier. På skadekarteringen fra 2013 ble en ny kategori skade markert, nemlig sprekkeforvitring.*



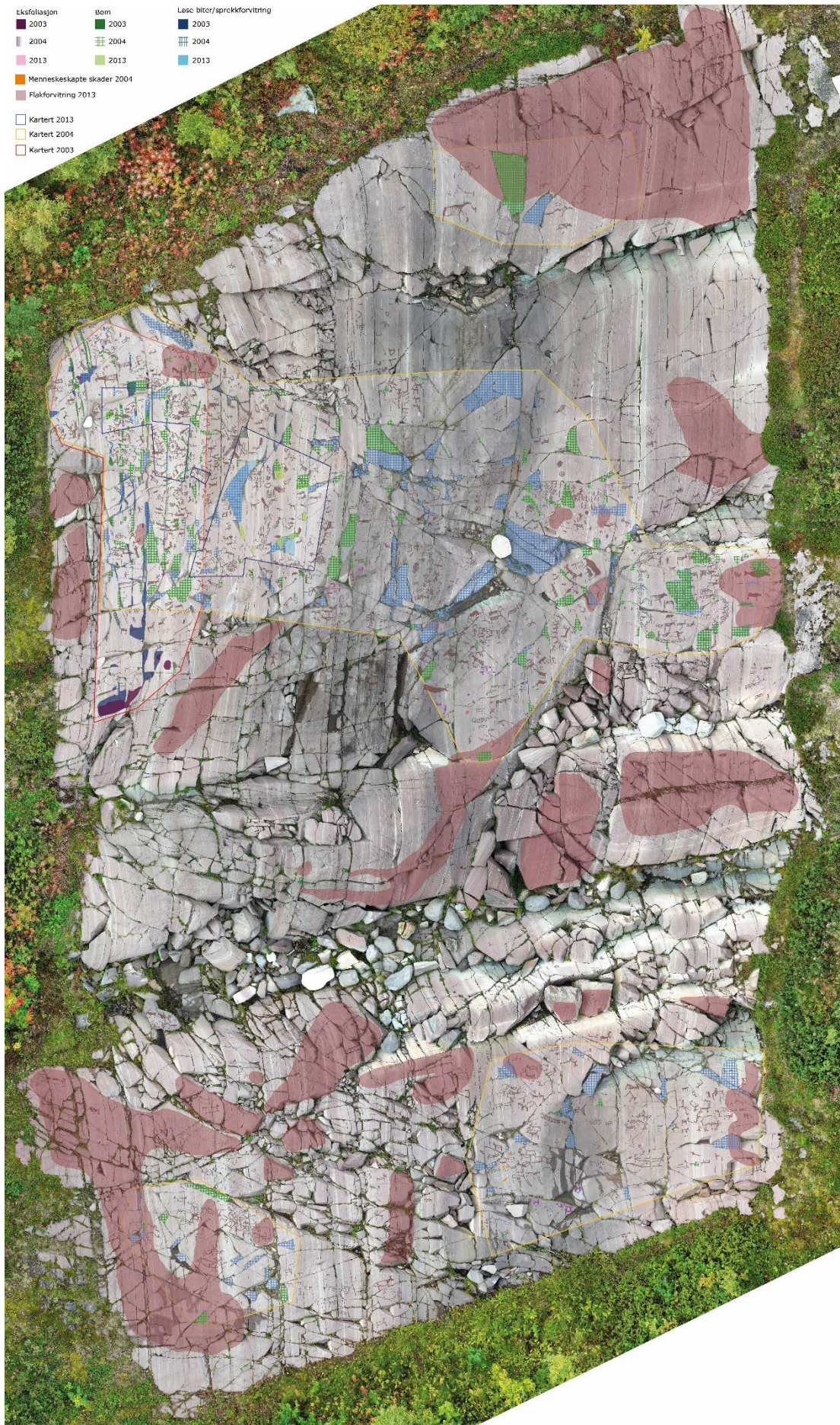
Figur 49. Skadekartering på foto fra 2013.

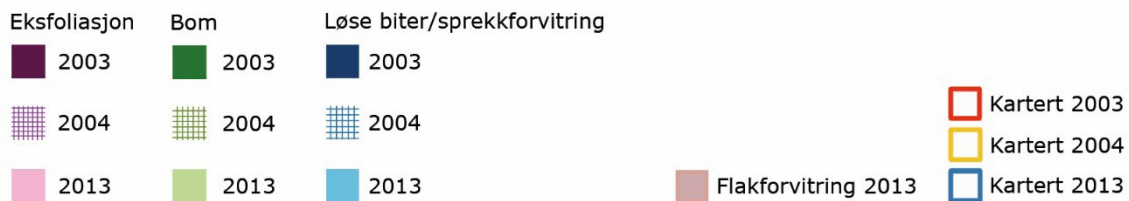
Per Storemyr (2013) lagde en oversikt over svært oppsprukne områder og områder med mye eksfoliasjon i Photoshop. Han brukte et foto av hele feltet tatt med helikopter i 2005, med figurene markert (se Geologi i Kåfjord). Disse oversiktsfotografiene fra helikopter var et nytt hjelpemiddel for oversikt og registrering på feltet, og var svært nyttig selv om de på ingen måte var georeferert.

Sammenstilling av skadekarteringene i Kåfjord, 2003-2013

For å få en oversikt over de forskjellige skadekarteringene omtalt ovenfor ble de satt sammen i Photoshop på en fotomosaikk av hele feltet (figur 50 og 51). Denne fremstillinga av skadekarteringene kan ikke betraktes som nøyaktig, av flere årsaker. Skadekarteringene ble foretatt på forskjellige typer underlagsmateriale, kalkering, skanning og fotografi, noe som kan gjøre det vanskelig å avgjøre om det er de samme områdene som er markert. Det datamaterialet vi har hatt til rådighet har også vært av varierende kvalitet.

Figur 50, neste side. Forsøk på sammenstilling av skadekarteringer gjort i 2003, 2004 og 2013. Områdene som ble kartert, varierer i utstrekning, og bare små partier ble skadekartert i 2013. Illustrasjon: K. Tansem, VAM.





Figur 51. Detalj fra sammenstillinger av karteringer, fra et område på feltet som ble kartert ved alle tre anledninger. Mange av de samme områdene er markert, men med blyant og papir i felt, er det kanskje ikke så rart hvis markeringene ikke er helt sammenfallende. Det kan være vanskelig å si noe sikkert om det har oppstått nye skader i tidsrommene mellom skadekarteringene.

Oppsummering

Tilstandsbeskrivelsene fra Kåfjord gir et godt bilde av hvordan man oppfattet situasjonen da dette arbeidet ble gjort. De geologiske og botaniske undersøkelsene har vært grundige, og danner et solid kunnskapsgrunnlag også for fremtidig arbeid med overvåkning av feltet. Dette viser viktigheten av å innhente denne typen kompetanse for å undersøke tilstand og mulig utvikling over tid.

Skadekarteringene er verdifull dokumentasjon som visuelt og konkret fremstiller områder som er skadet eller truet av skade, og som bør følges opp og undersøkes igjen. Karteringene må imidlertid ses i lys av typen teknologi og grunnlagsdokumentasjon (kalkering/foto) man hadde til rådighet. Resultatet av skadekartering avhenger også av hvor mye tid og ressurser man kunne avsette til dette arbeidet, og de relativt grove markeringene av skader på karteringene fra Kåfjord gjør det vanskelig se endring over tid.

På detaljnivå er det nærmest umulig. Skadekartering er basert på kartererens fagkompetanse og oppfatninger av bergets tilstand, og en slik vurdering må nødvendigvis ha en viss grad av subjektivitet. Slike studier er vanskelig å bedømme opp mot hverandre.

Skadedokumentasjonen og tilstandsvurderingene vi har undersøkt fra Kåfjord er både skriftlige og visuelle. Denne typen dokumentasjon kan derfor danne grunnlag for en vurdering av feltets tilstand som en helhet på gitte tidspunkt. De skriftlige beskrivelsene og skadekarteringene av feltet er imidlertid ikke mulig å bruke for å vurdere feltets tilstands*utvikling* i særlig grad, hverken som helhet eller vedrørende de enkelte registrerte skadene.

Fotografi som overvåkningsmetode

I Kåfjord har fotografi som metode blitt brukt til å dokumentere figurer og bergflatenes egenskaper, nye skader som blir oppdaget, vegetasjon på og rundt feltene, vannsig og is, og som bakgrunn til skadekartering. Metoden har imidlertid ikke blitt brukt aktivt i systematisk overvåkning av tilstandsutviklingen på Kåfjordfeltet.

Det finnes ikke kjent fotomateriale fra Kåfjord før Knut Helskog, TMU, gjorde sine undersøkelser på 1980- 90-tallet. Disse bildene dekker mindre deler av feltet (se Avdekkingshistorikk), og det kan være vanskelig å se detaljer. Alta Museum ved Hans Christian Søborg fikk kopiere en del av bildene i 1999, hvorav ca. 90 av dem er fra Kåfjord. Kopiene oppbevares på VAM. De fåtalls bildene vi vet om tatt av ansatte ved VAM og FFK i denne perioden, har stort sett blitt digitalisert, og har sammen med materialet fra TMU gitt oss verdifull informasjon da feltets historikk skulle kartlegges.

Storparten av feltet ble naturlig nok ikke dokumentert eller fotografert før den store fremgravningen begynte i 2002. Etter at mer og mer av dette store og innholdsrike feltet kom opp i dagen, har det blitt tatt en god del bilder med digitale kamera, som kan danne grunnlag for analyser av tilstandsutviklingen frem til i dag. Prosjektet har ikke hatt rammer til å gå gjennom TMUs fotomateriale innhentet etter 1999, så følgende evaluering gjelder deler av fotomaterialet som har blitt samlet inn av AM (1999-2007), FFK (2002-2007, overført til VAM) og VAM (2007-d.d.), som samlet sett består av mellom 4000-5000 bilder. Omtrent 2600 av disse er arkivert i VAMs Bergkunstarkiv.

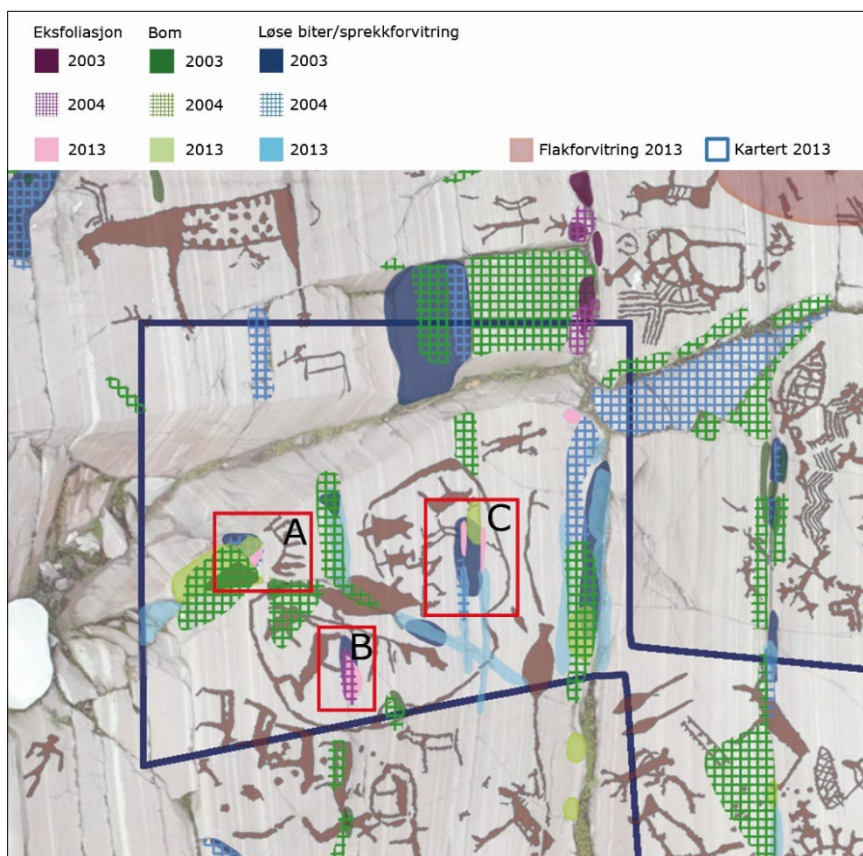


Figur 52. Bildene til venstre ble tatt av daværende fylkeskonservator Reidun Laura Andreassen i 2000 eller 2001, antakeligvis under befaring i forbindelse med den første forvaltningsplanen for Verdensarven Bergkunsten i Alta, som da var under utarbeidelse. Bildet viser sentrale deler av feltet som tidligere hadde blitt åpnet og dokumentert.. Rundt det daværende feltet var det skog, og et fuktig miljø. I 2005 var situasjonen en annen; bildene til høyre er fra samme område fotografert fra andre vinkler. De røde pilene peker på samme punkt på feltet. (Foto: R.L. Andreassen, FFK, K. Tansem, VAM).

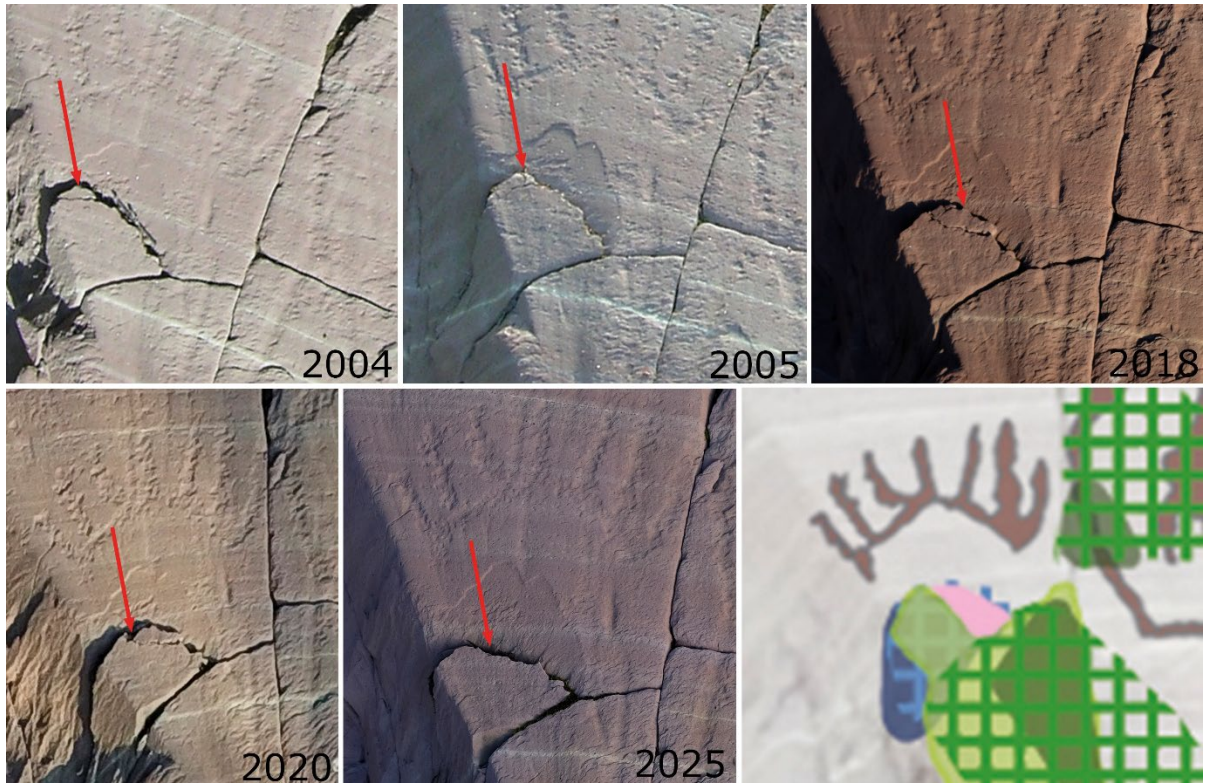
Hvis man skal undersøke tilstandsutviklingen som har vært på et felt, er det en forutsetning at det finnes fotografier tatt over tid av det man vil vurdere, og som man kan gjøre analyser gjennom. Bildene på figur 52 er informative på flere måter, og skader *kan* forklares med tidligere dokumenterte situasjoner som dette, som f.eks. at sterke trerøtter kan ha brutt opp berget. Det kan imidlertid være umulig å identifisere *når* eventuelle skader har oppstått (se Skadekartering s. 62-63), om de har sammenheng med situasjonen på bildene, eller om skaden oppsto allerede før helleristningene ble laget. Slike bilder er også sjelden egnet til å kartlegge skadeutvikling i detalj.

Fra 2004 og frem til tildekkingen i 2006 ble det tatt ca. 1000 bilder, de fleste med et Nikon Coolpix E5400. Antallet er kanskje stort, men på et oppsprukket felt på 600 m², er det likevel mange deler av feltet som ble mangelfullt dokumentert på denne måten. Etter at tildekkingen ble fjernet i 2013, har det blitt tatt mange fotografier med varierende fotoutstyr, men det er fortsatt deler av feltet som mangler god nok dekning. En av årsakene er at de aller fleste bildene ble tatt med dokumentasjon av *figurer* for øyet, og ikke for å kartlegge skader. For å få gode figurbilder, er skrålys noe man ønsker seg, og slike bilder er ikke det beste utgangspunktet for å finne endringer når man sammenligner bergflater. Vinkelen lyset kommer inn fra kan fremheve eller skjule detaljer. Erfaringen i prosjektet er at for å få gode bilder for å sammenligne tilstand, bør de tas i litt overskyet vær. En annen viktig årsak er at man gjerne knipser mange bilder av spennende motiver eller av figurer som står frem på et vis. Den litt kjedelige figuren som ligger for seg selv, eller figurer og områder med mye skygge, kan fort bli oversett, hvis man ikke gjør dette arbeidet systematisk. I mange tilfeller ligger skadeområdet som kan være av interesse, akkurat utenfor bildekanten.

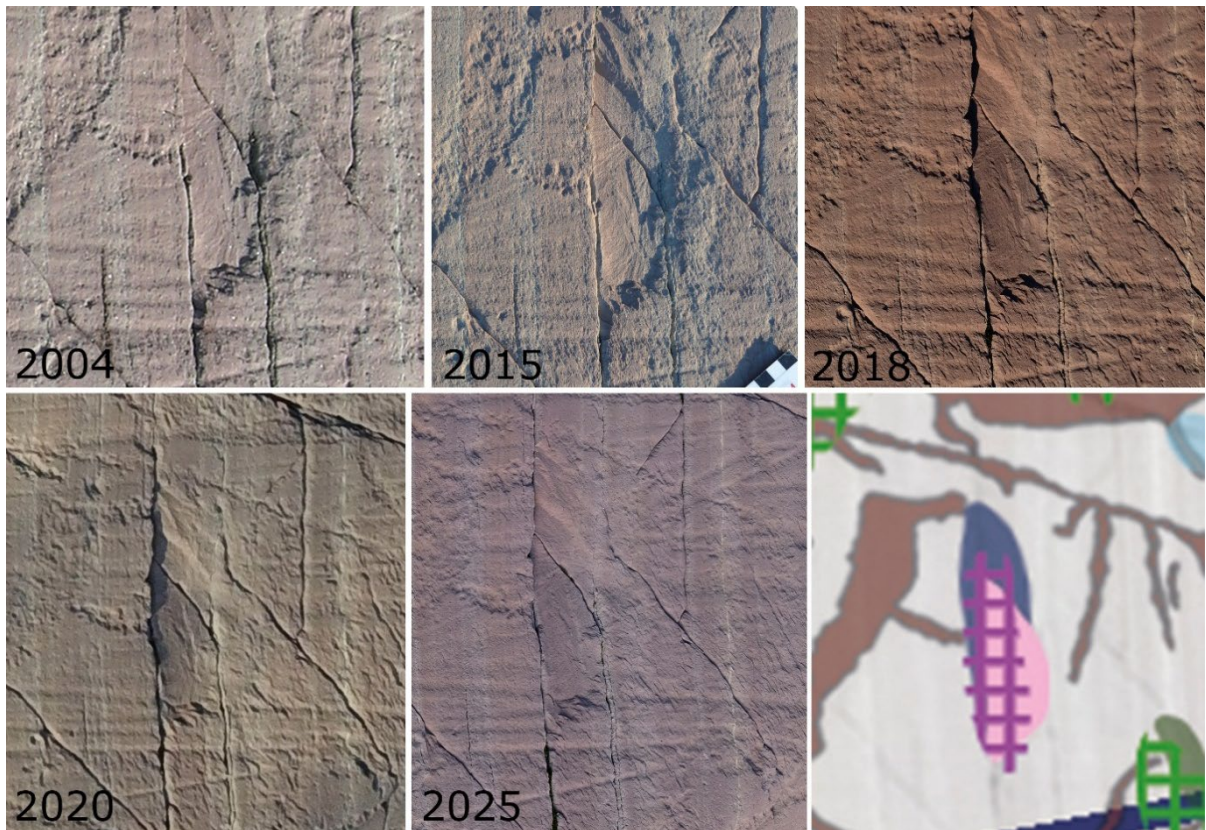
I prosjektet har vi identifisert og undersøkt bildeserier fra de samme partiene på feltet, tatt de siste 20 årene. Et begrenset utvalg er presentert i denne rapporten, konsentrert til skader markert på alle skadekarteringene fra 2003, 2004 og 2013 (figur 53, 54, 55 og 56), eller til områder der analysen av skanningene viste at det hadde skjedd noe. Utvalget ble også bestemt av hvor mange brukbare fotografier som fantes til å foreta sammenligning.



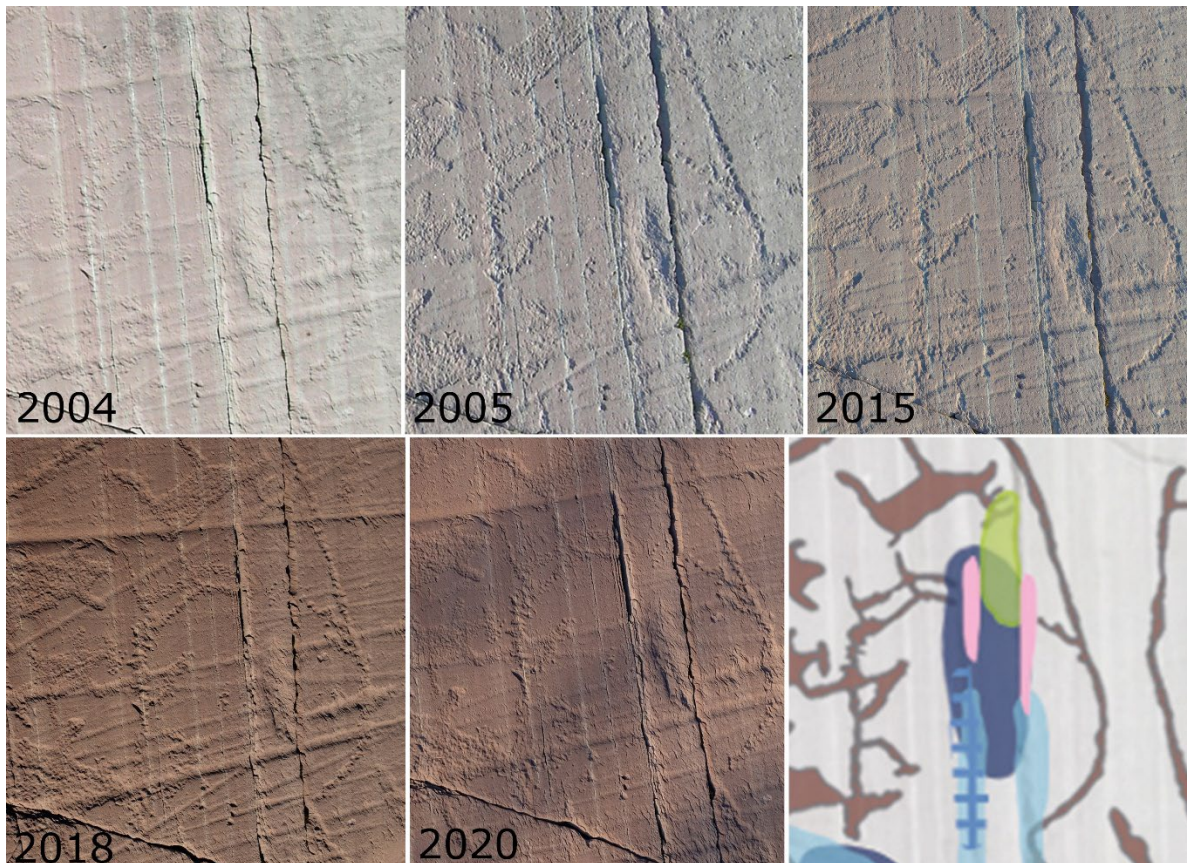
Figur 53. Dette området ble skadekartert i 2003, 2004 og 2013. Fotomateriale fra de tre områdene som er markert på sammenstillingen av karteringene ble hentet frem for å undersøke skadeutviklingen. Illustrasjon: K. Tansem, VAM.



Figur 54. Område A. Disse bildene viser at det her klart har skjedd noe, i flere omganger, siden første bilde ble tatt i 2004 og frem til i dag. På alle karteringene er det markert som et særlig sårbart område, med bomber, løse biter og eksfoliasjon. Det er imidlertid ikke mulig å si noe bestemt om utvikling basert kun på karteringene. Foto og illustrasjon: K. Tansem, VAM



Figur 55. Område B. I dette området er det vanskelig å se at eksfoliasjonen har utviklet seg. Foto og ill.: K. Tansem, VAM

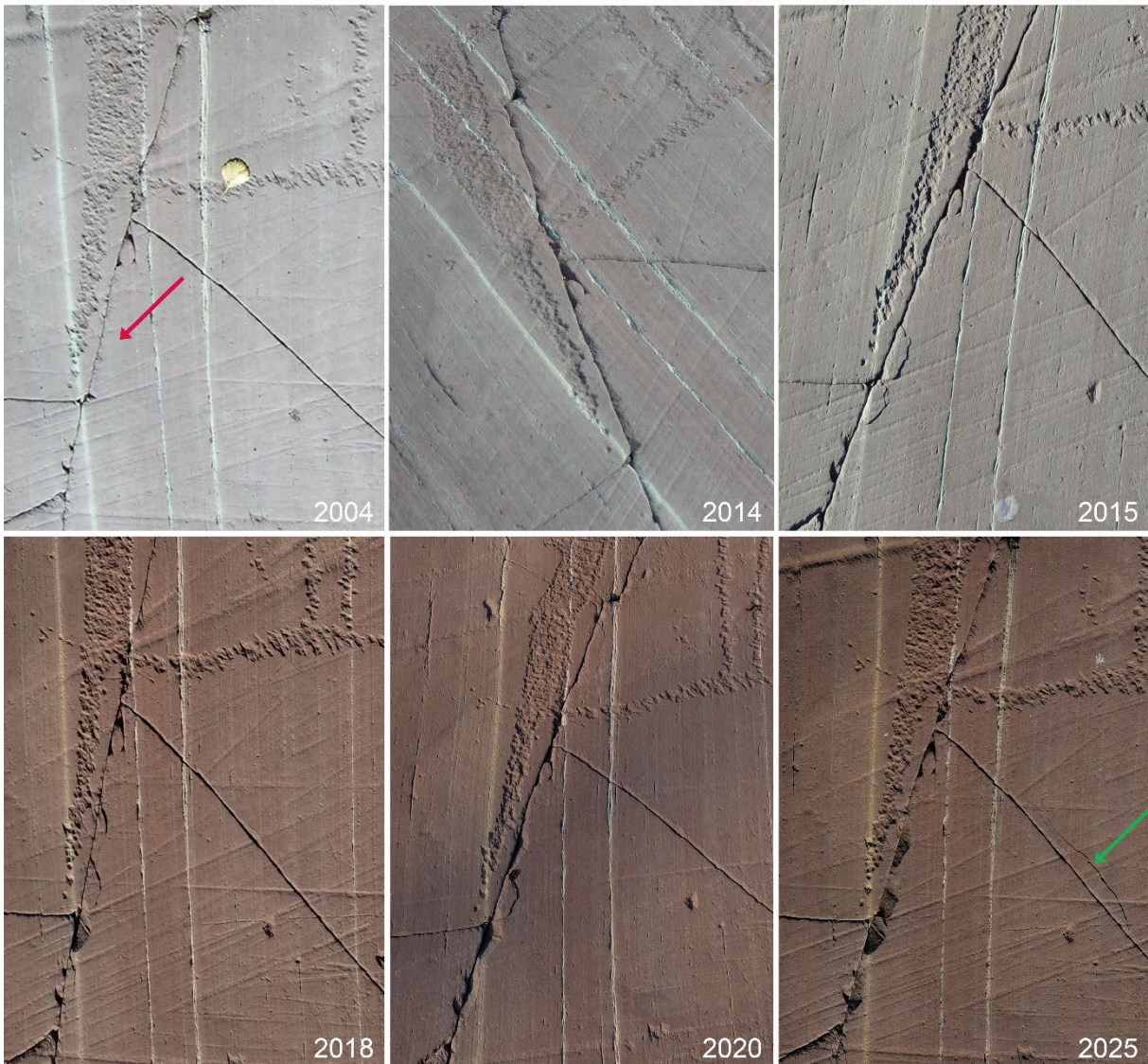
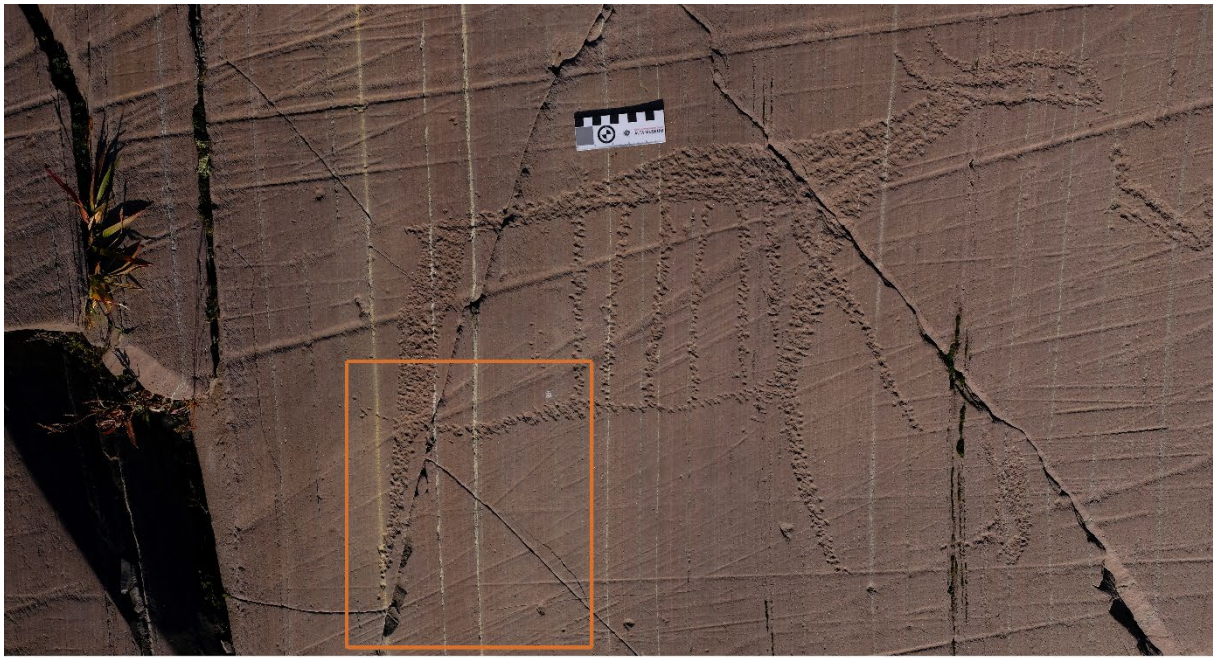


Figur 56. Område C. Bildene fra 2004, 2018 og 2020 har ganske lik vinkel på lyset, da sola sto i nordøst midt på dagen, mens bilene fra 2005 og 2015 har blitt fotografert på et tidspunkt da sola sto i øst, tidlig på morgenen. Her gjør forskjellige lysforhold og bildekvalitet det utfordrende å oppdage små endringer i bergflaten hvis man sammenligner bilder fra f.eks. 2004 og 2005. Det ser ikke ut til at det har skjedd noen drastiske endringer mellom 2004 og 2020. Foto og illustrasjon: K. Tansem, VAM

Disse tre eksemplene viser at man kan få et inntrykk av tilstandsutviklingen ved å konferere med skadekarteringer, og sammenligne med fotografier for å kontrollere utviklingen, gitt at man har fotografier man kan bruke. Ved hjelp av skadekarteringene kan man identifisere områder som ble ansett som problematiske da karteringen ble gjennomført, og få en ide om hvilke områder man bør følge ekstra godt med på, noe som kan være en fordel på et så stort og komplisert felt som Kåfjordfeltet. Det som kan ha oppstått i disse områdene mellom karteringer kan imidlertid være vrønt å få tak på.

Da analysen av partier som ble skannet i 2004 og 2024 skanningene var ferdig, lokaliserte analyser helt presist områder med materialtap. Et eksempel var ved siden av en stor elgfigur i Kåfjord der det hverken var markert bom eller andre skader på kartering, og som ikke hadde blitt oppdaget ved vanlig tilsyn. Med skanningsanalysen kunne vi målrettet gå i gang med å sammenligne bilder tatt i perioden mellom skanningene, og resultatet var overraskende (figur 57). Bergflaten viste ingen tegn til svakhet akkurat der skadene har oppstått før det i 2015 kan ses tynne sprekkedannelser. I årene som fulgte, har bit etter bit løsnet og falt av, og hvordan det vil utvikle seg videre, vet vi ikke. Men materialtaptet kan se ut til å fortsette. En ny tynn sprekk som ikke har vært synlig før, ses på bildet fra 2025.

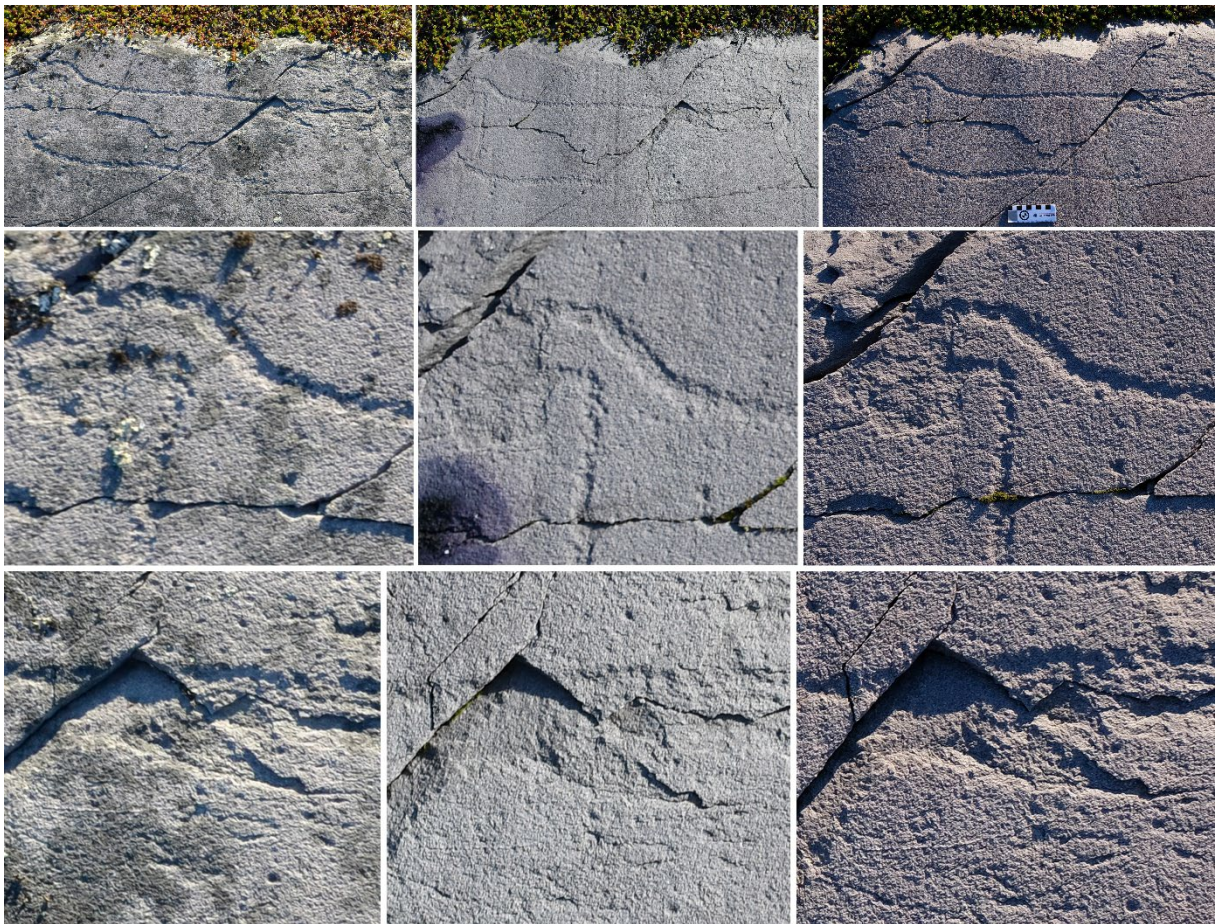
Materialtaptet som skanningen viste, ligger på et sted man ikke umiddelbart tenker at det kan oppstå skader. Området elgen ligger i, helt øverst på feltet, ligger på en skrånende bergflate. Det er tørt, det fryser ikke til med vann om vinteren, og det er også svært sparsomt med vegetasjon akkurat der. Disse faktorene er som kjent de hovedmistenkte hva angår prosesser som forårsaker forvitring på bergkunstfelt. Skadene kunne heller ikke knyttes til tildekkingen og avdekkingen av feltet i 2006 og 2013. Uten fra analysen fra skanningene ville neppe dette partiet på feltet blitt undersøkt og kartlagt nærmere.



Figur 57. Det er i området markert med rød pil på bildet fra 2004, at skadene oppstår i årene etter 2014. Grønn pil på det nederste bildet til høyre, viser en ny sprekk i bergflaten. Foto og ill.: K. Tansem, VAM



Figur 58. Denne typen avskalling/eksfoliasjon blir ofte trukket frem som ekstra bekymringsverdig. Skanningen til venstre er fra 2002, og på det midterste bildet fra 2015, kan man ved å sammenligne se at avskallingen har blitt litt større ved den røde pilen. Bildene helt til høyre (2018) har bare delvis med avskallingene, og er eksempler på at det er figurene som har vært motivet for fotograferingen, og ikke skadene i berget. Foto: K. Tansem, VAM, skanning: Metimur AB.



Figur 59. Sammenlignende eksempel hentet fra Apanes 4 i Hjemmeluft. Denne båten fra fase 2 (5000-6000 BP) har flere forskjellige typer skader som kan skape bekymring. Bildene er tatt i henholdsvis 2012, 2018 og 2025, men med det blotte øye er det vanskelig å se noen tydelige endringer i bergflaten. En av grunnene til det kan være lavveksten på bildet fra 2012, og forskjellige lysforhold. En annen grunn kan være at det ikke har skjedd så mye, eller at det må tas i bruk annen teknologi for å kunne registrere om noe har skjedd. Foto: R. Normann og K. Tansem, VAM.

Metodens muligheter og begrensninger

Hvis man har eldre fotodokumentasjon av interessante partier, kan man fotografere det samme partiet på nytt, sammenligne, og slik dokumentere om bergets tilstand på det bestemte partiet har forandret seg eller ikke. Metoden kan også tas i bruk hvis man ønsker å begynne en fremtidig tilstandsovervåking. Det er imidlertid flere faktorer som avgjør hvor effektiv eller hensiktsmessig denne metoden er:

- Lagring, arkivering og tilgjengelighet til fotografier og tilstandsdokumentasjon er som regel en utfordring.
- Man kan ikke bruke fotografi som metode hvis skadene ikke er synlig med det blotte øye, som f.eks. ved små endringer eller grusforvitring.
- Vegetasjonssituasjonen har stor betydning. Mest mulig vegetasjon på bergflaten bør fjernes hvis den på noe vis dekker til det man vil dokumentere.
- Lysforholdene er svært viktig for at bergflaten skal la seg tolke, i og med at skygger på bergflaten både vil forandre hvordan bergflaten tar seg ut, og fordi skygger kan skjule detaljer i berget, litt avhengig av hvor mørke de er. Værforholdene er derfor svært viktig, og hvis det er bergflate og ikke figur som skal undersøkes, kan lett overskyet vær eller høy sol være fordelaktig. Det kan være nyttig å se på dato og tidspunkt for når eldre digitale bilder er tatt, for å få mest mulig like forhold for skygge hvis man skal ta nye, sammenlignbare bilder. Man må også ta hensyn til trær eller andre ting som lager skygge på bergflaten, og eventuelt finne bedre tidspunkt å ta bilder på.
- Fotografier der figurene er det viktigste motivet, kan brukes for å kartlegge skadeutvikling. Det er imidlertid ikke optimalt, som eksemplene overfor viser. Det kan være fordelaktig å velge seg ut områder på felt som skal overvåkes over tid, og fotografere dem systematisk under like forhold. Det er umulig å sikre seg eksakt samme utsnitt, vinkel og avstand når man fotografierer, men hensikten med bildet vil uansett til en viss grad styre hvordan det tas. Mosaikker produsert med fotogrammetriprogramvare, kan være en løsning for å få et mer homogent bildemateriale å forholde seg til, og for å minimere radiell forskyvning.
- Å overvåke bergkunstfelt gjennom grunnleggende fotografi kan være ressurskrevende, alt ettersom hvilke bergkunstfelt man skal overvåke. Hvis de er store og med et komplekst skadebilde, som Kåfjord, vil det være uoverkommelig og lite hensiktsmessig vurdert ut fra dagens ressursituasjon. Hvis feltet ikke har et utstrakt skadebilde, og det er små partier man ønsker å overvåke, kan det være en adekvat løsning. Hvis det er svært mange felt en skal overvåke, kan fotografi brukes om man utpeker enkelte partier på utvalgte felt, for å få eksempler på skadeutvikling. Samtidig må en ha i mente at hvert bergkunstfelt er unikt med tanke på sammensetning av miljø, vegetasjon og geologi, og at eksemplene ikke nødvendigvis gjelder generelt.

Oppsummering

Den viktigste faktoren for å kunne foreta en utviklingsanalyse av bergkunst i retrospekt med fotografier, er at man faktisk har fotomateriale som kan brukes. Selv om fotografier tatt for å dokumentere tilstand og skader som regel egner seg best for sammenlignende vurderinger, viser tilfellet Kåfjord at felt som har blitt mer eller mindre grundig dokumentert med fotografier, uten at systematisk overvåking av skadeutvikling har vært hensikten, kan være nyttig. Alle typer fotografier kan benyttes for å kartlegge skader, så lenge man kan innhente informasjon derfra. De analoge fotografiene som ble tatt på 80- og 90-tallet har også vist seg å kunne brukes, for å få forståelse for feltes historikk, og f.eks. for å sammenligne eksfoliasjoner. Det er selvfølgelig en fordel med god kvalitet, men det er ikke bestandig avgjørende for å få ut noe informasjon. Denne visuelle formen for dokumentasjonen kan betraktes som både enkel, direkte, objektiv og grunnleggende.

Structure-from Motion fotogrammetri som grunnlag for sammenlignende analyser i tilstand- og miljøovervåking av bergkunst

Fotogrammetri betegner en dokumentasjonsmetode hvor man fremstiller 3D-dokumentasjon av objekter ved bruk av digitale fotografier. 3D-skanningene fremstilles gjennom bruk av programvarer med algoritmer som prosesserer serier med høyoppløste fotografier. Fotografiene må overlappe med minst 60%, og være tatt i forskjellige vinkler (Heinsbergs 2025:40).

Ved Verdensarvsenter for bergkunst – Alta Museum har fotogrammetri vært anvendt i flere år, med den primære hensikten å danne helhetlig og detaljert oversiktsdokumentasjon over bergkunstfelt i Alta. I denne sammenheng har produksjon av fotomosaikker vært spesielt vektlagt. Selv om denne typen bruk av 3D-dokumentasjon er nyttig, vil det her bli demonstrert at det finnes et langt større nyttepotensiale. I den sammenheng er det her undersøkt hvorvidt det er mulig å benytte den eksisterende 3D-dokumentasjonen som datagrunnlag for sammenlignende analyser med hensikt å belyse bergkunstfeltenes tilstandsutvikling.

Prosjektets arbeid med å undersøke fotogrammetri sitt potensiale for tilstand- og miljøovervåking har her fokusert på utprøving av metoder for å sammenligne modeller av bergkunstlokalteter og -områder, nærmere bestemt 'punktsky-sammenligninger'. Til dette har den gratis tilgjengelige programvaren CloudCompare blitt tatt i bruk. CloudCompare er en programvare lagd for blant annet prosessering og analyse av 3D-punktskyer¹.

M3C2 - Metode for sammenligning av punktskyer i CloudCompare

I dette prosjektet har to forskjellige verktøy for å sammenligne punktskyer blitt utprøvd i CloudCompare. Disse inkluderer den enklere funksjonen 'Cloud-to-Cloud distance' og 'M3C2'. Begge metodene gjør det mulig å beregne avstander mellom punktskyene til to 3D-modeller. Dette gjør det mulig å undersøke om det har skjedd større endringer på et bergkunstfelt over tid, innenfor en viss feilmargin. I utprøvingen av metodene kom det tydelig frem at den mer avanserte metoden M3C2 var tilnærmet like enkel å bruke som 'Cloud-to-Cloud distance'-funksjonen, samtidig som den ga bedre resultater.

M3C2 (Multi-scale Model to Model Cloud Comparison) er en metode som gjør det mulig å beregne avstander mellom to punktskyer. Forutsatt at punktskyene er georeferert og av tilstrekkelig kvalitet, kan denne metoden identifisere endringer ned til 6 mm på rekkevidder innenfor 50 meter (Lague et.al. 2013). En større grad av usikkerhet må regnes med hvis punktskyene kun er justert sammen manuelt. Denne metoden gjør det derfor mulig å overvåke og identifisere endringer av en relativt liten størrelsesorden ved bruk av 3D-dokumentasjon. Til bruk innen overvåking av bergkunstfelt i Alta kan metoden eksempelvis være egnet til å følge endringer som steinfall (som ved feltene i Transfarelv) og større sprekkeutviklinger og forflytninger av løse steiner (som på Kåfjordfeltet). Detaljskalaen for identifikasjon av endringer vil variere avhengig av kompleksiteten til lokalitetens topografi. Det optimale detaljnivået for enhver lokalitet gir seg ikke selv, og må vurderes enkeltvis (Lague et al. 2013:8).

Case for utprøving av metode: Løse steiner på Kåfjordfeltet

I dette prosjektet ble metoden utprøvd på 3D-dokumentasjon av et parti av Kåfjordfeltet som er kjennetegnet av avbildninger som blant annet et reingjerde og en bjørn i hi. Partiet er sterkt forvitret, med flere sprekker og små blokker som ligger løst på feltet. I forvaltningshistorikken av feltet er det kjent at disse små blokkene ved flere anledninger har flyttet seg, kanskje i forsøk på å rekonstruere den originale bergflaten.

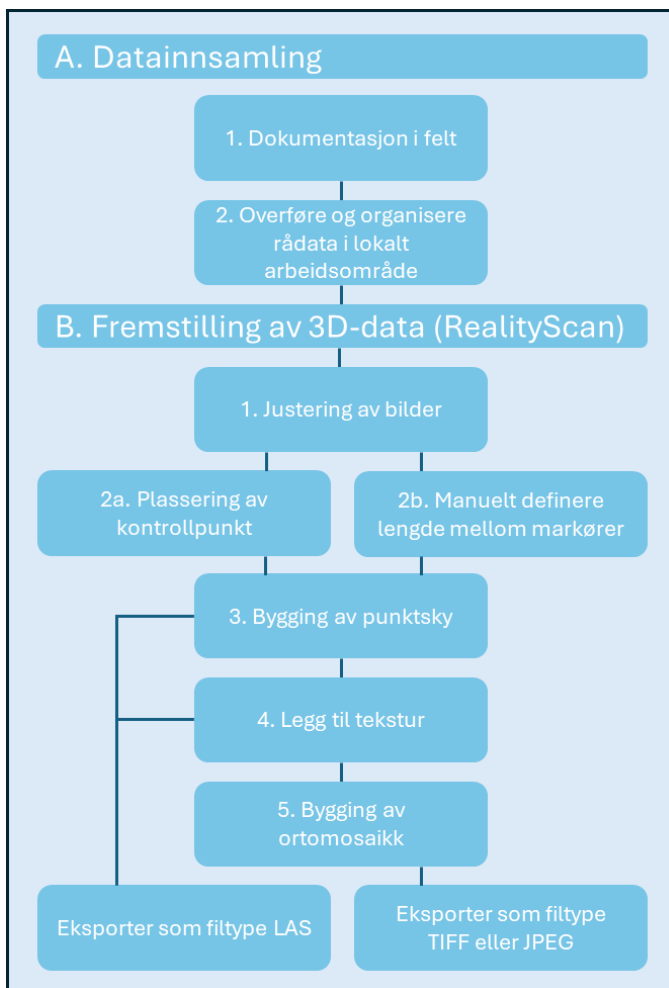
¹ <https://www.cloudcompare.org/>

Denne testen tar i bruk data samlet inn av Karin Tansem i 2021 og av Eirik Haug Røe i 2025. Ingen av modellene er georeferert. Som det kan ses i figur 61 så er dokumentasjonen gjort under forskjellige lysforhold. Dette er en viktig potensiell feilkilde for denne testen.

Kvalitetsforskjellen på 3D-modellene kan også vurderes gjennom å sammenligne antall punkt som modellenes punktskyer inneholder. I denne testen inneholdt utsnittet av modellen fra 2021 et antall punkt på 7 327 511, hvorav utsnittet fra 2025 inneholdt 16 737 849 punkt. Utsnittene er identiske i størrelse. Merk at dette kun gjør det mulig å vurdere det generelle detaljnivået til modellen. Ofte vil det være lokale variasjoner i punkttetthet- og mengde mellom modellene. CloudCompare gir muligheten til å gi statistisk informasjon om variasjonen i kvaliteten til punktskyene, men dette vil ikke bli nærmere evaluert i denne sammenheng.

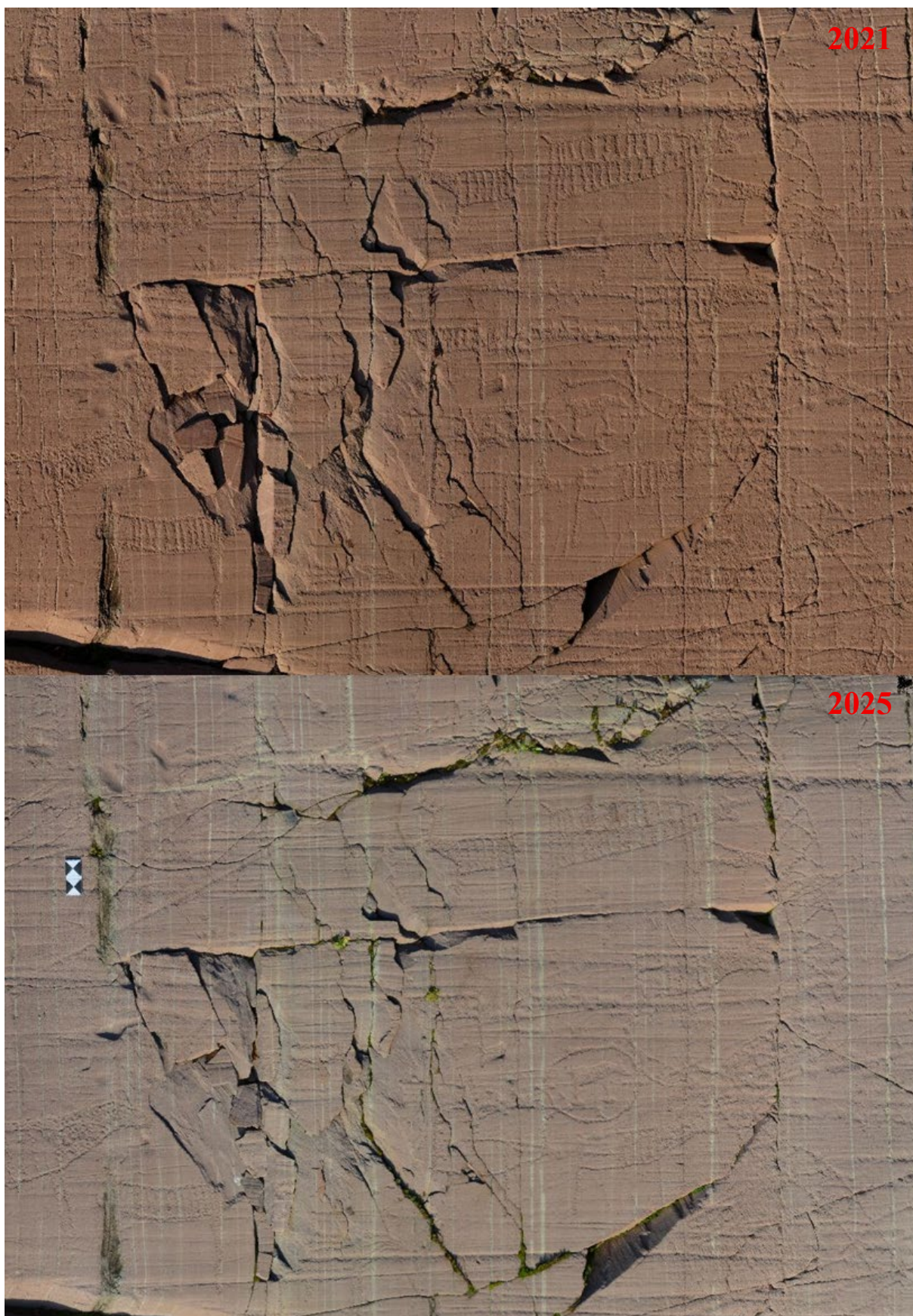
Arbeidsprosessen for fremstilling av 3D-modellene

Den generelle arbeidsprosessen for å fremstille 3D-modellene som sammenlignes i denne testen er gitt i figur 60. Fremstilling av fotogrammetriene ble gjort ved bruk av den gratis tilgjengelige programvaren RealityScan. Det finnes flere eksempler på gratis veiledningsmateriell for bruken av RealityScan på nett. Et eksempel er [denne videoen](#), som er del 1 av en serie opplæringsvideoer² for hvordan man med RealityScan fremstiller fotogrammetrier tatt med dronekamera. Videoene er produsert av skaperne bak programvaren.



Figur 60. En generell gjengivelse av arbeidsprosessen for fremstilling av 3D-modeller i RealityScan.

² <https://www.youtube.com/watch?v=j62Xgb2EYNg&list=PL56jeA0rCS3ICvnb1OBV536mA1WVp6w3e>



Figur 61: Ortofoto med parti målt til $3,17\text{m}^2$ av Kåfjordfeltet fra 2021 og 2025. Partiet er kjennetegnet av blant annet en bjørn i hi og et reingjerde. Bergflatens tilstand er sterkt preget av forvitring, spesielt der større biter av berget har løsnet.

For å kompensere for mangelen på georeferering har man her i fremstillingen av modellene definert distansene manuelt. Dette er gjort ved å bruke verktøy for manuell definisjon av distanse i RealityScan av modellen fra 2025, som har markører med 4 cm avstand mellom punktene. Med distansen definert i fremstillingen, blir det deretter tatt mål mellom ulike deler av modellen – i dette tilfellet mellom lett gjenkjennelige deler av helleristningene. De samme målene blir så brukt til å definere avstanden mellom de samme helleristningene i modellen fra 2021.

Arbeidsprosessen for sammenligning av 3D-modellene

Arbeidsprosessen for sammenligning av 3D-modellene i CloudCompare involverer tre generelle steg. Det første steget innebærer å forberede modellene for sammenligning ved å justere de sammen. Det andre steget er å bruke M3C2-verktøyet for selve sammenligningen. Det tredje er å visuelt fremstille resultatene av sammenligningen på en hensiktsmessig måte. Arbeidsprosessen i denne utprøvingen har tatt utgangspunkt i flere veiledere som ligger tilgjengelig på nett. Den viktigste veiledningen i denne sammenheng er publikasjonen hvor metodens funksjoner og potensiale blir beskrevet og diskutert (se Lague et. al 2013). Mer tilgjengeliggjort og praktisk rettet veiledning finnes på CloudCompare sin nettside, hvor spesielt veilederen for justering av 3D-modeller³ og bruk av M3C2-verktøyet⁴ er å anbefale.

Steg 1: Justering av punktskyer

For å sammenligne to punktskyer er det helt nødvendig at modellene overlapper så fullstendig som mulig. Ideelt sett oppnås dette ved at begge modellene er georeferert på de nøyaktig samme koordinatene. I mange tilfeller hvor det blir gjort fotogrammetrier er det derimot ikke blitt gjort noen georeferering. For å da kunne sammenligne punktskyene er det nødvendig å justere modellene sammen med verktøy i CloudCompare. Her følger en overfladisk gjennomgang av hvordan man kan kombinere manuell og automatisk justering av modeller for best mulig resultat.

Første steg er å justere punktskyene sammen manuelt ved å finne minst tre tilsvarende punkt i de to modellene. Jo flere tilsvarende punkt man finner, dess bedre justering vil man i teorien oppnå. Den manuelle justeringen av punktskyene er her gjort på følgende vis:

1. Verktøyet for dette finnes under 'Tools > Registration > Align (point pairs picking)'
2. Deretter må man velge hvilken av de to modellene som er referanse, og hvilken modell som skal justeres i henhold til referansen. I de fleste tilfeller hvor man vil sammenligne modeller fra forskjellige år er det den eldste som bør være referansemodellen.
3. Neste steg er å velge ut de tilsvarende punktene. Justeringsverktøyet lar deg velge punkt på flere vis, men for de aller fleste brukere og tilfeller er det mest hensiktsmessig å velge punktene direkte på punktskyene i '3D-view'.
4. Når minst tre tilsvarende punkt er valgt på de to modellene trykker man så på 'Align'-knappen i verktøyboksen. Da vil det komme en hel del informasjon om punktene i verktøyboksens tabell. Her kan man blant annet gå gjennom verktøyets utregning av feilmarginen til punktene, og eventuelt vurdere å fjerne eller velge nye punkt basert på dette. Justeringen fullføres ved å trykke på den grønne 'V' knappen.

Neste steg er å finjustere modellene. Da tar man i bruk et verktøy som automatisk finjusterer modellene sammen. En vellykket finjustering er forutsatt av at modellene allerede er omtrentlig justert sammen. Den automatiske justeringen, i CloudCompare kalt 'Iterative Closest Point' (ICP), er her gjort på følgende vis:

1. Verktøyet for automatisk finregistrering finnes under Tool > Fine Registration (ICP)

³ https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php/Alignment_and_Registration

⁴ [https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php/M3C2_\(plugin\)](https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php/M3C2_(plugin))

2. Som med verktøyet for manuell justering, må det her også velges ut hvilken modell som er referansemodell og hvilken modell som skal justeres etter denne.
3. Hvis modellene som skal justeres har svært ulik størrelse bør man prøve ut funksjonen ‘Adjust scale’ for best mulig resultat.

Steg 2: Sammenligning av punktskyene med M3C2

1. Verktøyet finnes under Plugins > M3C2 distance.
2. Som i prosessen med å justere modellene, må det her også velges hvilken modell som er referansemodell. I dette tilfellet er det ønskelig å se hvilke endringer som har skjedd siden 2021, og derfor blir modellen fra 2021 referanse.
3. I verktøyboksen gis det en hel rekke muligheter for å tilpasse parameterne for sammenligningen. Her kan man blant annet bestemme detaljnivået til sammenligningen ved å endre på sammenligningsskalaene (Scales). Disse kan justeres og utprøves etter behov. I de aller fleste tilfeller anbefales det å bruke funksjonen ‘Guess params’, hvor verktøyet regner ut en hensiktsmessig skala å sammenligne modellene på basert på modellenes egenskaper.
4. For sammenligninger av 3D-modeller bygd på digitale fotografier, anbefales det å bruke ‘Precision maps’-funksjonen. Forenklet sagt gjør denne funksjonen at M3C2-sammenligningen statistisk kalkulerer og tar høyde for eventuelle usikkerheter i modellenes nøyaktighet – det være seg mangel på georeferering eller andre svakheter (se James og Smith 2017).
5. Det er mulig å lagre parameterne for sammenligningen i en egen tekstfil, som videre lar brukeren sammenligne ulike resultat.
6. Etter at man har satt inn ønskede parametere, startes sammenligningen ved å trykke OK. Dette vil fremstille en ny 3D-modell – en egen M3C2-modell - som inneholder informasjon om differanser i avstand mellom de to modellene.

Steg 3: Visuell fremstilling av resultat

Resultatet av sammenligningen må bearbeides for å verifisere og synliggjøre eventuelle endringer. Dette innebærer i all hovedsak å filtrere og skalere synligheten til endringer i M3C2-modellen, samt visuelt inspisere hva som har vært utslagsgivende for at en differanse i avstand har blitt registrert. Sistnevnte øvelse vil kunne gjøre det mulig å evaluere om parameterne til analysen er tilfredsstillende, og om det er eventuelle mangler i 3D-modellene som har gitt utslag (f.eks områder der det mangler punkter i punktskyen pga. dårlige lysforhold). Siden dette arbeidet innebærer utforskning, justering, og verifisering, er det vanskelig å prosedere. Det kan likevel deles opp i to generelle steg:

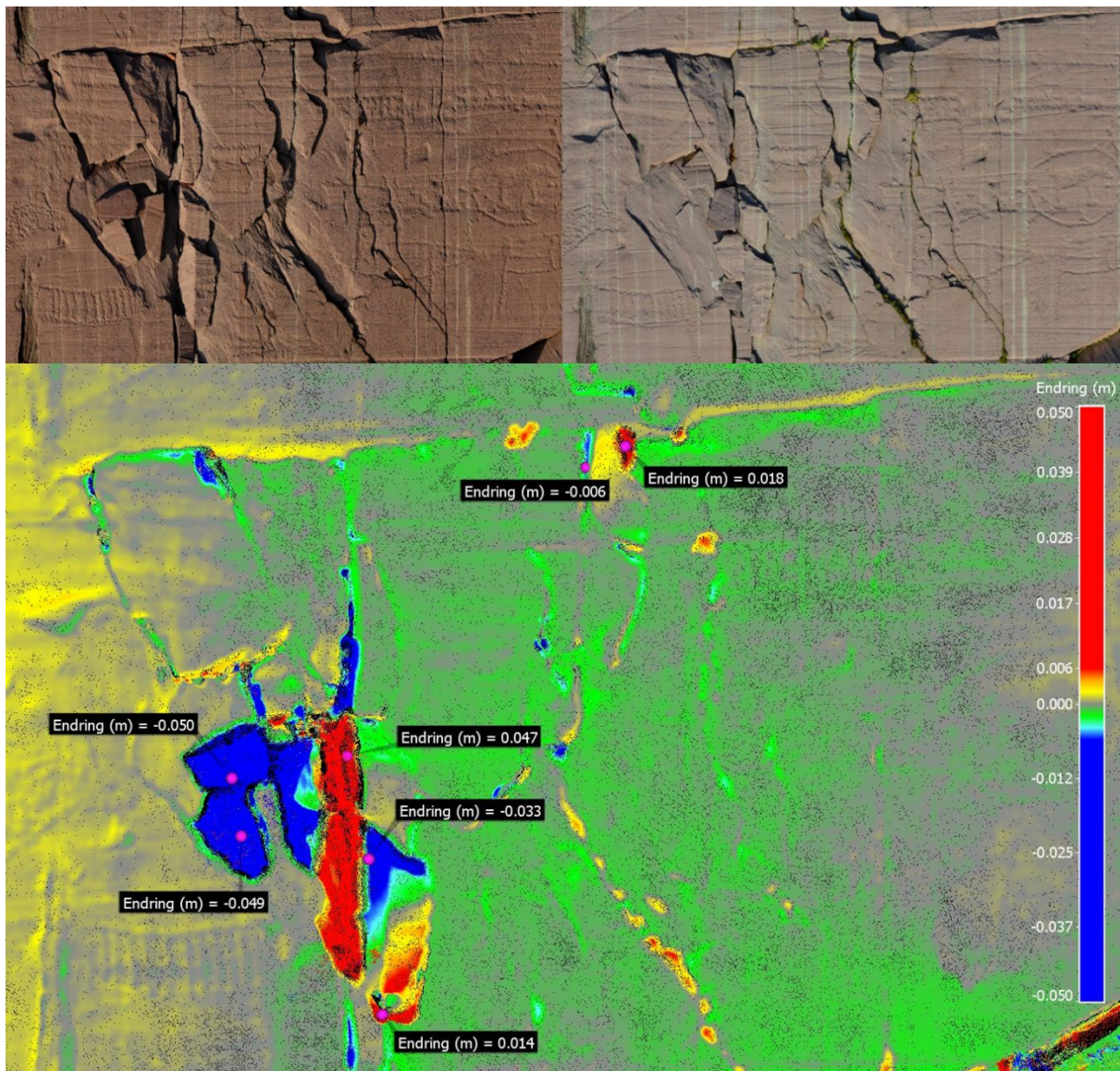
1. Den enkleste måten å synliggjøre endringer på er å justere visningsrekkevidden (Properties > SF display params > Display ranges) for M3C2-modellen. Her vil man måtte utforske rekkeviddene endringer har skjedd innenfor, og finne en tilfredsstillende grad av synlighet for endringene.
2. Når endringer er synliggjort, burde man korrespondere M3C2-modellen med de sammenlignede modellene for å gjøre det mulig å identifisere hva som har forårsaket eventuelle endringer. Her kan man f.eks legge inn merkelapper (Tools > Point picking) for å vise hvor mye er endret på bestemte steder i modellen.

Resultat av M3C2-analyse av løse steiner på Kåfjordfeltet

Det endelige resultatet av den sammenlignende analysen av det utvalgte partiet av Kåfjordfeltet er vist i figur 62. Her ble rekkevidden for identifiserte endringer mellom 2021 og 2025 funnet å være på 10 cm, fra -5 til 5 cm i avstand. De største endringene har funnet sted der det var forventet: I området med de løse steinene som man visste hadde vært flyttet på før 2021. Analysen viser dermed at de i tiden etter 2021 også har blitt flyttet på. Slik endringene fremstår regnes det som sannsynlig at de er blitt bevisst

flyttet på. De andre endringene som er markert i figur 62 viser to tilfeller av små steiner som har endret posisjon. Et viktig moment å merke seg med disse resultatene, er at de er topografiske. Det vil si at de visualiserte endringene i avstand *ikke* viser hvor langt en stein har flyttet seg over feltet, men heller viser hvor det er skjedd endringer i feltets topografi som følge av at steinene har forflyttet seg.

Blant de øvrige endringene som er synlige i modellen er de små røde flekkene som regel mose og vegetasjon som har kommet til i sprekker, mens de større blå og røde partiene i de større sprekkene er identifisert som deler av modellen som mangler punkt grunnet lysforhold. I tillegg har naturligvis plasseringen av markøren gitt utslag opp til venstre i modellen.



Figur 62: Identifiserte forskjeller mellom modellen fra 2021 og 2025. Her kommer det tydelig frem at flere av de løse steinene har blitt flyttet på. To av de løse steinene har blitt flyttet på, tilsynelatende med hensikt. De øvrige forflytningene kan også ha vært forårsaket av tråkk. I denne analysen har rekkevidden på endringer vært innenfor 5 og -5 cm.

Oppsummering

Sammenlignet med 3D-dokumentasjon gjort med laserskanning er som regel Structure-from-Motion fotogrammetri å regne som mindre presist. Det er likevel stor nytteverdi i sammenlignende analyser basert på slik data. I denne sammenheng er det her demonstrert at selv 3D-dokumentasjon uten

georeferering eller markører kan anvendes til sammenlignende analyser med bruk av M3C2-metoden i CloudCompare. Det er her gitt en arbeidsprosess som viser hvordan forskjellige verktøy i både fremstilling og analyse av 3D-modellene kan gjøre modellene anvendelige for tilstandsovervåking. Med M3C2-metoden i CloudCompare kan man innenfor en viss rekkevidde av usikkerhet anvende SfM-fotogrammetri til å vurdere utviklingen av tilstanden til bergkunstfelt.

Med utgangspunkt i de positive resultatene som er fremstilt fra modeller med betydningsfulle feilkilder, viser denne metodeutprøvingen at det foreligger et enda større nyttepotensiale i fotogrammetrier uten slike feilkilder. Gitt at det i dag er relativt lite kostbart å frembringe informasjon som er nødvendig for georeferering, burde man i de fleste tilfeller der SfM-fotogrammetri anvendes etterstrebe å produsere georeferert 3D-dokumentasjon.

Metodeutprøvingen gir også ytterligere innsikt i merverdien av SfM-fotogrammetrier. Det vises her at en fordel med sammenlignende analyser som tar utgangspunkt i fotografier er at man har et større mulighetsrom til å identifisere og verifisere hva som har forårsaket eventuelle endringer. Ved enten å legge tekstur på 3D-modellen, eller å inspisere fotografiene modellen består av, vil det for eksempel være mulig å se om det er tilvekst av vegetasjon eller forflytning av løse steiner som har forårsaket endring.

Datainnsamling fra Kåfjordfeltet fra 2019 til 2025 – flere metoder

Siden 2019 har en viktig del av tilstand- og miljøovervåkingen av Kåfjordfeltet vært å fortsette datainnsamlingen som startet under Kåfjordprosjektet i 2014. Tiltaket har ikke blitt formalisert, utover at har vært enighet mellom partene i forvaltningen om at innsamlingen skulle fortsette. I den forbindelse har det ikke foreligget noen langsiktig plan for arbeidet, utover de vurderinger som ble gjort i prosjektets sluttrapport (Hykkerud 2019). Som del av den historiske gjennomgangen av feltets overvåking vil det her bli gjort en evaluering av arbeidet med innsamling av data fra Kåfjordfeltet i tiden etter at prosjektet ble avsluttet.

Arbeidet med tilstand- og miljøovervåkingen av Kåfjordfeltet i tiden etter 2019 har inkludert innsamling av flak som er løsnet fra bergoverflatene, måling av sprekkestørrelser, innsamling av fotomateriale fra viltkamera, samt ordinær fotodokumentasjon tatt under skjøtsel og tilsyn. I denne rapporten er fokuset primært på dokumentasjonen av flakforvitring og sprekkeutvikling, og dokumentasjon av feltet ved bruk av viltkamera.

Om Kåfjordprosjektet

Kåfjordprosjektet startet høsten 2013, like etter at tildekkingen av Kåfjordfeltet ble avsluttet samme år. Prosjektet var et samarbeid mellom VAM, Tromsø Museum, Per Storemyr Archaeology and Conservation Services, og Riksantikvaren. Prosjektet ble avsluttet i 2019.

Kåfjordprosjektet hadde som mål å styrke kunnskapen om den faktiske tilstanden til Kåfjordfeltet. Prosjektet la spesielt vekt på å øke kunnskapen om egenskapene til det unike berget som feltet består av. Dette ga så muligheten til å danne en bedre forståelse av feltets skadebilde, for slik å kunne foreslå og iverksette tiltak for å overvåking og bevaring av feltet (Hykkerud 2019).

Med utgangspunkt i Per Storemyr sine analyser av den lokale geologien (2013) utførte man en rekke tiltak i felt: 1) Identifisering av flakforvitring og sprekkeutvikling som to hovedtyper forvitring på feltet; 2) avdekket testflater i feltets omkringliggende terreng; 3) skadekartering av utvalgte områder samt en oversiktsdokumentering av feltets flakforvitring; 4) dronefotografering og fotogrammetrisk fremstilling av feltet; 5) fjerning av vegetasjon på og rundt feltet; 6) spriting for å motvirke vekst av lav; 7) foto- og videoovervåking med viltkamera; og 8) jevnlig tilsyn av feltet.

De fleste av disse tiltakene blir gjort regelmessig ved de fleste bergkunstområdene i Alta. Fokuset i denne evalueringen er satt på identifiseringen av primære forvitringstyper med påfølgende årlig datainnsamling, samt overvåkingen av feltet med viltkamera. I forvaltningen av bergkunsten i Alta har disse tiltakene vært unike for Kåfjordfeltet.

Flakforvitring

Dokumentasjonsmetoden for flakforvitring beskrives slik i rapporten fra 2019:

«For dokumentasjon av flakforvitring ble fire ruter på ca 50x50 cm utvalgt på feltet. Utvalget reflekterte steder som var veldig utsatt, delvis utsatt, og lite utsatt for denne typen forvitring. Utvalget reflekterte også ulike høyder over havet, altså eldre og yngre berg. Sårbarheten for flakforvitringen skyldes i hovedsak lagdelingen på feltet, hvor bergets forskyving opp og på skrå, eksponerer lagene i leirskiferen. Dette gjør at berget enkelte steder fremstår svært oppsprukket.

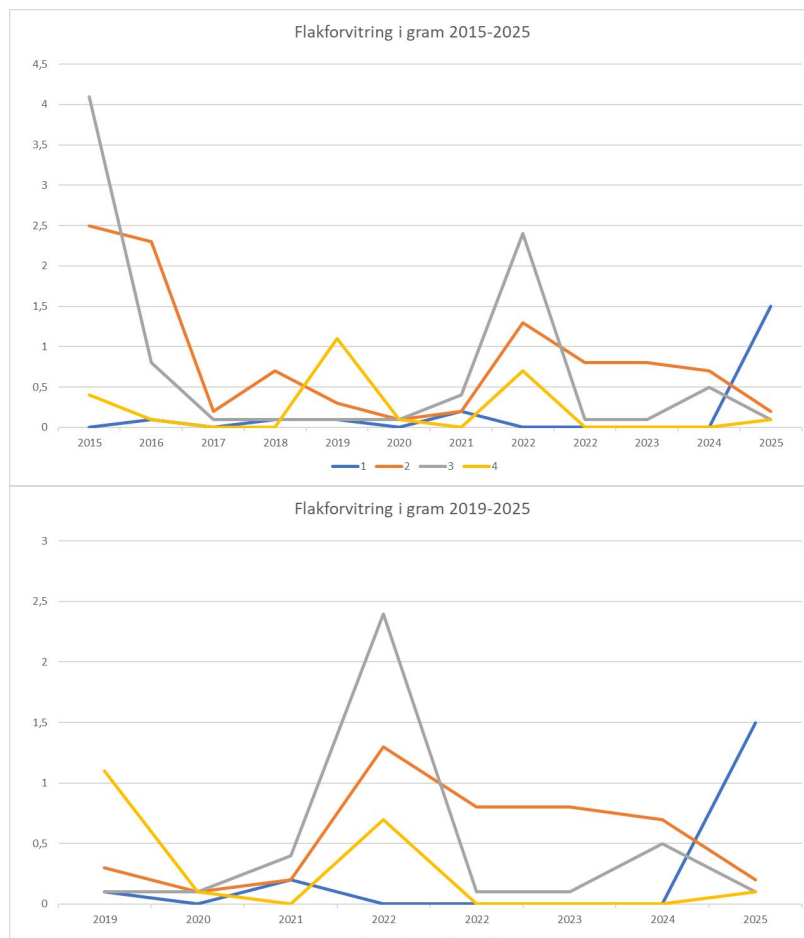
Flakene ble samlet inn med pinsett og funnsted markert på medbrakte fotoutskrifter av testrutene. I etterarbeid ble funnstedene digitalt lagret i Photoshop, med hvert års innsamlinger lagret som egne lag. Flakene ble veid og arkivert hos VAM.

Innsamlingene foregikk hver vår og høst, med unntak av våren 2017 (Hykkerud 2019.)»

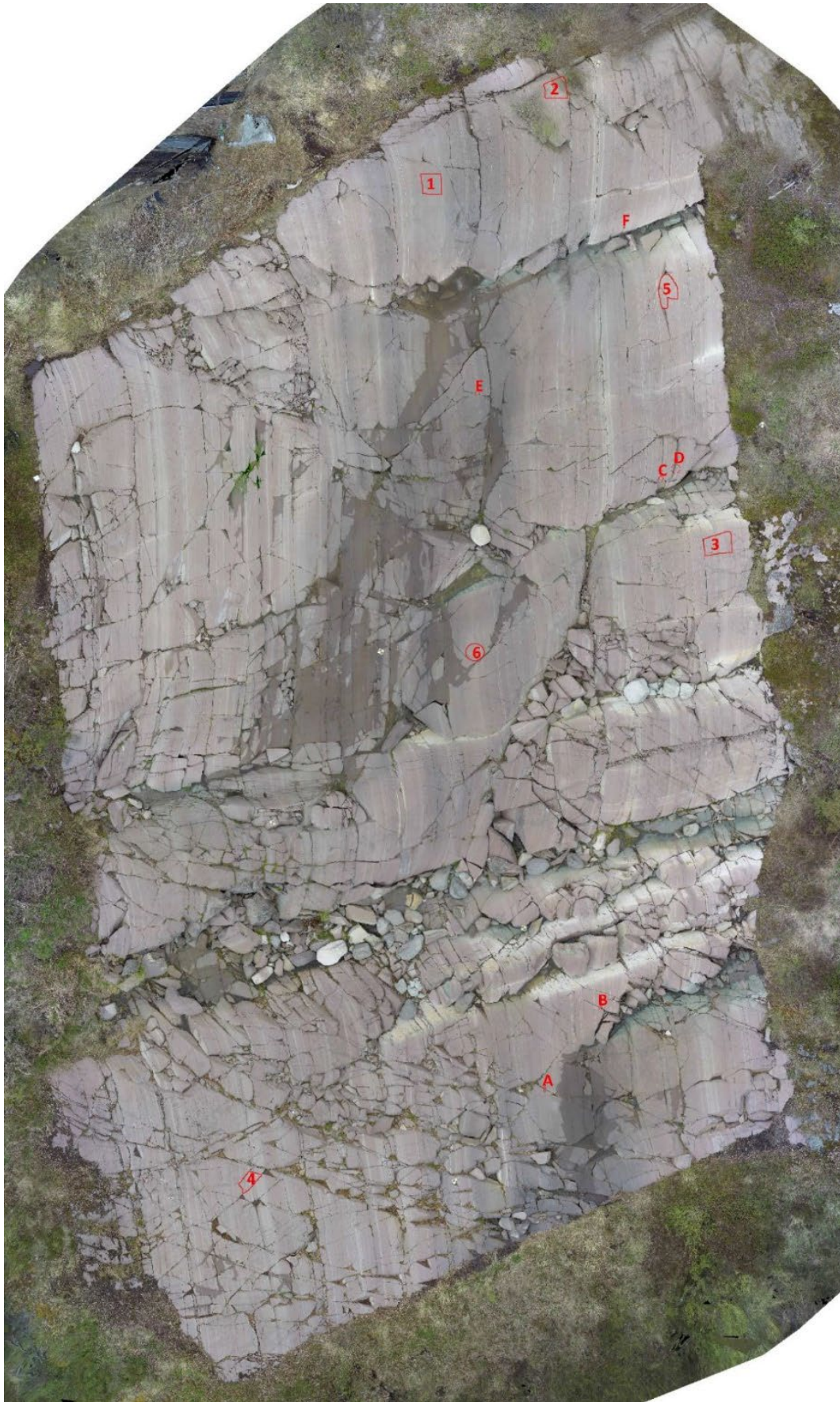
De utvalgte rutene er avbildet i figur 64 Rapporten fra Kåfjordprosjektet oppgir et årlig tap av 151 gram med flak gjennom prosjektets gang. Denne kvantifisering beskrives som kun en teoretisk framstilling basert på feltets areal (630 m²), som mangler beregning av feltets tetthet. Dette gjør det umulig å sammenligne tapet av 151 gram mot et referansetall. Rapporten konkluderer med at flakinnsamlingen bør gjøre en kvalitetssikring av måten man utregner tapet av berg. Forslag til måter å kvalitetssikre dette på er ikke gitt.

Resultatene av flakinnsamlingen fra 2015 til 2025 og 2019 til 2025 er gitt i figur 63. I årene etter prosjektets avslutning har det ikke blitt funnet noen måter å vurdere det reelle tapet av materiale i prøverutene. Videre understreker de ytterligere årene med observasjoner og erfaringer i flakinnsamlingen at metoden er spesielt utsatt for feilkilder. Det er ved flere anledninger observert flak og små løse biter som åpenbart ikke kommer fra funnstedet, og som på ett eller annet vis har forflyttet seg (f.eks som følge av vind, vann, og is) over større avstander på feltet. Dette undergraver formålet med flakinnsamlingen, da man ikke er i stand til å fastslå med sikkerhet flakenes proveniens til bestemte prøveruter. Tilfeller hvor man kan argumentere for flakenes proveniens med størst sikkerhet er tilfeller hvor flak er løst i sprekker og blitt værende der frem til innsamlingen.

Med teknologien som nå er tatt i bruk i overvåkingen av Kåfjordfeltet er det blitt mulig å både identifisere steder hvor feltet har forvitret og kvantifisere hvor mye materiale som har gått tapt. Flakinnsamlingen har bidratt til større oppmerksomhet mot prosesser og hendelser hvor flak på feltet løsner, og har på sikt vis vært nyttig for forvaltningens forståelse av feltets utvikling. Inntil man har kvalitetssikret utregningen for tap av berg basert på innsamlede flak, og funnet løsninger for å verifisere flakenes proveniens, vil analyser basert på flakinnsamlingen fortsatt forbli en teoretisk øvelse.



Figur 63. Flakforvitringen på de fire utvalgte delene av Kåfjordfeltet målt i gram.



Figur 64. Kåfjordfeltet markert med de ulike testområdene, 1-4 for flakforvitring, 5 for løse blokker, 6 for eksfoliasjon, A-F for sprekkemålinger.

Sprekkeutvikling

Dokumentasjonsmetoden for sprekkeutvikling beskrives slik i rapporten fra 2019:

«For dokumentasjon av sprekkeutvikling ble seks deler av feltet overvåket. Disse delene ble utvalgt med bakgrunn i forskjellige forutsetninger, redegjort for i det følgende under hvert felt. Metoden som ble benyttet var skyvelære for måling av avstander mellom ytre kant av løs/delvis løs blokk og ned på fast berg, eller mellom to oppsprekkede deler/blokker av feltet. Gjennomsnittet av fem målinger på hvert sted ble ført som resultat. Dette ble gjort for å utligne variasjoner i hvordan skyvelære ble holdt, da det er ekstremt små avstander som måles, og selv den minste håndbevegelse kan gi store utslag. Metoden ble godt fotodokumentert for å kunne gjøre samme innmåling, på nøyaktig samme sted, hvert år. Målingene ble gjort i mm, og rundet opp til nærmeste to desimaler (Hykkerud 2019)».

De seks utvalgte delene av feltet som er oppgitt er markert i figur 64. I rapporten fra 2019 anslår Hykkerud at utviklingen i sprekken på feltet å være innenfor en forventet normal. Her beskrives sprekkeutviklingen blant de seks feltene som variert, med en viss forskjell i utvikling. I tilfeller hvor sprekken er blitt mindre over tid vurderes årsaker som mindre jord under steinblokker som følge av skjøtselsarbeid, og at ørsmå bevegelser i jordskorpen kan gi og har gitt utslag i forskjellige retninger. Der prosjektet målte utviklingen av sprekken til løse blokker, konkluderer rapporten med at de løse blokkene er stabile nok til å ikke nødvendiggjøre tiltak i nær fremtid.

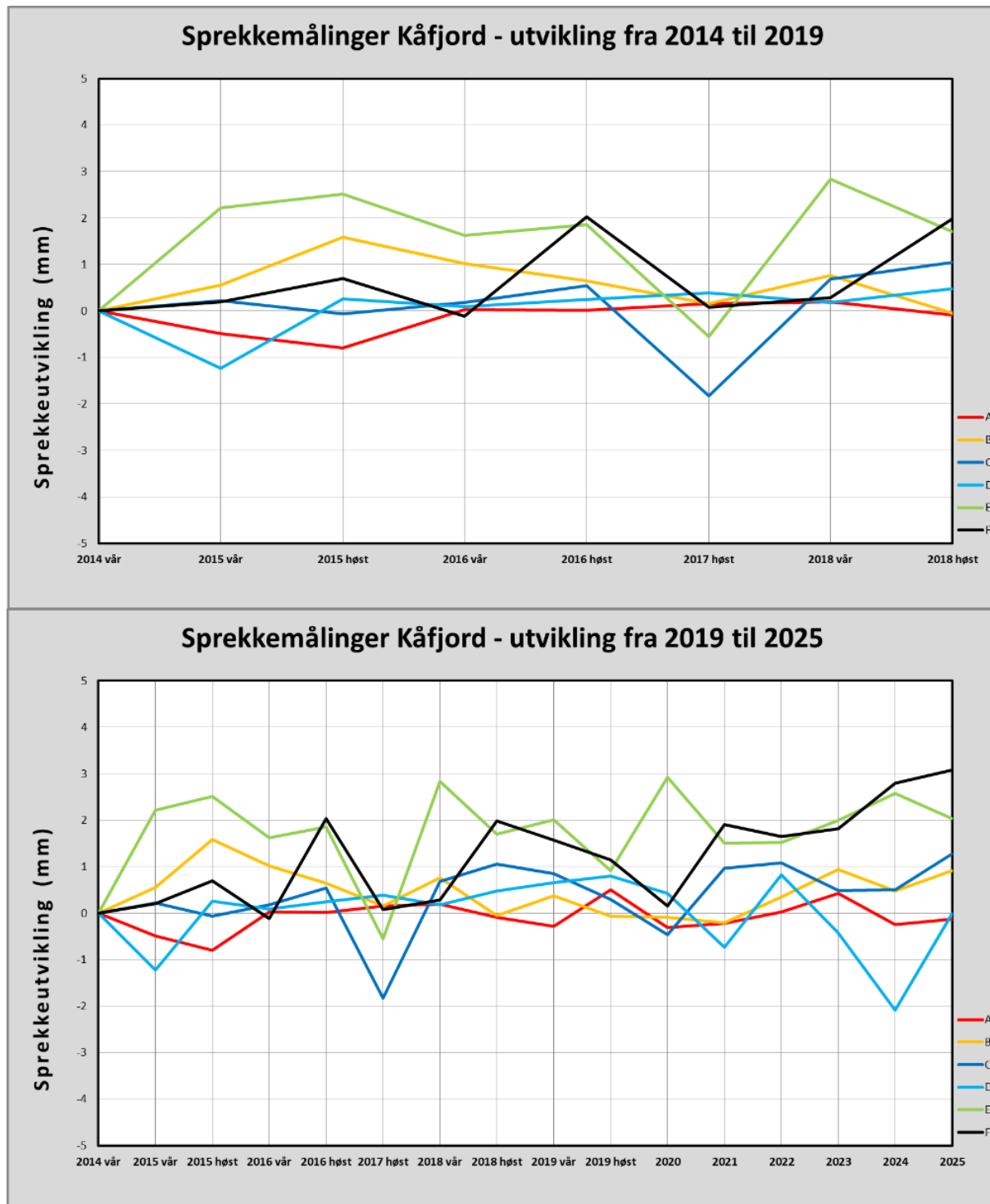
Tabell 1: Gjennomsnittlige endringer i sprekkeutvikling mellom 2014 og 2025

Felt med mål (mm) fra 2014	A: 27,73	B: 27,48	C: 29,74	D: 143,48	E: 24,27	F: 8,82
<hr/>						
2014 til 2025						
Mål (mm)	27,65	27,94	30,10	143,47	26,00	10,02
Differanse fra 2014	-0,08	0,46	0,36	-0,01	1,73	1,20
<hr/>						
2014 til 2019						
Mål (mm)	27,65	27,98	29,93	143,67	25,78	9,61
Differanse fra 2014	-0,08	0,50	0,19	0,19	1,51	0,79
<hr/>						
2019 til 2025						
Mål (mm)	27,74	27,81	30,33	143,30	26,20	10,61
Differanse fra 2019	-0,49	0,39	0,30	-0,98	1,01	0,65

Som med flakforvitringen ble det også påpekt i vurderingen av sprekkemålingene at målingene ikke hadde noen sammenlignbare data å ta utgangspunkt i. Selv om det fremdeles ikke er identifisert klare årsaker til hva som forårsaker den spesifikke sprekkeutviklingen til de forskjellige delene av feltene, har denne metoden en klar fordel over flakinnsamlingen: At de målte endringene alltid kan stedfestes. Den årlige målingen av sprekkeutviklingen på Kåfjordfeltet kan derfor sies å prinsipielt sett ha større verdi enn flakinnsamlingen i et langsiktig overvåkningsperspektiv.

Foreløpig har sprekkemålingene vist at sprekker øker og minsker i størrelse som følge av at berget er i konstant bevegelse. Ettersom at kunnskapsgrunnet om Kåfjordfeltets geologi ikke har endret seg siden 2013, vil det inntil videre være vanskelig å gi ytterligere vurderinger om hvordan geologiske prosesser spiller inn på sprekkeutviklingen. Med kunnskapen og metodene som er tilgjengelige per i dag, vil det være mer hensiktsmessig å vurdere om eventuelle endringer kan knyttes til hendelser og

prosesser som skjer i eller ved sprekke. Dette kan for eksempel være hendelser som tråkk og hærverk, eller prosesser som vegetasjonsvekst og jorddannelse. På slikt vis kan en eventuell fortsettelse av sprekkemålingene gi informasjon som i teorien kan supplere den øvrige tilstands- og miljøovervåkingen av feltet.



Figur 65. Sprekkeutvikling målt på Kåfjordfeltet fra 2014 til 2025.



Figur 66: Utvalgte deler av Kåfjordfeltet blir målt med skyvelær.

Viltkameraovervåkning

I begynnelsen av Kåfjordprosjektet ble det satt opp to viltkameraer for å ta timelapse-bilder på bestemte tidspunkt av døgnet, i tillegg til bilder og videoer utløst av bevegelser på feltet. Kameraene ble satt opp med intensjonen å dokumentere snøfall og andre forhold på feltet gjennom et helt år, i tillegg til trafikk over feltet i form av mennesker så vel som dyr. Gjennom prosjektets gang ble viltkameraovervåkingen vedlikeholdt med regelmessige besøk av ansatte fra VAM til feltet gjennom hele året for å sjekke kameraenes minnekort og batteri.

I prosjektets rapport er det ikke gjort en separat evaluering av metoden. Derimot blir det gjort enkelte vurderinger av metodens nytteverdi i hvordan den supplerer og verifiserer de øvrige metodene. Ett eksempel er i vurdering av årsaker til flakforvitring på feltet, der tråkk av besøkende blir fremhevet som en sannsynlig årsak bak mengden flak løsnet fra prøvelfelt 2. Her blir viltkamera-dokumentasjon av en hendelse hvor en besøkende har tråkket på feltet brukt som bekreftelse på denne vurderingen. Rapporten trekker også frem viltkameraene som en mulig faktor til hvorfor mengden av innsamlede flak sank i løpet av prosjektperioden, da det antas at deres blotte tilstedeværelse har bidratt til å minske ferdselen på feltet.

I årene etter at prosjektet ble avsluttet har viltkameraovervåkingen blitt videreført. Dette har frembragt en stor mengde fotodokumentasjon som i enkelte sammenhenger har vært nyttige for forvaltningen av Kåfjordfeltet. Mest nyttig har vært dokumentasjonen av enkelthendelser på feltet, som for eksempel uønsket ferdsel på feltet. I tilfeller hvor det er identifisert brudd på kulturminneloven har kameraene kun vært brukt til å verifisere at hendelsen fant sted, da det er strenge føringer i norsk lov på bruk av foto og video til å identifisere personer. Dokumentasjonen av blant annet reinsdyr som går over feltet har vært utgangspunkt for diskusjoner om det bør settes tiltak mot dyreferdsel.

En annen viktig nytteverdi i fortsettelsen av viltkameraovervåkingen har vært muligheten til å følge vær- og naturforhold gjennom hele året. Spesielt interessant i denne sammenheng har vært dokumentasjonen av raske endringer i is og snøforhold. Et eksempel på dette er her vist i figur 67 og 68, som tydelig viser hvordan relativt store endringer i isforhold kan forekomme på kort tid.



Figur 67: Bildesekvens tatt med viltkamera over seks dager. Alle bildene er tatt på samme tidspunkt. Samlet sett viser bildene en gradvis nedgang i temperatur, med tiltakende mengder frost, snø, og isdannelse som konsekvens. Effektene av de endrede værforholdene er synlige både på selve feltet og i det øvrige landskapet omkring feltet. Legg spesielt merke til den omfattende isdannelsen på den øverste delen av feltet som er avbildet. Merk at datostemplingen til bildene er feil, og at stemplingen nullstiller seg når batteriet til kameraet har blitt skiftet ut i bilde C.



Figur 68: Sammenligning av forholdene på Kåfjordfjell med seks dagers mellomrom. Dette er et eksempel på nytteverdien kameraovervåkingen av fjellet har for forståelsen av fjellens forhold på forskjellige tider av året.

En stor utfordring med viltkameraovervåkningen har vært tekniske problemer. Blant disse problemene er den materielle levetiden til kameraene og de eksterne batteriene. I 2021 gikk kameraet øverst på feltet ut av drift, og måtte erstattes med et nytt kamera. Den samme modellen var ikke tilgjengelig på det åpne marked, så en ny modell måtte kjøpes. I den sammenheng måtte det også investeres i nytt batteri, da batteriene som ble kjøpt i løpet av prosjektet ikke var av riktig type. En stødig strømtilførsel til de nye kameraene har vært det største problemet siden de ble byttet ut. Dette har medført at kameraene i perioder har vært ute av funksjon, som videre har forårsaket hull i dokumentasjonen i tillegg til feil datostempling på bildene.

En annen utfordring har vært å vedlikeholde kameraovervåkningen som følge av manglende tilgang på nødvendig teknisk utstyr og kompetanse. En viktig årsak til dette er mangelen på en detaljert oversikt over det tekniske utstyret som ble tatt i bruk, samt mangelen på en plan for hvordan overvåkningen skulle driftes over et lengre tidsperspektiv. Fra prosjektets søknadstekst og rapport fremkommer det ingen plan for å videreføre kameraovervåkningen utover prosjektets egen tidsramme og målsetninger.

For overvåkningen av Kåfjordfeltet er bruk av viltkamera i utgangspunktet et lite ressurskrevende tiltak med stor nytteverdi. Erfaringene gjort i tiden etter Kåfjordprosjektet tilsier imidlertid at dette har noen viktige forutsetninger. Kameraene bør opereres etter en langsiktig plan som tar høyde for riktig håndtering av utstyret, datalagring, eventuelle hensyn til personvern, oversikt og tilgang på nødvendig materiell, og en forståelse av rekkevidden til overvåkningens nytteverdi. Generelt sett ligger største verdien i overvåkningen i muligheten å danne en helhetlig forståelse av hvordan forholdene til feltet utvikler seg gjennom årstidene og fra år til år, og å danne oversikt over all aktivitet som skjer på feltet. Under ideelle forhold kan overvåkningen gi innblikk i konkrete hendelsesforløp som kan knyttes til spesifikke skader på feltet, men all foreløpig erfaring tilsier at slike forhold er sjeldne.

Oppsummering

I all hovedsak er det mangelen på en helhetlig og langsiktig plan for fortsettelsen av datainnsamlingen som har vært den største utfordringen for videreføringen av Kåfjordprosjektet. Arbeidet videre med tilstand- og miljøovervåking av feltet bør derfor legge til grunn en slik plan hvis innsamlingsarbeidet skal fortsette. Et annet viktig aspekt med videreføringen av datainnsamlingen på Kåfjordfeltet er hvordan dette har gjort det mulig å holde fokus på bestemte områder av feltet. På et felt som er over 600 kvadratmeter i størrelse, er dette spesielt nyttig.

Ressursmessig er ingen av de tre evaluerte metodene særlig krevende. Likevel fremkommer det i denne evalueringen at de har varierende grad av nytteverdi. Det er spesielt nytteverdien til innsamling av flak man her stiller spørsmål ved. I motsetning til målinger av sprekkeutvikling, er det ikke mulig å utelukke alvorlige feilkilder i flakinnsamlingen. Blant de mest alvorlige feilkildene i denne sammenheng er muligheten for at flak har flyttet seg inn i prøverutene fra andre deler av feltet. Derfor anbefales det her å avvike flakinnsamlingen, og heller fortsette målinger av sprekkeutvikling sammen med viltkameraovervåking.

I tillegg til laserskanning har man med Structure-from-Motion fotogrammetri bedre forutsetninger nå enn før til å identifisere, verifisere og kvantifisere endringer som skjer på overflaten av bergkunstfelt. Minst like viktig vil det være å fortsette jevnlig fotodokumentasjon av feltet i forbindelse med tilsyn, samt å fortsette bruk av viltkamera for å identifisere hendelser på feltet.

GIS och geografiska data

Att arbeta med geodata och mapphygien

I allt arbete, både projektform och linjeverksamhet, är planering, struktur och dokumentation förutsättningar för en långsiktigt hållbar och stabil förvaltning. Så även i arbetet med geografiska data och GIS (geografiskt informationssystem) där det annars lätt kan skapas otaliga versioner av datamängder med därtill obegriplig namnsättning. Att strukturera arbetet innebär också att hygieninsatser görs löpande, och att det finns en namnsättningsprincip.

Samla geodata på en stabil och säker plats, det kan exempelvis vara en specifikt utpekad hårddisk, server eller mapp där endast geodata sparas. Att hålla geografiska data och GIS-relaterade filer åtskilda från till exempel textdokument och bildfiler underlättar filhantering och mappstruktur. Behörighetsstyrning av arbetsmappen minskar risken för oavsiktlig borttagning och redigering.

Bestäm hur mappstrukturen ska se ut och om det finns behov av att åtskilja geodata i olika mappar och/eller geodatabaser, till exempel grunddata, arbetsdata och resultatdata. För att det inte ska bli rörigt och förvirrande i mappar och geodatabaser – rensa löpande bort inaktuella data. Skapa förslagsvis även en mapp för GIS-projekt i det GIS-program som används.

Att skriva metadata till en projektmap eller enskilda datamängder (till exempel en featureclass) tydliggör syftet och säkrar upp kunskapsredundansen. Metadata-texten kan beskriva tillkomsthistorik, aktualitetsstatus och tidsperiod för arbetet, utbredning och projektansvarig. En beskrivning för en geodatamapp med specifikt ändamål kan till exempel skapas i form av ett enkelt anteckningsdokument. Beskrivning för en featureclass kan göras direkt under metadata-fliken i lagrets egenskaper i GIS-programmet.

Att namnge sina filer på ett tydligt sätt och att dessutom ha en gemensam namnsättningsprincip inom organisationen underlättar arbete och förvaltning av geodata i det långa loppet. Att samtidigt hålla nere antal tecken i filnamnet kan bli en utmaning när det bör framgå vad filen visar, utbredning av data, när och av vilken anledning den skapades, eller om innehållet är ett urval av en annan datamängd. Ett exempel på namnsättning kan vara följande: *RAA_Lamningar_VArv_Tanum_exp_251010*, det vill säga *Ägare_Innehåll_utbredning_exportdatum*. Ett annat exempel är *SAMHELL_platser_gobo_210325*, med andra ord *Projektnamn_Innehåll_Tidpunkt*.

Att regelbundet göra en backup av mappen/geodatabasen säkerställer data, exempelvis på en extern hårddisk. Aktualisera backupen med jämna intervaller genom att spara en ny kopia på hårddisken. Intervallerna bestäms utifrån hur ofta data skapas, raderas eller uppdateras. Om en backup tas varje månad så kan den rensas i slutet av året då enbart en eller två versioner sparas.

GIS och monitoring (miljöövervakning) - exempel från Världsarvet i Tanum

Monitoringinsatser/miljöövervakning i ett världsarv är en del i arbetet med att bevara de för mänskligheten omistliga värdena över tid. Världsarvet Tanums hållristningar uppfyller tre av de tio urvalskriterierna för att uppnå enastående universellt värde (OUV), och därmed världsarvsstatus. Kriterierna beskriver själva hållristningarna (I) och hållristningsmotiven (II), men även den mänskliga historiens mångtusenåriga varaktighet i området, kulturlandskapets kontinuitet i bosättning och markanvändning (IV). (Förvaltningsrådet för världsarvet, 2025).

Världsarvens attribut, det vill säga platsens värdebärande delar, är det som ska bevaras och skyddas för att upprätthålla det särskilt stora universella värdet. I detta åtagande ingår att följa upp och åtgärda eventuella brister i, och hot mot, världsarvets värden. I förvaltandet av världsarvet i Tanum är syftet med dessa insatser att skaffa kunskap om världsarvets utpekade attribut: hållristningarna och andra arkeologiska lämningar samt det öppna kulturlandskapet, byggnadernas placering i landskapet och andra moderna landskapsdrag. (Förvaltningsrådet för världsarvet, 2025).

För att kunna följa upp målsättningarna i förvaltningsarbetet för världsarvet i Tanum, samt förbereda för kommande periodiska rapporteringar till UNESCO, har en monitoringplan arbetats fram. Monitoringplanen ska vara ett levande dokument och uppdateras i takt med att övervakningsbehoven ändras över tid. (Förvaltningsrådet för världsarvet, 2025).

Vilken typ av monitoringinsatser som behöver sättas in beror på vilken typ av förändring som kan hota världsarvets värden. Insatser kan bestå av mätning av hållristningarnas vittringstakt med hjälp av 3D-teknik, bebyggelseinventering och uppföljning på bebyggelseutveckling eller övervakning av mark och vegetationsutbredning med hjälp av geografiska data och GIS, bland annat i form av markanvändningsanalys för att se förändring i det upplevda landskapet.

Markanvändning och bildklassificeringsanalys i GIS

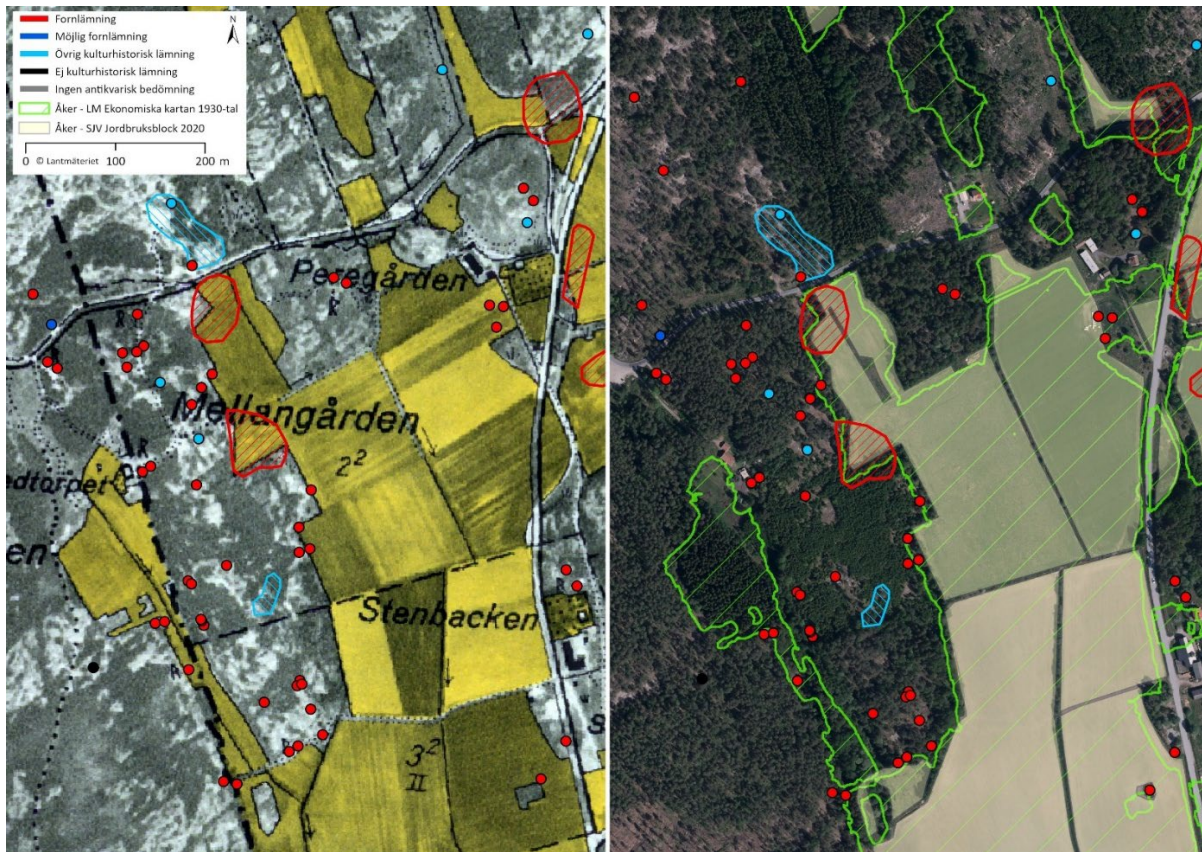
För att få en helhetsbild över hållristningars spridning och markanvändning över stora områden är GIS och kartor en given metod. I ett GIS-program går det att visualisera, skapa, bearbeta och analysera data så länge något kan knytas till en plats på kartan.

Hållristningarna i världsarvet i Tanum återfinns framför allt i barrskog, åker, betesmark/annan öppen mark eller bebyggelse. I uppstarten med monitoringarbetet 2021 gjordes en jämförelsesanalys utifrån markanvändning för att få en uppfattning om hur fördelningen mellan markklasserna varierat över tid. Analysen gjordes i programmet ArcMap (ESRI) med Lantmäteriets ekonomiska rasterkartor (baserade på flygfoton) från 1930- och 1970-talet. Jordbruksverkets blockdatabas (ytgeometrier för åker- och betesmark) för 2020 representerade vid tillfället aktuella data.

I ArcMap utfördes bildklassificeringsanalys (supervised image classification) på de äldre ekonomiska rasterkartorna (under nästa rubrik beskrivs tillvägagångssättet i ArcGIS Pro). I kartorna är färgerna för åkermark tydligt kontrasterade, däremot är betesmarker och övrig öppen mark svårare att fastställa eftersom färgkontrasten inte är lika hög jämfört med omgivande markklass. Betesmarker klassades därför enbart i den ekonomiska kartan från 1970-talet, där kontrasterna var aningen större än i 1930-talskartan.

Den totala arean av ytorna från bildklassificeringsanalyserna jämfördes med åker- och betesmarker för 2020. Att andelen åker- och framför allt betesmark har minskat sedan 1930- och 1970-talet kunde konstateras genom att visualisera och överlagra data. Skillnaden i värdena i analysresultatet räknades ut i Excel, resultatet visade att andelen åker- och framför allt betesmark har minskat sedan 1930- och 1970-talet: från 1970-talet fram till 2020 minskade åkermark med cirka 11% och betesmark med cirka 80%, från 1930-talet fram till 2020 minskade åkermark med omkring 21%, och från 1930-talet fram till 1970-talet minskade åkermark med omkring 11%.

I figur 69 ges ett exempel på markanvändning över tid där det blir tydligt att åkermarken har minskat i utbredning mellan 1930-tal och 2020. Där det förr var åker växer nu skog, en anledning till detta är att jordbruksmaskinerna blivit allt större och har svårt att vända på de mindre åkertegarna. Förändringarna i markanvändning påverkar enskilda hållristningar såväl som odlingslandskapets karaktär i världsarvet vilket direkt påverkar världsarvskriteriet om det öppna kulturlandskapet.



Figur 69. Exempel på markförändring inom världsarvet i Tanum (området kring Litsleby och Tegneby). I bilden till vänster visas lämningar på den ekonomiska kartan från 30-talet, gult visar åker. I bilden till höger visas samma område med 1930-talskartans åkerutbredning i grönt tillsammans med jordbruksblocken från 2020 som ljusa transparenta fält.

Det finns både för- och nackdelar med tillvägagångssättet i analysen ovan. Det går att fördjupa sig i de olika stegen och experimentera med parametrarna i verktygen. Beroende på hur indata ser ut så tillkommer alltid mer eller mindre gransknings- och bearbetningsarbete av data genom hela processen. Vid jämförelseanalys av geodataset bör hänsyn även tas till kvalitet och ursprung. I exemplet jämförs äldre rasterdata (som dessutom bearbetas i flera steg) med nya vektorytors knivskarpa gränser, vilket förstås påverkar resultatet.

En annan aspekt i utförandet av liknande analyser är själva GIS-programmet. ArcGIS som användes i ovanstående beskrivning är ett kraftfullt desktopprogram med många funktioner och möjligheter till analyser av geodata, programmet kommer dock med en licenskostnad som varierar beroende på vilka verktyglådor som inkluderas. Med en *Image Analyst*-licens går det att analysera resultatet vidare genom *Change Detection Wizard* där följande verktyg finns: *Categorical change*, *Pixel value change*, *Spectral change detection* och *Time series change* (ArcGIS Pro, 2025). Ett alternativ till kommersiella GIS-program är QGIS, som är en öppen och avgiftsfri programvara. Motsvarande "supervised image classification" kan göras i QGIS med hjälp av olika plugins, exempelvis *Semi-Automatic Classification* eller *Orfeo ToolBox* (QGIS, 2025). Både i ArcGIS och QGIS finns AI-drivna alternativ till maskininlärningsanalyser, till exempel *Deepness AI*-plugin i QGIS (Aszkowski et al. 2023).

Bildklassificeringsanalys kan göras på all rasterdata – ortofoton, satellitdata eller andra rasterdata där markslag/markanvändning kan urskiljas. Vid analys på vegetationsutbredning kan kartbilder med infraröda färger vara lämpliga. Just satellitdata kommer användas inom det kommande projektet HeritageAI som är ett samarbete mellan Länsstyrelsen i Västra Götaland och företaget Nornio, projektet finansieras av Rymdstyrelsen (inom Rymdtillämpningsprogrammet 2025-RD1: Rymddata) och startar 2026. I projektet ska en metod arbetas fram för automatiserad övervakning av världsarv med hjälp av

Sentinel-2-data och artificiell intelligens. På så sätt kan förändringar i vegetation och bebyggelse kring världsarvet identifieras, i linje med UNESCO:s krav på övervakning. Projektet möjliggör även retrospektiv analys, eftersom Sentinel-2-data finns sedan 2015. Resultaten ska spridas i olika forum och de utvecklade AI-modellerna tillgängliggörs som öppen källkod, vilket stärker forskningsnyttan och gör det möjligt för andra att bygga vidare på resultaten.

Exempel på tillvägagångssätt för bildanalys i GIS

Nedan ges exempel på tillvägagångssättet för bildanalysen på de äldre ekonomiska rasterkartorna, analysen gjordes i programmet ArcGIS Pro med *Spatial Analyst*-licens.



Figur 70. Utsnitt från den ekonomiska kartan från 1930-talet, Åkermark och odlad mark är guldfärgade, övrig mark i grått. Källa: Lantmäteriet.

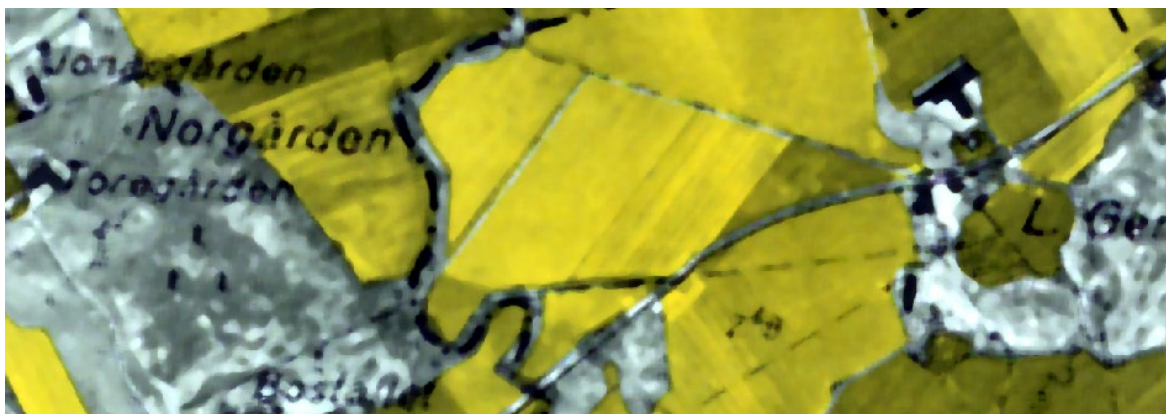
I en digital färgbild har varje pixel olika bandvärden, det vill säga, varje pixel består av röd, grön och blå färg. I ArcGIS kan pixelvärden slås ihop för att generera en ny klassindelning, det kan göras med *Image classification tool*.

Innan den nya klassificeringen anges så kan rasterbilden jämnas ut (med ett filter) för att underlätta tolkningen i analysen. I exemplet användes *Focal statistics* som genererar ett nytt rasterdataset inom ett område med specificerat antal pixlar.

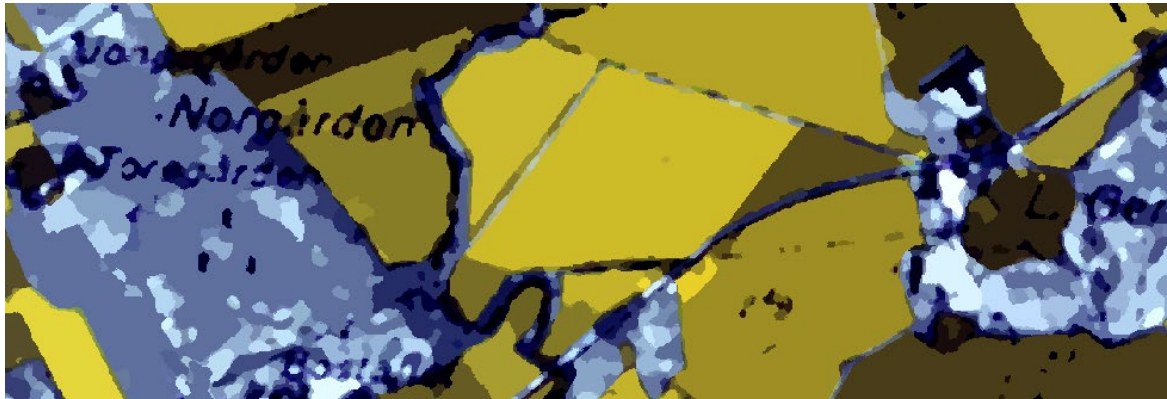
För att sedan avgränsa färgvärdena användes så kallad "supervised image classification" där "training samples" (träningsdata med provområden) definierades i rasterkartan. De kombinerade pixelvärdena inom dessa områden pekades då ut som karakteristiska för den nya klassen, i detta fall markanvändningsklasser.

Arbetsgång:

- Öppna verktyget *Focal statistics*, lägg till inputraster, ange "neighbourhood" dvs pixelbredd och höjd för analysen, i exemplet användes *Rectangle*; 10x10 och statistiktyp *Median*. Resultat:



- Öppna *Imagery*-fliken i ArcGIS Pro, se till att det nya rasterlagret (lagret med focal statistics) är markerat i lagerlistan.
- I *Classification tools* - välj *Training Samples Manager*.
 - Skapa *New Schema*, spara och skapa nya kategorier där ett namn och ett värde anges för varje klass, i exemplet användes åker, övrig mark, berg och text/gränser.
 - Rita in flera representativa områden för varje ny klass i rastret.
- Ett alternativ är att skapa ett nytt raster med *Segmentation* (i *Classification Tools*), där angränsade pixlar slås samman till enhetliga rasterfält (i exemplet användes defaultvärden). Resultat:



- I *Training Samples Manager*, använd *Segment picker* på den segmenterade bilden, spara träningsdata.
- Öppna *Classify* under *Classification Tools*, lägg till det segmenterade rastret som input, i exemplet valdes *Maximum Likelihood* som *Classifier*, lägg till träningsdata (som gjordes på det segmenterade rastret) och ange output. Resultatbild nedan: åker och odlad mark= gul, övrig mark= grön, berg=grå, text och gränser=svart



Det slutliga resultatet behöver oftast bearbetas och tolkas, i exemplet ska de kvarvarande svarta gränserna och rester av text rensas bort/slås ihop med en av klasserna, till exempel genom att den ärver egenskaper från den närmast angränsande pixeln (i ArcGIS kan *Euclidian allocation* användas).

Summering

Att ha tillgång till geografiska data är en förutsättning i förvaltningsarbetet och miljöövervakningen (monitoring) inom de stora områden som världsarv i regel utgör. Med hjälp av regelbundna bildanalyser i GIS-program och AI-baserade metoder kopplade till GIS kan förändringar i markanvändning följas

över tid. Finns tillgång till historiska rasterfoton kan det räcka med att göra en enkel överlagring med moderna rasterdata för att visualisera skillnader. På så sätt ger bildklassificering flexibilitet, resultatet är dock villkorat av upplösningen på indata eller skillnader i kvalitet mellan rasterdataset. I GIS-analysexemplet i texten ovan krävdes en del efterbearbetning och tolkning av resultatdata på grund av strukturen på indata. En aspekt är också tillgängligheten till GIS, i programvaruvalet finns kraftfulla desktopprogram som medför en kostnad beroende på licensnivå, så väl som gratisprogram som erbjuder liknande funktioner via plugins.

Evaluering av de undersøkte metodene som verktøy for miljø og tilstandsovervåking

De undersøkte metodene – kort sammenfatning

3D-skanning produserer datamateriale som kan være svært nøyaktig, og som ved sammenligning med eldre skanningsresultater kan påvise endringer på bergkunstfelt med stor presisjon. Værforholdene er avgjørende for et godt resultat. Anvendelse av metoden avhenger av spesielt utstyr, programvare og kompetanse.

Skadekartering kan være verdifull dokumentasjon som visuelt og konkret fremstiller felt og områder som er skadet eller truet av skade, og som kan eller bør følges opp og undersøkes igjen. Resultatet og graden av detaljinformasjon avhenger imidlertid av typen teknologi og grunnlagsdokumentasjon (kalkering/foto/skanning) man bruker. Slike studier kan være vanskelig å bedømme opp mot hverandre, også fordi skadekartering nødvendigvis må ha en viss grad av subjektivitet, i likhet med skriftlige beskrivelser.

Skriftlige beskrivelser kan inneholde viktig konkret informasjon om hendelser eller tilstander, og gir et bilde av hvordan man oppfatter situasjonen på gitte tidspunkt. Geologiske og botaniske undersøkelser og rapporter kan gi presis og objektiv informasjon. De skriftlige beskrivelsene av feltet kan imidlertid være uegnet for å vurdere feltets tilstandsutvikling i særlig grad, hverken som helhet eller vedrørende de enkelte registrerte skadene, hvis de ikke beskrives og stedfestes spesielt.

Fotografi som dokumentasjonsmetode er enkel å gjennomføre og gir objektive og umiddelbare resultater. Lysforholdene under fotografering har stor betydning. Ved å systematisk dokumentere bergkunstfelt i sin helhet med fotografi, oppnår man et grunnlagsmateriale som kan benyttes til direkte analyse, og til produksjon av mosaikker og 3D-dokumentasjon. Historiske fotografier kan inneholde relevant informasjon, og alle typer fotografier kan benyttes for å kartlegge skadeutvikling over tid.

Innsamling av løse biter ble foretatt i Kåfjord mellom 2015 og 2025 for å se om man kunne anslå hvor mye og hvor hurtig bergflaten forvitret/løsnet. Det ikke blitt funnet noen måter å vurdere det reelle tapet av materiale i prøverutene og observasjoner i felt viser at metoden er utsatt for feilkilder, spesielt når det gjelder nøyaktig hvor de løse bitene som ble samlet inn kom fra. Metoden vurderes derfor som lite hensiktsmessig for å få et korrekt bilde av bergflatens materialtap, men er likevel nyttig for å styrke oppmerksomheten mot feltets tilstandsutvikling.

Sprekkemåling ble foretatt i Kåfjord i samme periode som innsamling av løse biter. Bruken av denne metoden har vist at berget i Kåfjord er i konstant bevegelse, hvor sprekker øker og minsker i størrelse. I motsetning til innsamling av løse biter er det mulig med sprekkemålingene å vurdere hvordan utviklingen over tid har vært med et bedre kjent utgangspunkt.

Overvåking med viltkamera kan dokumentere hvordan forholdene til feltet utvikler seg gjennom årstidene og fra år til år, og aktivitet som skjer på feltet. Under ideelle forhold kan overvåkingen gi innblikk i konkrete hendelsesforløp som kan knyttes til spesifikke skader på feltet.

Fotogrammetri kan benyttes til å gjennomføre sammenlignende analyser av punktskyer ved bruk av M3C2-metoden (Multi-scale Model to Model Cloud Comparison) i programvaren CloudCompare, eller annen tilsvarende programvare. Metoden kan anvendes for å vurdere utviklingen av tilstanden til bergkunstfelt, men sammenlignet med 3D-dokumentasjon gjort med laserskanning er som regel denne metoden å regne som mindre presis. Metoden kan også benyttes for å produsere ortofoto for å overvåke miljøutvikling i større områder. Potensialet til metoden økes hvis man har mulighet til å georeferere 3D-dokumentasjonen. Anvendelse av metoden avhenger av spesielt utstyr, programvare og kompetanse.

GIS er et egnet verktøy for å samle, visualisere, produsere, bearbeide og analysere data i større områder, og kan være spesielt nyttig i sammenheng med miljøovervåking. Anvendelse av metoden avhenger av spesiell programvare og kompetanse.

Samlet evaluering

Hvilken metode man velger å benytte for å dokumentere tilstand og miljø over tid, avhenger av hva man ønsker å overvåke, og i hvilken skala. Eksempelvis vil overvåking av enkeltskader på et bergkunstfelt forde en annen tilnærming enn overvåking av miljøutviklingen i et større område. Noen metoder er ressurskrevende i form av tidsbruk, andre metoder fordi man trenger spesielt utstyr eller kompetanse som må hentes inn. Ved tilstands- og miljøovervåking over tid er det imidlertid essensielt at man har objektive data å ta utgangspunkt i for å fastslå endring og trekke konklusjoner.

En av erfaringene fra dette prosjektet er at 3D-skanning kan danne et solid grunnlag for en objektiv og presis vurdering av tilstandsutvikling i et langsiktig perspektiv. Metoden gjør det mulig å produsere datamateriale med den høyeste grad av presisjon og nøyaktighet som det er realistisk å oppnå per i dag, og slik gi et viktig grunnlag for fremtidige sammenligninger. Man kan også identifisere skader som ellers ikke ville blitt registrert, enten fordi de er små og utvikler seg sakte, eller fordi man ikke har ressurser til å overvåke eller dokumentere bergkunstfelt på et høyt detaljnivå. 3D-skanning bedømmes derfor her som den mest hensiktsmessige metoden med tanke på produksjon av grunnleggende data. 3D-skanning kan anses som særskilt ressurskrevende, fordi det krever dyrt utstyr og programvare, og spesiell kompetanse for å analysere materialet. På den annen side kan man betrakte 3D-skanning som ressursbesparende, fordi resultatene man oppnår er av så høy kvalitet og metoden så effektiv. Hvis man skulle kunne oppnå tilsvarende resultater i form av nøyaktighet og gjenbruksverdi med andre metoder, måtte tiden man investerte mangedobles, i tillegg til andre kostnader.

Det er imidlertid også viktig å poengtere at man ikke er avhengig av å bruke avansert teknologi for å sette i gang med overvåking av bergkunstfelt og miljø i et langsiktig perspektiv. Eksisterende skriftlig og visuell skadedokumentasjon gir oversikt over tidligere vurderinger og registreringer, og kan danne grunnlag for videre overvåking og valg av egnet metode. Selv om 3D-skanning kan anses som den beste og mest nøyaktige metoden for å dokumentere tilstanden til et bergkunstfelt på lang sikt, kan andre dokumentasjonsmetoder, som f.eks. fotografi og fotogrammetri, brukes for å få et utfyllende datamateriale. Det kan ha stor verdi å kombinere ulike metoder i både tilstands- og miljøovervåking, for slik å kunne verifisere og danne et bedre bilde av hendelser og utviklinger. F.eks. kan en kombinasjon av 3D-skanning og fotografier være verdifullt for å få et helhetlig og informativt bilde av utvikling på bergkunstfelt. Hvis man har eldre skadearteringer av bergkunstfelt, bør man konferere disse for å få greie på hvor og hvordan man anser felt som skadet eller i fare, slik at man kan følge det opp. En mulighet, som dette prosjektet ikke har undersøkt, er også å skadearterere digitalt og detaljert på fotografier, en metode som kan følges opp over tid.

Tilstands- og miljøovervåking i et langsiktig perspektiv krever ressurser i form av tid til å utføre arbeidet, uansett hvilken metode man velger, man trenger finansiering til utstyr eller innkjøpte tjenester, og ikke minst en god dataforvaltning. Alle dokumentasjonsmetodene produserer data som må lagres og organiseres, noen av dem i store mengder. Et slikt tiltak alene kan anses som svært ressurskrevende og utfordrende. Uansett metode er det avgjørende at dokumentasjonen, gammel og ny, blir organisert og oppbevart sikkert, oversiktlig og tilgjengelig. Det er ikke all dokumentasjon som umiddelbart skal brukes for å undersøke tilstandsutvikling, snarere til fremtidig bruk, og en plan for lagring bør utarbeides og realiseres.

Oppsummering og avsluttende kommentarer

På 1980-tallet var bekymringen stor innenfor kulturminnesektoren i Europa for at luftforurensning skulle ødelegge deler av kulturarven. Den svenske regjeringen og nasjonalforsamlingen ga derfor Riksantikvarieämbetet i oppdrag å undersøke hvordan luftforurensning påvirket kulturminnene i Sverige. Mellom 1988 og 1995 gjennomførte Riksantikvarieämbetet prosjektet Luftforurensning och kulturarv. Prosjektet undersøkte luftforurensningens innvirkning på helleristninger, runesteiner og steinbygninger med skulpturer. Prosjektet var det første store initiativet i Sverige som fokuserte på forvitring av stein. Det ble gjennomført skadeundersøkelser, og det ble utviklet en metode for lasermåling av overflatestrukturen til granitt og komparative fotostudier for å vurdere forvitringstakten. I denne perioden var det en sterk tro på at mange helleristninger ville forvitte bort i løpet av et tiår. Denne bekymringen ble delt i bergkunstmiljøene i Norge. Ved Riksantikvarens etablering av Bergkunstprosjektet i 1996, på vegne av Miljøverndepartementet, var oppfatningen at «95% av bergkunsten i Norge var utsatt for skader», i generelt dårlig stand på grunn av forvitring, vandalisme og annen menneskelig påvirkning, og nedbrytingen foregikk i et stadig økende tempo (Helliksen og Holm-Olsen 2001:3-4). Allerede i 1998 ble det uttrykt en viss skepsis til at situasjonen var til de grader kritisk (Walderhaug og Walderhaug 1998), men oppfatningen om at bergkunsten var i ferd med å forsvinne i nær fremtid stod sterkt gjennom hele bergkunstprosjektet, noe som også reflekteres i rapportene fra Kåfjordfeltet og Tanum. I Norge har holdningene endret seg i etterkant av erfaringene fra Bergkunstprosjektet, og med implementeringen av Riksantikvarens bevaringsprogram for bergkunst, BERG, og i Tanum i Sverige har resultatene fra 3D-dokumentasjonen endret synet på forvitringshastighet.

Prosjektet har undersøkt hvilke potensielle laserskanning og sammenlignende analyser av 3D-dokumentasjon har gjennom å sammenligne data fra skanninger i 2024 og 2025 med skanningene som ble foretatt på begynnelsen av 2000-tallet, i begge verdensarvområdene, for å produsere objektive analyser og resultater man kan basere en systematisk og langsiktig tilstandsovervåking av bergkunst på. Analysen av utvalgte partier av Kåfjordfeltet (Askeladden ID:8163-1) og i Tanum (L1968:7550 (RAÄ Tanum 151:1) og L1968:7401 (RAÄ Tanum 21:1)) viser at det i løpet av de siste 20 årene har skjedd en viss skadeutvikling på feltene, men at utviklingen ikke har vært så omfattende som man forventet da feltet ble vurdert for 20 år siden. Til sammenligning er RAÄ Tanum 21:1 uforandret.

Undersøkelsene av tidligere skadedokumentasjon vedrørende Kåfjordfeltet og to av helleristningsfeltene i Tanum viser at det er vanskelig å få en objektiv og presis oversikt over utviklingen av både generell tilstand og spesifikke skader på feltene ved hjelp av skadekartering og skriftlige tilstandsbeskrivelser. Den historiske dokumentasjonen, skriftlig og visuell, inneholder likevel vesentlig informasjon som er avgjørende for å kunne forstå feltenes historie og kartlegge tilstandsutvikling på bergkunstfelt og miljø. Gjennomgangen av det som fantes av grunndokumentasjon, spesielt 3D-skanning og fotografi, viste at dette materialet kunne brukes for å fastslå konkrete forandringer i berget. Dette viser verdien av at bergkunstfelt dokumenteres grundig, og at systematisk dokumentasjon av bergkunstfelt kan være avgjørende også for fremtidig tilstandsvurdering og miljø- og tilstandsovervåking av bergkunstlokalteter.

Selv om bergkunstlokalteter har mye til felles, må det enkelte bergkunstfelts egenskaper og kontekst med i betraktningen når valg av metode tas og tilstandsvurderinger skal gjøres. Universelle kriterier og bestemte prosedyrer lar seg derfor vanskelig definere. Prosjektets gjennomgang og evaluering av forskjellige metoder viser at det er flere mulige fremgangsmåter, og at man kan ta i bruk de metoder og teknologier man har til rådighet. Basert på resultatene i dette prosjektet, er det imidlertid klart at den mest presise og objektive måten å identifisere endringer på, er ved bruk av 3D-skanning, gjerne i kombinasjon med andre metoder.

Avslutningsvis skal det bemerkes at dette samarbeidet mellom fagmiljøene tilknyttet verdensarvstedene Bergkunsten i Alta og Helleristningene i Tanum, samt Riksantikvarens nasjonale bergkunstsatsninger, har vært fruktbart og av stor betydning for både kunnskaps- og kompetanseutvikling. Fortsatt samarbeid mellom de to verdensarvstedene, basert på felles kunnskaps- og utviklingsbehov, med fokus på utfordringer og

muligheter knyttet til verdensarv, tilstandsovervåkning, formidling, bevaring og dokumentasjon av bergkunst, kan gi betydelig gevinst til fagmiljøene ved begge verdensarvstedene.

Implementering av overvåkningsmetoder i Alta og Tanum

Forslag til videreføring av tilstand- og miljøovervåkning i Alta

I dette forslaget drar vi videre på erfaringene, kompetansen, og samarbeidet mellom bergkunstmiljøet i Alta og Tanum som er bygd opp gjennom dette og tidligere prosjekt. Overordnet vil det være nødvendig for tilstand- og miljøovervåkingen av bergkunsten i Alta at forvaltningen innlemmer dette i forvaltningsplanens målsetninger, for slik å forankre arbeidet videre. Her vil det også være viktig å forankre samarbeidet med Tanum, for å best mulig sikre videre kompetansebygging og utbytte av overvåkingstiltak.

For bergkunsten i Alta vil det på sikt være viktig å ha 3D-skannet så mange av bergkunstfeltene som mulig. I første omgang vil dette innebære en totalskanning av Kåfjordfeltet og Storsteinen. Resultatene av 3D-skanningene er svært lovende hva angår overvåking av tilstandsutviklingen på Kåfjordfeltet på de partiene som ble valgt ut til prosjektet. For fremtidig forvaltning bør så mye som mulig av de resterende delene av feltet som ble skannet i 2002-4, skannes på nytt. De samme analysene som ble gjort i tidligere nevnte prosjekter kan da gjøres for større deler av feltet, og slik vil forvaltningen få en oversikt over hva som har skjedd med helleristningsfeltet de siste 20 årene. Dette arbeidet er forutsatt av videre samarbeid med partnere fra Tanums verdensarv.

Dette prosjektet har vist hvor verdifullt det er å kjenne tiltakshistorikken til bergkunstfelt, og hvor ressurskrevende det kan være å kartlegge denne historikken. Derfor vil det være viktig for tilstand- og miljøovervåkingen av bergkunstfelt i Alta at man legger ressurser inn i kartlegging av felthistorikk.

Videreføring og implementering av bergkunstovervåking i Alta vil også være avhengig av investering i materiell og videre kompetansebygging, med hensikt å styrke verdien av datamaterialet, samt gjøre arbeidet mer systematisert. En målsetning for de kommende årene bør derfor være å etablere og ivareta gode systemer for å forvalte den nødvendig store mengden data som overvåking krever. Bruk av GIS vil være helt sentralt i dette arbeidet som et verktøy for å sikre, bearbeide og analysere datamaterialet som innhentes i overvåkningsarbeid. En viktig del av planen for tilstand- og miljøovervåking i Alta i 2026 og fremover vil være systematisering og tilgjengeliggjøring av relevant data i GIS. Dette vil blant annet bidra til en bedre historisk oversikt over utviklingen innenfor og ved verdensarvområdene.

Her foreslås følgende overordnede mål for tilstand- og miljøovervåking i Alta:

- Totalskanning av Kåfjordfeltet og Storsteinen.
- Fortsette å bygge datagrunnlag for fremtidige sammenlignende analyser ved bruk av fotogrammetri.
- Danne oversikt over tiltakshistorikken til bergkunstfelt i Alta
- Investere i infrastruktur og kompetansebygging innen bruk av 3D-metoder og GIS.
- Systematisere og tilgjengeliggjøre innhentet data, ved bruk av blant annet GIS.

Miljöövervakning i Tanums världsarv

Förvaltningsgruppen för Tanums världsarv tog 2025 fram en monitoringplan. Det övergripande syftet med de monitoringinsatser som görs är att skaffa kunskap om världsarvets utpekade attribut: hållristningarna och andra arkeologiska lämningar samt det öppna kulturlandskapet, byggnadernas placering i landskapet och andra moderna landskapsdrag. Monitoringplanen ska även följa upp målsättningarna för förvaltningsarbetet i världsarvet, samt förbereda för kommande periodiska rapporteringar. I rapporten redogörs för två av dessa attribut: hållristningarna och det öppna kulturlandskapet.

Hållristningarna

2015 initierade och genomförde Länsstyrelsen ett pilotprojekt för att ta fram en modern och digital dokumentationsmetod för hållristningarna i Tanums världsarv. Syftet var att via omvärldsanalys ta fram möjliga moderna och digitala dokumentations- och uppföljningsmetoder. Efter omvärldsanalysen stod det klart att 3D-dokumentation med handhållen 3D-skanner var den noggrannaste, effektivaste och mest användarvänliga tekniken. Tekniken har också både ISO 10360- och 17025-standard som möjliggör monitorering av nedbrytning över tid av en och samma håll figurvis.

Följande år påbörjade Länsstyrelsen ett dokumentationsprojekt i Tanums världsarv, vars syfte är att med hjälp av 3D-teknik och fotografier enhetligt dokumentera samtliga figurativa hållristningar i världsarvet. Dokumentationen är tänkt att användas av Länsstyrelsen i samband med vård, bevarande och som en del av monitorering av hållristningarna i världsarvet. Projektet har pågått två månader om året och beräknas bli klar 2026. Under året är tanken att vissa av de 3D-dokumenterade hållristningarna som dokumenterades 2016 ska monitoreras för att se vad som hänt på de 10 år som passerat.

Det öppna kulturlandskapet

För att få en överblick över markanvändningen i Tanums världsarv är GIS och kartor en given metod. I ett GIS-program går det att visualisera, skapa, bearbeta och analysera data så länge något kan knytas till en plats på kartan. I uppstarten med monitoringarbetet 2021 gjordes en jämförelsesanalys utifrån markanvändning för att få en uppfattning om hur fördelningen mellan markklasserna varierat över tid. Analysen gjordes i programmet ArcMap (ESRI) med Lantmäteriets ekonomiska rasterkartor (baserade på flygfoton) från 1930- och 1970-talet. Jordbruksverkets blockdatabas (ytgeometrier för åker- och betesmark) för 2020 representerade vid tillfället aktuella data. 2025 startade Länsstyrelsen tillsammans med företaget Nornio projektet Heritage AI. Projektet där Alta världsarv ingår syftar till att utveckla ett system där satellitdata från Sentinel-2 och AI för att identifiera potentiella förändringar runt världsarven – automatiskt och löpande.

Referanser

- Almgren, O. 1913. Tanums härads fasta fornlämningar från bronsåldern. I: Bidrag till kännedom om Göteborgs och Bohusläns fornminnen och historia, åttonde bandets fjärde häfte.
- ArcGIS Pro 2025. Overview of image classification, <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/image-analyst/overview-of-image-classification.htm> [2025-10-29].
- Aszkowski, P., Ptak, B., Kraft, M., Pieczyński, D., Drapikowski, P. 2023. *Deepness: Deep neural remote sensing plugin for QGIS*. SoftwareX, Elsevier.
- Berg, C. & Magnusson J. 1994. Skadeinventering av hållristningar i Bohuslän, Lägesrapport, Länsstyrelsen i Göteborg och Bohuslän.
- Bergh, S., & Torske, T. 1988. Paleovolcanology and tectonic setting of a Proterozoic metatholeiitic sequence near the Baltic Shield margin, Northern Norway. *Precambrian Research*, 39, 227–246.
- Bergkunstprosjektets registreringskjema Kåfjord 2001. Daværende id-nummer 9076842. Upublisert.
- Bergkunstprosjektets registreringskjema Kåfjord 2004. Id-nummer 3001968. I Askeladden.
- Bertilsson, U., & Lövendahl, R. 1992. Rock carvings. Air Pollution and the Swedish Heritage Progress 1988-1991. RAÄ, RIK 6, 1992.
- Bjelland, T. 2014. Befaring og vurdering av torv og lyngdekke sin innvirkning på forvitringen av bergkunsten på Kåfjordfeltet i Alta kommune. Rådgivende biologer AS. Upublisert notat.
- Brander, L. 2022. Hållristningars geologi – Mineral och bergarter. Rapport 2022:46. Länsstyrelsen Västra Götaland.
- Ekoff, E. 1892. Hållristningarna på Kinnekulle. I: Svenska fornminnesföreningens tidskrift, åttonde bandet, 1891–1893.
- Ernfridsson, E. 2001. Damage documentation on rock carvings in the World Heritage area in Tanum. Göteborg University, Department of Environmental Science and Conservation, Institute of Conservation. Report to the project RockCare – Tanum Laboratory of Cultural Heritage, Riksantikvarieämbetet.
- Förvaltningsrådet för världsarvet. 2025. Monitoringplan världsarvet Tanums hållristningar Version 251205.
- Gjerde, J.M. 2010. *Rock art and Landscapes. Studies of Stone Age rock art from Northern Fennoscandia*. Ph.d.-avhandling, arkeologi. Universitetet i Tromsø – Norges Arktiske universitet.
- Gran, K. 2008. Temperaturmålinger under tildekkinger i Alta og Kåfjord. Arbeidsrapport Bergkunst 2008. Upublisert rapport.
- Heinsbergs, J. 2025. Modern Surveying Methods and Technologies. In *3D and Modern Technologies in the Preservation and Management of Cultural Heritage: Handbook*, edited by J. Heinsbergs, pp. 37-79. National Heritage Board of Latvia; Riksantikvaren; Iceland Lichtenstein Norway grants.
- Helberg, B. 2001. Rapport vedrørende sikringsarbeid for det nasjonale bergkunstprosjektet 2001 – del Nord-Norge. Upublisert rapport.

- Helberg, B. 2003. Rapport vedrørende sikringsarbeid for det nasjonale bergkunstprosjektet 2001 – del Nord-Norge. Upublisert rapport.
- Helberg, B. 2013. Rapport vedrørende sikringsarbeid for det nasjonale bergkunstprosjektet 2001 – del Nord-Norge. Upublisert rapport.
- Helliksen, W. & Holm-Olsen, I.M. 2001. The Norwegian Rock Art Project - Documentation Standard. Bergkunstprosjektet – Dokumentasjonsstandard. NIKU 113. Norsk institutt for kulturminneforskning.
- Helskog, K. 1983. Helleristningene i Alta i et tidsperspektiv – en geologisk og multivariabel analyse. I: Sandnes, J., Østerlie, I. og Kjelland, A. (red). *Folk og ressurser i nord. Foredrag fra Trondheimssymposiumet om midt og nordskandinaviske kultur 1982*. Universitetsforlaget, s. 47- 60.
- Helskog, K. 1988. Helleristningene i Alta: spor etter ritualer og dagligliv i Finnmarks forhistorie. K. Helskog.
- Helskog, K. 1999. The Shore Connection. Cognitive Landscapes and Communication with Rock Cavings in Northernmost Europe. *Norwegian Archaeological Review*, 32:2, 73-94. DOI: 10.1080/00293659950136174
- Helskog, K. 2014. *Communicating with the World of Beings. The World Heritage rock art sites in Alta, Arctic Norway*. Oxford: Oxbow Books.
- Hygen, A.S.2006. Sikring av Bergkunst, Bergkunstprosjektet 1996-2005: Riksantikvarens sluttrapport. Oslo.
- Hykkerud, M.K. 2011a. Avsluttende rapport fra Verdensarvsenter for bergkunst – Alta Museums tildekkingsprosjekt. Upublisert rapport.
- Hykkerud, M.K. 2011b. Vintertildekking av helleristningene i Hjemmeluft, Alta. I: T. Lødøen, H.V. Stuedal og H.C Søborg (red.) *Rapport fra nasjonalt seminar for Bergkunstnettverket i 2010*. Verdensarvsenter for bergkunst – Alta Museums skriftserie nr. 1.
- Hykkerud, M.K. 2019. Kåfjordprosjektet – oppsummerende rapport. Upublisert rapport.
- Högberg, Torsten. 1988. Hällbilder på Aspeberget. Strömstad.
- James, M. R., Robson, S., & Smith, M. W. 2017. 3-D uncertainty-based topographic change detection with structure-from-motion photogrammetry: precision maps for ground control and directly georeferenced surveys. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42(12), 1769-1788.
- Johansson, B. J. 1953. Dokument av L1967:2415, SHFA, åtkomst 4 november 2025 på <https://shfa.dh.gu.se/image/117287>
- Kallhovd, K & Magnusson, J. (redaktør). 2000. Hällristningar i Gränsbygd, Bohuslän, Dalsland och Östfold-Ett INTERREG II a projekt - Slutrapport. Länsstyrelsens rapportserie: Rapport 2000:56
- Lague, D., Brodu, N., & Leroux, J. 2013. Accurate 3D comparison of complex topography with terrestrial laser scanner: application to the Rangitikei canyon (N-Z). *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 82, 10-26
- Magnusson, J. 1996. Vårdplan för hällristningar i Tanums världsarvsområde, Delrapport omfattande Litsleby, Tegneby, Vitlycke och Västerby, samt delar av Gerum, Kyrkoryk och Hoghem. Länsstyrelsen Göteborg och Bohuslän.

Magnusson, J. 2007. Skadesituationen i Tanums Världsarvsområde med förslag till ett långsiktigt säkerställande. Länsstyrelsen Västra Götaland.

Melezhik, V. A., Bingen, B., Sandstad, J. S., Pokrovsky, B. G., Solli, A., & Fallick, A. E. 2015. Sedimentary-volcanic successions of the Alta–Kvænangen Tectonic Window in the northern Norwegian Caledonides: Multiple constraints on deposition and correlation with complexes on the Fennoscandian Shield. *Norwegian Journal of Geology*, 95(3–4), 245–284.

Riksantikvaren. 2001. Rapportskjema fra Bergkunstprosjektet, Feltskjema id-nr 9076842.

Riksantikvaren. 2004. Rapportskjema fra Bergkunstprosjektet, Felt spesial rapport, id-nr 3001968

Stangel, M. & Parr M. (redaktør). 1984. Hällristningsvård, seminarierapport, Rapport 1984:1 från Norrköpings Stadsmuseum

Storemyr, P. 2013. Om berggrunn, forvitring og risikovurdering på bergkunstfeltet i Ytre Kåfjord, Finnmark. Arbeidsnotat til Verdensarvsenteret for Bergkunst–Alta Museum (VAM) og deltakere på workshop 8–10 oktober 2013. Upublisert rapport.

Strömberg, A. 1959. Vittring på hällristningar. *Fornvännen* vol. 54.

Strömer, C. 2001. Delrapport 2. Avgjutning av hällristningar 2000. Intern rapport RockCare.

Sæbø, L. 2003. Geologisk skadedokumentasjon av Kåfjord. Rapport fra skadedokumentasjon av Ytre Kåfjord. In B. Helberg (Ed.), Årsrapport 2003. Norsk faggruppe for bergkunstkonservering. Upublisert rapport.

QGIS 2025. Sökning: Plugins tagged with: supervised-classification, https://plugins.qgis.org/plugins/tags/supervised-classification/?sort=created_on [2025-10-29].

Walderhaug, O. & Walderhaug, E. 1998. Weathering of Norwegian Rock Art – A Critical Review. *Norwegian archaeological review*, Vol. 31:2.

Zedig, H. 2022. *Dokumentation av hällristningar i tre dimensioner*. Rapport 2022:48. Göteborg: Länsstyrelsen Västra Götaland.

Zielke, M. 2013. Mikrobiologiske aspekter ved helleristninger på Ytre Kåfjord feltet. Notat. Bioforsk Nord. Riksantikvaren.

Digitale kilder

Riksantikvaren. <https://askeladden.ra.no/AskeladdenRedigering/#/kulturminneskjema/8163-1> Besøkt 27.11.2025.

QGIS 2025. Sökning: Plugins tagged with: supervised-classification, https://plugins.qgis.org/plugins/tags/supervised-classification/?sort=created_on [2025-10-29].