

ALLEGATO 1 – SPECIFICHE DI RILIEVO

Testo tratto dal Contratto di Ricerca DIIAR Politecnico di Milano - Lombardia Informatica
Predisposizione degli standard regionali per il rilevamento e la gestione GIS delle reti tecnologiche

Sperimentazione delle indicazioni tecniche di rilievo e dello schema logico di archiviazione dati relativi alla mappatura delle reti tecnologiche

SPECIFICHE DI RILIEVO

In seguito vengono descritte le metodologie di rilievo, le strumentazioni da utilizzare e le precisioni da rispettare relative agli elementi che costituiscono l'oggetto del rilievo delle reti tecnologiche. I contenuti topologici e gli attributi di ciascun oggetto sono descritti in un apposito documento dal titolo "Catalogo oggetti". Nel presente si definiscono unicamente le modalità di rilevamento.

In molti casi le geometrie di una rete tecnologica saranno ottenute non da rilievo sul terreno ma da digitalizzazione di supporti cartografici esistenti. Tale operazione non è ottimale dal punto di vista della precisione metrica; può comunque essere accettata a due condizioni:

1. che sia opportunamente stimata la precisione di ciascun elemento sulla base di quanto previsto nella parte relativa ai contenuti;
2. che si arrivi a definire le coordinate dei punti che costituiscono la geometria della rete tecnologica nel sistema di riferimento di seguito specificato.

E' però opportuno ricordare che le motivazioni che portano alla realizzazione di un GIS tecnologico, se analizzate in modo approfondito, spesso implicano il bisogno (o l'opportunità) di provvedere alla realizzazione di una carta tecnica aerofotogrammetrica.

Nelle aree densamente urbanizzate tutte le informazioni, comprese quelle catastali e quelle delle reti tecnologiche, è opportuno che siano organizzate su di una moderna cartografia numerica alla scala 1:1000. Oggi si suole chiamare tale prodotto con il nome di Database topografico. Di recente la Regione Lombardia si è dotata di "Specifiche tecniche per il rilevamento di database topografici alle scale 1:1000 e 1:2000", documenti che sono quindi da considerare come riferimento nel caso si decida di partire con una operazione di rilievo di tutto il territorio di interesse. Va ricordato che alcune operazioni di rilevamento servono alla realizzazione di entrambi i prodotti; in particolare l'esecuzione di rilievi topografici e/o GPS per la determinazione di punti di coordinate note all'interno del territorio da rilevare deve essere impostata, come di seguito descritto, come realizzazione del dettaglio della rete di raffittimento IGM95.

Formato dei dati

Le coordinate di punti che costituiscono i nodi (elementi puntiformi) e le linee (elementi lineari) dovranno essere fornite in un formato che permetta il collegamento ai file di contenuto descritti nell'apposito tomo. Tale collegamento è impostato sul numero d'ordine di ciascun elemento di ogni rete tecnologica. Per tutti gli elementi, lineari e puntuali è previsto sia utilizzato un file 3D (coordinate Est, Nord e quota). E' comunque ammesso che, in casi particolari e quando esplicitato nei documenti d'appalto, l'informazione altimetrica non venga rilevata; tutti gli oggetti avranno di conseguenza quota nulla.

Si fa presente che in recenti applicazioni la modellazione 3D di reti tecnologiche ha permesso di scoprire che le reali lunghezze degli elementi sono spesso molto maggiori rispetto al loro corrispondente planimetrico, con conseguenze significative su alcuni aspetti tecnici di gestione; si consiglia quindi di rilevare il dato tridimensionale.

Sistema di riferimento

Nel rilievo delle reti tecnologiche verranno utilizzati:

1. il sistema geodetico (Datum) ETRF89 (Ellissoide WGS84);
2. la rappresentazione conforme UTM (coordinate cartografiche UTM-WGS84).

Questo è quanto prescritto dall'Intesa Stato Regioni Enti locali per quanto riguarda tutta l'informazione geografica a livello nazionale; in tal senso si sono già espressi positivamente l'IGM, l'Agenzia del Territorio, le Regioni e tutti gli operatori dell'informazione geografica. Vista la necessità contingente di passare al nuovo sistema cartografico e geodetico sopra definito, in modo provvisorio è consentito l'impiego del tradizionale sistema geodetico Roma40 (Ellissoide di Hayford) con le coordinate cartografiche Gauss-Boaga se la carta tecnica comunale di riferimento è ancora in tale sistema.

Si fa presente però che le moderne e sempre più diffuse metodologie di rilevamento GPS definiscono le coordinate dei punti in UTM-WGS84; in tal caso il passaggio alle Gauss-Boaga deve essere eseguito in modo rigoroso ed ufficiale utilizzando i programmi e i corrispondenti grigliati di trasformazione predisposti all'uopo dall'IGM nella loro versione più recente.

Per "quota di un punto" si intende la sua quota ortometrica (sul livello medio del mare) riferita al mareografo di Genova. Anche per l'eventuale trasformazione da quota ellissoidica (strumentazione GPS) a quota ortometrica è necessario utilizzare l'ondulazione geoidica fornita dai grigliati di trasformazione pubblicati dall'I.G.M.

Le coordinate dei punti di una rete tecnologica sono il primo elemento che permette di supportare un GIS. Visto che uno dei requisiti di base di un GIS è la sua interfacciabilità con analoghe raccolte di dati in zone differenti del territorio, è necessario che tutti i GIS tecnologici della Regione Lombardia vengano riferiti ad un unico sistema di riferimento.

Non è di conseguenza ammesso l'impiego di sistemi di riferimento catastali che utilizzano sistemi geodetici differenti. Per lo stesso motivo, l'eventuale digitalizzazione di cartografie esistenti non è ammessa come criterio per la creazione del GIS tecnologico nel caso detta cartografia faccia riferimento alla carta catastale.

Caratteristiche della rete di dettaglio

Per poter lavorare nel predefinito sistema di riferimento è opportuno che sul territorio interessato dalle operazioni mensorie sia realizzata una vera e propria rete di dettaglio, in modo da poter disporre di vertici di coordinate note, stabili nel tempo, utilizzabili sia per operazioni di celerimensura classica, con strumentazione topografica, sia per operazioni di rilievo GPS, nelle varie modalità di impiego che permettono il raggiungimento delle precisioni richieste.

Non è a priori definibile quale sia il numero ottimale di vertici di dettaglio da materializzare nel territorio interessato al rilievo delle reti tecnologiche, anche se indicativamente la densità consigliata è di un punto ogni 25 ettari. E' opportuno aumentare tale densità nelle aree più densamente urbanizzate e diminuirla altrove. Elemento fondamentale per garantire una reale operatività nel rilievo delle reti tecnologiche è che i vertici GPS della rete di dettaglio siano posizionati in modo da essere visibili almeno a due a due.

E' quindi necessario che ad ogni vertice della rete di dettaglio se ne possa osservare almeno un altro. Questo al fine di poter utilizzare anche la tradizionale strumentazione topografica tutte le volte che la metodologia GPS non può essere sfruttata.

E' inoltre opportuno che i vertici di dettaglio siano materializzati in modo stabile e permanente, seguendo il più possibile le indicazioni descritte nel documento "Specifiche tecniche per il raffittimento della rete IGM95" prodotto dall'apposito gruppo di lavoro dell'Intesa Stato Regioni Enti locali. Ovviamente nei centri densamente urbanizzati potrà capitare di dover posizionare vertici di dettaglio su marciapiedi o in zone in cui la materializzazione non è stabile nel tempo. Si raccomanda però di verificare con attenzione la possibilità di disporre tali vertici in punti adeguati, di prevedere una periodica verifica della loro esistenza e di organizzarne una opportuna pubblicizzazione nei vari uffici o enti che gestiscono localmente il suolo pubblico, in modo da garantirne la durata nel tempo.

Nel caso si debba realizzare solo un piccolo intervento di rilievo e quindi non si voglia istituire una vera e propria rete di dettaglio è comunque richiesto che i vertici impiegati per l'inquadramento del rilievo (al minimo due vertici) siano definiti secondo modalità di rilevamento analoghe (di seguito descritte). Anche in questo caso requisito indispensabile è la visibilità reciproca, per lo meno per coppie di punti.

Determinazione della rete di dettaglio GPS

La definizione dei vertici della rete di dettaglio deve essere effettuata a partire dalla rete IGM95 e della rete di raffittimento regionale. La densità di vertici tridimensionali noti è attualmente pari a 1 vertice ogni 50 km²; in pratica esiste un vertice per ogni sezione della carta tecnica regionale alla scala 1:10000 e non esistono zone di territorio urbanizzate più distanti mediamente di 5 km da un vertice di coordinate note.

La rete di dettaglio deve essere realizzata utilizzando la strumentazione GPS. Solo nelle aree densamente urbanizzate, ove la cattiva ricezione impedisce il corretto impiego del GPS, è possibile utilizzare la classica metodologia per poligoni topografiche. Ad integrazione delle indicazioni riportate nelle "Specifiche tecniche per la realizzazione del raffittimento della rete IGM95" si descrivono di seguito alcune indicazioni tecniche finalizzate alla determinazione della rete di dettaglio.

Ogni rete di dettaglio (costituita al minimo da due punti intervisibili) deve essere inquadrata nella rete di raffittimento mediante almeno 3 baseline che collegano differenti vertici di dettaglio ai vertici di raffittimento (almeno 3 vertici di raffittimento coinvolti). Non è ammesso che i tre o più vertici di raffittimento coinvolti siano collegati a un solo punto di dettaglio.

I punti della rete di dettaglio da cui partono le baseline alla rete di raffittimento, devono essere collegati con baseline rilevate in modalità statica. Ogni punto di dettaglio deve essere collegato con almeno due baseline. E' consentita, a tal proposito, l'adozione di uno schema di rilievo analogo a quello classico della poligonazione; in questo caso i punti dovranno essere collegati tra loro sequenzialmente da basi indipendenti di lunghezza non superiore a 5 km, costituenti una poligonale che non dovrà avere più di cinque lati e i cui estremi dovranno appartenere alla rete di raffittimento o di dettaglio.

L'insieme dei collegamenti GPS fra punti di dettaglio e fra punti di dettaglio e di raffittimento forma la rete GPS di dettaglio. L'insieme dei collegamenti GPS fra i punti di dettaglio rilevati e dei collegamenti fra gli stessi punti di dettaglio e i punti di raffittimento, forma la rete GPS di dettaglio.

I tempi di acquisizione, espressi in minuti, saranno non inferiori a quelli riportati nella seguente tabella .

	con 4 satelliti in assenza di cycle slip significativi			con 5 satelliti in assenza di cycle slip significativi		
distanze	GPS mono frequenza	GPS doppia frequenza	Rapido statico	GPS mono frequenza	GPS doppia frequenza	Rapido statico
minori di 5 km	50	30	20	40	20	15
fra 5 e 10 km	70	40	25	50	30	20

In presenza di cycle slip o di ostacoli superiori a 15÷20 gradi sull'orizzonte dell'antenna, la durata della sessione di misura sarà convenientemente aumentata.

Si deve registrare una epoca ogni 10 secondi. Il numero minimo di osservazioni (una per satellite ricevuto per ogni epoca di ricezione) da utilizzare nella elaborazione della base dovrà essere in ogni caso pari a 480, corrispondenti a 20 minuti di ricezione con 4 satelliti senza cycle slip. Anche le baseline che collegano reciprocamente i vertici di dettaglio devono essere determinate in modalità statica con tempi di ricezione pari ad almeno 15 minuti con un'epoca ogni 10 secondi e 5 satelliti in ricezione (al minimo 450 osservazioni); si ricorda però che l'eccessiva contrazione dei tempi di ricezione, anche per basi brevi, aumenta il rischio di ottenere dati sporchi (con errori di ricezione) e quindi la possibilità di non rispettare le precisioni di seguito richieste.

E' richiesto che il progetto della rete di dettaglio, seppure nel suo contenuto minimale, sia preventivamente approvato dal Collaudatore, che dovrà in particolare verificare l'idoneità del collegamento alla rete di raffittimento regionale e la ridondanza dello schema di rilievo GPS.

Elaborazione e calcolo della rete di dettaglio GPS

L'elaborazione delle baseline della rete di dettaglio deve essere eseguita con programmi commerciali. Devono essere rispettate le precisioni descritte nelle specifiche tecniche dell'Intesa Stato Regioni Enti locali. In particolare, le basi verranno calcolate e preliminarmente validate, per quanto concerne i quality factor, con le stesse modalità descritte per le basi della rete di raffittimento; la soluzione dovrà essere di tipo FIXED.

Nel caso in cui il rilievo dei punti di dettaglio sia realizzato con un schema "a poligonale" con numero di lati minore o uguale a 5 e con i punti iniziale e finale coincidenti con un vertice di raffittimento o IGM95, la validazione dalle basi avverrà con il controllo di seguito descritto.

La distanza cartesiana calcolata a partire dalle somme algebriche dei valori dx, dy, dz delle singole basi di ogni poligonale chiusa, dovrà differire da zero o dalla distanza cartesiana tra i due estremi medesimi (calcolata a partire dalle rispettive coordinate X_1, Y_1, Z_1 e X_2, Y_2, Z_2) per meno di: $\tau_D \text{ (mm)} = 50 + 1.5 \cdot L_{km}$,

dove L_{km} è la somma delle lunghezze della poligonale espressa in chilometri:

$$|[(\sum dx)^2 + (\sum dy)^2 + (\sum dz)^2]^{0.5} - [(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2]^{0.5}| < \tau_D$$

(tale tolleranza è di tipo esclusivamente empirico).

Le basi facenti parte di poligonali che non soddisfino le tolleranze suddette verranno ripetute, mentre quelle validate entreranno a far parte del calcolo di compensazione.

Il calcolo della rete di dettaglio deve essere eseguito impostando come fissi i valori delle coordinate Est, Nord (UTM-WGS84) e quota ellissoidica dei vertici della rete di dettaglio

coinvolti. I valori dei semiassi maggiori delle ellissi standard piane dovranno risultare minori o uguali a 4 cm, e lo s.q.m. in quota dovrà risultare minore o uguale a 5 cm.

Le quote ortometriche saranno ottenute utilizzando il modello di geoide fornito dall'IGM. Le coordinate Gauss-Boaga nel sistema ROMA40 saranno eventualmente ottenute tramite i grigliati ed i relativi software di interpolazione forniti dall'IGM.

Nel caso in cui all'interno della rete di dettaglio vengano eseguite misure di differenze di quote con livellazione geometrica (rilievo delle reti di smaltimento delle acque) può accadere che le precisioni delle operazioni di misura dei dislivelli mediante livellazione risultino superiori alle precisioni di stima dei corrispondenti dislivelli a partire dalle quote ellissoidiche depurate dell'ondulazione geoidica. Il problema si pone ovviamente quando il dislivello ortometrico non concorda con quello ellissoidico depurato delle differenze di ondulazione geoidica.

In tali casi sono da utilizzare i dislivelli ortometrici ottenuti mediante livellazione. Tali dislivelli sono da elaborare in modo autonomo, impostando un valore di quota fissa al centro della rete di livellazione. In seconda battuta, la stima altimetrica sarà da traslare in quota in modo da rendere minima la somma degli scarti al quadrato fra le quote così ottenute e le informazioni ortometriche derivanti dalle quote ellissoidiche depurate del geoide, su tutti i vertici di dettaglio coinvolti.

La fase di elaborazione delle basi e di calcolo della rete dovrà essere attentamente controllato dal collaudatore che provvederà anche ad annotare eventuali richieste di integrazione o di rifacimenti di baseline nel caso gli esiti delle misure dovessero manifestarne la necessità.

Utilizzo delle stazioni permanenti e del GPS in modalità RTK

Dal momento della messa in esercizio in Regione Lombardia delle stazioni permanenti regionali GPS, i punti di dettaglio potranno essere determinati utilizzando tale impianto geodetico. E' comunque richiesto il rispetto delle precisioni precedentemente definite; lo schema di rilievo deve quindi essere tale da poter certificare il raggiungimento delle citate precisioni.

Una ulteriore specializzazione della rete di dettaglio può essere eseguita sfruttando le moderne modalità di ricezione RTK (o similari di nuova generazione). L'impiego di GPS in modalità RTK può essere utilizzato esclusivamente per definire nuovi punti di dettaglio su di un impianto di vertici che rispetti le modalità precedentemente definite. Non è quindi accettabile utilizzare la modalità RTK per la determinazione del legame fra vertici di raffittimento e punti di dettaglio.

Impiegando la modalità RTK è comunque richiesto che:

1. la stazione master sia posizionata su di un vertice di dettaglio (determinato con le modalità precedentemente descritte) o di raffittimento;
2. almeno il 50% dei punti così determinati sia misurato con due determinazioni indipendenti, in tempi diversi di almeno due ore.

Il risultato della determinazione RTK sarà accettato nel caso le differenze fra le due determinazioni GPS risultino inferiori a 4 cm in planimetria e 5 cm in quota. I punti per i quali tali differenze non saranno rispettate dovranno essere determinati una terza volta (ed eventualmente per ulteriori volte) al fine di individuare una serie di valori accettabili da cui determinare il valore medio in modo attendibile. L'analisi dei risultati ottenuti sarà giudicata accettabile dal collaudatore con apposita relazione.

Determinazione della rete di dettaglio con strumentazione classica

Nel caso si utilizzi come integrazione la metodologia classica di rilievo per poligonali è richiesto che siano eseguite poligonali aperte vincolate o chiuse, con vertici estremi e vertici di orientamento coincidenti con vertici di dettaglio o, in casi fortunati, di raffittimento.

L'impostazione della rete di dettaglio è pertanto esclusivamente da eseguire con strumentazione GPS. La strumentazione classica può essere impiegata per definire vertici di dettaglio solo in aree ove il GPS non permette una corretta ricezione, ad integrazione delle procedure di rilievo descritte in precedenza.

Le poligonali dovranno essere eseguite con il metodo del centramento forzato; si dovrà fare stazione in tutti i vertici, misurando in ognuno di essi la distanza alla stazione precedente e a quella seguente, l'angolo fra le due corrispondenti direzioni e l'angolo zenitale di ogni lato. Ogni vertice di poligonale dovrà essere materializzato con chiodi o borchie ed evidenziato con segni di vernice, in modo che esso risulti rintracciabile nel tempo.

Le poligonali aperte dovranno iniziare e concludersi (con i relativi orientamenti) su vertici di coordinate note; pertanto, come già detto in precedenza, si dovrà tener conto del fatto che tali vertici dovranno necessariamente risultare stazionabili anche con strumentazione tradizionale ed essere intervisibili con almeno un altro punto dello stesso tipo, per poter eseguire l'orientamento della stazione. Le poligonali chiuse devono analogamente avere vertice iniziale e orientamento su vertici di coordinate note. Le poligonali possono essere in numero tale da formare una vera e propria rete di poligonali. Sono da considerarsi sempre e comunque nel loro contenuto tridimensionale.

Tutte le misure di distanze ed angoli zenitali tra vertici di stazione dovranno essere reciproche. Da ciascun vertice inoltre le misure angolari, sia azimutali che zenitali, dovranno essere ripetute almeno due volte (due strati) per ciascuna delle due posizioni coniugate del cannocchiale. Il valore dell'angolo azimutale tra due direzioni non potrà mai differire tra le misure così effettuate di più di 20 cc, mentre il valore dell'angolo zenitale non potrà mai differire di più di 30 cc. Anche le misure della lunghezza dei lati dovranno essere ripetute almeno due volte ed i valori misurati non dovranno differire mai tra loro di più di 1 cm. Infine, in corrispondenza di tutti i punti di stazione nei quali si esegua la misura di distanza, dovranno essere rilevati ed annotati o registrati i valori sia di temperatura sia di pressione.

Tutte le misure dovranno essere eseguite con teodoliti con lettura almeno ai 5 cc, distanziometri elettronici con errore globale di circa 1 cm alla distanza di 1 km, o teodoliti integrati di classe e di precisione equivalente. Le indicazioni di precisione sopra riportate si riferiscono alla deviazione standard strumentale operativa (DIN 18723) e debbono essere certificate con appositi rapporti di prova.

Le misure dovranno essere scritte, con grafia intelligibile, su appositi moduli cartacei o registrate in memoria, e poi riportate in chiaro, nel caso si usino strumenti che registrino automaticamente i risultati.

Sarà facoltà del Collaudatore visitare in campagna gli operatori del rilievo topografico ed interrompere momentaneamente i lavori per ottenere una copia del libretto di campagna sino a quel momento compilato, senza alcuna necessità di rifacimento dello stesso da parte dei topografi.

Elaborazione delle operazioni topografiche classiche

Le poligonali aperte e chiuse singole, cioè non costituenti una rete di poligonali, dovranno essere compensate con i tradizionali metodi topografici. Per quanto riguarda le operazioni di calcolo e compensazione planimetrica della eventuale rete di poligonali la ditta dovrà utilizzare procedimenti di calcolo in grado di fornire:

1. il valore compensato delle coordinate (X,Y) di tutti i vertici nel sistema di riferimento arbitrario;
2. gli s.q.m. delle coordinate stesse;
3. i residui delle equazioni alle misure con i rispettivi e.q.m.

Le compensazioni delle misure dovranno consentire la determinazione dei valori degli sqm intrinseci delle singole coordinate Est e Nord di ciascun vertice in modo che risultino sempre inferiori od uguali a 3 cm. Qualora ciò non si verifichi, la ditta sarà tenuta a compiere nuove acquisizioni e a ripetere, ovviamente, le operazioni di compensazione intrinseca delle misure.

Per quanto riguarda le operazioni di calcolo e compensazione in quota dei vertici delle poligonali la ditta dovrà utilizzare invece il criterio classico delle livellazioni trigonometriche, in base al quale ciascun dislivello tra due punti di una rete è calcolabile come somma di tutti i dislivelli parziali tra i diversi vertici di ciascuna singola poligonale che collega tali punti.

Scelto quindi un punto baricentrico arbitrario per ciascuna poligonale, al quale assegnare una quota convenzionale, sulla base delle misure ricavate secondo i criteri classici della livellazione trigonometrica, come in precedenza descritto, attraverso l'utilizzazione di un idoneo programma di calcolo ai minimi quadrati verranno automaticamente determinate le quote di tutti gli altri punti di ciascuna poligonale.

Per quanto riguarda le operazioni di calcolo e compensazione intrinseca altimetrica la ditta dovrà utilizzare procedimenti di calcolo in grado di fornire per tutti i punti di ciascuna poligonale:

1. il valore compensato delle coordinate di tutti i vertici rispetto al riferimento baricentrico arbitrario;
2. gli sqm di tali coordinate;
3. i residui delle equazioni alle misure con i rispettivi eqm

Le compensazioni delle misure dovranno permettere di verificare che i valori degli sqm intrinseci delle singole coordinate di ciascun vertice risultino sempre inferiori od uguali a ± 3 cm. Qualora ciò non si verifichi, la ditta sarà tenuta a compiere nuove acquisizioni e a ripetere, ovviamente, le operazioni di compensazione intrinseca delle misure.

Una volta compensate intrinsecamente in planimetria ed altimetria le poligonali dovranno essere inserite nel sistema di riferimento. Per quanto riguarda gli inserimenti planimetrici essi verranno effettuati adattando, con procedimenti rigorosi di rototraslazione conforme, i risultati dell'elaborazione delle singole poligonali o della rete di poligonali ai vertici di dettaglio coinvolti, tramite le coordinate di tali punti.

I procedimenti di calcolo utilizzati per queste operazioni dovranno fornire:

1. i valori delle coordinate Est e Nord di tutti i vertici di ciascuna poligonale;
2. le differenze residue .E e .N, al termine degli inserimenti, tra le coordinate di tutti i vertici noti utilizzate come input e quelle ottenute tramite rototraslazione.

Le differenze residue dopo la rototraslazione conforme non dovranno mai essere superiori a ± 5 cm. Qualora si dovessero superare tali valori la ditta dovrà compiere un'attenta analisi, per ricercarne le cause. Solo dopo tali valutazioni, ed una volta acquisito il parere favorevole del Collaudatore, la ditta potrà eventualmente avvalersi dell'opportunità di non utilizzare alcuni punti della rete principale per il calcolo dei parametri di rototraslazione.

Per quanto riguarda, invece, gli inserimenti altimetrici, la ditta dovrà eseguire, per ciascuna poligonale già compensata intrinsecamente in quota o eventualmente per la rete di poligonali una traslazione esclusivamente altimetrica che consenta di inserirla altimetricamente nel sistema di riferimento cartografico. Anche in questo caso il limite assunto per gli scarti è pari a ± 5 cm.

Monografie dei vertici di dettaglio

Tutti i vertici della rete di dettaglio, misurati con strumentazione GPS o con strumentazione classica, dovranno essere rappresentati nel GIS. Per ciascuno di essi la ditta rilevatrice dovrà redigere, secondo le specifiche di seguito indicate, un'idonea monografia descrittiva che ne permetta il riconoscimento sul terreno.

A tal fine dovranno far parte della monografia i seguenti elementi grafici e/o alfanumerici:

1. il codice univoco identificativo del punto;
2. le coordinate ottenute dal calcolo nel sistema di riferimento previsto
3. una breve descrizione del punto e del suo immediato circondario;
4. una specifica descrizione che consenta di individuare con chiarezza l'eventuale manufatto sul quale è posto il punto (per esempio attraverso l'indicazione del numero civico e al codice ecografico della via laddove esistente);
5. una fotografia ravvicinata del particolare con il quale è stato materializzato il punto;
6. una o più fotografie d'inquadramento che riprendano, oltre al punto in oggetto, anche altri elementi fisici presenti nel circondario del punto stesso;
7. una puntuale descrizione dell'effettiva accessibilità del punto;
8. uno schizzo planimetrico volto a favorire l'individuazione ed il ritrovamento del punto, rappresentante i principali particolari circostanti con l'indicazione di almeno 3 distanze;
9. la data di realizzazione della monografia.

Tutte le monografie dovranno essere fornite sia su supporto cartaceo che su supporto informatico sotto forma di files in formato adeguato, con immagini, fotografie, estratti planimetrici e schizzi.

Precisione assoluta – Passaggio alla precisione intrinseca

La precisione assoluta della rete di dettaglio è espressa dai valori dei semiassi maggiori degli ellissi standard piani e dallo s.q.m. della determinazione altimetrica. Per il resto delle operazioni di rilievo tale precisione è da considerarsi un valore assoluto di riferimento. Tutte le altre elaborazioni considereranno i vertici della rete di dettaglio come elementi noti e fissi nel tempo. Le precisioni che di seguito verranno definite si riferiscono quindi ai vertici di dettaglio ed in tal senso sono da considerarsi relative. Di conseguenza, le precisioni richieste come requisiti propri delle coordinate che definiscono gli oggetti all'interno del GIS delle reti tecnologiche sono da considerarsi come "intrinseche" all'ambito territoriale. Non ha alcun senso operativo pensare di ottenere precisioni assolute, ad esempio in quota, di pochi millimetri rispetto al mareografo di Genova origine del sistema altimetrico di riferimento. Solo i normali fenomeni di subsidenza che ogni anno interessano la maggior parte del territorio lombardo di pianura risultano mediamente superiori a tali valori. Invece, per un impianto tecnologico che sfrutta la naturale pendenza delle acque è fondamentale poter garantire un livello di precisione altimetrica relativa (cioè in prima battuta intrinseco all'ambito territoriale di rilievo) dell'ordine di qualche millimetro. Analogo ragionamento può essere eseguito anche per l'aspetto planimetrico con valori di precisioni superiori di un ordine di grandezza almeno. La precisione che sarà quindi da garantire dal punto di vista planimetrico non contraddice, come ordine di grandezza la determinazione planimetrica eseguita con GPS secondo le modalità precedentemente descritte.

Diverso ancora una volta è il discorso relativo all'altimetria, dove le normali precisioni dei metodi topografici classici sono di gran lunga più precise, in relativo, rispetto alla definizione ellissoidica modificata con l'informazione dell'ondulazione geodica. E' per questo motivo che è stata prevista una differente elaborazione per i dislivelli ortometrici misurati. Da ora in avanti però anche per le quote ortometriche, qualunque sia il metodo di rilevamento impiegato, si passerà ad una valutazione intrinseca del livello di precisione.

Rilievo di dettaglio degli oggetti con evidenza superficiale

Buona parte delle informazioni di posizione che vanno a descrivere le reti tecnologiche sono relative ad oggetti che normalmente non si vedono e quindi non possono essere misurati con le modalità tradizionali. E' quindi opportuno definire le modalità di rilievo in

funzione del fatto che l'oggetto indagato presenti la sua geometria "superficiale" (tutta o in parte) oppure non la presenti. La determinazione degli spigoli degli oggetti "superficiali", dovrà essere effettuato operando con rilevamento per coordinate polari, secondo lo schema classico della celerimensura, a partire dai vertici di dettaglio, e/o con misure GPS in modalità RTK con stazione master posizionata su di un vertice di dettaglio. Le coordinate dei punti rilevati dovranno essere memorizzate in file strutturati in modo tale da poter essere caricati e visualizzati sul videografico ove sarà eseguita la successiva operazione di costruzione degli oggetti previsti nel GIS.

Ogni oggetto puntuale rilevato sarà definito nel suo punto medio. In particolare durante il rilievo della posizione di chiusini, pozzetti e similari, sarà da determinare la forma e la dimensione della copertura assieme a tutti gli attributi che è previsto siano rilevati.

La scelta del metodo tecnologico più idoneo per definire le coordinate dei punti da rilevare dipenderà dalla contingente situazione in cui si è portati ad operare e dalla posizione dei punti da rilevare. Può anche essere necessario banalizzare l'operazione di rilievo a pura determinazione di distanze da punti di coordinate note, di cui è possibile determinare le coordinate, mediante misura di distanze relative con nastro d'acciaio o strumento elettronico (Disto).

Solo nel caso in cui il supporto cartografico di tipo aerofotogrammetrico è eseguito alla scala 1:1000 in modo conforme alle "Specifiche Tecniche per la realizzazione del database topografico alla scala 1:1000 – 1:2000" della Regione Lombardia, è possibile definire la posizione di un punto mediante misure di distanza riferite a elementi presenti nel database topografico. Il rilievo diventa in tale prassi di tipo esclusivamente relativo. Non è ammessa tale procedura di rilevamento quando la cartografia di riferimento ha scala nominale 1:2000 oppure quando la cartografia di riferimento è quella catastale.

Per quanto riguarda la definizione altimetrica di alcune delle reti tecnologiche, in particolare quella dello smaltimento delle acque, è richiesto che tutti i chiusini che definiscono tale rete siano definiti mediante livellazione geometrica tecnica. E' quindi richiesto che le operazioni di livellazione coinvolgano tutti i chiusini di tale rete. Per eseguire le misure di livellazione è necessario procedere con anelli di livellazione chiusi, in modo da verificare la chiusura altimetrica prima di passare all'elaborazione dei dati rilevati. Quando la geometria della rete fognaria non lo dovesse permettere è richiesto che la livellazione geometrica sia eseguita in andata e ritorno e che siano eseguite delle verifiche durante le operazioni di misura tali da garantirsi da eventuali errori grossolani. Devono essere usati livelli da ingegneria, cioè con e.q.m. strumentale non superiore a ± 3 mm al km.

Devono essere seguite le indicazioni tipiche delle livellazioni di precisione e cioè:

1. la distanza fra strumento e le due stadiie deve essere la stessa, con incertezza non superiore al metro, e non deve superare i 55 m;
2. il dislivello va eseguito in andata e ritorno (possibilmente evitando le ore calde e le visuali radenti all'asfalto) qualora non vi siano altre possibilità di verifica (poligono chiuso e partenza ed arrivo su punti di quota nota);
3. le differenze di ciascun tratto misurato in andata e ritorno di lunghezza L (espressa in km) non debbono mai superare la tolleranza $T[mm] = \pm 6 L^{0.5}$;
4. quando la linea di livellazione si chiude formando un poligono di lunghezza L (espressa in km), l'errore di chiusura dei dislivelli misurati non deve essere superiore a $E[mm] = \pm 3.5 L^{0.5}$;
5. quando la linea di livellazione di lunghezza L (espressa in km) parte e si conclude su capisaldi di quota nota, la differenza fra il dislivello misurato e quello calcolato a partire dalle quote note degli estremi del tratto di livellazione deve risultare inferiore a $S[mm] = \pm 3.5 L^{0.5}$

Tutto il materiale di campagna delle operazioni di livellazione, assieme ad uno schema delle linee di livellazione misurate, deve essere consegnato al Collaudatore per le verifiche

corrispondenti. Il calcolo delle quote dei punti deve essere eseguito a partire dalle quote note dei vertici di dettaglio (quote ortometriche). La livellazione geometrica, quando le operazioni di rilevamento rispettano le tolleranze previste, ha una precisione superiore rispetto alla definizione in quota ottenuta con GPS o con misure topografiche di poligonale. Per questo motivo è corretto che il rilievo altimetrico sia inquadrato all'interno della rete altimetrica di dettaglio senza perturbarne la precisione intrinseca, cioè inserendolo rigidamente nelle informazioni di quota disponibili, in modo da minimizzare gli scarti residui sui punti noti in quota coinvolti.

E' possibile definire la posizione di alcuni elementi sulla base della restituzione fotogrammetrica; ciò a patto che si tratti di una scala media del fotogramma adeguata alla restituzione in scala 1:1000. Il livello di precisione così ottenibile è però decisamente differente da quello del rilievo diretto e ciò deve risultare dall'attributo di precisione, visto che la stereorestituzione alla scala 1:1000 permette di garantire i 40 cm circa di precisione.

L'utilizzo di informazioni derivanti direttamente dal rilevamento aerofotogrammetrico non è da

considerarsi elemento negativo. Molti elementi richiesti nel GIS delle reti tecnologiche sono ben visibili, si pensi ai tralicci dell'alta e media tensione, ai pali di sostegno, alle parti di condotto scoperto (ad esempio per gasdotti o elementi lineari simili). Più difficile risulta invece la lettura fotogrammetrica di altri elementi, ad esempio i chiusini, vista la loro non brillante osservabilità sui fotogrammi, soprattutto in particolari condizioni di luce e su suolo asfaltato.

Molti degli oggetti che costituiscono l'informazione delle reti tecnologiche sono normalmente non visibili. E' quindi opportuno, sia nel caso il GIS delle reti tecnologiche venga derivato da informazioni esistenti, sia nel caso si provveda ad un rilievo sul territorio, sfruttare tutte le occasioni dettate dalle ordinarie e straordinarie operazioni di manutenzione per rilevare la posizione (cioè le coordinate) dei punti significativi degli oggetti costituenti la rete in esame.

Soprattutto la realizzazione di nuove reti (ad esempio ciò capita frequentemente per gli impianti di teleriscaldamento) deve prevedere il rilievo degli elementi che in un secondo momento, a regime, risulteranno sotterranei (e quindi non visibili) durante le operazioni di costruzione, in modo da ottenere il massimo possibile dall'informazione di posizione. Allo stesso modo, con il GIS delle reti tecnologiche funzionante, è opportuno che durante gli scavi per la sostituzione o la riparazione di parti si provveda al rilievo degli oggetti che risultano temporaneamente non coperti. Come è previsto nelle specifiche di contenuto, ogni oggetto, puntuale o lineare, ha previsto un suo livello di precisione che dipenderà quindi dalle modalità di rilievo.

Tutte le volte che il rilievo avviene a partire dai vertici di dettaglio con strumentazione topografica o GPS, il livello di precisione da implementare nella tabella TOLL corrisponde alla classe di tolleranza 02 (compresa fra 2 e 5 cm). Nel caso il rilievo sia inquadrato mediante misure di distanze riferite a vertici rilevati con strumentazione topografica o GPS, il livello di precisione da implementare corrisponde alla classe di tolleranza 03 (compreso fra 5 e 20 cm).

Quando il punto rilevato è determinato sulla base di misure relative riferite a elementi esistenti sul DB topografico alla scala 1:1000, il livello di precisione da implementare corrisponde alla classe di tolleranza 04 (compreso fra 20 e 40 cm). Se il punto è ottenuto da stereorestituzione alla scala 1:1000 il livello di precisione da implementare corrisponde alla classe di tolleranza 04 (compreso fra 20 e 40 cm). Le altre classi di precisione sono da utilizzare in funzione della procedura di rilievo, compreso la digitalizzazione, con opportune verifiche di tolleranza sul contenuto di precisione effettivamente implementato.

La classe di tolleranza 01 (tolleranza inferiore a 2 cm) è da riferire unicamente a misure di livellazione geometrica per la determinazione di quote ortometriche, normalmente richieste per gli impianti non in pressione, tipicamente per le fognature.

Le operazioni di recupero di informazione geometrica mediante digitalizzazione di cartografia esistente devono sempre prevedere un degrado della qualità della precisione rispetto alla scala del supporto utilizzato e digitalizzato. Per esempio, se si digitalizza il dato da una cartografia alla scala 1:1000, non è corretto inserire gli oggetti in una classe di tolleranza 04, ma conviene associare la classe 05 (da 40 a 80 cm).

Durante le operazioni di rilievo il rilevatore è obbligato ad annotare eventuali anomalie, malfunzionamenti o cattivo stato di elementi riscontrati durante i lavori di rilievo. Deve rilevare i pozzetti d'ispezione privati solo se l'ente appaltante ha chiesto la verifica della regolarità degli allacciamenti domestici. Il rilevatore è obbligato a discutere i dati rilevati con le persone competenti nominate dal Collaudatore e di tener conto delle loro eventuali annotazioni.

Rilievo di dettaglio degli oggetti senza evidenza superficiale – metodi speciali

Per gli oggetti senza evidenza superficiale il rilievo può risultare problematico. Stante quanto precedentemente affermato per le informazioni ricavabili da digitalizzazione di archivi esistenti, per il rilievo dei dati richiesti (incluse le coordinate di elementi puntiformi e lineari) si distinguono due possibilità:

1. l'elemento coperto si trova in un pozzetto, un armadio elettrico, in un palo di illuminazione o similari: il rilevatore è obbligato a togliere la copertura, rilevare i dati richiesti e rimettere la copertura;
2. l'elemento coperto non si trova in un pozzetto, in un armadio elettrico, in un palo di illuminazione o similari; in funzione delle specifiche dell'appalto, il rilevatore deve o meno impiegare i metodi speciali di seguito riportati. Se non è obbligato a utilizzare i metodi speciali è autorizzato ad indicare dati presunti, impiegando per essi la classe di tolleranza 09 (tolleranza ignota).

Il rilevatore è obbligato a discutere i dati rilevati con le persone competenti nominate dal Collaudatore e di tener conto delle loro eventuali annotazioni. Il rilevatore deve chiedere all'ente appaltante se ed eventualmente per quali parti della rete deve applicare i seguenti metodi speciali per poter rilevare i dati richiesti:

1. determinazione del tracciato e delle caratteristiche della rete di condutture dello smaltimento delle acque tramite indagine televisiva, con eventuale lavaggio dell'elemento, se necessario;
2. determinazione del tracciato e delle caratteristiche della rete di approvvigionamento delle acque tramite indagine televisiva;
3. immissione di colorante e verifica della regolarità degli allacciamenti e dello schema di connessioni;
4. determinazione del tracciato della rete di condutture (delle varie reti tecnologiche) tramite sonar ed eventuale sonda;
5. misurazione del valore dell'illuminazione della rete dell'illuminazione pubblica (da effettuare preferibilmente nei seguenti punti: sul baricentro del punto luce, sul lato opposto della strada e al centro tra un punto luce ed il successivo).

L'impiego dei metodi speciali, quando è supportato da attrezzature di superficie, deve essere

integrato con la determinazione della posizione in cui si registra un certo evento con uno dei metodi di rilievo descritti in precedenza a proposito degli oggetti con evidenza superficiale. Sono inoltre da considerare facenti parte della categoria "oggetti senza evidenza superficiale" tutti quei chiusini, di differenti reti tecnologiche, che non sono visibile perché coperti dal manto stradale. Sarà compito della Ditta rilevatrice individuare

questi chiusini con apparecchiature cerca metalli ed altro, segnarli con spray colorato sul manto stradale e successivamente rilevarli dai vertici di dettaglio, compresa l'informazione di quota riferita al piano stradale. Per tutte le informazioni derivate dai metodi speciali di indagine è opportuno prevedere un significativo decadimento del livello di precisione nella definizione delle coordinate di punti. Anche per le informazioni di quota ottenute dall'apertura dei chiusini, mediante misure, ad esempio, fra piano di campagna e fondo del tubo, è precauzionalmente da considerare un degrado di un livello nelle classi di precisione. Ad esempio, la quota del fondo del tubo di un elemento di fognatura non è pensabile abbia la stessa precisione con cui è determinata la quota in sommità del chiusino e quindi apparterrà alla classe di tolleranza 02.

Immagini digitali della rete tecnologica

Sarà utile per l'ente appaltante avere a disposizione delle immagini digitali di alcuni punti "interessanti" della rete tecnologica. Queste immagini dovranno preferibilmente essere delle fotografie digitali eseguite sul posto o, se una foto non dovesse essere adatta a rappresentare il contenuto desiderato, uno schizzo salvato in formato raster.

In genere sarà il rilevatore a decidere se un punto della rete è da considerarsi "interessante" o meno e dunque a fornire un'immagine digitale. E' sempre obbligatorio fornire un'immagine digitale nei seguenti casi:

1. quando si tratta di un oggetto per il quale nel catalogo oggetti è prevista la fornitura di un'immagine digitale;
2. quando un elemento puntiforme normalmente coperto viene scoperto a causa di lavori di posa o di manutenzione.

Questa immagine dovrà mostrare in modo ben visibile l'elemento e quanto più possibile della zona circostante, così come si presentano prima che l'elemento venga ricoperto, cioè dopo la sua posa in opera.

Immagini di disegni tecnici di pozzetti e elementi simili

Analogamente a quanto riportato nel paragrafo precedente, sono da predisporre in formato raster e da inserire nel GIS della rete tecnologica, tutti quei particolari derivanti da disegni tecnici che possono avere una particolare importanza nella gestione nel tempo della rete stessa.

Modello geometrico

L'operatore GIS che effettuerà il rilievo e la strutturazione della rete tecnologica (o delle reti tecnologiche) dovrà acquisire (anche tramite la già citata apertura dei pozzetti, se richiesto dall'appalto) e se disponibili, tutti i dati previsti. Se il lavoro si basa sulla digitalizzazione di supporti cartacei esistenti, si dovrà acquisire tutto quello che è rappresentato sulle carte, cioè tutte le geometrie e tutte le descrizioni (testi relativi alle caratteristiche delle reti, ...). E' importante anche rilevare informazioni da eventuali elementi descrittivi rilevabili dal materiale disponibile.

Le reti dovranno essere strutturate secondo il criterio degli elementi puntuali e degli elementi lineari descritti nell'apposito documento di contenuto. Il disegno degli elementi lineari dovrà essere eseguito utilizzando esclusivamente le entità lineari, facendo attenzione a non inserire nel tracciato vertici inutili o troppo fitti. La sequenza dei punti definenti gli elementi lineari dovrà corrispondere alla direzione del flusso reale (nei casi in cui la rete preveda una direzione di flusso). Tutti gli elementi puntiformi e lineari di una stessa rete dovranno risultare connessi in modo omogeneo e congruente, qualunque sia il criterio di interruzione del tracciato. Non potranno essere connesse tra di loro polilinee

appartenenti a reti differenti (esempio smaltimento delle acque con approvvigionamento delle acque).

Dovrà corrispondere un'unica linea quando si verificheranno i seguenti casi:

1. tratte caratterizzate dalla costanza di caratteristiche (tipologia, materiale, diametro, anno e mese di posa, ecc...). Quando una qualunque di tali caratteristiche è modificata occorre terminare una polilinea ed iniziarne una nuova;
2. tratte caratterizzate da assenza di diramazioni. Dove una linea principale si dirama in linee secondarie (anche se sono verificate le condizioni di costanza delle caratteristiche precedentemente ricordate) l'operatore dovrà provvedere a terminare la polilinea e ad iniziarne una nuova, inserendo l'apposito elemento puntuale di giunzione;
3. tratte caratterizzate dall'assenza di elementi puntuali di rete.

Gli elementi puntiformi dovranno costituire i punti di estremità delle polilinea adiacenti e dovranno dunque essere geometricamente connessi a queste. Ad ogni polilinea costruita seguendo i criteri sopra esposti saranno associati i suoi attributi e le caratteristiche; non si potranno assolutamente inserire queste utilizzando testi da affiancare alle polilinea.

Per quanto riguarda la struttura dati, per alcune reti tecnologiche può capitare che l'asse delle

tubazioni converga sul pozzetto ma non al centro del chiusino del pozzetto. In tali casi è opportuno creare un collegamento fittizio fra la reale posizione di sbocco nel pozzetto del condotto e l'elemento puntuale in genere corrispondente al centro del chiusino. Di fatto quindi accadrà che la lunghezza degli elementi lineari di tratta differiranno di alcune decine di centimetri rispetto alla lunghezza effettiva del condotto.

Scelte differenti, in particolare quelle che non ricreano una connessione fra elementi lineari e elementi puntuali o che non vincolano l'estremo di un elemento lineare con il centro del chiusino (spesso corrispondente all'unico elemento rilevato in modo metrico corretto, essendo visibile in superficie), non sono considerate corrette.

Materiale fornito dall'ente appaltante

L'ente appaltante su richiesta, se disponibili e se necessario, metterà a disposizione il seguente materiale:

1. database topografico alla scala 1:1000 o, eventualmente, cartografia numerica vettoriale sempre alla scala 1:1000;
2. ortofoto digitale georeferenziata (immagini raster);
3. planimetria generale della rete tecnologica in oggetto, su opportuno formato;
4. eventuali planimetrie a scale differenti delle reti tecnologiche, con posizioni non riferite al sistema di riferimento previsto;
5. lista alfanumerica con la posizione geografica (via e numero e civico) degli elementi noti ed in qualche modo già gestiti;
6. indicazioni della potenza contrattuale delle varie tratte di connessione della rete elettrica
7. eventuali altri dati in possesso, utili alle operazioni di rilevamento e strutturazione del GIS della rete tecnologica.

Tutto il materiale fornito dall'ente appaltante rimane di proprietà esclusiva dell'ente stesso, assieme al risultato delle elaborazioni, al materiale prodotto. Il suo utilizzo da parte del rilevatore è limitato alla realizzazione del lavoro descritto nelle presenti specifiche; inoltre per nessuna ragione e sotto nessuna forma potrà essere consegnato a terzi.

Oneri ed obblighi diversi a carico del rilevatore

Oltre agli oneri previsti nelle presenti specifiche tecniche, saranno a carico del rilevatore i seguenti oneri ed obblighi:

1. il rilevatore è obbligato alla messa a disposizione di tutti gli operai e tecnici ed alla fornitura di attrezzi e strumenti per rilievi, tracciamenti e misurazioni relativi alle operazioni di consegna, verifica e collaudo dei lavori;
2. il rilevatore è obbligato a richiedere tutte le autorizzazioni necessarie per l'occupazione temporanea delle aree pubbliche e private e a sostenere tutti gli oneri a riguardo;
3. il rilevatore è obbligato a provvedere all'impianto di segnaletica ed illuminazione necessaria, previsti dal Codice della Strada. In caso di traffico intenso e a regolazione di senso unico alternato, il rilevatore deve regolare il traffico veicolare mediante proprio personale e sempre rispettando il Codice stesso. E' necessario che prima dell'avvio delle operazioni di rilievo la Ditta rilevatrice presenti un "Piano di igiene e di sicurezza".

Il piano di igiene e di sicurezza dovrà in particolare regolare il comportamento a riguardo dell'interazione con la viabilità veicolare del luogo di lavoro, della movimentazione dei chiusini, del rischio di caduta nei chiusini aperti, delle esalazioni di vapori dalle camere fognarie, dalla presenza di miscele esplosive di aria-biogas, gas metano o altro all'interno dei manufatti, della presenza di acido solfidrico o altri composti nocivi all'interno dei manufatti da ispezionare, del contatto con liquami e di altre fonti di pericolo sul lavoro.

La ditta rilevatrice si obbliga a consentire al Collaudatore accesso ai locali, agli strumenti ed ai documenti inerenti i lavori appaltati, impegnandosi ad agevolare con ogni mezzo gli accertamenti che il Collaudatore riterrà opportuno eseguire.

In caso di collaudo con esito negativo, la fase di completamento e/o di correzione dei prodotti forniti sarà a totale carico della ditta appaltatrice e sarà soggetta a penale per i giorni eccedenti la data di scadenza dei lavori. Alla ditta rilevatrice saranno altresì addebitate anche le maggiori spese sostenute dall'azienda per il collaudo delle stesse prestazioni.