



AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO
PARMA

Specifica tecnica delle attività

*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica
dei corsi d'acqua del bacino del fiume Po*

**Specifica per l'esecuzione di rilievi topografici e
aerofotogrammetrici**

INDICE

1	Oggetto della specifica	4
2	Sezioni trasversali di corsi d'acqua.....	4
2.1	Progettazione e realizzazione della rete di raffittimento.....	4
2.1.1	Rilievo dei vertici della rete di raffittimento.....	5
2.1.2	Determinazione della quota sul livello medio del mare dei vertici della rete di raffittimento.....	5
2.1.3	Materializzazione e documentazione monografica dei vertici della rete di raffittimento..	6
2.1.4	Collaudo della rete di raffittimento	6
2.2	Definizione del modello di geoide locale	7
2.2.1	Collaudo del geoide locale.....	7
2.3	Rilievo delle sezioni trasversali	7
2.3.1	Determinazione della quota sul livello del mare dei punti di sezione	8
2.3.2	Anagrafica dei capisaldi di sezione	8
2.3.3	Restituzione del profilo altimetrico della sezione	9
2.3.4	Determinazione della quota dello zero altimetrico delle aste idrometriche	10
2.3.5	Rilievo dei manufatti presenti in alveo	10
2.3.6	Collaudo delle sezioni trasversali.....	11
3	Produzione di modelli stereoscopici digitali e di ortoimmagini	11
3.1	Esecuzione di riprese aerofotogrammetriche.....	11
3.1.1	Camera da presa	11
3.1.2	Materiale fotografico	12
3.1.3	Piano di volo	12
3.1.4	Quota di volo, scala dei fotogrammi e caratteristiche del volo.....	12
3.1.5	Esecuzione del volo	13
3.1.6	Autorizzazioni civili e militari	13
3.1.7	Collaudo delle riprese aerofotogrammetriche	13
3.2	Rete di inquadramento e appoggio	13
3.2.1	Triangolazione aerea	14
3.2.2	Collaudo delle reti di inquadramento e di appoggio e della triangolazione aerea.....	14
3.3	Produzione delle ortoimmagini.....	14
3.3.1	Scansione dei fotogrammi	14
3.3.2	Orientamento dei fotogrammi	15
3.3.3	Raddrizzamento differenziale	15
3.3.4	Mosaicatura dei fotogrammi.....	15
3.3.5	Modello digitale del terreno (DTM).....	15

3.3.6	Collaudo delle ortoimmagini.....	15
4	Modelli digitali delle elevazioni.....	16
4.1	Attività di riprese aerofotogrammetriche e topografica.....	16
4.1.1	Collaudo delle attività di riprese aerofotogrammetriche e topografica	16
4.2	Restituzione dei tematismi	16
4.2.1	Collaudo degli oggetti restituiti e delle matrici	17
5	Elaborati e archiviazione dei dati	17

1 Oggetto della specifica

Sono definite nel seguito le prescrizioni tecniche e le modalità di esecuzione delle seguenti prestazioni:

- rilievi topografico di sezioni trasversali di corsi d'acqua e di manufatti presenti in alveo (ponti, traverse di derivazione);
- modelli stereoscopici digitali e ortoimmagini digitali;
- modelli digitali delle elevazioni.

Il sistema di riferimento primario è WGS 84; la restituzione delle coordinate planimetriche dei punti è UTM32. Deve inoltre essere restituita un'elaborazione dei medesimi punti in coordinate piane UTM32 con riferimento all'ellissoide "International" European Datum 1950.

Le operazioni devono essere svolte, di massima, attraverso le fasi nel seguito indicate e secondo un andamento che coincide con l'ordine cronologico di esecuzione.

Durante ciascuna fase devono eseguite delle verifiche da parte del Collaudatore all'uopo nominato in corso d'opera.

Nessuna operazione successiva può essere iniziata (fatte salve disposizioni diverse impartite dalla Direzione di progetto) se la precedente, da cui strettamente dipende, non sia stata positivamente verificata dal Collaudatore e se questi non abbia dato il benestare per il proseguimento dei lavori entro il termine indicatogli dalla Direzione di progetto successivamente alla presentazione di tutti gli elaborati connessi alla fase del lavoro preso in esame.

2 Sezioni trasversali di corsi d'acqua

Il rilievo delle sezioni trasversali si compone delle seguenti fasi operative:

- progettazione e realizzazione di una rete di raffittimento;
- rilevamento topografico delle sezioni trasversali.

L'estensione del tratto di corso d'acqua e la localizzazione delle sezioni trasversali oggetto del rilievo sono definite nell'ambito del **Programma di indagine** predisposto secondo quanto previsto nel **Disciplinare tecnico**, fatte salve più precise indicazioni che all'atto esecutivo possono essere impartite dalla Direzione di Progetto.

2.1 *Progettazione e realizzazione della rete di raffittimento*

La rete di raffittimento deve essere costituita con una dislocazione dei vertici secondo uno schema a triangoli equilateri, con lato pari a circa 5 km, contenente all'interno la regione fluviale per la quale sono da rilevare le sezioni trasversali del corso d'acqua; per i corsi d'acqua interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali, la regione fluviale è orientativamente rappresentata dalla delimitazione della fascia B.

La rete primaria IGM 95 costituisce il riferimento per progettare e realizzare la rete di raffittimento.

Possono essere assunti come costituenti i vertici della rete di raffittimento punti esistenti, purché di affidabilità adeguata soprattutto per quanto riguarda la precisione altimetrica; in tal

caso deve essere fornita la monografia di ogni punto utilizzato, eventualmente accompagnata da documentazione integrativa e dai risultati di riscontri di verifiche dirette sul terreno che possono essere richieste dalla Direzione di progetto.

2.1.1 Rilievo dei vertici della rete di raffittimento

Le basi costituenti la rete di raffittimento devono essere indipendenti e determinate con apparati GPS, secondo la metodologia differenziale statica, con intervallo di campionamento non superiore a 15 secondi.

I capisaldi devono essere determinati da almeno due basi, pur non dovendo necessariamente avere la configurazione di una rete geodetica.

Le stazioni devono essere realizzate esclusivamente “*in centro*” con l’ausilio di treppiede o piastra. L’antenna deve essere fissata tramite gli apparati che garantiscano l’orizzontamento e il centramento di precisione. Per ogni stazione deve essere garantita la restituzione delle informazioni relative alle operazioni eseguite, di cui in particolare:

1. codice univoco identificante il vertice;
2. nome e/o codice del vertice;
3. nome del file di memorizzazione dei dati;
4. data, ora di inizio e di termine della sessione di misura;
5. marca e modello dello strumento utilizzato;
6. tipo e caratteristiche dell’antenna utilizzata;
7. tutte le misure dell’altezza dell’antenna effettuate e la media di tali misure utilizzata nei calcoli;
8. schizzo monografico dell’antenna con indicazione dei dislivelli misurati;
9. note eventuali.

La precisione richiesta deve essere pari a ± 3 cm per le coordinate planimetriche e a ± 5 cm per quella altimetrica. I tempi di acquisizione, tenuto conto della lunghezza della base e del numero di satelliti visibili, devono essere sufficienti al raggiungimento di tali precisioni.

Le basi devono essere calcolate con il software fornito dal costruttore degli strumenti GPS impiegati e sono considerate valide se caratterizzate da indicatori di qualità (quality factor, ratio, varianza, contrast ecc, a seconda del software utilizzato) che soddisfino i limiti previsti dal software stesso; le basi che non soddisfino tali requisiti dovranno essere ripetute.

Il controllo deve essere eseguito con uno schema “a poligonale”, con i punti iniziale e finale coincidenti con un vertice IGM 95.

Il calcolo delle coordinate WGS 84 dei capisaldi dovrà essere realizzato per compensazione della poligonale, fissando i valori dei punti iniziale e finale, che devono coincidere con i capisaldi IGM 95.

2.1.2 Determinazione della quota sul livello medio del mare dei vertici della rete di raffittimento

La coordinata altimetrica dei capisaldi della rete, determinata con il rilievo GPS e riferita all’ellissoide WGS84, deve essere riferita alla superficie geoidica, approssimabile, per le finalità di rilievo topografico, con quella del livello medio del mare, definita dalle reti di livellazione geometrica IGM.

La quota sul livello medio del mare (m s.l.m.) dei vertici della rete di raffittimento, da definire con una precisione di ± 5 cm, deve essere determinata mediante collegamento altimetrico ai capisaldi altimetrici esistenti sul territorio, utilizzando il metodo della livellazione geometrica in andata e ritorno, al fine di consentire il raggiungimento della precisione richiesta.

2.1.3 *Materializzazione e documentazione monografica dei vertici della rete di raffittimento*

Tutti i punti di nuova istituzione della rete di raffittimento devono essere materializzati sul terreno secondo le specifiche di seguito riportate.

I punti devono essere ubicati in luoghi facilmente accessibili, di norma su manufatti in calcestruzzo già presenti in loco ed aventi dimensioni, consistenza e destinazione d'uso tali da garantire un'adeguata stabilità nel tempo. Sono da evitare strutture in calcestruzzo prefabbricato quali ad esempio: marciapiedi, cordoli, muretti divisorii, pozzetti di fognature. Sono invece indicate strutture in calcestruzzo realizzate in loco quali ad esempio spalle di ponti, muri di sostegno, chiuse di canali.

Il punto deve avere una posizione tale da consentire la realizzazione di una valida stazione GPS (assenza di ostacoli stabili e di disturbi elettromagnetici che impediscano o che rendano difficoltosa la ricezione dei segnali satellitari). Qualora non sia possibile individuare nella zona prescelta un manufatto di caratteristiche appropriate, la sede del contrassegno deve essere realizzata appositamente mediante uno scavo di dimensioni e profondità, dipendenti dalla natura del terreno, adeguate a garantirne la stabilità e la permanenza nel tempo.

Per ognuno dei vertici deve essere redatta una monografia, anche in formato numerico, organizzata secondo tabelle, riportanti le seguenti informazioni:

1. codice univoco identificante il vertice,
2. nome e/o codice del vertice,
3. codice della fonte dei dati,
4. flag per nuovo vertice,
5. data del rilievo,
6. coordinate geografiche nel sistema WGS 84,
7. coordinate piane nel sistema WGS 84 UTM32,
8. quota ellissoidica,
9. quota sul livello del mare,
10. coordinate piane nel sistema International ED50 UTM32,
11. descrizione dell'accesso, del sito e della materializzazione,
12. stralcio cartografico a scala 25.000 con frecciatura indicante la posizione del punto,
13. schizzo/i monografico della materializzazione e della zona circostante, con tutte le misure di distanza fra il vertice e i particolari limitrofi rilevanti e facilmente individuabili;
14. indicazione del caposaldo da cui è stato fatto il riattacco altimetrico e dislivello misurato (tale indicazione non deve essere data per i punti non riattaccati con livellazione geometrica),
15. fotografia/e della materializzazione sullo sfondo di particolari circostanti di facile individuazione,
16. eventuale grafico degli ostacoli alla ricezione satellitare,
17. copia della lettera di richiesta di autorizzazione al proprietario (in allegato).

2.1.4 *Collaudo della rete di raffittimento*

Il collaudo della rete di raffittimento consiste nel verificare:

- la documentazione presentata;
- l'idoneità degli strumenti usati;
- che gli schemi operativi corrispondano ad una prassi adeguata e di tipo moderno;
- che per tutte le determinazioni metriche siano state previste misure esuberanti in numero sufficiente a rendere statisticamente significative le compensazioni ed controlli interni;

- che le operazioni di controllo e compensazione garantiscano la precisione richiesta per le coordinate dei punti;
- che le quote sul livello medio del mare siano caratterizzate dalla precisione richiesta.

Il Collaudatore, qualora lo ritenga necessario al fine di verificare quanto sopra indicato, può eseguire direttamente o richiedere alla Ditta misure dirette sul terreno su un campione che egli ritiene significativo fino ad un massimo del 10% dei vertici componenti la rete di raffittimento.

Il collaudo ha esito positivo quando tutti i controlli eseguiti su tale campione risultano conformi con le modalità e le precisioni richieste. In caso contrario, in funzione della distribuzione spaziale del campione e dei controlli che non risultano conformi, il Collaudatore valuta la necessità di ripetere tutte o in parte le rilevazioni.

2.2 Definizione del modello di geoide locale

Per il tratto di corso d'acqua oggetto del rilievo deve essere definito un modello di geoide locale, da utilizzarsi per la correzione della quota ellissoidica di tutte le misure di livellazione GPS.

Il geoide locale deve essere definito mediante interpolazione spaziale della differenza fra quota ellissoidica e quota sul livello del mare disponibile per tutti i vertici della rete di inquadramento e di raffittimento. Il processo di tale interpolazione spaziale deve garantire che la quota altimetrica sul livello medio del mare dei punti interni alla rete di raffittimento, determinata sull'ellissoide con apparecchiature GPS e successivamente corretta con il modello, sia caratterizzata da una precisione pari a ± 5 cm.

Si deve tener presente che la densità dei vertici della rete di raffittimento potrebbe risultare non sufficientemente adeguata a rappresentare un modello di geoide a causa di anomalie altimetriche locali. In tal caso, nell'ambito del **Programma di indagine**, è opportuno definire vertici ulteriori, rilevati secondo le metodologie e le precisioni di quelli di raffittimento, al fine di incrementare la distribuzione dei medesimi; in tal modo, l'insieme dei vertici di raffittimento e di tali nuovi vertici, costituisce la base di riferimento per la creazione del modello di geoide locale.

2.2.1 Collaudo del geoide locale

Il Collaudatore verifica la congruenza del modello di geoide locale, definito matematicamente come sopra descritto, su un campione di punti interni alla rete di raffittimento pari ad almeno un terzo del numero di vertici della medesima; qualora la quota di tali punti risulti superiore alle precisioni richieste, e tale situazione è riscontrata per oltre il 10 % del campione, il modello di geoide locale non può essere considerato valido.

2.3 Rilievo delle sezioni trasversali

Le sezioni trasversali sono costituite da due punti quotati posti generalmente agli estremi della sezione (capisaldi di sezione) e da punti quotati intermedi; le due tipologie di punti hanno precisioni differenziate.

I capisaldi di sezione devono essere rilevati con strumentazione GPS in modalità rapido-statica, garantendo precisioni planimetriche dell'ordine di ± 3 cm ed altimetriche di ± 5 cm.

Per punti intermedi della sezione si richiedono precisioni altimetriche di ± 30 cm, impiegando apparecchiature GPS in modalità cinematica; è consentito l'impiego della strumentazione topografica tradizionale nei casi in cui l'apparecchiatura GPS possa manifestare malfunzionamenti per presenza di ostacoli di natura diversa (manufatti, zone boscate ecc.).

Per il rilievo dei punti al di sotto della superficie liquida (punti batimetrici) devono essere applicate tecniche operative diverse in relazione alle condizioni dell'alveo:

- se la sezione è agibile a guado, deve essere eseguito il rilievo della profondità con asta centimetrata munita di piastra di fondo in corrispondenza dei punti da quotare, materializzati mediante un cavo inestendibile, e deve essere misurato il livello idrometrico ad inizio e fine della batimetria (ed eventualmente anche in istanti intermedi nel caso di rapide variazioni);
- se la sezione bagnata risulta agibile solo con imbarcazione, si deve impiegare un ecoscandaglio munito di registratore (preferibilmente digitale) per la misura della batimetria in corrispondenza delle progressive di rilievo e deve essere quotato il livello idrometrico ad inizio e fine della batimetria (ed eventualmente anche in istanti intermedi nel caso di rapide variazioni).

La densità dei punti intermedi da rilevare deve essere tale da rappresentare adeguatamente le variazioni del profilo del terreno, tenendo conto degli elementi che determinano variazioni di quota localizzate (rilevati stradali, argini, reticolo idrografico minore, bordi di terrazzi geologici ecc.). In ogni caso, la densità dei punti deve essere tale da definire l'andamento del profilo del terreno con un punto ogni 50 cm di variazione altimetrica. Per la parte batimetrica delle sezioni la densità dei punti deve essere compresa indicativamente, fatte salve più precise disposizioni della Direzione di progetto, tra 1 punto ogni 2 m e 1 punto ogni 5 m, in relazione alla larghezza dell'alveo.

I valori altimetrici dei punti intermedi della sezione devono essere compensati con riferimento ai due capisaldi di estremità rilevati con il GPS in modalità rapido – statica. Qualora la lunghezza della sezione risulti superiore a 1.500 m, al fine di meglio ripartire l'errore altimetrico sui punti intermedi, o qualora la sezione sia costituita da una spezzata (costituita da non più di tre segmenti), devono essere realizzati 4 capisaldi.

L'orientamento della sezione è definito nel **Programma di indagine** predisposto secondo quanto previsto nel **Disciplinare tecnico**; in linea di massima deve essere ortogonale all'asse del corso d'acqua, tracciato rispetto all'alveo inciso.

Lo scostamento planimetrico dei punti intermedi della sezione rispetto all'allineamento (cioè rispetto alla retta passante per i capisaldi della sezione) non deve superare 1 m per i punti a terra e 5 m per i punti batimetrici.

2.3.1 Determinazione della quota sul livello del mare dei punti di sezione

Le quote ellissoidiche dei capisaldi di sezione e dei punti intermedi devono essere riportate a quote sul livello del mare adottando il geode locale determinato secondo quanto descritto al punto "2.2 Definizione del modello di geode locale".

2.3.2 Anagrafica dei capisaldi di sezione

I capisaldi delle sezioni non devono essere materializzati sul terreno. L'archiviazione nella relativa monografia delle coordinate geografiche nel sistema WGS 84 consente, mediante l'utilizzo delle strumentazioni GPS, l'individuazione del punto per le esigenze di ripetizione dei rilievi topografici.

La monografia dei capisaldi di sezione deve contenere i seguenti elementi:

1. codice della sezione,
2. codice del corso d'acqua,
3. codice del caposaldo,

4. flag per sponda sinistra/destra,
5. codice della fonte dei dati originaria,
6. flag per nuovo vertice,
7. data del rilievo,
8. coordinate geografiche nel sistema WGS 84,
9. coordinate piane nel sistema WGS 84 UTM 32,
10. quota ellissoidica,
11. quota sul livello del mare,
12. coordinate piane nel sistema International ED50 UTM32,
13. descrizione dell'accesso al sito,
14. stralcio cartografico alla scala 10.000 con frecciatura indicante la posizione del caposaldo,
15. fotografia/e della materializzazione (temporanea) sullo sfondo di particolari circostanti di facile individuazione (se significativo).

2.3.3 Restituzione del profilo altimetrico della sezione

Per ognuna delle sezioni rilevate deve essere prodotta una tabella contenente le coordinate X, Y, Z dei punti e codifiche funzionali al riconoscimento della tipologia del punto rilevato.

Per convenzione, l'origine della coordinata X è fissata sull'estremo sinistro della sezione (la sponda sinistra della sezione è definita rispetto al verso della corrente, con spalle alla sorgente)

La struttura della tabella è la seguente:

1. codice della sezione,
2. progressivo del punto (da 1 a N, dove il punto 1 corrisponde con il caposaldo in sponda sinistra e il punto N corrisponde con il caposaldo in sponda destra),
3. codice tipo punto (vedi dizionario delle tipologie dei punti),
4. coordinata X,
5. coordinata Y,
6. coordinata Z,
7. distanza parziale, distanza in metri dal punto precedente (per il punto 1 è zero),
8. distanza progressiva in metri (per il punto 1 è zero).

I punti intermedi della sezione devono essere posti sulla retta di collegamento dei capisaldi; pertanto, nel caso di scostamento dei punti di rilievo, che devono comunque essere compresi all'interno delle tolleranza indicate al precedente punto 2.3., le coordinate planimetriche devono essere corrette tramite proiezione sulla retta stessa. La tabella sopra indicata deve riportare le coordinate corrette secondo tale procedura.

La codifica dei punti di rilievo, in funzione della tipologia degli stessi, deve essere stabilita tramite la definizione di un dizionario delle tipologie dei punti, sulla base del seguente esempio:

Codice	Tipologia
1	caposaldo
2	piano campagna
3	sommità argine maestro
4	sommità argine golenale
5	terrazzo alluvionale
6	rottura di pendenza
7	limite di sponda
8	viabilità
9	guado
10	punto batimetrico
11	ecc.

2.3.4 Determinazione della quota dello zero altimetrico delle aste idrometriche

Per le sezioni in cui è posizionata un'asta idrometrica deve essere determinata la quota sul livello del mare dello zero idrometrico.

Per ogni asta idrometrica deve quindi essere effettuato un collegamento altimetrico ai vertici della rete di raffittimento o ai capisaldi altimetrici utilizzati per la determinazione della quota degli stessi vertici di raffittimento, mediante livellazione geometrica in andata e ritorno, in modo da garantire una precisione di ± 5 cm.

2.3.5 Rilievo dei manufatti presenti in alveo

Deve essere eseguito il rilievo piano – altimetrico di tutti i manufatti presenti in alveo, principalmente costituiti da ponti e traverse di derivazione, che hanno dimensioni significative rispetto a quelle del corso d'acqua. L'identificazione dei manufatti da rilevare è definita nel **Programma di indagine**, predisposto secondo quanto previsto nel **Disciplinare tecnico**

Oltre al rilievo della sezione trasversale dell'alveo in corrispondenza del manufatto, secondo le procedure analoghe a quelle utilizzate per le sezioni normali, devono essere rilevate gli elementi planimetrici e altimetrici necessari a consentire di schematizzare il prospetto e la pianta della struttura.

In generale, gli elementi da rilevare sono quelli necessari a rappresentare l'ingombro in alveo della struttura, attraverso la dimensione planimetrica delle diverse parti e le relative quote altimetriche. In particolare per i ponti devono essere rilevate:

- la posizione e la dimensione delle spalle, delle relative fondazioni e dei rilevati di accesso (comprensivi di eventuali fornicati);
- la dimensione (trasversale e longitudinale), la forma delle pile e dei plinti di fondazione (se scoperti), la posizione planimetrica;
- la quota dei plinti di fondazione, all'imposta delle pile, e dei punti di variazione di dimensione delle pile,
- la quota dei punti significativi di intradosso e estradosso dell'impalcato.

I dati di rilievo dei manufatti devono essere organizzati in tabelle strutturate in modo tale da consentire la rappresentazione schematica dei medesimi. Ogni tabella deve inoltre riportare il codice della sezione trasversale cui il manufatto si riferisce.

2.3.6 Collaudo delle sezioni trasversali

Il collaudo dei caposaldi e dei punti intermedi delle sezioni consiste nel verificare:

- la documentazione presentata;
- l'idoneità degli strumenti usati;
- che gli schemi operativi corrispondano ad una prassi adeguata e di tipo moderno;
- che per tutte le determinazioni metriche siano state previste misure esuberanti in numero sufficiente a rendere statisticamente significative le compensazioni ed controlli interni;
- che le operazioni di controllo e compensazione garantiscano la precisione richiesta per le coordinate dei punti.

Il Collaudatore, qualora lo ritenga necessario al fine di verificare quanto sopra indicato, può eseguire o richiedere misure dirette sul terreno su un campione che egli ritiene significativo fino ad un massimo del 10% delle sezioni.

Il collaudo ha esito positivo quando almeno il 90% di tutti i controlli eseguiti su tale campione risultano conformi con le modalità e le precisioni richieste. In caso contrario, in funzione della distribuzione spaziale del campione e dei controlli che non risultano conformi, il Collaudatore valuta la necessità di ripetere tutte o in parte le rilevazioni.

3 Produzione di modelli stereoscopici digitali e di ortoimmagini

L'attività riguarda la produzione di supporti aerofotografici per la fotointerpretazione e per la produzione di immagini digitali ortorettificate.

L'estensione del tratto di corso d'acqua oggetto delle riprese e per il quale devono essere prodotte ortoimmagini è definita nell'ambito del **Programma di indagine** predisposto secondo quanto previsto nel **Disciplinare tecnico**, fatte salve più precise indicazioni che all'atto esecutivo possono essere impartite dalla Direzione di Progetto.

3.1 Esecuzione di riprese aerofotogrammetriche

Le riprese aerofotogrammetriche devono essere condotte nel rispetto di tutti i requisiti propri della tecnica più aggiornata per l'esecuzione dei rilievi aerofotogrammetrici.

Il volo deve essere eseguito mediante aerei adatti ad effettuare il lavoro a regola d'arte.

3.1.1 Camera da presa

Le riprese devono essere eseguite con la stessa camera da presa. Deve essere usata di norma una camera da presa grandangolare, con focale di 150 mm circa e formato utile dell'immagine di 23 cm x 23 cm. Dal certificato di taratura della camera, di data non anteriore a 2 anni, deve risultare che la distorsione massima dell'obiettivo di presa, determinata come media sulle due diagonali, è inferiore a $\pm 0,01$ mm.

La focale e le coordinate del punto principale, rispetto al riferimento definito dalle marche fiduciali, devono risultare determinate con s.q.m. di $\pm 0,01$ mm; inoltre devono essere fornite le distanze fra le marche con uno s.q.m. di almeno $\pm 0,01$ mm.

Il potere separatore dell'obiettivo deve risultare di almeno 40 righe/mm entro il 50% della zona fotografata.

L'eventuale uso di una camera con focale di 300 mm deve essere autorizzato dalla Direzione di progetto, per la definizione delle modalità del volo e dei relativi parametri.

3.1.2 Materiale fotografico

Il materiale fotografico da usarsi deve essere delle migliori qualità disponibili sul mercato al momento della stipulazione del contratto. Il supporto deve avere la massima indeformabilità; le qualità di sensibilità e di finezza della grana devono essere adatte per i voli fotogrammetrici.

Per il materiale usato deve essere dimostrato che il periodo di validità non è scaduto, che è stato conservato nelle prescritte condizioni ambientali, che è stato sviluppato ed asciugato secondo le norme tecniche suggerite dalla casa produttrice e dalle più recenti ricerche scientifiche. Con uguale cura devono essere compiute le operazioni di produzione delle positive su supporto di poliestere. Particolari accorgimenti devono prendersi per la conservazione delle pellicole negative e delle positive su poliestere, lo spessore del quale non deve essere inferiore a 0,18 mm.

Il materiale fotografico può essere a colori o in bianco/nero; deve essere specificato in sede di offerta tecnica ed economica, specificando i vantaggi dell'una o dell'altra soluzione.

È fatto obbligo al Contraente di comunicare alla Direzione di progetto la data di effettuazione delle operazioni di sviluppo e di stampa del materiale fotografico e di eseguire le prove da questa ritenute necessarie per verificare l'adeguatezza del materiale fotografico.

3.1.3 Piano di volo

Compatibilmente con l'andamento del corso d'acqua, deve essere realizzato un volo con il minimo numero di strisciate necessarie alla completa copertura del territorio da rilevare così come definito nell'ambito del **Programma di indagine**.

Sul piano di volo devono essere evidenziati:

1. il territorio da rilevare;
2. l'asse delle strisciate;
3. la numerazione progressiva delle strisciate;
4. la prevista quota di volo di ciascuna strisciata;
5. la quota minima e massima del territorio ricoperto da ciascuna strisciata;
6. Il periodo previsto per le riprese;
7. il territorio ricoperto da fotogrammi.

3.1.4 Quota di volo, scala dei fotogrammi e caratteristiche del volo

La quota di volo deve essere tale da assicurare una scala media di ciascun fotogramma di 1:30.000.

I voli devono essere eseguiti di norma con strisciate parallele e rettilinee, a quota costante.

Le riprese devono essere eseguite nelle ore a cavallo del mezzogiorno solare e nelle stagioni in cui si abbia la minima copertura del terreno da parte della vegetazione ed in assenza del manto nevoso e di foschia. In ogni caso l'inclinazione dei raggi del sole sull'orizzonte non deve essere inferiore a 30°.

Nella definizione del periodo di esecuzione dei voli di ripresa si deve inoltre tenere conto dei seguenti aspetti operativi:

- caratteristiche delle zone oggetto della ripresa, in relazione all'incidenza della copertura del terreno da parte della vegetazione (zone urbane con scarsa copertura o rurali con copertura più rilevante);
- caratteristiche climatiche della zona.

I fotogrammi devono presentarsi nitidi, privi di nubi e di ombre da esse proiettate.

Le variazioni (fra fotogrammi contigui) degli elementi di orientamento angolare non devono superare 5°. I valori assoluti degli angoli di orientamento dei singoli fotogrammi non dovranno superare i 5°.

I fotogrammi consecutivi di una stessa strisciata devono avere ricoprimento in direzione longitudinale (*overlap*) del 70%; il ricoprimento trasversale fra modelli appartenenti a strisciate contigue (*sidelap*) deve essere del 30%.

3.1.5 Esecuzione del volo

La ripresa aerea è portata a termine entro i trenta giorni successivi dall'approvazione del piano di volo.

E' compito della Ditta dimostrare l'eventualità che nel periodo a disposizione non si sono verificate sufficienti giornate adatte alla realizzazione della ripresa aerea.

3.1.6 Autorizzazioni civili e militari

La Ditta incaricata è tenuta ad adempiere a tutti gli obblighi di legge circa le autorizzazioni da richiedersi all'Autorità civile e militare. Essa deve inoltre sottoporre i fotogrammi all'Autorità militare, secondo le norme da questa fissate, per l'esame di riservatezza. Deve essere comunicata alla Direzione di progetto la data di invio dei fotogrammi all'Autorità militare.

3.1.7 Collaudo delle riprese aerofotogrammetriche

Il collaudo dei voli fotogrammetrici comporta:

- il controllo della consistenza e validità dei documenti presentati secondo quanto esposto ai punti precedenti, della qualità del colore, dell'illuminazione del suolo e della differenza di tonalità tra un fotogramma e il successivo sia nell'ambito delle singole strisciate che tra strisciate contigue e adiacenti;
- la verifica, per almeno il 10% delle fotografie aeree che compongono il volo, delle caratteristiche geometriche (scala media, deriva e sbandamento) secondo le prescrizioni indicate ai punti precedenti;
- controllo delle dimensioni della pellicola dopo il suo trattamento eseguito, misurando le distanze fra le apposite marche dimensionali, su almeno il 5% dei fotogrammi;
- la verifica, mediante l'analisi delle parallassi d'altezza residue per almeno due modelli di ogni strisciata composta da più di dieci fotogrammi, dell'assenza di deformazioni dell'immagine dovute a difettoso funzionamento dello spianamento od al trattamento del materiale fotografico.

3.2 Rete di inquadramento e appoggio

Deve essere effettuata, nell'ambito del **Programma di indagine**, una ricognizione dei punti trigonometrici e dei capisaldi altimetrici presenti sul territorio oggetto dell'indagine al fine di individuare quelli idonei e necessari alle operazioni di inquadramento e appoggio in relazione alla scala del fotogramma e al piano di volo; qualora, tale ricognizione evidenzi una

distribuzione spaziale di tali vertici non conforme con le caratteristiche collegate alla scala dei fotogrammi e del piano di volo, si rende necessario la progettazione e il rilievo di ulteriori vertici.

I vertici di tale reti devono risultare congruenti con la rete IGM 95.

I vertici della rete d'appoggio hanno lo scopo di permettere la successiva operazione di Triangolazione Aerea: essi dovranno essere costituiti da punti corrispondenti a particolari fotografici sui quali sia possibile compiere una sicura e precisa collimazione.

3.2.1 Triangolazione aerea

A partire dai punti di appoggio determinati sul terreno, dovranno essere derivati altri punti fotografici di appoggio (punti di concatenamento o di legame) mediante triangolazione area.

Per l'orientamento assoluto dei modelli devono essere utilizzate le coordinate planoaltimetriche di almeno 6 punti fotografici in ciascun modello, situati al bordo nella zona di sovrapposizione laterale e longitudinale, nonché la quota di almeno un punto posto al centro del modello.

3.2.2 Collaudo delle reti di inquadramento e di appoggio e della triangolazione aerea

Il Collaudatore esamina i documenti relativi alle misure e quelli relativi ai calcoli.

In tale esame dovrà esplicitamente risultare:

- che gli strumenti usati siano di precisione sufficiente;
- che gli schemi operativi corrispondono ad una prassi adeguata e di tipo moderno;
- che per tutte le determinazioni metriche siano state eseguite misure esuberanti in numero sufficiente da rendere statisticamente significative le compensazioni e i controlli interni.

Qualora dall'esame risultasse che la documentazione é insufficiente, che alcuni dati, pur senza essere fuori tolleranza, lasciano sussistere dubbi sulla adeguatezza della rete, il Collaudatore può richiedere alla Ditta di eseguire ulteriori misure dirette sul terreno per controllare le coordinate dei vertici.

Se per la determinazione delle coordinate dei punti d'appoggio la Ditta adotta il procedimento della triangolazione aerea, il Collaudatore esamina tutti i documenti predisposti e verificherà il rispetto delle prescrizioni. Qualora sussistano dubbi sulla precisione dei risultati della triangolazione aerea, il Collaudatore può far eseguire dalla Ditta misure dirette sul terreno per controllare le coordinate planimetriche di alcuni punti d'appoggio.

3.3 Produzione delle ortoimmagini

Devono essere prodotte ortoimmagini con pixel quadro di 1 m terreno a toni di grigi o a colori a seconda dell'opzione offerta.

Il taglio delle immagini deve essere concordato con la Direzione di progetto e ottimizzato in funzione dell'andamento planimetrico del corso d'acqua.

3.3.1 Scansione dei fotogrammi

I fotogrammi devono essere digitalizzati a 256 livelli di grigio (per film in bianco/nero) oppure a 16,8 milioni di colori (per film a colori), impiegando uno scanner piano con dimensione minima utile 300x300 mm, in grado di fornire una definizione pari ad almeno 4 volte quella richiesta di 28 μ m. dpi (per una risoluzione massima della foto di almeno 7 μ m.). La

conversione analogico – digitale deve garantire una risoluzione geometrica di 1 μm ed un'accuratezza di almeno 3 $\mu\text{m}/\text{sqm}$.

La stazione collegata allo scanner deve essere dotata di opportuno software che consenta di analizzare preliminarmente le qualità dell'immagine in corso d'acquisizione e di attribuire le caratteristiche radiometriche ottimali. Essa deve inoltre consentire di visualizzare più immagini per eseguire un'omogeneizzazione delle caratteristiche di "enhancement" e il controllo della saturazione e della risoluzione radiometrica.

3.3.2 Orientamento dei fotogrammi

Ogni singolo fotogramma deve essere sottoposto alla procedura dell'orientamento sotto il diretto controllo visivo dell'operatore il quale impiega un sistema videografico di precisione ampiamente automatizzato e collaudato.

Vengono collimati gli elementi geometrici della foto ed individuati i punti fotografici d'appoggio plano-altimetrici. A conclusione dell'attività deve essere eseguita la verifica degli s.q.m. ottenuti e deve essere effettuato il controllo dei parametri angolari di presa calcolati nonché produrre rapporti con l'indicazione degli scarti d'orientamento ottenuti.

3.3.3 Raddrizzamento differenziale

I fotogrammi digitalizzati vengono sottoposti a procedura di raddrizzamento differenziale impiegando applicazioni software specializzate e riconosciute dalla comunità tecnico-scientifica come adeguate al fine di garantire la rispondenza fra la dimensione del pixel e la quantità di territorio metricamente predefinita. Tale procedura viene eseguita utilizzando il modello digitale del terreno (vedi punto successivo 3.3.5 Modello digitale del terreno (DTM)).

L'applicazione software impiegata deve consentire il ricampionamento dell'immagine imponendo la dimensione del pixel terreno. Nel caso specifico viene imposto il valore di 1 metro.

3.3.4 Mosaicatura dei fotogrammi

A valle del processo di raddrizzamento, vengono scelte le porzioni centrali dei fotogrammi (mediamente pari al 20% della superficie del fotogramma) e, quindi, si procede con la loro mosaicatura sommando le varie porzioni centrali delle immagini interessate.

Nelle zone di sovrapposizione di foto adiacenti deve essere eseguita un'operazione di rielaborazione dei pixel che, mediante l'equalizzazione dei relativi istogrammi, consenta di minimizzare le possibili diversità radiometriche esistenti fra le singole immagini.

Per ognuna delle ortoimmagini deve essere controllata la precisione planimetrica impiegando un congruo numero di punti di coordinate note. I bordi di ogni ortoimmagine devono essere controllati con quelli delle ortoimmagini contigue al fine di controllare gli scarti planimetrici.

3.3.5 Modello digitale del terreno (DTM)

Al fine di garantire la rispondenza planimetrica delle ortoimmagini, deve essere prodotto un modello digitale del terreno ordinato secondo una griglia quadrata regolare a passo 20 m.

3.3.6 Collaudo delle ortoimmagini

In corso d'opera, il Collaudatore può richiedere di verificare la qualità del ciclo di produzione delle ortoimmagini ed in particolare in ordine alle procedure previste dalle applicazioni software specialistiche.

4 Modelli digitali delle elevazioni

I prodotti da realizzare sono rappresentati da un piano quotato e da strutture matriciali tematiche a passo regolare di 5 m, con precisioni altimetriche di ± 30 cm. Tali prodotti vanno realizzati tramite riprese aeree, con scala di volo media 1:7000 (o superiore), e restituzione di forme del terreno secondo geometrie poligonali o areali con lo scopo di creare le strutture matriciali su indicate.

L'estensione del tratto di corso d'acqua oggetto del rilievo sono definite nell'ambito del **Programma di indagine** predisposto secondo quanto previsto nel **Disciplinare tecnico**, fatte salve più precise indicazioni che all'atto esecutivo possono essere impartite dalla Direzione di Progetto.

I modelli digitali delle elevazioni devono fare riferimento ai seguenti tematismi:

1. terreno;
2. rotture di pendenze e discontinuità del terreno;
3. viabilità;
4. idrografia naturale e artificiale;
5. opere di difesa;
6. cave;
7. aggregati urbani ed industriali.

I modelli digitali delle elevazioni richiesti ai punti 3...7 sono da considerarsi relativi a strutture sovramontanti e/o sottomontanti il modello del terreno.

4.1 Attività di riprese aerofotogrammetriche e topografica

Per le modalità di esecuzione di tali attività, si rimanda a quanto specificato al punto 3.1. e relativi sottoparagrafi, fatto salvo che la densità e la distribuzione dei punti per la rete di inquadramento e di appoggio e quelli per la triangolazione area devono essere direttamente proporzionali alla scala dei fotogrammi richiesta.

4.1.1 Collaudo delle attività di riprese aerofotogrammetriche e topografica

Per le modalità di collaudo di tali attività, si rimanda a quanto specificato a punti 3.1. e 3.2.

4.2 Restituzione dei tematismi

In termini generali, la densità dei punti da digitalizzare deve direttamente proporzionale all'esigenza di produrre una matrice regolare a passo 5 m, con la precisione altimetriche di ± 30 cm, adottando algoritmi di interpolazione adeguati.

Deve essere adottata una procedura automatica di discretizzazione degli oggetti geometrici digitalizzati in forma vettoriale, mantenendo il criterio della continuità di tali oggetti. Ciò va in particolare osservato per gli oggetti poligonali e lineari.

In relazione alle diverse forme presenti sul terreno valgono le seguenti prescrizioni.

Piano campagna. Deve essere digitalizzato un numero di punti a terra (X, Y, Z) sicuramente riconoscibili come punti appartenenti al piano campagna, non influenzati da strutture artificiali eventualmente presenti nelle vicinanze.

Viabilità, idrografia naturale e artificiale, argini, cave. Devono essere digitalizzati in asse o come aree (X, Y, Z) le diverse tipologie presenti, per le quali deve essere proposta una struttura descrittiva.

Aggregati urbani ed industriali. A partire da una struttura a poligoni chiusi relativi alle zone di censimento ISTAT, deve essere prodotto un aggiornamento mediante fotointerpretazione.

Successivamente si deve procedere ad assegnare una quota media ad ogni poligono chiuso al fine di creare strutture sormontanti il terreno. Infine si deve procedere con un "canyonizing" dei tali strutture con le principali viabilità.

4.2.1 Collaudo degli oggetti restituiti e delle matrici

Gli elementi territoriali restituiti possono essere sovrapposti sulla cartografia tecnica regionale e/o sulle ortoimmagini, al fine di verificare la rispondenza tipologica e di precisione planimetrica di tali elementi. Qualora il Collaudatore constata inesattezze ed imprecisioni pari al 10% del campione analizzato, il lavoro non può essere considerato valido.

La griglia relativa agli elementi territoriali di tipo sopra-sottomontanti viene sovrapposta a quella del terreno; si provvede a sostituire le celle del terreno con quelle di una della griglia di un elemento territoriale sopra-sottomontante (esempio: viabilità). Qualora il profilo altimetrico della struttura sopra-sottomontante risultante dall'intersezione delle due matrici, si discosta dalla realtà, a causa del limitato numero di punti quotati restituiti, il Collaudatore valuta di richiedere alla Ditta di rieseguire la restituzione degli elementi territoriali in parte o totalmente.

5 Elaborati e archiviazione dei dati

Devono essere restituiti sotto forma cartacea i seguenti elaborati.

Relativamente al rilievo delle sezioni trasversali dei corsi d'acqua:

1. copia di tutta la documentazione esistente raccolta;
2. cartografia in scala 1:25.000 con l'individuazione dei capisaldi della rete di inquadramento e raffittimento e delle altre reti piano – altimetriche preesistenti utilizzate;
3. cartografia in scala 1:10.000 con la definitiva collocazione dei capisaldi e degli estremi delle sezioni;
4. relazione contenente nel dettaglio la descrizione e le modalità del lavoro svolto e delle metodologie adottate (tale elaborato deve essere fornito anche in formato numerico);
5. copie dei libretti di campagna relativi alle operazioni effettuate e, nel caso di utilizzo di strumenti elettronici con registrazione dei dati di campagna, copie integrale dei file delle registrazioni stesse, nonché copie dei tabulati di calcolo dei dati ricavati.

Relativamente alla produzione di ortoimmagini:

1. relazione contenente nel dettaglio la descrizione e le modalità del lavoro svolto e delle metodologie adottate (tale elaborato deve essere fornito anche in formato numerico);
2. diapositive più una copia su carta delle fotografie aeree;

Relativamente ai modelli digitali delle elevazioni:

1. relazione contenente nel dettaglio la descrizione e le modalità del lavoro svolto e delle metodologie adottate (tale elaborato deve essere fornito anche in formato numerico);
2. cartografia alla scala 1:5.000 degli elementi territoriale restituiti.

Devono essere forniti secondo formati numerici i seguenti elaborati:

Relativamente al rilievo delle sezioni trasversali dei corsi d'acqua:

1. monografie dei vertici della rete di raffittimento e dei capisaldi delle sezioni;
2. profilo altimetrico delle sezioni;
3. modello di geoide locale;
4. geometria dei manufatti interferenti;

Relativamente alla produzione di ortoimmagini:

1. modelli stereoscopici digitali;
2. ortoimmagini;

Relativamente ai modelli digitali delle elevazioni:

1. modelli digitali delle elevazioni;
2. elementi territoriali restituiti.

I formati numerici e cartacei per la consegna degli elaborati sono fissati nell'allegato 7 " Specifica per la consegna degli elaborati su base cartacea e numerica".