

TECNICHE E CONSERVAZIONE

RILEVAMENTO TOPOGRAFICO DI SITI ARCHEOLOGICI E RESTITUZIONE CON CURVE DI LIVELLO MEDIANTE ELABORATORE ELETTRONICO

Un corretto ed esatto rilevamento di dettaglio è ormai un elemento imprescindibile nella ricerca archeologica moderna. La rivalutazione dell'unità stratigrafica (US) nel nuovo metodo di scavo Harris è un tipico esempio.

Verificare rapporti di anteriorità o posteriorità mediante relazioni stratigrafiche precise e su questa base consequenziale impostare una cronologia fondata su "fossili guida" è una metodologia affermata non solo nell'ambito dello studio preistorico, il quale nella stratigrafia trova la sua principale chiave interpretativa, ma pure nella archeologia classica e medioevale.

Ed è proprio nel distacco dalla ricerca del reperto significativo in sé, o del pezzo d'arte, che si muovono le più recenti correnti di ricerca, maggiormente attente ad individuare delle associazioni di tipi sia in senso verticale che in quello della distribuzione orizzontale, al fine di proporre dei modelli interpretativi complessivi. L'identificazione di una struttura in base alla distribuzione di reperti e la loro concentrazione, il riconoscimento di "atelier" o di zone di specializzazione litotecnica grazie alla abbondanza di una determinata famiglia di strumenti ad esempio, sono tutte analisi che necessitano di una riproduzione cartografica il più fedele possibile.

Metodi tradizionali di rilevamento topografico del sito.

Un problema al quale spesso il rilevatore archeologico va incontro è quello della esecuzione di piante dello scavo mediante curve di livello. Spesso il problema viene superato con l'uso di punti quotati riferiti ad elementi chiave del sito, operazione questa che, pur possedendo il grande vantaggio di una celere esecuzione, è ben lungi dal rendere evidente l'andamento tridimensionale dell'oggetto rilevato.

Un metodo facile e diretto di ottenere una simile riproduzione è quello di identificare direttamente sul terreno dei punti di uguale ipsomетria.

Operativamente si procede come segue. Si impostano sulla zona da rilevare due triplometri ortogonali in maniera che ogni punto sia velocemente identificabile mediante coordinate cartesiane orizzontali (x-y). Un primo operatore impostato un livello od un tacheometro perfettamente in bolla segue, correggendolo, un secondo operatore che sul terreno muove una palina o doppiometro, mantenendosi costantemente ad una stessa quota rispetto allo zero strumentale del tacheometro, cioè descrivendo una singola curva di livello. Un terzo operatore, su foglio millimetrato, segna i punti battuti di eguale altezza e traccia una singola isoipsa alla volta in base alle coordinate z, costante, corretta e confermata ogni volta dal lettore al tacheometro, e x-y, rilevate mediante triplometri dal secondo battitore direttamente sullo scavo.

L'equidistanza è scelta al momento stesso del rilevamento in funzione dell'interesse della zona e dalla accuratezza richiesta, tenendo presente però che un dimezzamento delle distanze (ad es. da 10 a 5 cm) comporta un raddoppio netto dei tempi di lavoro.

Questo metodo, comodo specialmente su superfici abbastanza estese, ha l'indubbio vantaggio di utilizzare una normale attrezzatura da cantiere e di poter controllare all'atto stesso dell'esecuzione in

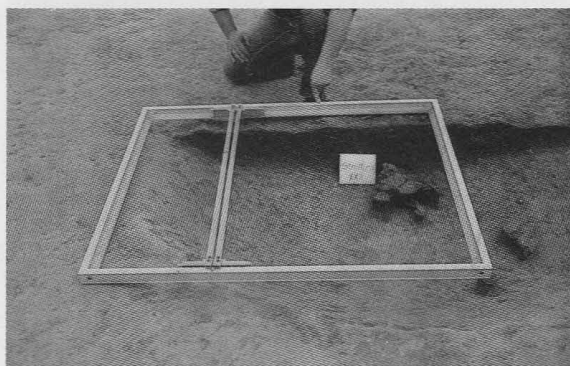


Fig. 1

campagna le eventuali incongruenze. Per contro i tempi tecnici di realizzazione sono necessariamente lunghi. Pur semplice concettualmente, la pratica descrizione delle isoipse una ad una e l'elevato numero di operatori incide notevolmente sulla generale economia dello scavo.

Variante dello stesso metodo può essere quello di stabilire delle strisciate e su queste identificare di seguito i punti secondo le equidistanze scelte (ad es. -5, -10, -15 cm) riportando su carta ogni singolo punto e annotando la sua altezza. A rilievo compiuto si procede manualmente a collegare i singoli punti di uguale quota.

Nel caso di strutture sufficientemente piccole, dell'ordine di qualche metro, può essere utile l'uso del tradizionale "metro quadrato rigido" che, con qualche opportuna modifica, è utilizzabile anche per una restituzione a curve di livello.

Al metro quadrato devono essere aggiunti quattro ritti regolabili in maniera da poter posizionare lo strumento in bolla indipendentemente dalla morfologia dell'area rilevata, mediante una comune livella da cantiere oppure con una o più bolle solidamente applicate allo strumento. A questo, inoltre, va aggiunto un braccio parallelo ad uno degli assi e libero di muoversi ortogonalmente a questa direzione. Con un cursore posto sul braccio e un piccolo filo a piombo applicato ad esso è così possibile porsi sulla verticale di ogni punto all'interno del metro quadrato. Regolando opportunamente la lunghezza del filo a piombo a seconda della isoipsa di riferimento e delle successive, ad una equidistanza da stabilirsi di volta in volta, si traccia realmente sul terreno, come con l'altro metodo, una linea chiusa rappresentante l'ideale piano orizzontale di intersezione con la superficie interessata, e pertanto si identifica una singola curva di livello.

L'operatore, sistemato in orizzontale lo strumento, procede descrivendo le singole curve di livello sul terreno. Tenendo il filo a piombo a quote costanti, riporta sulla carta millimetrata i vari punti di coordinate x-y lette sull'asse e sul braccio (fig. 1).

Al ridotto numero di rilevatori fa riscontro una reale difficoltà di affiancare esattamente metro per metro lo strumento mantenendolo sempre ad una medesima altezza senza introdurre volta per volta

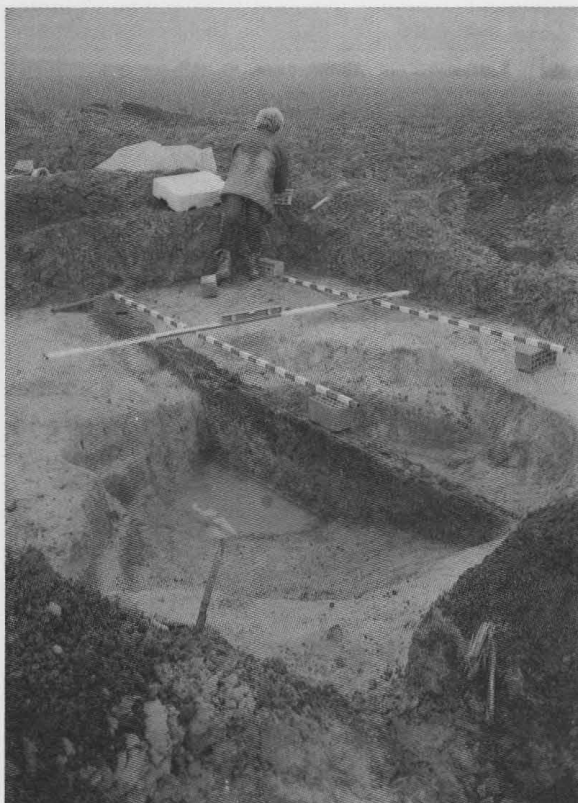


Fig. 2

piccoli errori che, se riportati per estensione ad una intera area di scavo, possono generare delle vistose discrepanze sia altimetriche che planari.

È possibile pure operare con questo metodo sostituendo al metro quadro una cornice di triplometri posti in perfetta orizzontalità. Il braccio con cursore e filo a piombo, in questo caso, sarà un triplometro mosso parallelamente agli assi (fig.2).

A questo tipo di rilevamento diretto del terreno può essere posto in alternativa la fotogrammetria e la restituzione mediante calcolatore elettronico.

La prima si avvale dell'effetto prodotto da coppie di fotografie di uno stesso oggetto ripreso con opportune angolature reciproche che, mediante apposite attrezzature, permettono la sua visione stereoscopica. La descrizione di questa metodologia (stereofotogrammetria terrestre) è necessariamente lunga e dettagliata, perciò rimandiamo ai numerosi testi pubblicati sull'argomento per una sua estesa e corretta illustrazione.

Sono necessari infatti due tipi di strumenti: una "camera o bica-mera da presa terrestre", cioè macchine fotografiche utilizzanti lastre di grande formato con ottiche e dispositivi di centramento particolari, inoltre un ortofotorestitutore per passare dalla fase di ripresa, sviluppata la lastra, a quella della restituzione su carta.

Agli ottimi risultati ottenibili, ed a una sua indubbia celerità, fa riscontro però un notevole costo delle attrezzature. È inoltre necessario un operatore con esperienza e competenza specifiche sia all'atto della ripresa che a quello della restituzione cartografica.

Metodologia di rilevamento usata per l'insediamento di Andalo

Un altro metodo, che qui illustriamo, si divide in due fasi: una di campagna, in cui con semplici strumenti e facili procedure si effettua la compilazione dei punti quotati; nella successiva, i dati vengono inseriti ed elaborati dal calcolatore, il quale provvede alla restituzione grafica mediante un plotter.



Fig. 3

Questo tipo di rilevamento è stato applicato durante la campagna 1980 dell'insediamento preistorico di Andalo, del quale daremo una breve descrizione per facilitare l'illustrazione.

Su un prato a ridosso del bordo superiore della cava di ghiaia sita sulla sponda settentrionale del lago di Andalo, vennero scavate alcune cavità localizzate subito sotto la cotica erbosa, le quali affondavano all'interno di sedimenti ghiaiosi (figg. 3-4).

Da tali cavità venne recuperata una cospicua serie di strumenti e litotecnica in selce attribuibile a una fase epigravettiana confrontabile con l'insediamento delle Viotte di Bondone e di Piancavallo.

La serie di cavità, isolate l'una dall'altra, si sviluppava senza ordine con forme a catino o più sovente coniche, con diametri dell'ordine del metro e profondità fino a 90 cm. (è in corso lo studio sedimentologico per definire l'origine delle "buche", e quello tipologico per una più esatta collocazione industriale).

Operazioni di campagna

La metodologia di rilevamento in campagna non differisce molto da quella illustrata per il primo sistema, salvo il grande vantaggio della inutilità di descrivere sul terreno alcuna curva di livello precedentemente stabilita. È inoltre massima la libertà di aumentare o diminuire i punti quotati in funzione del maggior interesse o della minor necessità di dettaglio della zona. Sarà l'elaboratore mediante un sistema automatizzato di triangolazione a tracciare le singole isoipse.

L'area da rilevare viene considerata come inserita in un piano cartesiano a scala naturale, si identificano perciò gli assi ortogonali x-y i quali permettono una veloce determinazione planimetrica del punto battuto, la quota verrà letta su una palina o un doppio metro da un rilevatore al tacheometro.

Fig. 4



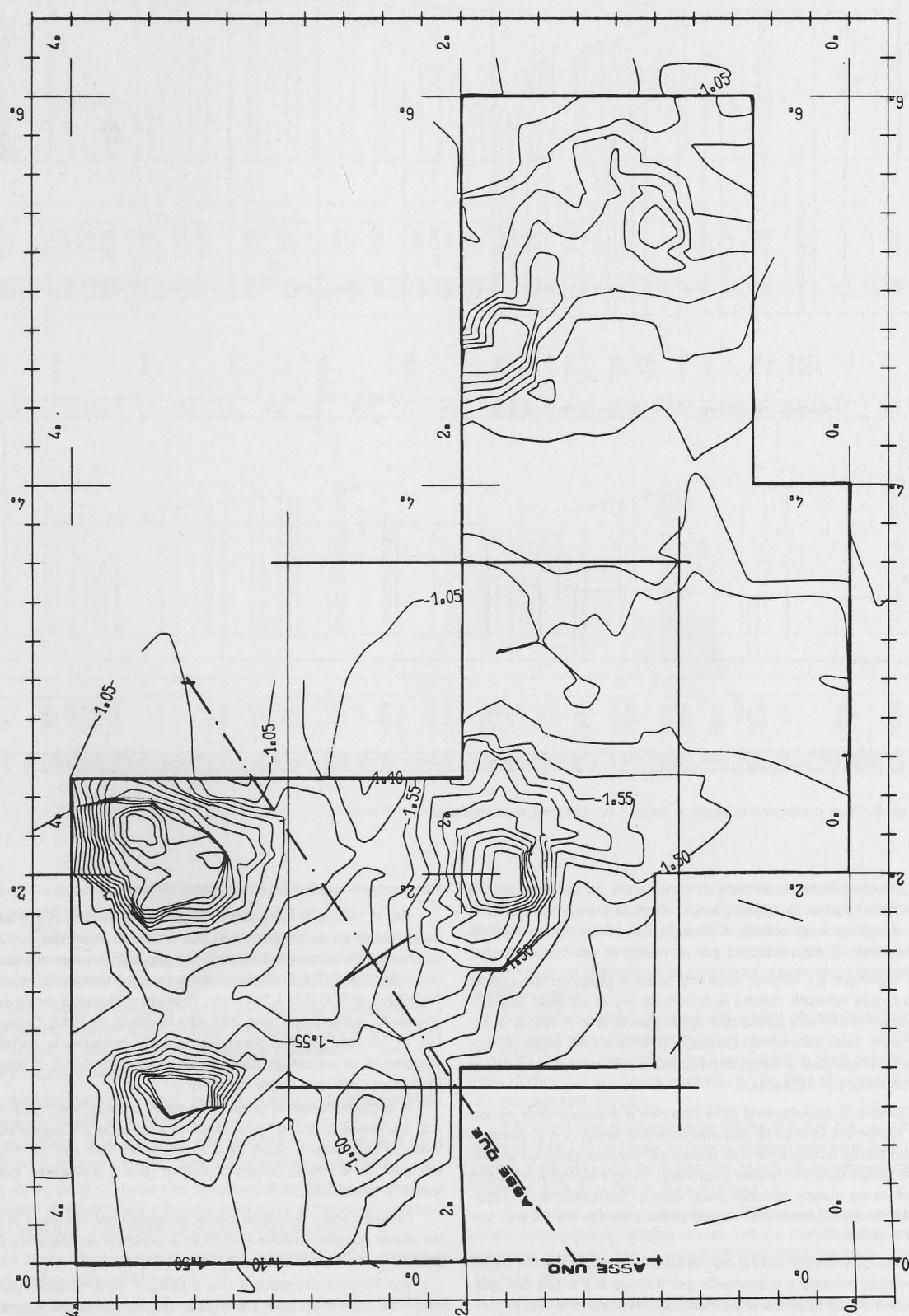


Fig. 5 - Sito preistorico di Andalo. Settore IV. Planimetria con curve di livello ottenuta mediante elaboratore elettronico.

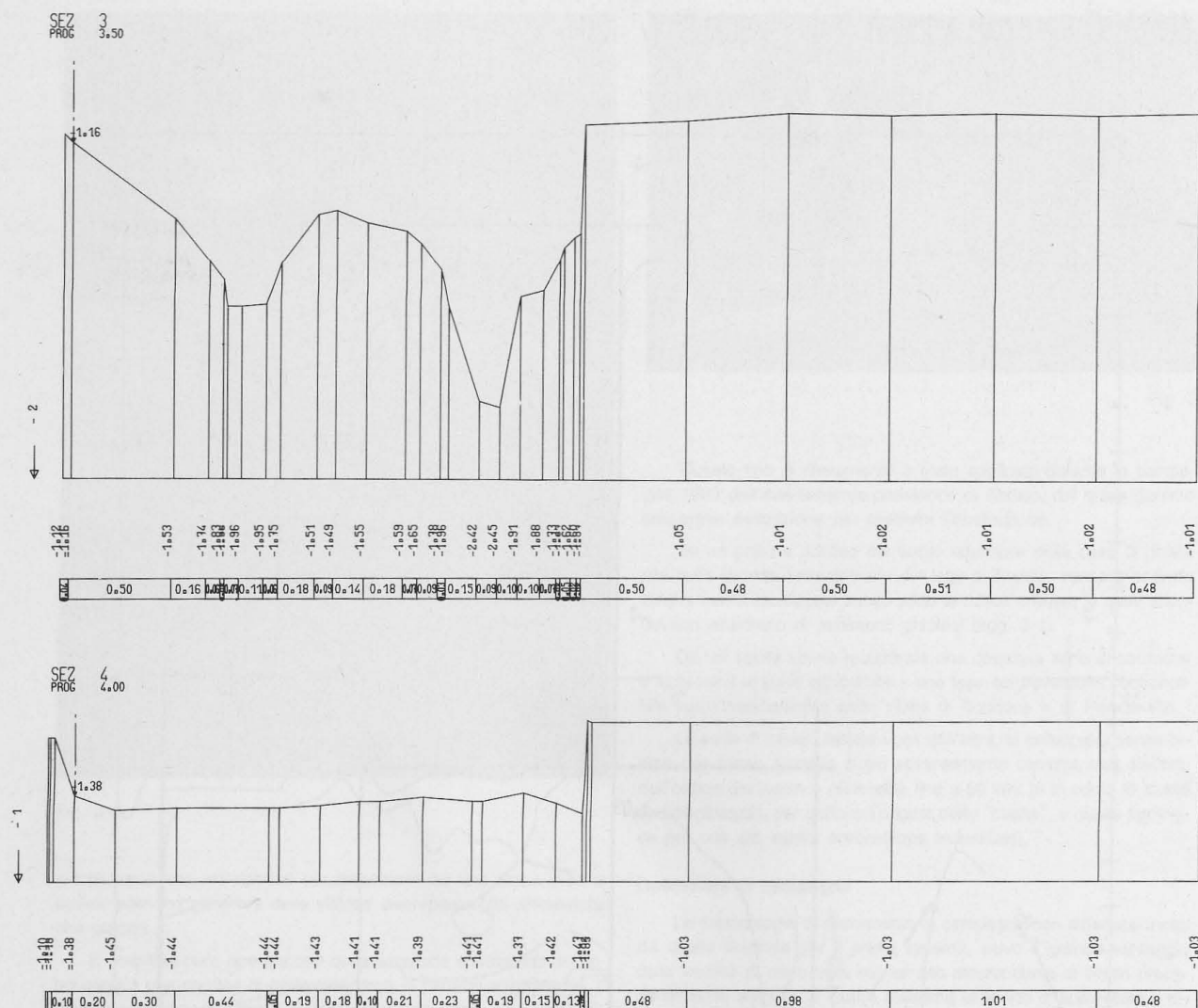


Fig. 6 - Sito preistorico di Andalo. Settore IV. Sezione secondo asse 1.

Operativamente si consiglia di considerare un asse (ad es. Y) come riferimento e da questo, tenuto di volta in volta costante, si esegue una serie di battute in linea sull'altro asse ortogonale (in questo caso X), materializzato per comodità da un triplometro.

Il rilevatore sul terreno, ponendo sopra il punto considerato la palina tenuta verticale, detterà le coordinate x-y al secondo operatore, il quale trascriverà questi dati aggiungendo la z di lettura al tachometro. Così facendo le operazioni di lettura sono molto più accelerate, riducendosi ai tempi di trascrizione o di battitura su calcolatrice portatile con scrivente.

Durante la compilazione della lista non è assolutamente necessario mantenere la linea di rilevamento a coordinata (x o y) costante (questo è solo un procedimento pratico per razionalizzare ed accelerare la lettura delle coordinate orizzontali), in ogni momento ci si può discostare da questa battendo punti esterni, per esempio in concomitanza di un accidente morfologico posto a mezza via tra una strisciata e l'altra.

Tenendo presente alcune indicazioni che descriveremo in seguito, qualsiasi procedura o strumento per il rilievo è a scelta dell'operatore, purché ad operazione ultimata, sia compilata una lista di punti identificati dalle loro coordinate cartesiane, pronti per essere trascritti su schede o dischetto magnetico ed inserito nell'elaboratore elettronico.

Restituzione mediante elaboratore elettronico

Per la messa in carta dell'insediamento di Andalo ci si è avvalsi della procedura automatizzata in uso presso la Provincia Autonoma di Trento, che funziona utilizzando una serie di programmi elettronici chiamati "C.A.R.T.A." (Contour Analysis by Random Triangulation Algorithm) e "T.E.R.R.A." (Terrain Evaluation Retrieval for Road Alignment), realizzati da una ditta specializzata, la IDAN Computers Ltd. di Tel Aviv (Israele). Questi programmi consentono, tramite un elaboratore ed un plotter, partendo da coordinate X-Y-Z, di disegnare piani quotati con curve di livello.

A completamento di questi programmi di base, sono stati realizzati dai tecnici provinciali programmi di interfaccia e integrazione per avere la possibilità di usare input diversi e ottenere vari tipi di elaborati quali, ad esempio, disegni di profili o sezioni di progetto, assonometrie e prospettive.

Naturalmente i molteplici calcoli necessari per la messa in carta del rilievo pongono alcune limitazioni e problemi all'operatore topografico.

Non bisogna dimenticare che il disegno sarà eseguito da una macchina e pertanto gran parte della riuscita del lavoro dipenderà da come si sono rilevati i punti sul terreno, mentre il vantaggio di utilizzare il calcolatore è l'alta velocità di calcolo e quindi la possibilità di rifare, perfezionandoli, i vari elaborati. È necessario, perciò, co-

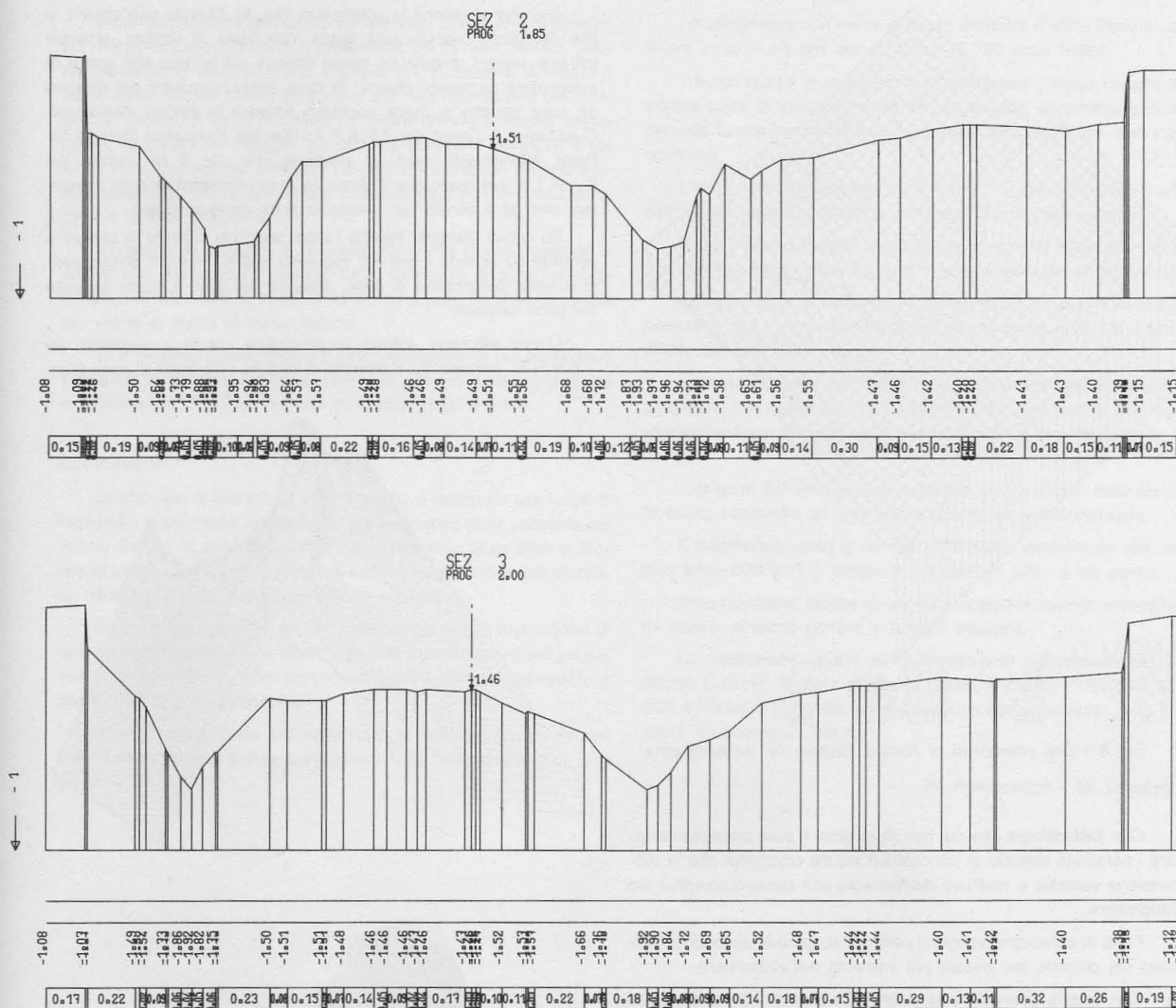


Fig. 7 - Sito preistorico di Andalo. Settore IV. Sezione secondo asse 2.

noscere abbastanza bene la tecnica con cui l'elaboratore calcola i vari parametri confrontando e scartando incongruenze.

Il programma C.A.R.T.A. può trattare, così come strutturato e organizzato sull'elaboratore provinciale, seimila punti di rilievo, duecentocinquanta punti di discontinuità, creare 32.000 triangoli.

Questi valori si possono variare per adattare il programma a macchine più piccole o più grandi. Gli obblighi che il C.A.R.T.A. pone in fase di rilievo per le caratteristiche planimetriche, sono limitati alle seguenti indicazioni:

- la distanza planimetrica tra i punti di un intorno deve tendere alla distanza media tra i punti del rilievo.
L'esperienza ci ha insegnato che una distanza tra i punti di circa 20 metri è buona per le generalità dei rilievi topografici;
- rilevare i punti in modo che collegandoli tra di loro per creare il reticolo di triangoli per il calcolo delle curve di livello ne formino il più possibile assimilabili all'isoscele e all'equilatero.

La quota dei punti rilevati, tenendo presenti le regole precedenti, non pone alcun problema.

Per pareti prossime alla verticalità è opportuno sfalsare i punti di piede e di testa, creando così un piccolo angolo di scarpata. Dovendo rappresentare, per esempio, muri di sostegno di terrazzamenti o limiti di scavo, si deve operare battendo per ogni punto al piede,

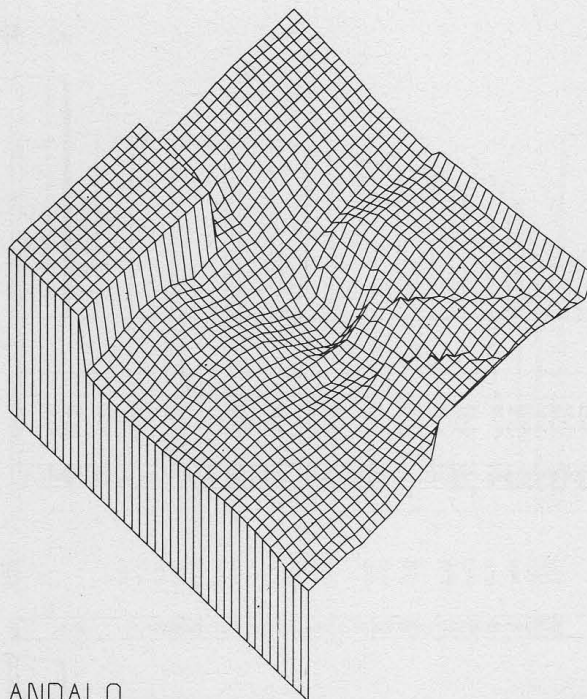
cioè sulla quota più bassa, un corrispettivo punto in sommità, tralasciando la distanza media. Nei casi presentanti assieme alla discontinuità di quota anche una situazione planimetrica complessa, è opportuno appuntarsi la sequenza di questi punti. È così possibile usare la routine del programma che permette una gestione controllata di questi momenti.

Nel caso di Andalo, quanto sopra è stato adattato alle dimensioni della zona da restituire: la distanza media tra i punti oscilla tra i 20 e i 30 cm. e lo sfalsamento tra i punti presi ai bordi dello scavo è stata di circa 1-2 cm. Unica costante, e tale deve rimanere, è la forma dei probabili triangoli.

Per avere una mappa di facile lettura, il C.A.R.T.A. consente di usare una lista di 99 codici, in fase di disegno essi sono tramutati in simboli scritti nel posto del punto. Per semplicità questi codici è consigliabile darli al punto in fase di rilievo.

È possibile pertanto in campagna attribuire a singoli reperti o famiglie tipologiche un proprio codice (ad es. metalli, ossa, intonaci, ceramica, grattatoi, ecc.) e quindi tabulare direttamente la loro distribuzione geografica.

Se richiesto è possibile ottenere dal calcolatore una mappa per i soli punti quotati, per curve di livello sovrapposte ai punti quotati, oppure mantenere stampate direttamente sulla mappa le quote dei punti di particolare interesse estratti per singoli codici.



ANDALO
 SCALX= 20. DIST = -1.
 SCALY= 20. ZVIEW= 2.
 SCALZ= 10. NDIR = 2 NW

Fig. 8 - Sito preistorico di Andalo. Settore IV. Assonometria.

Con metodologie che qui non illustriamo è pure possibile calcolare i parametri statistici di concentrazione sia orizzontali che in successione verticale e restituirli direttamente con curve cumulative e/o istogrammi.

I dati di campagna vengono perforati su scheda secondo il tracciato più comodo per essere poi introdotti nell'elaboratore.

Con questa operazione si ottiene un archivio che può essere conservato per successivi interventi.

È preferibile sostituire le schede perforate con dischetti magnetici: questi ultimi risultano più maneggevoli, offrono maggiori garanzie per la conservazione dei dati e occupano, materialmente, meno spazio.

Con il C.A.R.T.A. si caricano i dati rilevati e le istruzioni parametro su un'area di memoria che sarà la base, il riferimento, per le elaborazioni successive.

Da quest'area, seguendo le istruzioni della scheda Mapsizes (scala voluta e dimensioni del disegno) il calcolatore estrarrà i dati per creare i limiti delle mappe (fino a 10 mappe) che conserverà in un'altra area della memoria.

Con la scheda Contouring si richiede la creazione del reticolo di triangoli necessario per il calcolo delle curve di livello.

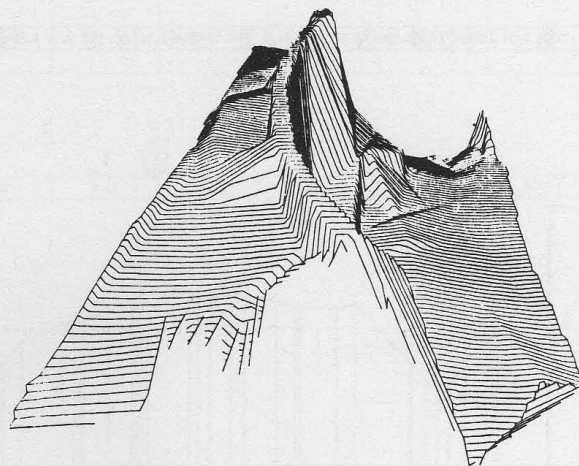
In questa fase, la più importante dell'intero programma, i punti che entrano nei limiti di mappa, più una parte delle due eventuali mappe confinanti, vengono estratti e collegati con segmenti formando triangoli. Di questi, quelli che non rispettano i parametri sopra accennati, e cioè non mantengono la distanza media assegnata e non sono geometricamente validi, sono scartati; sugli altri, interpolando i lati, si calcolano le curve di livello a intervallo specificato. Successivamente queste, unitamente ai triangoli originari, vengono trascritte in una parte della memoria.

Con la scheda Plot si forniscono ordini per il disegno quali possono essere la distanza delle marche di riferimento, l'intervallo delle curve di livello (uguale o multiplo di quello richiesto nel contouring), il parametro di curvatura delle stesse, i punti da evidenziare.

Alla fine si ottiene la planimetria (fig. 5). Questo può essere la fine del lavoro oppure una tappa intermedia di verifica, volendo estrarre sezioni diverse da quelle rilevate sul terreno allo scopo di evidenziare particolari diversi. Si deve allora introdurre nel disegno un asse rispetto al quale vogliamo ricavare le sezioni desiderate. Quest'asse è l'input del T.E.R.R.A. (Terrain Evaluation Retrieval for Road Alignment), cioè un package che usa il file creato dal C.A.R.T.A. nel quale quest'ultimo ha memorizzato il reticolo triangolare che gli è servito per il calcolo delle curve di livello.

Su questi triangoli, inserito l'asse, vengono ricavate le sezioni e perforati su scheda i dati nel seguente ordine: numero progressivo di scheda, progressiva di asse, distanza dall'asse e quote assolute dei punti calcolati.

Questi elementi, inseriti in procedure create a supporto del T.E.R.R.A., permettono il disegno di sezioni o di profili di asse (figg. 6-7).



Figg. 9-10 - Serra di S. Giorgio di Lavis (TN). Prospettiva elaborata automaticamente impostando due punti diversi di osservazione.

Altra elaborazione grafica consentita dal T.E.R.R.A. è la possibilità di ricavare assonometrie e prospettive del terreno rilevato. Queste elaborazioni sono alquanto onerose per la quantità di memoria usata dalla matrice contenente i dati utili alla costruzione del disegno. In sintesi, si tratta di creare un nuovo reticolo a maglia rettangolare su quello dei triangoli già calcolati e definire per righe e colonne l'intersezione dei 2 reticoli. Le maglie rettangolari devono avere le dimensioni tali da permettere il calcolo degli elementi caratterizzanti il terreno in esame.

Indicando la distanza e la quota del punto di osservazione si passa, con una apposita routine, dalla matrice al disegno con l'accortezza di eliminare le linee di costruzione rese invisibili da quelle più vicine al punto di osservazione.

Si è preferito esemplificare questo procedimento per prospettive inserendo inoltre il rilievo della serra di S. Giorgio (Lavis), più chiaro e dimostrativo di quello del sito di Andalo (figg. 8-9-10).

Conclusione

Questo tipo di procedura è stato ideato e realizzato per lavori di topografia a più vasto raggio come il rilevamento della vallecchia del Riparo Gaban, la sponda lacustre su cui poggiano le palafitte di Molina di Ledro, il passo del Colbricon sede di insediamenti epipaleolitici, oltre a numerosi altri lavori di tipo applicativo.

Pertanto l'impegno di questa metodologia per la restituzione di una serie di "buche" come quelle descritte può sembrare esagerato, inoltre inutili le elaborazioni successive quali le sezioni trasversali, le assonometrie e le prospettive.

Riteniamo d'altronde che molti sono gli elementi positivi riscontrati durante questa prima applicazione alla "microscala" del programma.

La planimetria con curve di livello illustrata è stata rilevata sullo scavo in circa tre ore per un totale di 700 punti battuti.

I tempi tecnici di restituzione al calcolatore ("tempi macchina"), esclusi quelli di trascrizione dei dati su scheda, specialmente considerando la sperimentale delle operazioni eseguite, sono stati molto contenuti.

L'input del "programma C.A.R.T.A." costituisce una "banca dati" molto versatile adatta a molteplici ulteriori elaborazioni.

Il sito rilevato, scelto volutamente in quanto esplicativo per il tipo di rilevamento descritto, non si presta però ad ulteriori analisi.

La mancanza di successioni stratigrafiche ad esempio non ha permesso una rappresentazione seriata mediante profili ad assonometrie dei vari livelli.

L'ipermicrolitismo dell'industria e la conseguente necessità di procedere alla vagliatura con passanti da 0,2 mm. non ha permesso una attribuzione di codici per i manufatti, né un loro rilevamento sul campo.

L'esiguità dell'area scavata oltre alla chiara origine naturale delle cavità sconsiglia un loro studio strutturale e dimensionale.

Il calcolatore usato è del tipo IBM 4341, equivalente alla vecchia serie IBM 370, il plotter è il BENSON 1221 a tre penne.

Altre macchine, anche di capacità operativa minore, e programmi diversi possono portare a risultati analoghi.

La restituzione, grazie all'interessamento dell'Assessorato alle Attività Culturali, è stata effettuata presso il Centro di Elaborazione Dati e l'Ufficio Topografia e Progettazione computerizzata della Provincia Autonoma di Trento.

M. Francescon - M. Lanzinger