



Archäologischer Dienst  
Servetsch archeologic  
Servizio archeologico

Christoph Walser

---

# **Sils i. E./Segl – Val Fex, Plattensteinbruch und Steinbruchbauten (Parz. 2023)**

## **Ereignisbericht - Geländeaufnahme**

---

Ereignis	46015
Status	abgeschlossen
Version	1.0
Datum	08. Februar 2017

# Inhalt

1	Ereignisinformation .....	2
2	Vorbemerkung .....	2
3	Fragestellung .....	2
4	Methodik .....	3
5	Ergebnis .....	5
6	Anhang .....	5

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schrägaufnahme des Plattenbruchs. Der Pfeil markiert das Steinbruchgebäude.....	3
Abbildung 2:	Flugplanung Foto-Kopter mit Aufnahmeperimeter.....	4
Abbildung 3:	Einmessung der Passpunkte mittels Differential-GPS.....	4
Abbildung 4:	Bespielansichten der aus den Flugaufnahmen abgeleiteten 3D-Punktwolke. Die blauen Symbole geben die Aufnahmeposition des entsprechenden Luftbildes wieder. ....	5

## 1 Ereignisinformation

<b>Gemeinde</b>	Sils i.E./Segl
<b>Ort</b>	Val Fex
<b>Jahr</b>	2016
<b>Parzelle</b>	2023
<b>Anlass</b>	
<b>Ereignis</b>	46015
<b>Feldaufnahmen</b>	27.10.2016
<b>Archäologische Strukturen</b>	Plattensteinbruch und Steinbruchbauten
<b>Datierung</b>	Neuzeit (Nutzung Steinbruch: seit 16. Jh.; Gebäude: frühes 20. Jh.)
<b>Bauherrschaft/Auftraggeber</b>	Stiftung Cheva Plattas da Fex (7514 Sils/Segl Maria) – i.V. Gian Kuhn, Reto Zuan Denkmalpflege Graubünden – Johannes Florin
<b>Architekt</b>	-
<b>Mitarbeitende ADG</b>	Amanda Zwicky, MSc ETH Geomatik-Ing., Mag. Christoph Walser

## 2 Vorbemerkung

Die Stiftung Cheva Plattas da Fex (7514 Sils/Segl Maria) plant die Sanierung des ehemaligen Steinbruchgebäudes im Bereich des historischen Steinplattenbruchs im hinteren Val Fex (CH1903\_LV03: 779591/140844, 2071 m ü. M.; Gebäude). Zudem soll für Besucherinnen und Besucher des historischen Ensembles ein Erlebnispfad im Steinbruchgelände erstellt werden.

## 3 Fragestellung

Im Vorfeld der Baumassnahmen, die neben der Sanierung der Baute und der Errichtung des Erlebnispfades auch die Erstellung von Verbindungswegen und allenfalls einer Baupiste umfassen, sind die Bauwerke samt umgebender Infrastruktur zu dokumentieren. Im Auftrag der Stiftung Cheva Plattas da Fex und der Denkmalpflege Graubünden (DPG) entnahm der Archäologische Dienst Graubünden (ADG) am 17.08.2016 aus dem Steinbruchgebäude Holzproben zur dendrochronologischen Untersuchung.<sup>1</sup>

Um die weiteren baulichen Befunde (Stolleneingänge, verfallene Gebäudestrukturen, Abraumhalden, etc.) auf dem Areal des einstigen Steinbruchs vorgängig kartieren zu können, sollte darüber hinaus ein möglichst hochaufgelöster Geländeplan erstellt werden. Der ADG führte die hierfür notwendigen Feldaufnahmen am 27.10.2016 durch.

---

<sup>1</sup> vgl. ADG – Dendrochronologischer Bericht vom 16.11.2016 (Bearbeitung: Monika Oberhänsli. Doc-Nr. 65343).

#### 4 Methodik<sup>2</sup>

Die Geländeaufnahme wurde mittels sog. UAV-Mapping erstellt. Der ADG setzte hierfür einen ferngesteuerten Foto-Kopter (sog. "Drohne") ein, mit dessen Hilfe das Gebiet des historischen Steinbruchs systematisch abgeflogen und abfotografiert wurde. Aus den dabei generierten, vertikalen Luftaufnahmen wurde anschliessend ein Orthofoto und ein digitales Geländemodell (Oberflächenmodell) erzeugt. Die Georeferenzierung des Datensatzes erfolgte mithilfe von Passpunkten, welche mittels Differential-GPS eingemessen wurden.



**Abbildung 1: Schrägaufnahme des Plattenbruchs. Der Pfeil markiert das Steinbruchgebäude.**

---

<sup>2</sup> Details zu Projektperimeter, Genauigkeit und Auflösung der generierten Daten sind dem beigefügten Quality-Report zu entnehmen (Bearbeitung: Amanda Zwicky, Doc-Nr. 69153).

Nr.	Zeit	Radius	WP-Event	Auto Trigger	Steigrade	Höhe	Richtung	Geschwindigkeit	Kameraneigung	Prefix	Latitude	Longitude
1	0	5	40	0	6	60	330	33	--	P	46.3946907	9.7756315
2	0	5	40	0	6	60	330	33	--	P	46.3956663	9.7748146
3	0	5	40	0	6	60	330	33	--	P	46.3957487	9.7743033
4	0	5	40	0	6	60	330	33	--	P	46.3945559	9.7752926
5	0	5	40	0	6	60	330	33	--	P	46.394421	9.7749535
6	0	5	40	0	6	60	330	33	--	P	46.395625	9.7739381
7	0	5	40	0	6	60	330	33	--	P	46.3955838	9.7735264
8	0	5	40	0	6	60	330	33	--	P	46.3942863	9.7746146
9	0	5	40	0	6	60	330	33	--	P	46.3941513	9.7742756
10	0	5	40	0	6	60	330	33	--	P	46.3955542	9.7731013
11	0	5	40	0	6	60	330	33	--	P	46.3954193	9.7727623
12	0	5	40	0	6	60	330	33	--	P	46.3944938	9.7735264
13	0	5	40	0	6	60	330	33	--	P	46.3944572	9.773108
14	0	5	40	0	6	60	330	33	--	P	46.3950113	9.7726431
15	0	5	40	0	6	60	330	33	--	P	46.3941595	9.7749607

Wartezeit [s]	3	Höhe [m]	45,0
Radius [m]	3	Steigrade [0.1m/s]	0
WP-Event	40	Richtung	-1
Geschwindigkeit[0.1]	20	Kameraneigung[°]	-1
WP-Prefix	P	AutoTrigger [m]	18

Total distance: 1360 m  
Est. flight time: 8:26 min

180	Abstand X [m]
2	#WPs in X
30	Abstand Y [m]
7	#WPs in Y
330	Rotation [°]

Waypoint:

5	Radius [m]
60	Höhe [m]
330	Richtung [°]
0	Kameraneigung [°]
33	Geschwindigkeit [0.1]
6	Steigrade [0.1m/s]
0	Wartezeit [s]
40	WP event
0	AutoTrigger [m]

WP Prefix: P  
 Is in Ecken addieren  
 Lösche existierende WPs

Einstelle  
Zu AutoTrigger konvertieren

Abbildung 2: Flugplanung Foto-Kopter mit Aufnahmeperimeter.

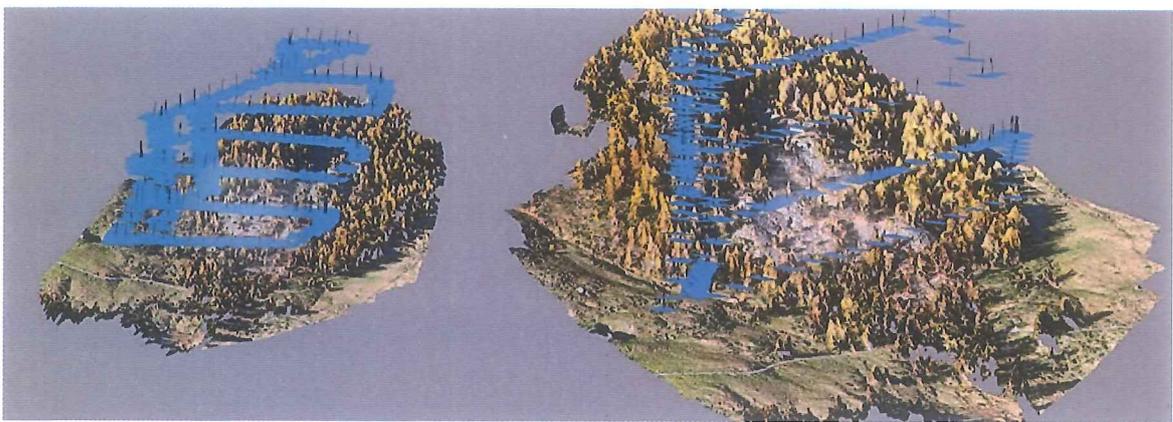


Abbildung 3: Einmessung der Passpunkte mittels Differential-GPS.

## 5 Ergebnis

Aus der auf Basis der Vertikalaufnahmen generierten 3D-Punktwolke wurden folgende Produkte abgeleitet:

- DSM – Digitales Oberflächen- (Surface) Modell
- DTM – Digitales Gelände- (Terrain) Modell
- Höhenlinien – Isolinien (1 m Intervall) für das definierte Perimeter
- Mesh – vereinfachtes, vermaschtes 3D-Oberflächenmodell zu Visualisierungszwecken
- Orthofoto



**Abbildung 4:** Beispielansichten der aus den Flugaufnahmen abgeleiteten 3D-Punktwolke. Die blauen Symbole geben die Aufnahmeposition des entsprechenden Luftbildes wieder.

Diese Daten stehen in weiterer Folge für die Erstellung zusätzlicher Planansichten und die noch durchzuführende Kartierung der Baubefunde zu Verfügung.

Zudem wurden Basispläne (P011 bzw. P012) im Massstab 1:1000 (Format: Din A3) bzw. eine Planansicht des Geländeprofiles (P013) im Massstab 1:1500 (Format: Din A3) erzeugt.<sup>3</sup>

## 6 Anhang

- Doc-Nr. 69153 - uav-aufnahme\_20161027\_v1\_report
- Plan-Nr. 011: Orthofoto-UAV\_DSM
- Plan-Nr. 012: Geländere relief-UAV\_DSM
- Plan-Nr. 013: Gelaende\_Profil\_HL\_UAV

<sup>3</sup> Die Pläne P011-P013 sind dem Ereignisbericht beigefügt.

# Quality Report



Generated with Pix4Dmapper Pro version 3.1.13 Preview

- ! **Important:** Click on the different icons for:
  - ? Help to analyze the results in the Quality Report
  - i Additional information about the sections

💡 Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

## Summary

Project	er46015_uav-aufnahme_20161027_v1
Processed	2016-11-28 16:26:26
Camera Model Name(s)	DSC-RX100M3_8.8_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	3.1 cm / 1.22 in
Area Covered	0.0972 km <sup>2</sup> / 9.7163 ha / 0.0375 sq. mi. / 24.0219 acres
Time for Initial Processing (without report)	19m:15s

## Quality Check

? Images	median of 79756 keypoints per image	✓
? Dataset	138 out of 138 images calibrated (100%), 1 images disabled	✓
? Camera Optimization	0.43% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✓
? Matching	median of 28775.3 matches per calibrated image	✓
? Georeferencing	yes, 11 GCPs (11 3D), mean RMS error = 0.025 m	✓

## ? Preview

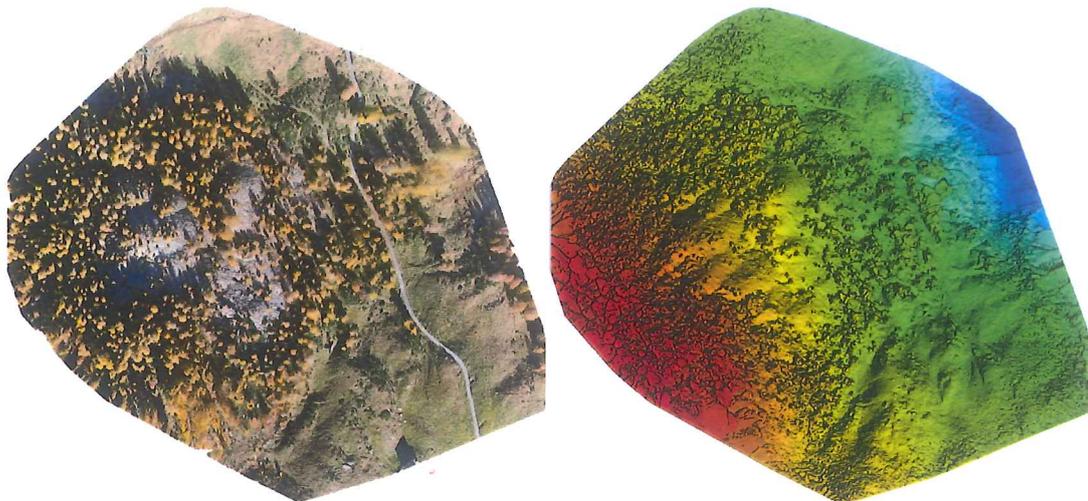


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

## Calibration Details

Number of Calibrated Images	138 out of 139
Number of Geolocated Images	0 out of 139

### Initial Image Positions

The preview is not generated for images without geolocation.

### Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions



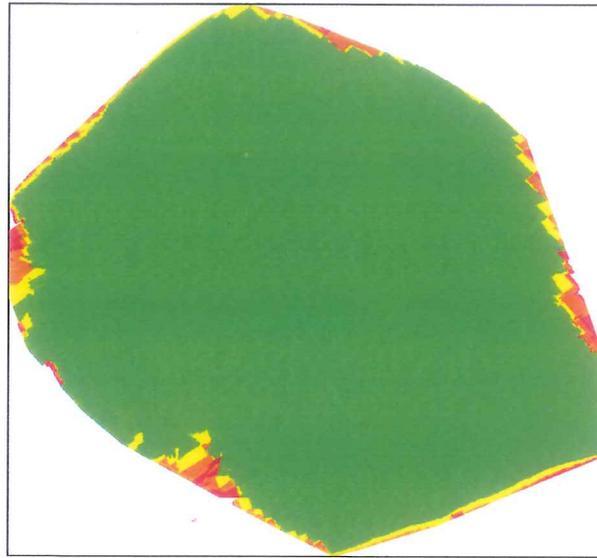
Uncertainty ellipses 100x magnified

Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Red dots indicate disabled or uncalibrated images. Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

### Absolute camera position and orientation uncertainties

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.021	0.025	0.032	0.017	0.016	0.009
Sigma	0.004	0.004	0.006	0.006	0.004	0.005

### Overlap



Number of overlapping images: 1 2 3 4 5+

Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

## Bundle Block Adjustment Details

Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	4372260
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	1351962
Mean Reprojection Error [pixels]	0.244

### Internal Camera Parameters

DSC-RX100M3\_8.8\_5472x3648 (RGB). Sensor Dimensions: 12.833 [mm] x 8.556 [mm]

EXIF ID: DSC-RX100M3\_8.8\_5472x3648

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	3752.229 [pixel] 8.800 [mm]	2736.000 [pixel] 6.417 [mm]	1824.000 [pixel] 4.278 [mm]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Optimized Values	3768.412 [pixel] 8.838 [mm]	2780.326 [pixel] 6.521 [mm]	1831.619 [pixel] 4.296 [mm]	0.010	-0.026	0.017	0.000	0.004
Uncertainties (Sigma)	0.984 [pixel] 0.002 [mm]	1.023 [pixel] 0.002 [mm]	0.781 [pixel] 0.002 [mm]	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000



The number of Automatic Tie Points (ATPs) per pixel averaged over all images of the camera model is color coded between black and white. White indicates that, in average, more than 16 ATPs are extracted at this pixel location. Black indicates that, in average, 0 ATP has been extracted at this pixel location. Click on the image to see the average direction and magnitude of the reprojection error for each pixel. Note that the vectors are scaled for better visualization.

### 2D Keypoints Table

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	79756	28775
Min	74695	7773
Max	87181	58587

## 3D Points from 2D Keypoint Matches

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	832096
In 3 Images	230467
In 4 Images	101903
In 5 Images	57164
In 6 Images	35127
In 7 Images	21974
In 8 Images	15201
In 9 Images	10856
In 10 Images	8329
In 11 Images	6511
In 12 Images	5280
In 13 Images	4147
In 14 Images	3330
In 15 Images	2715
In 16 Images	2274
In 17 Images	1939
In 18 Images	1764
In 19 Images	1423
In 20 Images	1301
In 21 Images	994
In 22 Images	921
In 23 Images	827
In 24 Images	664
In 25 Images	613
In 26 Images	527
In 27 Images	456
In 28 Images	422
In 29 Images	348
In 30 Images	309
In 31 Images	266
In 32 Images	249
In 33 Images	203
In 34 Images	162
In 35 Images	139
In 36 Images	139
In 37 Images	144
In 38 Images	105
In 39 Images	116
In 40 Images	98
In 41 Images	67
In 42 Images	61
In 43 Images	49
In 44 Images	47
In 45 Images	48
In 46 Images	32
In 47 Images	24
In 48 Images	25
In 49 Images	25
In 50 Images	12
In 51 Images	16
In 52 Images	9
In 53 Images	15
In 54 Images	9

In 55 Images	5
In 56 Images	1
In 57 Images	4
In 58 Images	2
In 59 Images	3
In 61 Images	3
In 64 Images	1
In 65 Images	1

**2D Keypoint Matches**

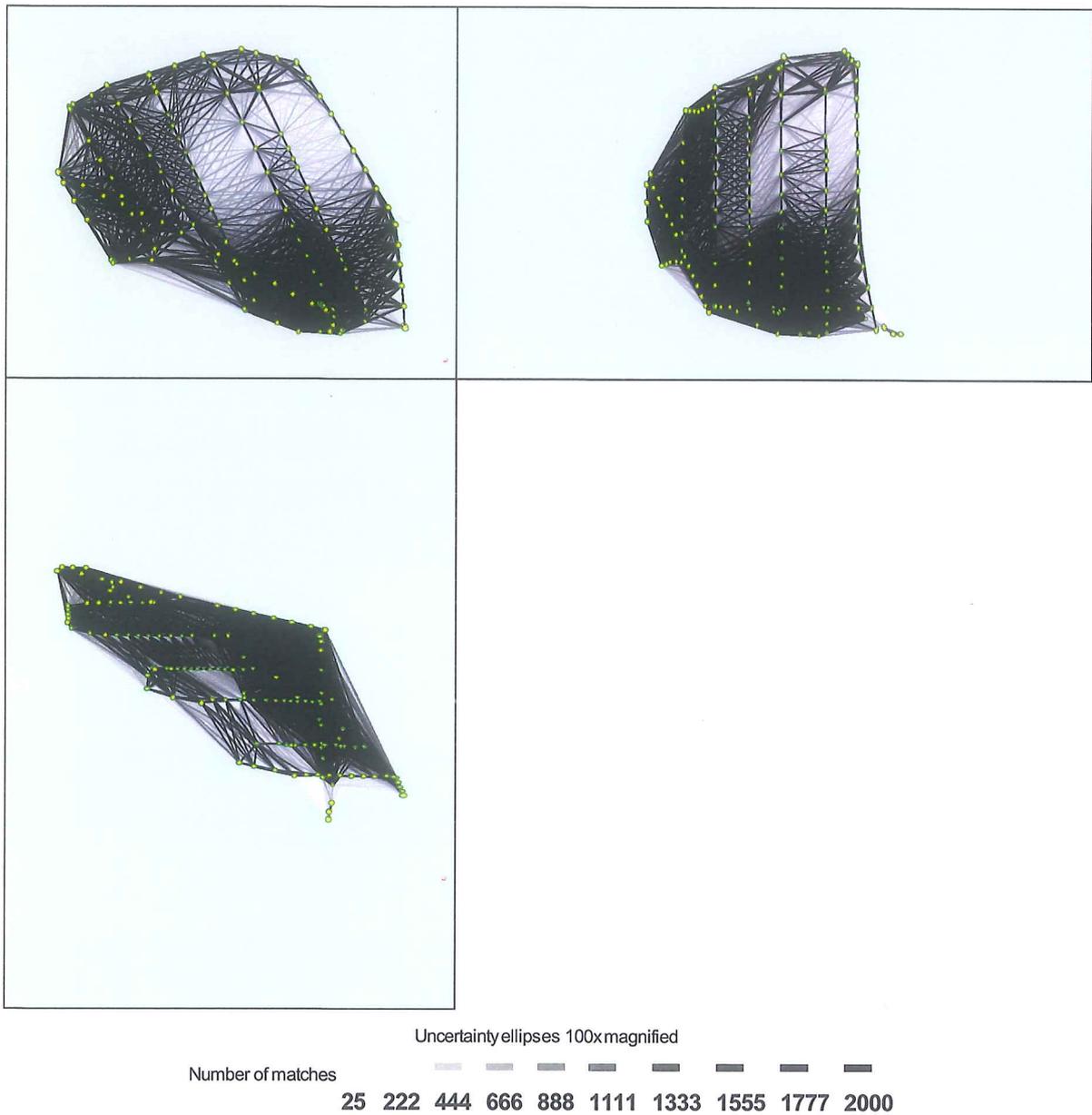


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

**Relative camera position and orientation uncertainties**

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.015	0.017	0.011	0.013	0.012	0.007
Sigma	0.003	0.004	0.003	0.007	0.005	0.005

## Geolocation Details

### Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
PP01 (3D)	0.020/ 0.020	-0.002	0.001	-0.038	0.588	4 / 4
PP02 (3D)	0.020/ 0.020	-0.013	-0.005	0.004	0.983	12 / 12
PP03 (3D)	0.020/ 0.020	-0.022	-0.005	0.027	0.820	13 / 13
PP04 (3D)	0.020/ 0.020	-0.013	0.004	0.006	0.527	11 / 11
PP05 (3D)	0.020/ 0.020	0.010	0.010	0.014	0.819	5 / 5
PP06 (3D)	0.020/ 0.020	0.025	0.021	0.048	1.252	7 / 7
PP07 (3D)	0.020/ 0.020	-0.017	-0.057	-0.114	0.654	5 / 5
PP08 (3D)	0.020/ 0.020	0.017	0.017	0.008	0.454	5 / 5
PP09 (3D)	0.020/ 0.020	-0.003	0.011	0.012	0.807	13 / 13
PP10 (3D)	0.020/ 0.020	0.005	-0.016	0.004	0.608	12 / 12
PP11 (3D)	0.020/ 0.020	0.006	-0.005	-0.023	0.362	4 / 4
<b>Mean [m]</b>		-0.000652	-0.002157	-0.004731		
<b>Sigma [m]</b>		0.014159	0.020216	0.040720		
<b>RMS Error [m]</b>		0.014174	0.020331	0.040994		

3 out of 8 check points have been labeled as inaccurate.

Check Point Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
HP01	0.0200/0.0200	-0.0047	0.0297	-0.0392	0.5492	7 / 7
HP02	0.0200/0.0200	0.0077	-0.0208	-0.0014	0.5805	7 / 7
HP04	0.0200/0.0200	-0.0734	0.0316	0.0158	0.7943	5 / 5
HP06	0.0200/0.0200	-0.0179	0.0364	-0.0036	0.7865	5 / 5
HP08	0.0200/0.0200	0.0722	0.0084	-0.0493	0.7220	3 / 3
<b>Mean [m]</b>		-0.003211	0.017070	-0.015533		
<b>Sigma [m]</b>		0.046801	0.021262	0.024604		
<b>RMS Error [m]</b>		0.046911	0.027266	0.029097		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

## Initial Processing Details

### System Information

Hardware	CPU: Intel(R) Xeon(R) CPU E3-1270 v5 @ 3.60GHz RAM: 32GB GPU: NVDIA Quadro K2200 (Driver: 10.18.13.6839), RDPDD Chained DD (Driver: unknown), RDP Encoder Mirror Driver (Driver: unknown), RDP Reflector Display Driver (Driver: unknown)
Operating System	Windows 7 Professional, 64-bit

### Coordinate Systems

Ground Control Point (GCP) Coordinate System	CH1903 / LV03 (2D)
Output Coordinate System	CH1903 / LV03 (2D)

### Processing Options

Detected Template	No Template Available
-------------------	-----------------------

Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes Bundle Adjustment: Classic

## Point Cloud Densification details

### Processing Options

Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: Medium Resolution (default) Color Balancing: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Matching Window Size	7x7 pixels
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Advanced: Limit Camera Depth Automatically	no
Time for Point Cloud Densification	30m:01s
Time for 3D Textured Mesh Generation	08m:47s

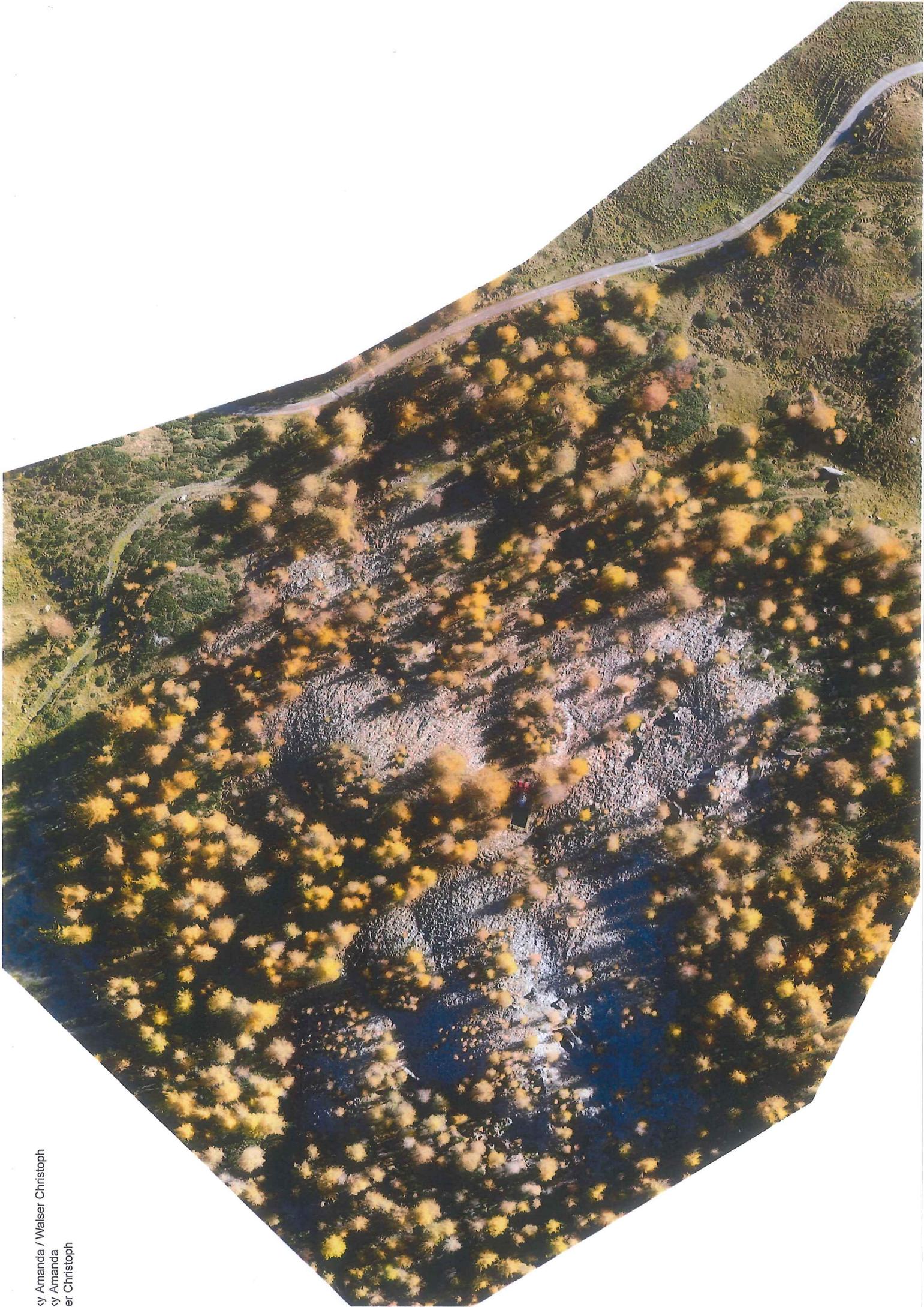
### Results

Number of Generated Tiles	1
Number of 3D Densified Points	15339827
Average Density (per m <sup>3</sup> )	100.64

## DSM, Orthomosaic and Index Details

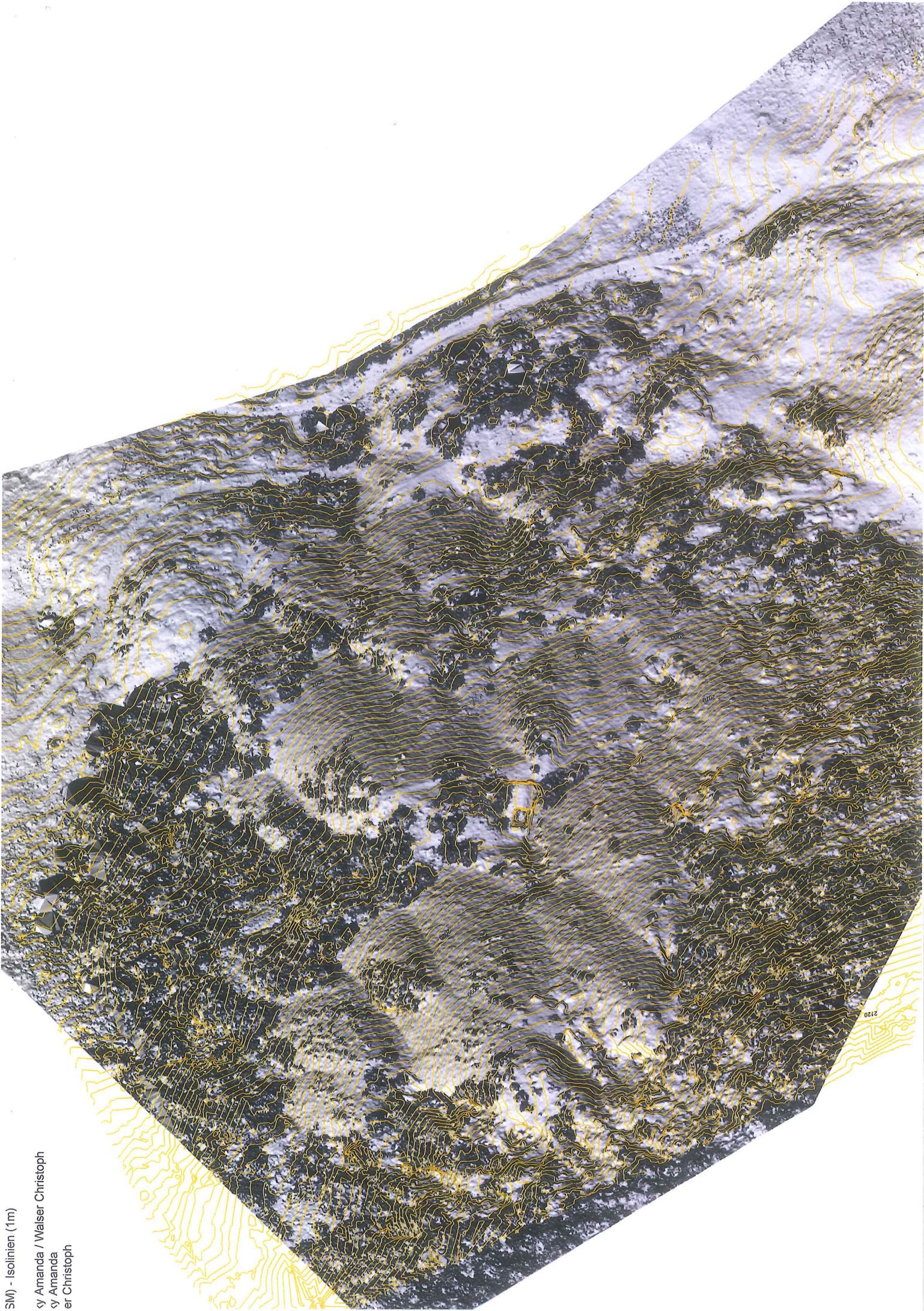
### Processing Options

DSM and Orthomosaic Resolution	3 [cm/pixel]
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Triangulation Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: no Google Maps Tiles and KML: no
Contour Lines Generation	Generated: yes Contour Base [m]: 0 Elevation Interval [m]: 1 Resolution [cm]: 20 Minimum Line Size [vertices]: 20
Time for DSM Generation	01m:17s
Time for Orthomosaic Generation	13m:19s
Time for Contour Lines Generation	01s

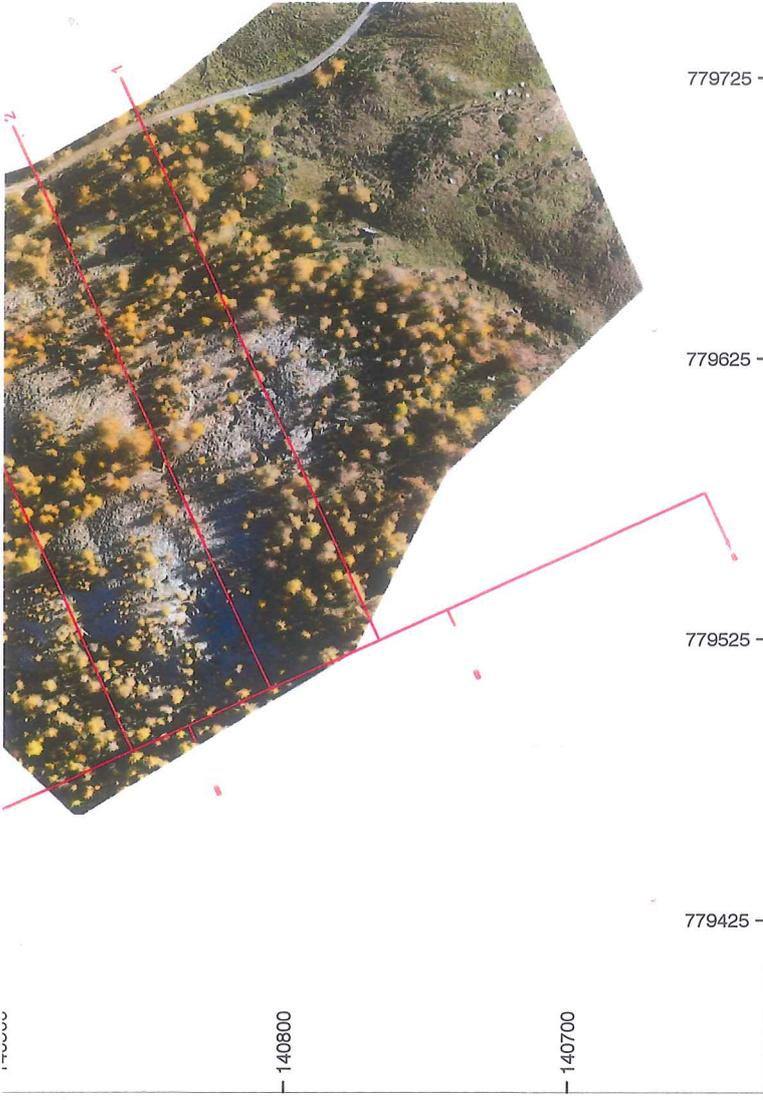
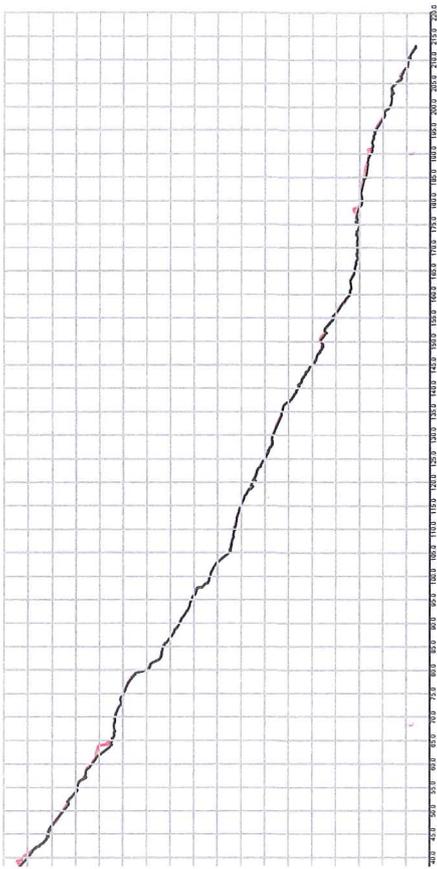


© Amanda / Walser Christoph  
© Amanda  
er Christoph

SM) - Isolinen (1m)  
Amanda / Walsler Christoph  
Amanda  
er Christoph



SM)  
 rsicht: 1:2500 (A3)  
 xy Amanda / Walser Christoph  
 xy Amanda  
 er Christoph



Profil 3 (M 1:1500)

