

## LE INFRASTRUTTURE DI RETE NRTK PER IL RILIEVO INTEGRATO STAZIONE TOTALE - GPS

Luca GUSELLA (\*), Leonardo GUALANDI (\*\*), Marco BELO' (\*\*\*)

(\*) Eurotec s.n.c., p.le Lubiana, 11/a 43100 Parma - [luca.gusella@eurotecparma.com](mailto:luca.gusella@eurotecparma.com)

(\*\*) Epicuro s.r.l., Via Melloni, 6 40134 Bologna – [epicuro.srl@fastwebnet.it](mailto:epicuro.srl@fastwebnet.it)

(\*\*\*) Trimble Italia, Centro Torri Bianche Palazzo Larice 3 – Vimercate (MI) - [marco\\_belo@Trimble.com](mailto:marco_belo@Trimble.com)

### Riassunto

Le reti di stazioni permanenti per il rilievo in tempo reale NRTK (*Network Real Time Kinematic*) rappresentano, oggi, una delle più innovative soluzioni impiegate per il posizionamento su scala regionale. Tuttavia, il GPS ha delle limitazioni intrinseche, dovute alla visibilità dei satelliti, critica nel caso di ambienti urbani o naturali particolarmente ostruiti, e dei vantaggi consistenti, in termini di operatività, qualora si operi in una zona aperta, soprattutto se orograficamente tormentata.

Il rilievo tradizionale da stazione totale, invece, presenta indubbi vantaggi di operatività, sia per le caratteristiche dell'oggetto rilevato (per esempio, lo spigolo di un edificio), sia sicuramente per una maggiore consuetudine a questo stile di rilievo.

Tuttavia, l'intervisibilità tra le stazioni utilizzate può rappresentare un limite alla produttività, rendendo particolarmente efficace l'uso integrato di *rover* GPS.

La tecnologia *Trimble Integrated Survey*, in particolare se inserita in un contesto di infrastruttura di rete di stazioni permanenti, è un esempio di come il rilievo GPS ed il rilievo da stazione possano essere utilmente integrati per migliorare la produttività di entrambe le metodologie.

Nel presente lavoro, saranno presentate alcuni rilievi effettuati con questa metodologia, evidenziandone l'operatività diretta sul campo ed il vantaggio di un sistema di riferimento unico per i rilievi effettuati. I test sono effettuati nella zona coperta dalla rete di stazioni permanenti ASSOGEO.

### ABSTRACT

Network of GPS permanent station for real time survey NRTK (*Network Real Time Kinematic*) are today representing one of the most innovative solution for regional positioning.

However, GPS survey has limitation, due to satellites visibility and possible obstructions in urban area, but also operative advantages, when operating in open areas.

On the other hands, Total station survey is more suitable when it is necessary to survey building shape, and also the survey methodologies are more known and usual.

However, station indivisibility can represent a productivity limit, making suitable and efficient integration between GPS and conventional survey.

IS-Rover Trimble technology, in particular when used in an infrastructural contest of permanent stations, is as example of how GPS and TS survey can be integrated to ameliorate productivity of both survey style.

In the presented work, some example surveys are presented, evidencing the field operability and the advantage of a shared reference system. Tests were made using the ASSOGEO network of permanent stations.

### Introduzione

La possibilità di integrare i dati provenienti da stazione totale e da rilievo GPS rappresenta un'innovazione nello stile di rilievo topografico. *Trimble* ha introdotto questa possibilità nel 1998, con il *controller GeodatWin* (Lemmon, Wetherbee, 2005). I dati di ciascuno strumento vengono memorizzati nello stesso file di lavoro, permettendo la misura con entrambi i dispositivi. Questo

sistema di rilievo integrato è stato poi sviluppato, fino all'attuale *Trimble Survey Controller* versione 12, che permette di passare da rilievo a stazione a rilievo GPS, e viceversa, semplicemente premendo un apposito tasto sul *display*, condividendo oltre che il sistema di coordinate, anche le metodologie operative. Il *controller*, essendo fisicamente lo stesso, può essere utilizzato indifferentemente e/o contemporaneamente sui due strumenti.

Ci sono diversi vantaggi in questa operazione, tra i quali è da ricordare:

- minore tempo d'apprendimento, per l'uso di un solo software di campagna.
- estensione delle tecniche di rilievo GPS al rilievo da stazione, particolarmente utile nelle traverse.
- flessibilità nel rilievo, in quanto può essere scelto lo strumento più opportuno per la particolare tipologia di lavoro da effettuare.
- superamento dei limiti del rilievo GPS, dati dalle ostruzioni verticali, e del rilievo da stazione totale, limitato dall'intervisibilità.

Le possibilità d'integrazione e di completamento da parte delle due tecnologie vengono riassunte nella tabella 1.

	GPS	Stazione Totale
Aree d'impiego	Reti Aree aperte Cave Scavi a cielo aperto Tracciati stradali	Reti Aree aperte Cave Scavi a cielo aperto Tracciati stradali
Zone problematiche	Ostruzioni Alberi Aree urbane	Assenza di Punti noti Inutilizzabilità dei Punti noti Subsidenza, Tettonica Collimazione ostruita Muri, Barriere, Edifici, Alberi...

Tabella 1 – riepilogo delle aree d'impiego e delle zone problematiche del rilievo GPS e da stazione totale

La tecnica Trimble Integrated Survey prevede l'integrazione tra GPS e Stazione Totale. Questa integrazione del rilievo avviene seguendo due principali configurazioni, mostrate nella successiva figura 1: la configurazione (a) prevede l'utilizzo della stazione totale e di un ricevitore in modalità standard, la configurazione (b), denominata *IS-Rover (Integrated Surveying Rover)* prevede l'utilizzo della stazione totale in modalità "robotica", ovvero con l'impiego del controllo remoto delle procedure di rilievo.

La soluzione (a) prevede la possibilità di impiego di dati sia in modalità *real time*, utilizzando per esempio una rete di stazioni permanenti (ma volendo anche una singola *base*), sia in modalità post processata. I punti GPS verranno utilizzati uno come stazione e almeno un altro come orientamento. Nel caso di una soluzione post processata, il rilievo potrà essere effettivamente utilizzato una volta calcolate le basi e compensato in blocco il rilievo.

La soluzione (b) prevede l'utilizzo contemporaneo di prisma e GPS durante le fasi del rilievo. E' inoltre possibile il calcolo delle coordinate di stazione tramite orientamento all'indietro utilizzando *non meno* di due punti determinati con il GPS,

Ogni stazione celerimetrica, in ambo i casi, può diventare indipendente dalle successive, permettendo l'esecuzione di traverse anche molto lunghe senza effettuare alcuna poligonale, con vantaggi evidenti in termini di tempo.

### La strumentazione impiegata

La strumentazione impiegata è il ricevitore GPS *Trimble 5800* e la stazione totale *Trimble S6*, le cui caratteristiche sono qui riportate:

- Ricevitore *Trimble 5800*: ricevitore GPS a doppia frequenza con antenna incorporata, 24 canali, collegamento *Bluetooth* con modem GPRS e *controller*, precisione di 1 cm + 1ppm in planime-

- tria e 2cm + 2ppm in quota con l'uso di sistemi E-RTK quali il VRS qui impiegato (Vollath et Al., 2002).
- Stazione Totale *Trimble S6 300+*: Precisione (deviazione standard basata su DIN 18723): 3" (1,0 mgon), rilevazione con prisma e senza prisma, portata EDM senza prisma *Kodak Gray Card* (riflettente al 18%) >300 m; Sistema servo. Tecnologia a servoazionamento *MagDrive*, azionamento elettromagnetico diretto integrato di servomotore/sensore angolare
  - *Trimble CU*: controller GPS e *Total Station*, sistema operativo *Windows CE*, software *Trimble Survey Controller V.12.00*, supporto *Bluetooth*.
  - Rete di Stazioni Permanenti ASSOGEO: 22 stazioni distribuite nell'Italia Centro Settentrionale, inquadrata in ETRF89<sup>1</sup>. Il servizio VRS ottenuto tramite protocollo NTRIP. La figura 2 riporta la disposizione geografica delle stazioni ed il *web server* di accesso (si veda anche Gusella et Al., 2007).

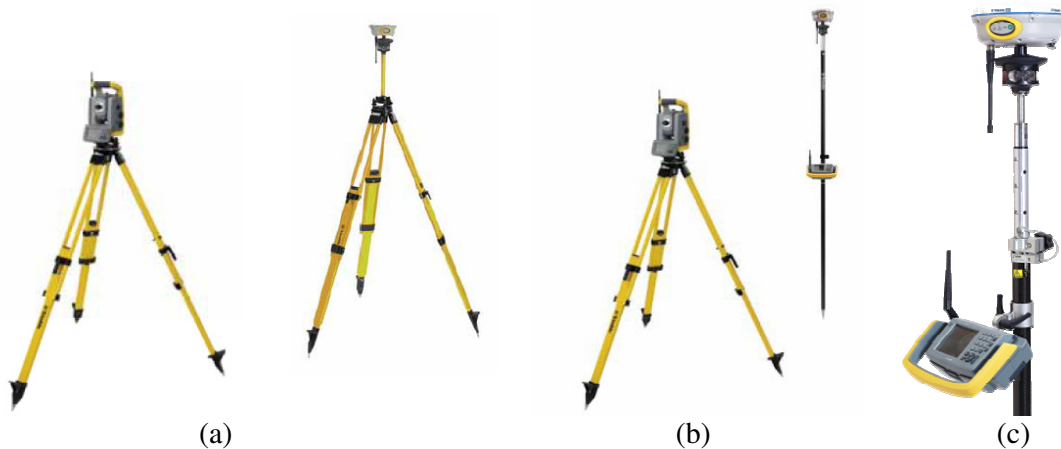


Figura 1 – Configurazioni *Trimble Integrated Surveying*: a) configurazione stazione totale *Trimble S6* e GPS per l'utilizzo in *post-processing* o *real time*: sul punto a sinistra si pone dapprima l'antenna GPS, ed in seguito la stazione totale; b) configurazione *IS-Rover* per utilizzo robotico della stazione: sul treppiede non si colloca l'antenna GPS. Il particolare (c) mostra l'assemblaggio tra ricevitore e controller, che avviene tramite *bluetooth*. Le antenne sono impiegate, rispettivamente, per ricevere il segnale *RTCM* da parte del GPS e per comandare la stazione totale sul controller. Il controller utilizzato, la tastiera *Trimble CU*, viene sganciata dalla stazione e collegata al supporto per il rilievo robotico

### I casi di studio

La sperimentazione ha riguardato l'utilizzo dell'integrazione tra stazione totale e GPS nelle modalità a e b di *Trimble Integrated Surveying* come indicate nella figura 1. Il primo rilievo (figura 3) qui presentato riguarda sezioni fluviali in comune di Marzabotto (BO); il secondo rappresenta un triangolo catastale (figura 4) a Pian del Voglio (BO). Per il rilievo effettuato a Pian del Voglio si è inoltre ritenuto opportuno inserire alcune note riguardanti l'uso di un rilievo integrato con Pregeo.

<sup>1</sup> L'inquadramento della rete, effettuato in ETRF89, sarà presto migrato verso ITRF05, al fine di essere in accordo con l'attuale tendenza dell'inquadramento delle stazioni permanenti in Italia (Biagi et Al., 2005). Questa caratteristica permette, infatti, l'interscambio di *datum* e di informazioni di rilievo indipendentemente dalla infrastruttura NRTK utilizzata. Tuttavia, la necessità dell'utenza tecnica dell'utilizzo di un sistema di riferimento analogo a quello di IGM95, apre una riflessione sull'opportunità di fornire dei parametri di trasformazione tra le reti. L'ente gestore, ASSOGEO, è azienda certificata ISO 9001:2000 per la commercializzazione di strumenti topografici e GPS per la formazione tecnica, per la assistenza tecnica, la manutenzione e calibrazione di strumenti topografici e GPS e per la distribuzione e manutenzione di sistemi di misura topografici



Figura 2 - Distribuzione geografica della rete di stazioni permanenti ASSOGEIO e portale d'accesso al servizio di scarico dati RINEX (<http://www.gps-assogeo.it>)

### L'utilizzo di Trimble Integrated Surveying per il rilievo di sezioni fluviali

Le aree golenali delle aste fluviali appenniniche, come quella in esame, sono normalmente ingombre di vegetazione tale da rendere problematico il rilievo di intere sezioni con un solo metodo: vi si aprono ampi tratti aperti, ideali per osservazioni GPS piuttosto che celerimetriche, per la difficoltà che queste ultime incontrano nel collegamento reciproco. Peraltro la vegetazione, costituita perlopiù da salici e pioppi, giovani presso l'acqua e più maturi via via che ce ne si allontana, non consente alcuna osservazione GPS, ma permette invece la penetrazione delle letture celerimetriche per parecchi metri. Condizioni paragonabili, dal punto di vista topografico, si incontrano dalla bassa collina, dove l'orografia tormentata accentua i limiti GPS, fino a tutta la pianura. Per la corretta ubicazione delle sezioni sul terreno, si è proceduto preliminarmente all'inquadramento generale, rilevando col GPS i capisaldi necessari, per poi seguire i tracciati delle sezioni memorizzate nel *controller* con la funzione di tracciamento di linee. Laddove la ricezione del segnale diveniva problematica, si è provveduto all'integrazione fra i due sistemi adottando il sistema a): battuto un punto tracciato in corrispondenza della linea di sezione, vi si è poi posta la stazione totale per eseguire il rilievo integrativo esteso nelle due direzioni, addentrandosi per quanto possibile nella vegetazione.

Poiché si sono dovute prolungare le misure oltre i margini della radura consona al GPS, l'orientamento è stato deciso al momento dal topografo, stazione per stazione, in base alle condizioni locali: dove lo spazio era sufficiente per contenere l'estrapolazione delle misure, si impiegava un punto tracciato col GPS stesso sulla sezione, altrimenti era necessario allontanarsi maggiormente, in direzione diversa. Nella zona centrale della sezione è evidentemente semplice individuare punti adatti lungo il corso del fiume; altrove, in qualche caso, è stato necessario cercare punti del tutto estranei su rialzi naturali lontani. All'interno delle aree aperte, la scelta del metodo di misura, GPS o celerimensura, è indifferente. Uno schema riassuntivo del rilievo è riportato in figura 3.

### Note all'uso con Pregeo di un rilievo integrato

Il programma Pregeo impone restrizioni allo schema del rilievo che non sarebbero topograficamente necessarie: questa scelta, operata dalla Direzione Centrale, ha enfatizzato il carattere marcatamente prudenziale degli schemi consentiti, facendo sì che l'ordine in cui le osservazioni devono comparire nel libretto anteponga quelle GPS alle altre (celerimetriche e per allineamenti e squadri) e che queste siano comunque poste per ultime.



Figura 3 – Sezione fluviale rilevata con metodologia Trimble Integrated Surveying.

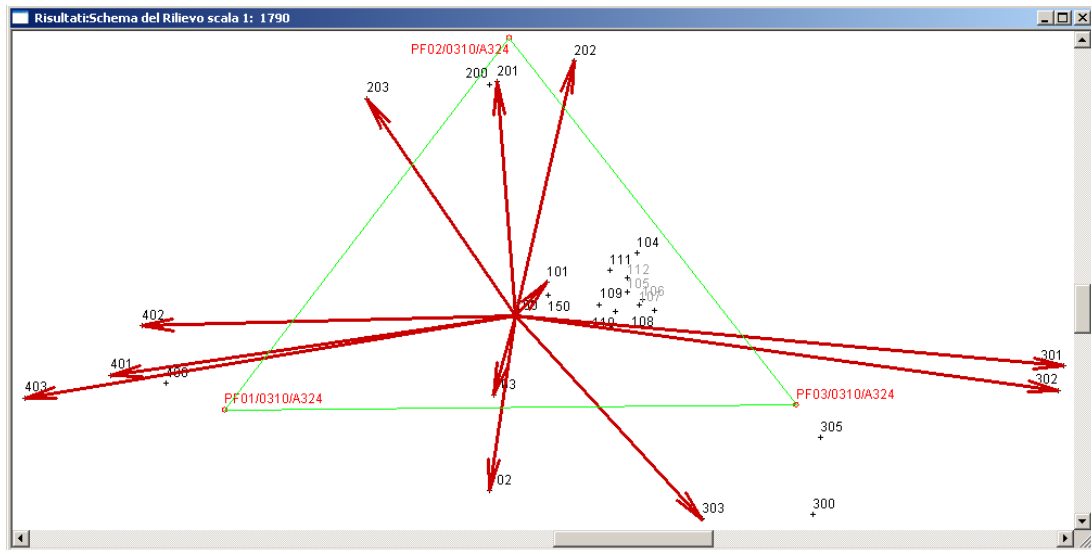


Figura 4 – Rilievo catastale di Pian del Voglio. La stazione 100 è stata determinata utilizzando i punti 101, 102, 103, e da questa è stata effettuata la celerimensura del fabbricato da inserire. Le stazioni 200, 300 e 400 sono state utilizzate per il rilievo dei punti fiduciali. Le frecce rappresentano i vettori GPS rilevati con metodologia VRS

Ricordiamo che Pregeo sviluppa il calcolo in modo sostanzialmente sequenziale: posta nell'origine degli assi la prima stazione, richiede sempre che i calcoli sui dati presenti nelle righe seguenti siano svolti su risultati già maturati. Una simile architettura, abbinata a quanto osservato più sopra riguardo all'ordine GPS-Celerimensura-Allineamenti, determina una "gerarchia" nelle misure per cui quelle GPS, se presenti, inquadrano il rilievo, e le altre vi si subordinano.

Nell'assoluta maggior parte dei casi, ciò è pienamente giustificato, ed è per di più cosa molto prudente, dovendo il programma gestire nel modo più automatizzato possibile misure eterogeneamente prodotte da un vastissimo "esercito" di eterogenei topografi.

Per contro risultano impossibili operazioni topografiche abituali e del tutto legittime, come fare una stazione celerimetrica su un allineamento fra due punti precedentemente rilevati con altro metodo, oppure più genericamente far calcolare al programma un'apertura a terra.

La quota del rilievo, che ha ovviamente rilevanza fondamentale per l'integrazione delle misure GPS e tradizionali, non è invece utile in Pregeo: la normativa richiede espressamente di *non eseguire alcuna trasformazione sui valori rilevati*, demandando alla procedura tutte quelle operazioni necessa-

rie alla corretta introduzione in mappa. A questo scopo, Pregeo chiede le componenti dX, dY e dZ di ogni vettore, oltre alle coordinate geocentriche approssimate della stazione; scelta di dati che di per sé sottolinea l'indipendenza tanto dalla posizione nel piano di proiezione, quanto dalla quota.

Riassumendo quanto sopra, Pregeo non esegue il calcolo delle singole rototraslazioni delle stazioni libere, basato sui punti comuni a ciascuna stazione ed al rilievo GPS. Traendo spunto da quanto previsto espressamente dalla normativa vigente, che autorizza a risolvere figure per calcolare lunghezze, si potrà optare per calcolare indifferentemente le letture angolari oppure gli allineamenti e squadri fra i punti battuti da ogni stazione libera.

Poiché riteniamo preferibile, anche nello spirito normativo di Pregeo, conservare inalterata la maggior quantità possibile di dati rilevati, nell'esempio privilegiamo la soluzione celerimetrica, che permette di impiegare le letture eseguite dalla stazione, dopo averla legata ai punti GPS facendo stazione su uno di essi ed orientandosi sugli altri.

La struttura gerarchica del programma, precedentemente descritta, impedirebbe di tornare alle misure celerimetriche una volta inquadrata la stazione con allineamenti e squadri. È opportuno osservare che il Punto Fiduciale è notevolmente esterno ai punti che lo inquadrano; schema certamente non ottimale, ma che le condizioni locali spesso impongono. In questo caso, sarebbe opportuno rilevare anche un punto a sud est del fiduciale stesso.

### **Conclusioni**

Il sistema *Trimble Integrated Surveying* è stato impiegato in numerose applicazioni, dimostrando la massima versatilità, soprattutto nel campo dei tracciamenti, in cui è necessario disporre in tempo reale della posizione delle stazioni, ed in quegli impieghi critici come il rilievo di profili e sezioni che possono essere seguiti molto efficacemente con le funzioni di tracciamento linee o curve.

Alternando i due tipi di strumentazione come descritto nel caso delle sezioni fluviali, è possibile soprassedere al tradizionale taglio della vegetazione, con evidente risparmio di risorse e riduzione dell'impatto complessivo.

Riguardo agli usi catastali, impiegando la soluzione *IS-Rover*, abbiamo voluto “forzarne” l'applicazione in un ambito in cui la necessità di post-elaborare i dati registrati sembra ridurre il vantaggio che si può ritrarre dell'integrazione istantanea. Tuttavia non deve essere sottovalutata la possibilità di disporre in tempo reale dei risultati sui punti d'inquadramento, che in ambito catastale può voler dire, spesso, la certezza di poter presentare il lavoro senza ulteriori uscite per “iperdeterminare” punti problematici.

### **Bibliografia**

Biagi L., Crespi M., Manzino A. M., (2005), “Linee guida per la realizzazione di reti di stazioni permanenti di servizio”, Conferenza Nazionale ASITA, 2005.

Gualandi L. (2001), “Proposte per l'adeguamento delle norme catastali alle nuove realtà; bilancio di un decennio”, Atti della V conferenza ASITA, Rimini.

Gusella L., Pasquini L., Belò M. (2007), “Il posizionamento GPS/RTK mediante tecnologia Virtual Reference Station”, Conferenza SIFET 2007, Arezzo

Landau H., Vollath U., Chen X.(2002), “Virtual Reference Station Systems”, *Journal of Global Positioning Systems* (2002) Vol. 1, No. 2: 137-143

Lemmon T., Wetherbee L. (2005), “Trimble Integrated Survey Techniques”, White Paper, <http://www.trimble.com>