

LYNX MOBILE MAPPER

Strumentazione hi-tech DI NUOVA GENERAZIONE IN CAVA

Sineco, Società del gruppo ASTM (Autostrada Torino-Milano), opera nel campo del controllo e monitoraggio delle infrastrutture di trasporto, con un'attività che spazia dalla sorveglianza di opere d'arte all'ingegneria della manutenzione delle pavimentazioni stradali e aeroportuali, dal controllo di qualità dei materiali impiegati nei lavori di manutenzione e di nuova costruzione ai rilievi con strumentazioni ad alto rendimento per il check-up strutturale/funzionale delle infrastrutture di trasporto e per la formazione di Banche Dati stradali georiferite. In collaborazione con la canadese Optech Inc., società leader mondiale nella produzione di strumenti laser, e con OGS (Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale di Trieste) quale partner scientifico, Sineco ha sviluppato una innovativa strumentazione il **LYNX Mobile Mapper** (Fig.1), che rappresenta a tutti gli effetti una nuova generazione tecnologica in grado di rivoluzionare le tradizionali metodologie di rilievo territoriale. Il Lynx permette infatti di misurare, con un angolo di ripresa di 360 gradi e ad elevata velocità, ogni tipo di infrastruttura di trasporto (strade, aeroporti, ecc.) e l'ambiente ad essa circostante. Dalla nuvola di punti laser è quindi possibile passare alla modellazione 3D ed all'estrazione delle più disparate informazioni: sezioni, piani quotati, curve di livello, dimensioni degli oggetti, ecc. L'articolo si propone di descrivere le caratteristiche tecniche della strumentazione e le sue possibilità di impiego con particolare riferimento agli impianti estrattivi con a corredo esempi tipici di restituzione.

Innovativa tecnologia per il rilievo dinamico laser scanner georiferito di impianti estrattivi, del territorio, di reti stradali e quartieri urbani

S. ROSSI, G. PELLICANO



Figura 1: LYNX Mobile Mapper

SPECIFICHE TECNICHE DELLA STRUMENTAZIONE

Il Lynx Mobile Mapper è costituito dai diversi moduli, tra loro integrati ed installati su una piattaforma posizionata sul tetto del veicolo.

Vediamo nel dettaglio le singole componenti di questa potente e versatile strumentazione.

• Modulo POS di Posizionamento ed Orientamento

Si tratta del sistema POS LV-420 della Applanix, in grado di garantire notevoli precisioni anche a velocità di acquisizione sostenute.

Il modulo è formato da tre sistemi: un sistema di navigazione satellitare (GPS), da un sistema inerziale (IMU) e da un odometro di precisione (DMI).

L'IMU è costituito da tre accelerometri e tre giroscopi che

Piattaforma



La tecnologia "Lynx mobile mapper"

Il Lynx Mobile Mapper è un veicolo completamente integrato - basato sulla combinazione di sensori laser, sistemi di navigazione inerziali e satellitari - in grado di eseguire la scansione laser georiferita delle infrastrutture e del territorio in modalità dinamica, raggiungendo velocità di crociera anche di 100 chilometri ora. Le caratteristiche peculiari che contraddistinguono il veicolo e che lo rendono unico in questo settore sono:

- elevata densità di punti (Fig.2-2a): ad esempio, su ogni metro quadrato di superficie stradale si ottengono mediamente circa 27000 punti ad una velocità di 10 km/h e 700 punti a 40 km/h;
- numero impulsi laser: vengono emessi 200.000 impulsi laser al secondo;
- numero di misure: il veicolo effettua fino a **800.000** misure al secondo;
- angolo di scansione: **360 gradi**.

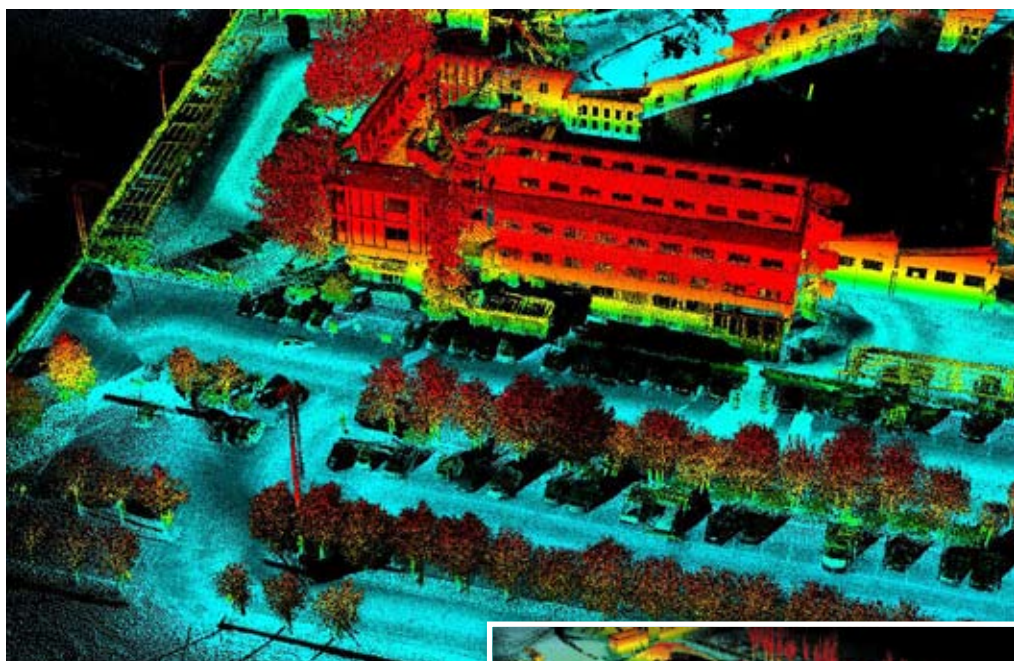
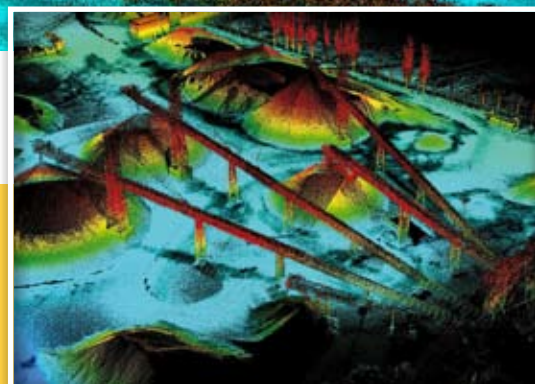


Figura 2 - Esempio di "Nuvola di punti" georiferiti generata dal Lynx

Figura 2a - "Nuvola di punti" georiferiti riproducenti i cumuli di un impianto



misurano accelerazioni e velocità angolari con le quali determinare, istante per istante, la traiettoria e l'assetto del veicolo (posizione, velocità, accelerazione, orientamento e rotazione). La frequenza di acquisizione dati (X,Y,Z) è di 200 Hz, ciò significa per esempio che, ad una velocità di 80 km/h, l'acquisizione avviene ogni 11 cm di distanza percorsa. L'integrazione in continuo dei due sistemi (IMU+GPS) consente di sopperire all'eventuale perdita del segnale inviato dal satellite e di mantenere costantemente livelli di elevata accuratezza nella misura della posizione in ogni condizione operativa. L'odometro è in grado di restituire 1800 impulsi per giro, garantendo una precisione migliore del 0,2 %, il che si traduce in un errore massimo di 20 cm a chilometro percorso. L'unità centrale (PCS) integra i tre sistemi utilizzando l'algoritmo di Kalman che ottimizza i dati disponibili dal sistema, sia come previsione di posizione tramite l'IMU (aggiornato continuamente dal GPS) sia come calcolo di migliore accuratezza della posizione prefissata dal modello dinamico del sistema. Con coperture satellitare ottimale, si giunge ad una precisione planimetrica (X,Y) pari a 0,05 metri e ad un errore massimo della quota (Z) inferiore a 0,15 metri.

• Modulo Laser Scanner

È formato da due sensori laser LIDAR (Light Detection and Ranging) prodotti dalla canadese Optech società leader mondiale nella produzione di sensori laser per rilievi aerei e terrestri.

- Velocità di rotazione 9000 giri/minuto (150 giri/sec)
- Precisione misura ± 7 mm (1 sigma) a 100 metri
- Risoluzione spaziale fino a 1 cm a 50 km/ora
- Portata >100 metri (con 20% riflettività)
- Angolo di scansione 360 gradi



IMU



DMI

Sensore LIDAR



- Numero shot al secondo 200 kHz
- Misure per ogni punto fino a 4 simultaneamente
- Temperatura operative da - 20 °C a + 40 °C
- Sicurezza alla vista IEC/CDRH Classe 1, innocuo

• Modulo Video

Il modulo può essere configurato, in funzione della finalità del rilievo, con un massimo di 5 telecamere ad alta risoluzione:

- N° 2 telecamere, una sul lato destro ed una su quello sinistro del veicolo; per una ripresa frontale;
- N° 2 telecamere, destra e sinistra, con angolo di ripresa di 45°, rispetto alla direzione di marcia;
- N° 1 telecamera sul lato destro con angolo di ripresa di 90°, rispetto alla direzione di marcia.

Il sistema consente sempre di impostare una frequenza minima di campionamento, permettendo così all'operatore di scegliere l'immagine di volta in volta più performante. Ogni fotogramma risulta georiferito nello spazio grazie ai dati forniti dal Modulo di Localizzazione POS. La configurazione delle telecamere può essere variata in funzione delle specifiche esigenze del rilievo.

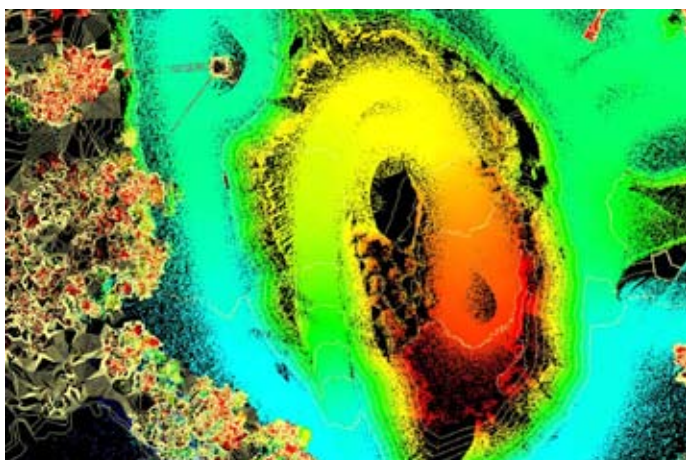


Figura 4 - Generazione ISOIPSE

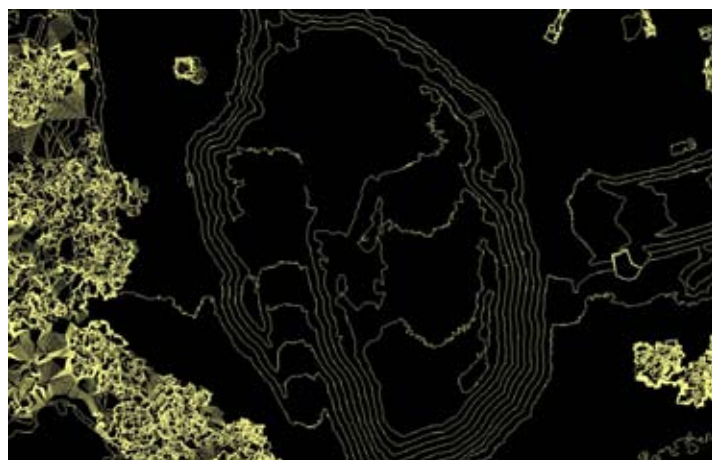


Figura 5 - Generazione ISOIPSE

A tutto ciò, infine, si aggiunge la totale sicurezza alla vista garantita dal sistema laser, essendo quest'ultimo classificato IEC/CDRH - Classe 1, caratteristica fondamentale per poter operare in contesti caratterizzati dalla presenza di persone come quartieri urbani, zone produttive, ecc.

Modalità di esecuzione del rilievo e di elaborazione dei dati

Il Lynx Mobile Mapper permette di semplificare enormemente la fase esecutiva del rilievo e soprattutto di non creare alcuna interferenza con l'eventuale traffico di cantiere o veicolare presente sull'area da rilevare.

Dopo le opportune tarature strumentali iniziali, la fase di acquisizione dei dati si svolge percorrendo la zona da rilevare alle normali velocità di transito, compatibilmente alle condizioni del sedime e del traffico presente.

Ogni laser, compiendo rotazioni di 360°, realizza una superficie di scansione circolare avente un raggio superiore a 100 metri ed inclinata di 20° in elevazione e di 45° rispetto alla direzione di marcia (Fig. 3). Durante il rilievo vengono acquisite le posizioni GPS del veicolo e integrate con le informazioni raccolte dalla piattaforma inerziale e dall'odometro.

La particolare disposizione delle due aree di scansione (20° in elevazione e 45° in azimuth) permette di eliminare, o quantomeno ridurre al minimo, le zona

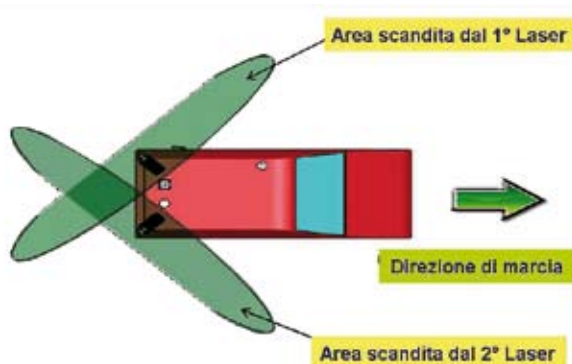
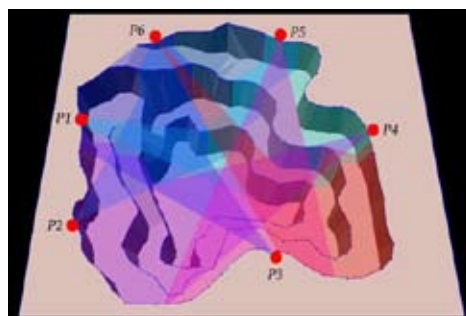


Figura 3 - Modalità di scansione

d'ombra ed inoltre consente di leggere contemporaneamente il fronte ed il retro degli oggetti (p.e. attraversamenti, sovrappassi, cartellonistica, ecc.) incontrati durante la marcia senza dover ripercorre il tragitto nella direzione inversa (funzione questa molto utile nel caso di rilievi di reti stradali).

I dati (IMU, GPS, DMI) acquisiti durante il rilievo vengono elaborati ricostruendo il tracciato georiferito compiuto durante la missione. Il tracciato georiferito verrà così a costituire il sistema di appoggio a partire dal quale saranno calcolate le

Figura 6 - Rilievo tradizionale statico



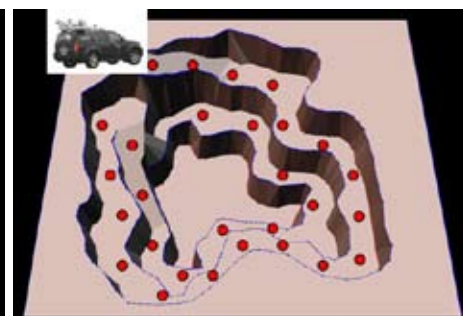
coordinate geografiche X,Y,Z della nuvola dei punti generata dai sensori laser.

In funzione delle finalità del rilievo, vengono quindi utilizzati - oltre ai software già disponibili sul mercato, ad esempio Poliworks-Terascan, ecc., specifici algoritmi messi a punto da Sineco che consentono

il trattamento della "nuvola" dei punti e l'estrazione automatica delle varie "feature" di interesse (Fig.4/5).

È possibile così visualizzare, classificare ed elaborare decine di milioni di punti e digitalizzare modelli tridimensionali di strade, edifici, linee elettriche e del territorio, così come effettuare accurate misure sulle distanze, pendenze, angoli e volumi lavorando direttamente sulla nuvola di punti acquisita. Le informazioni ricavate possono essere esportate nei formati maggiormente utilizzati come Word, Excel, HTML e CAD.

Figura 7 - Rilievo dinamico con Lynx



Il Lynx mobile mapper per il rilievo di cave a cielo aperto

Innumerevoli sono le applicazioni che coprono vari settori tra cui in particolare i rilievi di cave estrattive ed impianti per il calcolo delle superfici e la determinazione dei volumi di scavo e di deposito degli inerti.

Come noto, questa tipologia di rilievo avviene oggi esclusivamente in modalità statica e dunque con un notevole dispendio di tempo ed energie. Ad esempio, nel caso di utilizzo di uno scanner statico, questo modo di acquisizione comporterebbe successivi spostamenti dello strumento (Fig. 6), la ricomposizione congruente delle singole scene scandite così da ottenere l'intera zona rilevata, per passare infine alla georeferenziazione mediante l'identificazione di punti aventi coordinate geografiche note.

Tutto ciò appartiene ora al passato, grazie al Lynx Mobile Mapper è possibile eseguire la scansione georiferita del sito oggetto del rilievo in movimento, dunque in modo continuo senza dover effettuare nessuna sosta o interruzione (Fig. 7).

Per dare un'idea delle enormi potenzialità insite nella tecnologia Lynx Mobile Mapper, si riportano i dati significativi ottenuti da un rilievo recentemente eseguito con il veicolo Lynx su una cava a cielo aperto (Fig. 8).

Il rilievo è stato commissionato al fine di determinare il volume di materiale ancora da estrarre ed i volumi dei cumuli degli



Figura 8 - Immagine di parte del sito estrattivo

inerti stoccati. La fase sul campo, relativa all'acquisizione dei dati, è avvenuta su una superficie di circa 30.000 m² ed ha richiesto un tempo per il rilievo di soli 15 minuti.

Ultimato il rilievo, si è proceduto alla elaborazione dei dati che è consistita innanzitutto nella determinazione del percorso effettuato dal Lynx e quindi nella georeferenziazione della nuvola di punti generati dai sensori laser.

L'elaborazione ha permesso di ottenere un modello 3D (Fig.9) dell'intero sito estrattivo, ricavando quindi dal modello un piano quotato caratterizzato da isoipse spaziate di 100 cm.

Per quanto riguarda il post-processing

sono stati impiegati sia software già disponibili sul mercato (Poliworks-Terascan, ecc.) sia specifici algoritmi messi a punto da Sineco che consentono il trattamento della "nuvola" dei punti georiferiti e l'estrazione automatica delle varie "feature" di interesse (Fig 10 e Fig 11).

È possibile così visualizzare, classificare ed elaborare decine di milioni di punti e digitalizzare modelli tridimensionali del territorio, di strade, edifici, così come effettuare accurate misure sulle distanze, pendenze, angoli e volumi lavorando direttamente sulla nuvola di punti acquisita.

I dati significativi del rilievo possono essere così elencati:

_ Estensione della cava: 30.000 m ²	- Spaziatura punti: 2-5 cm
_ Durata del rilievo: 15 minuti	- Accuratezza x,y,z: < 5 cm
_ Durata post-processing: 2 ore (*)	- Numero punti laser acquisiti: 58.786.084
_ Velocità: 10-15 km/ora	- Volume da scavare: 83.929 mc
	- Volume in cumulo: 32.456 mc

(*) nuvola di punti georiferiti

Figura 9 - Particolare del modello 3D e delle isoipse

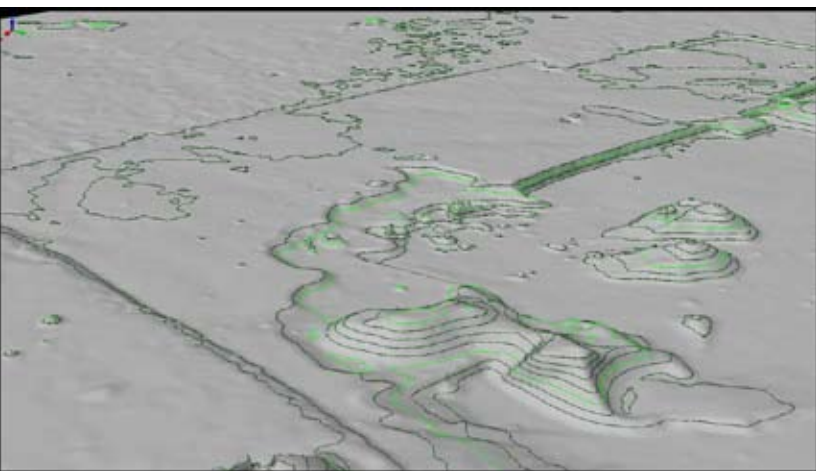
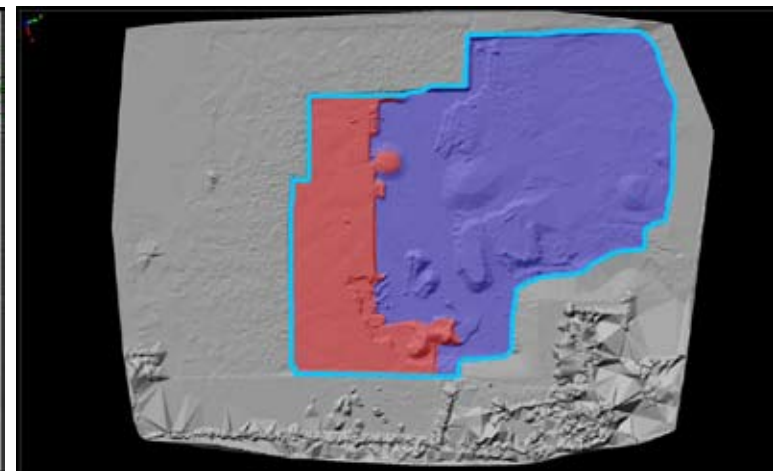


Figura 10 - Area da scavare (rosso) e già scavata (blu)



Altri settori applicativi

Abbiamo visto come il primo risultato della scansione effettuata dal Lynx Mobile Mapper sia un modello completo, costituito dalle “nuvole” di punti georiferiti, modello che costituisce la struttura di partenza per l’elaborazione, con appositi software, di rappresentazioni bidimensionali, tavole grafiche tematiche e di modelli 3D (eventualmente navigabili). Oltre al settore delle cave, il veicolo si presta a molteplici applicazioni come ad esempio:

- *Rilievi infrastrutture di trasporto* finalizzati alla creazione di grafi stradali in formato GDF, alla formazione delle Banche Dati Geografiche degli attributi quali opere d’arte, segnaletica stradale orizzontale e verticale, cartellonistica, impianti di illuminazione, opere di ritenuta, manufatti, ecc (Figg. 12 - 13).

- *Rilievi geometrici* della piattaforma stradale come la larghezza della carreggiata, le pendenze trasversali/longitudinali e i raggi di curvatura;

- *Rilievi del territorio* con restituzione di Modelli Digitali della Superficie (DSM) e del Terreno (DTM).

- *“City Modelling”*: generazione di modelli 3D delle città, quartieri urbani o siti industriali (Figg. 14 - 15).

Per quanto riguarda i vantaggi offerti dal Lynx Mobile Mapper, essi possono essere elencati in:

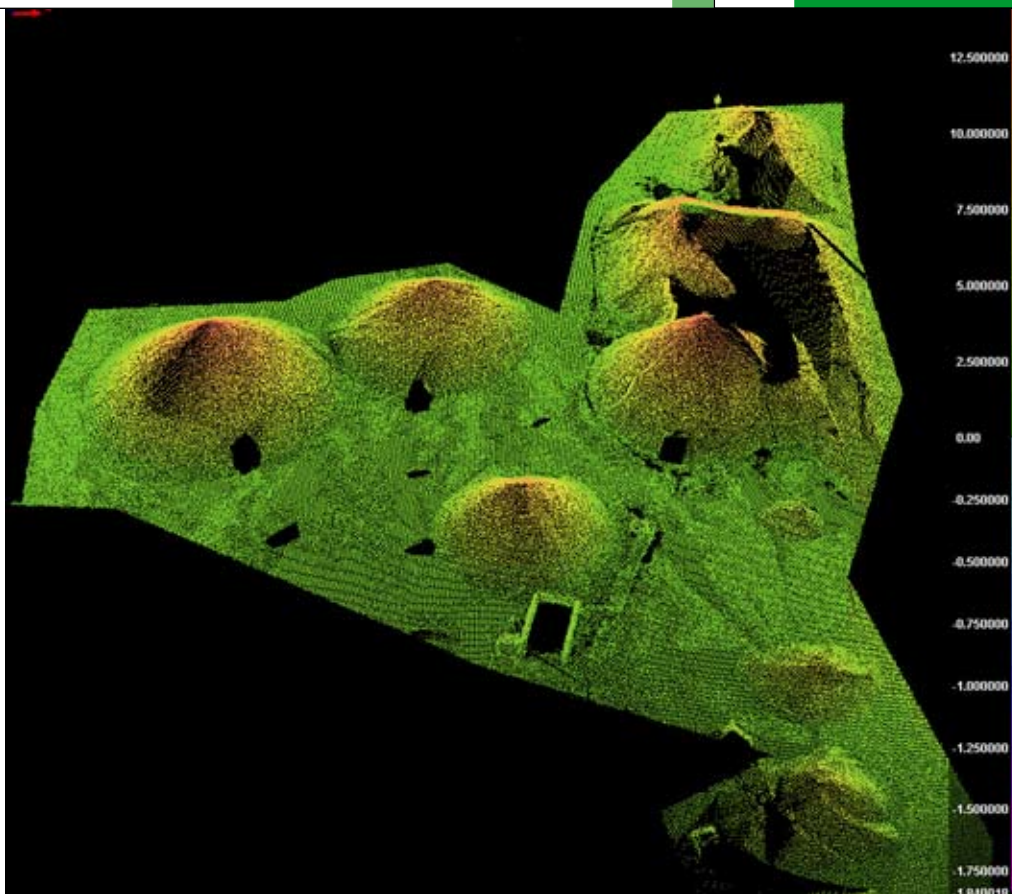


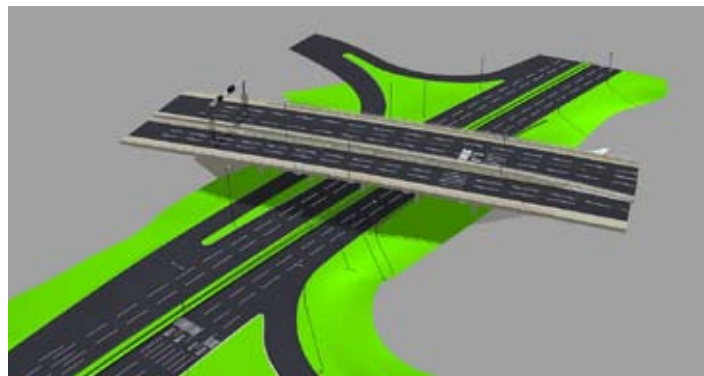
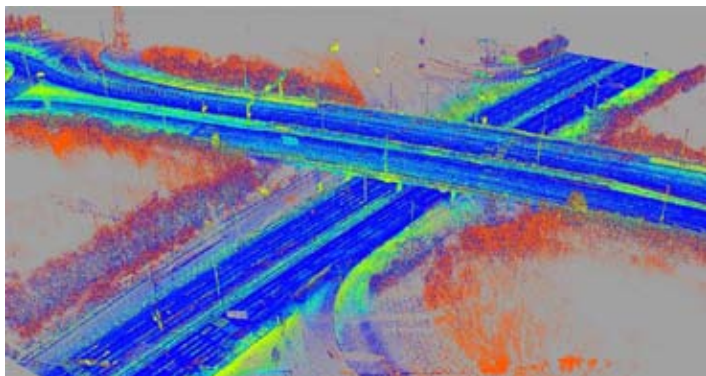
Figura 11 - Rappresentazione 3D di un Impianto e dei cumuli

- *Alta produttività*: l’elevata velocità di acquisizione permette un notevole risparmio di tempo anche in situazioni molto complesse; la possibilità di ripetere velocemente le misure favorisce il monitoraggio di situazioni in evoluzione e la documentazione di situazioni temporanee, permettendo dettagliate valutazioni e calcoli quantitativi sulle modifiche geometriche e morfologiche;

- *Completezza e precisione del dato*: sebbene la velocità di acquisizione possa essere molto elevata (fino a 100 km/h),

ciò non influisce sulla densità dei punti rilevati che resta comunque molto alta (p.e. circa 700 punti a metro quadrato di superficie stradale a 40 km/ora) e, soprattutto, sulla precisione del dato finale (millimetrica per le misure relative e centimetrica sul posizionamento assoluto); inoltre, grazie proprio alla completezza del rilievo, una volta acquisiti i dati ogni successiva elaborazione o misura che si dovesse rendere necessaria potrà essere eseguita direttamente sul modello evitando così ulteriori acquisizioni in campagna;

Figura 12 - Road Link-Nuvola di punti e modello 3D



- Nessuna interferenza con il traffico: il rilievo sulle reti urbane ed extraurbane non produce impatto sul traffico in quanto la scansione avviene alle normali velocità di percorrenza ammesse dalla tipologia della strada evitando così la necessità di istituire scorte o di parzializzare la carreggiata;

- Elevata flessibilità di utilizzo: la strumentazione si presta sia per un utilizzo circoscritto, come ad esempio il rilievo di un quartiere urbano o di un breve tratto stradale, sia per rilevare aree molto estese come, ad esempio, un'intera rete stradale;

- Costi inferiori: grazie alla rapidità di esecuzione ed alla sua flessibilità di impiego, il Lynx Mobile Mapper risulta essere economicamente competitivo rispetto alle altre tecniche di rilievo presenti sul mercato.

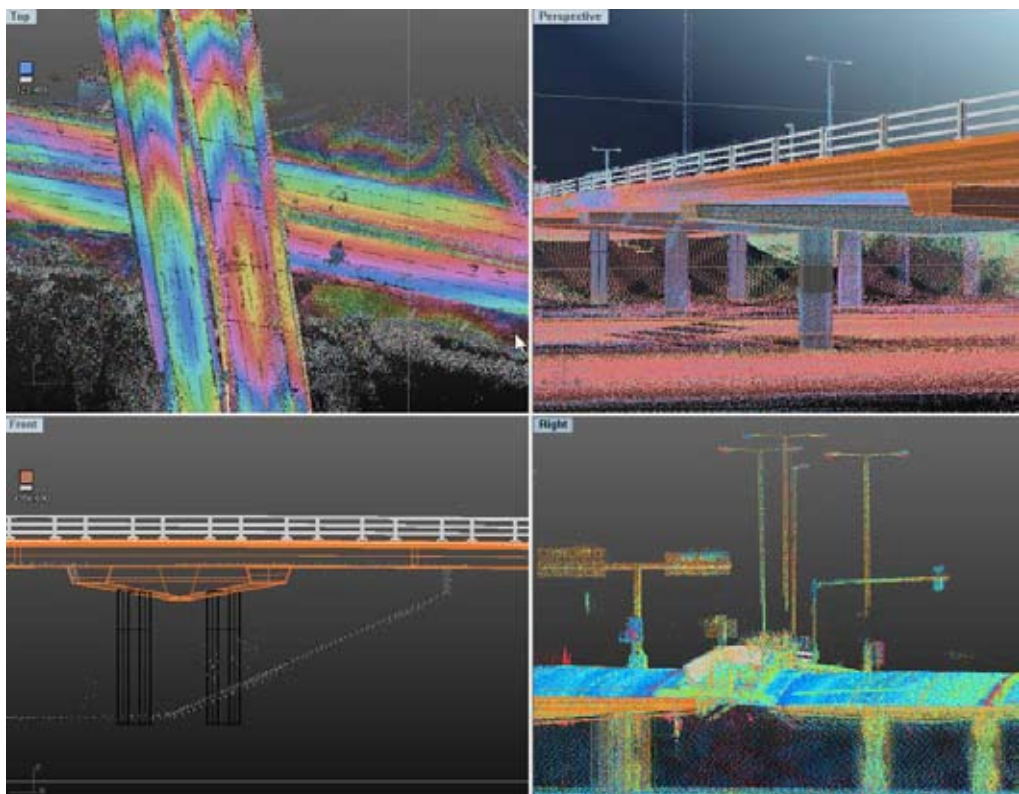


Figura 13 - Rilievo e Modello 3D di intersezione autostradale

Conclusioni

Già da questi brevi cenni è possibile intuire la grande valenza tecnologica del “Lynx Mobile Mapper” che rappresenta a tutti gli effetti una novità mondiale nel settore dei rilievi laser scanner terrestri dinamici. Dalla “nuvola” di punti georiferiti è possibile in post-processing ottenere le informazioni più disparate, sia di tipo geometrico che topografico, fino alla realizzazione di modelli digitali 3D del territorio.

L'alta produttività del rilievo, la completezza e la precisione del dato, unitamente all'elevata flessibilità di utilizzo ed ai costi inferiori rispetto alle tradizionali tecniche di rilievo, rendono questa strumentazione di estremo interesse. Il sistema, sebbene sia presente sul mercato solo da pochi mesi, ha già trovato concrete e numerose applicazioni in diversi settori: nel rilievo di infrastrutture stradali/aeroportuali e di cave estrattive, nella modellazione 3D di

zone urbane ed anche nella realizzazione dei tradizionali rilievi topografici (piani quotati, sezioni, ecc.) per la progettazione. Senza dubbio, il Lynx Mobile Mapper rappresenta un eccellente risultato, frutto ancora una volta della costante attenzione che Sineco rivolge alla ricerca e sviluppo di nuove tecnologie aventi come denominatore comune la capacità di coniugare qualità del prodotto finale ed efficienza del processo produttivo. ■

Figura 14 - Rilievo di Viale Isonzo/Milano

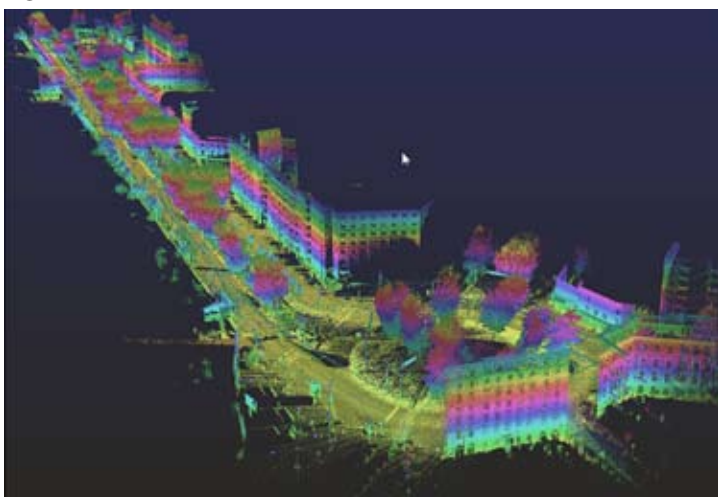


Figura 15 - Viale Isonzo/Milano - Fase di creazione del modello 3D

