






Variante alla SS12 da Buttapietra  
alla tangenziale SUD di Verona

**PROGETTO DEFINITIVO**

COD. VE29

PROGETTAZIONE: RAGGRUPPAMENTO PROGETTISTI	MANDATARIA:  <b>Sigeco Engineering</b>	MANDANTI:  No.Do. e Servizi s.r.l. Società di Ingegneria  <b>IDRO.STRADE s.r.l.</b>  <b>Barci Engineering</b>  <b>SANDRO D'AGOSTINI INGEGNERE</b>
IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE: <i>Ing. Antonino Alvaro – SIGECO ENGINEERING srl Ordine Ingegneri Provincia di Cosenza n. A282</i>	IL PROGETTISTA: <i>Arch. Giuseppe Luciano – SIGECO Eng. srl Ordine Architetti di Reggio Cal. n. A2316 Ing. Francesco Tucci – IDROSTRADE srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A922 Ing. Carmine Guido – NO.DO. e Serv. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A1379 Ing. Sandro D'Agostini – Ordine Ingegneri Belluno n. A457 Ing. Antonio Barci – BARCI Eng. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A1003</i>	
IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE: <i>Arch. Giuseppe Luciano – SIGECO ENGINEERING srl Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. A2316</i>	GRUPPO DI PROGETTAZIONE: <i>Ing. Giovanni Costa – Steel Project Engineering – Ordine Ingegneri Livorno n. A1632 Arch. Alessandra Alvaro – SIGECO Eng. srl Ordine Architetti Cosenza n. A1490 Ing. Gaetano Zupo – SIGECO Eng. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A5385 Geom. Giuseppe Crispino – SIGECO Eng. srl Collegio Geometri Potenza n. 2296 Ing. Paola Tucci – IDROSTRADE srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A5488 Ing. Mario Perri – IDROSTRADE srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A3784 Arch. Simona Tucci – IDROSTRADE srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A1637 Ing. Roberto Scrivano – NO.DO. e Serv. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A2061 Ing. Emiliano Domestico – NO.DO. e Serv. srl Ordine Ingegneri Cosenza n. A5501 Geol. Carolina Simone – NO.DO. e Serv. srl Ordine Geologi della Calabria n. 730 Ing. Giorgio Barci – BARCI Eng. srl Ordine Ingegneri Prov. di Cosenza n. A5873 Dott.ssa Laura Casadei – Kora s.r.l. – Iscr. el. Operatori abilitati Archeologia Prev. n. 2248</i>	
I GEOLOGI: <i>Dott. Geol. Domenico Carrà – SIGECO Eng. srl Ordine Geologi della Calabria n. 641 Dott. Geol. Francesco Molinaro – SIGECO Eng. srl Ordine Geologi della Calabria n. 1063</i>		
VISTO:IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: <i>Ing. Antonio Marsella</i>		
PROTOCOLLO:	DATA:	

**RILIEVI**

**Relazione tecnica sui rilievi**

CODICE PROGETTO		NOME FILE <b>T00EG00CRTRE01_A</b>			REV.	SCALA:
CO VE0029 D 2001		CODICE ELAB. T00EG00CRTRE01			A	
D						
C						
B						
A	PRIMA EMISSIONE	Luglio '21	Sigeco Engineering s.r.l.	Ing. A. Alvaro	Arch. G. Luciano	Ing. A. Alvaro
REV.	DESCRIZIONE	DATA	SOCIETA'	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

# Sigeco Engineering S.r.l.

Via G. Spontini 5 - 20131 Milano

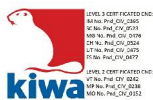
## OGGETTO:

RILIEVI TOPOGRAFICI  
S.S. 12 "Dell'Abetone e del Brennero"  
Variante Verona Sud - Isola della Scala

Elaborato:  <b>EL.01</b>	<b>RELAZIONE TECNICA GENERALE</b>	Scala:
		Data: <b>Ottobre 2020</b>
		Prot. documento:



Direttore dei rilievi:  
Geom. Mauro ANSELMINI



Via Vesuvio, 3 - 01030 Vitorchiano (VT)  
info@mateksystems.com - www.mateksystems.com

**Spett.le**  
**Sigeco Engineering Srl**  
**Viale G. Spontini 5**  
**20131 MILANO**

**Oggetto: RILIEVI TOPOGRAFICI - S.S. 12 “Dell’Abetone e del Brennero” Variante Verona Sud – Isola della Scala**

Il sottoscritto **Mauro Anselmi**, in qualità di Legale Rappresentante dell’ Impresa **Matek Systems srl**, con sede in Vitorchiano (VT), Via Vesuvio n° 3, tel/fax 0761/370600, e-mail **info@mateksystems.com** , p.iva 01847750567, con la presente produce la relazione tecnica a termine delle attività di cui trattasi.

### **Generalità**

Lo scopo del lavoro è stato quello di produrre una cartografia in scala 1:1.000 e 1:2.000 e le relative ortofoto e di rilevare nel dettaglio parte della sede stradale e tutte le interferenze presenti nel tratto interessato dal nuovo tracciato. Al fine di inquadrare tutti i rilievi nei sistemi cartografici e nel sistema rettilineo, si è dapprima verificata la presenza di vertici IGM95 e di cs di livellazione di linee IGM e successivamente materializzata la rete GPS di Inquadramento a partire da essi. Dalla rete GPS si è poi passati alla ripresa aerea e alla misura dei punti di appoggio fotografico per la produzione della cartografia e delle ortofoto. Infine, dopo aver verificato la presenza di eventuali basi della rete Leica SmartNet ItalPoS (la prima rete di stazioni permanenti GNSS a copertura nazionale) vicine alla zona oggetto di rilievo sono stati effettuati i rilievi celerimetrici.

## Materializzazione dei vertici

I vertici di nuova istituzione, contrassegnati con la sigla R da 1 a 14, sono stati materializzati su manufatti in cls gettati in opera o di sicura affidabilità, con centrini in acciaio inox fissati con resine bicomponenti caratterizzati da elevata durabilità nel tempo. I contrassegni risultano costituiti da struttura geometrica semplice (testa, rondella e gambo) tale da individuare in modo semplice ed inequivocabile sia un'asse verticale che un piano orizzontale; ciò permette di definire un riferimento tridimensionale completo. I vertici di nuova materializzazione sono stati ubicati in luoghi facilmente accessibili e facilmente stazionabili "in centro" col treppiede o piastra, su manufatti già presenti in loco aventi dimensioni consistenza e destinazioni d'uso tali da garantire un'adeguata stabilità nel tempo e posti in maniera tale da garantire un'ottima stazione GPS.

In particolare è stata verificata:

- assenza d'ostacoli che impediscono la ricezione dei segnali satellitari aventi una elevazione superiore a 15°-20° sul piano orizzontale dell'antenna, considerata posta ad altezza normale sopra un treppiede;
- assenza di disturbi elettromagnetici tali da rendere impossibile o difficoltosa la ricezione dei segnali satellitari e valore ottimo del rapporto segnale/rumore rispetto ai valori dichiarati dal costruttore dello strumento.

Per ogni nuovo vertice è stata redatta un' apposita monografia con riportati: uno stralcio cartografico, le coordinate nei sistemi ETRF2000, UTM32-ETRF2000, GAUSS-BOAGA, RETTILINEE (LOCALI) e quota ellissoidica ed ortometrica, le foto prese con elementi significativi e l'inserimento dello stralcio monografico redatto in maniera esauriente con i dati raccolti in campagna con le distanze da elementi fissi.

## Misura dei nuovi vertici.

Per la fase di misura delle base-lines, sono stati stazionati i vertici IGM95 limitrofi all'area in esame; ogni nuovo punto è stato iperdeterminato con minimo 2 base-lines. I vertici IGM95 utilizzati sono: 048902, 049802 ed il 063903.

Sono stati utilizzati ricevitori doppia frequenza come di seguito descritto:

- ricevitori Leica GX1230 e RX1250 a doppia frequenza con precisione in statico di 3 mm. + 1 ppm. (e.q.m.) e basi elaborate con il programma in dotazione "Leica Geo Office".

La metodologia utilizzata è stata quella statica con intervallo di campionamento a 15 secondi con angolo d'elevazione pari a 15° e con tempi d'acquisizione non inferiori a quelli riportati in tabella in funzione dei satelliti presenti e dei fattori di qualità della ricezione.

	con 4 satelliti in assenza di <i>cycle slip</i> significativi	con 5 satelliti in assenza di <i>cycle slip</i> significativi
<b>DISTANZE</b>	GPS doppia frequenza in modalità statica	GPS doppia frequenza in modalità statica
<b>minore di 5 km</b>	40'	30'
<b>fra 5 e 10 km</b>	50'	40'
<b>fra 10 e 15 km</b>	80'	60'
<b>fra 15 e 30 km</b>	120'	90'

Lo staff tecnico che ha eseguito il rilievo GPS, risulta composto da 4 operatori indipendenti muniti di 4 ricevitori che hanno operato contemporaneamente al fine di garantire produttività e snellezza nelle operazioni di misura. Le stazioni sui vertici esistenti e da determinare sono state misurate esclusivamente in centro curando la misura del dislivello tra il centro di fase dell'antenna e la sommità del centrino che costituisce la materializzazione. Tale dislivello è stato misurato all'inizio ed alla fine della sessione e quindi utilizzando la media delle due misure. Durante la fase di rilievo in campagna si è proceduto nella verifica dei piombini ottici delle basette tricuspide utilizzate, con risultanze annotate in una "scheda di stazione", che ha rappresentato la carta d'identità di ogni vertice stazionato, suddivisa in sezioni e che qualifica l'oggetto in relazione ai processi di creazione e contenuti presenti nel periodo di stazionamento del ricevitore. Scopo della compilazione di tali schede, al termine delle operazioni in campagna e giornalmente consegnate all'addetto alle risoluzioni delle ambiguità, era quello di ricercare con maggior rapidità eventuali anomalie nelle acquisizioni satellitari, consentendo anche un controllo incrociato delle altezze strumentali eliminando eventuali errori di editing delle stesse; ciò ha permesso una operatività sequenziale programmata attentamente dal caposquadra e dagli altri operatori. L'elaborazione delle linee di base è stata eseguita con il software LGO della ditta Leica e con i seguenti parametri di calcolo:

<i>Angolo di cut-off:</i>	15°
<i>Tipo effemeridi (GPS):</i>	Trasmesse
<i>Tipo effemeridi (GLONASS):</i>	Trasmesse

<i>Tipo soluzione:</i>	<i>Phase: all fix</i>
<i>Frequenza:</i>	<i>Automatico</i>
<i>Fissa ambiguità fino a:</i>	<i>20 km</i>
<i>Durata minima per soluzione float (statico):</i>	<i>5' 00"</i>
<i>Frequenza di campionamento:</i>	<i>15"</i>
<i>Modello troposferico:</i>	<i>Calcolato</i>
<i>Modello ionosferico:</i>	<i>Calcolato</i>
<i>Usa modello stocastico:</i>	<i>Sì</i>
<i>Attività ionosferica:</i>	<i>Automatico</i>

Nello stesso modo, con misure in statico, è stata determinata la posizione plano-altimetrica dei *Punti di Appoggio Fotografico* denominati **GCP** partendo dai vertici della rete sopraccitata. In particolare sono stati misurati n° 17 punti dislocati su tutto il tratto in esame ed utilizzati poi nella fase di restituzione cartografica dei fotogrammi. Al fine di includere nei calcoli di trasformazione delle coordinate e delle quote un numero maggiore di vertici con quota ortometrica slm, oltre ai tre vertici IGM95, si è provveduto a collegare 6 vertici della nuova rete alla linea altimetrica dell'IGM ed in particolare sono stati "agganciati" i vertici R4 R6 R8 R10 R12 ed R13 ai caposaldi di livellazione n° 7 8 11 13 15 19 della linea 145 situati nelle vicinanze. Tale operazione è stata condotta istituendo una livellazione di precisione dal mezzo ed utilizzando un livello elettronico Leica DNA 03 corredato da opportune stadie con nastro Invar a lettura con codice a barre allo scopo di ridurre i possibili errori di lettura dell'operatore. Le operazioni sono state quindi eseguite con una livellazione di precisione dal mezzo, in andata e ritorno con battute dirette sui capisaldi installati, così da garantire con il calcolo dei dislivelli, precisioni pari a 2,5 mm/km. La tornata di misura è stata eseguita da una squadra costituita da un topografo senior e 2 topografi junior, con elaborazione e trattamento dei dati eseguito da topografo senior. I risultati dei calcoli dei riattacchi altimetrici sono contenuti nell'elaborato **EL.03 – Riattacchi altimetrici (Livellazione)** con allegate le monografie dei punti igm utilizzati.

### **Calcolo dei nuovi vertici e dei punti di appoggio fotografico.**

Le basi calcolate sono state accettate esclusivamente in soluzione fixed e caratterizzate da indicatori di qualità che rientrano nei limiti previsti dal software stesso. Per ogni giornata di lavoro di misura GPS è stato fornito un report (il cui nome corrisponde al

giorno), riportante le informazioni sostanziali di ogni base: i vertici collegati, le componenti della base, i loro parametri di precisione ed ecc. I dati grezzi in formato rinex (comprensivi della misura dell'altezza sul piano di paragone del punto di riferimento dell'antenna) sono conservati presso la scrivente ditta. Alla fine del pre-controllo si è passati al calcolo di compensazione. Per i vertici di nuova istituzione e per i punti di appoggio fotografico è stata eseguita una compensazione nel sistema di riferimento ETRF2000. Negli elaborati oggetto di consegna **EL.02 – Rete Gps Inquadramento** e **EL.04 – Punti di appoggio fotografico** sono riportati i report delle baselines, i calcoli della compensazione delle due reti e le monografie di tutti i punti. Per quanto riguarda i sistemi di coordinate, oltre ai sistemi noti UTM32-ETRF2000 e GAUSS-BOAGA ricavate tramite trasformazione con il software dell'IGM Verto2K, è stato fornito il sistema Locale RETTILINEO tramite metodo Classical3D del software LGO della Leica. Quest'ultimo consiste in una trasformazione di similarità o di Helmert con i parametri da determinare, in modo rigoroso, con il metodo dei minimi quadrati. Come modello di trasformazione, è stato assunto il Bursa-Wolf con l'origine della rotazione corrispondente all'origine del sistema cartesiano di partenza. Tale metodo consente di conservare l'accuratezza delle misure GPS anche su vaste aree. Per la trasformazione di cui trattasi, è stato costruito un riferimento specifico per la zona interessata dal rilevamento con la conoscenza dei parametri dell'ellissoide locale e del tipo di proiezione cartografica adottata, fattore di scala pari ad 1, con il meridiano del fuso passante per un punto baricentrico all'area in esame e origine di coordinate **E: 150.000,00 N: 350.000,00** con un unico piano medio ad una quota ellissoidica ETRF2000. In questo modo la deformazione massima agli estremi dell'area risulta minima, per annullarsi, concentricamente, verso il baricentro del lavoro, a testimoniare una sicura affidabilità del dato trattato.

Di seguito sono elencati tutti i parametri utilizzati per la determinazione di tale sistema di coordinate:

*Ellissoide*

*NB: Il semiasse maggiore è ricavato da quello delle WGS84 ( 6378137.00 )  
sommando la quota Media Ellissoidica. Per quanto riguarda lo  
Schiacciamento è lo stesso del WGS84*

*Parametri Trasformazione*



**Projection properties**

General

Name:

Type:

False Easting:  m

False Northing:  m

Latitude of Origin:

Central Meridian:

Zone Width:

Scale Factor at Origin:

Last Modified:

OK Annulla

*Parametri Proiezione*

**Coordinate System properties**

General

Name:

Transformation:

Trans. Type:

Residuals:

Local Ellipsoid:

Projection:

Proj. Type:

Geoid Model:

CSCS Model:

Note:

Last Modified:

OK Annulla

*Riepilogo parametri sistema rettilineo*

Points of Project: BUTTAPIETRA - RETE GPS (Coordinate System: BUTTAPIETRA\_RETTILINEE, Units: m)

Point Id	Northing	Easting
<input checked="" type="checkbox"/> 048902	353846.71530	135420.88517
<input checked="" type="checkbox"/> 049802	359367.76707	157125.45502
<input checked="" type="checkbox"/> 063903	341434.56654	152614.83128
<input checked="" type="checkbox"/> R1	356085.51886	145228.40837
<input checked="" type="checkbox"/> R2	357276.89311	147661.66291
<input checked="" type="checkbox"/> R3	354153.71393	147413.33090
<input checked="" type="checkbox"/> R4	354747.10636	149085.13951
<input checked="" type="checkbox"/> R5	352433.01829	147995.26621
<input checked="" type="checkbox"/> R6	353482.30015	150866.45160
<input checked="" type="checkbox"/> R7	350735.16611	147988.49416
<input checked="" type="checkbox"/> R8	350881.09491	151144.17838
<input checked="" type="checkbox"/> R9	347861.55467	148769.27019
<input checked="" type="checkbox"/> R10	348563.36899	151661.34387
<input checked="" type="checkbox"/> R11	345849.35710	149663.65941
<input checked="" type="checkbox"/> R12	343177.86265	152140.29373
<input checked="" type="checkbox"/> R13	346707.34871	152442.68374
<input checked="" type="checkbox"/> R14	344146.98191	154966.72494

*Coordinate rettilinee Rete di Inquadramento*

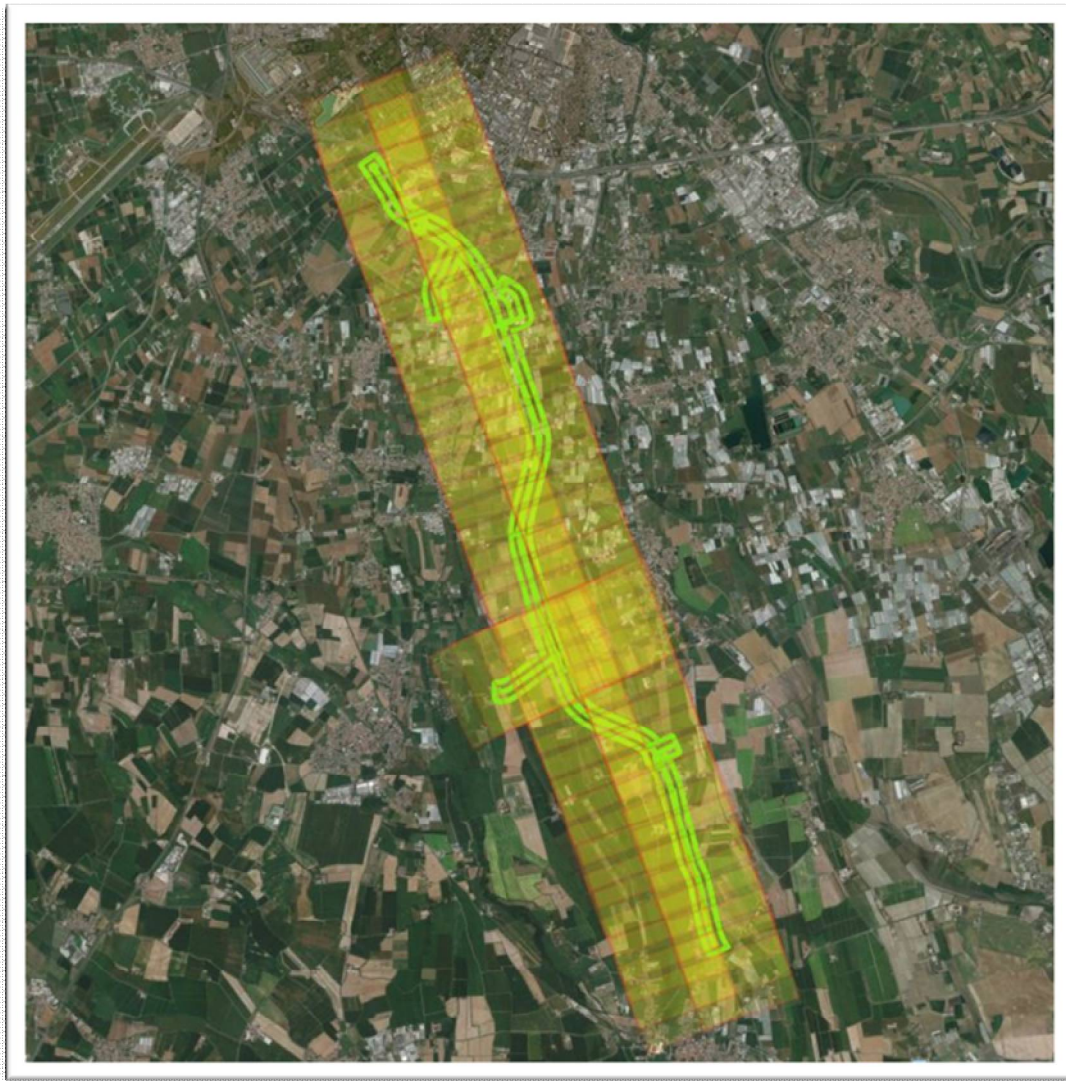
Points of Project: BUTTAPIETRA - RETE GPS PAF (Coordinate System: BUTTAPIETRA\_RETTILINEE, Units: m)

Point Id	Northing	Easting
<input checked="" type="checkbox"/> GCP-01	356524.86043	147545.56557
<input checked="" type="checkbox"/> GCP-02	355996.04697	146868.37718
<input checked="" type="checkbox"/> GCP-03	353667.46214	148071.94681
<input checked="" type="checkbox"/> GCP-04	355688.61509	148156.47036
<input checked="" type="checkbox"/> GCP-05	353564.03642	149728.74617
<input checked="" type="checkbox"/> GCP-06	351990.34480	149095.89398
<input checked="" type="checkbox"/> GCP-07	351737.68040	150068.14914
<input checked="" type="checkbox"/> GCP-08	351188.93967	149997.81737
<input checked="" type="checkbox"/> GCP-09	350331.98235	148753.51202
<input checked="" type="checkbox"/> GCP-10	348416.50781	150398.93640
<input checked="" type="checkbox"/> GCP-11	348438.20344	149188.70555
<input checked="" type="checkbox"/> GCP-12	348109.79798	151339.82510
<input checked="" type="checkbox"/> GCP-13	346996.20631	150852.82156
<input checked="" type="checkbox"/> GCP-14	346069.44807	150170.53468
<input checked="" type="checkbox"/> GCP-15	346656.52979	151895.26828
<input checked="" type="checkbox"/> GCP-16	344607.06823	153162.38180
<input checked="" type="checkbox"/> GCP-17	343773.03093	152151.42869
<input checked="" type="checkbox"/> R1	356085.51886	145228.40837
<input checked="" type="checkbox"/> R2	357276.89311	147661.66291
<input checked="" type="checkbox"/> R3	354153.71393	147413.33090
<input checked="" type="checkbox"/> R5	352433.01829	147995.26621
<input checked="" type="checkbox"/> R6	353482.30015	150866.45160
<input checked="" type="checkbox"/> R8	350881.09491	151144.17838
<input checked="" type="checkbox"/> R9	347861.55467	148769.27019
<input checked="" type="checkbox"/> R12	343177.86265	152140.29373
<input checked="" type="checkbox"/> R13	346707.34871	152442.68374
<input checked="" type="checkbox"/> R14	344146.98191	154966.72494

*Coordinate rettilinee punti di appoggio fotografico GCP*

## Ripresa aerea

La ripresa è stata eseguita in base al progetto di volo oggetto di consegna **TAV.02 – Piano di Volo**. La radiometria delle immagini ottenuta è ottima e non ci sono saturazioni sia nei valori alti che in quelli bassi e gli istogrammi risultano equilibrati. Le immagini sono nitide ed i colori naturali. La ripresa è stata effettuata in data Agosto 2020, con camera Ultracam Eagle SN n. UC-Eagle 130813473-f80 della quale è allegato certificato di calibrazione (**ALLEGATO1:Certificato di Calibrazione**). E' stata coperta interamente l'area necessaria per la redazione della cartografia alla scala 1:1000. La quota media di volo è risultata di m. 1250 con un H relativa di 1200 mt. Sono stati necessari n 88 fotogrammi in tre strisciate con un GSD medio di 8 cm/pixel. Il grafico della ripresa è qui di seguito riportato.



L'orientamento esterno dei fotogrammi è stato effettuato mediante triangolazione aerea con l'ausilio di n. 21 punti fotografici, ottenendo i seguenti risultati:

RMS sui punti di controllo :  $X= 0,061$   $Y= 0,048$   $Z= 0,045$

RMS osservazioni GNSS :  $X= 0,160$   $Y= 0,084$   $Z= 0,118$

Il calcolo della compensazione è stato effettuato nei due sistemi di coordinate EPSG-32632 WGS84/UTM32 e Rettilineo locale (tutte le operazioni di restituzione sono state eseguite in quest'ultimo sistema di riferimento).

Per la codifica dei livelli si è optato per la descrizione esplicita in luogo della numerica per una migliore interrogazione delle entità cartografiche contenute. I files prodotti sono stati consegnati in formato DXF/DWG.

### **Triangolazione Aerea**

Il sistema di riferimento utilizzato è un sistema locale rettilineo Datum WGS84, con origine (E=150.000,000; N=350.000,00) sul punto baricentrico avente coordinate Lat. 45°20'34.6120" Long. 10°58'51.9862" e modulo di deformazione = 1; l'altimetria è riferita al livello medio del mare (ortometrica).

Per l'orientamento esterno delle immagini, è stata utilizzata la tecnica della triangolazione aerea, avendo a disposizione i dati IMU provenienti dalla piattaforma inerziale della camera e n. 17 punti di controllo rilevati a terra (GCP). I risultati sono tutti all'interno dei limiti imposti dalle prescrizioni tecniche.

### **Restituzione e produzione della cartografia**

La restituzione è avvenuta completamente in modalità stereoscopica, osservando la codifica indicata e, nei casi dove l'entità grafica da rappresentare non ha trovato corrispondenza, sono stati inseriti nuovi codici in proseguimento alla numerazione esistente. La cartografia è stata prodotta nel sistema di coordinate locale (rettilineo) e successivamente, dietro richiesta specifica è stata eseguita una trasformazione dal sistema rettilineo ad UTM32.

### **Ortofoto**

Le ortofoto, sono state realizzate con pixel pari a 10 cm, nello stesso sistema di riferimento della cartografia. Per la proiezione delle immagini è stato utilizzato un DTM (Digital Terrain Model), appositamente generato mediante matching automatico e successive operazioni di editing.

## Rilievo celerimetrico

Durante la fase di rilievo celerimetrico, sono state utilizzate le correzioni delle stazioni permanenti presenti in zona (Rete Italpos).

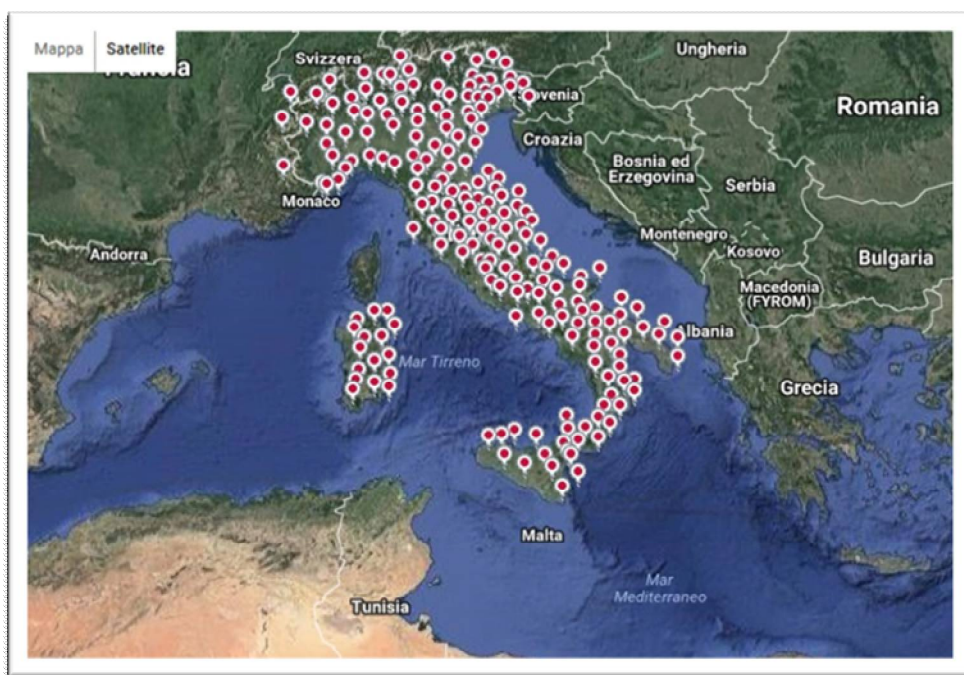
Preliminarmente all'attività di rilievo, sono state condotte misure (check measures) con gps su alcuni vertici della Rete GPS precedentemente calcolata e compensata, al fine di verificare la Rete Permanente Italpos.

L'utilizzo di stazioni permanenti, pratica ormai applicata da tutti gli operatori del settore topografico sul territorio nazionale, parte da un concetto di base: con una singola baseline RTK l'accuratezza decresce con la distanza dalla stazione di riferimento, mentre con le reti Permanenti RTK questo effetto viene ridotto per cui la posizione e la sua accuratezza saranno più consistenti (omogenee) durante un rilievo. In senso generale, nell'utilizzo del GPS o comunque quando si parla di sistemi Globali di posizionamento, viene utilizzato l'ITRS (International Terrestrial Reference System) che è un sistema terrestre convenzionale utilizzabile dall'utenza topografica; questo è materializzato sul territorio nazionale attraverso vertici statici (rete IGM95) oppure reti di stazioni permanenti (rete dinamica nazionale RDN). Con l'avvento delle stazioni permanenti e il posizionamento in tempo reale, le precisioni richieste dall'utenza in campo topografico sono aumentate e il sistema di riferimento deve avere una precisione non inferiore a quella delle misure a cui esso si riferisce, tenuto anche conto del campo di applicazione in ambito di rilievi e/o tracciati ferroviari e stradali dove le precisioni attese devono essere sempre subcentimetriche. L'esistenza di una rete Nazionale statica (ETRF89 – IGM95) non è sempre in grado di fornire un adeguato supporto in termini di precisione, in quanto lo spostamento dell'Italia non è omogeneo in direzione e velocità ma alcune zone tendono a ruotare in modo diverso dalle altre ed inoltre negli ultimi 20 anni molti caposaldi hanno subito fenomeni di cedimento locale, indipendenti dalla geodinamica. Pertanto l'Istituto Geografico Militare ha deciso di ufficializzare un nuovo sistema di riferimento, l'ETRF2000 ufficialmente adottato dal 1 gennaio 2009. Il sistema non è materializzato con dei vertici statici come l'ETRF89 bensì da una rete di stazioni permanenti diffuse su tutto il territorio nazionale denominata RDN (Rete Dinamica Nazionale).

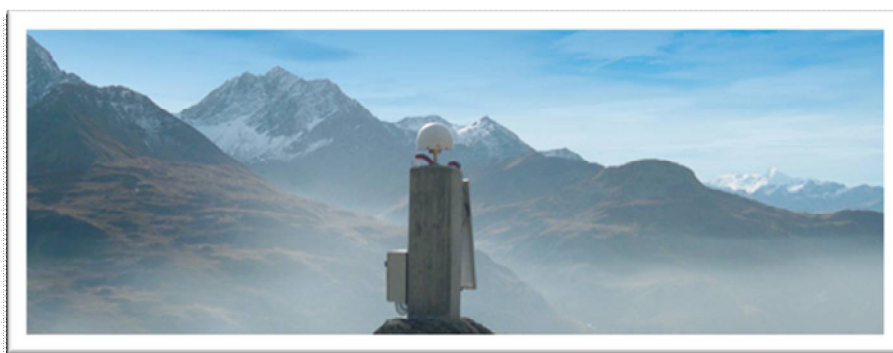
L'RDN è una rete di 99 stazioni permanenti ampiamente descritta nell'articolo "La rete dinamica nazionale ed il nuovo sistema di riferimento ETRF2000" di Baroni, Cauli, Donatelli, Farolfi e Maseroli dell'Istituto Geografico Militare di Firenze.

Lo scopo della rete RDN non è solo quello di fornire un servizio di posizionamento in tempo reale ma di materializzare il nuovo sistema di riferimento italiano a ETRF2000, più aggiornato, preciso e accurato rispetto all'ETRF89.

Delle stazioni sopra citate, 27 appartengono alla rete SmartNet ItalPoS che è **la prima a copertura nazionale che eroga servizi di posizionamento in tempo reale e per la post-elaborazione; questa interconnessione delle due reti su scala nazionale, ha permesso di ottenere** coordinate "RDN compatibili" di tutta la rete ItalPoS.



*Disposizione delle stazioni permanenti Italpos sul territorio nazionale*



*Esempio di stazione permanente Italpos*

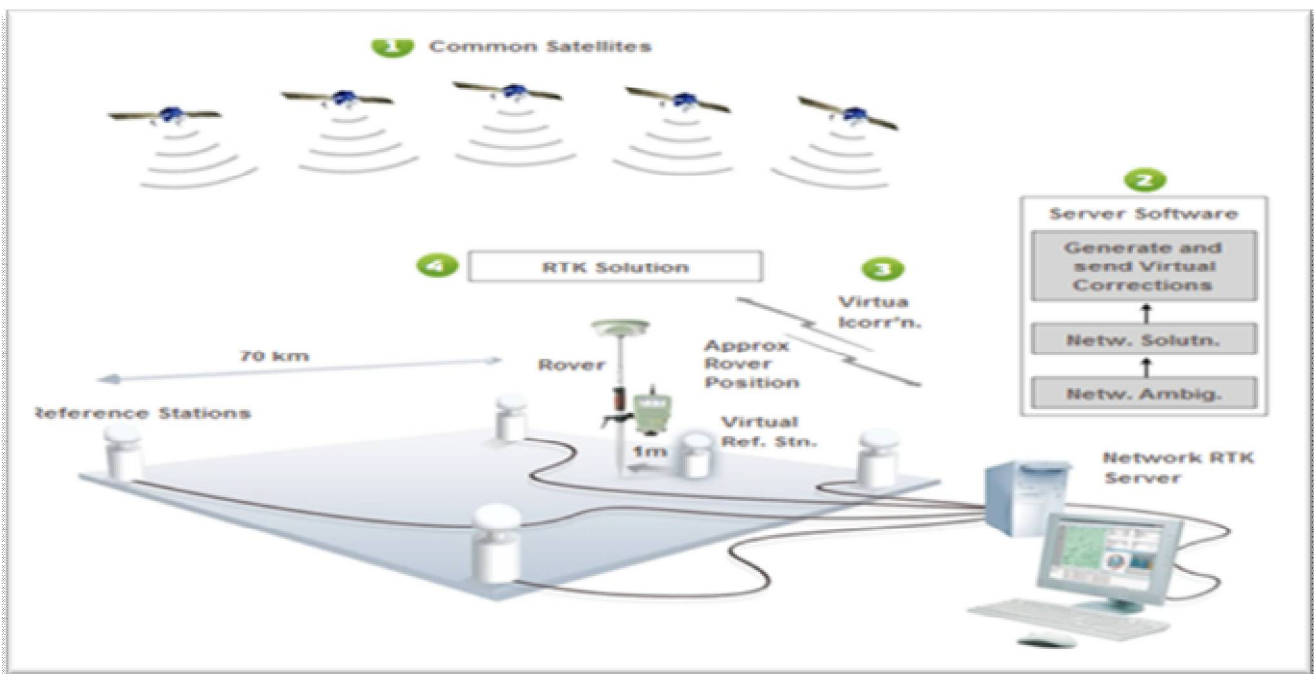
Il principio di funzionamento dell'RTK di rete si basa sulla trasmissione delle osservazioni satellitari dalle varie stazioni di riferimento Itaplos al server centrale (network server), in cui è in funzione un software per reti RTK, come il Leica GNSS Spider.

L'obiettivo delle reti RTK è di minimizzare, entro i confini della rete, l'influenza degli errori dipendenti dalla distanza sul calcolo della posizione del rover.

Il software installato sul server centrale esegue questo processo:

- fissa le ambiguità dei satelliti (osservati dalle stazioni di riferimento) all'interno della rete;
- usa i dati provenienti da tutte le stazioni di riferimento (o un sottoinsieme di esse) per generare le correzioni da inviare poi al rover, ovvero le correzioni vengono erogate da un set di stazioni intorno alla zona del rilievo, garantendo omogeneità di precisione.

La strumentazione utilizzata dalla scrivente è costituita da ricevitori Leica mod. GS16 e GS14 in grado di connettersi al server RTK con una periferica di connessione bidirezionale (GSM e internet) e, appena ricevuti i dati RTK, calcola la propria posizione utilizzando l'algoritmo appropriato.



Schema di funzionamento della VRS (Virtual Reference Station)


Se con la correzione differenziale inviata da una sola stazione la precisione degrada rapidamente allontanandosi dalla base, con le stazioni permanenti il rover riceve una correzione d'area che si ottiene utilizzando le acquisizioni delle stazioni che circondano la zona oggetto di rilievo. L'elaborazione di queste acquisizioni permette di ricostruire i segnali che sarebbero ricevuti da una stazione posta in prossimità del rover, ovvero si genera una stazione di base VRS (virtual reference station) in prossimità della zona da rilevare.

Come accennato in premessa, preliminarmente alla fase di rilievo è stata fatta una verifica eseguendo misure dirette con GPS su alcuni vertici della gps di inquadramento. Nelle tabelle che seguono vengono riportati i valori delle coordinate sia geografiche (ETRF2000) che piane con relativi scarti.

PUNTI VERIFICATI	DA RETE GPS			DA BASE PERMANENTE/VRS			Scarti		
	Lat. ETRF2000	Long. ETRF2000	Q.ell.	Lat. ETRF2000	Long. ETRF2000	Q.ell.	diff. Lat	diff. Long	diff. Q.
R1	45° 23' 51.66252" N	10° 55' 12.60428" E	109.778	45° 23' 51.66263" N	10° 55' 12.60402" E	109.756	-0.00011" N	0.00026" E	0.021
R2	45° 24' 30.29707" N	10° 57' 04.45688" E	109.039	45° 24' 30.29743" N	10° 57' 04.45647" E	109.014	-0.00036" N	0.00041" E	0.025
R7	45° 20' 58.40525" N	10° 57' 19.58226" E	85.671	45° 20' 58.40510" N	10° 57' 19.58215" E	85.649	0.00015" N	0.00011" E	0.022
R8	45° 21' 03.13913" N	10° 59' 44.54833" E	84.848	45° 21' 03.13920" N	10° 59' 44.54790" E	84.848	-0.00007" N	0.00043" E	0.000
R13	45° 18' 47.93272" N	11° 00' 44.12592" E	78.085	45° 18' 47.93287" N	11° 00' 44.12541" E	78.049	-0.00015" N	0.00051" E	0.036
R14	45° 17' 24.94993" N	11° 02' 39.90825" E	74.307	45° 17' 24.95022" N	11° 02' 39.90798" E	74.271	-0.00029" N	0.00027" E	0.036

PUNTI VERIFICATI	DA RETE GPS			DA BASE PERMANENTE/VRS			Scarti		
	Nord UTM32-ETRF2000	Est UTM32-ETRF2000	Q.slm	Nord UTM32-ETRF2000	Est UTM32-ETRF2000	Q.slm	diff. Nord	diff. Est	diff. Q.
R1	5028922.9700	650287.6900	65.222	5028922.9730	650287.6840	65.2010	-0.003	0.006	0.021
R2	5030173.7320	652690.5550	64.268	5030173.7430	652690.5460	64.2430	-0.011	0.009	0.025
R7	5023642.8560	653178.2370	41.671	5023642.8510	653178.2350	41.6490	0.005	0.002	0.022
R8	5023866.3470	656329.0000	40.698	5023866.3480	656328.9910	40.7420	-0.001	0.009	-0.044
R13	5019726.2550	657729.6050	34.308	5019726.2600	657729.5930	34.3270	-0.005	0.012	-0.020
R14	5017228.9620	660315.5530	30.819	5017228.9710	660315.5460	30.7820	-0.009	0.007	0.037

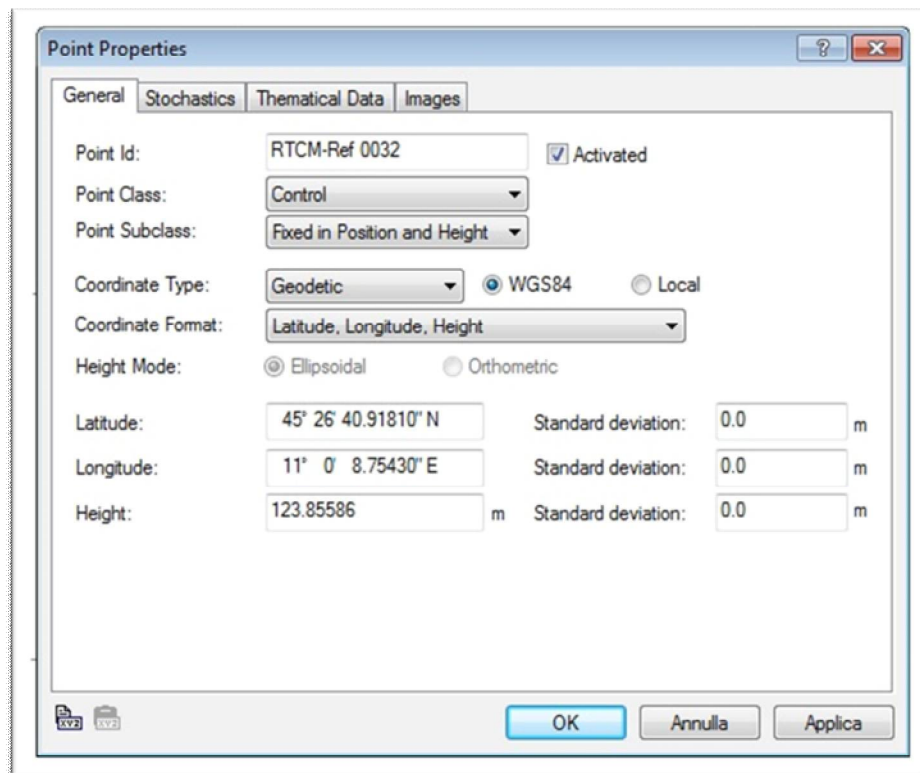
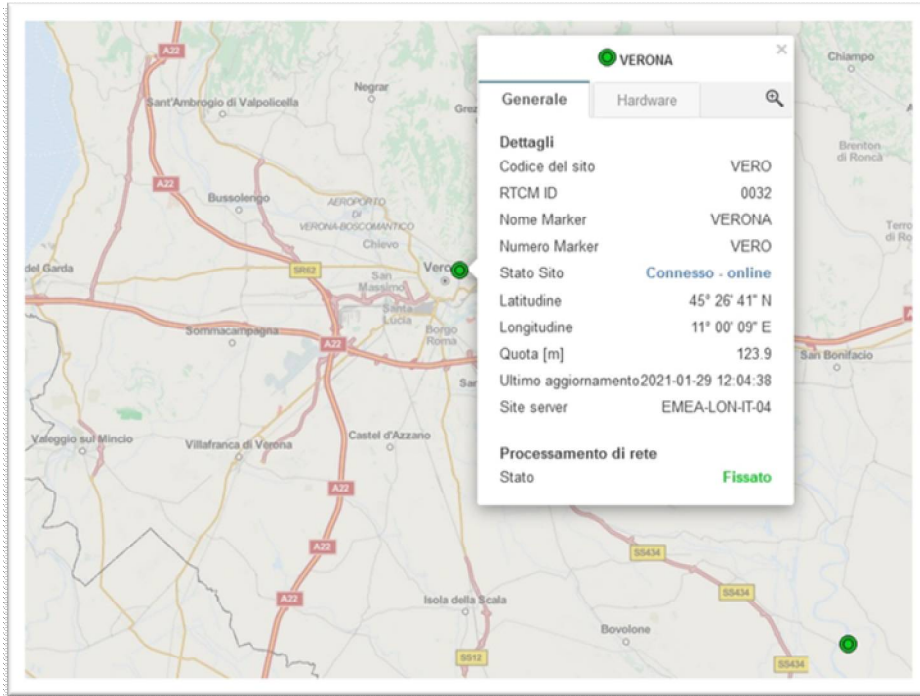
 Quota livellata

Dal confronto a coppie si evidenzia che gli scarti sono da ritenersi assolutamente accettabili, se considerato che tali valori sono le precisioni che generalmente vengono richieste su reti GPS di precisione come previsto dei capitoli IGM e dell'intesa Stato-Regioni (+/-5 cm per le quote e +/-3 cm per la planimetria). In sostanza, si può affermare che la metodologia di rilievo adottato, ha garantito per ogni punto acquisito una omogeneità di precisione.

Le misure sono state condotte con sistema GPS in modalità RTK (Real Time Kinematic) a doppia frequenza (L1/L2) utilizzando le correzioni di fase della stazione permanente della RETE LEICA di VERONA, ed eseguendo con n° 1 ricevitori Rover Leica le operazioni di rilievo garantendo per ogni punto, il corretto fissaggio dell'ambiguità di fase al valore intero (soluzione Fix), precisioni nominali +/- (5 mm + 0,5 ppm) in X/Y e +/- (10 mm + 1,0 ppm) per le quote.



Tutti i punti acquisiti in coordinate geografiche ETRF2000 sono stati poi convertiti nel sistema di coordinate UTM32-ETRF2000 tramite software Verto 2K.



Stazione GNSS Rete Leica – VERONA (RTCM-Ref 0032)

Terminate le operazione di verifica/controllo sui vertici di rete, si è proceduto con i rilievi celerimetrici utilizzando sia strumentazione gps che total station. Dove la presenza di vegetazione o alberature che potevano ostacolare la ricezione del segnale satellitare, è stata utilizzata strumentazione total station con la metodologia di rilievo per apertura a terra, con vertici di orientamento di coordinate note derivanti dai dati gps. Le misure di dettaglio sono state eseguite con una stazione totale Leica TS-16 avente precisioni certificate sulle misure di distanza pari a 2mm + 2ppm con prisma entro i 900 mt ed a 3,0 secondi centesimali sulle misure angolari. Nei casi dove vi era la possibilità di ricezione di segnale satellitare, è stata impiegata strumentazione GPS in modalità differenziale RTK (Real Time Kinematic) a doppia frequenza (L1/L2) utilizzando come ricevitore Master la base Italpos Leica ed eseguendo con almeno n° 4 ricevitori Rover le operazioni di rilievo garantendo per ogni punto, con il corretto fissaggio dell'ambiguità di fase al valore intero (soluzione Fix), precisioni nominali +/- (5 mm + 0,5 ppm) in X/Y e +/- (10 mm + 1,0 ppm) per le quote. La quantità dei punti rilevati é stato tale da registrare ogni variazione dell'andamento altimetrico del terreno e descrivere coerentemente la geometria dei luoghi compatibile con la scala del rilievo (variazione in centimetri pari a N/10 dove N è uguale al denominatore della scala di restituzione). In particolare, oltre la sede stradale, sono state rilevate strutture antropiche quali aiuole, pozzetti fognatura e servizi, illuminazione, segnaletica ecc. nonchè tutte le discontinuità e le singolarità quali cambi di pendenza, tenendo anche conto degli elementi che determinano variazioni di quota localizzate; sono state altresì rilevate alcune piccole opere d'arte presenti nell'area di rilievo.

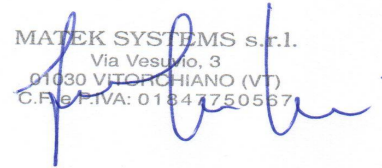
Tutti i rilievi sono stati stati trasformati e restituiti nel sistema di coordinate locale rettilineo determinato tramite Classica 3D con software LGO delle Leica e quota s.l.m.

### Elenco Tavole ed Elaborati oggetto di consegna:

- TAV.01 – Grafico di Rete (1:25.000)
- TAV.02 – Piano di volo (1:25.000)
- TAV.03 – Rilievo celerimetrico su base cartografica
- TAV.04 – Cartografia (1:1.000)
- TAV.05 – Cartografia (1:2.000)
- TAV.06 – Ortofoto (1:2.000)
- EL.01 – Relazione tecnica
- EL.02 – Rete GPS di Inquadramento (baselines, compensazione e monografie R)
- EL.03 – Riattacchi altimetrici (Livellazione)
- EL.04 – Punti di appoggio fotografico (baselines, compensazione e monografie GCP)

Il Tecnico

MATEK SYSTEMS s.r.l.  
Via Vesuvio, 3  
01030 VITORCHIANO (VT)  
C.F. e P.IVA: 01847750567



# ***ALLEGATO 1***

## ***Report di Calibrazione***

# Calibration Report

## Short Version



<b>Camera:</b>	<b>UltraCam Eagle, S/N UC-Eagle-1-30813473-f80</b>
<b>Manufacturer:</b>	<b>Vexcel Imaging GmbH, A-8010 Graz, Austria</b>
<b>Date of Calibration:</b>	<b>Mar-20-2020</b>
<b>Date of Report:</b>	<b>Mar-20-2020</b>
<b>Revision of Camera:</b>	<b>Rev05.00</b>
<b>Version of Report:</b>	<b>V01</b>

# Calibration Report

## Geometric Calibration



<b>Camera:</b>	<b>UltraCam Eagle, S/N UC-Eagle-1-30813473-f80</b>
<b>Manufacturer:</b>	<b>Vexcel Imaging GmbH, A-8010 Graz, Austria</b>
<b>Panchromatic Camera:</b>	<b>ck = 79.800 mm</b>
<b>Multispectral Camera:</b>	<b>ck = 79.800 mm</b>
<b>Date of Calibration:</b>	<b>Mar-20-2020</b>
<b>Date of Report:</b>	<b>Mar-20-2020</b>
<b>Revision of Camera:</b>	<b>Rev05.00</b>
<b>Version of Report:</b>	<b>V01</b>

# Panchromatic Camera

## Large Format Panchromatic Output Image

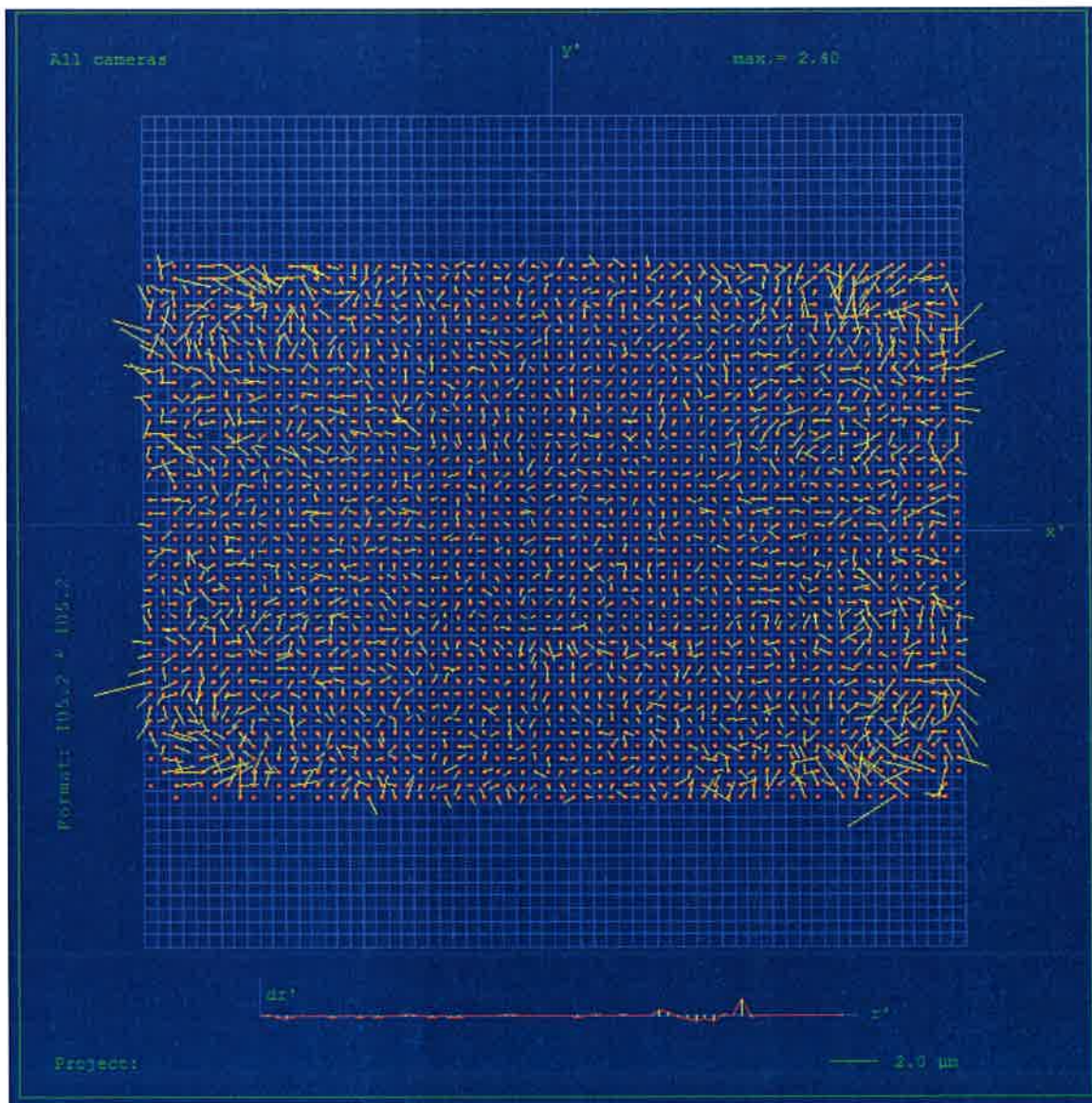
<b>Image Format</b>	long track	68.016mm	13080pixel
	cross track	104.052mm	20010pixel
<b>Image Extent</b>		(-34.01, -52.02)mm	(34.01, 52.02)mm
<b>Pixel Size</b>		5.200µm*5.200µm	
<b>Focal Length</b>	ck	79.800 mm	± 0.002mm
<b>Principal Point (Level 2)</b>	X_ppa	0.000 mm	± 0.002mm
	Y_ppa	0.000 mm	± 0.002mm
<b>Lens Distortion</b>	Remaining Distortion less than 0.002mm		

# Multispectral Camera

## Medium Format Multispectral Output Image (Upscaled to panchromatic image format)

<b>Image Format</b>	long track	68.016mm	4360pixel
	cross track	104.052mm	6670pixel
<b>Image Extent</b>		(-34.01, -52.02)mm	(34.01, 52.02)mm
<b>Pixel Size</b>		15.600µm*15.600µm	
<b>Focal Length</b>	ck	79.800 mm	
<b>Principal Point (Level 2)</b>	X_ppa	0.000 mm	± 0.002mm
	Y_ppa	0.000 mm	± 0.002mm
<b>Lens Distortion</b>	Remaining Distortion less than 0.002mm		

### Full Pan Image, Residual Error Diagram



**Residual Error (RMS):**                      **0.95 μm**



**Explanations:**

**1) Calibration Method:**

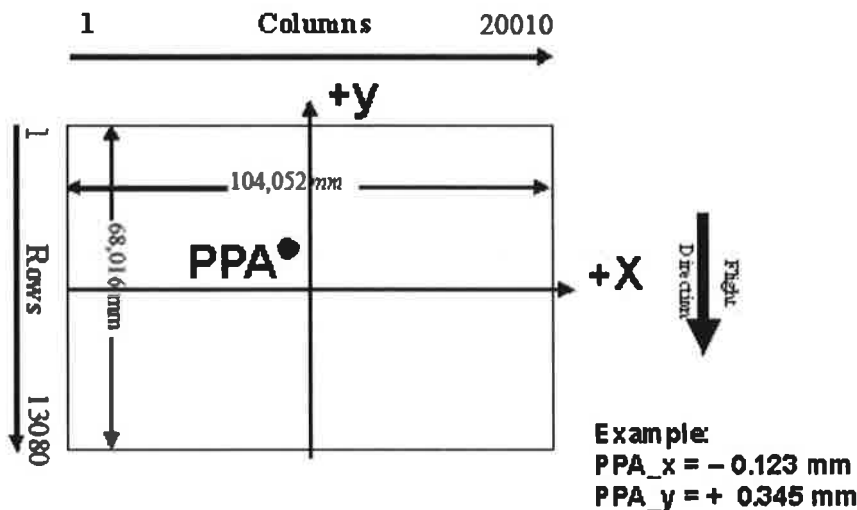
The geometric calibration is based on a set of 84 images of a defined geometry target with 394 GCPs.

Number of point measurements for the panchromatic camera : 19244  
 Number of point measurements for the multispectral camera : 75260

Determination of the image parameters by Least Squares Adjustment.  
 Software used for the adjustment: BINGO (GIP Eng. Aalen, Germany)

**2) Level 2 Image Coordinate System:** PAN 20010 pixel by 13080 pixel  
 MS 6670 pixel by 4360 pixel

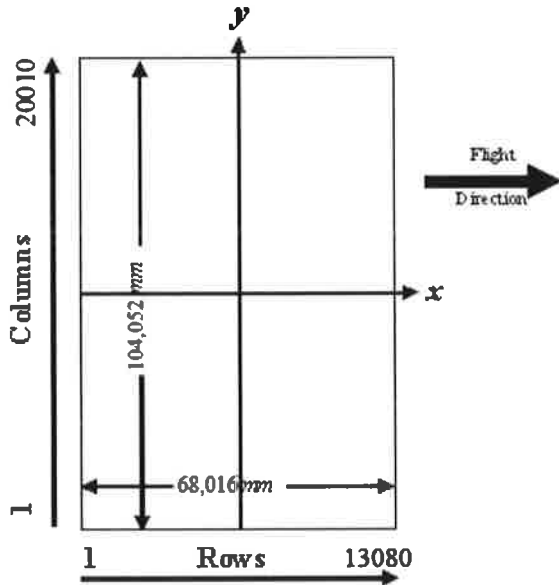
**Lvl2, Camera prop. Orientation**



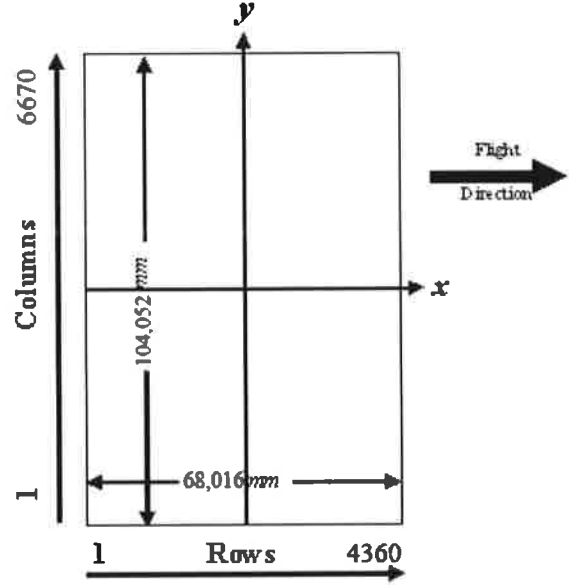
The image coordinate system of the Level 2 images is shown in the above figure. The level 2 image consists of 20010 columns and 13080 rows, which leads to a total image format of 104.052 x 68.016 mm. The coordinate of the principal point in the level 2 image is given on page 3 of this report. The above figure shows the position of an example principal point at the coordinate (-0.123 / 0.345).

**3) Level 3 Image Coordinate System:**  
(after rotation of 270° CW)

PAN 20010 pixel by 13080 pixel  
MS 6670 pixel by 4360 pixel



Panchromatic Image Format



Multispectral Image Format

=====

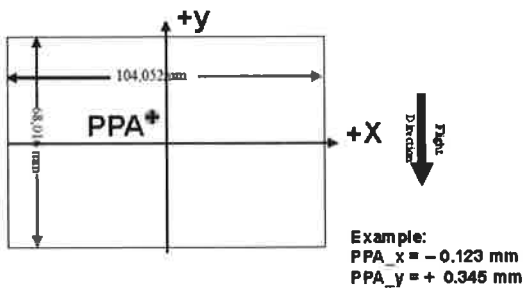
**4) Position of Principal Point in Level 3 Image**

The position of the principal point in the level 3 image depends on the “rotation” setting used in UltraMap during the pan-sharpening step. The exact position relative to the image center is given in the table below as a function of the rotation setting used in UltraMap. The coordinates are specified for clockwise (CW) rotation in steps of 90 degrees, according to the principal point coordinate given on page 3 for high- and low resolution images.

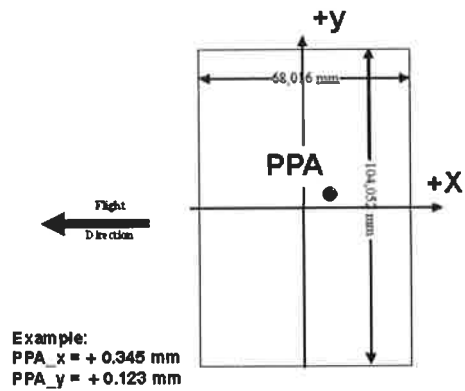
Image Format	Clockwise Rotation (Degree)	PPA	
		X	Y
Level 2	-	0.000	0.000
Level 3	0	0.000	0.000
Level 3	90	0.000	0.000
Level 3	180	0.000	0.000
Level 3	270	0.000	0.000

The coordinates in the figure below are only example values to illustrate the effect of image rotation on the principal point position, and do **not** correspond to the camera described in this report.

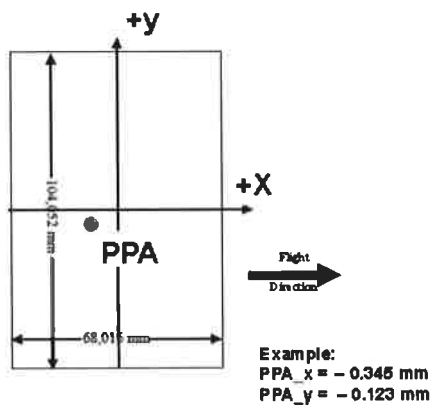
Lvl3, Rotation 0 deg clockwise



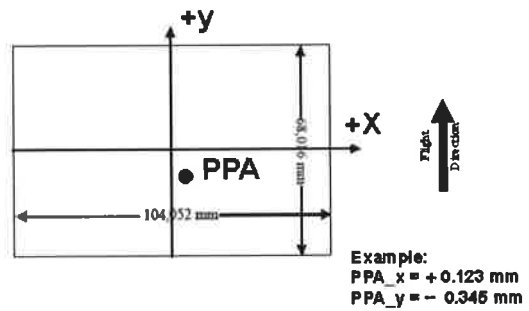
Lvl3, Rotation 90 deg clockwise



Lvl3, Rotation 270 deg clockwise



Lvl3, Rotation 180 deg clockwise



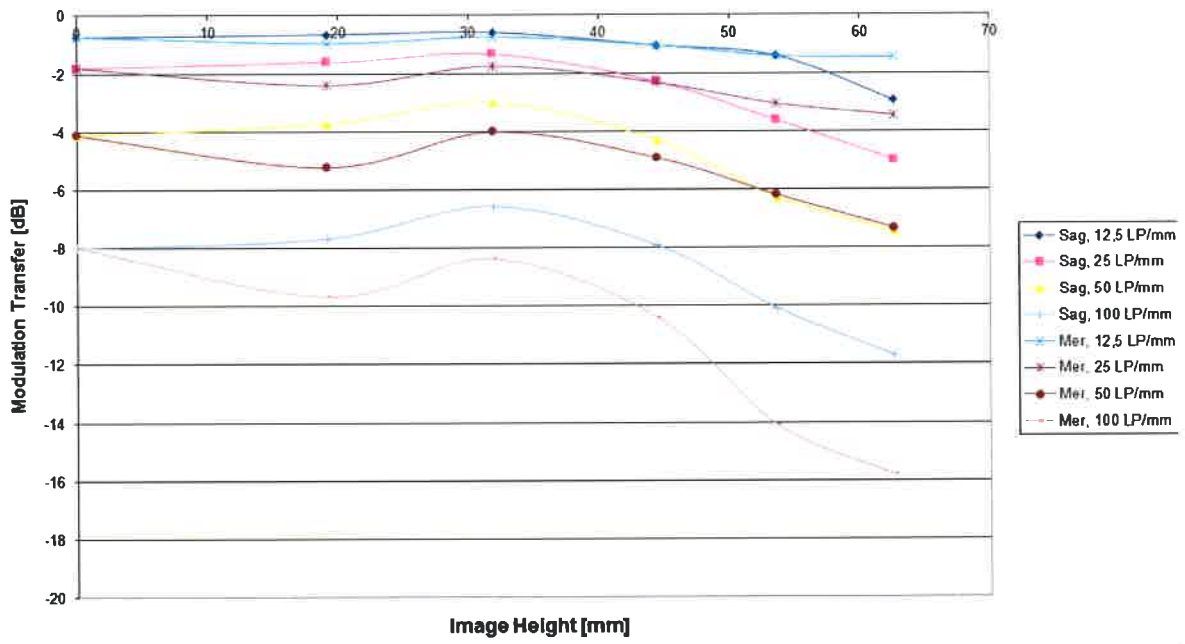
## Lens Resolving Power

The following curves show the development of the modulation transfer function across different image heights of the panchromatic cones. Please note that these values have been calculated and can vary up to 10% with optics from production (especially at high LP's).

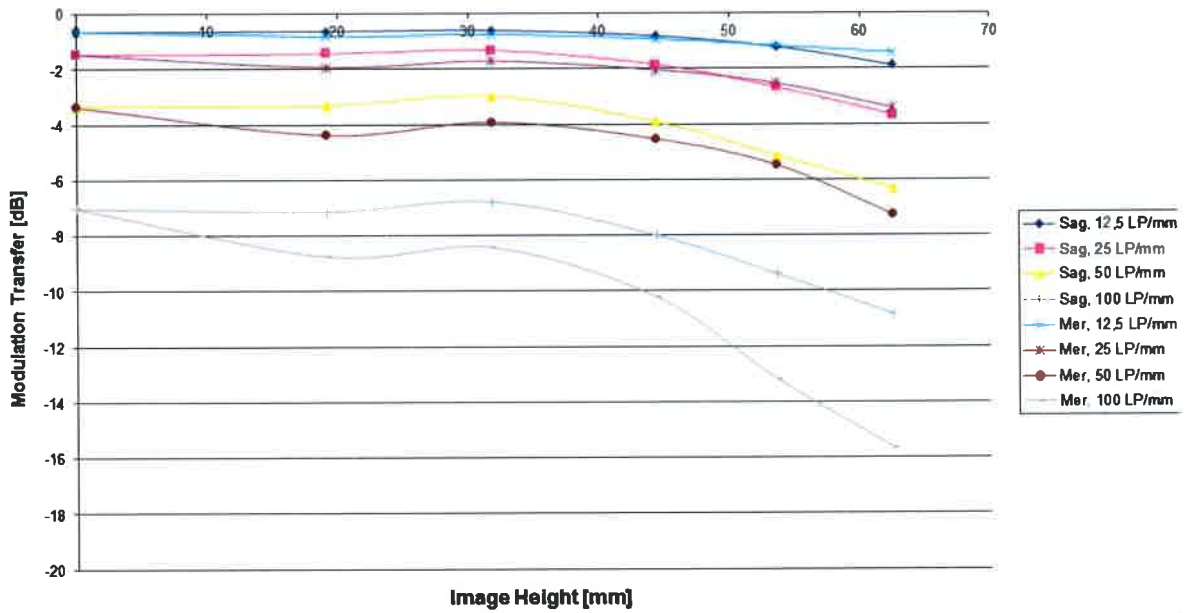
The curves are given for the meridional (tangential) and sagittal (radial) component of signals at frequencies of 12.5, 25, 50 and 100 line pairs per millimeter.

As the MTF is a function of the specific aperture size used, one set of curves is given for each aperture size.

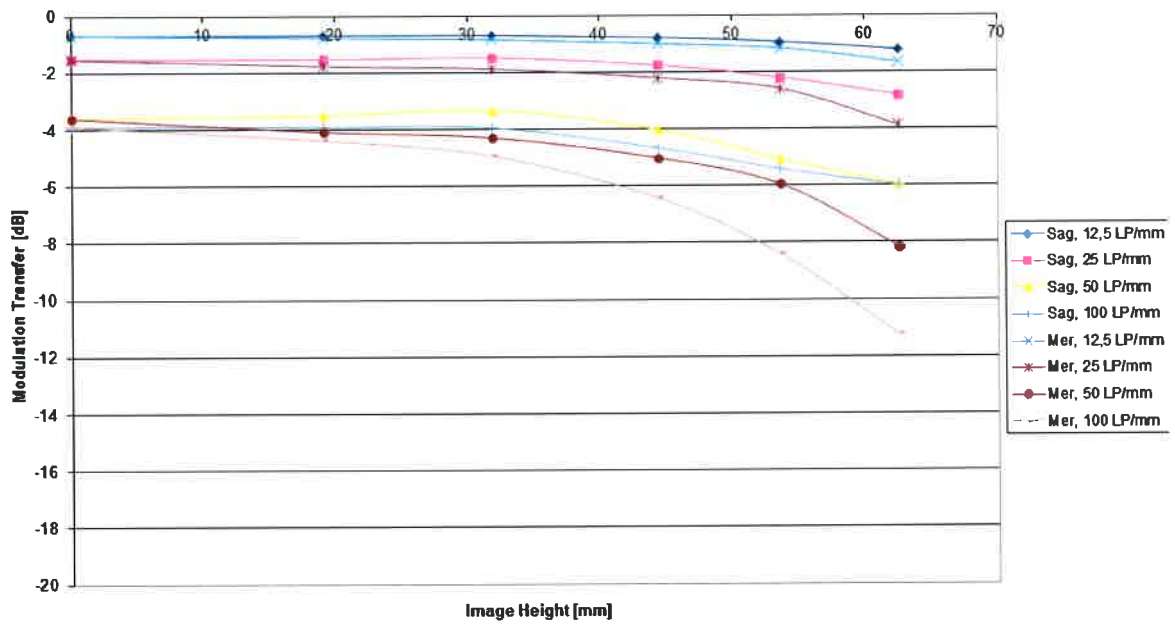
Modulation versus Image Height - Aperture f / 5.6



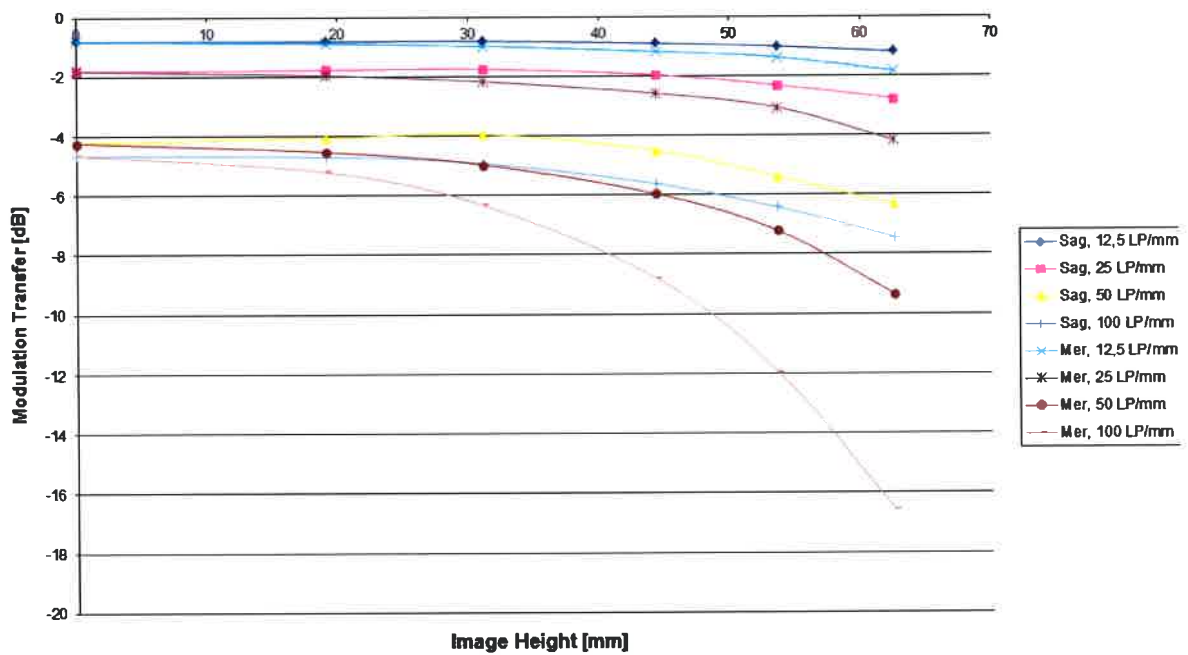
Modulation versus Image Height - Aperture f / 6.7



Modulation versus Image Height - Aperture f / 8

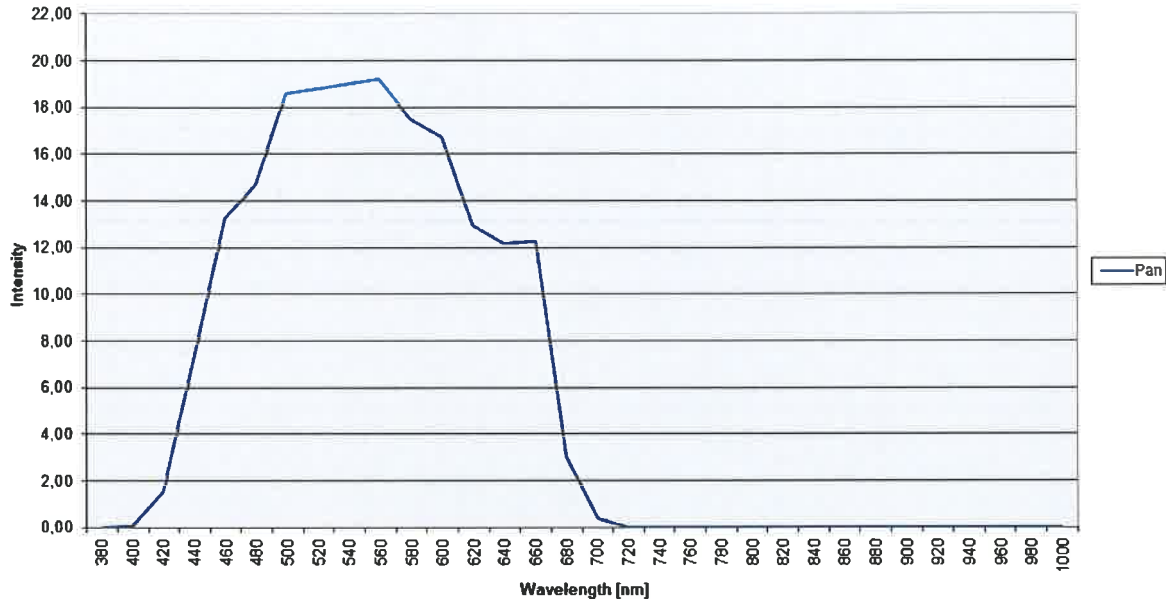


Modulation versus Image Height - Aperture f / 9.5

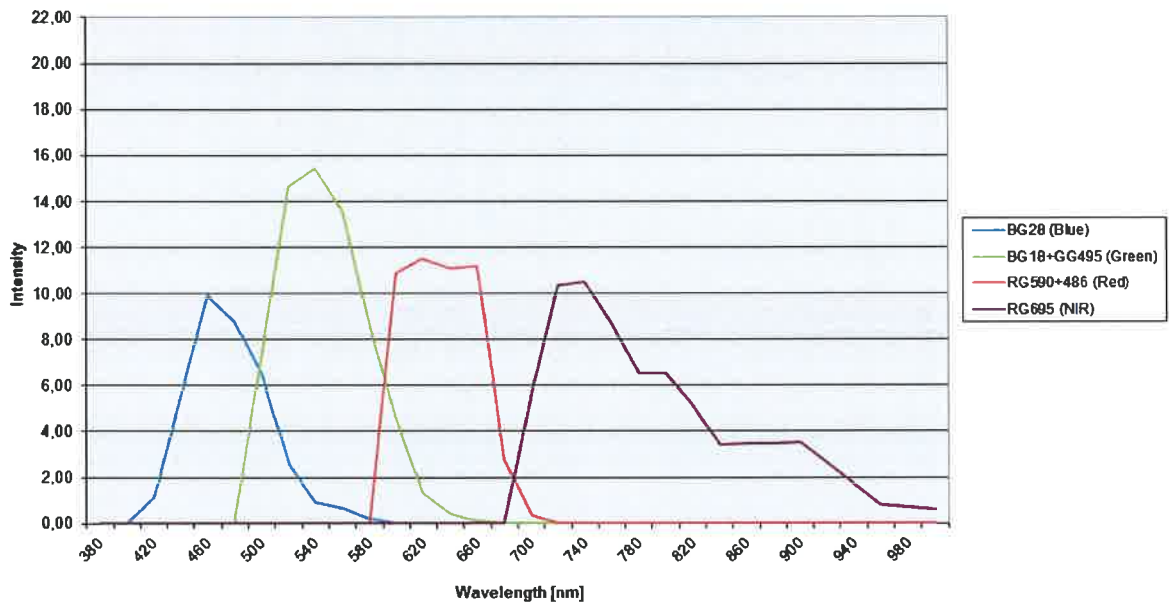


# Spectral Sensitivity

Spectral Sensitivity Vexcel UltraCam Eagle - Panchromatic with AR-106 Coating



Spectral Sensitivity Vexcel UltraCam Eagle - Multispectral with AR-106 Coating



# Calibration Report

## Radiometric Calibration



**Camera:** UltraCam Eagle, S/N UC-Eagle-1-30813473-f80

**Manufacturer:** Vexcel Imaging GmbH, A-8010 Graz, Austria

	PAN	R, G, NIR	B
Aperture	F5.6	F8.0	F5.6
	F6.7	F9.3	F6.5
	F8	F11	F8
	F9.5	F13	F9.5
	F11	F16	F11
	F13	F19	F13
	F16	F22	F16
	F22	F27	F22

**Date of Calibration:** Mar-20-2020  
**Date of Report:** Mar-20-2020  
**Revision of Camera:** Rev05.00  
**Version of Report:** V01



## **Explanations:**

### **Calibration Method:**

The radiometric calibration is based on a series of 50 flat field images for each aperture size and sensor. The flat field is illuminated by eight normal light lamps with known spectral illumination curves.

These images are used to calculate the specific sensitivity of each pixel to compensate local as well as global variations in sensitivity. Sensitivity tables are calculated for each sensor and aperture setting, and applied during post processing from level 0 to level 1.

Outlier Pixels that do not have a linear behavior as described in the CCD specifications are marked as defective during the calibration procedure. These pixels are not used or only partially used during post processing and the information is restored by interpolation between the neighborhood pixels surrounding the defective pixels.

Certain pixels that are named Qmax pixels due to the fact that they can only store and transfer charge up to a certain maximum amount are detected in an additional calibration step. These pixels are treated differently during post processing, since their behavior can affect not only single pixel values but whole columns.

# Calibration Report

## Summary



**Camera:** UltraCam Eagle, S/N UC-Eagle-1-30813473-f80

**Manufacturer:** Vexcel Imaging GmbH, A-8010 Graz, Austria

**Date of Calibration:** Mar-20-2020  
**Date of Report:** Mar-20-2020  
**Revision of Camera:** Rev05.00  
**Version of Report:** V01

The following calibrations have been performed for the above mentioned digital aerial mapping camera:

- Geometric Calibration
- Verification of Lens Quality and Sensor Adjustment
- Radiometric Calibration
- Calibration of Defective Pixel Elements
- Shutter Calibration
- Sensor and Electronics Calibration

This equipment is operating fully within specification as defined by Vexcel Imaging GmbH.



Dr. Michael Gruber  
Chief Scientist, Photogrammetry  
Vexcel Imaging GmbH



Dipl. Ing. (FH) Helmut Jauk  
Senior Project Engineer R&D  
Vexcel Imaging GmbH