



ARCHEOCLUB D'ITALIA  
SEDE DI SAN SEVERO

# 28<sup>o</sup> CONVEGNO NAZIONALE

sulla

Preistoria - Protostoria - Storia  
della Daunia

**San Severo 25 - 26 novembre 2007**

**A T T I**

a cura di  
Armando Gravina

**SAN SEVERO 2008**

---

MASSIMO CALDARA\*  
MARCO INFANTE\*\*  
ANTONELLA MARSICO\*\*  
GIULIA RECCHIA\*\*\*

---

# Applicazioni del rilievo laser tridimensionale alle fortificazioni dell'età del Bronzo di Coppa Nevigata

---

\*Dipartimento di Geologia e Geofisica, Sezione di Geografia Fisica e Geomorfologia,  
Università degli Studi di Bari

\*\*Collaboratore del Dipartimento di Geologia e Geofisica,  
Università degli Studi di Bari

\*\*\*Dipartimento di Scienze Umane, Territorio, Beni Culturali, Civiltà Letteraria,  
Formazione. Università degli Studi di Foggia

---

## 1. Introduzione

La tecnica del *laser scanning* costituisce un nuovo strumento per digitalizzare oggetti o porzioni di territorio. È basata sul metodo di misurazione delle distanze tramite onde elettromagnetiche (LIDAR – *light detection and ranging*). Lo strumento emette un impulso laser che colpendo l'oggetto viene riflesso in tutte le direzioni: le onde elettromagnetiche rifratte verso lo scanner sono registrate da un sensore. La distanza tra la superficie riflettente e lo scanner è calcolata misurando il *tempo di volo* dell'impulso. Questa operazione, ripetuta migliaia di volte al secondo in direzioni diverse, permette di rilevare in tempo reale e con precisione millimetrica una “nuvola di punti” dalla quale sarà possibile ricavare un modello tridimensionale ad alta precisione dell'oggetto in esame (BOEHLER, MARBS, 2002; BOEHLER *et alii*, 2003). I principali campi di applicazione di questa tecnica sono la topografia (ponti, strade, impianti industriali), il rilievo architettonico (chiese, palazzi storici, monumenti) e l'archeologia (rilievo di siti, manufatti).

Il dispositivo utilizzato è il Leica HDS3000 (fig. 1a) che può battere fino a 4000 punti al secondo; l'errore massimo previsto è di 6 mm sulla posizione del singolo punto fino ad una distanza di 100 m. Il rilievo è effettuato in pochi minuti (in rapporto al passo di campionamento impostato dall'utente) e con un campo di vista molto ampio (360° in orizzontale e 270° in verticale); ciò minimizza gli spostamenti dello

strumento. Maggiore è il numero di punti ripresi, migliore sarà la simulazione della superficie reale, riducendo al minimo le interpolazioni e conferendo ai calcoli ed alle interpretazioni una maggiore aderenza alla realtà.

Il rilievo si divide in due fasi: acquisizione dei dati in campagna e successiva elaborazione in laboratorio. Durante la prima fase bisogna individuare alcuni capisaldi di controllo, detti *target* (almeno quattro), che sono opportunamente marcati (Fig. 1b). Sono solitamente fissati in corrispondenza di capisaldi già rilevati nel corso di precedenti campagne di scavo (quando presenti) o comunque in modo da essere visibili senza ostacoli da qualsiasi angolazione. Successivamente si effettuano le scansioni da diversi punti di stazione (*ScanWorld*) in modo da ottenere una copertura quanto più possibile completa dell'area da rilevare. La densità dei punti da raccogliere è scelta dall'utente impostando una griglia di campionamento.

Nella seconda fase di lavoro si provvede a sovrapporre le diverse nuvole di punti tramite il software *Cyclone* grazie alla presenza dei capisaldi di controllo. Infine, se necessario, dall'insieme delle nuvole di punti si eliminano i punti palesemente errati e indesiderati.

Con quelli rilevati si elabora un DEM da cui si possono estrarre i dati voluti: lunghezze, superfici, volumi, pendenze, isoipse, ecc. Inoltre, nell'insieme della nuvola di punti si possono riconoscere degli elementi dei quali è possibile creare un'immagine solida.

## 2. Metodologia

### 2.1 Rilievo laser sul sito

Il rilievo sul sito di Coppa Nevigata è stato effettuato durante la campagna di scavi del mese di settembre 2006. Nel corso di due giornate di lavoro il sito è stato ripreso da diverse angolazioni in modo da ridurre al minimo le zone d'ombra: si sono eseguite 11 *ScanWorlds* per un totale di 171 scansioni. Da ciascuna posizione, grazie alla possibilità dello strumento di ruotare su un asse proprio, si sono eseguite più riprese.

La risoluzione di acquisizione della nuvola di punti è stata definita in base alla complessità dell'area da rilevare: nelle porzioni dello scavo poco articolate si è definito una distanza tra i punti di 4-5 cm, mentre nelle aree più ricche di particolari la densità dei punti è stata aumentata. Ovviamente sono stati ripresi anche i capisaldi di controllo, posizionati in modo da non coprire gli elementi più interessanti dal punto di vista archeologico ed essere visibili da tutte le stazioni di rilievo. Al fine di poter coprire l'intera superficie del sito (dalla nuvola di punti risultante si possono ricavare le misure di circa 110 m di lunghezza x 45 m di larghezza, per un'area di circa 3600 metri quadrati) è stato necessario spostare i *targets* disponibili, per un totale di 12 posizionamenti.

Per ciascuna giornata di lavoro la posizione di quattro di questi capisaldi è sta-

ta rilevata con GPS differenziale in modalità statica per almeno 10 minuti; i dati dei *targets* così acquisiti sono stati utilizzati per georiferire la nuvola di punti dello scavo e rendere possibile il suo posizionamento all'interno di un GIS.

### 2.1 Elaborazione preliminare dei dati

Terminata la fase di ripresa in campagna, i dati rilevati non si possono considerare definitivi, ma necessitano di una serie di procedure in modo da renderli più fruibili per le applicazioni per i quali sono stati acquisiti.

Nella successiva fase di elaborazione in laboratorio, detta di *registrazione*, si è proceduto all'unione delle nuvole di punti. Inizialmente sono state unite le nuvole rilevate da più postazioni durante ciascun singolo giorno grazie alla presenza dei capisaldi. Poiché il secondo giorno di lavoro per motivi logistici, non è stato possibile montare i *targets* nella stessa posizione della giornata precedente, sia grazie all'ausilio di alcuni elementi omologhi riconoscibili da punti di ripresa diversi, che utilizzando le misure GPS, si è proceduto all'unione delle scansioni per ottenere la nuvola di punti di tutto lo scavo (fig. 2).

Dalla nuvola così ottenuta sono stati eliminati i punti rappresentanti oggetti e forme non rilevanti ai fini dell'elaborazione finale. Inevitabilmente, infatti, eseguita la registrazione di tutte le riprese fatte in campagna, oltre alle strutture oggetto della successiva modellizzazione, sono visibili: elementi esterni al perimetro del sito, "impronte" dovute al passaggio accidentale di persone attraverso la finestra di scansione del laser, materiali (utensili necessari all'esecuzione dello scavo), attrezzature (cavalletti di supporto delle mire riflettenti), cumuli di terra e vegetazione spontanea cresciuta ai bordi dello scavo.

Il risultato parziale fin qui ottenuto è una realizzazione tridimensionale di tutta la superficie occupata dal sito, costituita da un insieme di nuvole di punti ognuna delle quali risulta avere una posizione precisa all'interno dello spazio virtuale, riferita ad una delle postazioni nella quale lo scanner è stato montato; per convenzione, come riferimento per l'unione si sceglie l'ultima stazione di misura dalla quale si è eseguita la misurazione.

Nel modello virtuale si riconosce facilmente tale riferimento, poiché rappresentato da un simbolo indicante le due direzioni del piano orizzontale (x,y) e quella della verticale (z). Ognuno delle centinaia di migliaia di punti costituenti il modello virtuale ha dei distinti valori di posizione nello spazio; grazie a ciò si ha la possibilità di eseguire qualsiasi misurazione geometrica tra punti (lineare, areale, volumetrica) in modo da ricavare i relativi parametri tra gli oggetti rappresentati, senza la necessità di avere a disposizione il soggetto reale.

### 2.2 Limiti del modello

Il sito di Coppa Nevigata è caratterizzato da un leggero rilievo, appena accennato in altezza sui depositi alluvionali del Tavoliere (CALDARA *et alii* 1999, 2001, 2003a,b,

2005; CALDARA, SIMONE 2005). La morfologia attualmente visibile è stata fortemente modificata da azioni antropiche connesse alle attività agricole praticate nella zona (il sito è situato all'interno di un allevamento di bufali ed è confinante con campi coltivati).

A causa però dell'assetto sub-orizzontale del piano campagna sia al di fuori del perimetro di scavo, che all'interno dello stesso, dal quale si sono effettuate le scansioni, la generazione delle nuvole di punti è stata fortemente condizionata. Infatti l'azione preliminare all'avvio di una scansione, è l'esecuzione di un'immagine fotografica, eseguita dallo strumento stesso, grazie alla quale è possibile individuare gli oggetti dei quali si vuole ricavare il modello virtuale. Compito dell'operatore è quello di indicare a quale distanza dallo strumento si trova il soggetto della scansione e con quale dettaglio generare la nuvola di punti. Nel caso però, in cui la superficie di interesse abbia un andamento orizzontale, la densità della nuvola subirà delle alterazioni: da più fitta a più rada man mano che la distanza tra superficie scansionata e strumento aumenta (fig. 3). L'esecuzione delle riprese sul sito di Coppa Nevigata è stata fortemente influenzata da tale condizione, ma è giusto tener presente che data la precisione del laser nel misurare le distanze, le superfici realizzate nel modello virtuale riproducono fedelmente l'andamento della topografia.

Un altro limite che si è riscontrato è la presenza di zone d'ombra, per lo più generate da oggetti con pareti verticali, quali muri a secco e bordi di scavo vicini tra loro, che occultano la superficie di fondo al passaggio del laser. In questo caso sarebbe stato possibile ovviare a tale lacuna eseguendo delle riprese finalizzate alla copertura di tutte le zone d'ombra createsi dopo le scansioni di ampie superfici. Ciò però, avrebbe fatto lievitare i tempi di esecuzione del rilevamento, senza apportare un valore aggiunto significativo alla qualità del risultato, se non unicamente per aspetto estetico.

### *2.3 Elaborazioni ed applicazioni eseguite sul modello tridimensionale*

Lo scopo finale del rilievo eseguito sul sito di Coppa Nevigata è quello di visualizzare singolarmente le strutture appartenenti a ciascuna fase di occupazione. Grazie all'opportunità offerta dal software di agire su porzioni della nuvola di punti, è stato possibile individuare e selezionare le strutture appartenenti a ciascuna fase di occupazione del sito. Di seguito si descrivono le azioni eseguite.

- 1) Riconoscimento delle strutture relative ad ogni singolo periodo.
- 2) Eliminazione delle nuvole di punti relative ad elementi appartenenti a periodi differenti e scontornamento delle strutture pertinenti alla specifica fase in esame, in modo da riprodurre il probabile aspetto del periodo storico considerato.
- 3) Ricostruzione delle superfici relative al periodo in esame non più riconoscibili sul sito, utilizzando la tecnica della *patch* o della *smooth sur-face* quando fosse presente solo una parte della superficie, coperta nelle altre aree da costruzioni successive.

- 4) Ricostruzione di oggetti solidi con la tecnica di *insert object* e in particolare lo strumento *box*; tale potenzialità è stata applicata per rendere visualizzabile il possibile andamento delle strutture realizzate in pietrame a secco (come il muro di fortificazione), nei tratti non più conservati nella realtà, e il rapporto spaziale con quelli ancora visibili. Graficamente non è stato possibile approssimare l'aspetto degli elementi geometrici artificiali a quello che si ottiene dalle nuvole di punti degli oggetti reali, i quali mettono in evidenza la presenza, la forma e le dimensioni dei singoli elementi lapidei con cui furono realizzate le strutture stesse.
- 5) Colorazione della nuvola di punti: nel modello virtuale i punti risultano caratterizzati dalla stessa tonalità cromatica ricavata dalla fotografia eseguita dallo strumento; tale potenzialità serve a rendere più verosimile l'effetto estetico del modello virtuale, ma lo rende anche di più difficile interpretazione. Pertanto, per mettere in evidenza certi elementi appena visibili nella realtà e presenti nella scansione, si è utilizzata la tecnica del *apply color map* con lo strumento *single color*: si sono quindi scelte tonalità artificiali, ma ben riconoscibili nel modello, per far risaltare anche i minimi dettagli.

### 3. Risultati dell'elaborazione e descrizione dei modelli

Dopo le elaborazioni descritte, dall'immagine virtuale dell'intero scavo sono stati ottenuti i modelli tridimensionali che evidenziano le strutture appartenenti a ciascuna fase di occupazione del sito, relative in particolare al Protoappenninico, all'Appenninico recente, al Subappenninico e alla prima età del Ferro. Nell'area finora indagata sono presenti anche alcuni livelli relativi al Bronzo finale, ma la loro limitata attestazione non consente al momento una ricostruzione complessiva dell'abitato in tale fase (per un aggiornamento sui risultati degli scavi si veda CAZZELLA *et alii* in questo volume).

Come applicazione sperimentale si è voluto infatti evidenziare l'aspetto complessivo dell'abitato e le sue modificazioni principali nel tempo, percepibili, al momento, soprattutto in relazione alle ristrutturazioni dell'apparato difensivo.

#### 3.1 Protoappenninico (XVIII – XVI sec. a.C.)

Una navigazione virtuale potrebbe avere inizio dall'esterno delle mura difensive, per proseguire verso l'interno nell'area dell'abitato. L'ingresso (o uno degli ingressi) all'abitato corrisponde al passaggio tra le due torri, che fu tamponato in epoca successiva: dal rilievo laser è stato dunque rimosso il tamponamento e si è modellata la superficie di calpestio in modo da poter dare l'idea dello spazio nell'area di accesso al sito (in verde nella fig. 4). Le mura riferibili a questo periodo sono state poste in luce nel tratto ad Ovest del passaggio tra le torri, mentre ad Est queste rimangono

in gran parte oblitrate dai livelli successivi; solo un breve tratto di circa 2 m è visibile nell'area orientale dello scavo. Pertanto si è applicato un elemento geometrico artificiale che possa grossolanamente dare l'idea della dimensione d'insieme dell'intera struttura muraria (in grigio nella fig. 4).

All'interno dell'abitato si è dato risalto, con colori contrastanti, alle strutture presenti (una subrettangolare ed una circolare) ed alla base di un probabile forno da pane. Si sono evidenziati i passaggi secondari, le postierle ricavate nello spessore delle mura (in verde nella fig. 4). Nell'area esterna al tratto occidentale delle mura, utilizzata per attività connesse all'uso di strutture di combustione (CAZZELLA, RECCHIA, in stampa) si è dato risalto ai segni delle strutture circolari con colori contrastanti (forni, fuochi, silos, rispettivamente in giallo, rosso, bianco nella fig. 4), relative alle attività svolte nel periodo in esame.

Particolari messi in risalto dalla nuvola di punti sono soprattutto le piastre di cottura all'interno della struttura quadrangolare addossata al lato esterno delle mura (CAZZELLA *et alii* 2002) e le tracce lasciate dai piccoli pali di sostegno di un silos, ancora ben visibili.

### 3.2 Appenninico recente (XIV sec. a.C.)

In questa fase l'aspetto dell'abitato cambia radicalmente, con l'impianto di una nuova cinta di fortificazione in pietrame a secco, parzialmente sovrapposta ai resti di quella precedente, e la realizzazione di un imponente fossato con andamento parallelo alla linea esterna delle mura (in marroncino nella fig. 5). L'ampiezza del fossato, per questa fase, sembra essere di circa 12m, mentre la profondità sembra raggiungere -4 m dal piano campagna: con la tecnica della *mesh* sono stati visualizzati i versanti del fossato, dandone volutamente un andamento sub-verticale, in modo da rendere più appariscente l'effetto della profondità. Con lo strumento *patch* si è realizzato il fondo del fossato partendo dalla nuvola di punti che riproduce l'unico tratto visibile nella realtà: infatti mentre la sommità del lato interno è stato posto in luce con gli scavi per una discreta estensione, il fondo è stato raggiunto solo nell'ambito di alcuni settori esplorati in profondità.

Un altro elemento di differenziazione rispetto al Protoappenninico è la localizzazione dell'ingresso principale all'abitato. Le torri relative alle mura precedenti vengono parzialmente inglobate nella nuova cinta di fortificazione e, come accennato, il precedente ingresso è oblitato con un tamponamento: viene invece realizzato uno stretto passaggio a ridosso del lato Est della torre orientale, per altro modificata con un allargamento della base (in verde nella fig. 5). Un nuovo ingresso sembra essere ora realizzato presso l'area Nord-orientale dell'abitato, benché, al momento, sia poco visibile per la presenza di rifacimenti successivi. Con colori a contrasto si sono dunque evidenziate, nell'ambito del rilievo, le diverse modificazioni e le ipotesi ricostruttive dei punti di accesso all'abitato.

All'interno dell'insediamento si sono messi in evidenza i livelli relativi al piano

di calpestio del periodo considerato, così come sono stati ripresi dallo scanner, eliminando i punti relativi ad elementi di altri periodi. Si è dato anche risalto alla serie di strutture circolari delimitate da pietre a secco, poste lungo il lato interno delle mura.

### 3.3 Subappenninico (XIII-XII sec. a.C.)

L'abitato continua a subire profonde modifiche (RECCHIA in stampa). Il piano di calpestio interno sembra essere rialzato anche con l'apporto artificiale di terreno misto a calcare giallo, in particolare nella zona Nord-Ovest dell'abitato. Le mura di fortificazione dell'appenninico sembrano ora essere cadute in disuso, mentre rimane in funzione il fossato, che rappresenterebbe dunque, in questo periodo, l'unico elemento di difesa. Il fossato non sembra subire invece modifiche importanti rispetto al momento precedente.

L'ingresso dell'abitato noto, per questa fase, ricalca verosimilmente il tracciato di quello precedente nell'area Nord-Ovest del sito: la costruzione di una rampa che supera il dislivello rappresentato dal residuo delle precedenti strutture determina ora un innalzamento del piano di calpestio. Si ha quindi il contrasto della nuvola di punti del livello di calpestio attualmente messo a giorno, affiancata ad una superficie artificiale (*mesh*) che riproduce l'andamento ipotetico del piano campagna dell'abitato (in verde nella fig. 6). La rampa è fiancheggiata, su entrambi i lati, da un filare di pietre a secco con andamento convergente verso l'abitato: nel punto più stretto, che costituisce l'accesso vero e proprio, sono state rinvenute le tracce dei probabili cardini relativi ad una eventuale porta lignea (in bleu nella fig. 6).

Da tale accesso si prosegue verso l'interno dell'abitato dove si apre uno spiazzo posto, come accennato, ad una quota maggiore rispetto ai piani più antichi ed attualmente visibile sul terreno.

Nel rilievo si può dunque apprezzare il contrasto della nuvola di punti relativa al piano di calpestio Subappenninico affiancata, nelle zone dove lo scavo si è approfondito o dove questi livelli non erano conservati, da una superficie artificiale (*mesh*), che riproduce l'andamento ipotetico di questo piano dell'abitato.

### 3.4 Prima età del Ferro (X-VIII sec. a.C.)

Nell'area principale dello scavo, attualmente indagata, i livelli relativi alla prima età del Ferro si conservano in particolare nell'area del fossato. Questo infatti subisce profonde modificazioni, con il probabile abbattimento della sponda esterna, il rifacimento di quella interna con la realizzazione di paramenti in pietrame a secco e la deposizione di livelli di terreno al suo interno fino al raggiungimento di un piano orizzontale. Su questo vengono impostati una serie di blocchi in pietra, anche di grandi dimensioni, posti in verticale a costituire una ulteriore protezione dell'abitato secondo una tecnica "a cavalli di frisia", diffusa anche in abitati coevi dell'Europa centro-occidentale (CAZZELLA *et alii* 2006).



Si è voluto, quindi, mettere in evidenza il modello virtuale dato dalla nuvola di punti dello scavo, eliminando tutte le strutture circostanti. Con la tecnica della *patch* si è posto in risalto il livello del piano di calpestio sul quale vennero collocati i blocchi in pietra (in grigio nella fig. 7).

#### 4. Considerazioni conclusive

La tecnica del laser scanner costituisce, in ambito archeologico, un'opportunità importante, sempre più utilizzata sia per finalità scientifiche che divulgative (si veda ad esempio gli atti dell'*Annual Conference of Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology* (CAA), Berlino, aprile 2007). La completezza e la precisione dei dati metrici acquisibili tramite lo strumento, in tempi relativamente brevi, rappresentano infatti una ricca potenzialità per la documentazione sia delle strutture poste in luce che dei singoli livelli antropici, con un dettaglio difficilmente raggiungibile, al momento, attraverso altri metodi di rilievo in tempi ragionevoli. La stessa base di dati può inoltre essere elaborata per le rappresentazioni virtuali in 3D, che sempre più appaiono uno strumento valido per la ricostruzione dei contesti antichi, sia in ambito scientifico, dal momento che consentono lo sviluppo di ipotesi da sottoporre a successive verifiche, sia per la divulgazione dei risultati ottenuti con le ricerche stesse. Va tenuto presente che la fase di elaborazione dei dati, sia puramente metrici con l'estrapolazione, dalla nuvola di punti, dei profili utili per la documentazione delle diverse tracce archeologiche, sia volta alla visualizzazione del contesto archeologico in esame, richiede non solo una professionalità specifica ma anche una stretta collaborazione tra chi esegue la scannerizzazione e la successiva elaborazione e chi conduce le ricerche. Il laser scanner infatti restituisce una rappresentazione, estremamente dettagliata, del contesto in esame, relativa al momento in cui viene eseguito: l'interpretazione delle singole tracce è invece un'operazione diversa, effettuata sul terreno durante i lavori di scavo archeologico e successivamente con l'elaborazione della restituzione stessa. In questo senso il lavoro è stato condotto in stretta sinergia tra specialisti del laser scanner e archeologi, sia sul campo che nelle successive operazioni di interpretazione dell'immagine, per ottenere modelli in relazione a ciascuna fase dell'abitato, che rendano conto delle specifiche caratteristiche topografiche e costruttive.

I contesti archeologici relativi alla preistoria, in particolare in Italia, per le caratteristiche delle tecniche e dei materiali impiegati nelle costruzioni e per la labilità delle tracce conservate sul terreno risultano spesso, tranne casi eccezionali di conservazione, di difficile ricostruzione, soprattutto degli elementi in elevato ma anche delle planimetrie complete delle strutture, e di ancor più difficile percepibilità da parte dei non specialisti. La restituzione, l'interpretazione e l'elaborazione virtuale di tali contesti presenta dunque problematiche specifiche rispetto, ad esempio, alla resti-

tuzione di edifici di età storica. Il sito di Coppa Nevigata rappresenta, in questo senso, un ottimo caso di applicazione, dal momento che presenta tratti comuni agli altri contesti preistorici (come la scarsa visibilità di alcune evidenze o la conservazione solo parziale di molte strutture) ma anche elementi di peculiarità: il lavoro di acquisizione ed elaborazione, come si è accennato nei paragrafi precedenti, ha richiesto dunque l'attuazione di specifiche strategie nelle varie situazioni osservate.

Coppa Nevigata è infatti un sito pluristratificato, con una lunga durata di occupazione di oltre un millennio che ha comportato il continuo rifacimento delle strutture, la loro parziale distruzione in antico, l'accumulo anche volontario di livelli di terreno finalizzato alla ristrutturazione interna dell'insediamento. Le ricerche archeologiche nel sito, avviate più di un secolo fa e condotte in modo estensivo e continuativo da un venticinquennio, hanno consentito di porre in luce un'ampia parte dell'abitato; sia gli scavi stessi che eventi distruttivi di epoca moderna hanno determinato l'asportazione di alcuni livelli e la conservazione, *in situ*, di altri. Al momento dell'acquisizione digitale risultavano così esposte superfici relative a più momenti della vita dell'insediamento, che sono stati isolati e integrati grazie anche alle conoscenze ottenute tramite le indagini stesse.

La presenza di numerose strutture di diverso tipo, realizzate in materiali diversi e con vari gradi di conservazione (dalle piastre di cottura, ai silos, alle strutture perimetrate in pietrame a secco etc.) da un lato ha permesso di verificare come ciascuna di esse abbia una restituzione diversa attraverso il laser scanner, con vari gradi di percepibilità, dall'altro ha reso necessaria l'adozione di più tecniche di elaborazione per la loro visualizzazione finale.

Tra i tratti peculiari di questo insediamento, infine, vi è l'aspetto monumentale conferito dalle fortificazioni, cui il rilievo laser, attraverso sia la ricostruzione delle lacune che la visualizzazione tridimensionale da più punti di vista, consente di offrire un buon grado di percezione.

Il lavoro presentato in questa sede, di carattere sperimentale, costituisce quindi un primo passo per l'elaborazione di modelli virtuali che rendano conto della complessa articolazione di un abitato dell'età del Bronzo. La prosecuzione degli scavi e degli studi relativi potrebbero dar luogo ad altre interpretazioni degli elementi esaminati in questo lavoro. Il modello realizzato può costituire il punto di partenza per successive analisi: il database può essere integrato e completato con l'acquisizione di nuovi elementi che potrebbero venire alla luce in scavi futuri.

La versatilità di gestione del modello tridimensionale mette in condizione di reinterpretare le strutture sia dal punto di vista funzionale che temporale. Dal database originale è possibile selezionare i singoli dettagli per ottenere delle visualizzazioni, relative agli elementi di determinati periodi di occupazione del sito, in accordo con nuove interpretazioni, mantenendo memoria di porzioni di scavo asportate durante l'avanzamento dei lavori.

## BIBLIOGRAFIA

- BOEHLER W. & MARBS A. 2003, *Investigating laser scanner accuracy*. Proceedings of XIX CIPA Symposium (disponibile su: <http://scanning.fh-mainz.de/scannertest/result300305.pdf>)
- BOEHLER W. & MARBS A. 2002, *3D scanning instruments. Proceedings of the CIPA WG6 International Workshop on scanning for cultural heritage recording* (disponibile su: [http://www.i3mainz.fh-mainz.de/publicat/korfu/p05\\_Boehler.pdf](http://www.i3mainz.fh-mainz.de/publicat/korfu/p05_Boehler.pdf))
- CALDARA M., CAROLI I., SIMONE O. 2005, *Geomorphological changes due to human actions at Coppa Nevigata (Tavoliere di Puglia, Southern Italy) reconstructed through core analyses*. Il Quaternario 17(2/2)2004, pp. 495-508.
- CALDARA M., CAZZELLA A., FIORENTINO G., LOPEZ R., MAGRI D., SIMONE O. 1999, *Primi risultati di una ricerca paleoambientale nell'area di Coppa Nevigata (Foggia)*, in A. Gravina (a cura di), *Atti del 19° Convegno Nazionale di Preistoria, Protostoria e Storia della Daunia*, S. Severo 28-29 Novembre 1998, pp. 199-236, Foggia.
- CALDARA M., CAZZELLA A., FIORENTINO G., LOPEZ R., MAGRI D., MOSCOLONI M., NARCISI B. & SIMONE O. 2003a, *The relationship between Coppa Nevigata settlement and the wetland area during the Bronze Age (south-eastern Italy)*. In: FOUACHE E. *The Mediterranean World Environment and History*, pp. 429-438, Elsevier, Paris.
- CALDARA M., CAZZELLA A., FIORENTINO G., LOPEZ R. & SIMONE O. 2001, *Nuovi dati sull'evoluzione paleoambientale nell'area di Coppa Nevigata (Foggia)*, in A. Gravina (a cura di), *Atti del 21° Convegno Nazionale di Preistoria, Protostoria e Storia della Daunia*, S. Severo 25-26 Novembre 2000, pp. 87-132.
- CALDARA M., & SIMONE O. 2005, *Coastal changes in the eastern Tavoliere Plain (Puglia, Italy) during the Late Holocene: natural or anthropic?* Quaternary Science Reviews 24/18-19, 2137-2145.
- CALDARA M., SIMONE O. & PORZIA S. 2003b, *L'area umida di Coppa Nevigata fra Neolitico e l'Età del Bronzo*, in A. Gravina (a cura di), *Atti del 23° Convegno Nazionale di Preistoria, Protostoria e Storia della Daunia*, S. Severo 23-24 Novembre 2002, pp. 225-252.
- CAZZELLA A., MOSCOLONI M., RECCHIA G. (in questo volume), *Coppa Nevigata: campagna di scavo 2006 e 2007*, in A. Gravina (a cura di), *Atti del 28° Convegno Nazionale di Preistoria, Protostoria e Storia della Daunia*, S. Severo 24 Novembre 2007.
- CAZZELLA A., MOSCOLONI M., RECCHIA G. 2006, *Gli scavi 2003-2005 nell'insediamento fortificato dell'età del Bronzo di Coppa Nevigata (Manfredonia)*, in A. Gravina (a cura di), *Atti del 26° Convegno Nazionale di Preistoria, Protostoria, Storia della Daunia*, San Severo, pp. 113-124.
- CAZZELLA A., RECCHIA G. in stampa, *A fuoco lento: strutture di combustione nell'abitato dell'età del Bronzo di Coppa Nevigata (Manfredonia)*, in proceeding of the III International meeting of Anthracology, (Cavallino - LE, giugno 2004).
- CAZZELLA A., RECCHIA G., BARONI I., MINNITI C. 2002, *Coppa Nevigata: analisi dell'uso*

*dello spazio in una struttura protoappenninica*, in C. PERETTO (a cura di) "Analisi informatizzata e trattamento dati delle strutture di abitato di età preistorica e proto-storica in Italia", pp. 427-442.

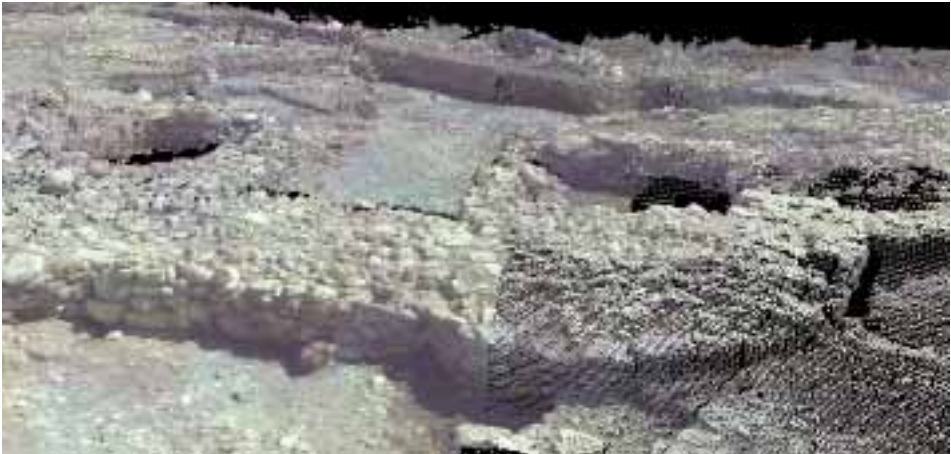
RECCHIA G. in stampa, *Social Developments and Exchange in the Late Bronze Age at Coppa Nevigata (Manfredonia, Apulia)*, Proceedings of the International Workshop "From the Aegean to the Adriatic: social organisations, modes of exchange and interaction in the Post-palatial Times (12th – 11th BC)", (Udine, 1-2 dicembre 2006).



Fig. 1a - Laser scanner Leica HDS3000 e 1 b target.

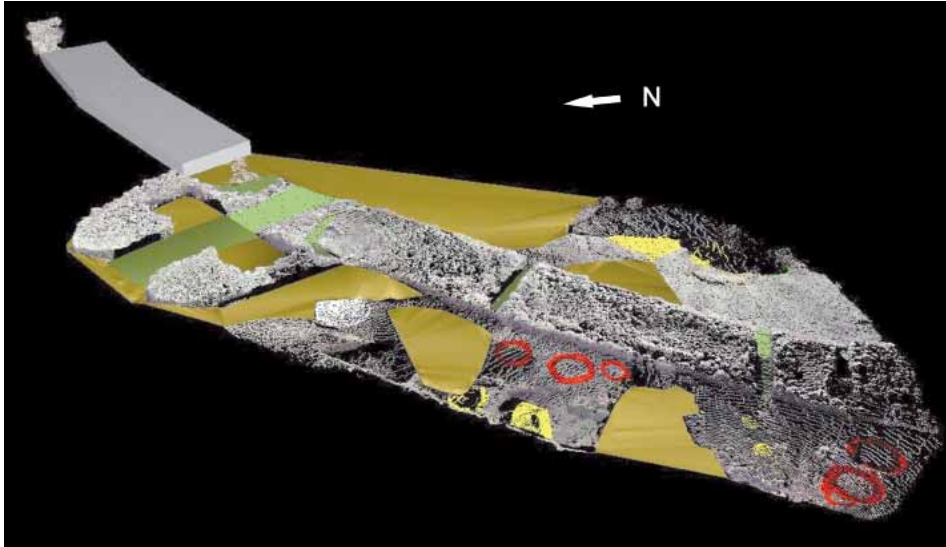


*Fig. 2 - Nuvola di punti relativa a tutta l'area di scavo.*

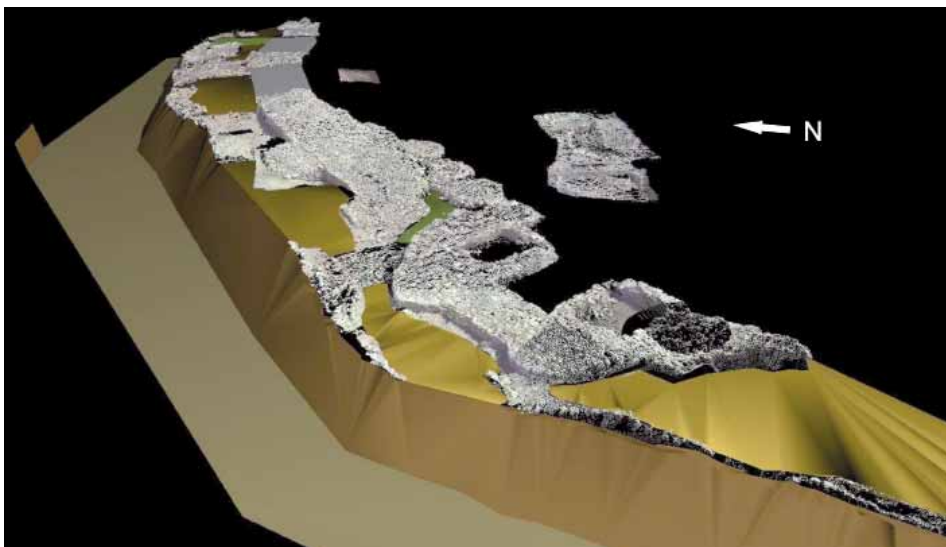


*Fig. 3 - Particolare di una ripresa, densità differenti della nuvola di punti.*

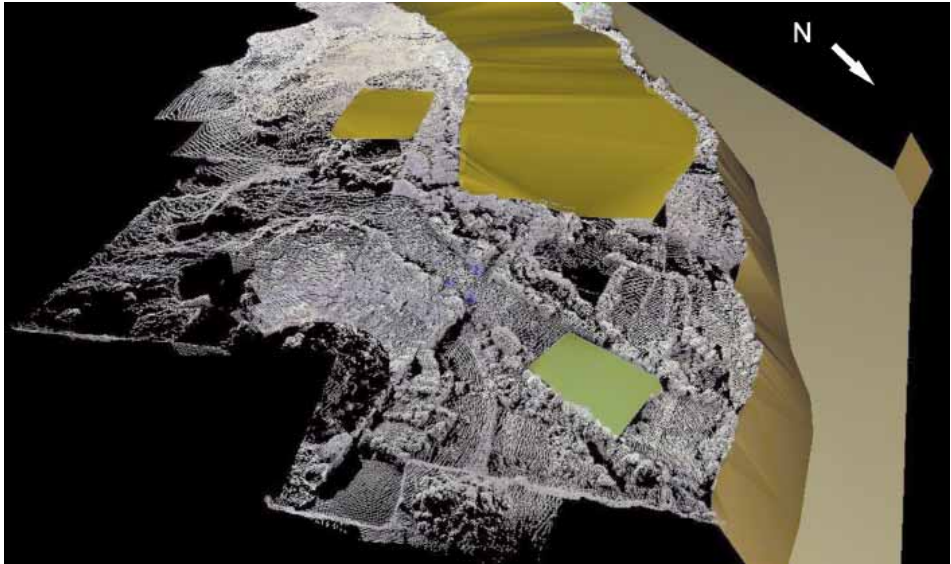




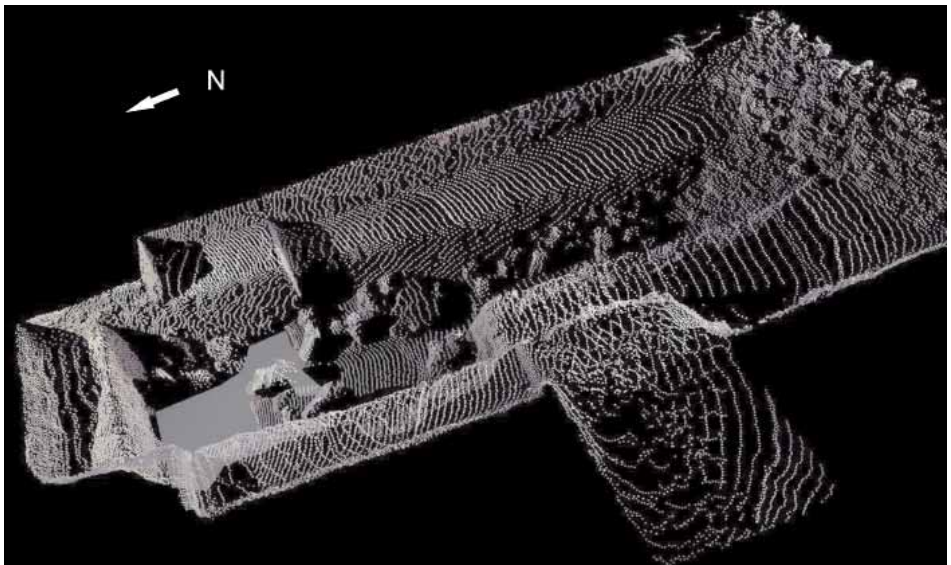
*Fig. 4 - Ricostruzione dell'insediamento durante il Protoappenninico.*



*Fig. 5 - Ricostruzione dell'insediamento durante l'Appenninico recente.*



*Fig. 6 - Ricostruzione dell'insediamento durante il Subappenninico*



*Fig. 7 - Ricostruzione dell'insediamento durante la prima età del Ferro*

## INDICE

CLAIRE DE RUYTH <i>Ad Alba Fucens e Ordonia con Joseph Mertens, l'archeologo, il professore, la persona . . . . .</i>	pag. 5
ARMANDO GRAVINA <i>Alcune manifestazioni "artistiche" preistoriche nella Daunia centro-occidentale . . . . .</i>	» 11
ANNA MARIA TUNZI SISTO, ANDREA MONACO, RAMON SIMONETTI <i>Lo scavo sistematico di un fossato a C: il caso del villaggio neolitico di Monte Calvello . . . . .</i>	» 29
COSIMO D'ORONZO, LAURA GAGLIONE, GIROLAMO FIORENTINO <i>L'analisi archeobotanica in località Monte Calvello (Fg): fasi neolitica e dauna. . . . .</i>	» 49
PIERFRANCESCO TALAMO, GIULIANA DE LORENZO <i>Primi dati sul Neolitico Antico della Campania centro settentrionale . . . . .</i>	» 57
ANNA MARIA TUNZI SISTO, ROCCO SANSEVERINO <i>Insedimento neolitico in località La Torretta (Poggio Imperiale - FG) . . . . .</i>	» 71
ANNA MARIA TUNZI SISTO, ROCCO SANSEVERINO <i>Nota preliminare sull'insediamento neolitico di C.no S. Matteo-Chiantinelle (Serracapriola - FG) . . . . .</i>	» 87
GIULIVA ODETTI <i>Primi dati della revisione del materiale dei villaggi di S. Vito di Scaramella . . . . .</i>	» 99
ERNESTINE S. ELSTER, EUGENIA ISETTI, ANTONELLA TRAVERSO <i>Nuove evidenze di studio dal sito di Grotta Scaloria (Fg) . . . . .</i>	» 111



ARMANDO GRAVINA <i>Prime annotazioni sulle incisioni e pitture rupestri in due grotte di Valle di Ividoro (Rignano Garganico - Fg)</i> . . . . .	pag. 129
MARCO PACCIARELLI <i>Osservazioni sull'antica età del rame nell'Italia meridionale</i> . . . . .	» 151
FRANCESCA RADINA, GIUSY PRATICÒ, MICHELE SICOLO, AZURRA MARIA TENORE <i>Un paesaggio nascosto dell'Alta Murgia: l'insediamento dell'età del Bronzo sulle alture di Minervino Murge</i> . . . . .	» 165
ANNA MARIA TUNZI SISTO, MARIANGELA LO ZUPONE <i>Il santuario dell'età del Bronzo di Trinitapoli</i> . . . . .	» 187
ALBERTO CAZZELLA, MAURIZIO MOSCOLONI, GIULIA RECCHIA <i>Coppa Nevigata: campagne di scavo 2006 e 2007</i> . . . . .	» 211
MASSIMO CALDARA, MARCO INFANTE, ANTONELLA MARSICO, GIULIA RECCHIA <i>Applicazioni del rilievo laser tridimensionale alle fortificazioni dell'età del Bronzo di Coppa Nevigata</i> . . . . .	» 225
ALBERTO CAZZELLA, ALESSANDRO DE DOMINICIS, CRISTIANA RUGGINI <i>Recenti scavi nell'insediamento dell'età del Bronzo di Monteroduni (Località Paradiso)</i> . . . . .	» 239
GIULIA RECCHIA, VALENTINA COPAT, MICHELA DANESI <i>L'uso dello spazio nell'insediamento subappenninico di Oratino: note preliminari</i> . . . . .	» 251
COSIMO D'ORONZO, GIROLAMO FIORENTINO <i>Le analisi archeobotaniche nel sito dell'età del Bronzo di Oratino (Cb) Loc. La Rocca: implicazioni paleoeconomiche, paleoecologiche e modalità di funzionamento delle strutture piretecniche</i> . . . . .	» 275
ANTONIETTA BUGLIONE, GIOVANNI DE VENUTO <i>Analisi preliminare del campione faunistico dal sito dell'età del Bronzo di Oratino (Cb), loc. La Rocca</i> . . . . .	» 299
MARIA LUISA NAVA <i>Le sculture della Daunia e lo sviluppo dell'ethnos indigeno</i> . . . . .	» 311

GIOVANNA PACILIO <i>Vieste Tomba d'élite. Primi risultati . . . . .</i>	pag. 325
ALESSANDRO MONNO <i>Analisi scientifiche dello scaraboide . . . . .</i>	» 333
SANDRO SUBLIMI SAPONETTI, VITO SCATTARELLA, VALENTINA ARGERI <i>Indagine Paleobiologica . . . . .</i>	» 337
M. CORRENTE, M. I. BATTIANTE, L. CECI, A. DIZANNI, G. FINZI, M. ROCCIA, V. ROMANO, F. ROSSI, P. SPAGNOLETTA <i>Le diverse esigenze. Paesaggio rurale, archeologia preventiva e fattorie del vento . . . . .</i>	» 341
M. CORRENTE, C. ALBANESI, F. CASTALDO, V. DISTASI, R. FIADINO, M. GORDINI, M.G. LISENO, S. PETROLINI, F. ROSSI <i>Prima e dopo Roma. Sostrati formativi e profilo culturale della Daunia alla luce delle recenti attività di scavo della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Puglia . . . . .</i>	» 375
GIULIANO VOLPE, MARIA TURCHIANO, GIOVANNA BALDASARRE, ANTONIETTA BUGLIONE, ALESSANDRA DE STEFANO, GIOVANNI DE VENUTO, ROBERTO GOFFREDO, MARIDA PIERNO, MARIA GIUSEPPINA SIBILANO <i>La villa di Faragola (Ascoli Satriano) alla luce delle recenti indagini archeologiche . . . . .</i>	» 405
DANILO LEONE, ANITA ROCCO <i>Il balineum di Herdonia sulla via Traiana fra età imperiale e altomedievale: nuovi dati . . . . .</i>	» 455
MARIA LUISA MARCHI <i>Nuovi dati per una ricostruzione storica del paesaggio del Subappennino dauno: dall'Ager Lucerinus a Montecorvino . . . . .</i>	» 475
FRANCESCO MAULUCCI, ALESSANDRO DI MURO <i>La chiesa di Santa Maria in Prato a Carlantino . . . . .</i>	» 501