

**ALLEGATO N.1 AL CAPITOLATO SPECIALE  
D'APPALTO PER LA REALIZZAZIONE  
DI RILIEVI LIDAR E DI RILIEVI  
AEROFOTOGRAMMETRICI**

**SPECIFICHE TECNICHE**

## INDICE

<b>1</b>	<b><u>PARTE I: ZONE DI RILEVAZIONE</u></b> .....	<b>3</b>
1.1	<u>ZONE DI RILEVAZIONE</u> .....	3
1.1.1	<u>Tipologia delle aree per i rilievi LIDAR</u> .....	3
1.1.2	<u>Tipologia delle aree per i rilievi aerofotogrammetrici</u> .....	3
<b>2</b>	<b><u>PARTE II: NORME TECNICHE-RILEVAZIONE</u></b> .....	<b>4</b>
2.1	<u>PROGETTAZIONE E PIANIFICAZIONE DEI VOLI - VALUTAZIONE DI FATTIBILITÀ</u> .....	4
2.2	<u>STRUMENTAZIONE</u> .....	4
2.3	<u>RILEVAZIONE POSIZIONALE: AREE TEST, GCP, STAZIONI GPS A TERRA</u> .....	5
2.4	<u>RILIEVI CONFINANTI</u> .....	6
2.5	<u>TRATTAMENTO DEI DATI E MATERIALE AUSILIARIO</u> .....	6
2.6	<u>PARZIALE COPERTURA</u> .....	6
<b>3</b>	<b><u>PARTE III: MATERIALI DI CONSEGNA E PRODOTTI</u></b> .....	<b>7</b>
3.1	<u>FORNITURA PRELIMINARE ALL'ESECUZIONE DEI RILIEVI</u> .....	7
3.2	<u>FORNITURA A RILIEVI ESEGUITI</u> .....	7
3.2.1	<u>Descrizione generale dei prodotti</u> .....	7
3.2.1.1	<u>Dati grezzi (1)</u> .....	8
3.2.1.2	<u>Relazione del rilievo (2)</u> .....	9
3.2.1.3	<u>Metadata e informazioni a corredo (5)</u> .....	10
3.3	<u>FORMATI E TAGLIO DI CONSEGNA</u> .....	10
3.3.1	<u>LIDAR</u> .....	10
3.3.2	<u>Rilievi fotogrammetrici</u> .....	11
<b>4</b>	<b><u>PARTE IV: GLOSSARIO</u></b> .....	<b>14</b>

# 1 PARTE I: ZONE DI RILEVAZIONE

## 1.1 ZONE DI RILEVAZIONE

Le zone di rilevazione sia per i rilievi LIDAR sia per i rilievi aerofotogrammetrici ricadono nel territorio della Regione Toscana.

### **1.1.1 Tipologia delle aree per i rilievi LIDAR.**

Le aree sulle quali dovranno essere eseguiti i rilievi LIDAR per la produzione dei modelli digitali sono di 3 tipologie:

- aree isolate di superficie massima fino a 150 ettari ciascuna;
- aree omogenee di superficie compresa tra 150 e 1.000 ettari ciascuna;
- aree omogenee di superficie maggiore di 1.000 ettari ciascuna.

### **1.1.2 Tipologia delle aree per i rilievi aerofotogrammetrici.**

Le aree sulle quali dovranno essere eseguite le riprese fotogrammetriche per la produzione di immagini a colori ortorettificate e stereoscopiche, con risoluzione al suolo • 20 cm, sono di 2 tipologie:

- aree isolate puntuali (strisciate singole di lunghezza massima fino a 7 km);
- aree omogenee di superficie maggiore di 1.000 ettari ciascuna.

Le aree sulle quali dovranno essere eseguite le riprese fotogrammetriche per la produzione di immagini a colori ortorettificate e stereoscopiche, con risoluzione al suolo • 40 cm, sono della seguente tipologia:

- aree omogenee di superficie maggiore di 100.000 ettari ciascuna.

## 2 PARTE II: NORME TECNICHE-RILEVAZIONE

### 2.1 Progettazione e pianificazione delle riprese - Valutazione di fattibilità

In rapporto a quanto dovrà essere dichiarato dai Concorrenti in fase di offerta:

- § le riprese devono essere eseguiti mediante velivoli adeguati dei quali sia garantita la libera e completa disponibilità da parte dell'appaltatore per il periodo necessario per le riprese. Devono, inoltre, essere comunicati al **DRC**: estremi della licenza ministeriale; casa costruttrice, tipo, immatricolazione; potenza del o dei motori in CV; quota massima operativa; velocità di crociera alla quota operativa;
- § la progettazione e la pianificazione delle riprese dovrà avere una ricopertura sufficiente a garantire la continuità della rilevazione. Sarà suddivisa in **blocchi di volo** in funzione dell'andamento plano-altimetrico della superficie di rilevazione. Ogni **blocco di volo** dovrà essere dotato in modo autonomo di **strisciate** trasversali alla direzione principale di volo, indicativamente in testa e in coda. La pianificazione dei voli e delle attività a terra (stazioni fisse **GPS**, e **GCP**) dovrà garantire risultati correttamente georeferenziati e minimizzazione dell'errore sistematico che dovrà comunque essere compatibile con l'accuratezza dei prodotti richiesti;
- § le riprese dovranno essere effettuate nelle condizioni più favorevoli rispetto allo specifico sistema di rilievo e ciò con riferimento sia alle condizioni contingenti (atmosferiche e di illuminazione) che alle variabili stagionali. Per il LIDAR altimetrico (indicativamente dicembre-marzo), si dovrebbe minimizzare la portata dei fiumi e la vegetazione (arborea, arbustiva, colturale e ripariale in prossimità di corsi d'acqua). Per le riprese fotografiche (indicativamente aprile-settembre), oltre all'assenza di nuvole, nebbie o foschie, si dovranno privilegiare idonee condizioni di illuminazione (le ore a cavallo del mezzogiorno) che minimizzino le ombre e le dominanti di colore.

Tutti gli aspetti di cui sopra dovranno essere preventivamente valutati al fine di pianificare le attività.

Qualora l'**OE\_AGG** incontri problemi non altrimenti risolvibili, provvederà a segnalare al Direttore dell'esecuzione del contratto la non fattibilità della rilevazione su determinate zone e consegnerà una delimitazione vettoriale del perimetro delle stesse, proponendo soluzioni alternative o rinunciando per quelle aree a ogni corrispettivo.

### 2.2 Strumentazione

I sistemi di rilievo nel loro complesso dovranno possedere i requisiti di precisione ed accuratezza, e dovranno essere calibrati e testati in modo tale da garantire il raggiungimento dell'**accuratezza** prevista per ciascun prodotto.

Al **DRC** devono essere comunicati i dati inerenti la marca, il tipo e l'anno di costruzione della strumentazione, delle quali l'impresa deve fornire, in copia, i certificati di taratura con data non anteriore a due anni.

Dai certificati di taratura deve risultare:

- § la distorsione media dell'obiettivo determinata sulle due diagonali;
- § lo **SQM** nella determinazione della distanza principale e delle coordinate del punto principale, rispetto al riferimento definito dalle marche fiduciarie;
- § il potere separatore dell'obiettivo nella zona fotografata.

La strumentazione dovrà essere approvata dal **DeC**. Nel caso in cui l'**OE\_AGG** abbia proposto in sede di offerta più strumentazione idonea, sarà facoltà del **DeC** scegliere quella da impiegare. Nelle Schede di rilevazione non deve pertanto essere indicata strumentazione inidonea o non

destinata all'esecuzione del presente appalto.

Nel caso di camera analogica, il formato utile dell'immagine della camera fotogrammetrica dovrà essere di 23x23 cm e la pellicola a emulsione fotografica, da utilizzare per i negativi, deve avere le migliori caratteristiche di indeformabilità e la qualità di sensibilità e di finezza della grana deve essere ottimale per i rilievi aerofotogrammetrici.

Deve inoltre essere dichiarato che il periodo di validità del film non sia ancora scaduto e che sia stato conservato nelle prescritte condizioni. Lo sviluppo dei negativi dev'essere effettuato tramite strip di controllo densimetrico. Pertanto, a ogni rullo dei film dev'essere allegato il relativo test.

All'inizio delle operazioni di sviluppo il *DeC* deve definire, in accordo con l'*OE\_AGG*, i valori della densità minima e massima ammissibili.

## 2.3 Rilevazione posizionale: Aree test, GCP, Stazioni GPS a terra

Ciascuna missione di volo dovrà iniziare e finire con almeno 5 minuti di registrazione dei dati statici dell'aereo. Preliminarmente all'esecuzione della missione dovrà essere pianificato, tramite opportuno software di simulazione, il periodo di esecuzione in modo da garantire una buona copertura satellitare tale da ottenere, per tutta la durata della missione, un *PDOP* non superiore a 3 e comunque in linea con le metodiche applicate e con le accuratezze richieste.

Successivamente all'esecuzione della ripresa aerea (LIDAR e fotogrammetrica) dovranno essere elaborati i dati registrati della stazione satellitare sul velivolo e di quelle permanenti a terra in modo da determinare le coordinate planimetriche e la quota ellissoidica dei dati LIDAR, i centri di presa e l'orientamento delle immagini fotogrammetriche, ovvero messe in atto tutte le metodiche previste dai sistemi adottati.

L'*OE\_AGG* dovrà predisporre, nell'area di rilevazione, opportune aree-test che, per numero e localizzazione, consentano almeno un sorvolo a ogni volo. Su tali aree, che dovranno essere pianeggianti, contenere fabbricati grandi e regolari (ad es.: piazzali ed edifici industriali, parcheggi e centri commerciali, ecc. ), tali cioè da consentire un'alta *accuratezza* delle misure, dovranno essere rilevati mediante *GPS* alcuni *punti di controllo sul terreno*, le cui coordinate verranno preventivamente consegnare al *DeC*. In fase di acquisizione del dato, tali aree verranno utilizzate per verificare la stabilità della calibrazione degli strumenti e l'esclusione o minimizzazione di eventuali errori sistematici.

Nelle relazioni tecniche verranno sintetizzati i risultati delle analisi statistiche di confronto tra dati acquisiti e i dati misurati a terra sulle aree test.

Durante l'esecuzione delle rilevazioni dovranno essere registrati, oltre ai segnali satellitari della stazione montata a bordo del velivolo, con epoca di 1 secondo, anche quelli di un certo numero di stazioni *GPS* a terra di coordinate note per l'impiego della tecnica differenziale. Le stazioni, dotate di ricevitori *GPS* a doppia frequenza, con acquisizione di 1 Hz, devono essere posizionate in modo da garantire la ricezione contemporanea del segnale di un numero sufficiente di satelliti (non meno di cinque), i medesimi intercettati dal sistema *GPS* dell'aereo.

Potranno essere utilizzate come stazioni permanenti sia stazioni appositamente dedicate (le cui coordinate dovranno essere determinate con una *accuratezza* analoga a quelle dei vertici della rete di inquadramento), sia stazioni pubbliche i cui dati siano affidabili e disponibili, in mancanza o a integrazione di queste è consentito l'utilizzo di stazioni temporanee installate dall'*OE\_AGG*, le cui coordinate siano determinate nella rete geodetica IGM95.

L'*OE\_AGG* dovrà comunicare in anticipo la stazione permanente che intende utilizzare. Sarà cura e responsabilità dell'*OE\_AGG* assicurarsi il funzionamento della stazione permanente con inizio e fine prima e dopo l'avvio delle registrazioni della stazione situata sul velivolo.

Ai fini delle attività di verifica e di collaudo L'*OE\_AGG* dovrà rendere disponibili i dati *GPS* delle stazioni utilizzate relativi ai periodi di effettuazione della rilevazione, sia in termini di valori *DOP* che di numero di satelliti presenti.

Le limitazioni di distanza e il numero di stazioni utili dipende dalle metodiche adottate e vanno specificate nell'offerta tecnica.

## 2.4 Rilievi confinanti

Qualora il rilievo venga a confinare con un altro rilievo dello stesso tipo, eseguito su specifiche omogenee a quanto stabilito nel presente *CSA*, i prodotti dovranno armonizzarsi con quanto realizzato e dovrà essere garantita la parziale sovrapposizione del dato grezzo LIDAR e della ripresa al fine di garantire la continuità e l'omogeneità del dato elaborato e dei relativi prodotti.

## 2.5 Trattamento dei dati e materiale ausiliario

I dati acquisiti dovranno essere trattati con i rispettivi software, tenendo conto di tutte le informazioni derivanti dalla rete *GPS* di terra, dal *GPS* e dalle piattaforme inerziali di bordo, al fine di definire in modo ottimale la georeferenziazione dei dati lidar e delle immagini fotogrammetriche.

Di norma si esclude l'utilizzazione di altre fonti per adattare i dati rilevati nell'ambito della presente fornitura, a eccezione di procedure ampiamente documentate e concordate con il *DeC*.

Eventuale materiali integrativi di proprietà del Committente, rilasciati a supporto del presente progetto, dovranno essere utilizzati esclusivamente ai fini del presente appalto e poi distrutti.

## 2.6 Parziale copertura

Il Committente non riconoscerà alcun corrispettivo per aree sulle quali i prodotti non abbiano l'*accuratezza* richiesta, anche se ciò risultasse in conseguenza di problemi non dipendenti dalla volontà dell'*OE\_AGG* (ad es.: la presenza di eventuali zone di disturbo del segnale che impediscano una corretta rilevazione posizionale).

Ove la rimozione di problemi che impediscono la realizzazione dei prodotti richiesti comporti attività aggiuntive, imprevedibili al momento della presentazione dell'offerta, chiaramente documentate sotto il profilo della motivazione e dei costi, esse potranno essere realizzate solo se preventivamente autorizzate dal *DRC*.

## 3 PARTE III: MATERIALI DI CONSEGNA E PRODOTTI

### 3.1 Fornitura preliminare all'esecuzione dei rilievi

Prima dell'esecuzione delle varie riprese, l'*OE\_AGG* deve presentare per ciascun sistema di rilevazione il "Progetto preliminare del rilievo", costituito dai seguenti elaborati:

- § Informazioni sulla strumentazione, ed eventuale dichiarazione di validità del film( vedi paragrafo 2.2)
- § archivio vettoriale georiferito che riporti per ciascun *blocco di volo*, i confini delle aree da rilevare, i piani di volo con grafico delle strisciate, le direttrici di volo, il ricoprimento longitudinale (se del caso), le sovrapposizioni laterali, (vedi anche paragrafo 2.1) ;
- § report sulla verifica temporale e spaziale dei valori di *PDOP* utilizzata per la pianificazione dei voli;
- § grafico delle stazioni permanenti, (vedi paragrafo 2.3), e dei vertici IGM95 e vertici di raffittimento che saranno utilizzati in fase di rilievo;
- § grafico dei poligoni di calibrazione del sistema e misurazioni (x, y, z) eseguite a terra (aree test e *GCP*) e relativa documentazione;
- § la dichiarazione di "Assunzione di responsabilità" a eseguire le prestazioni nel rispetto delle prescrizioni delle normative vigenti in materia di sicurezza dei lavoratori e di igiene degli ambienti di lavoro.

Eventuali variazioni dei parametri o utilizzo di strumenti diversi, rispetto a quanto dichiarato nell'offerta tecnica, possono essere solo migliorativi rispetto ai risultati attesi, non devono comportare costi aggiuntivi per il Committente e devono essere comunque essere comunicati al *DeC* ed approvati dal *DRC*.

Il Progetto preliminare è valutato dal *DeC*. Qualora il progetto preliminare sia conforme a quanto atteso, il *DRC* lo approva inviandone comunicazione all'*OE\_AGG*, e comunicandole contestualmente la data dichiarata utile per l'effettuazione del rispettivo volo; diversamente invia una "Nota tecnica" in cui sono elencate le integrazioni e/o correzioni richieste che risultano vincolanti per l'esecuzione delle prestazioni e il superamento del collaudo.

### 3.2 Fornitura a rilievi eseguiti

#### 3.2.1 Descrizione generale dei prodotti

Per ciascuna tipologia di rilievo dovrà fornirsi la seguente documentazione:

- 1) Dati grezzi (Lidar e Dati sorgente aerofotogrammetrici)
- 2) Relazione tecnica del rilievo
- 3) *GCP (punti d'inquadramento geometrico)*
- 4) Dati GPS
- 5) Metadata e informazioni a corredo

E specificatamente per i rilievi LIDAR dovranno inoltre fornirsi:

- a) MDI Modello digitale dell'Intensità di risposta il valore con cui l'impulso laser viene riflesso dalla superficie intercettata.
- b) Nuvola di punti classificati (terreno), utilizzati per il MDT (Ground)
- c) Nuvola di punti classificati come edifici e manufatti sospesi, utilizzati per il MDS (Overground)
- d) MDT con celle di 1 x 1 m da realizzarsi tramite tecnica di rilevazione LIDAR aviotrasportato.

- e) MDS con celle di 1 x 1 m da realizzarsi tramite tecnica di rilevazione LIDAR aviotrasportato.
- f) Elementi vettoriali :
- perimetrazione delle aree a vegetazione fitta o con altri elementi che hanno determinato, motivatamente, un adattamento o una correzione uniforme o interpolata della quota altimetrica;
  - perimetrazione degli elementi pensili 3D che determinano una doppia quota;
  - limiti di elaborazione del dato, quadro d'unione delle tavole e le eventuali zone no-data.
  - perimetrazione delle superfici coperte con ogni volo con relativa indicazione dell'effettiva data di rilievo
  - piano di volo effettuato

Mentre per i rilievi aerofotogrammetrici:

- g) Dati di piazzamento dei modelli stereoscopici
- h) Ortoimmagini digitali ottenute da ortorettifica e mosaicatura di fotogrammi che, per *risoluzione geometrica e radiometrica, accuratezza* della georeferenziazione e dell'ortorettifica, visione zenitale, riduzione delle ombre e *risoluzione geometrica al suolo* idonea, consentano l'aggiornamento speditivo del *DB topografico* 2D. La mosaicatura dovrà coincidere geometricamente e radiometricamente tra immagini contigue, in modo che il lavoro nell'insieme si adatti il più possibile alla realtà del terreno<sup>1</sup>; il taglio geografico dell'ortoproiezione dovrà corrispondere agli inquadramenti di cui alla CTR rispettivamente 1:10.000 e 1:2.000 e comunque sarà concordato con il *DeC*; l'ortoproiezione sarà realizzata con il miglior MDT disponibile, utilizzando anche l' MDS nei casi in cui l'uso del MDT non sia sufficiente (ad esempio in presenza di viadotti). La dimensione massima ammissibile del pixel al suolo è pari a 0,20 m per i rilievi volti a produrre immagini stereoscopiche ed ortofoto per restituzioni ed indagini in scala 1:2.000, e pari a 0,40 m per i rilievi atti ad indagini in scala 1:10.000.
- i) stampe su carta fotografica delle immagini, finalizzate alla consultazione d'archivio, corrispondenti ai singoli aerofotogrammi nel caso di ripresa con camera analogica o digitale a matrice, o a singoli aerofotogrammi virtuali ricostruiti nel formato 23x23 cm nel caso di ripresa con sensore digitale ad array lineare, e in ogni caso corredati singolarmente dei tipici elementi informativi (numero d'ordine, strisciata, data e ora, quota, bolla, impresa, committente)
- j) files delle immagini per la stampa su carta di cui sopra, o negativi nel caso di ripresa con camera analogica, da depositarsi presso laboratorio fotografico opportunamente attrezzato, sito nel comune di Firenze o comuni limitrofi.
- k) File vettoriali (piani di volo effettuati, punti trigonometrici, quadri d'unione dei mosaici delle ortorettifiche)

Di seguito alcune delucidazioni in merito alla fornitura

### 3.2.1.1 *Dati grezzi (1)*

Rappresentano l'insieme dei dati acquisiti dal sistema di ricognizione senza altra trasformazione se non quella di formato, ove si tratti di formati proprietari del software d'acquisizione, ma senza alcun adattamento o elaborazione.

Per le diverse tipologie di rilievo devono consegnarsi:

<sup>1</sup> Per motivi di plottaggio e di taglio, il campo dell'ortoproiezione, definito per ogni elemento dalle coordinate geografiche e rettilinee dei suoi vertici, dovrà essere leggermente più grande del campo dell'elemento stesso; a tal fine indicazioni precise verranno concordate con il *DeC*.



LIDAR: Dati grezzi Lidar "Nuvola di punti" senza trattamenti di filtraggio o adattamento di alcun tipo forniti per singola strisciata, conservando la ridondanza delle misure, ripetute ad ogni passaggio, sui poligoni di verifica. Cioè misure dirette del sensore che includono fabbricati, vegetazione e tutti gli oggetti che al momento della misura possono essere stati colpiti dal laser: ad esempio autoveicoli che nel momento della rilevazione si trovano nell'area o eventuali punti singolari non corretti (troppo alti o troppo bassi). Elementi, questi ultimi, che vengono tolti nelle successive fasi di elaborazione del dato, rappresentano il "dato originale" della ricognizione e si lasciano al loro interno per garantirne l'integrità.

IMMAGINI FOTOGRAMMETRICHE: Immagini fotogrammetriche nel loro formato originale (fotogrammi o strisciate continue digitali, una copia negativa nel caso di camera analogica) con sovrapposizioni e dati sorgenti di orientamento della ripresa per la ricostruzione del modello stereoscopico. In caso di riprese aeree eseguite con camera analogica, sui negativi dovranno risultare impressi:

- il numero d'ordine di ciascun fotogramma e quello della relativa strisciata;
- la data e l'ora della presa;
- la quota di volo;
- la posizione della bolla sferica;
- il nominativo dell'impresa e quello della Regione Toscana;

### 3.2.1.2 Relazione del rilievo (2)

A riprese eseguite l'OE\_AGG dovrà consegnare la relazione tecnica e gli allegati forniti, ove richiesto anche in formato digitale (traiettoria, grafici di separazione dei calcoli sul volo), conterranno: la documentazione completa a supporto delle operazioni svolte e dei prodotti di consegna, la descrizione di carattere generale delle varie fasi esecutive della rilevazione e tutti i dati accessori utilizzati per il raggiungimento del risultato finale atteso.

In particolare conterranno:

- grafico delle *strisciate* effettuate in sede di rilievo corredate della data di esecuzione dei voli;
- rapporto dei voli (tipo di veicolo, grafici e traiettoria di volo, quota, velocità relativa, condizioni atmosferiche e di illuminazione);
- file in formato RINEX relativi alle epoche acquisite dai ricevitori *GPS* a terra e a bordo utilizzati per le correzioni differenziali dei dati;
- schede monografiche relative a eventuali stazioni *GPS* fisse di terra e *GCP*, collegati tra loro e ad almeno due vertici della rete IGM95;
- report relativi alla calibrazione del sistema;
- confronto tra i dati grezzi delle rilevazioni e i dati delle aree test, con il calcolo degli scarti delle misure altimetriche;
- report di calcolo e tabulati finali relativi alle traiettorie di volo, rappresentanti i centri di fase del sistema di rilevamento durante l'acquisizione;
- report relativo alle procedure di filtraggio dei dati grezzi LIDAR per la eliminazione dei punti incorretti e i provvedimenti adottati nel caso in cui l'operazione di filtraggio abbia diminuito in modo significativo la densità prevista dei punti rilevati;
- report dei processi di georeferenziazione, ortorettifica e ricostruzione del modello stereoscopico, con l'indicazione degli algoritmi di elaborazione utilizzati nelle diverse fasi del processo.

La relazione dovrà inoltre attestare che:

- non si sono verificati problemi tecnici in fase di acquisizione dei dati e che l'area è stata rilevata senza lacune e discontinuità o errori sistematici (costanti o con andamento lineare lungo le strisciate, offset, inclinazioni e curvature del volo, brusche manovre di volo, fattori di scala, ecc.);

- i dati plano-altimetrici e di rilevazione e ortorettifica sono stati adeguatamente controllati a campione e con i **GCP** e corrispondono all'**accuratezza** caratteristica del sistema di ricognizione e sono idonei a ottenere i prodotti con l'**accuratezza** richiesta dalle presenti specifiche;
- che i risultati delle riprese LIDAR e della georeferenziazione e ortorettifica delle foto non sono stati adattati a dati preesistenti o alle quote delle aree di controllo, salvo autorizzazione del **DRC** per l'introduzione di un metodo di adattamento concordato (ad esempio alla CTR 2K numerica).

### 3.2.1.3 Metadata e informazioni a corredo (5)

L'OE\_AGG, unitamente agli archivi di dati, dovrà fornire le relative schede di metainformazione compilate secondo le specifiche ISO19115 e trasferite nel formato xml secondo le specifiche ISO19139. Per la compilazione delle suddette schede, l'OE\_AGG dovrà far riferimento a quanto previsto dalla direttiva INSPIRE 2007/2/CE. A tale scopo, si veda il "Regolamento (CE) 3 dicembre 2008 n.1205, reperibile al seguente indirizzo:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008R1205:EN:NOT>

con particolare riguardo alla parte A e alla parte B sugli elementi informativi che dovranno essere forniti nella scheda di metainformazione. Per gli esempi di costruzione di tali schede si veda la specifica "INSPIRE Metadata Implementing Rules: Technical Guidelines based on EN ISO 19115 and EN ISO 19119 reperibile al seguente indirizzo:

[http://inspire.jrc.ec.europa.eu/reports/ImplementingRules/metadata/MD\\_IR\\_and\\_ISO\\_20081219.pdf](http://inspire.jrc.ec.europa.eu/reports/ImplementingRules/metadata/MD_IR_and_ISO_20081219.pdf)

Inoltre, in ottemperanza alle specifiche del Repertorio Nazionale Dati Territoriali (CNIPA) si precisa che le schede redatte dovranno essere composte di una parte "series" e una o più parti "dataset", tutte singolarmente valide in termini ISO19115.

Si informa, infine, che al seguente indirizzo internet:

<http://www.inspire-geoportal.eu/inspireEditor.htm>

è disponibile un editor online di metadati compatibile con le specifiche rilasciate dalla Commissione Europea: Commission Regulation (EC) n.1205/2008 3 dicembre 2008, (INSPIRE Metadata Implementing Rules). E con il quale è possibile effettuare eventuali verifiche relativamente alle modalità di impostazione di determinate parti della scheda.

Infine, la Regione Toscana mette a disposizione un proprio software per la compilazione di schede di metainformazione nel formato ISO 19115, liberamente scaricabili dall'indirizzo: <http://servizi.regione.toscana.it/sgr-iso19115/>

## 3.3 Formati e taglio di consegna

I formati e il taglio di consegna devono perseguire l'obiettivo di ottimizzare, in relazione alla natura dell'informazione, il rapporto tra dimensione/gestibilità del file e qualità dell'informazione.

Si precisa che il taglio geografico dovrà essere concordato con **DeC**.

### 3.3.1 LIDAR

Prodotti	Formato File	Note e specifiche di formato
Progetto preliminare del rilievo	RTF	digitali anche eventuali allegati
Dati grezzi LIDAR	ASCII	formato che prevede per ogni impulso il tempo di emissione, e per ogni risposta (First e Last pulse) le coordinate UTM-WGS84 (Est, Nord) e la quota ellissoidica, approssimate alla seconda cifra decimale, e il valore di intensità.
Nuvola dei soli punti utili MDT (GROUND)*	ASCII	formato che prevede per ogni punto le coordinate UTM-WGS84 (Est, Nord), la quota ellissoidica, approssimate alla seconda cifra decimale e il valore di intensità (intero). Campo classificazione tipologica per OVER GROUND

Nuvola dei punti utili MDS (OVER GROUND)*		
MDS*	ASCII-GRID	NCOLS, NROWS, XLLCORNER, YLLCORNER, CELLSIZE, NODATA_VALUE (-9999), NNNN,NN (valori Floating)
MDT*		
MDI* intensità risposta (toni di grigio)	TIFF + TFW	immagini a 8 o 24 bit senza perdita di qualità (risoluzione geometrica e radiometrica)
File vettoriali richiesti (zone no-data zone interpolate, elementi pensili, ecc.)	Shape 2D (SHP, SHX, DBF) + tabelle DBF associate o autonome	shape linee e poligoni
		corredati di eventuali attributi aggiuntivi in tabelle correlate o autonome
Relazione tecnica del rilievo, monografie dei punti trigonometrici, grafici, tabelle	RTF	digitali anche eventuali allegati
GCP	SHP, TIFF	punti d'inquadratura geometrico in formato shp con un campo di sintetica descrizione, di ogni punto si deve inoltre produrre una foto del suo intorno
Dati gps	RINEX	File delle registrazioni delle stazioni a terra e del gps aviotrasportato
Metadata e informazioni a corredo	XML	con utilizzazione del software regionale

### 3.3.2 Rilievi fotogrammetrici

Prodotti		Formato File	Note e specifiche di formato
Progetto preliminare del rilievo		RTF	digitali anche eventuali allegati
Dati di piazzamento dei modelli stereoscopici			
Dati grezzi	Singoli fotogrammi	TIFF	nel caso di camere fotogrammetriche analogiche dovrà essere fornita la scansione digitale con scanner fotogrammetrico senza perdita di risoluzione radiometrica e con risoluzione geometrica di almeno 20 •m
	Strisciate (nel caso della rilevazione continua)		immagini a 24 bit senza perdita di risoluzione geometrica. Il fattore di compressione sarà ottimizzato
Ortoimmagini* ottenute da ortorettifica mosaicazione di fotogrammi.		TIFF + TFW o JP2 + J2W	immagini a 24 bit senza perdita di risoluzione geometrica e fattore di compressione concordato con il <i>DRC</i> .
files delle immagini per la stampa		TIFF 600 dpi	Immagini 23 x 23 cm file di stampa
Stampe su carta fotografica delle immagini			
File vettoriali (piani di volo effettuato punti trigonometrici, quadri d'unione dei mosaici delle ortofoto)		Shape 2D (SHP, SHX, DBF) + tabelle DBF associate o autonome	corredati di eventuali attributi aggiuntivi in tabelle correlate o autonome
Relazione tecnica del rilievo, monografie dei punti trigonometrici, grafici, tabelle		RTF	digitali anche eventuali allegati
GCP		SHP, TIFF	punti d'inquadratura geometrico in formato shp con un campo di sintetica descrizione, di ogni punto si deve inoltre produrre una foto del suo intorno
Dati gps		RINEX	File delle registrazioni delle stazioni a terra e del gps aviotrasportato
Metadata e informazioni a corredo		XML	con utilizzazione del software regionale

Per i prodotti contrassegnati da asterisco l'estensione contenuta in ciascun file dovrà essere la medesima, corrispondente a tessere di formato definito.

I formati e il taglio di consegna possono essere modificati, in base a esigenze intervenute, in accordo tra l'OE\_AGG e il DeC. Per alcuni prodotti si potrà richiedere di far riferimento a un inquadramento di CTR concordato con il DeC.

La consegna dei materiali deve essere accompagnata da lettera di consegna con la distinta dei prodotti.

A tale lettera il Committente risponderà dopo aver verificato la corrispondenza tra la distinta e i file consegnati.

Ai fini di attestare l'originalità dei prodotti per i quali non venga consegnata copia analogica timbrata e firmata, tutti i file devono essere provvisti di firma digitale basata su certificato emesso da un certificatore qualificato, secondo le regole stabilite dal CNIPA

Tutti gli archivi digitali saranno forniti a carico dell' OE\_AGG, in duplice copia su due differenti tipi di supporto di memoria di massa:

- serie di DVD masterizzati in formato ISO, in numero sufficiente a contenere tutti i files della fornitura.
- uno o piu' hard-disk esterni su porta usb-2.0 idonei per numero , caratteristiche e dimensioni a contenere tutti i files della fornitura.

Ove se ne ottenga vantaggio, e' ammesso che i files possano essere compressi in formati zip (con modalità di compressione "normal" o "maximum portable"), ma ponendo attenzione che ciascun file compresso contenga solamente un unico oggetto della fornitura, (ad esempio, in uno zip potrà esserci un file .tiff e il relativo file .tfw, oppure un file .shp e i relativi .dbf e .shx)

L'organizzazione dei files sui supporto, si svilupperà come il seguente esempio e comunque dovrà essere concordata con il DeC.

ANNO_MESE_RILEVAZIONE	PROVINCIA_COMUNE_CITTÀ	PRODOTTO	FILE
2007_01_LIDAR	FI_FIRENZE	MDT	MDT00000XX.ASC (ZIP)
			MDT00000XY.ASC (ZIP)
	MDS		MDS00000YX.ASC (ZIP)
			MDS00000XX.ASC (ZIP)
	LU_PIETRASANTA	INTENSITÀ	00000XX.TIFF + TFW (ZIP)
		00000XY.TIFF + TFW (ZIP)	
2008_05_ORTOFOTO	AR_CORTONA	FOTOGRAMMI	00000XX.TIFF + TFW (ZIP)
		MOSAICO_ORTOFOTO	000XYX.JP2 + JPW (ZIP)
		INQUADRAMENTO_ORTOFOTO	Ortofoto.SHP + SHX + DBF (ZIP)

Modifiche a questo schema possono essere apportate motivatamente e devono essere concordate con il DeC.

Per favorire la verifica del contenuto degli archivi consegnati, ogni disco rigido dovrà essere corredato di un file testuale in cui in ogni riga sia riportato il percorso assoluto di ogni singolo file presente nel disco rigido (file .zip nel caso si sia optato per una consegna con files compressi) e il relativo codice MD5 di identificazione ottenuto considerando il contenuto del file stesso, separati da un carattere ";". Tale codice univoco costituirà elemento identificante del file.

Un eventuale file che dovesse risultare differente rispetto al codice MD5 ad esso riferito verrà considerato non consegnato correttamente e quindi non collaudabile.

Analoga considerazione avverrà per eventuali files consegnati ma non dotati di codice MD5.

E' facoltà del DRC richiedere la consegna, in aggiunta, di altri eventuali formati utilizzati dal soggetto nella realizzazione, e/o prodotti intermedi di lavorazione non precedentemente citati tale consegna dovrà avvenire con le medesime modalità seguite per la consegna degli archivi finali, e senza alcun aggravio di costi per l' OE\_AGG.

## PARTE IV: GLOSSARIO

- Abbracciamento al suolo, angolo di campo / scansione e sovrapposizione della ripresa**

L'abbracciamento al suolo di una rilevazione LIDAR o fotogrammetrica è rappresentato da:

- **abbracciamento trasversale** alla direzione del volo;
- **abbracciamento nella direzione del volo**

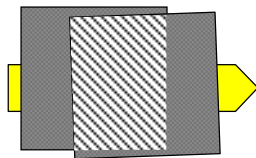
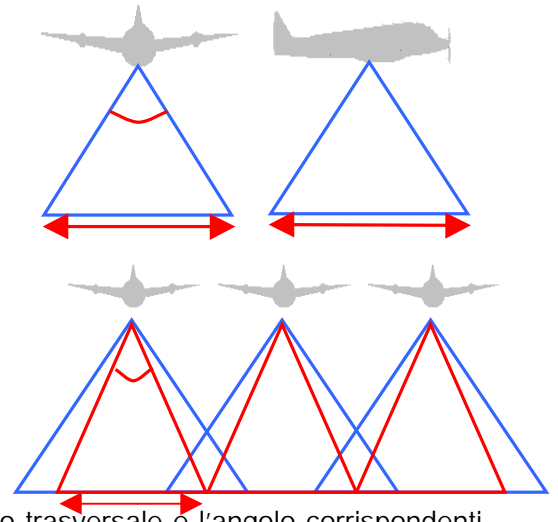
L'**angolo di campo trasversale** è l'ampiezza di ripresa che dipende dalla focale della camera fotogrammetrica o dall'inclinazione massima del raggio laser.

Per **angolo di campo** si chiede di indicare l'apertura dell'intero angolo ( $\alpha^\circ$ ) a meno che non sia specificato il semiangolo (con notazione  $\pm\alpha^\circ$ ).

L'angolo di campo unitamente alla quota di volo determinano la larghezza della strisciata (cioè l'abbracciamento al suolo).

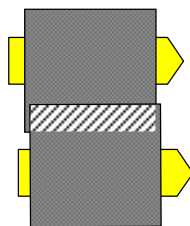
Nel caso di camera tradizionale o digitale a matrice, l'**abbracciamento al suolo** e l'angolo di campo devono essere indicati anche nella direzione del volo.

Si definisce, ai fini del presente appalto, **abbracciamento utile** e relativo **angolo di campo / scansione utile**, l'abbracciamento trasversale e l'angolo corrispondenti alla porzione di ripresa con minor distorsione prospettica utilizzabile per la costruzione del modello dei dati o dell'immagine.

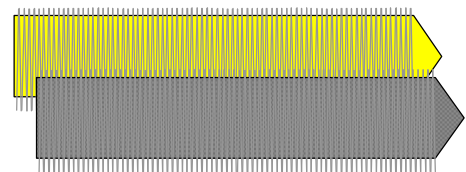


La **sovrapposizione longitudinale** è l'area comune a due fotogrammi successivi, appartenenti alla medesima strisciata, normalmente pari al 60% dell'abbracciamento al suolo del singolo fotogramma (non si applica nel caso di sistemi di ricognizione fotogrammetrica con array lineare o ricognizione laser).

La **sovrapposizione laterale** è la porzione del fotogramma (in genere il 20% circa dell'abbracciamento al suolo) comune a:



- due fotogrammi facenti parte di due strisciate distinte e adiacenti



- due strisciate distinte e adiacenti (nel caso di un sistemi ricognizione fotogrammetrica con array lineare o ricognizione laser)

Nel presente appalto la **sovrapposizione laterale** e quella **longitudinale** (se del caso) devono garantire la qualità e l'accuratezza sia dell'ortofoto che del **modello stereoscopico**.

- Accuratezza**

Lo **scarto** tra le misure ottenute con il sistema di rilevazione considerato e una tecnica diversa la cui accuratezza è significativamente maggiore determina la stima dell'accuratezza. Ad esempio l'accuratezza dei prodotti ottenuti con sistemi di rilevazione da vettore aereo viene confrontata con misure effettuate a terra con GPS.

L'accuratezza e i criteri di collaudo qui considerati sono sempre riferiti ai prodotti finali e non alla precisione e risoluzione del singolo strumento, del sistema di strumenti, o della metodologia

adottata: tutti questi elementi nel loro complesso devono garantire la qualità richiesta dai prodotti<sup>2</sup>.

L'accuratezza può essere riferita sia a misure puntuali confrontate tra loro che a misure puntuali confrontate con modelli generati utilizzando insiemi di misure (ad esempio MDT). In entrambi i casi si effettuano analisi con metodi statistici sulla distribuzione dell'errore.

- **Blocchi di volo / rilevazione**

Insieme di strisciate corrispondenti a un territorio omogeneo sotto il profilo altimetrico e ad altri eventuali criteri di suddivisione delle porzioni di territorio da rilevare per ciascun volo. In genere le **strisciate** appartenenti a un medesimo **blocco di volo** devono avere la medesima quota o distanza di presa e direzione di volo (salvo le strisciate trasversali al blocco), la calibrazione e il passaggio sulle aree test.

Nel caso dei **modelli stereoscopici** il blocco di volo è anche l'insieme delle **strisciate** collegate fra loro sfruttando punti fotografici di legame in modo che, tramite operazioni di calcolo, la struttura fotogrammetrica che copre l'area rilevata sia consistente.

- **Breaklines e Breakpoints**

Le **Breaklines** sono elementi fisici rilevabili che rappresentano una discontinuità morfologica del territorio; in particolare, in riferimento all'interpolazione del valore altimetrico: ad es. i valori in corrispondenza dei quali si manifesta una brusca variazione o un'inversione della pendenza<sup>3</sup>.

I **Breakpoints** sono punti di quota massima o minima (cime o depressioni). Nell'applicazione degli algoritmi di modellazione del terreno la finalità di questi elementi è quella di determinare una corretta interpolazione.

La determinazione vettoriale di questi elementi può essere derivata con opportuni algoritmi dal modello del terreno costruito con il **LIDAR**, ma in questo caso essi hanno un'**accuratezza** planimetrica inferiore; meglio rilevarli dallo **stereogramma** (con le quote) o dall'ortofoto (senza quote) per essere imposte al **TIN** che servirà a quotare il **DB topografico**. In generale le breaklines non sono un prodotto previsto dal presente appalto, salvo quanto detto alla voce **Tolleranza altimetrica**.

- **Capitolato speciale d'appalto (CSA)**

Il capitolato di gara di cui le presenti specifiche fanno parte integrante.

- **Capisaldi altimetrici**

Sono punti di quota ortometrica nota, acquisita mediante livellazione geometrica, riferita ad appositi contrassegni materializzati su opere che ne garantiscano la stabilità e la durata nel tempo<sup>4</sup>.

- **Commissione di collaudo (CC)**

E' costituita sulla base delle disposizioni regionali vigenti al momento della nomina.

- **Database topografico (DB)**

---

<sup>2</sup> Ad esempio nel caso del sensore LIDAR si parla di: "precisione sulla media delle misure", "precisione sulla portata" e "precisione angolare dello scanner", di "profondità di risoluzione" e di "risoluzione planare", ma le variabili del sensore, che peraltro garantiscono altissime precisioni della misura, sono solo una parte delle variabili che influenzano il risultato. Ad esempio le misure posizionali sono all'origine della maggior parte dell'errore, in seguito migliorato dalla correzione dei calcoli con i dati del sensore inerziale e dalla ridondanza dei punti misurati, che a loro volta dipendono dalla frequenza dell'impulsazione, dall'altezza, dalla velocità di volo e dalla qualità del software di elaborazione.

<sup>3</sup> In un modello digitale del terreno sono considerate breaklines le creste, gli impluvi, le scarpate, i rilevati, gli argini, gli sbancamenti di cava e altri elementi della morfologia anche naturale del territorio. Tali elementi vengono imposti agli algoritmi di modellazione impedendo, nell'applicazione, l'impropria estrapolazione dei valori altimetrici. In un modello di elevazione delle superfici anche i fabbricati o i colmi e le intersezioni di falda delle coperture possono costituire breaklines.

<sup>4</sup> In particolare sono: i capisaldi di livellazioni IGM appartenenti alla rete di livellazione di precisione o di alta precisione: di tipo orizzontale (centrini, bulloni, ecc.) o verticali (targhette o mensole murate su strutture verticali); nonché altri capisaldi come capisaldi di livellazioni ferroviarie e capisaldi di livellazioni ingegneristiche, istituiti da altri Enti per vari scopi e con vari gradi di precisione (ad es. quelli utilizzati per la determinazione delle sezioni idrauliche sui corsi d'acqua).

E' un archivio numerico che contiene tutte le informazioni geometriche, topologiche, relazionali e gli attributi relativi agli oggetti topografici appartenenti alle classi definite in applicazione del **DB topografico** di Intesa-GIS.

L'aggiornamento dei BD topografici è l'insieme delle attività volte a rilevare e restituire le informazioni geometriche, topologiche, relazionali e gli attributi relativi agli oggetti topografici appartenenti alle suddette classi. L'aggiornamento del **DB topografico** non è richiesto nel presente appalto, ma sono richiesti prodotti fotogrammetrici con **accuratezza** sufficiente a una successiva attività di restituzione con l'accuratezza della scala 1:2.000.

• **Dati grezzi LIDAR**

Insieme di valori caratteristici della ricognizione laser così composti:

ID temporale	First Pulse				Last Pulse			
	Xf	Yf	Zf	Intensitàf	XI	YI	ZI	IntensitàI
388478.681997	719659.38	5146594.60	3092.02	280	719659.38	5146594.60	3092.02	280

Ove X, Y sono coordinate (UTM-WGS84) e Z (quota ellissoidica), tutte approssimate alla seconda cifra decimale.

I **dati grezzi** non dovranno subire trattamenti di filtraggio o adattamento di alcun tipo<sup>5</sup> e, salvo suddivisioni necessarie per motivi di dimensione dei file, dovranno essere forniti per singola strisciata, conservando la ridondanza delle misure nelle aree di **sovrapposizione** e la rilevazione anche su aree sorvolate che non fanno parte del perimetro di elaborazione.

• **Dati LIDAR GROUND e OVERGROUND**

Prodotto derivato dai **dati grezzi LIDAR** (valori x, y, z, i), con il formato:

X	Y	Z	Intensità
719659.38	5146594.60	392.02	280

ma con estensione e taglio coerente con le "tessere" della fornitura dei modelli digitali.

Tali punti, derivati dalle attività di selezione e di classificazione, coincideranno con i punti effettivamente utilizzati per la costruzione dei modelli digitali e precisamente i punti appartenenti:

- al terreno (GROUND) che dovranno consentire al **committente** di generare un **TIN** ai fini di quotare, nei **DB Topografici**, i vertici della copertura globale del suolo;
- all'edificato senza vegetazione e ai manufatti pensili, cioè che determinano una quota sopraelevata rispetto al terreno (OVERGROUND); ancorchè utilizzati nella costruzione del Modello Digitale delle Superfici a maglia quadrata, i punti appartenenti alla copertura vegetale dovranno essere filtrati dalla consegna dei punti OVERGROUND.

In particolare, in corrispondenza di manufatti sovrapposti alla morfologia del suolo: elementi sospesi (viadotti, ponti, passerelle e sovrappassi), o anche risultato di scavo (sottopassi), oltre alla quota del manufatto è necessario conoscere anche la quota del terreno sottostante al fine di garantire la continuità sia del modello del terreno, che della superficie delle infrastrutture (stradali, ecc.).

• **Deviazione standard o Scarto quadratico medio (SQM), Scarti delle misure**

Ovvero **Errore quadratico medio (EQM)** o **Errore dell'unità di peso**, è la radice quadrata della varianza<sup>6</sup>:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\Delta - \bar{\Delta})^2}{N}}$$

Tale grandezza statistica è riferita alla frequenza con cui si riscontrano differenti valori dello **scarto** rilevato nelle misure confrontate.

<sup>5</sup> Le aree test, in fase di acquisizione devono servire esclusivamente alla calibrazione degli strumenti e dunque a un perfezionamento della precisione della misura, solo in seguito il **DeC** può autorizzare eventuali correzioni dell'errore sistematico.

<sup>6</sup> Il valore completo in cui varia SQM è indicato dall'intervallo ±. Il sigma qui considerato non è il  $\sigma_{(\Delta)}$  caratteristico di una misura ripetuta N volte, ma è il  $\sigma_{(\Delta)}$  caratteristico dello scarto tra due misure eseguite con metodi diversi, applicato a N punti per valutare l'accuratezza di una misurazione rispetto all'altra di maggior accuratezza. A entrambi i casi è legittimo applicare i metodi statistici di analisi e descrizione di una distribuzione.



Gli scarti nelle misure sono le differenze di valore che si producono effettuando sullo stesso punto, o in un intorno definito, misurazioni con sistemi di sensibilità e affidabilità diversa. L'**accuratezza** di ciascuna misura è dunque riferita al sistema di ricognizione e ad ogni altro fattore che determina la misurazione.

Le valutazioni di **accuratezza** su base statistica riferite all'SQM, indicata come condizione per l'esito favorevole del collaudo, fa riferimento agli scarti tra misure, classificati convenzionalmente come **'errore'**:

§ Errori grossolani (outliers) sono quelli di scarsa frequenza statistica, ma con **scarto** molto accentuato (indicativamente  $>3\sigma$ ). La qualità dei prodotti richiede in generale l'eliminazione degli **outliers**.

§ Componenti sistematiche di errore (Bias) sono errori che intervengono determinando una costante distorsiva dei valori. Derivano da un errore di taratura degli strumenti o di calibrazione del sistema di rilevazione nel suo complesso. La qualità dei prodotti richiede la minimizzazione degli errori sistematici con opportune calibrazioni del sistema da effettuarsi sia preventivamente che ad ogni **blocco di volo** con il passaggio sulle **aree test**. L'eventuale applicazione di correzione software alle misure sorgenti deve essere approvata dal **DeC** e documentata nei **metadata**.

Errori di sensibilità ed errori casuali sono quelli ineliminabili in qualunque misurazione di grandezze fisiche. Tali errori (nel nostro caso SQM) hanno distribuzione "normale" se la frequenza con cui ogni valore SQM si manifesta non supera in percentuale una specifica proporzione nella campana di Gauss.

Tuttavia nell'esperienza di CTR e nei collaudi di rilievi LIDAR sono state determinate delle frequenze e degli scarti empirici che in parte si discostano dalla distribuzione normale e tengono anche parzialmente conto di errori sistematici di varia origine; tali scarti (th, tp, td) e relative frequenze dello scarto sono indicati esplicitamente come elementi da dichiarare nell'offerta tecnica e da verificare come accuratezza ai fini di un esito favorevole del collaudo.

- **Diluizione di precisione posizionale (PDOP)**

Calo di precisione nel posizionamento tridimensionale. Valori di **PDOP** troppo alto corrispondono a una insufficienza dei satelliti visibili (in genere inferiori a cinque). Per avere la garanzia delle migliori condizioni possibili, i voli devono essere pianificati in base alle effemeridi dei satelliti. A consuntivo, nella relazione sulla ricognizione effettuata devono essere dichiarati e documentati i valori di **PDOP** che non devono essere superiori a 3 per tutta la durata della ricognizione e devono comunque garantire la soglia di qualità richiesta dal sistema e l'**accuratezza** posizionale compatibile con l'**accuratezza** definita per i prodotti richiesti.

- **Dirigente responsabile di contratto (DRC)**

Il dirigente di Regione Toscana che sottoscrive il contratto e che, avvalendosi del Direttore dell'esecuzione del contratto e/o di altro personale tecnico regionale, assume decisioni rilevanti ai fini del conseguimento degli obiettivi dell'appalto, facendo rispettare i termini del contratto.

- **Global Positioning System (GPS) e sistema inerzialeIMU**

Sistema di posizionamento geografico sull'ellissoide WGS84, basato sulla triangolazione di satelliti della classe NAV, integrata da stazioni a terra. Per ottenere il quale si utilizzano idonei ricevitori GPS. L'uso di ricevitori GPS a bordo durante l'acquisizione di immagini o di dati LIDAR comporta che ad ogni serie omogenea di dati (array lineare, immagine a matrice, o impulso laser) sia automaticamente associato il dato posizionale del centro di presa, a sua volta calibrato e posizionato, con sufficiente accuratezza, rispetto al centro di fase dell'antenna.

- **Immagine fotogrammetrica**

Fotogramma tradizionale o immagine digitale acquisita su idoneo supporto, eseguita per scopi fotogrammetrici e cioè integrata da informazioni metriche e geografiche.

Le immagini fotogrammetriche fornite dovranno avere dimensione del pixel al suolo  $\cdot 0,20$  m e dovranno essere acquisite con un **abbracciamento utile** che consenta:

§ la selezione di porzioni di immagini con ridotti problemi prospettici e di deformazione ai fini della ortorettifica;

§ la selezione di coppie di immagini idonee a formare uno **stereogramma**.

Ogni fotogramma dovrà essere integrato da tutti gli elementi informativi (geografici e di orientamento) necessari a ricostruire sia il **modello stereoscopico** con la coppia di fotogrammi, che il **mosaico ortorettificato**. Entrambi i modelli da utilizzarsi per operazioni di fotorestituzione e fotointerpretazione, da effettuarsi in seguito dal Committente in piena autonomia e senza obbligo di ricorrere all'**OE\_AGG** del presente appalto per dati integrativi o software o tecnologie di proprietà esclusiva. Per ognuna di queste immagini dovrà essere fornito il formato digitale senza perdita di informazione e tutti gli elementi di metainformazione, georeferenziazione e costruzione dei **modelli** ortorettificati o stereoscopici a corredo. Nel caso di utilizzo di camera tradizionale, oltre alla diapositiva e alla stampa, dovrà essere fornita una scansione fotogrammetrica del fotogramma.

- **MDI Modello digitale dell'Intensità di risposta**

E' il valore dell'**intensità** con cui l'impulso laser viene riflesso dalla superficie intercettata. Tale valore associato alla posizione planoaltimetrica dei punti consente una colorazione della nuvola di punti visualizzata in 3D, nonché la restituzione di un'immagine 2D con l'**intensità** della risposta laser e dunque un'immagine nella banda caratteristica dello strumento utilizzato (vicina all'infrarosso).

- **Metadata**

Schede informative che fanno parte integrante dei dati e descrivono tutti i prodotti (finali e intermedi, vettoriali e raster), fornendo all'utente le informazioni utili per comprendere, confrontare e scambiare il contenuto dei dati descritti. Per la strutturazione delle informazioni inerenti i metadata si rinvia allo specifico paragrafo e alle specifiche Iso 19115 che definiscono contenuto e obbligatorietà dei campi.

- **Modelli dati a maglia quadrata (MDT e MDS)**

Modello numerico di rappresentazione di una variabile (pendenza, esposizione, ombreggiatura, ecc.) la cui misura è associata a una griglia geografica con celle di dimensione assegnata.

In particolare nel caso del Modello digitale del terreno (**MDT**) e del Modello digitale delle superfici (**MDS**), il modello dati consente la descrizione di una superficie tridimensionale mediante l'associazione alla cella del valore della quota di elevazione.

- **MDT**: Prodotto ottenuto dai dati x, y, z last pulse, opportunamente filtrati e interpolati con procedure sia automatiche che manuali; infine elaborati in una griglia ordinata di celle quadrate corrispondenti alla rappresentazione tridimensionale della superficie fisica del suolo priva di vegetazione, edifici e manufatti sospesi.

- **MDS**: Prodotto ottenuto dai dati x, y, z first pulse, opportunamente selezionati, filtrati e interpolati con procedure sia automatiche che manuali, infine elaborati in una griglia ordinata di celle quadrate corrispondenti alla rappresentazione tridimensionale delle superfici riflettenti, con una griglia ordinata di celle quadrate.

L'**accuratezza** altimetrica deve corrispondere, per densità e omogeneità di punti rilevati a terra<sup>7</sup>, all'accuratezza necessaria a esigenze di modellazione idraulica e di progettazione di massima, con capacità ove necessario di rilevare la morfologia anche in situazioni critiche (sistemi dunali sottostanti alle pinete litoranee, quota strada in centri storici con ridotta distanza tra le gronde di edifici frontistanti<sup>8</sup>).

- **Modello dati TIN (Triangular Irregular Network)**

Di norma è un modello che deriva da elementi puntuali e lineari quotati, trasformati in lati e vertici di triangoli che descrivono una superficie tridimensionale. Tali triangoli non devono attraversare **zone e linee caratteristiche** e **breaklines** o contenere **breakpoints**, che invece ne costituiscono lati e vertici.

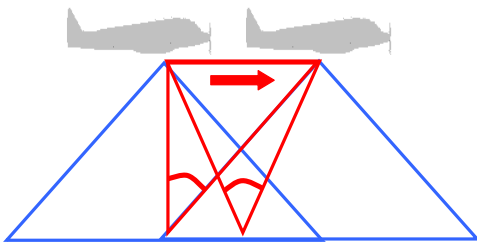
Nel caso del LIDAR, la semina dei punti è così numerosa che il **TIN** risulta da uno sfoltimento e filtraggio ragionato dei dati in base alla specificità dell'area e all'attendibilità delle misure. Ai punti 3D selezionati si possono applicare algoritmi diversi con differenti risultati; pertanto, tale prodotto non fa

<sup>7</sup> Intesi non come numero di risposte, ma come semina di impulsi.

<sup>8</sup> Il modello con celle da 1 m dovrà avere accuratezza non inferiore a quella definita livello 4 delle Prescrizioni tecniche per la produzione di modelli digitali del terreno di Intesa GIS Documento finale del Gruppo di lavoro, versione 161 del 29 aprile 2001, quello con celle da 3 m si colloca invece tra il livello 3 e il livello 4.

parte della presente fornitura mentre è richiesta la nuvola di punti GROUND e OVERGROUND, utilizzati per la costruzione del modello del terreno, affinché, integrata con **breaklines** vettoriali, possa essere utilizzata autonomamente dal Committente per successive elaborazioni.

- **Modello stereoscopico e angolo di osservazione**



Ricostruzione di immagine tridimensionale grazie all'accoppiamento e alla **sovrapposizione** di due fotogrammi scattati in successione da punti di presa diversi. I fotogrammi così realizzati costituiscono una **coppia stereoscopica** la cui osservazione binoculare consente di ottenere da due immagini piane, un'immagine tridimensionale virtuale<sup>9</sup>.

L'**angolo di osservazione** è quello che si determina tra un punto a terra e i due punti di ripresa dei due fotogrammi della

coppia.

- **Ortofoto digitali, ortorettifica e mosaicatura**

Le porzioni di immagine fotogrammetriche con minore deformazione prospettica devono essere:

§ **georiferite** sulla base dei punti determinati in fase di triangolazione aerea e di altri dati sorgenti;

§ **ortorettificate** adottando, per la correzione geometrica, il miglior MDT o MDS;

La mosaicatura dei dati digitali utilizzerà le sole parti centrali dei fotogrammi, che presentano in maniera meno evidente le deformazioni provocate dalle distorsioni prospettiche, garantendo la congruenza radiometrica e geometrica interna, nel rispetto delle tolleranze definite per l'**orientamento assoluto** dell'immagine stessa senza decadimento della leggibilità e della congruenza geometrica ai bordi.

Nelle operazioni di ortorettifica lo scostamento di un punto qualunque non deve superare l'errore planimetrico ammesso per l'ortofoto. L'accostamento tra fotogrammi adiacenti dovrà garantire la continuità degli elementi topografici scegliendo le "cut line" tra linee naturali che delimitano il passaggio netto tra superfici ad elevata differenza radiometrica, per mascherare l'abbinamento di immagini con diverse caratteristiche di contrasto. Qualora non sia possibile eseguire tale scelta, le linee di sovrapposizione dovranno essere comunque individuate in modo da minimizzare le variazioni di tonalità.

In alcuni casi può essere applicato un filtraggio di smoothing lungo una predefinita fascia di sovrapposizione delle immagini al fine di rendere più omogeneo e graduale l'accostamento tra le immagini oggetto della mosaicatura. Tale miglioramento dei valori radiometrici deve essere localizzato e mirato esclusivamente a ridurre le differenze di tonalità nelle aree di unione tra le zone. I manufatti a sviluppo verticale notevole (edifici, torri ecc.) sottoposti a distorsioni prospettiche, dovranno appartenere a un solo fotogramma.

L'area di ogni singolo **mosaico** comprenderà interamente il territorio rappresentato da un elemento cartografico o suoi multipli da definirsi con il *DeC*.

- **Operatore economico aggiudicatario (OE\_AGG)**

Nella fattispecie dell'appalto in oggetto, il termine designa il prestatore di servizi o un raggruppamento o consorzio di essi che, dopo essersi aggiudicato il presente appalto, ne sottoscrive il contratto per la sua esecuzione.

In particolare, per prestatore di servizi si designa una persona fisica, o una persona giuridica, o un ente senza personalità giuridica, ivi compreso il gruppo europeo di interesse economico (GEIE) costituito ai sensi del D.lgs. n. 240/1991, che offra sul mercato la prestazione di servizi.

- **Parametri di orientamento assoluto dei fotogrammi**

<sup>9</sup> In altre parole è il luogo geometrico dei punti di intersezione delle infinite coppie di raggi proiettanti corrispondenti agli stessi punti terreno rappresentati nello stereogramma quando la posizione relativa dei singoli fotogrammi che lo compongono simula in maniera corretta quella assunta al momento della presa fotogrammetrica

Le riprese LIDAR richiedono la presenza a bordo di un sistema posizionale integrato (GPS, IMU)<sup>10</sup>. Anche nel caso delle riprese fotogrammetriche, sull'aeromobile dovrà essere installata almeno una stazione satellitare GPS che consenta di conoscere le coordinate plano-altimetriche del centro di presa della ricognizione fotogrammetrica (N, E, Q). I parametri angolari di **orientamento assoluto** dei fotogrammi ( $\alpha, \beta, \gamma, \kappa$ ) potranno essere ottenuti con sistema inerziale a bordo (eventualmente integrato) o derivati da triangolazione aerea. In ogni caso faranno parte della fornitura di dati integrativi. L'**accuratezza** di tali parametri deve essere compatibile con l'**accuratezza** definita per i prodotti richiesti.

#### • **Punti georiferiti**

Con questa dizione generale s'intendono tutti i punti presenti sull'area di ripresa o in un intorno utile, di cui:

- § le coordinate siano già note;
- § sia opportuno determinare le coordinate, con metodo diretto in campagna, per le finalità specifiche del presente appalto;
- § sia opportuno determinarne le coordinate con metodo indiretto orientando i fotogrammi o mediante triangolazione aerea (in questo caso si tratterà di punti sempre chiaramente individuabili sull'immagine).

La funzione di tali punti in relazione al presente capitolato può essere di:

- § **posizionamento** a terra di **stazione GPS** temporanea, con misure di campagna appoggiate ai vertici trigonometrici, utilizzata per la correzione dei dati della stazione a bordo;
- § **punti d'inquadramento geometrico (GCP - Ground Control Point)** chiaramente individuati sul dato/immagine e sul terreno; determinati in planimetria e/o quota con misure di campagna appoggiate ai vertici trigonometrici (se chiaramente visibili, possono essere utilizzati gli stessi vertici trigonometrici). Hanno lo scopo di fornire i punti appoggio per l'**orientamento assoluto** dei modelli geometrici, consentendo la compensazione in blocco della triangolazione aerea;
- § **punti di appoggio** dei modelli fotogrammetrici individuati sullo **stereogramma** in sede di esecuzione della triangolazione aerea; calcolati nel sistema di riferimento terreno per mezzo della compensazione in blocco, hanno lo scopo di consentire l'**orientamento assoluto** e la successiva restituzione dello **stereogramma**. Nel caso appartengano ad una sola unità fondamentale vengono considerati punti singoli;
- § **punti di legame** dei modelli fotogrammetrici individuati sullo **stereogramma** in sede di esecuzione della triangolazione aerea; determinati nel sistema di riferimento dell'unità fondamentale<sup>11</sup> utilizzata, hanno lo scopo di consentire la connessione tra le varie unità per la compensazione in blocco della triangolazione aerea. Sono caratterizzati dal fatto di essere presenti in almeno due unità fondamentali;
- § **punti fotografici**, cioè punti, ben individuabili sul terreno e nello stesso tempo chiaramente visibili sul **fotogramma**, rispondenti a specifiche caratteristiche di collimabilità allo strumento di restituzione. Nella restituzione fotogrammetrica consentono l'**orientamento esterno** del **fotogramma**;
- § **punti di controllo immagine (MCP - Map Control Point)**, sono i punti chiaramente individuati sull'immagine che corrispondono sul terreno ai GCP determinati in planimetria e quota con misure di campagna per il collaudo della triangolazione aerea, e nel raddrizzamento differenziale per l'**ortorettifica** delle immagini<sup>12</sup>.
- § **punti di controllo altimetrico**, determinati in planimetria e/o quota con misure GPS, non individuabili puntualmente sull'immagine, ma finalizzati a descrivere l'altimetria omogenea di un'area test o il collaudo dei prodotti derivati dalla rilevazione LIDAR.

Con riferimento alla loro caratterizzazione, **accuratezza**, documentazione e riconoscibilità nel tempo i punti sono così definiti:

<sup>10</sup> Con sufficiente accuratezza dovrà essere determinata la relazione posizionale tra il centro di presa della camera fotogrammetrica e il centro di fase dell'antenna satellitare.

<sup>11</sup> Stelle di raggi proiettanti (fotogramma più centro di proiezione) o modelli geometrici o strisciate che, assemblate fra loro, formano una struttura complessiva che copre l'intera superficie da rilevare.

<sup>12</sup> Per determinare i punti necessari per l'ortorettifica e georeferenziazione dei fotogrammi può essere valutata, in accordo con il *DRC*, la facoltà di utilizzare cartografia tecnica regionale vettoriale a scala 1:2.000, per garantire il rispetto delle tolleranze planimetriche del prodotto finale

§ **Punti geodetici** o **Vertici trigonometrici**, sono punti aventi materializzazione stabile e duratura, individuati fisicamente sul territorio, determinati planimetricamente e altimetricamente con rigorose operazioni topografiche, descritti con una monografia che riporta l'ubicazione, la descrizione, le coordinate planolattimetriche nei maggiori sistemi di riferimento. Possono essere:

- Punti della Rete IGM95 (Rete di Inquadramento), caratterizzati da una materializzazione stabile e duratura nel tempo, opportunamente distribuiti sul territorio ad una inter distanza media di 15-20 km (6 punti circa ogni foglio alla scala 1:100 000), determinati planimetricamente e altimetricamente con metodologie satellitari GPS; alcuni punti hanno la quota determinata tramite livellazione geometrica.
- Punti della Rete Regionale di Raffittimento a 7 km della Rete primaria. Hanno caratteristiche analoghe ai punti precedenti.

§ **Punti determinati in campagna** con appoggio ai vertici trigonometrici (ad esempio Punti di Controllo al suolo impiegati per il calcolo di compensazione della Triangolazione Aerea).

Il numero di punti 'noti' o 'da misurare' per ottenere l'**accuratezza** richiesta dai prodotti dipende dalle tecnologie e metodiche applicate. Ad esempio l'utilizzazione di uno strumento a bordo che integra sistema inerziale e GPS, riduce il numero di punti da misurare a terra; si attende pertanto di valutare la scheda dell'offerta tecnica che dovrà presentare scelte coerenti per garantire la qualità dei prodotti finali.

- **Quota ellissoidica**

Valore altimetrico di un punto rispetto all'ellissoide WGS84. È il valore di quota rilevato dal sistema di ricognizione e come tale costituisce il dato fornito e il valore su cui si effettua il collaudo.

- **Quota geoidica (quota sul livello del mare)**

Valore altimetrico di un punto rispetto alla superficie del geode locale; quest'ultimo corrisponde alla superficie equipotenziale (normale in ogni punto alla forza di gravità), passante per lo zero convenzionale nel mareografo di Genova. Il passaggio della quota da ellissoidica a ortometrica sarà effettuato direttamente dal Committente o dall'**OE\_AGG** con opportuno software di trasformazione fornito, o approvato, dal **DRC**.

- **Direttore dell'esecuzione del contratto (DeC)**

Tecnico regionale, nominato dal **DRC**, provvede alla consegna dei dati di input per le varie zone da rilevare, indicando i periodi temporali idonei, assume decisioni tecniche in merito all'esecuzione dei lavori, proponendo al **DRC** modifiche ai parametri tecnici individuati nel presente capitolato, nel caso si rendessero necessarie al fine della buona esecuzione dei lavori. Redige i verbali di consegna del materiale e gli ordini di servizio all'**OE\_AGG**, fornendo altresì supporto alla Commissione di Collaudo sullo stato di avanzamento dei lavori.

- **Rilevazione fotogrammetrica**

Insieme di attività che, a partire dalla ripresa mediante camere fotogrammetriche tradizionali o digitali aviotrasportate, hanno come obiettivo la produzione di immagini per l'aggiornamento della topografia. Tale processo deve possedere tutti i requisiti richiesti dalla tecnica più aggiornata per l'esecuzione dei rilievi a grande scala in funzione dello strumento di acquisizione impiegato.

In particolare l'esecuzione delle riprese aerofotogrammetriche deve garantire:

- opportune direttrici di volo pianificate nel progetto preliminare;
- totale copertura, anche stereoscopica, dell'area d'interesse;
- rispetto dell'altezza di volo, con l'eventuale integrazione di strisciate nei fondo valle;
- migliore periodo nell'arco dell'anno, in funzione anche della finalità, del sorvolo dell'area di interesse, concentrato in un esiguo numero di giorni consecutivi;
- condizioni meteorologiche e di illuminazione favorevoli con assenza di nuvole, senza dominanti di colore e con ombre solari ridotte.
- consentire una corretta georeferenziazione delle immagini attraverso specifici metodi in accordo con il sistema di ricognizione utilizzato (ad es. GPS e sistema inerziale a bordo, integrato a terra da una

o più stazioni GPS; ovvero triangolazione aerea tradizionale tramite punti di controllo al suolo determinati con GPS o appoggiati ai vertici trigonometrici, ecc.).

Le immagini da acquisire, in modalità analogica o digitale, serviranno alla produzione di **ortofoto** digitali e alla fotorestituzione tramite **coppia stereoscopica**.

Sia nella modalità analogica che in quella digitale, l'acquisizione e la trasformazione dell'immagine deve avvenire con materiale fotografico e strumentazione che garantisca l'**accuratezza** definita per i prodotti richiesti.

- **Rilevazione laser scanning (LIDAR) e accorgimenti in aree critiche**

Insieme di attività che a partire dalla scansione mediante telemetro laser (laser scanner/Light Detection And Ranging) aviotrasportato ha come obiettivo la realizzazione di modelli digitali del terreno. Tale processo, che utilizza a bordo un sistema GPS e un sistema inerziale integrati, un sistema di registrazione dati e relativo software di acquisizione dedicato, è integrato a terra da una o più stazioni GPS; nonché da hardware, software e personale qualificato per le attività di elaborazione e post-elaborazione.

Il sistema a bordo acquisisce dati posizionali e di **intensità di risposta** attraverso una semina di impulsi sul territorio di cui il telemetro laser misura la distanza sulla base del tempo di risposta. L'accoppiamento dei dati dell'impulso con i dati del sistema posizionale/inerziale, restituisce una nuvola di almeno due coppie di punti (first e last pulse) georiferiti al suolo e cioè: per ciascuno dei quali è nota la posizione plano-altimetrica e l'**intensità di risposta**.

Le densità media dei punti, anche al di fuori delle aree di sovrapposizione delle strisciate dovrà essere mediamente maggiore di 1 punto a cella (le dimensioni di quest'ultima sono definite di 1 o 3 m di lato a seconda dei prodotti). I punti sul terreno dovranno avere una distribuzione omogenea salvo casi evidenti di ostacolo fisico o di superfici a terra con materiali privi di eco<sup>13</sup> (tali casi dovranno essere evidenziate in un'apposita immagine), non vi devono essere lacune di punti misurati in conseguenza di una impropria determinazione dei parametri di volo, dell'impulsazione dello strumento o di qualunque altro elemento caratteristico della ricognizione.

Con l'adozione di opportuno **periodo** e **condizioni atmosferiche di volo**, **angolo di scansione**, **velocità del vettore** e **impulso del laser**, dovranno essere minimizzate le zone d'ombra in **situazione critiche** come centri storici o in presenza di manufatti (es. sovrappassi) o di copertura vegetale di tipo permanente come nel caso delle pinete litoranee.

Il telemetro laser singlebeam dovrà essere in grado per ogni impulso di determinare almeno due distanze (first e last pulse), dovrà inoltre essere in grado di misurare ed associare a ogni punto l'**intensità** del raggio riflesso, al fine di produrre un'immagine 3D del territorio rilevato anche in base alla natura della superficie riflettente.

- **Risoluzione geometrica e dimensione del pixel al suolo (GSD)**

La risoluzione geometrica orizzontale al suolo è la zona di territorio rappresentato in ogni pixel nei componenti di x e y. Ovvero il parametro dell'immagine raster riferita alle dimensioni a terra del pixel (dimensione laterale di una cella quadrata). È dunque la più piccola entità distinguibile da un sensore, tenendo conto del sistema di cui il sensore è parte degli elementi (tipo di camera, altezza del volo ecc.).

Si individuano tre definizioni di **risoluzione geometrica**:

§ con riferimento alle riprese fotogrammetriche<sup>14</sup>, si intende la dimensione lineare del pixel al suolo espressa in m e determinata dai seguenti parametri: D = distanza di presa; f = focale della camera; L dimensione del pixel del sensore  $GSD = D \times (L / f)$ . Rappresenta dunque la risoluzione non del pixel del sensore, ma della corrispondente misura reale al suolo che occupa un pixel del sensore con la focale della camera utilizzata alla distanza che si determina, convenzionalmente nel presente CSA, di 1.200 m;

§ in relazione alle **ortofoto** o al **modello stereoscopico**, la risoluzione geometrica, o spaziale, è definita in funzione di una serie di fattori tra i quali l'acquisizione dei dati, l'**accuratezza** geometrica e il contenuto informativo utilizzato per la **georeferenziazione** e l'**ortorettifica**, nonché i formati e la

<sup>13</sup> Ad esempio i corpi d'acqua non riflettono l'impulso, mentre certi tipi di asfalto lo riflettono molto debolmente.

<sup>14</sup> Nel caso dell'utilizzo di una camera fotogrammetrica analogica, l'acquisizione del fotogramma sarà su pellicola, ma, oltre al negativo, dovrà essere consegnata anche un'immagine digitale ottenuta con scanner fotogrammetrico.

compressione dei file o il supporto di restituzione. Nel caso di immagini digitali, l'immagine originale acquisita dovrà essere caratterizzata da una risoluzione geometrica superiore ai 4/5 del valore del pixel dell'**ortofoto** finale;

§ in relazione ai modelli a celle la risoluzione geometrica è la dimensione del lato della cella su cui si implementa il modello.

- **Risoluzione radiometrica**

Parametro di qualità dell'immagine raster riferito al numero di intervalli in cui può essere rappresentata l'intensità radiometrica di ogni pixel. La risoluzione radiometrica del sensore dovrà essere  $\geq 24$  bit per pixel per le immagini pancromatiche e  $\geq 8$  bit per pixel per le immagini in bianco e nero o singole bande multispettrali (nel nostro caso **intensità di risposta** LIDAR).

I prodotti di consegna saranno comunque rispettivamente a 24 bit (16,7 milioni di colori) e a 8 bit (256 livelli di grigio).

- **Sistema di ricognizione**

Il sistema di ricognizione è l'insieme degli strumenti e delle metodologie utilizzate, sia analogiche che numeriche comprese eventuali metodi d'integrazione dell'informazione strumentale. Le specifiche pertanto sono prescrittive in quanto si applicano alla specifica tecnologia adottata e l'offerta tecnica ne deve rendere esplicitamente conto. Per strumenti si intendono i sensori e i supporti sensibili, in grado cioè di misurare e riprodurre un particolare 'parametro': misura, colore etc.; dunque: telemetro laser, strumenti posizionali, ma anche camera fotogrammetrica, supporti analogici e digitali (compresa la pellicola), sistemi di ricognizione e metodologie integrative (triangolazione aerea).

- **Sistema di riferimento geodetico e proiezione piana**

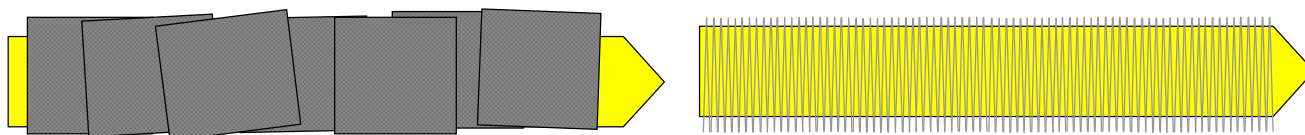
Il sistema di riferimento geodetico da utilizzarsi per i dati LIDAR, la **georeferenziazione**, l'**ortorettifica**, la **triangolazione aerea**, ecc. dei prodotti del presente capitolato è quello nativo ETRS89, denominato anche WGS84, nell'implementazione europea ETRF89 (European Terrestrial Reference Frame 1989, o 2000 se adottato).

La proiezione cartografica dell'ellissoide sarà quella di Gauss, nella rappresentazione dei fusi UTM-WGS84.

Eventuali trasformazioni di coordinate, o trasformazioni di datum (ad es. da ROMA40 o ED50 a WGS84 e viceversa) e passaggio da quota ellissoidica a ortometrica sulla base del geoide locale, necessarie per le varie fasi di lavoro (ad esempio confronto con dati di diversa natura), saranno effettuate direttamente dal Committente o dall'**OE\_AGG** con opportuno software di trasformazione fornito, o approvato, dal **DRC**.

- **Strisciata aerea**

Insieme dei dati acquisiti durante il volo dell'aereo a quota costante sulla zona da rilevare, sia che si tratti di fotogrammi acquisiti in successione da camera fotogrammetrica tradizionale o digitale a matrice o di row data (scansioni con sensore fotogrammetrico ad array lineare o telemetro laser). La direzione del vettore deve essere mantenuta rettilinea, secondo direttrici che garantiscano condizioni costanti e omogenee di acquisizione del dato; ad es. in base alla morfologia (senza eccessive variazioni altimetriche), d'illuminazione (con orientamento Est-Ovest). Più strisciate fotogrammetriche, parallele le une alle altre e con un opportuno ricoprimento laterale, determinano la copertura di un **blocco di volo**.



Per ogni striscia di volo fotogrammetrico si deve creare un file di memorizzazione con la struttura:

- Record 1 - nome dell'impresa (A30);
- Record 2 - data di volo GG/MM/AA (A8);
  - numero della striscia (A6);
  - marca/modello macchina (A16);
- Record 3 - lunghezza focale (F6.2);

- scala media dei fotogrammi (I6);
- Record 4 - numero del fotogramma (A6);  
Record 5 - coordinate E, N UTM\_WGS84 (1 I 6, 1 I 7) in metri.

Per ogni fotogramma deve essere presente un record 4 e quattro record 5, descrittivi le coordinate dei quattro spigoli del fotogramma. L'ordine con cui sono numerati i quattro spigoli è libero, purché in senso orario.

#### • Tempo di realizzazione

In relazione all'influenza delle condizioni stagionali, che si intrecciano con i tempi amministrativi dell'aggiudicazione, il tempo massimo di realizzazione dei rispettivi prodotti, indicato dal CSA, decorrerà a partire dalla data che il DRC dichiarerà utile per l'effettuazione di ciascuna rilevazione.

#### • Tolleranza altimetrica (th)

È lo **scarto** massimo ammissibile nei valori della quota ellissoidica tra misura del sistema di rilevazione e misure di maggiore accuratezza (con GPS o metodi topografici a terra).

Tale tolleranza può essere riferita a:

- § punti in territori pianeggianti ben individuati (ad es. spigoli di edifici), per i quali sia sul territorio che nella rilevazione si possa misurare la quota;
- § punti generici di cui si determinino, oltre all'altimetria, anche le coordinate planimetriche; (in questo secondo caso il confronto avviene tra i valori misurati e i valori delle celle del **MDT** o **MDS** in un raggio equivalente alla tolleranza planimetrica);
- § In zone con pendenza media > 2 gradi calcolati su un intorno di 9 celle l'**accuratezza** altimetrica deve tener conto dell'**accuratezza** planimetrica che interviene come elemento d'incertezza ulteriore con la seguente formula  $\Delta h = \Delta p \times \text{tg} \alpha$ , dove,  $\Delta p$  è l'**accuratezza** planimetrica e  $\alpha$  è l'angolo d'inclinazione del terreno.

gradi	th (m)		
	Modello stereoscopico	LIDAR a 1 m	LIDAR a 3 m
3	0,53	0,25	0,60
5	0,55	0,29	0,67
10	0,61	0,38	0,85
15	0,66	0,47	1,04
20	0,72	0,56	1,23
25	0,78	0,67	1,43
30	0,85	0,78	1,65
35	0,92	0,90	1,90

(i dati riportati sono indicativi, non hanno valore ai fini del presente contratto)

Nel caso di pendenze maggiori del terreno, relative a manufatti (scarpate, dighe, argini) o specifiche morfologie (cave, roccia scoscesa), qualora l'errore altimetrico composto con quello planimetrico comporti th superiori a quelli indicati nell'ultimo rigo della tabella si chiede di intervenire con opportuni metodi, ed eventualmente breaklines vettoriali (testa e piede), desunte dalle ortofoto, che correggano l'errore garantendo l'accuratezza del modello nei limiti di cui all'ultimo rigo (corrispondente ai 35° di pendenza).

#### • Tolleranza planimetrica

È lo **scarto** massimo ammissibile "**tp**", ovvero l'incertezza posizionale massima ammessa per un particolare puntuale individuato nel piano della rappresentazione. A cui va affiancato un altro parametro "**td**", che nel caso della distanza tra due punti, interviene come ulteriore parametro limitativo.

Si fa riferimento a punti ben individuabili sul modello digitale del terreno o in cartografia rispetto agli stessi punti, la cui posizione sul terreno sia stata determinata con misurazioni di sufficiente accuratezza (GPS o metodi topografici a terra), secondo la formula:

$$tp = \sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2}$$

Ove, con  $\Delta N$  e  $\Delta E$  si indicano gli scarti delle coordinate Est e Nord.



La tolleranza planimetrica di riprese dall'aereo è solitamente indicata come 1/2.000 della quota di volo (es 1.200 m.  $\cong$  0,60 m). Tuttavia tale valore va corretto in funzione del tipo di rilevazione: il LIDAR è meno preciso, mentre nelle riprese fotogrammetriche la continuità del dato, la risoluzione dell'immagine e altri fattori consentono, a parità di altezza di volo, precisioni planimetriche maggiori. Infine, nel caso dell'**ortofoto** la tolleranza massima è funzione di diversi fattori, oltre alla tp delle immagini originali, le caratteristiche di scansione, la qualità della georeferenziazione, l'**accuratezza** del MDT ecc.

pertanto nel nostro caso le tolleranze finali definite sono:

§ <1,00 m per i prodotti LIDAR con risoluzione geometrica di 1 m

§ <2,00 m per i prodotti LIDAR con risoluzione geometrica di 3 m;

§ <0,50 m per lo stereogramma (ai fini della restituzione cartografica 3D) e per immagini ortorettificate (ai fini della restituzione cartografica 2D)

#### • **Triangolazione aerea (TA)**

Insieme dei procedimenti di natura fotogrammetrica, se applicati, di misura e di calcolo per determinare i parametri di **orientamento esterno** di ciascun fotogramma. A meno di specifiche necessità dettate da peculiarità proprie della piattaforma di acquisizione e delle elaborazioni impiegate, da illustrare nell'offerta tecnica, la metodologia di calcolo che dovrà essere adottata è quella a stelle proiettive. Il numero di punti noti o da misurare e l'**accuratezza** con cui vengono effettuate le misure dipende da fattori locali e dalle tecnologie e metodiche applicate. Ad esempio l'utilizzazione di uno strumento a bordo che integri il sistema inerziale e il GPS, può ridurre il numero di punti da individuare a terra per effettuare la triangolazione aerea.

#### • **Zone e linee caratteristiche o speciali ai fini della rilevazione**

Sono zone per le quali deve essere fornito un perimetro vettoriale con un attributo che identifichi a quale tipologia appartengono e, nella metainformazione, deve essere esplicitato come vengono trattate ai fini della costruzione dei modelli:

1. aree no-data: non rilevabili perché sottoposte a restrizioni o esterne al perimetro della rilevazione di cui dovrà essere fornito l'inquadramento;
2. aree di vegetazione arbustiva o colture troppo fitte o che, a vario titolo, riscontrano una carenza del dato altimetrico. I valori altimetrici saranno ottenuti come interpolazione dei valori altimetrici rilevati a confine;

Delimitazioni di "zone morte" cioè prive di eco laser: limiti di rive, linee di costa, imposti alla morfologia del territorio come zone equiquota (nel caso di laghi e invasi artificiali il livello dell'acqua al momento della rilevazione).

Ai fine del presente appalto di indicano come "aree fittamente boscate", superfici ricoperte da vegetazione con copertura del suolo oltre il 70%, dovuta alle chiome di alberi d'alto fusto e/o dalla presenza di sottobosco.