

luogo del rito: Piazza Marina a Palermo

nzio Marsiglia, Fabrizio Agnello

ARTIMENTO DI RAPPRESENTAZIONE, CONOSCENZA, FIGURAZIONE, TRASFORMAZIONE DELL'AMBIENTE COSTRUITO/NATURALE
VERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

creto/Continuo: la tecnologia laser scanning rilevamento dell'architettura

avoro che viene qui esposto è il risultato di una ricerca sui
li e le tecniche per l'integrazione di dati metrici acquisiti con
renti metodi ed apparati strumentali. Alcuni principi guida
no orientato lo svolgimento delle attività: il rilevamento pre-
pone una ipotesi conoscitiva che condiziona i criteri di ac-
quisione dei dati metrici; misurazione e rappresentazione so-
roccessi strettamente legati, e una corretta esecuzione delle
re presuppone la scelta e la puntuale conoscenza degli stru-
ti e delle procedure per il disegno o la modellazione; il rile-
vamento dell'architettura richiede la conoscenza delle sue ma-
formali e concettuali, senza la quale è arduo affrontare il
ssario processo di discretizzazione del manufatto.

roduzione della tecnologia laser scanning ha modificato
odo sensibile la prassi operativa consolidata dalla tradi-
e del rilevamento architettonico; la possibilità di acquisi-
i tempi relativamente contenuti una grande mole di dati
nificato la durata del rilievo e l'approccio alle operazio-
i misura: sembrano oggi superate le fasi di preparazione
misura, come ad esempio la redazione degli eidotipi; al-
tanto superati e obsoleti appaiono gli strumenti del rile-
vamento diretto. Occorre tuttavia osservare che, agli indubbi
aggi, sono collegati alcuni riflessi sulla attività di rileva-

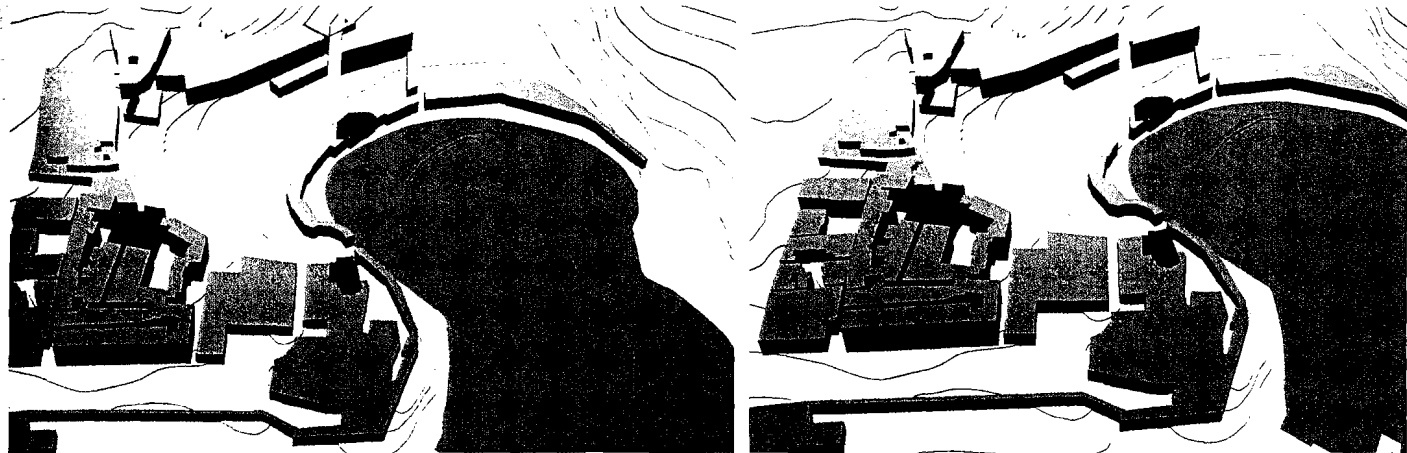
mento che non possiamo trascurare: il disegno *in situ* dell'ar-
chitettura (i buoni eidotipi fanno parte di questa categoria) ha
da sempre costituito un'importante occasione per osservare e
interpretare la struttura formale del manufatto; già il rileva-
mento fotogrammetrico, carico di procedure e apparati stru-
mentali a corredo, allontana l'attenzione dal manufatto ed eso-
nera in parte l'operatore da uno sguardo attento all'oggetto del
suo lavoro, rimandando il racconto dell'architettura al conte-
nuto dell'immagine fotografica. La tecnologia laser scanning
rende apparentemente superflua l'osservazione stessa del ma-
nufatto: emblematica in tal senso è la possibilità di lavoro nel-
le ore notturne, quando l'operatore osserva il manufatto at-
traverso i dati catturati dallo strumento; occorre oggi conti-
nuare a ricordare che ciascuna tecnica o apparato strumenta-
le tende a condizionare il lavoro, rendendo più agevoli e prati-
cabili alcune soluzioni ed escludendone altre. Tale consapevo-
lezza induce ad attribuire la dovuta attenzione non solo agli
strumenti e alle procedure, ma anche e soprattutto all'oggetto
stesso del rilievo – l'architettura e la sua memoria.

L'indagine svolta dal gruppo di lavoro è incentrata sulle pro-
cedure per l'integrazione fra dati metrici acquisiti con tecni-
che differenti e sulle questioni legate al binomio discreto/con-
tinuo nel rilevamento dell'architettura con apparati laser
scanning.



1/ Pagina precedente. Carte del Villabianca (1777) e Bonifazio (1580) e aerofoto di Palermo. In evidenza le modificazioni della linea di costa e dell'alveo dei fiumi Kemonia e Papireto.

2/ Palermo, situazione del piano della Marina nella seconda metà del Cinquecento, prima e dopo il taglio della Palazzata per il prolungamento del Cassaro.



La procedura standard di lavoro sui dati laser prevede che, a seguito delle prime operazioni di elaborazione dei dati acquisiti (nuvole di punti), si proceda alla determinazione in via automatica o semiautomatica di un modello di superficie a maglia triangolare o quadrangolare, per interpolazione delle coordinate dei punti; si può quindi continuare con il processo di individuazione degli enti geometrici preliminari alla modellazione NURBS e, infine, interrogare o esportare il modello. La procedura applicata nel corso della ricerca segue un percorso differente, incentrato sulla individuazione degli elementi che concorrono alla definizione della struttura geometrica e formale del manufatto; si vuole così riaffermare il valore dei processi di discretizzazione nella conoscenza dell'architettura e lasciare che la dimensione del continuo eserciti un'incontrastata il suo predominio negli ambiti della scultura e del design.

Un ulteriore aspetto del lavoro svolto riguarda il contributo delle discipline della rappresentazione alla lettura, interpretazione e racconto delle trasformazioni urbane – desunte dallo studio delle fonti cartografiche e iconografiche. Piazza Marina di Palermo, oggetto della nostra indagine, costituisce un buon terreno per sperimentazioni di questo tipo: si tratta, infatti, di uno spazio che si è costituito e modificato secondo un processo lento e ininterrotto.

A una breve introduzione sulle vicende morfologiche, urbane e sociali della Piazza, segue il racconto dell'esperienza di ricerca e delle conclusioni che è possibile avanzare al termine di questo percorso; in chiusura, le descrizioni dei manufatti scelti come casi studio e delle operazioni di rilevamento e di modellazione digitale eseguite per ciascuno di essi.

Città/Mare: il sito di Piazza Marina a Palermo

Lo studio delle trasformazioni che il sito di Piazza Marina ha subito nel corso dei secoli riguarda l'orografia, la geologia del terreno e la definizione della linea di separazione fra terra e

mare; i nomi che questo spazio ha assunto nel tempo, e la sua attuale denominazione, sono testimoni della sua nascita in opposizione e in contiguità al mare¹.

Sono state studiate e rielaborate graficamente diverse cartografie del centro storico di Palermo, al fine di mettere in evidenza le modificazioni della morfologia del sito ed estrarre i dati necessari alla elaborazione di modelli tridimensionali semplificati dell'assetto urbano della Piazza.

Sull'assetto dell'area nei secoli compresi tra la fondazione fenicia della città di Palermo (VIII secolo a.C.) e il periodo arabo-normanno, gli unici dati disponibili sono le ipotesi formulate da Villabianca (1777) e da Columba (1906); il Villabianca riporta il tracciato dei fiumi Kemonia e Papireto, che delimitano il primo impianto urbano; il Columba riporta invece un'ipotesi sulla conformazione dell'area del porto nei periodi romano (III secolo a.C. – V d.C.) e arabo-normanno (IX-X secolo d.C.). La lettura delle carte rivela la progressiva contrazione degli alvei dei due fiumi fino al loro interrimento e la forma del porto, simile a quella attuale, ma di dimensioni maggiori.

La situazione della seconda metà del Cinquecento è documentata dalla cartografia del Bonifazio (1580); si nota che la linea di costa penetrava ancora parzialmente nella Piazza Marina ed è visibile la Palazzata che chiudeva il perimetro della Cala. Altro mutamento significativo avvenuto in tale periodo è la realizzazione dell'ultimo tratto del Cassaro, che taglia la Palazzata in corrispondenza della cinquecentesca chiesa di Santa Maria di Portosalvo, che assume così il ruolo di quinta scenografica terminale dell'asse viario.

Le informazioni desunte dalle cartografie del Villabianca e del Columba sono state evidenziate con campiture di colore e successivamente sovrapposte, in un'unica sintesi finale, su una foto aerea del centro storico di Palermo (fig. 1).

L'operazione di comparazione planimetrica delle cartografie è stata integrata dalla realizzazione di modelli tridimensionali

3/ Palermo. Corteo dell'Inquisizione (1724), a destra dell'immagine è rappresentata la Cattedrale e nella parte opposta lo Steri, punti di inizio e termine del percorso professionale (a).

Processione nel piano della Marina: nella parte alta sono raffigurati gli edifici che costituivano il fronte della Piazza opposto allo Steri; unico elemento superstite è il palazzo con loggiato, oggi denominato Fatta del Bosco (b).

Teatro della giostra tenuta in Palermo per le nozze di Carlo II (1680): nella parte alta dell'immagine è riconoscibile il palazzo Steri (c).

relativi all'assetto morfologico nel XVI secolo, prima e dopo il taglio della parte bassa del Cassaro (fig. 2).

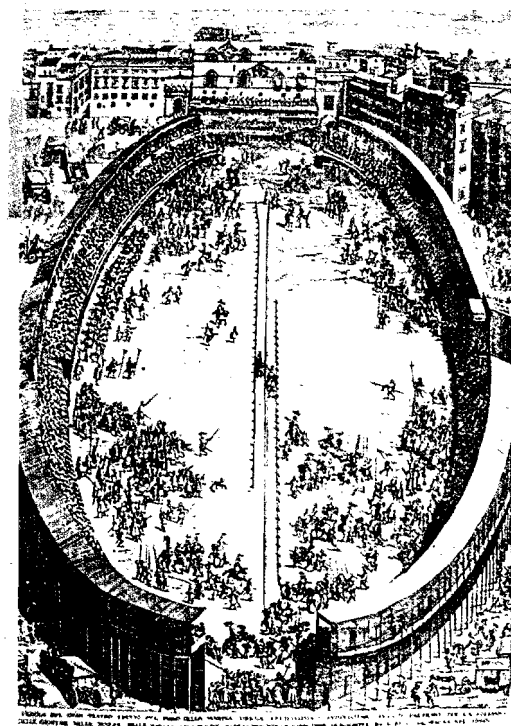
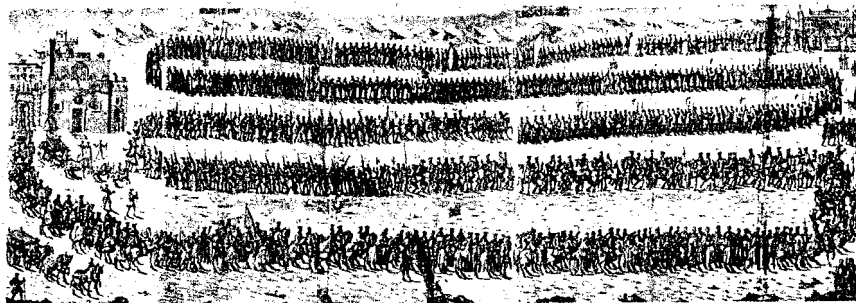
La modellazione dell'orografia è stata eseguita sulla base dei dati desunti dalla carta di Columba, che per primo esegue la rappresentazione delle curve di livello del centro storico di Palermo. Attraverso necessarie semplificazioni è stata ipotizzata la volumetria degli edifici costruiti ai bordi della Piazza.

Inquisizione/Passeggiata: i riti di Piazza Marina

Nel XIV secolo Piazza Marina ha assunto la configurazione che manterrà pressoché inalterata fino al XIX secolo: un ampio spazio vuoto introverso posto a termine dell'asse viario più antico della città, il Cassaro. Il primo edificio monumentale costruito lungo il suo perimetro è la residenza della famiglia Chiaromonte, chiamata Palazzo Steri. La Piazza assume un ruolo di primaria importanza all'interno della città: testimoniano e consolidano tale primato l'edificazione delle chiese cinquecentesche di Santa Maria di Portosalvo, San Giorgio dei Napoletani e Santa Maria della Catena, nella Palazzata, e di Santa Maria dei Miracoli sul fronte opposto al Palazzo Steri; quest'ultimo viene trasformato in questo periodo in Palazzo Regio. Poco sappiamo della vita che si svolgeva nella Piazza, ma possiamo immaginare che essa fosse il luogo di partenza o

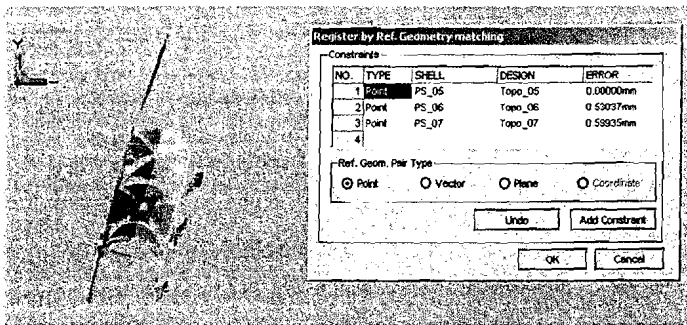
di arrivo di celebrazioni civili e religiose che – come ancor oggi accade per la festa patronale – si svolgevano lungo il percorso del Cassaro; la documentazione iconografica sulla Piazza visualizza un grande vuoto popolato da figure surreali, celebrazioni festose o lugubri riti promossi dal Tribunale dell'Inquisizione (fig. 3).

La rettificazione del Cassaro, con il taglio della Palazzata nel XVI secolo, e il successivo prolungamento fino al mare con la costruzione di Porta Felice, fanno sì che la Piazza perda il ruolo urbano che aveva assunto fin dalla sua definizione; altrettanto non può dirsi dal punto di vista religioso e simbolico: lo Steri viene infatti trasformato nel corso del XVII secolo in sede del Tribunale dell'Inquisizione e delle sue carceri. La Piazza diviene così lo scenario delle pubbliche esecuzioni sul rogo dei condannati a morte – dette «Atti di fede» – a conclusione di un cerimoniale che prevedeva un breve processo sul piano della Cattedrale e un corteo che attraversava il Cassaro. Dopo la definitiva scomparsa del Santo Uffizio, si poneva per la città la necessità di cancellare dalla propria memoria il ricordo delle esecuzioni capitali e delle detenzioni e torture. Viene incaricato di un compito così delicato Giovanni Battista Filippo Basile che opera, con il progetto e la realizzazione del Giardino Garibaldi, un intervento di radicale trasformazione fisica e sim-



1/ Palermo, foto aerea di Piazza Marina e del bacino della Cala:
in giallo i vertici della rete topografica; in rosso gli edifici rilevati
nel corso della ricerca: 1) chiesa di Santa Maria della Catena,
2) Palazzo Steri, 3) Palazzo Notarbartolo, 4) chiesa di Santa Maria
dei Miracoli, 5) fontana del Garraffo, 6) chiesa di Santa Maria
di Portosalvo, 7) giardino Garibaldi.





bolica della Piazza. Ai macabri cerimoniali dell'Inquisizione viene a sostituirsi il rito borghese della passeggiata in villa; il progetto che Basile prepara verrà realizzato dalle essenze vegetali, che crescendo andranno a riempire progressivamente la Piazza nascondendo la mole dello Steri. Viene così conseguito il duplice obiettivo di sminuire l'immanenza di Palazzo Steri sul vuoto urbano, e di tutelarne la permanenza e l'integrità riconoscendo la sua importanza nella storia della città e la sua valenza monumentale.

Le ricerche presso le biblioteche e l'Archivio di Stato di Palermo hanno portato al ritrovamento di interessanti documenti sulle fasi di realizzazione del giardino Garibaldi: acquisti di essenze vegetali, capitolati delle spese sostenute e un disegno originale di Basile relativo al prospetto di un modulo dell'inferriata che cinge tuttora il perimetro del giardino.

Varie fasi, vari limiti tra terra e acqua, soluzioni di continuità in cui la solidità della terra ha avuto via via il sopravvento sulla trasparenza dell'elemento acqua. Poi un grande vuoto, uno slargo *intra moenia*, adibito a varie funzioni di cui, prevalente, quella di scenario dei terribili riti del Tribunale dell'Inquisizione. Silenziosa testimone di un passato segnato da avvenimenti storici fondamentali per la città di Palermo, Piazza Marina è così pervenuta a noi.

Tecniche di rilevamento e processi di integrazione

La prima fase delle operazioni di rilevamento è stata dedicata alla progettazione, materializzazione e misurazione dei vertici di una rete topografica di inquadramento generale; questa percorre il perimetro del giardino, raggiunge il bacino della Cala in corrispondenza della chiesa della Catena, ritorna su Corso Vittorio Emanuele per poi chiudersi (fig. 4). Ulteriori reti topografiche, collegate a due o tre vertici della rete di inquadramento, sono state create all'interno del giardino, nelle chiese di Santa Maria della Catena, Santa Maria di Portosalvo e Santa Maria dei Miracoli, nel cortile di palazzo Steri². Per la misurazione delle reti sono state applicate le procedure standard, con letture coniugate dei vertici posti avanti e indietro rispetto al punto di stazione; nel cortile dello Steri la verticalità dell'impianto

ha richiesto il ricorso a una procedura alternativa: definita una rete di quattro vertici al livello intermedio, i punti di stazione ai livelli sottostante e soprastante sono stati collegati a essa mediante le procedure di intersezione inversa.

L'individuazione di un congruo numero di caposalda topografici risponde alla volontà di riferire tra loro i rilievi dei diversi manufatti indagati, alla necessità di collegare misurazioni eseguite all'interno e all'esterno di uno stesso monumento, alla scelta di utilizzare un unico sistema di riferimento spaziale per le coordinate dei punti acquisiti con le tecniche laser scanning, topografica e fotogrammetrica.

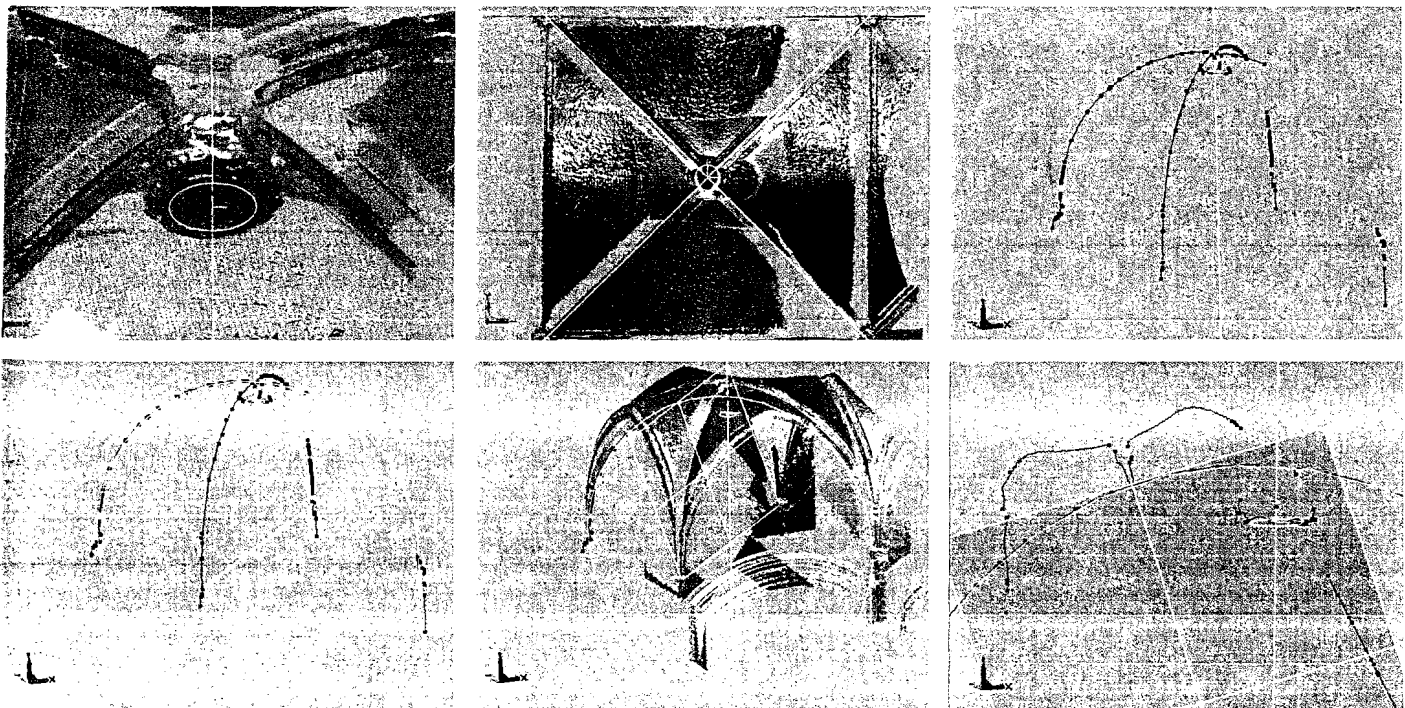
Ciascuna scansione laser³ è stata eseguita in due riprese, con diversi settaggi; si è infatti scelto di eseguire una prima scansione a una risoluzione intermedia, per poi avviare scansioni ad alta risoluzione su elementi dalla geometria complessa e di piccole dimensioni; nel caso delle strutture voltate, ad esempio, è stata eseguita una scansione leggera sull'intera superficie e una scansione di dettaglio su costoloni o su particolari soluzioni di raccordo. Va osservato che lo scanner utilizzato, come altri modelli analoghi, è certamente appropriato al rilevamento dell'architettura, poiché è in grado di misurare ampie superfici a distanze intermedie; la dimensione dello spot laser, tuttavia, fa sì che le misure di lunghezze nell'ordine del millimetro siano alquanto inattendibili; l'analisi delle modanature architettoniche ha confermato tale limite operativo della tipologia di scanner utilizzata. Esistono ovviamente altri scanner in grado di ovviare a tale carenza: si tratta di scanner capaci di misurazioni estremamente accurate eseguite a breve distanza; il loro utilizzo è particolarmente appropriato al rilevamento di elementi scultorei di piccole e medie dimensioni. Nel caso in esame, si è preferito in molti casi eseguire misurazioni dirette di modanature architettoniche con l'ausilio di un profilometro. Un ulteriore limite riguarda l'individuazione delle soluzioni di continuità: l'architettura, almeno quella precedente alle ultime elaborazioni di questo inizio di millennio, è fatta da spigoli, da intersezioni tra superfici, da linee generatrici d'ombra. Lo scanner laser è uno strumento non selettivo; il riconoscimento delle linee fondamentali per la comprensione e la percezione dell'architettura è demandata alla fase di elaborazione dei dati, o all'integrazione di questi con dati acquisiti con metodi selettivi. Nei metodi diretti e topografici l'operatore sceglie le misurazioni da eseguire in base alla sua idea di discretizzazione del manufatto e al suo progetto per la rappresentazione; la restituzione fotogrammetrica, escludendo le procedure per la generazione automatica di DSM, presuppone anch'essa l'intervento dell'operatore, che opera davanti al monitor secondo procedure simili a quelle del rilievo diretto o topografico, misurando distanze o coordinate di punti.

La prima fase di elaborazione delle nuvole di punti⁴ prevede la mosaicatura delle scansioni; in assenza di un riferimento posizionale dello scanner, la mosaicatura avviene attraverso l'indi-

viduazione di almeno una terna di punti omologhi in due scansioni successive. Il software, che controlla l'area di scansione e la risoluzione, provvede altresì al calcolo delle coordinate spaziali (relative) di sfere o target opportunamente predisposti. Tale procedura ricorda le operazioni di orientamento relativo nei processi di restituzione fotogrammetrica stereoscopica: anche in quel caso punti omologhi concorrono alla costruzione della coppia stereoscopica. È noto che in fotogrammetria l'orientamento assoluto presuppone invece il riferimento delle coordinate di un numero adeguato di punti a un'unica terna di assi; tale condizione costituisce uno dei presupposti dei metodi di rilevamento topografici, che svolgono pertanto un ruolo di primaria importanza nei metodi fotogrammetrici. Anche per le scansioni laser è possibile definire procedure di orientamento relativo e assoluto: in entrambi i casi vengono calcolate le coordinate del centro di segnali predefiniti; se tale centro è misurabile anche topograficamente (è il caso dei target), si avrà contestualmente l'orientamento assoluto e relativo delle scansioni; altrimenti, per il solo orientamento relativo, il sistema utilizza prevede come segnali delle sfere di diametro predeterminato⁵. Nel corso della ricerca sono stati usati soprattutto i target; l'uso delle sfere è stato limitato al rilevamento di oggetti isolati (fontana del Garraffo e una dracena nel giardino Garibaldi). L'orientamento assoluto delle scansioni laser consente di in-

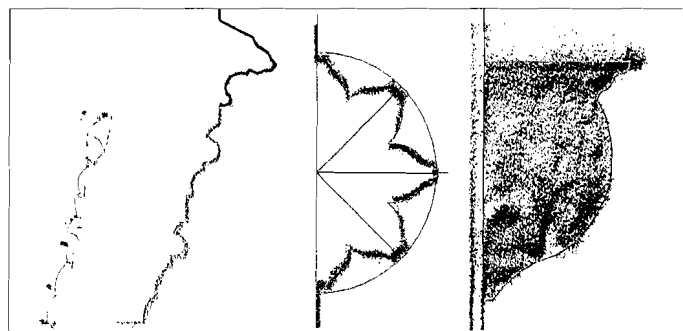
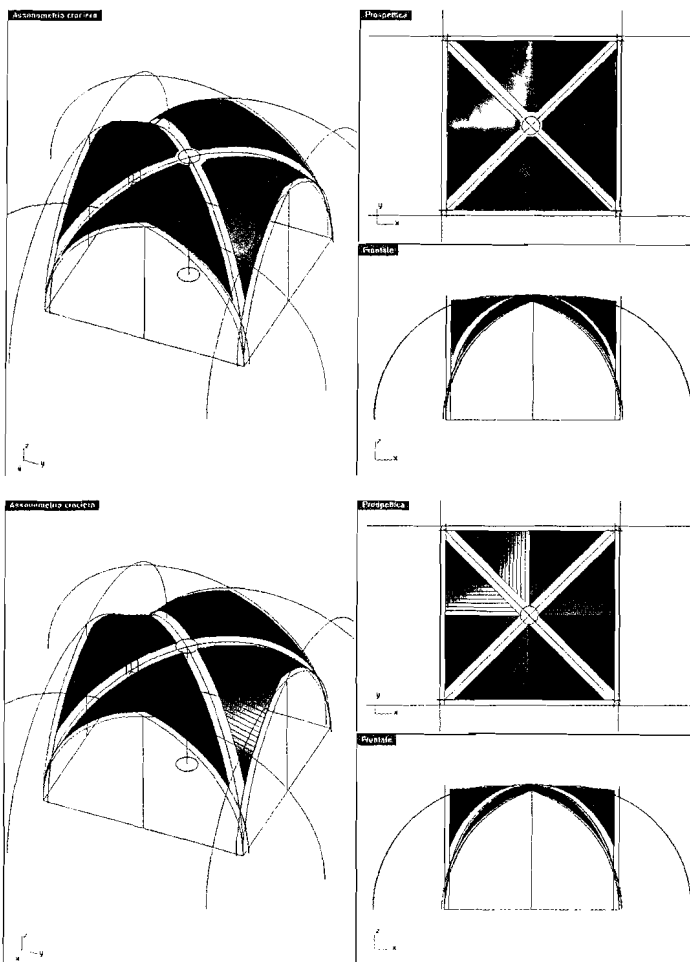
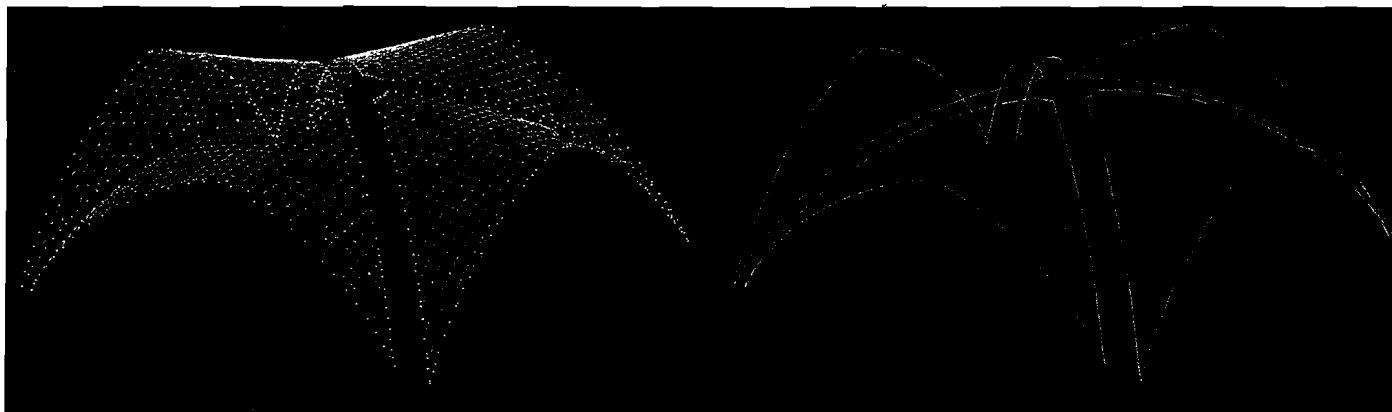
tegrare le nuvole di punti con dati fotogrammetrici e topografici e confrontare scansioni di uno stesso manufatto eseguite a distanza di tempo per monitorare eventuali fenomeni di degrado; la giacitura orizzontale di riferimento consente altresì di misurare pendenze o fuori piombo, particolarmente significativi nella descrizione dell'architettura. I processi di orientamento assoluto hanno dato generalmente scarti più bassi (inferiori ai 3 mm) di quelli ottenuti con le procedure di orientamento relativo (fig. 5).

È stata eseguita una sperimentazione su una volta a crociera nel loggiato della chiesa di Santa Maria della Catena: sono state qui confrontate e integrate misure acquisite con i metodi diretto, topografico e laser. La fase successiva all'orientamento è stata dedicata all'estrazione di sezioni significative dai dati laser: dopo aver ruotato sia i punti laser che quelli topografici, in modo da far assumere alla parete di fondo del loggiato una giacitura parallela al piano xz , si è provveduto a sezionare le unghie della volta secondo un fascio di piani con giaciture xz e yz ; tali sezioni sono state successivamente utilizzate per la modellazione delle superfici. Per ciò che concerne i costoloni, occorreva determinare una sezione lungo il piano medio verticale di ciascuno di essi e poi individuare una sezione radiale della sagoma; per raggiungere questo obiettivo è stata individuata una circonferenza che interpola i punti della parte bas-



7/ Dai punti topografici è stato eseguito il disegno delle curve di bordo; le curve sezione estratte dalla nuvole di punti sono state ridisegnate per ridurre i fenomeni di disturbo.
8/ Confronto dello schema geometrico con le superfici di interpolazione e le superfici rigate teoriche.

9/ Punti di dettaglio topografici del Loggiato di Santa Maria della Catena a Palermo.
10/ Santa Maria della Catena a Palermo, confronto fra sagome acquisite con profilometro e sezioni della nuvola di punti.



sa del concio di chiave; per il centro della circonferenza è stato condotto un asse verticale, utilizzato come retta di intersezione dei due piani usati per sezionare longitudinalmente i costoloni. La linea di sezione risultante è molto prossima a un arco di circonferenza; è stato quindi determinato un vettore ortogonale al piano della circonferenza e sono state eseguite le sezioni trasversali utilizzando piani appartenenti al vettore e a un punto qualsiasi dei costoloni (fig. 6).

Rimane non risolta in modo soddisfacente la questione dell'integrazione fra dati laser e modelli di superficie ottenuti da sezioni piane ricavate con procedimenti diretti, in assenza di riferimenti topografici. I processi automatici di identificazione di geometrie comuni fra mesh e modelli CAD, testati nel corso della ricerca, danno esiti insoddisfacenti: in tali processi, infatti, la mesh viene spostata verso il modello CAD, perdendo così il riferimento topografico; inoltre, in presenza di scarti fra modello CAD e nuvola di punti, la sovrapposizione risulta spesso inadeguata.

Processi di modellazione

Nel processo di modellazione della campata⁶ sono stati utilizzati i punti topografici misurati lungo l'intersezione tra i costoloni e le unghie, al fine di ricostruire le curve di bordo delle superfici voltate. Dall'elaborazione delle nuvole di punti sono state invece ricavate sezioni piane con un passo di 10 cm, secondo due giaciture ortogonali. Sono state quindi ridisegnate solamente le curve sezione parallele al piano della direttrice dell'ipotetico cilindro, al fine di eliminare le irregolarità provocate dai fenomeni di disturbo nella scansione (fig. 7).

Sono stati eseguiti vari tentativi di ricostruzione delle superfici di interpolazione (*loft* lineare, *sweep*, rete di curve, patch), ma data l'irregolarità delle curve, non discretizzate in geometrie elementari, si è verificato che le costruzioni tramite reti di curve o tramite patch sono risultate più versatili.

In seguito alla costruzione delle superfici si è potuto procedere all'identificazione delle geometrie che ne sottendevano la morfologia: si è pertanto verificato che l'andamento dei bordi delle unghie (così come dei costoloni) è definito da archi di circonferenza, sia per le giaciture parallele ai muri d'ambito che per quelle diagonali. Queste ultime sono orientate secondo un angolo planimetrico di 45 gradi, definendo una geometria d'imposta perfettamente quadrata. La presenza di archi di circonferenza sia sulle giaciture perimetrali che su quelle diagonali ha fatto scartare l'ipotesi secondo cui le porzioni della crociera potessero essere superfici cilindriche, rendendo invece plausibile la definizione delle unghie come superfici rigate. La sovrapposizione delle superfici ricostruite dall'elaborazione dei dati metrici e delle superfici rigate teoriche sullo schema geometrico ipotizzato hanno confermato la correttezza dell'ipotesi (fig. 8).

Al termine del processo si è proceduto alla verifica della congruenza fra i modelli di superficie costruiti a partire dalle cur-

ve sezione e quelli generati con i processi semiautomatici di poligonalizzazione. Va osservato che tale confronto, utilizzato in questo caso per testare differenti processi di trattamento dei dati, può ugualmente, e con profitto, essere utilizzato per valutare due tipi di fenomeni: la differenza tra modello geometrico e modello reale delle superfici e il discostamento fra due scansioni successive di uno stesso manufatto. Nel primo caso, un discostamento localizzato fra modello reale e modello ideale contribuisce all'individuazione di cedimenti strutturali; nel secondo caso può essere valutato il progredire di fenomeni di degrado statico o superficiale.

Caso di studio. Santa Maria della Catena

La chiesa di Santa Maria della Catena, così chiamata perché ad essa era collegato un estremo della catena che chiudeva il porto, è situata sul margine nord orientale di Piazza Marina, lungo il Cassaro. Edificata nel 1502, su progetto di Matteo Canelivari, rappresenta uno dei più significativi documenti del gotico siciliano di derivazione catalana. L'impianto planimetrico della chiesa è costituito da tre navate con cappelle laterali, da un doppio transetto concluso da tre absidi poligonali e da un portico di accesso. Le navate sono divise da archi policentrici su colonne; le volte sono a crociera e costolonate nella navata centrale, a stella nel tiburio e a ombrello nelle absidi. Sul loggiato, definito da tre campate con volte a crociera e delimitato da due torrini angolari, si aprono cinque archi policentrici; vi si accede da un'ampia scalinata realizzata in seguito all'abbassamento del livello stradale dell'ultima parte del Cassaro.

Le operazioni di rilevamento hanno interessato l'intero edificio: per il rilevamento topografico è stata individuata una rete costituita da sette vertici all'interno della chiesa e da due vertici nel loggiato. La rete è stata collegata al sistema di riferimento generale utilizzando tre vertici antistanti il loggiato. Sono stati misurati molti punti di dettaglio, con il duplice obiettivo di individuare linee di discontinuità – le curve di bordo delle unghie, ad esempio – e descrivere le superfici delle volte attraverso una semina di punti (fig. 9).

Il rilevamento con metodi diretti è stato rivolto all'acquisizione di elementi di dettaglio e di particolari architettonici; per il rilevamento con scanner laser sono state eseguite complessivamente dieci scansioni, di cui due all'esterno e tre all'interno del loggiato, cinque all'interno della chiesa. Per la costruzione del modello digitale del loggiato si è proceduto secondo le seguenti fasi: restituzione della pianta e dei prospetti; discretizzazione del loggiato attraverso l'individuazione degli elementi architettonici che lo compongono; acquisizione di profili e sagome di colonne, capitelli, arcate, portali; creazione di superfici di estrusione e rivoluzione, o di interpolazione di punti.

I profili delle modanature e dei particolari architettonici acquisiti con profilometro sono stati confrontati con le sezioni eseguite sulla nuvola di punti (fig. 10). Si è constatato che le

sezioni ricavate dalla scansione possono risultare inadeguate alla determinazione dei punti angolosi e poco aderenti al profilo a causa dei fenomeni di disturbo (*noise*) presenti nella scansione. Pertanto, laddove è stato possibile, si è scelto di acquisire le modanature con metodo diretto ed elaborare il modello con processi di rivoluzione ed estrusione.

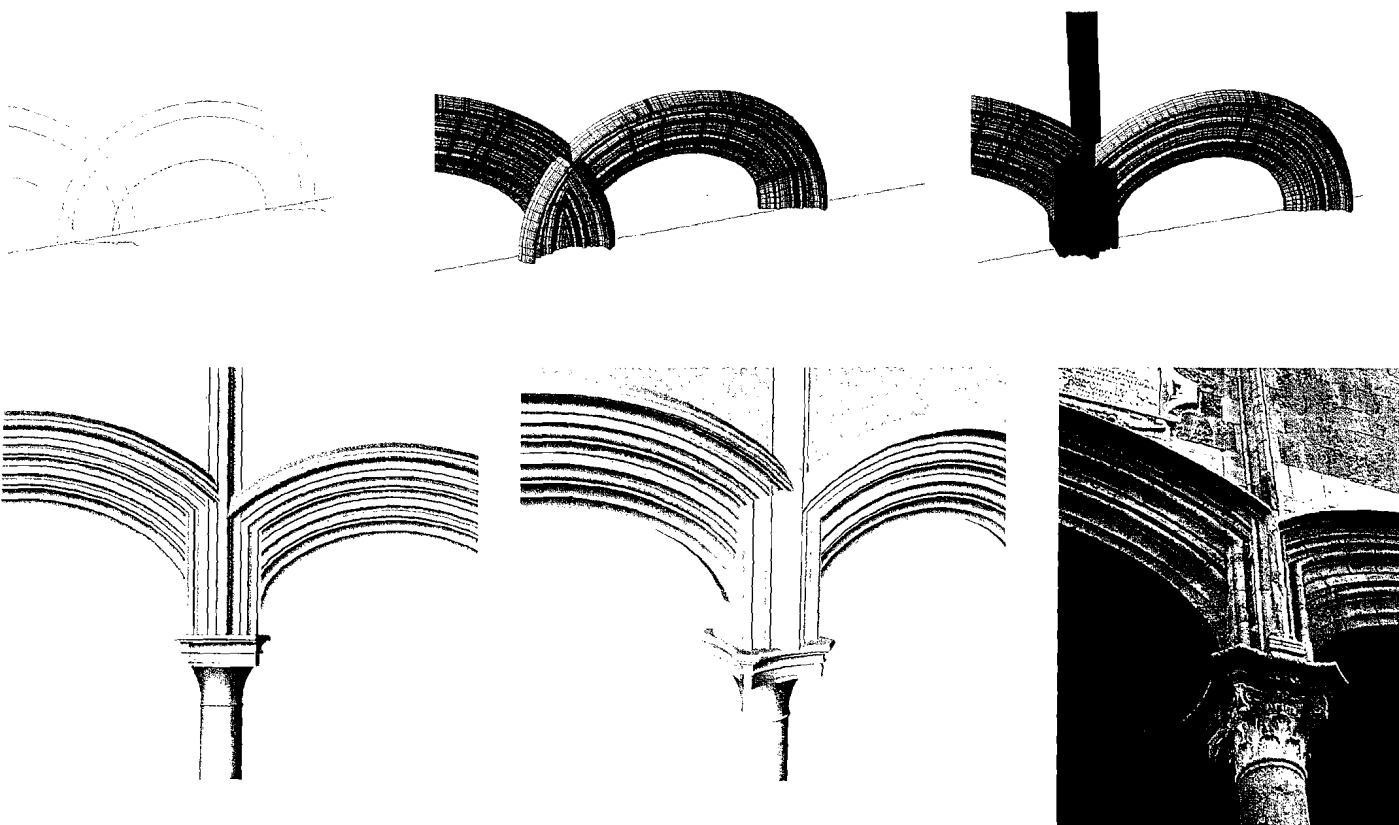
Nell'intersezione tra superfici particolarmente articolate, come nel caso degli archi sul prospetto principale, è stato necessario sezionare preventivamente le singole superfici per ottenere i corretti raccordi (fig. 11). Il modello mostra il contraddittorio rapporto fra interno ed esterno; le volte a crociera non hanno alcuna connessione con gli archi del prospetto e nessuna struttura di sostegno collegata al pavimento, appaiono pertanto sospese; i modelli di dettaglio di alcuni elementi decorativi svelano la forte struttura geometrica sottesa sia all'impianto generale che ai dettagli del manufatto (fig. 12).

Caso di studio. Santa Maria dei Miracoli

La chiesa di Santa Maria dei Miracoli venne edificata nel 1547, nell'angolo sud occidentale del piano della Marina. Probabil-

mente l'esiguità del terreno concesso determinò la scelta di adottare una pianta centrica a croce greca, con un'abside poligonale centrale e due absidi minori semicirculari ai lati, di derivazione normanna. Anche se la pianta è rettangolare la centralità della composizione è definita dalla preminenza volumetrica dei bracci della croce rispetto ai vani angolari.

L'interno sorprende per il grande slancio ascensionale, impresso da archi centrici con alto sovrassesto, sorretti a loro volta da un ordine di colonne composite su piedistallo. I vani angolari sono coperti da volte a padiglione lunettate; il tiburio, invece, è coperto da una vela lunettata a profilo ribassato, su impianto ottagonale; in entrambi i casi alte finestre consentono alla luce di filtrare radente all'interno dell'invaso (fig. 13). La struttura interna è riflessa sul prospetto principale, inscritto rigidamente in un quadrato spartito da semicolonne e paraste. L'interesse per la chiesa di Santa Maria dei Miracoli in Piazza Marina ha un preambolo in esperienze didattiche precedentemente condotte. Nel caso in esame sono stati applicati i metodi di rilievo diretto, ottenendo buoni risultati nel rilevamento planimetrico dell'interno e dell'esterno, nonché dei particolari archi-



12/ *Santa Maria della Catena a Palermo, la trasparenza delle pareti nel modello tridimensionale consente di valutare il rapporto fra gli archi sul prospetto e le volte all'interno del loggiato (sinistra); modello della soluzione d'angolo nel loggiato e dettaglio della colonna (destra).*

tettonici: si è giunti, così a una ottimale configurazione dell'impianto della chiesa, caratterizzata essenzialmente dall'intreccio strutturale del sistema arco-colonna e dall'involucro murario (fig. 14). L'uso di metodi diretti è risultato tuttavia inadeguato al rilevamento delle interessanti strutture voltate: anche le fonti esaminate, alcune delle quali corredate da rilievi, mostravano una certa difficoltà a inquadrarle correttamente, tanto nella terminologia quanto nella rappresentazione. Si è affidato, quindi, all'utilizzo dello scanner laser, riferito alla precedente rete topografica, il compito di svelare quelle forme complesse, con una rapidità ed efficacia di gran lunga superiore ai metodi precedenti.

Caso di studio. Santa Maria di Portosalvo

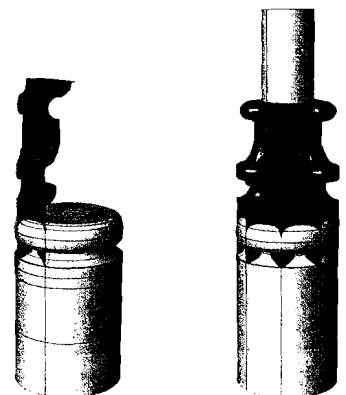
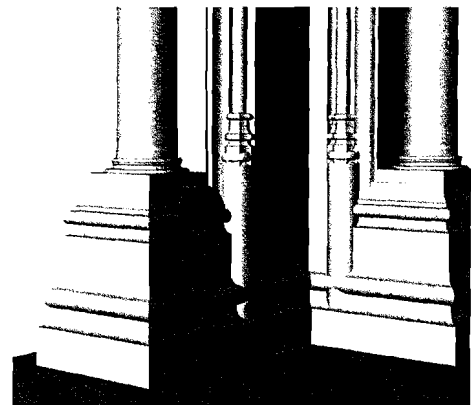
La chiesa di Santa Maria di Portosalvo sorse nel 1526 vicino alla Porta dei Legni, oggi di Carbone, nel piano della Marina; pensata quale architettura nodale della via Toledo e di Piazza Marina, costituiva il fondale dell'asse che nella Piazza si concludeva. Con il prolungamento della via Toledo fino al mare (1567-1572) la chiesa veniva a perdere il suo ruolo simbolico divenendo uno dei tanti fronti della strada. Il proseguimento

fino al mare del Cassaro comportò la demolizione della parte absidale della chiesa con un taglio irregolare a linea obliqua e la riconfigurazione della sua spazialità.

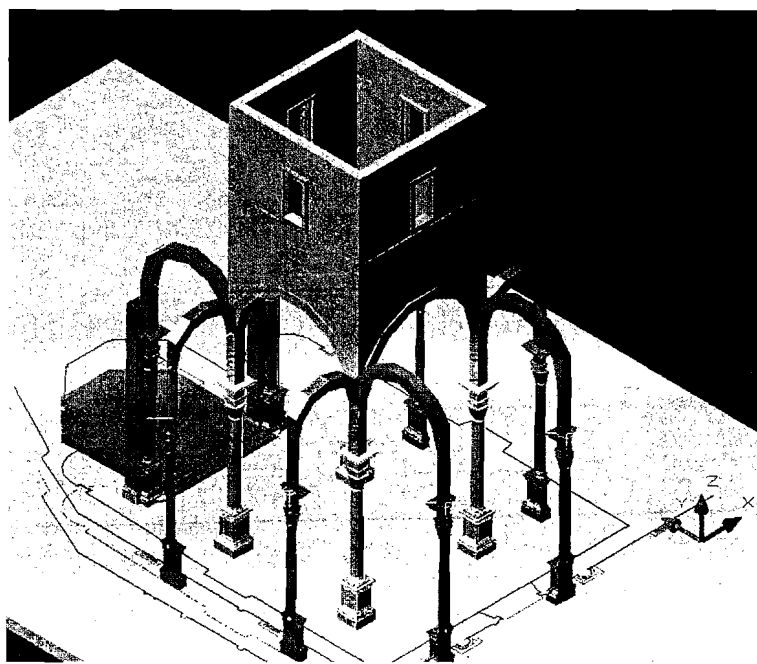
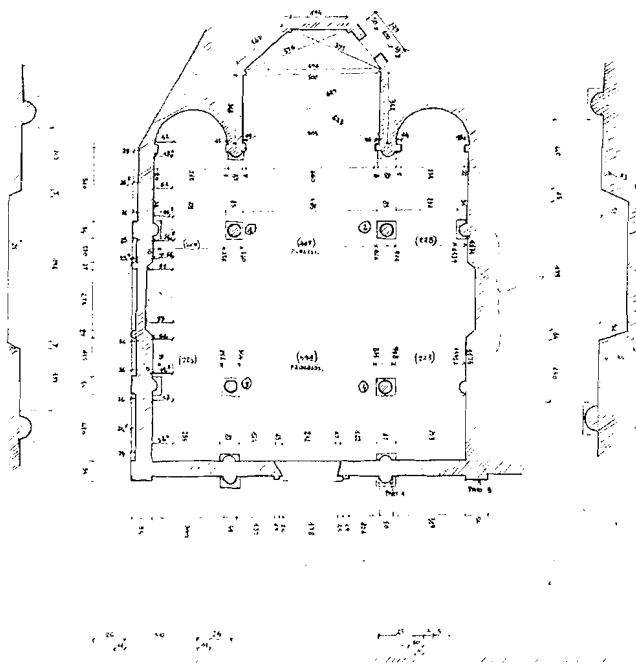
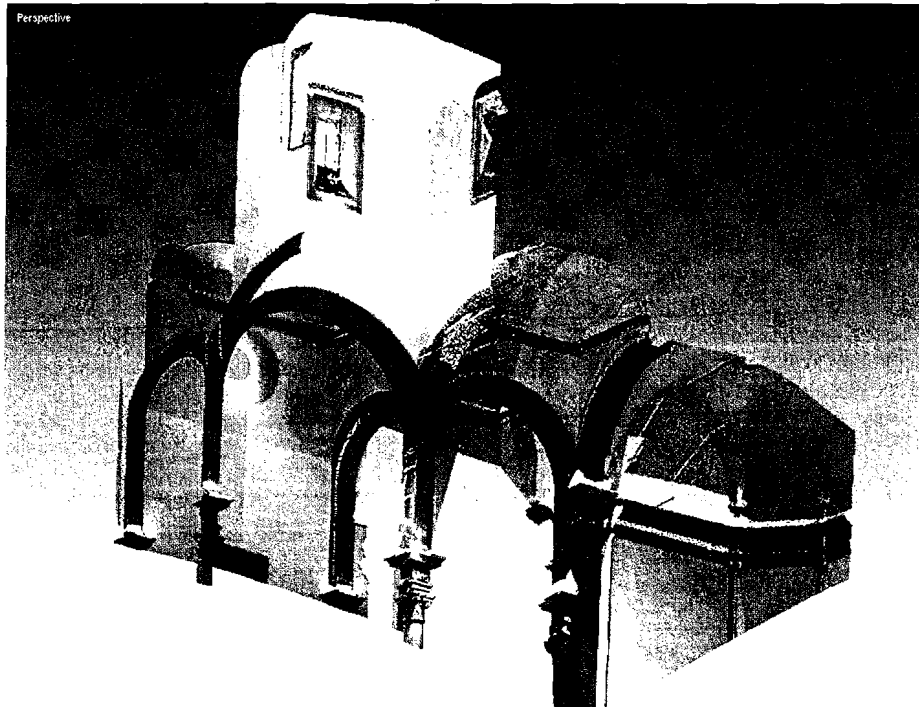
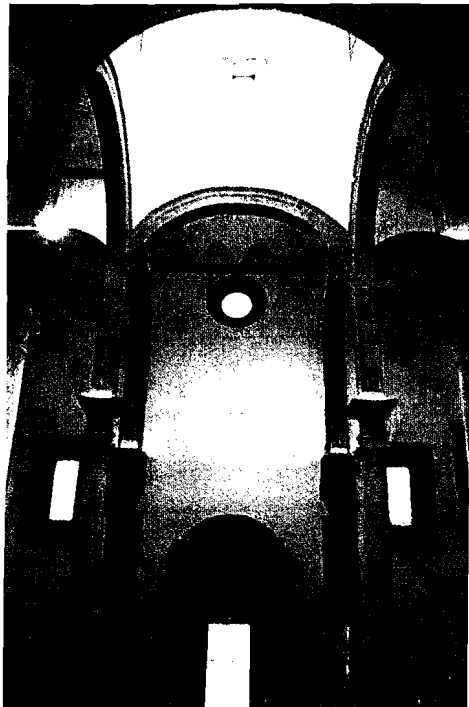
L'importanza della Chiesa di Santa Maria di Portosalvo, la cui paternità è attribuita ad Antonello Gagini, risiede nel suo essere la prima espressione del rinascimento isolano in cui viene fissata la formula architettonica per gli edifici religiosi del Cinquecento a Palermo.

Il rilevamento della chiesa è stato condotto con metodi diretti e topografici; la modellazione digitale è stata proposta con l'obiettivo di costruire una documentazione capace di evidenziare i caratteri morfologici e dimensionali, nonché le qualità spaziali e costruttive della chiesa. L'indagine si è altresì soffermata sulle due ipotesi di ricostruzione storica più accreditate, tentando di evidenziare, attraverso il rilievo e il raffronto dei dati, i motivi che permettano di avvalorare una tesi piuttosto che l'altra (figg. 15, 16).

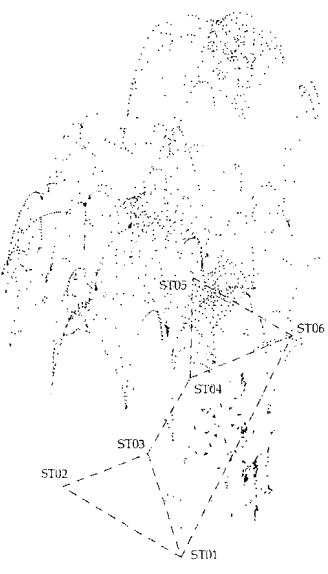
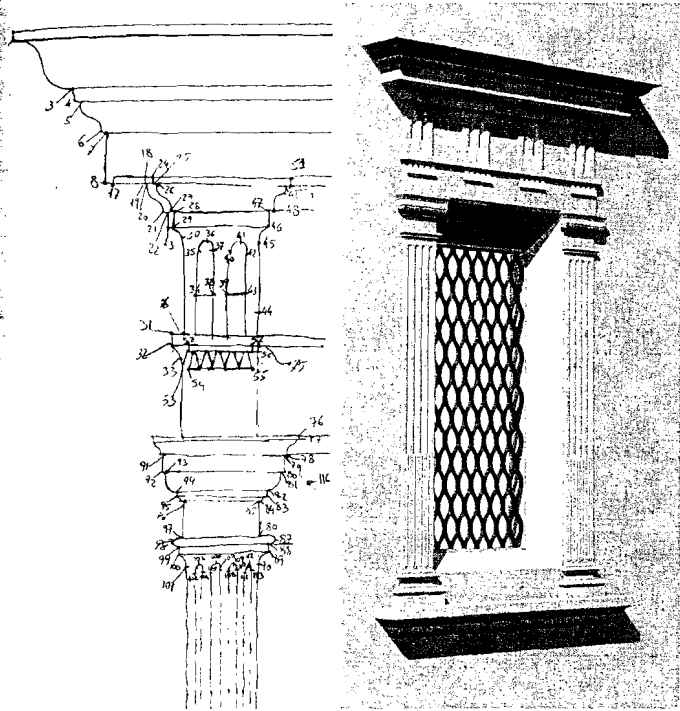
La modellazione tridimensionale ha invece consentito di ricostruire la spazialità originaria della chiesa, ricreando, virtualmente, quanto ormai risulta irrimediabilmente perduto.



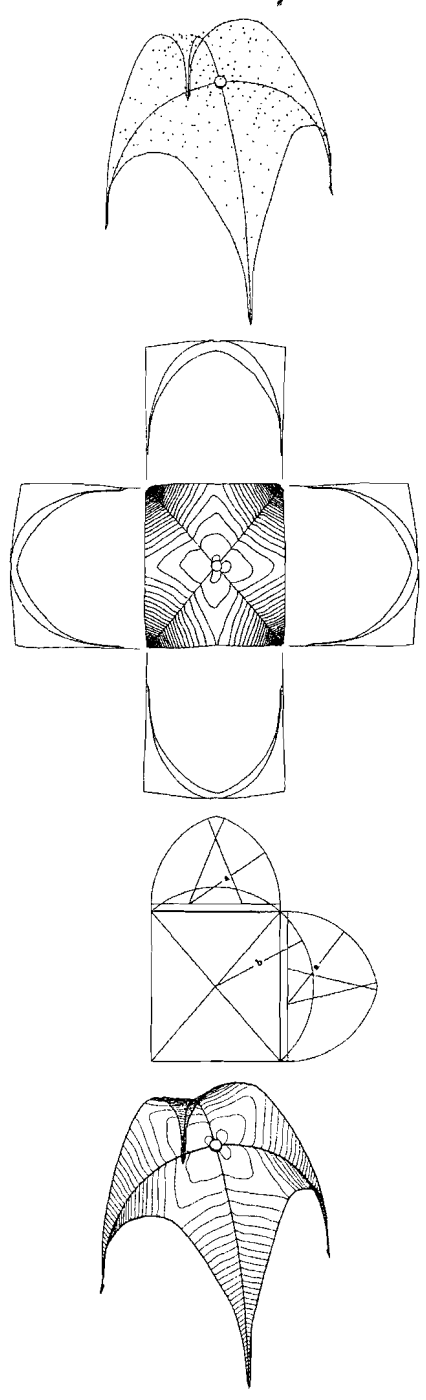
13/ Fotografia e vista della nuvola di punti acquisita all'interno della chiesa di Santa Maria dei Miracoli a Palermo.
14/ Eidotipo della pianta e modello dello scheletro strutturale della chiesa di Santa Maria dei Miracoli a Palermo.



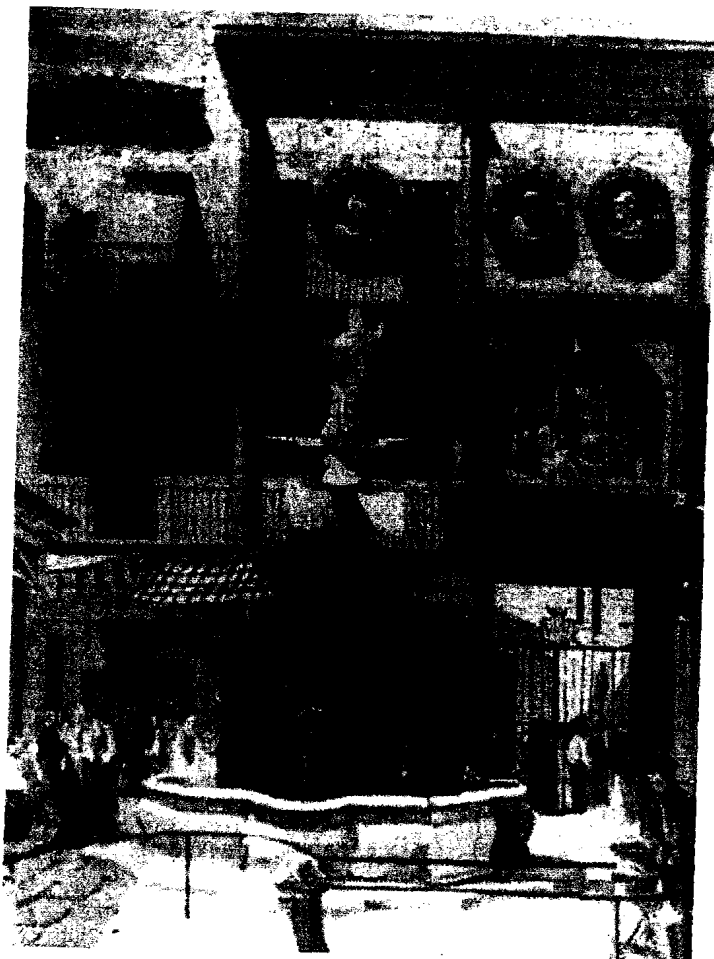
15/ Eidotipo e modello digitale di una finestra del prospetto della chiesa di Santa Maria di Portosalvo a Palermo.
 16/ Punti di dettaglio topografici e assonometria iposcopica della chiesa di Santa Maria di Portosalvo a Palermo con ricostruzione della parte demolita a seguito del taglio del Cassaro.



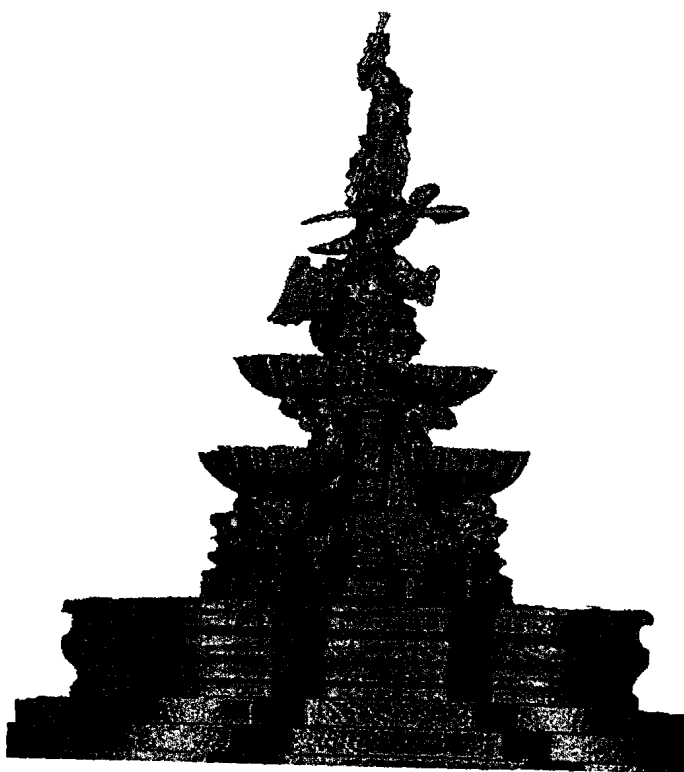
17/ Studio sulla geometria di una volta a crociera nella navata centrale della chiesa di Santa Maria di Portosalvo a Palermo.



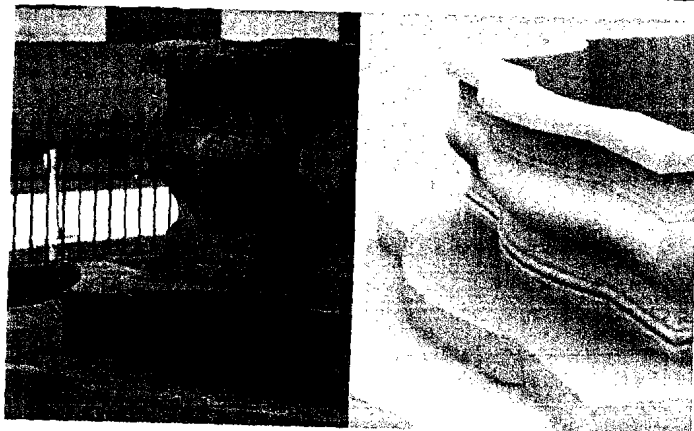
18/ La fontana del Garraffo a Palermo
nella sua originaria collocazione.



19/ Vista del modello di superficie
dell'intera fontana del Garraffo a Palermo.
20/ Foto e modello digitale di un dettaglio della parte basamentale
della fontana del Garraffo a Palermo.



Per una lettura chiara e completa del monumento, oltre al rilevamento generale, si è proceduto anche a quello di dettaglio di alcuni elementi salienti, quali ad esempio le volte della navata centrale. La loro analisi ha consentito di riscontrare che gli archi diagonali delle volte sono semicerchi mentre quelli di imposta sono costituiti da archi a «schiena d'asino», ovvero archi ogivali raccordati in sommità da un arco di cerchio e che gli archi di imposta sono stati costruiti con la stessa centina degli archi diagonali. Per meglio comprendere l'andamento delle superfici delle vele è stato elaborato un modello tridimensionale partendo dai numerosi punti rilevati. Inoltre per evidenziare la loro geometria si è ricorso a una rappresentazione per isoipse con equidistanza di cm 10. Le vele risultano costituite da superfici rigate con andamento delle isoipse perpendicolare alla bisettrice tra la gli archi diagonali e gli archi



di imposta delle volte. L'intersezione delle vele lungo gli archi diagonali è risolta con l'uso di una cuspidè che evidenzia l'arco e risolve le incongruenze dell'intersezione (fig. 17).

Caso di studio. La fontana del Garraffo

La fontana del Garraffo fu costruita alla fine del XVII secolo da Gioacchino Vitagliano su progetto dell'architetto del Senato palermitano Paolo Amato; le indagini sulle fonti d'archivio letterarie e iconografiche hanno consentito di ricostruire la genesi e le vicende legate alla fontana.

La sua collocazione originaria era diversa da quella attuale: nel 1698 venne innalzata nella piccola Piazza antistante la chiesa di Sant'Eulalia dei Catalani lungo la via Argenteria, sul sito di un'antica fonte (fig. 18). Le acque sgorgano dalla testa di un'idra ghermita da un'aquila, si riversano in un duplice ordine di conche sostenute da pesci, e da qui nell'ampia vasca sottostante; sormonta il complesso la statua dell'Abbondanza (fig. 19). L'origine del nome della fontana è araba: *gharaff* infatti significa «acqua raccolta»; *garaph* in ebraico vuoi dire «stipare, defluire in un tubo».

Nel 1865 la fontana venne spostata nella sua attuale collocazione, per abbellire l'antico piano della Marina e dare alla fontana una collocazione meno angusta. Nel corso dei bombardamenti del 1943, l'opera scultorea venne ridotta in frantumi e molti pezzi furono dispersi nel lungo abbandono che ne seguì, interrotto dai restauri del 1958 e del 1972.

Il rilievo della fontana è stato effettuato con metodi diretti e con scansioni laser. La modellazione della parte basamentale (fig. 20) è stata eseguita con processi di traslazione della sagoma misurata con profilometro su un percorso ricavato come sezione della nuvola di punti; la parte interna della vasca è stata rilevata esclusivamente con metodi diretti; le superfici delle statue nella parte superiore sono state costruite con processi semiautomatici di interpolazione (fig. 21).

Per la mosaicatura delle scansioni è stata adottata la proce-

dura di orientamento relativo, con l'ausilio di sfere geometricamente definite; la fontana costituisce un possibile campo di applicazione per la soluzione delle questioni relative all'integrazione fra misure acquisite con metodi diretti e laser, in assenza di riferimenti topografici.

Nota. Coordinamento: *Nunzio Marsiglia*. Indagini sulle modificazioni urbane: *Giacinto Barbera e Marcella Moavero*. Elaborazione dati topografici, fotogrammetrici e laser: *Fabrizio Agnello*. Tecniche di modellazione digitale: *Fabrizio Avella*. Loggiato di Santa Maria della Catena: *Valentina Favalaro e Germana Lo Meo*. Chiesa di Santa Maria dei Miracoli: *Antonio Gaziano*. Chiesa di Santa Maria di Portosalvo: *Salvatore Giardina*. Fontana del Garraffo: *Claudia Fiore e Manuela Milone*. Collaborazione alle operazioni di rilevamento: *Gianmarco Girgenti e Francesco Triscari*

1. Una bibliografia essenziale è la seguente: C. Barbera Azzarello, *Raffigurazioni ricostruzioni vedute e piante di Palermo (dal sec. XII al sec. XIX)*, Palermo, 1986.

A. Casamento, *La rettifica della Strada del Cassaro a Palermo. Una esemplare realizzazione urbanistica nell'Europa del Cinquecento*, Palermo, Flaccovio, 2000.

Fondo Lavori Pubblici, Archivio di Stato di Palermo, Sez. B3, 862/863, 1864-1866.

R. La Duca, *Cartografia della città di Palermo dalle origini al 1860*, Palermo, 1962.

R. La Duca, *Cartografia generale della Città di Palermo e antiche carte della Sicilia*, Palermo, 1975.

L. Giachery, *Piazza Marina e alberghi di Palermo nel secolo scorso*, Palermo, 1923.

R. Giuffrida, *Le piazze di Palermo*, Palermo, 1982.

G. Pirrone, *Palermo detto paradiso di Sicilia (Ville e Giardini, XII-XX secolo)*, Palermo, 1990.

S. Troisi, *Vedute di Palermo*, Palermo, 1991.

F. Remondino, *From Point cloud to surface: the modeling and visualization problem*, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXIV-5/W10, Istanbul, 2004.

M. Pauly, J. Mitra Leonidas, J. Guibas, *Uncertainty and Variability in Point Cloud Surface Data*, Eurographics Symposium on Point-Based Graphics (2004).

M. Pauly, M. Gross, L.P. Kobbelt, *Efficient simplification of point-sampled surface*, Proceedings of the conference on Visualization (2002)

M. Pauly, M. Gross, M. Keiser, L.P. Kobbelt, *Shape modeling with point-sampled geometry*, ACM Transactions on Graphics (2003), vol. 22, ACM Press.

M. Zwicker, M. Pauly, O. Knoll, M. Gross, *Pointshop 3d: an interactive system for point-based surface editing*, Proceedings of the 29th annual conference on Computer graphics and interactive techniques (2002), ACM Press.

2. Le misurazioni topografiche sono state eseguite con due stazioni totali Leica TCR 1.105 e TCR 307. I dati topografici sono stati elaborati con software proprietari del marchio.

3. Le scansioni sono state eseguite con uno scanner Mensi GS100 gentilmente offerto dalla Geotop SRL di Ancona. I dati, acquisiti tramite un software di interfaccia tra computer e strumento, sono stati successivamente esportati in formati generici verso software dedicati all'elaborazione di nuvole di punti.

4. Le elaborazioni sui dati laser sono state eseguite con il software RapidForm 2004, gentilmente concesso dalla Inus Technology.

5. È ovvio che anche in questo caso, benché con procedimenti meno diretti rispetto ai target, sarebbe possibile calcolare le coordinate topografiche del centro misurando quattro punti sulla superficie della sfera.

6. La modellazione è stata eseguita con Rhinoceros 3.0.

