

Til: Statsforvalteren i Innlandet
v/ Søndre Sjøen Verneområdestyre v/Hilde Nystuen
Kopi til:
Dato: 2023-08-18
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /
Dokumentnr.: 20210578-03-TN
Prosjekt: Erosjonssikring - Mistra
Prosjektleder: Ingar Steinholt
Utarbeidet av: Eivind Magnus Paulsen
Kontrollert av: Ingar Steinholt

Kartlegging og produksjon av terrengmodell

Innhold

1	Innledning	2
2	Feltarbeid og datainnsamling	2
3	Prosessering av data og sluttprodukter	3
3.1	3D-punktsky fra bilder	3
3.2	Terrengmodell	6
3.3	Ortofoto	7
3.4	3D-modell	8
4	Analyse av terrengmodeller fra 2017 og 2023	9

Figur

Figur 1 viser et utsnitt fra bilde tatt fra drone, med signal (sort kryss).	2
Figur 2 viser dronen DJI M300 RTK med LiDAR-sensor Zenmuse L1.	3
Figur 3 viser en punktsky (fra fotogrammetri) med individuelle punkter (XYZ) med farge.	4
Figur 4 viser en punktsky (fra LiDAR) med individuelle punkter (XYZ) med farge.	4
Figur 5 viser punktsky fra LiDAR fra det kartlagte området.	5
Figur 6 viser digital overflatemodell produsert ved hjelp av fotogrammetri.	6
Figur 7 viser rektifiserte flybilder (ortofoto) som er sydd sammen til en mosaikk.	7
Figur 8 viser 3D-modell produsert fra dronebilder.	8
Figur 9 viser erosjon i perioden 2017-2023.	9

Vedlegg

Vedlegg A	Kartvedlegg som viser endringer i terrenget mellom 2017 til 2023
Vedlegg B	Kvalitetsrapport fra fotogrammetri og produksjon av terrengmodell

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Mistdalen er et seterområde ved Mistra som ligger om lag 20 km øst for tettstedet Øvre Rendal i Rendalen kommune. I 2003 ble en liten parsell ved seterområdet erosjonssikret av NVE for å hindre videre erosjon av elveskråning. I etterkant av dette arbeidet har erosjonssikringen blitt ødelagt og erosjon tiltatt. Statsforvalteren i Innlandet (heretter kalt oppdragsgiver) ønsker derfor en ny kartlegging og produksjon av terrengmodell som dokumentasjon før planlagte sikringstiltak. Dette notatet beskriver resultater fra kartlegging og produksjon av terrengmodell, samt GIS-analyse som viser endringer fra 2017-2023.

2 Feltarbeid og datainnsamling

Feltarbeid ble utført 4-5.juli 2023 av Eivind Magnus Paulsen. Kartlegging av terrenget ble utført med en drone av typen DJI Matrice 300 RTK og med ekstern sensor Zenmuse L1 (LiDAR og kamera), se Figur 2.

Det ble gjennomført tre separate flygninger, en basert på LiDAR og to med fotografering med 80% overlapp mellom bilder. Se eksempel på bilde i Figur 1.

LiDAR er en optisk fjernmålingsteknikk som brukes til hurtig måling av fysiske objekters posisjon. Den aktuelle sensoren utfører opptil 240.000 avstandsmålinger per sekund. Punkttetthet på bakken bestemmes av flyhøyde og hastighet til dronen. Dronen ble programmert til å fly ca. 60 meter over terrenget som gir en punkttetthet på ca. 400-600 punkter per kvadratmeter. Til sammenligning har flybåren laser en punkttetthet på mellom 2 og 5 punkter per kvadratmeter.

Det ble også målt inn kontrollpunkter med landmålingsutstyr (Trimble R12i) til bruk ved produksjon av terrengmodell basert på fotogrammetri. Det var svært dårlig dekning på 4G/5G som gjorde det utfordrende å få kontakt med tjenesten CPOS fra Statens kartverk. På grunn av dette var det nødvendig å bruke en lokal basestasjon (DJI RTK-2) i forbindelse med droneflyging, noe som medførte ekstra arbeid både i felt og ved prosessering i etterkant.



Figur 1 viser et utsnitt fra bilde tatt fra drone, med signal (sort kryss).



Figur 2 viser dronen DJI M300 RTK med LiDAR-sensor Zenmuse L1.

3 Prosessering av data og sluttprodukter

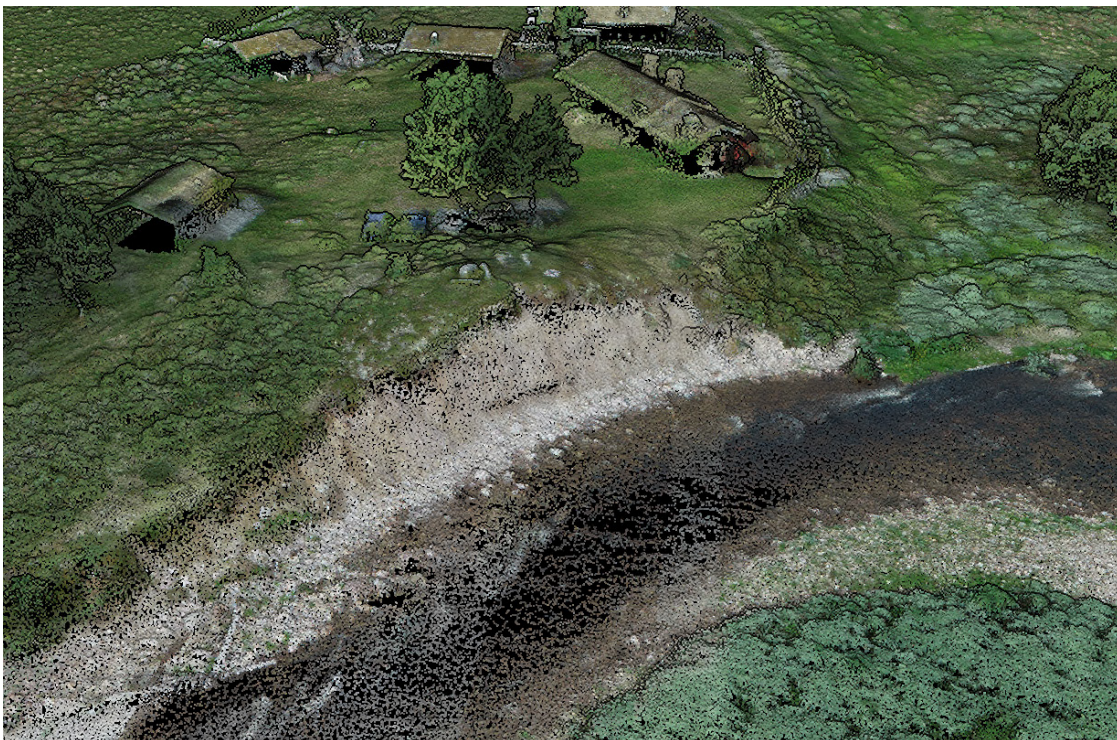
Prosessering av både bilder og LiDAR-data ble utført i programmet DJI Terra. Bildene fra droneflygingen ble brukt til å produsere en detaljert punktsky, se Figur 3. Denne ble deretter brukt til å lage en digital terrengmodell og en mosaikk av flybilder.

3.1 3D-punktsky fra bilder

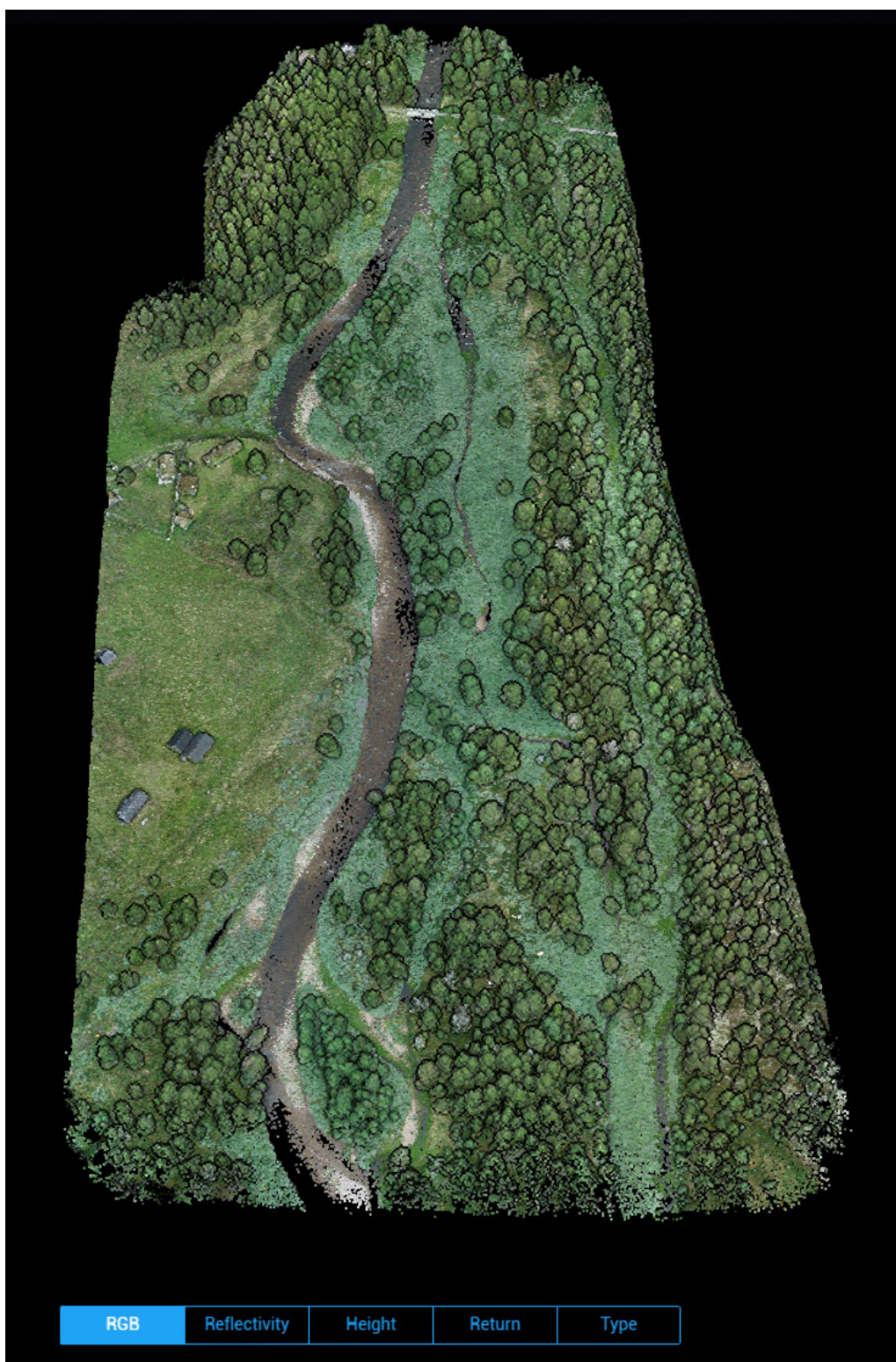
Bildene fra dronen ble orientert og posisjonert sammen ved hjelp av bildematching og aerotriangulering basert på metoden Structure From Motion (SFM). Deretter ble en detaljert punktsky produsert, som vist i Figur 3, Figur 4 og Figur 5. Punktskyer danner grunnlaget for å lage terrengmodeller, se avsnitt 3.2.



Figur 3 viser en punktsky (fra fotogrammetri) med individuelle punkter (XYZ) med farge.



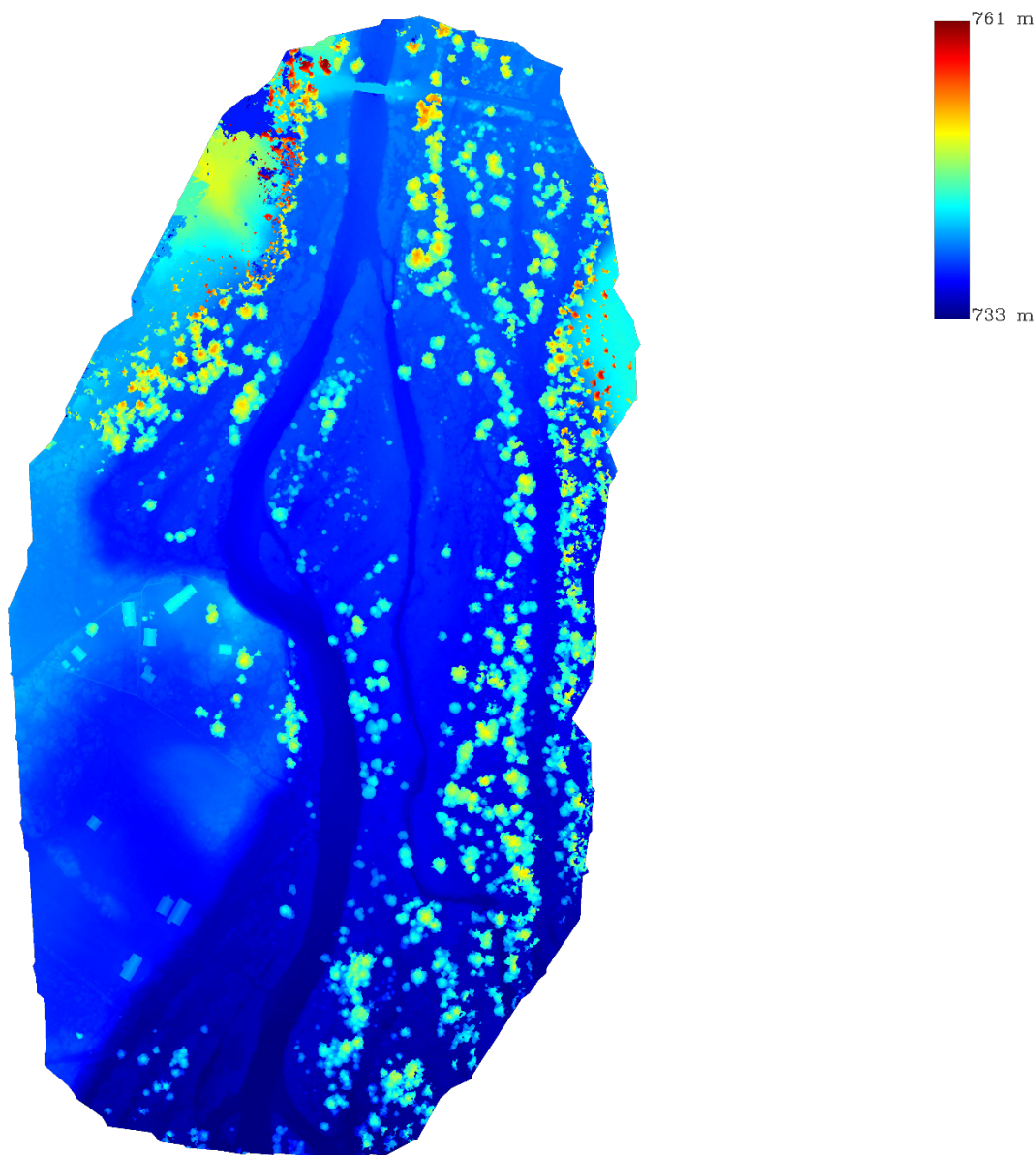
Figur 4 viser en punktsky (fra LiDAR) med individuelle punkter (XYZ) med farge.



Figur 5 viser punktsky fra LiDAR fra det kartlagte området.

3.2 Terrengmodell

Overflatemodellen i Figur 6, har en oppløsning (størrelse på celler) på ca. 3.5 x 3.5 centimeter. For å kunne sammenligne med data fra 2017 er cellestørrelsen redusert til 1x1 meter som tilsvarer DTM-1 tilgjengelig fra Høydedata.no



Figur 6 viser digital overflatemodell produsert ved hjelp av fotogrammetri.

3.3 Ortofoto

Figur 7 viser rektifiserte flybilder (ortofoto) som er sydd sammen til en mosaikk. Oppløsningen er under 2 cm per pixel.



Figur 7 viser rektifiserte flybilder (ortofoto) som er sydd sammen til en mosaikk.

3.4 3D-modell

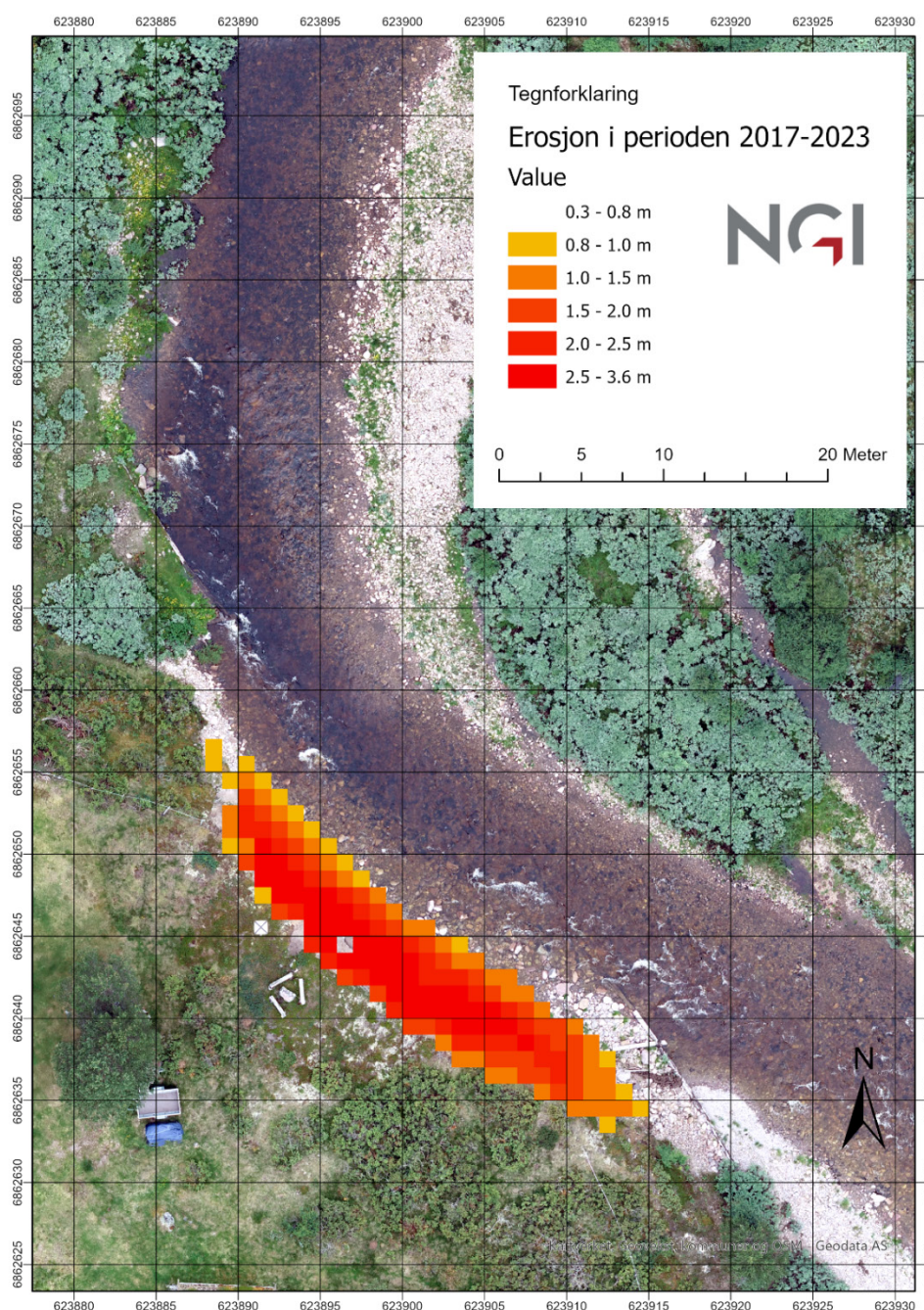
Figur 8 viser en 3D-modell produsert fra dronebilder.



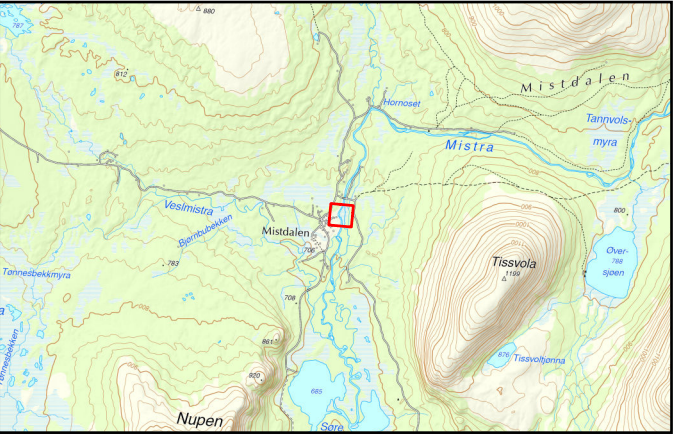
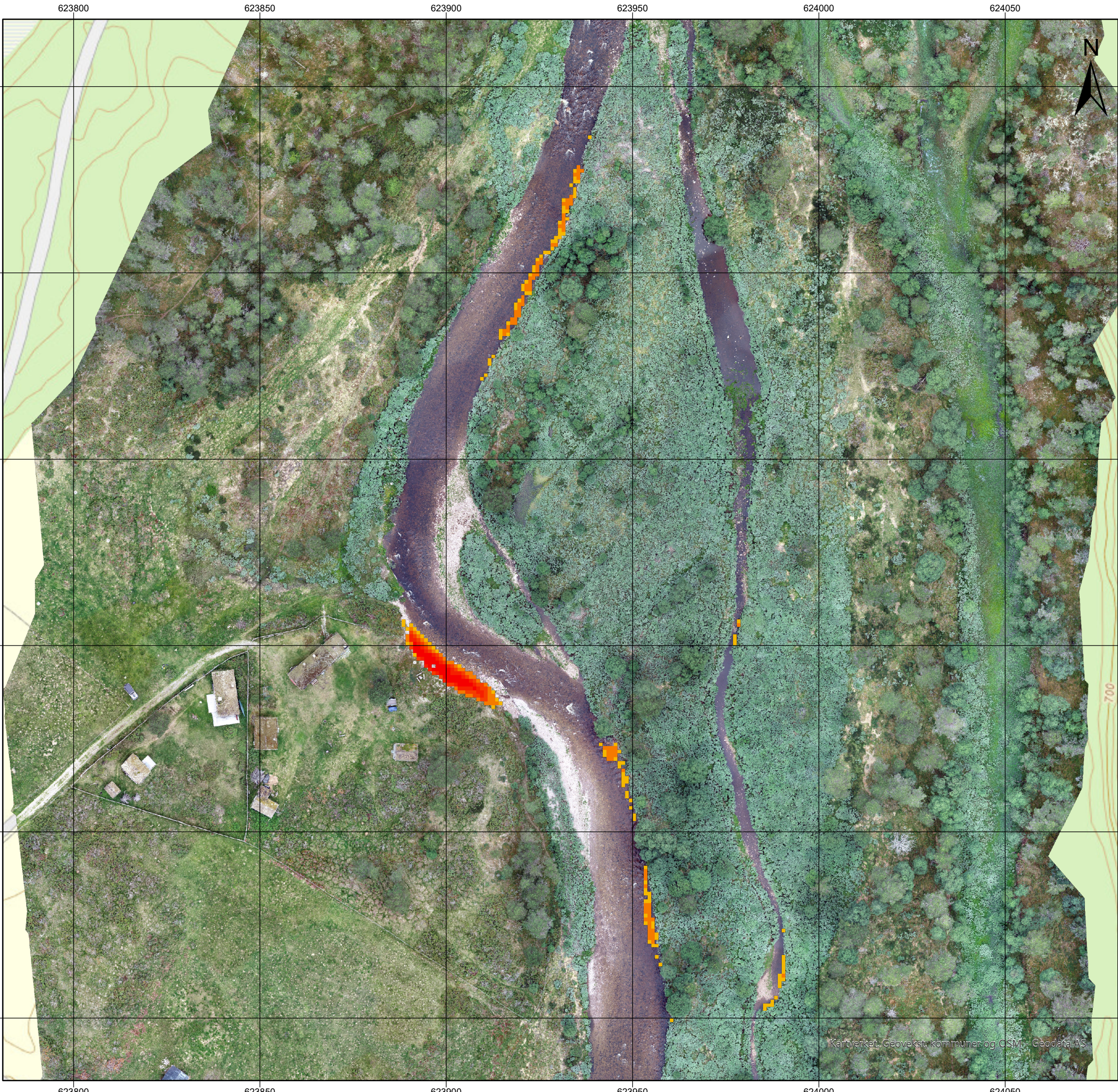
Figur 8 viser 3D-modell produsert fra dronebilder.

4 Analyse av terrengmodeller fra 2017 og 2023

Erosjon i perioden 2017 til 2023 er beregnet ved å sammenligne terrengmodell fra 2017 med ny terrengmodell som beskrevet i dette notatet. Fra resultatet i Figur 9 kan man se at det har oppstått en betydelig erosjon i området siden 2017. På det meste har det blitt erodert bort 3,6 m løsmasser. Dette har trolig skjedd i form av mindre utglidninger som følge av undergraving og/eller overflateerosjon som ofte kommer etter nedbør/snøsmelting.



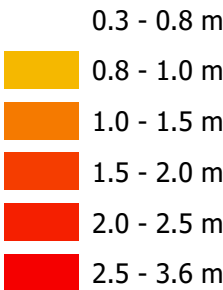
Figur 9 viser erosjon i perioden 2017-2023.



Tegnforklaring

Erosjon i perioden 2017-2023

Value



Erosjonssikring - Mistra

Analyse av endringer i terrenget mellom 2017-2023

Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2023-08-18	EMP	IHS	IHS
Original format og målestokk		Kartprojeksjon	
A3 1:1,000		ETRS 1989 UTM Zone 32N	
Prosjektnr.	Dokumentnr.	Kartnr.	Rev.
20210578	20210578-03-TN	A	0

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO
Sognsveien 72
Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48
www.ngi.no

DJI Terra Quality Report

V3.8.0 | 2023-08-18 11:57 | Mission: 2023-07-07-Photo-Mission3

Overview

Proportion of Calibrated Images

100.00%

Number of Images

723

Image with Camera POS

723

Calibrated Image

723

Constrain with Image POS Data

No

Total Consumption Time

1h

34min 44s

Aerotriangulation

6min 19s

2D Reconstruction

14min 7s

3D Reconstruction

1h 14min 18s

Mission Parameters

Flight Parameters

Average Flight Altitude

55.4 m

GSD

1.595 cm/px

TDOM Mapping Coverage

0.122976 km²

Color

3 bands, srgb8

Hardware Information Overview

CPU

Intel Core(TM) i9-10900 CPU @ 2.80GHz 20 cores

GPU Count

1

GPU 0

NVIDIA GeForce RTX 2080 SUPER

RAM

32480 M

Quality Report for Aerotriangulation

Reconstruction Accuracy

Connected Components

1

Max Components Images

723

Projectiame

2034616

Tie Point

228353

Reprojection Error RMS

1.017 px

Georeferencing RMSE

1.692 m

Reconstruction Parameters

Computation Method

Standalone Computation

Feature Point Density

High

Distance to Ground/Subject

100 m

Generate XML File

No

GCP Info

GCP Error

Control Point

Parameters

dx(m)

dy(m)

dz(m)

3D Error (m)

Vertical Error (m)

Horizontal Error (m)

Root Mean Square

0.006

0.006

0.013

0.016

0.013

0.008

Median

-0.001

0.004

-0.002

0.014

0.01

0.009

Error Details

Control Point Error

ID

Marked Photos

Visible Photos

Reprojection Error RMSE (px)

Forward Intersection Error (m)

Horizontal Error (m)

Vertical Error (m)

3D Error (m)

dx(m)

dy(m)

dz(m)

GCP_01_

20

39

0.633

0.009

0.01

0.002

0.01

0.007

0.007

-0.002

GCP_02_

12

12

0.944

0.016

0.011

0.016

0.02

-0.009

-0.007

0.016

GCP_04_

14

18

0.858

0.012

0.009

0.01

0.014

0.006

-0.007

-0.01

GCP_05_

10

26

0.428

0.004

0.005

0.006

0.008

-0.003

0.004

0.006

Basestation_01L_05_

10

17

0.431

0.007

0.004

0.022

0.022

-0.001

0.004

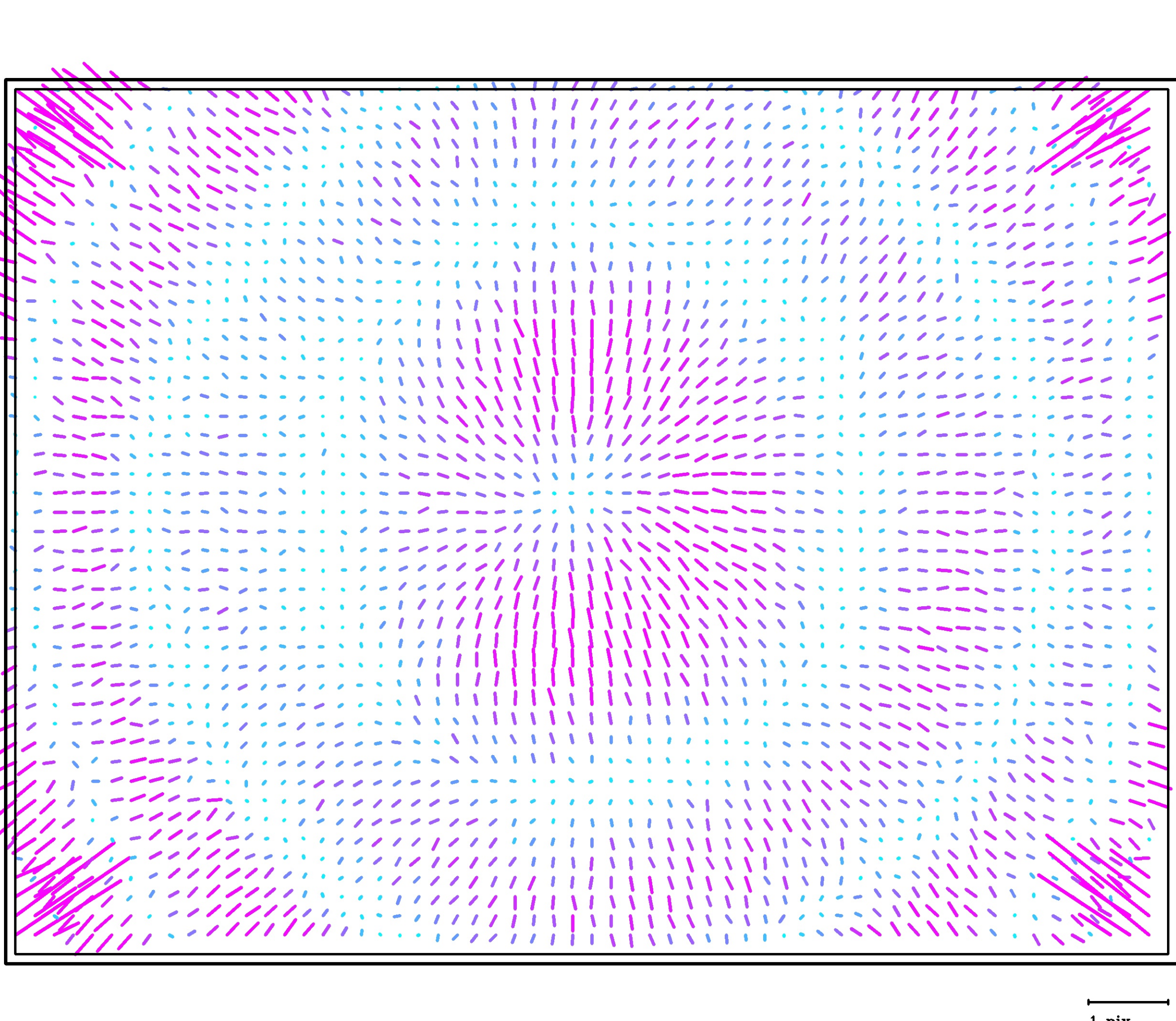
-0.022

RTK Status

Status	Number of Images
Fix	723
Floating	0
Single	0
Other	0

Camera Calibration Information

Image Residuals for Camera



Camera Info	
Camera Model	E7900
Camera SN	60cc36bfa23c7685c7f709abdcf6d
Camera Type	Standard
Fix Camera Parameters	Not Fix
Photo Resolution	5472*3648
Pre-calibration	No
Number of Photos	723

Camera Parameters (Block 0)

Camera Intrinsics

Parameters

Focal Length

Cx

Cy

K1

K2

K3

P1

P2

Initial

3694.892

2743.945

1826.558

-0.281051983

0.118737837

-0.030603392

-0.000183999

-0.000096323

Optimized

3694.891

2743.945

1826.558

-0.281051852

0.118737739

-0.030603361

-0.000184001

-0.000096322

Difference Value

-0.001

0

0

0.000000131

-0.000000098

0.000000032

-0.000000002

0.000000002

Covariance Matrix

Error

Focal Length

Cx

Cy

K1

K2

K3

P1

P2

Focal Length

0.061

1

0.041

-0.413

-0.586

0.321

-0.234

0.439

-0.056

Cx

0.03

0.041

1

0.002

-0.027

0.014

-0.009

0.006

-0.602

Cy

0.035

-0.413

0.002

1

0.213

-0.09

0.057

-0.863

0.012

K1

0.000016894

-0.586

-0.027

0.213

1

-0.926

0.847

-0.235

0.053

K2

0.000029958

0.321

0.014

-0.09

-0.926

1

-0.979

0.101

-0.035

K3

0.000017064

-0.234

-0.009

0.057

0.847

-0.979

1

-0.065

0.029

P1

0.000001678

0.439

0.006

-0.863

-0.235

0.101

-0.065

1

-0.019

P2

0.000001166

-0.056

-0.602

0.012

0.053

-0.035

0.029

-0.019

1

Other Info

Camera POS residuals are generated in the Report folder under the project file, and the default name of the file is "POS_residual_of_camera.csv".

Quality Report for 2D Reconstruction

2D Reconstruction Consumption Time

0h

14min 7s

Image Distortion Correction and Color Correction

1min 23s

Densification

5min 1s

TDOM Generation

7min 43s

Reconstruction Parameters

Mapping Scene

Mapping

Cluster Computation

No

Light Uniformity

No

Haze Reduction

No

Resolution

High

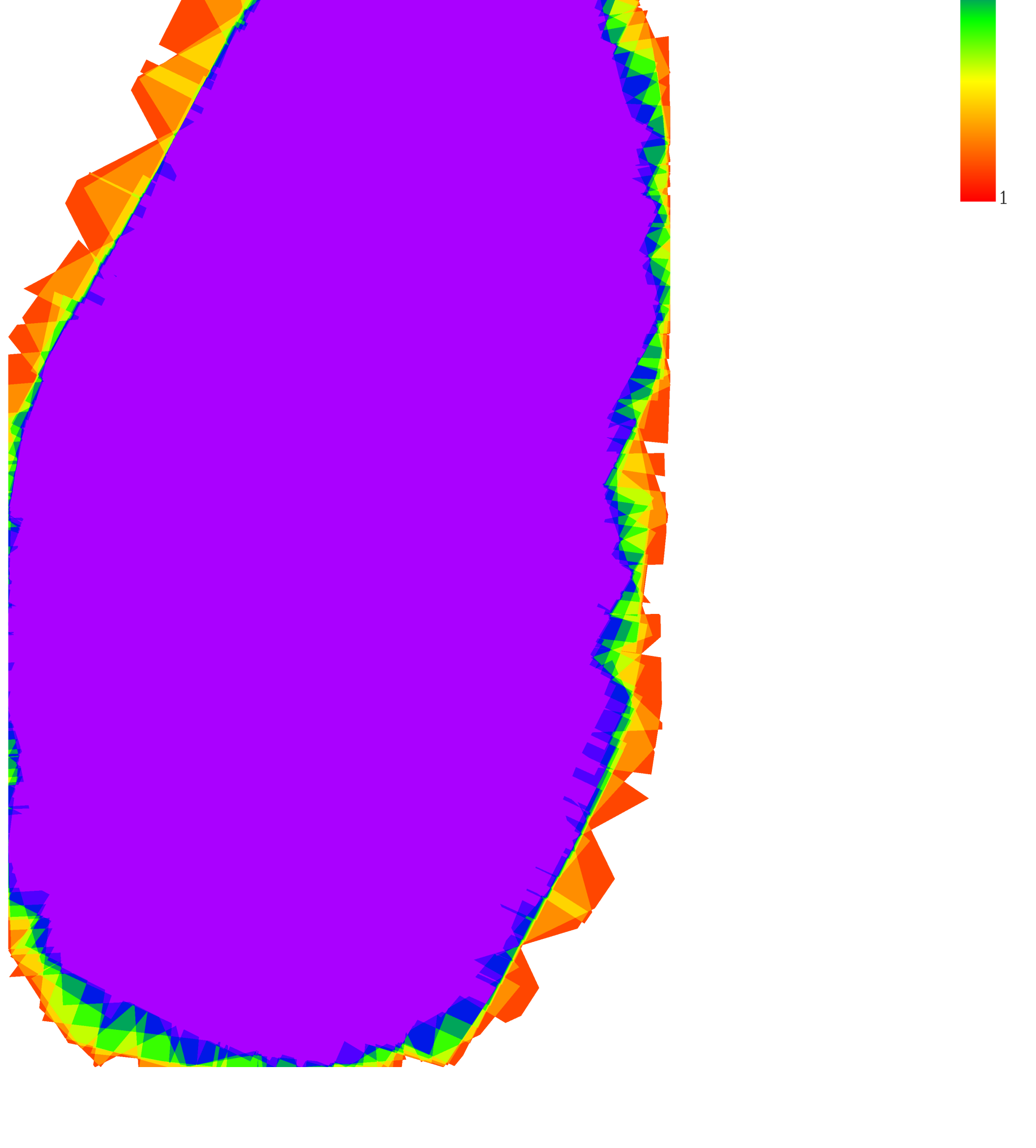
Image Info

TDOM Preview

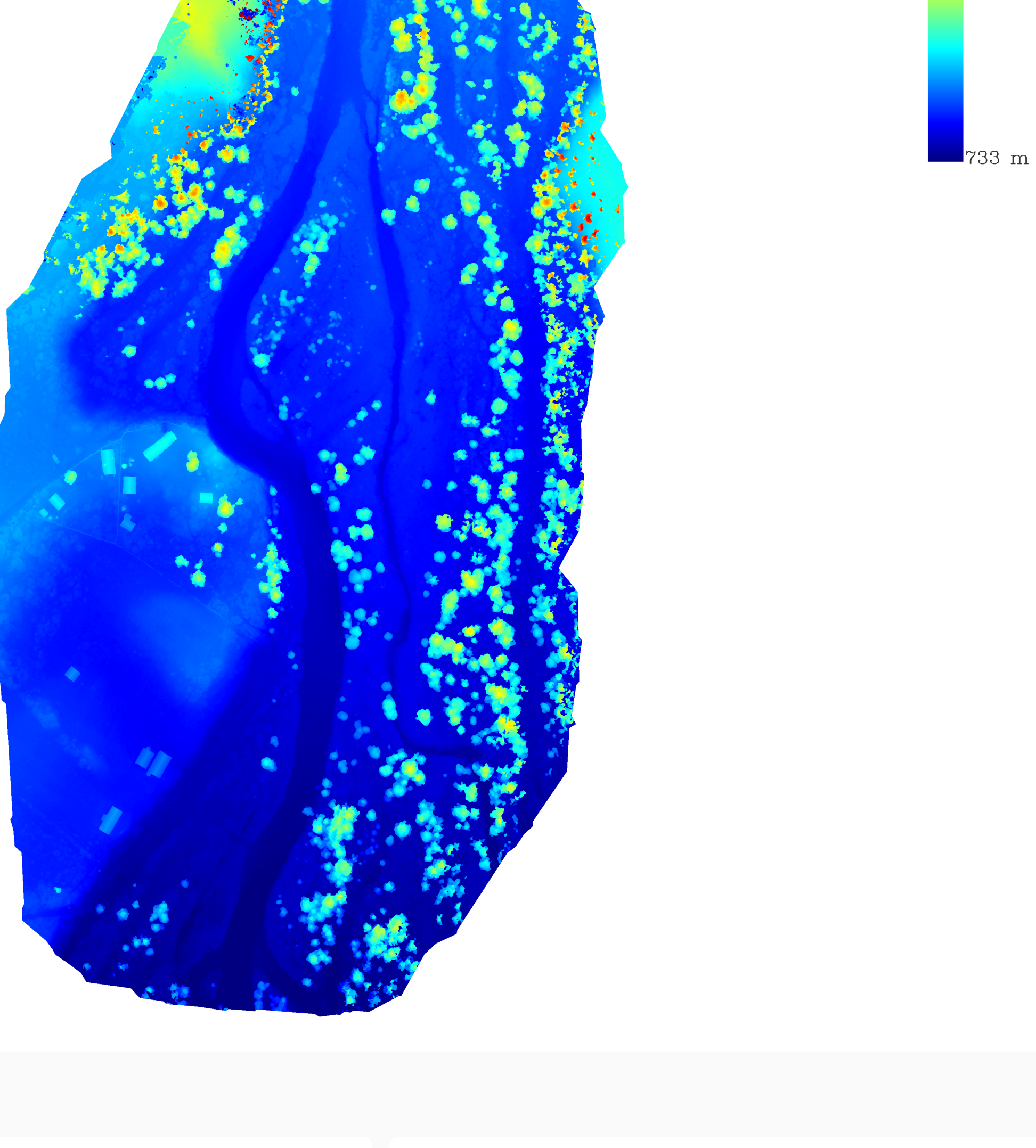


TDOM GSD	1.78 cm/px
TDOM Mapping Coverage	0.125079 km²

Scene Overlapping



DSM Preview



Quality Report for 3D Reconstruction

Block Overview

MVS Divide Mode

Auto

MVS Block Count

4

Reconstruction Parameters

Mapping Scene

Normal

Resolution

High

Cluster Computation

No

Refine Water Surface

No

Reduce Model to

50%

Output List

B2DM File

PNTS File

OBJ File

LAS File

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Kartlegging og produksjon av terrengmodell		Dokumentnr./Document no. 20210578-03-TN
Dokumenttype/Type of document Teknisk notat / Technical note	Oppdragsgiver/Client Statsforvalteren i Innlandet, Sjølen LVO	Dato/Date 2023-08-18
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/Proprietary rights to the document according to contract Oppdragsgiver / Client		Rev.nr. & dato/Rev.no. & date 0 /
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords Erosjon, Sikringstiltak, Drone, Kartlegging		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge, Innlandet	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Rendalen	Feltnavn/Field name
Sted/Location Mistdalen	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: 32V Øst: 623852 Nord: 6862506	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: UTM Øst: Ø11.3553° Nord: N61.875°

Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns- kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter- disciplinary review by:
0	Originaldokument	2023-08-17 Eivind Magnus Paulsen	2023-08-18 Ingar Steinholt		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 18. august 2023	Prosjektleder/Project Manager Ingar Steinholt
--	-------------------------------------	---

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: GeoMiljø – Offshore energi – Naturfare – GeoData og teknologi

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Geotechnics and Environment – Offshore energy – Natural Hazards – GeoData and Technology.

NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentsiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.

