

Una nuova metodologia di rilievo speditivo delle sezioni trasversali di condotte

Pietro Burlina¹, Francesco Costi¹, Marco Dossi¹, Alessandro Maifredi^{1,2}, Pietro Maifredi², Fabrizio Nicosia¹, Luigi Perasso^{1,3}

Riassunto

A seguito degli eventi alluvionali che hanno colpito la città di Genova nell'autunno 2010, 2011 e 2014 si è resa necessaria la rapida ispezione di numerosi rivi tombinati che attraversano la città per lunghezze anche notevoli. Gli Autori hanno progettato e costruito uno strumento in grado di fornire rapidamente una documentazione esaustiva della condotta indagata e la possibilità di estrapolare sezioni trasversali quotabili e riferibili a progressive metriche note.

PAROLE CHIAVE: cavità sotterranee, topografia, sezioni trasversali, strumenti.

Abstract

A NEW METHOD FOR RAPID SURVEY OF CROSS-SECTION OF TUNNELS

Because of the floods that hit the city of Genoa (north-western Italy) in autumn 2010, 2011 and 2014, it was necessary to perform the rapid inspection of numerous covered streams. The authors have designed and built an instrument that would allow the exhaustive documentation of the cavity and the ability to extract quotable cross sections related to known metric progressive.

This method turned out to be extremely versatile and easily adaptable to the different environments that it is possible to find carrying out scientific surveys or researches. Most of all the method allows to get information about pipes characterised by hard practicability or insalubrious air in a very short time.

Most of all the method allows to get information about tunnels characterised by hard practicability or insalubrious air in a very short time. The scenes shot along the investigated tracts can be analysed afterwards in a safe environments gaining all the needed datas hardly obtainable on the field, due to the hurry involved in dangerous situations.

KEY WORDS: underground cavities, topography, cross sections, tools.

PREMESSA

La città di Genova ha subito numerose importanti alluvioni (CATI, 1970; PERASSO, 1996; ONORATO et al., 2015) anche a causa del fatto che quasi tutti i principali corsi d'acqua scorrono costretti in alvei artificiali spesso ben più ridotti rispetto a quelli naturali di origine (SEMINARA, 1986; ROSSO, 2014); basti pensare, ad esempio, al ponte di S. Agata sul Torrente Bisagno, che in origine contava 28 arcate per circa 350 m di lunghezza (fig. 1) mentre quello veicolare attuale (Ponte Castelfidardo) conta 4 campate per una lunghezza totale che si è ridotta a circa 75 m (fig. 2).

A questo va aggiunto che quasi tutti i corsi d'acqua, nel loro tratto "cittadino", scorrono in condotte artificiali costruite nel corso dei secoli con forme e materiali estremamente eterogenei (SICCARDI, 1979; REGIONE LIGURIA, 1980).

Le condotte sotterranee risentono anche fortemente dei cambiamenti subiti nel tempo delle strutture di superficie che, con le loro fondazioni, sono andate ad intercettarle, modificandone, talvolta pesantemente, l'andamento e le dimensioni.

La difficoltà di accesso costituisce una forte limitazione alla manutenzione di tali strutture che nel corso del tempo hanno subito importanti deterioramenti.

¹ Studio Associato Geologia Verticale - Genova

² Studio Associato Maifredi - Genova

³ Delegazione Speleologica Ligure

Autore di riferimento:

Alessandro Maifredi - Via Burlando 12/1 - 16137 Genova - cell.: 348.2249589 - e-mail: info@geologiaverticale.it.

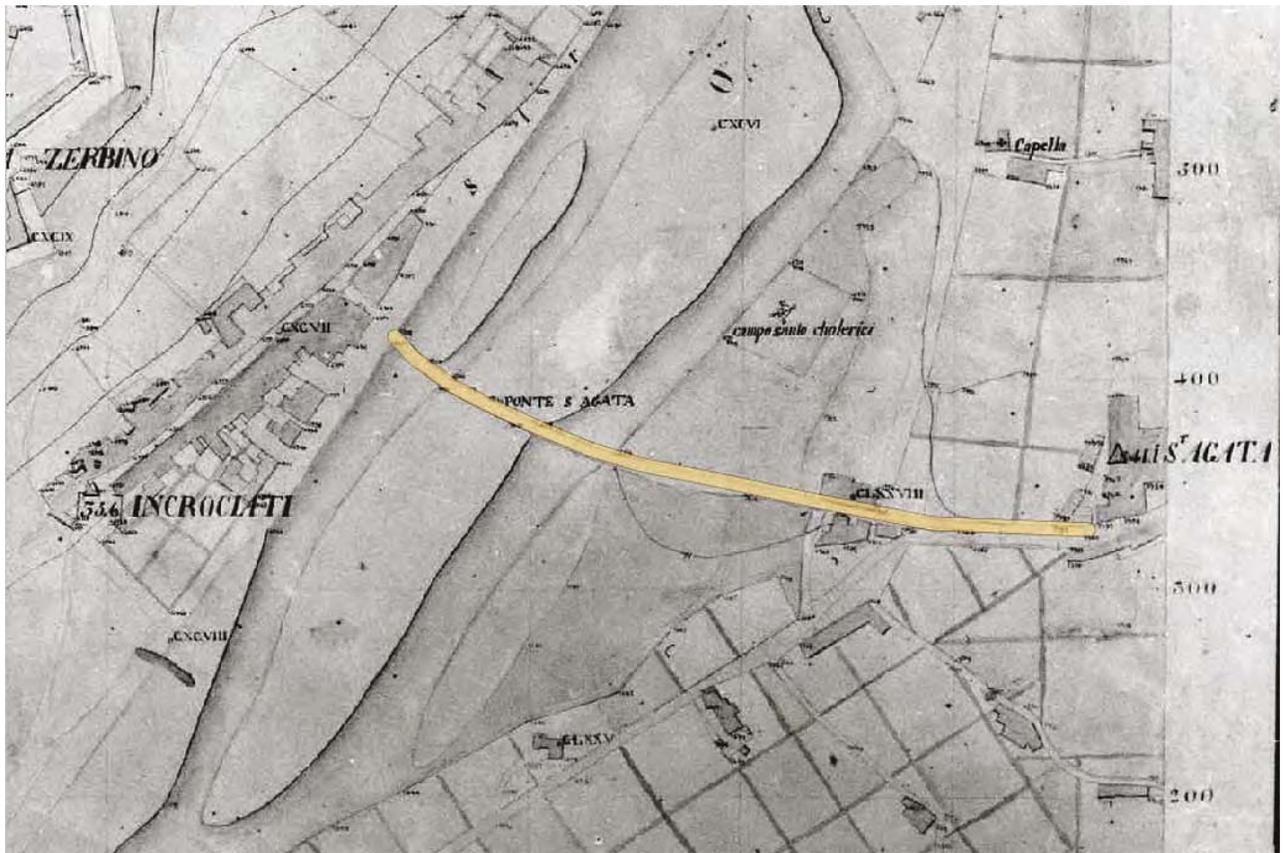


Fig. 1 - L'alveo del Torrente Bisagno nella carta topografica di Ignazio Porro (1822) con indicato il tracciato originale del ponte di S. Agata.
Fig. 1 - The bed of the Bisagno torrent in topographic map of Ignazio Porro (1822) indicating the original bridge of St. Agata.

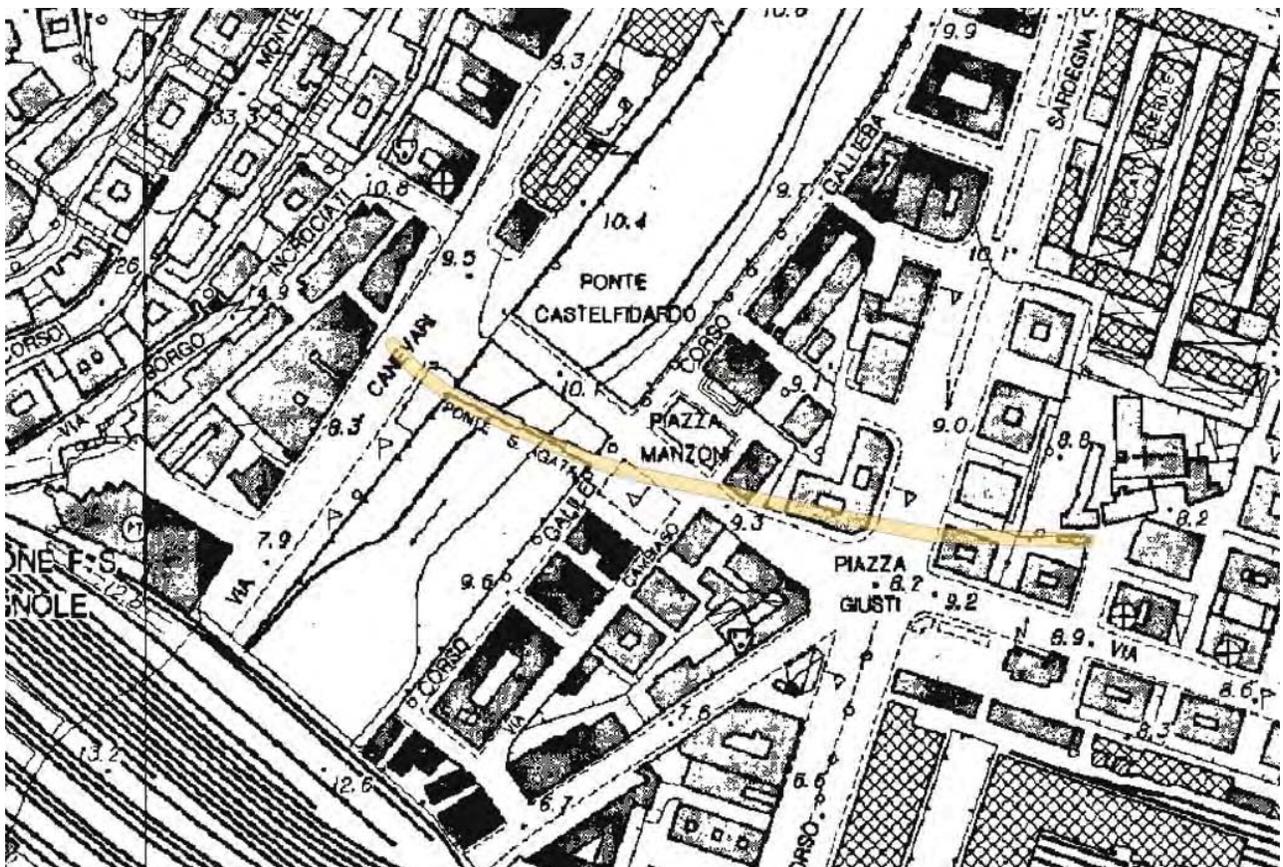


Fig. 2 - L'alveo del Torrente Bisagno nella Carta Tecnica della Regione Liguria con il tracciato originale del ponte di S. Agata.
Fig. 2 - The bed of the Bisagno torrent in topographic map (CTR) of Regione Liguria indicating the original bridge of St. Agata.

Gli eventi alluvionali dell'Autunno 2010 in particolare, ma anche quelli del 2011 e del 2014, hanno provocato in poche ore il crollo di alcuni tratti delle antiche condotte in cui scorrono i numerosi rivi che passano sotto la città di Genova (TROVATORE et al., 2012; PASETTI et al. 2015; ONORATO et al., 2015).

A seguito di tali eventi è sorta la necessità immediata di andare a verificare fisicamente le condizioni delle condotte ancora operative e documentarne lo stato dei luoghi in tempi brevi, per poterne valutare la pericolosità e prevenire gli interventi.

Le dimensioni spesso limitate, la presenza di scoli fognari e il rischio della presenza di tratti di condotte ancora soggetti a potenziali crolli, hanno imposto la necessità di limitare quanto più possibile la durata della permanenza all'interno; allo stesso tempo vi era la necessità di documentare esaurientemente lo stato delle cavità, anche con misure di sezioni trasversali.

Il fattore tempo ha imposto lo studio di uno strumento che potesse essere realizzato con materiale di facile e immediata reperibilità sul mercato.

METODOLOGIE TRADIZIONALMENTE UTILIZZATE PER IL RILIEVO IPOGEO

I rilievi plano-altimetrici in sottoterraneo possono essere realizzati con strumentazioni di vario genere e con differenti metodologie e costi in funzione delle difficoltà ambientali e della precisione che si intende ottenere (CALANDRI & PASTOR, 2006).

Si possono individuare fondamentalmente due tipologie di rilievo principali in ambiente ipogeo:

- rilievo topografico tradizionale (realizzato con strumentazione topografica di precisione);
- rilievo topografico di tipo speleologico (realizzato con strumenti più leggeri e versatili).

Non è questa la sede per descrivere nel dettaglio i tipi di rilievo sopra citati; è importante però sottolineare che:

- il rilievo topografico tradizionale, sia esso realizzato con stazione totale tradizionale, stazione totale laser o strumentazione di tipo laser scanner, non è affetta da errori legati a fattori magnetici che possono essere dovuti al campo magnetico terrestre o a strutture particolari; la strumentazione è in genere molto pesante e costosa, e il rilievo risulta inevitabilmente complesso e lento; la precisione è in genere estremamente elevata.
- il rilievo topografico di tipo speleologico utilizza strumenti che misurano un angolo rispetto al Nord magnetico e risentono quindi della declinazione magnetica e sono facilmente influenzabili da perturbazioni magnetiche locali legate ad esempio alla presenza di strutture in ferro o che ne contengono; il vantaggio è la grande leggerezza ed economicità della strumentazione; la precisione è difficilmente prevedibile a priori e può essere soggetta ad errori anche significativi, soprattutto in strutture artificiali.

In strutture artificiali in ambito urbano, dove è spesso

fondamentale individuare con precisione la posizione di edifici rispetto al tracciato di un rivo tombinato, è fortemente consigliabile utilizzare strumentazione topografica tradizionale. Ciò permette di ridurre al minimo le incertezze e di poter garantire l'affidabilità del dato.

OBIETTIVO

Occorre sottolineare, prima di parlare dello strumento in sé, che il nostro obiettivo non è un rilievo plano-altimetrico.

È chiaro che, avendo tempo, budget e condizioni stabili al contorno, si possono utilizzare, come si è visto, metodi tradizionali in grado di documentare perfettamente qualunque tipo di cavità sia dal punto di vista topografico che fotografico.

In questo articolo si parla di uno strumento, associato ad una metodologia di utilizzo, che ha come obiettivo quello di documentare “al meglio”, “in continuo” e “molto rapidamente” un ambiente ancora soggetto a potenziali pericoli e che quindi non permette lunghe permanenze al suo interno.

La scelta di una documentazione “in continuo”, tramite video, rispetto ad una *puntuale*, tramite fotografie, nasce dall'esigenza di poter dimostrare di non aver trascurato alcun tratto, anche se apparentemente non critico.

In sintesi gli obiettivi sono:

1. limitare quanto più possibile la permanenza all'interno della cavità;
2. produrre un filmato che permetta a chiunque di vedere lo stato dei luoghi della tombinatura con adeguata illuminazione;
3. poter estrapolare dal video dati quantitativi sulle dimensioni delle sezioni trasversali;
4. poter posizionare ogni fotogramma secondo una progressiva metrica.

LA STRUMENTAZIONE

Per realizzare il nostro obiettivo sono stati utilizzati diversi strumenti “semplici”, abbinati in modo tale da ottenere una ripresa sufficientemente illuminata, anche in profondità, con l'evidenziazione continua della sezione trasversale e punti di riferimento per permettere la scalatura delle immagini. Il tutto è stato associato ad un topofilo (strumento che consente di conoscere le distanze misurando lo svolgersi di un filo, meglio spiegato più avanti), per conoscere la progressiva metrica rispetto all'ingresso.

Per realizzare un video di questo tipo sono necessari quattro operatori disposti in fila ad adeguata distanza, di cui tre impegnati nelle riprese e uno in coda, impegnato nel fissaggio del topofilo in modo tale da non figurare nel video. Nel seguito, per semplicità, considereremo solo i tre operatori impegnati nella ripresa video. La strumentazione utilizzata è la seguente:

- 2 telecamere;
- 3 pannelli luminosi da circa 1200 lumen ciascuno;

- 1 livella laser;
- 1 contagiri digitale;
- due markers luminosi.

Vediamo nell'ordine la disposizione degli operatori e le attrezzature che devono gestire. Li chiameremo "primo", "secondo", "terzo" operatore partendo da dietro, nel senso di marcia.

- Il primo operatore (posto in posizione più arretrata) è quello che effettua la ripresa e gestisce un pannello luminoso e una telecamera ad esso solidale;
- il secondo operatore (al centro) gestisce tutta l'apparecchiatura costituita da un pannello luminoso, una livella laser fissata in modo da illuminare un piano verticale ortogonale alla condotta, due markers luminosi a distanza nota, un contagiri digitale associato al topofilo e una telecamera dedicata inquadrante il display del topofilo;
- il terzo operatore (in testa) gestisce un pannello luminoso per dare profondità alla ripresa.

I tre operatori si spostano lungo la condotta ad una distanza tale da far sì che la sezione trasversale illuminata sia sempre contenuta nella ripresa e mai troppo distante.

Il sistema riproduce in sostanza l'effetto di un'auto in

galleria: conoscendo la distanza tra le luci posteriori, una volta estrapolato un qualunque fotogramma, si può scalare l'immagine e conoscere con buona approssimazione la dimensione della galleria.

Il cuore del sistema è costituito da un'unica apparecchiatura, trasportata dal secondo operatore, che contiene gran parte degli strumenti sopra indicati, assemblati come si vedrà più avanti:

- 1 contagiri digitale
- 1 telecamera fissata sul display del contagiri digitale;
- 1 pannello luminoso;
- 1 livella laser.

L'apparecchio descritto nel seguito è un prototipo, che può facilmente assumere dimensioni nettamente più ridotte.

La versione attuale è costituita da (fig. 3):

- due tavolette verticali di dimensione 25 x 40 cm distanziate tra loro da tre barre filettate ortogonali ad esse, disposte a triangolo con un vertice in alto;
- sulla tavoletta frontale sono state predisposte strisce di led stagni per un totale di 2.5 m, equivalenti a circa 1200 lumen;
- nello spazio compreso tra le due tavolette viene po-

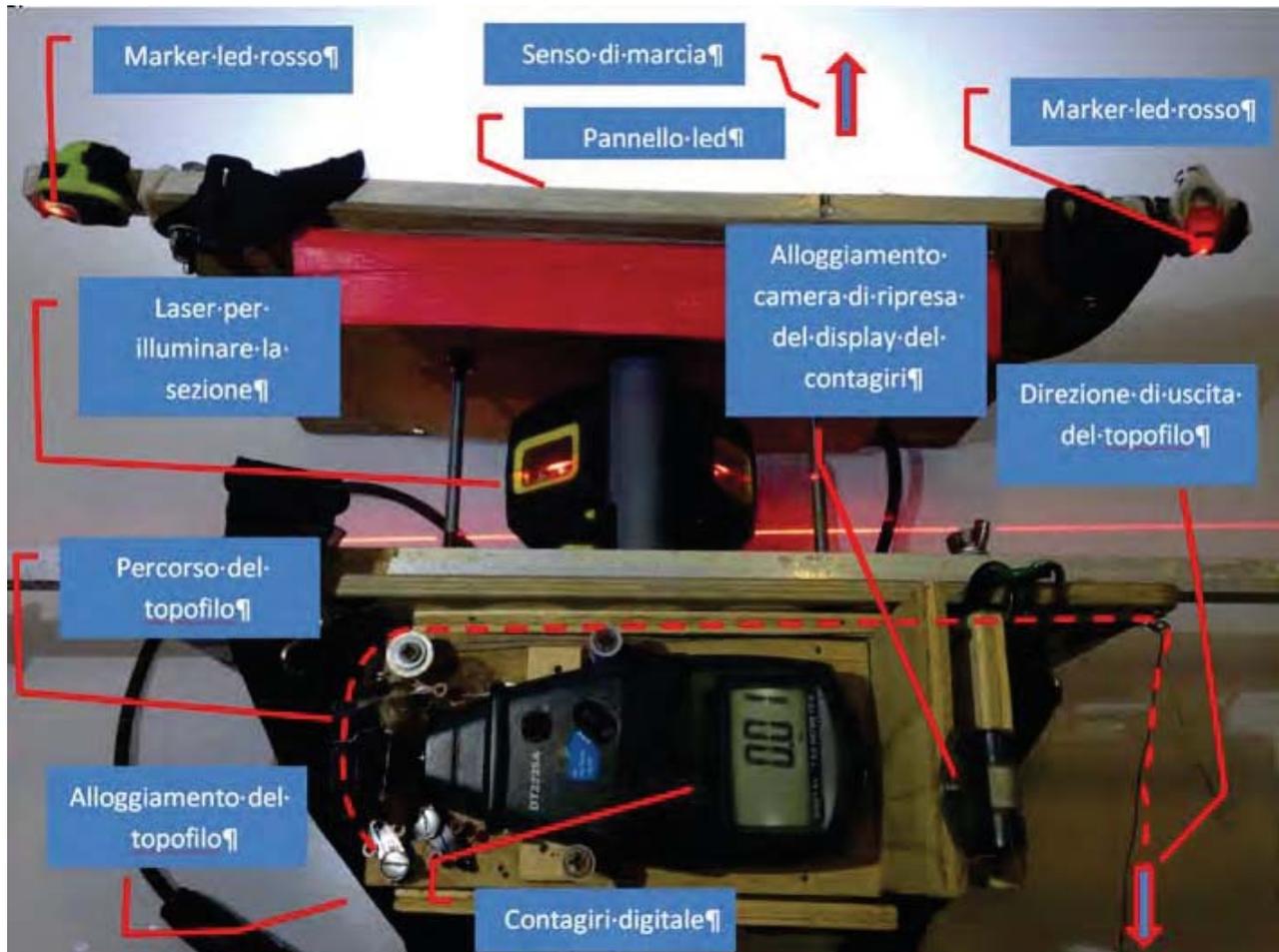


Fig. 3 - Schema dell'apparecchiatura utilizzata.
Fig. 3 - Sketch of the equipment.

- sizionata una bolla laser in grado di produrre un'illuminazione lineare a 360 gradi, bloccata in modo tale da operare solo sul piano verticale;
- sulla tavoletta posteriore è stata fissata un'asta ai cui estremi sono posizionati due led rossi a distanza nota (1 m o 0,5 m a seconda delle dimensioni della condotta da indagare);
 - nella parte posteriore della tavoletta è stato fissato su adeguato supporto un contagiri digitale, con puleggia opportunamente tarata, che riporta direttamente il valore in metri;
 - al di sotto di esso è fissato un rocchetto di filo robusto da 1500 m che, con opportuni rinvii aziona la puleggia; il filo viene fissato alla progressiva 0 all'inizio del rilievo e almeno ogni 50 metri su chiodi che hanno lo scopo di limitarne l'effetto di allungamento;
 - al di sopra del contagiri digitale del topofilo è disposta una telecamera dedicata alla ripresa del display.

Il topofilo

Dal punto di vista della correttezza nel riportare la progressiva metrica, l'ideale sarebbe poter far passare il topofilo in asse alveo. Questo, operativamente, è di fatto impossibile per la mancanza di punti di ancoraggio e spesso per la presenza di acqua. Diventa quindi fondamentale eleggere una delle due sponde come sponda di riferimento e fare aderire il topofilo ad essa, evitando assolutamente il "taglio" delle curve facendolo passare da una sponda all'altra come potrebbe fare la poligonale di un rilievo topografico.

Nel nostro caso la sponda di riferimento è la sponda destra per un motivo puramente tecnico, in quanto il topofilo nello strumento da noi assemblato esce alla destra dell'operatore.

All'inizio del rilievo viene posizionata e marcata con vernice la progressiva "zero", convenzionalmente posta in sponda destra all'inizio della condotta e in corrispondenza di essa viene fissato il topofilo con un chiodo in acciaio o a un qualunque supporto stabile reperibile in loco.

Durante la progressione un operatore avrà il ruolo di fissare il topofilo in corrispondenza dei flessi della condotta (sia altimetrici che planimetrici) e, in ogni caso, al massimo ogni 50 m allo scopo di rompere le tratte ed evitare che il filo possa tagliarsi raschiando ripetutamente contro le pareti, inficiando tutto il lavoro.

Acquisizione e restituzione della documentazione video

L'acquisizione della documentazione video è fortemente dipendente dalla natura della condotta e dalla possibilità di progredire più o meno agevolmente al suo interno. Nel caso di una condotta con pavimentazione stabile e comoda il video verrà di conseguenza più fluido, mentre nel caso sia necessario il superamento di salti, laghi o altre difficoltà non sarà così semplice dare continuità alla ripresa. Riportiamo nel seguito la procedura "standard", messa a punto nel corso di numerosi rilievi.

Una volta fissato il topofilo come sopra indicato, il primo operatore ed il secondo si avvicinano e accendono

entrambe le telecamere; a questo punto viene dato un "ciak" sonoro che permetterà di sincronizzare perfettamente i filmati in fase di elaborazione.

In questa fase il secondo operatore rimane fermo sullo "zero" mentre il primo va a posizionarsi a monte in modo tale da inquadrare adeguatamente l'imbocco della condotta. Questa manovra viene eseguita senza mai spegnere le telecamere.

Da questo momento può avere inizio il rilievo. I quattro operatori si muoveranno simultaneamente fino alla fine della condotta, avendo l'accortezza di fermarsi in corrispondenza delle sezioni di maggior interesse al fine di avere in quel punto un video più "fermo" da cui si possono essere estrapolati fotogrammi di migliore qualità.

Terminate le riprese inizia la fase di montaggio video che va effettuata con software appropriati e calcolatori di adeguata potenza.

In una situazione semplice si avranno in sostanza solo due video, la ripresa della condotta e la ripresa del display del topofilo. I due video vanno sovrapposti e sincronizzati andando a cercare il picco sonoro corrispondente al "ciak" nella traccia audio di entrambi che dovrà essere portata a coincidere. A questo punto si può procedere al taglio dei video in modo tale da eliminare tutto quanto è precedente all'inizio effettivo del movimento della squadra.

Il video principale andrà naturalmente ad occupare lo schermo intero, mentre quello relativo al display del topofilo andrà ritagliato in modo da visualizzare solo i numeri, ridotto di dimensioni e posizionato in un angolo della ripresa principale, sovrapposto ad essa.

Una nota particolare va spesa sulle tracce audio. Queste in genere presentano un elevato rumore di fondo, che può essere rimosso, e comunque non hanno una elevata qualità soprattutto se si utilizzano telecamere con involucro stagno. Inoltre possono registrare commenti degli operatori non strettamente legati al rilievo.

Per ovviare al problema relativo alla qualità audio ma volendo realizzare un commento vocale "in diretta", è possibile aggiungere all'attrezzatura un registratore digitale che dovrà essere acceso insieme alle telecamere, acquisire anch'esso il "ciak" di inizio delle riprese e, in fase di montaggio, sincronizzato ad esse; rimane il problema delle "voci fuori campo" che possono essere eliminate all'origine imponendo agli operatori di non parlare.

Le tracce audio potranno a piacimento essere lasciate o eliminate se verrà aggiunto il commento audio acquisito tramite registratore.

L'alternativa migliore sinora sperimentata è la totale eliminazione delle tracce audio, lasciando che siano le immagini a descrivere il video. Se necessario può sempre essere aggiunto un commento registrato a posteriori. Questa procedura lascia maggiore libertà agli operatori anche in fase di superamento di difficoltà tecniche dove può risultare necessario comunicare a voce.

Risultato finale, estrapolazione dei fotogrammi e quotatura delle sezioni

Il risultato finale dell'elaborazione è una ripresa "in continuo" della condotta in cui viene visualizzata la



Fig. 4 - Esempio di ripresa in gallerie di media dimensione. I marker luminosi sono alla distanza di 1 m in tutte le immagini.
 Fig. 4 - Example of shooting within galleries of average size. The marker lights are 1 m apart in all the photos.



Fig. 5 - Esempio di immagine estrapolata da video con l'evidenza della progressiva metrica.
 Fig. 5 - Example of an image extrapolated from video with evidence of the metric progressive.



Fig. 6 - Esempio di immagine estrapolata da video con l'evidenza della progressiva metrica in condotta di piccole dimensioni.
 Fig. 6 - Example of an image extrapolated from video with evidence of the metric progressive in a tunnel of small dimensions.

progressiva metrica corrispondente alla sezione trasversale "illuminata" dal laser.

In qualunque momento sarà possibile estrapolare un fermo-immagine relativo ad una particolare sezione di interesse (figg. 4, 5 e 6).

A partire dal fotogramma estrapolato dal filmato è possibile, tramite opportuni software, scalare l'immagine sulla base dei due markers luminosi posti a distanza nota. Una volta scalata l'immagine si potrà quotare la sezione illuminata dal laser (fig. 7).

Limiti del sistema

I limiti del sistema proposto sono in parte strettamente legati ai suoi vantaggi, e in particolare alla rapidità di acquisizione.

Nel dettaglio:

- lo spostamento continuo degli operatori crea facilmente una situazione in cui il piano illuminato dalla sezione laser e il piano di ripresa della videocamera non sono paralleli;
- la deformazione legata all'obiettivo della videocamera crea inevitabilmente distorsioni tanto maggiori quanto più è grandangolare l'obiettivo;
- pur fissando correttamente il topofilo occorre avere ben presente che esso indica uno sviluppo della condotta e, soprattutto in condotte con forte pendenza, la progressiva metrica indicata non ha nulla a che vedere con la progressiva planimetrica.

È importante precisare ancora una volta che si tratta di un metodo speditivo che restituisce con buona approssimazione le dimensioni delle sezioni trasversali delle condotte. Nei casi in cui è stato utilizzato lo scopo era valutare se le condotte erano libere da ostacoli e avere un ordine di grandezza ragionevolmente preciso della superficie della sezione.

Nel seguito si forniscono alcune considerazioni su cosa si intende con buona approssimazione e ragionevolmente preciso.

È stato verificato che tendenzialmente la misura ottenuta, pur scalando correttamente la distanza tra i due markers, ha una leggera discrepanza con le misure prelevate con distanziometro laser direttamente in loco. Tale differenza si attesta intorno al $\pm 5\%$, più spesso tendente al -5% .

Al fine delle indagini da noi svolte questa discrepanza non ha rappresentato un problema, non trattandosi, lo ripetiamo, di un rilievo topografico di dettaglio.

Riteniamo che tale differenza sia fondamentalmente da imputare al non parallelismo del piano di ripresa con il piano della sezione e alla distorsione intrinseca nell'obiettivo della videocamera.

La differenza tra la progressiva indicata dal topofilo e quella planimetrica non è risolvibile, in assenza di una poligonale topografica; in ogni caso ciò che si potrà leggere nel video è solo la progressiva sviluppata dell'andamento della condotta. Un esempio tipico è la presenza di un pozzo da 10 m che in planimetria non ha sviluppo ma che nel nostro video passerà inevitabilmente dalla progressiva X alla progressiva X+10 m.

Una nota va spesa sulla precisione del topofilo: in una condotta di oltre un chilometro sub-orizzontale, abbia-



Fig. 7 - Esempio di immagine estrapolata da video con evidenza della progressiva metrica, e riporto grafico con scalatura e quotatura della sezione.

Fig. 7 - Example of image extrapolated from video with evidence of the progressive metric, also showing the graph scaling and dimensioning of the cross section.

mo rilevato un errore dell'ordine del 7 per mille, del tutto accettabile per gli obiettivi del lavoro.

Come ridurre gli errori

Nel corso del tempo abbiamo potuto verificare che, come già accennato, al fine di ottenere fotogrammi "puliti" è opportuno che gli operatori stazionino alcuni secondi nei punti di maggiore interesse. Questo permette al secondo operatore di posizionare il laser che illumina la sezione perfettamente ortogonale ad essa, e al primo operatore di effettuare una ripresa quanto più complanare e ferma possibile.

Esistono inoltre software professionali di elaborazione fotografica in grado di correggere automaticamente la distorsione degli obiettivi delle videocamere o apportare correzioni manuali sia sul piano verticale che orizzontale, limitando ulteriormente la differenza tra le misure ottenute dalla scalatura fotografica e quelle realmente prelevate in campo.

Varianti del metodo

La presenza del topofilo permette senz'altro una restituzione grafica visiva interessante, consentendo di avere sott'occhio, "in continuo", la progressiva metrica. Dal punto di vista operativo è, però, di complessa gestione, soprattutto in condotte articolate o molto lunghe e può essere, se mal gestita, fonte di errori.

Si propone di seguito un sistema di misura alternativo ma che, nella sua banale semplicità, riduce di molto la possibilità di errori.

In sostanza, prima di effettuare la video-ispezione, due o tre operatori percorrono la condotta marcando le progressive misurate con una semplice bindella metrica. La spaziatura delle progressive marcate con vernice fluorescente (l'arancione risalta bene nei filmati) può

essere variabile anche in funzione delle dimensioni della condotta.

Una buona soluzione sembra essere la marcatura della progressiva ogni 10 m, con tacche di vernice ogni 5. Questo permette di vedere sempre nel video almeno una progressiva o una tacca intermedia.

Con spaziature più ampie si corre il rischio di avere tratte dove non esistono progressive metriche e comunque si va ad aumentare l'imprecisione nel posizionamento di oggetti di interesse.

Resta inteso che tale metodo va bene in condotte di tipo idraulico; in cavità di pregio archeologico-artistico il sistema può essere modificato con targhette removibili.

CONCLUSIONI

Il metodo presentato risulta estremamente versatile e facilmente adattabile ai differenti ambienti che di volta in volta si possono incontrare nel corso di indagini o esplorazioni di carattere scientifico; soprattutto permette di documentare in tempi molto rapidi condotte di difficile percorribilità e non sempre con aria salubre; i filmati acquisiti "in continuo" lungo il percorso investigato, possono essere analizzati successivamente in ambiente "sicuro", traendo tutte quelle osservazioni che la rapidità dettata dalla pericolosità dei luoghi impedisce.

Apposite schede di osservazione, riassuntive delle caratteristiche "morfologiche" dell'ambiente attraversato, possono essere compilate a posteriori in funzione delle esigenze della committenza e delle problematiche incontrate, come ad esempio, stato della consistenza della volta e dei fianchi della condotta, presenza di sottoservizi e di immissioni laterali, presenza di depositi al

fondo della condotta, ecc.

Particolarmente significativa è la possibilità di ottenere facilmente una serie di sezioni quantitative posizionate

rispetto ad una progressiva metrica che mettono immediatamente in evidenza eventuali tratti critici.

Bibliografia

- CALANDRI G., PASTOR R., 2006, *Topografia Ipogea e Catasto Speleologico Ligure*. Delegazione Speleologica Ligure - Stampata con il contributo della Regione Liguria (L.R. 3.4.1990 n.14), 63 p.
- CATI L., 1970, *L'evento alluvionale del 7-8 ottobre 1970 sui bacini dei torrenti Leiro, Polcevera e Bisagno*. Annali Idrologici Parte Seconda, Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici.
- CIMA (Centro di ricerca in monitoraggio ambientale), 1999, *Caratterizzazione delle precipitazioni intense e delle portate di piena per i bacini liguri*.
- ONORATO L., BONATI V., CAVALLO A., TURATO B., 2015, *Rapporto di evento meteoidrologico del 09/10/2014*. ARPAL- CFMI-PC - 2015.
- PASETTI A. et al., 2015, *Torrente Bisagno, piano di bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico*. Città metropolitana di Genova.
- PERASSO L., 1996, *Evaluation des risques d'inondation dans la vallée du Torrent Bisagno (Gênes, Italie) Etude des causes et propositions de solution*. Université de Liège, Commission Européenne-D.G. XII programme environnement unité "Climatologie et risques naturels". Università degli studi di Genova.
- REGIONE LIGURIA, Commissione Scientifica Regionale per lo Studio della Difesa del Suolo, 1980, *Piano di Bacino del torrente Bisagno*.
- ROSSO R., 2014, *Bisagno, il fiume nascosto*. Ed.Marsilio.
- SEMINARA G., 1986, *La situazione idraulica del torrente Bisagno*. Università degli Studi di Genova, Istituto di Idraulica.
- SICCARDI F., 1979, *Il Piano di Bacino del Torrente Bisagno*. Seminario di Studi sulla pianificazione di Bacino, Genova 1979.
- TROVATORE E. et al., 2012, *Rapporto di evento meteoidrologico del 4-9/11/2011*. Quaderni ARPAL n.2- 2012.