

QUANTITÀ E QUALITÀ NELL'UTILIZZO DELLO SCANNER LASER 3D PER IL RILIEVO DELL'ARCHITETTURA.

PARIS Leonardo

Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura, Università "Sapienza" di Roma
Roma, Italia
leonardo.paris@uniroma1.it

Riassunto

La rapida diffusione dei laser scanner nel rilevamento architettonico ha comportato alcune modificazioni nel quadro metodologico generale per quanto attiene il controllo della quantità e della qualità delle informazioni.

La ripresa eseguita con uno scanner laser rappresenta il primo fondamentale passo nell'operazione di rilevamento che, se non ben gestita e controllata, può influenzare non poco l'elaborazione successiva incidendo anche sensibilmente sulla qualità.

I due fattori peculiari e correlati tra loro di una ripresa con lo scanner laser sono: la centralità della ripresa e la risoluzione dei punti.

La centralità della ripresa impone una scelta accurata dei punti di stazione al fine di ridurre al minimo le zone d'ombra dovute a *fattori di forma interna* ed a *fattori di interferenza esterna*.

La risoluzione dei punti con lo scanner laser 3D è data quasi sempre dalla quantità di punti orizzontali e verticali nell'unità di misura riferita ad una superficie sferica di cui è possibile impostare il raggio.

La risoluzione reale invece è quella data dall'intersezione dei raggi laser con l'oggetto da rilevare e dipende dalla distanza e dalla conformazione delle superfici rispetto alla stazione di ripresa.

Il contributo intende proporre i risultati di uno studio in elaborazione circa il rapporto tra centralità della ripresa (o delle riprese) e la conformazione spaziale degli oggetti rilevati, nell'ambito del rilievo dell'architettura, per la definizione di possibili criteri di valutazione sulla qualità e quantità di dati rilevati.

Parole chiave: scanner-laser, rilievo, architettura, qualità.

Abstract

Quantity and quality in the use of 3D laser scanner to architectural survey

The rapid diffusion of laser scanners in the architectural survey resulted in some modifications in the general methodological framework with regard to control the quantity and quality of information.

The data acquisition done with a laser scanner is the first major step in the operation of detection, if not well managed and controlled, it can influence not just subsequent processing materially affect the quality.

These two factors are specific and correlated with the resumption of a laser scanner are: the centrality of the instrument position and resolution of points.

The problem of the centrality requires a careful selection of station points in order to minimize dead spots due to *form internal factors* and *factors to external interference*.

The resolution points with the 3D laser scanner is almost always given the amount of horizontal and vertical dots in the unit of measure referring to a spherical surface where you can set the radius.

The real resolution is rather than the intersection of laser beams with the object to be detected and depends on the distance and shape of the surfaces of the station shooting.

The contribution is intended to bring the results of one study in progress about the relationship between centrality of shooting (or more shootings) and the conformation space of objects detected within the major architecture for the definition of possible criteria for quality assessment and quantity of data.

Keywords: scanner-laser, survey, architecture, quality

1. Introduzione

La rapida diffusione dei laser scanner 3D che ha contraddistinto l'ultimo decennio ha comportato, e sta ancora comportando, una variazione del quadro metodologico-operativo nel campo del rilevamento architettonico ed urbano. Anche se il principio di funzionamento di uno scanner laser 3D non si discosta molto da quello già noto di una stazione topografica totale, combinando simultaneamente le coordinate polari ed il valore della distanza misurato con il laser, è indubbio che questa nuova tecnologia rappresenta un vero e proprio salto per il rilievo strumentale paragonabile storicamente a quanto avvenne all'inizio del XX° secolo con la scoperta della fotogrammetria. Una prima fondamentale conseguenza scaturita dall'introduzione dei laser scanner 3D è quella di aver ulteriormente accentuato la distinzione tra le due principali fasi del rilievo, quella della raccolta dei dati e quella della loro elaborazione ed interpretazione. E' noto anche come a queste due fasi sia collegata l'annosa questione circa l'oggettività e la soggettività del rilievo. In questo senso dovrebbe intendersi come tendenzialmente oggettiva, e quindi scientifica, la fase di acquisizione dei dati e tendenzialmente soggettiva, e quindi interpretativa, la fase di restituzione. Il rischio è che il sempre maggior utilizzo di strumentazioni informatiche possa far venir meno l'unicità del processo di rilevamento. In questo senso è interessante rileggere una frase tratta dal manuale di rilevamento architettonico ed urbano di Mario Docci e Diego Maestri nell'edizione del 1994: "Un rilevatore che si accinge a rilevare un monumento non può, evidentemente, misurare gli infiniti punti che lo costituiscono, ma deve operare precise scelte discretizzando l'insieme della materia e riportarla a un numero limitato di punti. Questi, ovviamente, devono avere valore strategico ed essere significativi, al fine di evidenziare le qualità formali dell'opera."; frase, ritengo, pienamente condivisibile ancora oggi nonostante i laser scanner. I primi tempi lo scanner laser 3D ha sicuramente impressionato gli operatori del settore ed ha creato molte aspettative circa la possibilità di poter disporre in tempi rapidi di un modello pressoché fedele della realtà, un calco informatico, contenente tutte le informazioni necessarie da utilizzare successivamente a proprio piacimento, in funzione delle eventuali diverse finalità che si dovessero rendere necessarie nel tempo. Questa aspettativa dura ancora oggi; nei commenti degli esperti si alternano spesso giudizi di fiducia incondizionata da un lato e di cauto ottimismo dall'altro; atteggiamento che in qualche modo ricalca un modo di pensare tipico di questa nostra era informatica; da un lato il pensiero rassicurante di una macchina che lavora per noi affrancandoci il lavoro più pesante e faticoso, dall'altro la sensazione quasi latente di perdere una nostra prerogativa, cioè il pieno e consapevole controllo del risultato finale. Di fatto la ripresa eseguita con uno scanner laser e la conseguente formazione della "nuvola di punti" rappresenta, sempre più frequentemente, il primo fondamentale passo nell'operazione di rilevamento che, se non ben gestita e controllata, può influenzare non poco l'elaborazione successiva incidendo anche sensibilmente sulla qualità e sul controllo metrico conclusivo.

2. Il progetto di presa

In questo nuovo quadro metodologico-operativo quali sono i margini di manovra in questa prima fase del rilievo strumentale? La presunta oggettività della nuvola di punti deve essere valutata in base ad una semplice constatazione: dato un oggetto architettonico da rilevare, le nuvole di punti che è possibile ricavare con uno scanner laser 3D non sono tutte uguali. Le scelte che concorrono a restituire dignità scientifica a questa prima fase del rilievo devono poter essere opportunamente documentate, i criteri utilizzati devono essere chiari e riproducibili. In questo senso particolare importanza riveste il progetto di presa.

Uno degli aspetti troppo spesso trascurati nel rilevamento strumentale con l'utilizzo del laser scanner 3D è quello collegato al momento della presa dei dati soprattutto se si tiene conto del fatto che è proprio nella fase di presa che si definiscono quei parametri e si attuano determinate scelte che andranno necessariamente a condizionare la fase successiva, cioè quella di elaborazione dei dati e restituzione metrica sia attraverso forme di rappresentazione per così dire "classica", cioè piante, prospetti e sezioni, sia tramite modelli informatici tridimensionali, numerici o matematici.

Il progetto di presa deve innanzi tutto tener conto degli obiettivi che l'attività di rilievo si pone ed in base a quelli indirizzare nel miglior modo possibile le operazioni sul campo. Gli elementi che concorrono alla elaborazione di un buon progetto di presa sono: la *conoscenza strumentale*, gli *obiettivi di massima del rilievo*, la *conoscenza del luogo*. Vediamo di analizzarli brevemente in maniera distinta.

La *conoscenza strumentale* si basa sul principio che gli scanner laser 3D non sono tutti uguali e che a seconda dei casi si possono avere differenti risposte in funzione della distanza, dei materiali rilevati, delle condizioni ambientali. L'apertura del campo visivo, la velocità di acquisizione, la capacità di

memorizzazione, la tecnologia software, la possibilità di abbinare dati di tipo fotografico, sono tutti aspetti che incidono inevitabilmente sul prodotto finale, intendendo come prodotto finale la nuvola di punti quale dato "oggettivo" del rilievo.

Per quanto riguarda invece la *conoscenza preventiva degli obiettivi di massima* del rilievo si potrebbe, per assurdo, non ritenerla necessaria, ponendoci nella condizione ideale di ottenere la maggiore quantità di informazioni possibili, demandando ad una fase successiva la scelta e la selezione di quanto necessario. L'esperienza dimostra che questa condizione è, per l'appunto, ideale ma quasi sempre non attuabile per due ordini di motivi. Il primo è il tempo, il secondo è legato alla specificità della tecnologia utilizzata. I due fattori sono in qualche modo interconnessi in quanto un elevato standard di ripresa comporta un aumento considerevole del tempo necessario alle operazioni da eseguire sul "campo". Molto spesso subentrano fattori esterni che non consentono tempi di ripresa molto lunghi; possono verificarsi determinate condizioni ambientali che comportano un inevitabile rallentamento nelle operazioni di acquisizione dei dati. Vi sono numerosi fattori, hardware e software, da impostare in un progetto di presa e la scelta in una direzione o nell'altra comporta, inevitabilmente, una diversa capacità di acquisizione sia per qualità che per quantità. Inoltre occorre ricordare che la tecnologia software legata ai laser scanner è, per così dire, una tecnologia "pesante" in termini di elaborazione, considerati gli attuali livelli standard; questo significa che ad una quantità molto alta di informazioni corrisponde, molto spesso, un rallentamento nelle operazioni di elaborazione e gestione delle nuvole di punti. Il progetto di presa, in questo senso, si configura come vera e propria scelta (come "progetto" nel senso più strettamente etimologico del termine), al fine di trovare la maggiore convergenza possibile tra esigenze reali di acquisizione da una parte e di utilizzazione dei dati dall'altra.

La *conoscenza del luogo* è probabilmente l'aspetto più importante e peculiare dell'attività del rilevatore, in cui viene salvaguardato quel rapporto diretto, e non mediato, con lo spazio architettonico vissuto in tutta la sua fisicità e materialità. E' indubbiamente il momento in cui più alta è la consapevolezza di come determinate scelte possono condizionare l'intero processo di restituzione e, di conseguenza, il valore stesso dell'intera operazione di rilevamento.

3. Forma e geometria

La ripresa di un oggetto architettonico con lo scanner laser 3D è fortemente condizionata dall'analisi della forma e dalla conoscenza della geometria dell'oggetto. I due fattori peculiari e correlati tra loro di cui occorre tenere conto nell'impostare sul campo una ripresa con lo scanner laser sono: la centralità della ripresa e la risoluzione dei punti. La centralità della ripresa è strettamente connessa ai concetti propri di una proiezione centrale; la risoluzione dei punti su un oggetto si basa sui problemi della proiezione sferica.

3.1 La centralità della ripresa

Il laser scanner, al pari di un teodolite, va posizionato in uno specifico punto di stazione da cui si irradiano, secondo una stella proiettiva, i raggi laser. La centralità della ripresa impone una scelta accurata dei punti di stazione al fine di ridurre al minimo le zone d'ombra dovute a *fattori di forma interna* ed a *fattori di interferenza esterna*. I *fattori di forma interna* sono quelli relativi alla conformazione spaziale dell'oggetto da rilevare in cui la presenza di aggetti, rientranze o andamenti planimetrici particolari possono ingenerare anche ampie zone d'ombra, che è un limite che ha contraddistinto nei primi anni di diffusione di questa tecnologia, molte nuvole di punti pubblicate in riviste specializzate. I *fattori di interferenza esterna* sono invece quelli relativi alla presenza di ostacoli naturali o artificiali che si frappongono tra l'oggetto da rilevare e i punti di stazione o che in ogni caso comportano una limitazione nella ripresa (Fig.1). Si può, in analogia con la teoria delle ombre, associare la ripresa con lo scanner laser ad una sorgente luminosa puntiforme per cui si generano nell'oggetto da rilevare delle ombre proprie, delle ombre portate e delle ombre autoportate.

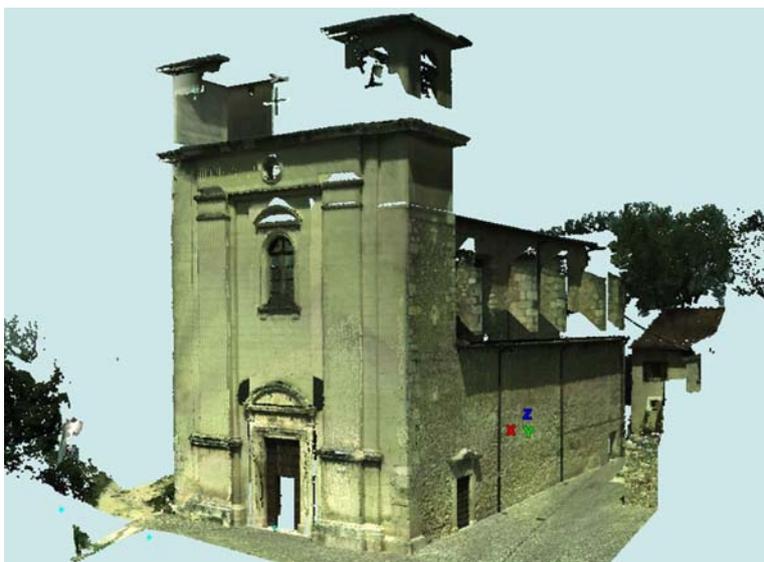


Fig. 1. Chiesa di Santa Croce ad Antrosano, Avezzano, L'Aquila. Nuvola dei punti renderizzata dell'esterno, in cui sono evidenti le lacune dovute a fattori di forma interna (cornici e contrafforti) ed a fattori di interferenza esterna (presenza di un fabbricato quasi a ridosso della zona posteriore).

Sono molto rari i casi in cui la presa si esaurisce con una scansione unica; nella maggior parte dei casi occorre definire nel progetto di presa la quantità di stazioni ed il loro corretto posizionamento. Come detto il primo criterio da valutare è quello relativo al fattore di forma dell'oggetto da rilevare. Nel nostro campo di interesse che può spaziare da oggetti di piccola dimensione, come nel caso di oggetti scultorei o reperti archeologici, fino ad edifici a carattere monumentale o a spazi urbani o anche a siti archeologici, la casistica è particolarmente vasta.

Un primo dato da valutare è pertanto quello della dimensione dell'oggetto da rilevare che può essere solo parzialmente compensato da una differente distanza di presa; anche perché molto spesso vi sono ostacoli naturali o architettonici che non consentono di porsi ad una distanza ideale. Come nel caso delle riprese fotogrammetriche, se si è costretti a rimanere troppo vicino all'oggetto occorre compensare i dati acquisiti facendo più riprese, rendendo più laboriosa sia la fase di presa sul "campo" che la successiva elaborazione. Fare più riprese comporta di conseguenza un aumento di attenzione nella cosiddetta fase di "registration" cioè di unione di più nuvole di punti. Il progetto di presa deve pertanto contenere le giuste valutazioni sulle possibili modalità di "registration":

- manuale, cioè per riconoscimento di punti omologhi sull'oggetto architettonico, non sempre agevole;
- automatico, cioè attraverso il riconoscimento di target opportunamente posizionati prima di eseguire la scansione, avendo in questo caso cura che due scansioni contigue abbiano almeno tre target in comune;
- per punti di controllo ripresi preventivamente con una strumentazione topografica.

3.2 La risoluzione dei punti

Nell'utilizzo di un laser scanner laser 3d si hanno due tipi di risoluzione, tra loro strettamente interconnessi: quella strumentale e quella reale. La risoluzione strumentale è data, nella maggior parte degli strumenti oggi utilizzati nel rilievo architettonico ed urbano, dalla quantità di punti orizzontali e verticali nell'unità di misura riferita alla circonferenza equatoriale e ad un meridiano di una sfera di cui è possibile impostare il raggio. I punti sulla sfera sono identificati attraverso un sistema di coordinate polari definite dall'angolo orizzontale e dall'angolo zenitale. La quantità di punti orizzontali incide sulla distanza tra i meridiani, e quindi sui gradi dell'angolo orizzontale tra un meridiano e l'altro. Maggiore è la risoluzione, maggiore è la quantità di meridiani. I punti verticali identificano la suddivisione in gradi dell'angolo zenitale e quindi la quantità di circonferenze orizzontali che sottendono tutte un medesimo angolo al centro (fig. 2). Si forma così sulla sfera una griglia di meridiani e paralleli le cui intersezioni individuano le rette di proiezione del raggio laser con i corrispondenti angoli, orizzontale e zenitale. Abbinando questo dato alla distanza dell'oggetto restituita dal laser si ottiene la coordinata del punto nello spazio rispetto ad un sistema di riferimento in cui l'origine è posta al centro di una sfera virtuale, coincidente con il centro dello strumento. Si noti altresì che una risoluzione così impostata sulla sfera comporta una intensità di punti uguale sui meridiani ma diversa sui paralleli con un infittimento di punti quanto più ci si avvicina al polo della sfera. E' possibile definire la risoluzione strumentale unitaria **Rsu**, quella cioè riferita ad una sfera di raggio 1, la quale si ottiene dal prodotto **Rsu = d·r** dove **d** è la

quantità di punti per metro, orizzontale e verticale (generalmente uguale) e r è il valore del raggio della sfera. Se per esempio si imposta una risoluzione strumentale di 2 cm con un raggio di 10 metri, si ha che d è uguale a 50, per cui il valore di R_{su} è 500. La conoscenza della risoluzione strumentale unitaria è importante quando si vuole stimare preventivamente il tempo di presa e la quantità di informazioni acquisite.

La risoluzione reale invece è quella data dall'intersezione dei raggi laser con l'oggetto da rilevare e varia molto in funzione della conformazione delle superfici e della distanza rispetto alla stazione di ripresa. Ciò comporta due importanti conseguenze nella impostazione del progetto di presa: scegliere punti in modo da ottenere quanto più possibile una risoluzione omogenea sulle parti rilevate; scegliere più stazioni in modo da compensare eventuali eccessive differenze nella risoluzione di ripresa in modo da garantirne l'omogeneità una volta sommati i dati di più nuvole di punti. Ed ancora, scegliere differenti risoluzioni, una più bassa di ricopertura generale, ed altre parziali più dense in funzione delle specifiche caratteristiche formali dell'oggetto da rilevare.

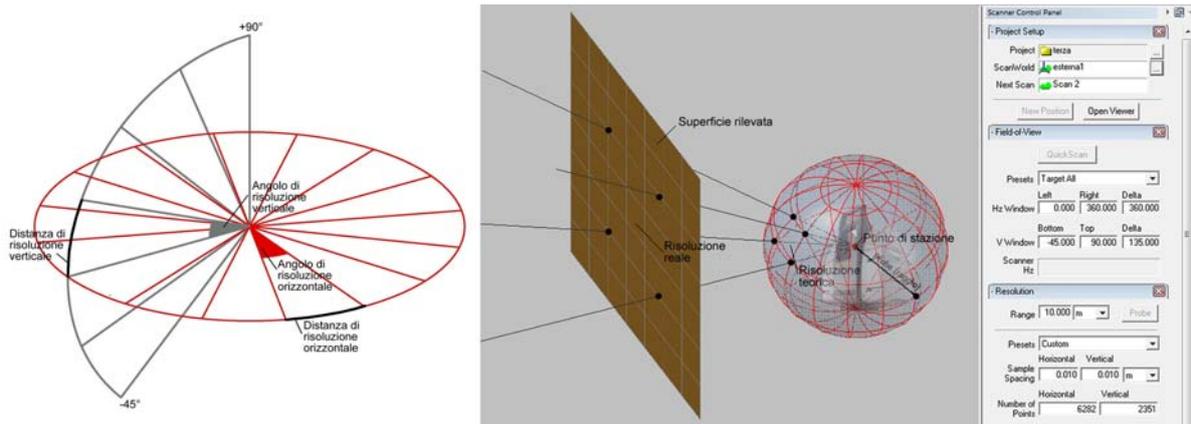


Fig. 2. Risoluzione strumentale e risoluzione reale; a destra, particolare della finestra di dialogo del programma Cyclone della Leica, attraverso cui impostare i dati della risoluzione e del campo di scansione.

3.3 Applicazioni ed esemplificazioni

Le considerazioni fin qui dette e quelle che seguono scaturiscono da una serie di esperienze fatte negli ultimi due anni dal sottoscritto utilizzando uno scanner laser 3D modello Leica HDS3000 messo a disposizione dal Critevat, il Centro di Ricerca dell'Università "Sapienza" di Roma, dislocato a Rieti, dove è anche presente un Polo Didattico della Facoltà di Ingegneria. Vorrei brevemente descrivere, a puro titolo esemplificativo, solo alcune delle possibili considerazioni sul rapporto tra la conformazione dello spazio rilevato e le conseguenti valutazioni geometriche.

Un caso particolarmente ricorrente in architettura è quello riconducibile a superfici piane verticali, a cui riferire le facciate interne o esterne di complessi architettonici. Un fattore importante è sicuramente la dimensione del piano verticale da scansionare ed il possibile posizionamento dello strumento. Da un punto di vista proiettivo la distribuzione dei punti, cioè la risoluzione reale, dello scanner laser corrisponde ad una proiezione gnomonica in cui i punti della sfera teorica che giacciono sui meridiani si mantengono su rette verticali mentre nella direzione orizzontale, ad esclusione dei punti giacenti sull'equatore, i punti si distribuiscono sul piano secondo iperboli (Fig.3).

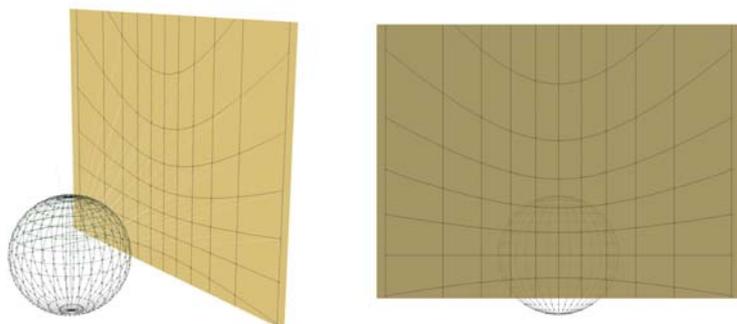


Fig. 3. Proiezione gnomonica su un piano verticale.

Dovendo per esempio rilevare delle superfici curve si osserva quanto molto dipenda dal raggio della curvatura e dalla sua conformazione rispetto al punto di ripresa, concava o convessa. Nel primo caso di superficie concava (Fig. 5.b) si ha una ottimizzazione della risoluzione reale quanto più il punto di ripresa è vicino al centro o ai centri delle curvature. Nel caso invece di superfici convesse (Fig. 5.c) si ha un'accentuazione della dispersione dei punti in funzione del raggio stesso della curvatura e della distanza di ripresa; nel caso di una facciata piana in cui sono presenti degli aggetti e delle rientranze disporre lo strumento in posizione centrata (Fig. 5.d) genera delle "ombre" in corrispondenza degli aggetti ed un pessima risoluzione sulle pareti ortogonali al piano principale della facciata. E' in molti casi opportuno sdoppiare la ripresa ottenendo così una ricopertura totale ed una risoluzione reale più omogenea (Fig. 5.e). Quest'ultima considerazione può in molti casi non comportare necessariamente un aumento complessivo dei punti di stazione come si evince dai due schemi in figura (Fig. 5.f, g) che si riferiscono al caso di un edificio di forma quadrilatera; tra le due possibili soluzioni è sicuramente preferibile la seconda in quanto ogni facciata è data dalla somma di due differenti scansioni, inoltre, nel secondo caso, è molto più agevole l'operazione di "registration" sia per il posizionamento dei target a riconoscimento automatico sia nel caso di riconoscimento manuale di punti omologhi. Per il rilievo di superfici a base circolare (Fig. 5.h, i) sono generalmente necessarie non meno di tre stazioni; in questo caso occorre però valutare bene la distanza di ripresa e la sovrapposizione tra le due generatrici di contorno apparente che delimitano la parte di superficie ripresa da due stazioni contigue. Oltre al fatto che da un punto di vista qualitativo i punti rilevati con il laser in prossimità di generatrici tangenti possono subire scostamenti anche sensibili. Un'ultima considerazione può essere fatta nel caso di superfici piane orizzontali, come per esempio nel caso dei soffitti interni di un ambiente. In questo caso, come illustrato in figura, la distribuzione reale dei punti scansionati, tende a disporsi secondo circonferenze concentriche con un consistente infittimento di punti quanto più ci si avvicina al polo. Si ottiene così una nuvola di punti con una notevole quantità di informazioni su superfici per le quali, a volte, non vi è una oggettiva necessità.

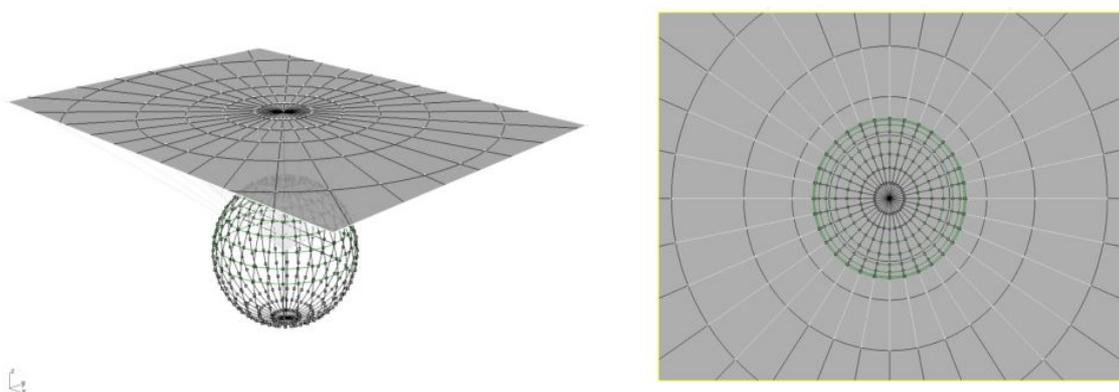


Fig. 6. Proiezione gnomonica su un piano orizzontale.

Quanto sopra descritto sinteticamente è parte di una casistica molto più ampia che non può essere certo dispiegata in questa sede. Alcune considerazioni possono però aiutare la comprensione degli esempi riportati di seguito e che riguardano, come detto, rilievi coordinati dal sottoscritto negli ultimi due anni.

Nel rilievo della chiesa di Santa Croce in località Antrosano, frazione di Avezzano in provincia di L'Aquila (Fig. 7), chiesa in parte danneggiata dal terremoto del 6 aprile 2009, le condizioni ambientali sono state abbastanza favorevoli; per rilevare l'interno, a navata unica e cappelle laterali poco profonde, sono stati sufficienti due sole stazioni di ripresa; l'esterno non presentava particolari ostacoli, ad eccezione della parte posteriore destra in corrispondenza dell'abside. Per la ripresa della facciata, molto alta, sarebbe stato necessario avere più spazio nel sagrato che invece si interrompe quasi subito per la presenza di un forte dislivello. A causa di ciò la ripresa della parte alta della facciata risulta meno accurata rispetto al portale; inoltre è molto evidente la zona d'ombra sulle torri di facciata per l'aggetto della trabeazione (Fig. 1). Attraverso il portone principale ed una porticina laterale si sono potuti visualizzare dall'interno anche i target posti all'esterno, definendo così un sistema complessivo che ha consentito di eseguire una "registration" automatica di tutte e cinque le scansioni.

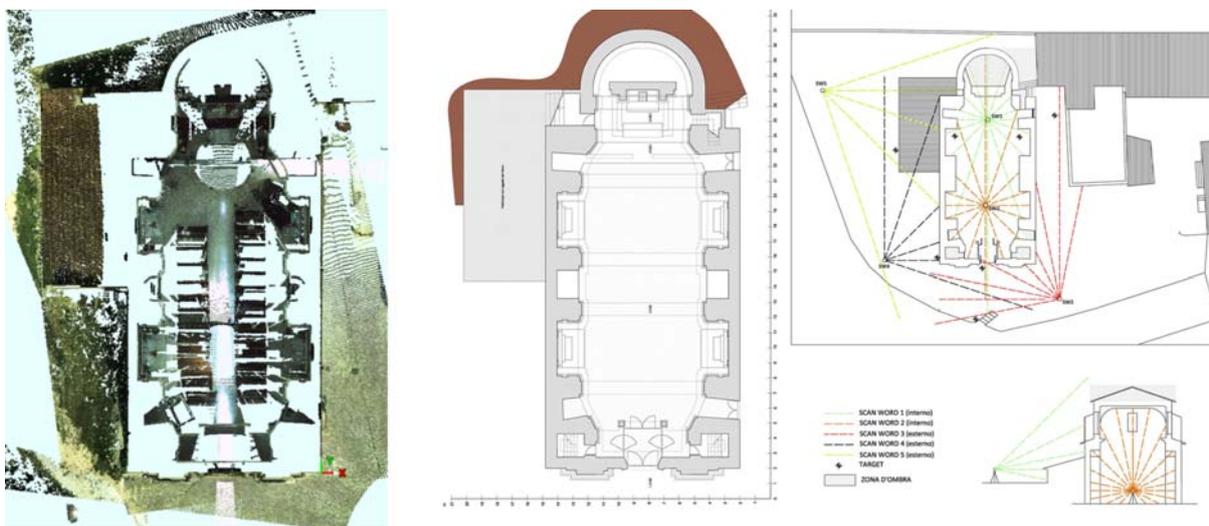


Fig. 7. Chiesa di Santa Croce ad Antrosano. Sezione orizzontale della nuvola di punti complessiva, planimetria di rilievo, progetto di ripresa con il laser scanner 3D

Maggiori sono state invece le interferenze esterne nei rilievi di due distinti isolati urbani: il complesso del convento di San Giovanni Evangelista a Leonessa e il palazzo Blasetti ad Androdoco. In entrambi i casi il rapporto tra sviluppo in alzato dei prospetti, fronte complessivo dell'isolato e larghezza stradale, come nella maggior parte dei borghi medievali, sorti sugli antichi tracciati del *castrum* di origine romana (Fig. 8), non ha consentito un idoneo posizionamento dello strumento. Non essendoci stata la possibilità di impedire il passaggio dei veicoli, le operazioni di ripresa sono state alquanto difficoltose e con numerose interruzioni e riprese. Anche le condizioni per le riprese fotografiche fatte con la macchina interna allo strumento sono state alquanto disturbate anche a seguito delle forti differenze di esposizione durante l'arco della giornata.



Fig. 8. Gli isolati urbani del Convento di San Giovanni Evangelista a Leonessa e di Palazzo Blasetti ad Androdoco, entrambi in provincia di Rieti.

La facciata del fronte sud del convento di Leonessa e gran parte delle facciate del palazzo Blasetti ad Androdoco (Fig. 9), non sono intonacate e presentano una tessitura muraria particolare che è stato necessario rilevare nel dettaglio; si è così impostata una risoluzione molto alta che però inevitabilmente tendeva a sgranarsi quanto maggiore era l'angolo di incidenza del raggio laser; in alcuni casi si è ovviato aumentando il numero delle stazioni, in altri casi aumentando solo su alcune parti la risoluzione di ripresa.



Fig. 9. Palazzo Blasetti ad Androdoco. Viste prospettive renderizzate della nuvola di punti complessiva.

A Leonessa, per il rilievo degli esterni dell'intero complesso conventuale, sono state necessarie sette stazioni; inoltre il posizionamento dei target a riconoscimento automatico è risultato da subito molto problematico per cui le operazioni di "registration" delle nuvole di punti esterne sono state fatte attraverso il riconoscimento manuale di punti omologhi in facciata, mentre la correlazione tra l'esterno e le scansioni fatte all'interno della chiesa e dentro il cortile è stata fatta attraverso l'identificazione di punti di coordinate note disponendo di una accurata rete topografica fatta precedentemente.

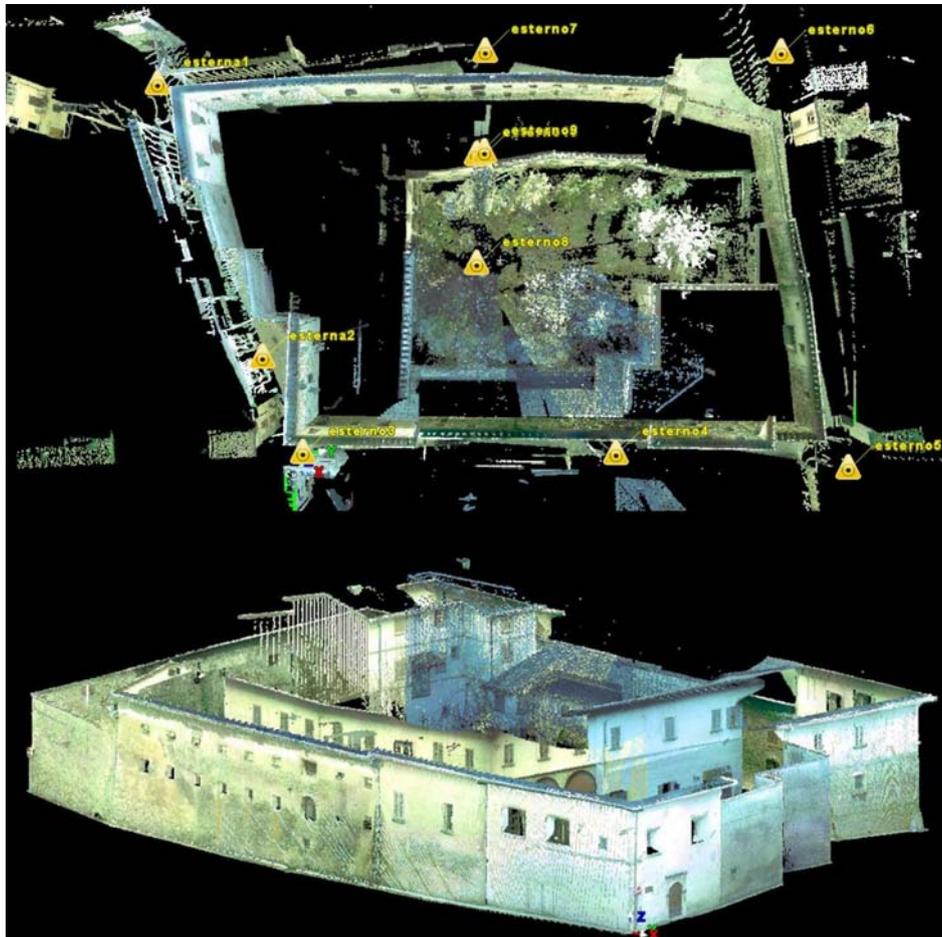


Fig. 10. Il Convento di San Giovanni Evangelista a Leonessa. Posizionamento delle stazioni e vista assometrica renderizzata della nuvola di punti complessiva.

Un lavoro particolare e molto interessante è stato quello svolto all'interno dell'area di Telespazio nel Fucino. La richiesta del committente era quella di avere a disposizione una quantità sufficiente di informazioni metriche e fotografiche per realizzare un modello tridimensionale dell'intera area da utilizzare in un video promozionale, ancora in fase di realizzazione.

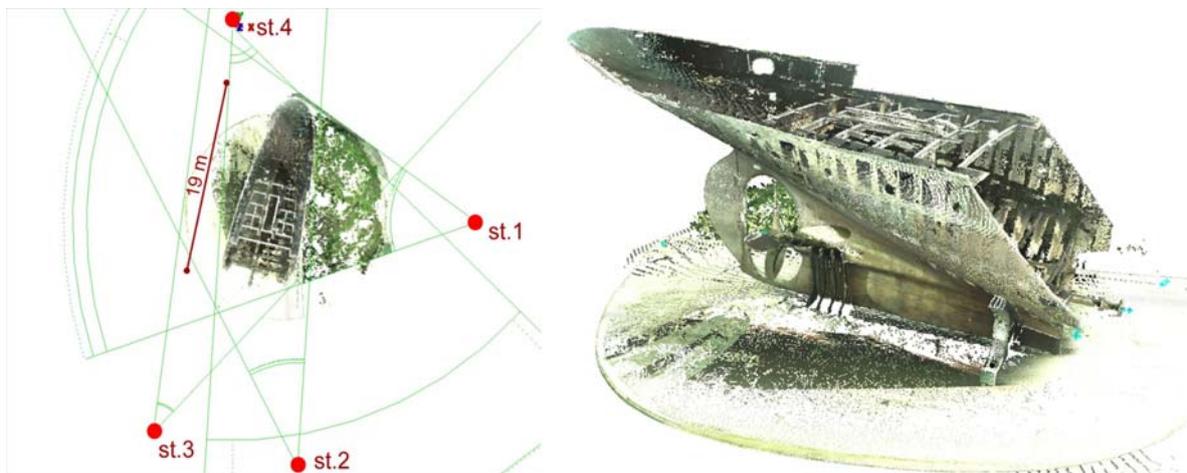


Fig. 11. Il relitto della nave Elettra. Telespazio, Fucino. Progetto di ripresa e vista prospettica renderizzata della nuvola di punti complessiva.

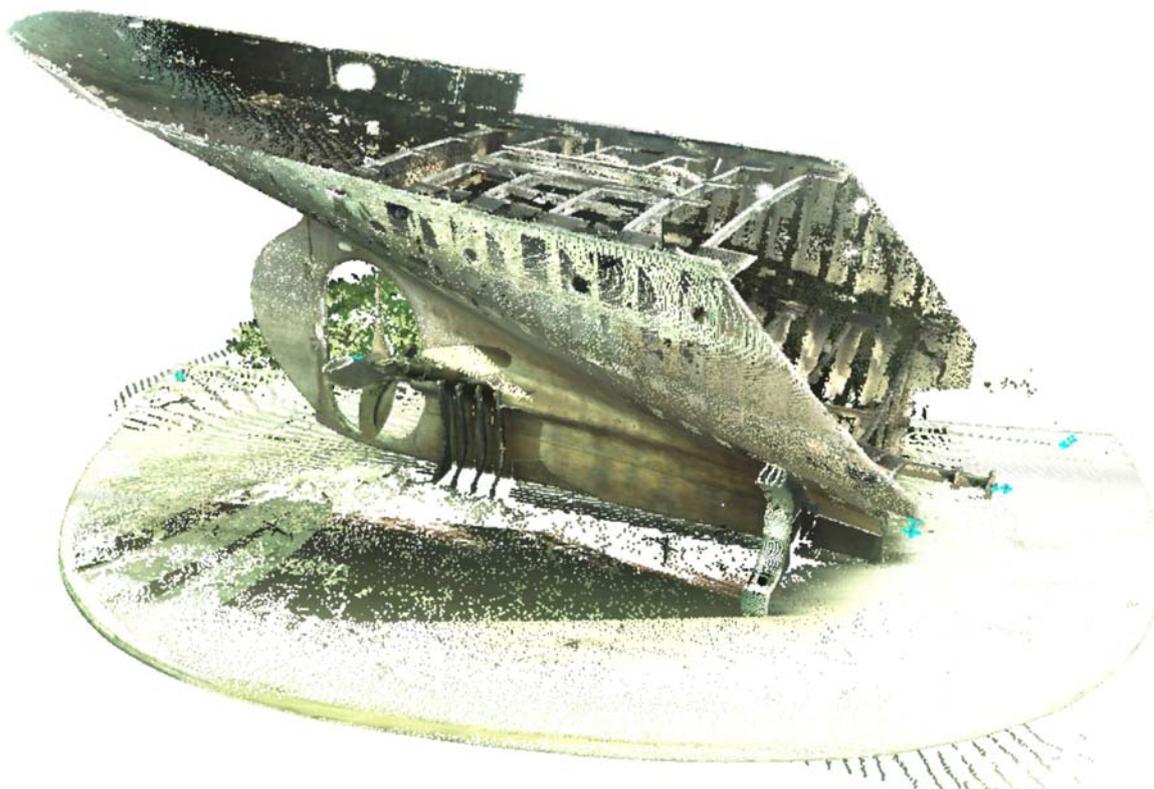


Fig. 12. Il relitto della nave Elettra. Telespazio, Fucino. Vista prospettica renderizzata della nuvola di punti complessiva

Sono state rilevate tra le numerose antenne paraboliche presenti sul sito quelle più rappresentative, gli edifici principali, ed una vera e propria scultura ubicata vicino ad un piccolo museo al cui interno è documentata la breve ma affascinante storia di Telespazio, iniziata nel 1961. Questa bellissima scultura in ferro è di fatto il relitto della nave Elettra, la nave che Guglielmo Marconi utilizzò per alcuni famosi esperimenti di radiofonia, assunta a simbolo dell'era delle telecomunicazioni. In questo caso si sono rese necessarie quattro stazioni di ripresa, due per i lati esterni e due per la zona interna (Figg. 11 e 12). Le antenne paraboliche, alcune veramente impressionanti per dimensioni con un diametro di circa 32 metri, sono formate da un basamento in cemento armato di forma cilindrica o conica, alcune anche di particolare pregio architettonico, al cui interno sono collocate tutte le attrezzature hardware di gestione dei dati (Fig. 13).

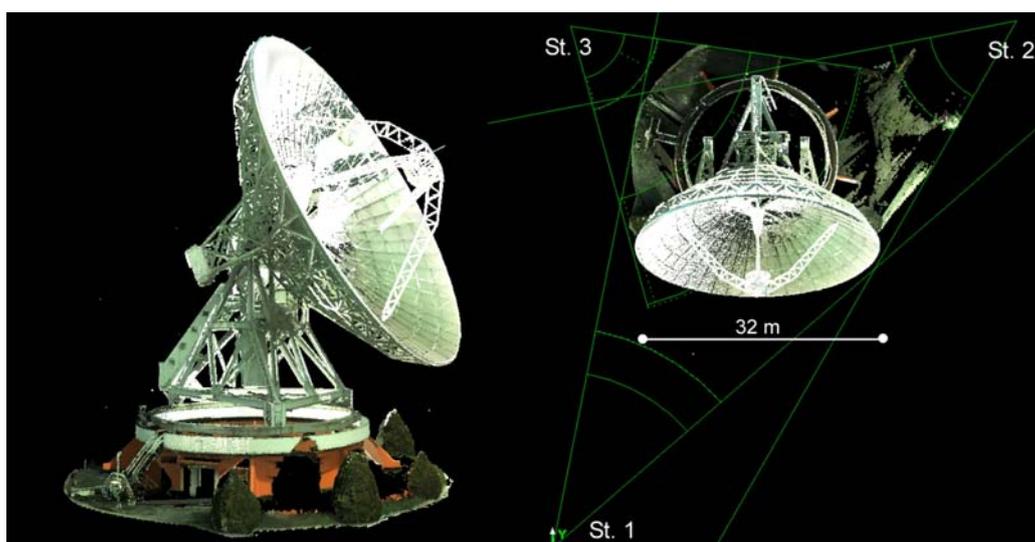


Fig. 13. Antenna parabolica a Telespazio, Fucino. Vista prospettica renderizzata della nuvola di punti complessiva e schema di ripresa con il laser scanner 3D.

L'antenna vera e propria è formata da pannelli riflettenti disposti a formare un paraboloide di rotazione e sorretti da una struttura reticolare molto fitta, a sua volta ancorata al basamento con un doppio snodo che consente all'antenna di ruotare sia orizzontalmente che verticalmente; nelle operazioni di ripresa sono state sufficienti tre stazioni, senza particolari limitazioni essendoci poche interferenze esterne. Sia per la nave Elettra che per le antenne è stata impostata una risoluzione di presa molto alta, nel primo caso per poter restituire al meglio lo stato di degrado del ferro che è poi la caratteristica di questa scultura, nell'altro caso per poter restituire sia l'usura dei pannelli che formano la superficie parabolica, sia la fitta trama di travi reticolari che formano la struttura di sostegno principale dell'antenna.

4. Conclusioni

Sappiamo quanto il rilievo dell'architettura sia una disciplina alquanto complessa e dalle molteplici sfaccettature. Sappiamo anche quanto questa disciplina abbia subito nel corso della storia continue modificazioni ed interpretazioni riguardante i criteri con cui affrontare l'attività di conoscenza di un bene architettonico o di un ambito urbano. L'evoluzione tecnologica ha contribuito molto ad elevarne il valore di scientificità, ed è innegabile quanto l'ultima evoluzione, quella informatica, abbia aumentato esponenzialmente questa componente. Ma il rilievo è anche, e soprattutto, interpretazione di una realtà, semplice o complessa che sia; e questa interpretazione comporta inevitabilmente una traduzione in modelli, attraverso processi iterativi di scomposizione e riagggregazione dei molteplici aspetti che la contraddistinguono, dalla forma, al materiale, dalla storia, alla iconografia. La tendenza all'oggettivazione della fase di acquisizione metrico-formale insita nel rilievo strumentale ed in particolare modo nel laser scanner 3D necessita, come abbiamo sintetizzato in queste brevi note, di una conoscenza critica dello strumento stesso e delle fasi operative attraverso cui poter operare delle scelte; ciò al fine di poter mantenere il controllo del prodotto nelle diverse fasi di acquisizione ed elaborazione. La nuvola di punti è di per sé un possibile modello, senz'altro molto ricco di informazioni e, a suo modo, relativamente facile da ottenere; ed attraverso questo è possibile ricavare altre elaborazioni, altri modelli; ma è pur sempre un modello, con i suoi pregi e con i suoi difetti, che deve poter essere valutato qualitativamente, oltre che quantitativamente, attraverso un corretto progetto di presa che ne sintetizzi la sua identità scientifica.

5. Citazioni e riferimenti bibliografici

[1] Mario Docci, Diego Maestri, *Manuale di rilevamento architettonico*, Roma-Bari 1994, Editori Laterza, ISBN 88-420-43141-9

[2] Cesare Cundari, *Il rilievo e la documentazione*. In: Cesare Cundari. *Il Complesso monumentale del Verlasce in Venafro*. p. 15-36, Roma, 2009: Edizioni Kappa, ISBN 978-88-6514-021-5

[2] Leonardo Paris, *Il progetto di ripresa nell'acquisizione di dati con lo scanner laser 3D*. In: Cesare Cundari. *Il Complesso monumentale del Verlasce in Venafro*. p. 69-74, Roma, 2009: Edizioni Kappa, ISBN: 978-88-6514-021-5

[2] Leonardo Paris, *L'acquisizione di dati tramite scanner laser 3D nel rilevamento archeologico*. In: Cesare Cundari. *Il Complesso archeologico di San Vincenzo al Volturno*. p. 75-80, Roma, 2009: Edizioni Kappa, ISBN/ISSN: 978-88-6514-020-8

[3] AA.VV. *Metodi e tecniche integrate di rilevamento per la realizzazione di modelli virtuali dell'architettura della città*, a cura di Emanuela Chiavoni, Priscilla Paolini, Ricerca Cofin 2004, coordinatore nazionale Mario Docci, Roma 2007, Gangemi Editore, ISBN 88-492-1415-4.

[4] Mario Docci, Marco Gaiani, Riccardo Migliari, *Una nuova cultura per il rilevamento*, in *Disegnare, idee, immagini*, Anno XII, n. 23/2001, pagg. 37-46. ISBN 88-492-0257-1