

Monitoraggio di un edificio di interesse architettonico a Villazzano di Trento

P. CAMPEDEL*, R. CERRETTI**, R. LAMPERTI***, A. MARRA*

SOMMARIO. Dal marzo 1993 è operativo, presso Villazzano di Trento, un impianto di monitoraggio ad acquisizione automatica dei dati per il controllo dello stato fessurativo delle strutture murarie in elevazione e delle condizioni deformative del terreno fondazionale di Villa de Mersi.

L'edificio, realizzato nel XVIII secolo su antica base cinquecentesca, versa infatti attualmente in precario stato di conservazione; l'intendimento, da parte dell'Amministrazione Comunale di Trento, di restaurare e ristrutturare la Villa per un suo nuovo utilizzo per scopi civici, impone un'attenta definizione delle cause dell'attuale dissesto, individuandone le componenti di ordine geologico e di ordine strutturale.

Il sistema di monitoraggio adottato consentirà di seguire per un periodo di circa due anni l'evoluzione deformativa del complesso operaterraeno, traendo importanti informazioni sulle reali condizioni di stabilità del versante su cui sorge l'edificio.

Premessa

Posta sulla collina di Villazzano, nella periferia orientale di Trento, Villa de Mersi costituisce un interessante esempio di architettura settecentesca a struttura complessa, sorta per sovrapposizione di successivi interventi di completamento avvenuti nel XVIII e XIX sec. su un preesistente nucleo cinquecentesco (Fig. 1).

Attualmente l'edificio versa in condizioni piuttosto precarie, evidenziate dalla presenza di numerose fessure passanti e tali da far presumere in prima analisi ad un possibile scivolamento verso valle della facciata principale (facciata Ovest); la stessa realizzazione in tempi antichi di barbacani sulle facciate Est, Nord e Sud della Villa, fu presumibilmente richiesta allo scopo di impedire l'allargamento delle fessure ed il possibile distacco delle facciate esterne.

Lo stato di degrado dell'edificio, aggravato di recente dal crollo di un muro interno e di una parete

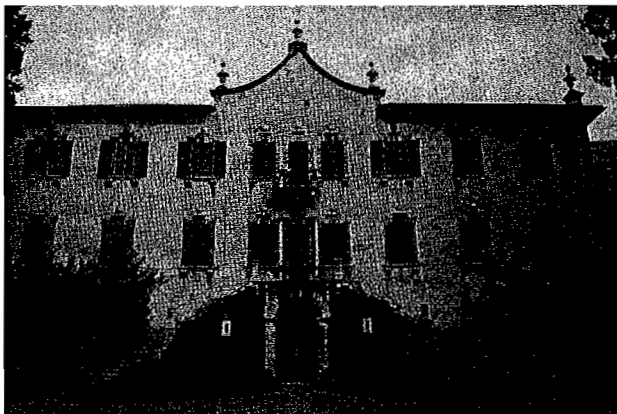


Fig. 1 - Facciata Ovest di Villa de Mersi.

della piccola cappella affrescata nell'ala Est, ha indotto l'Amministrazione Comunale di Trento ad intervenire per il suo recupero architettonico, procedendo all'acquisto dello stabile dagli eredi dell'antica famiglia de Mersi e promuovendo, a cura dell'Assessorato ai Lavori Pubblici del Comune, un progetto di ristrutturazione e restauro con il proposito di un suo futuro riutilizzo per scopi civici.

1. Inquadramento geologico e geomorfologico

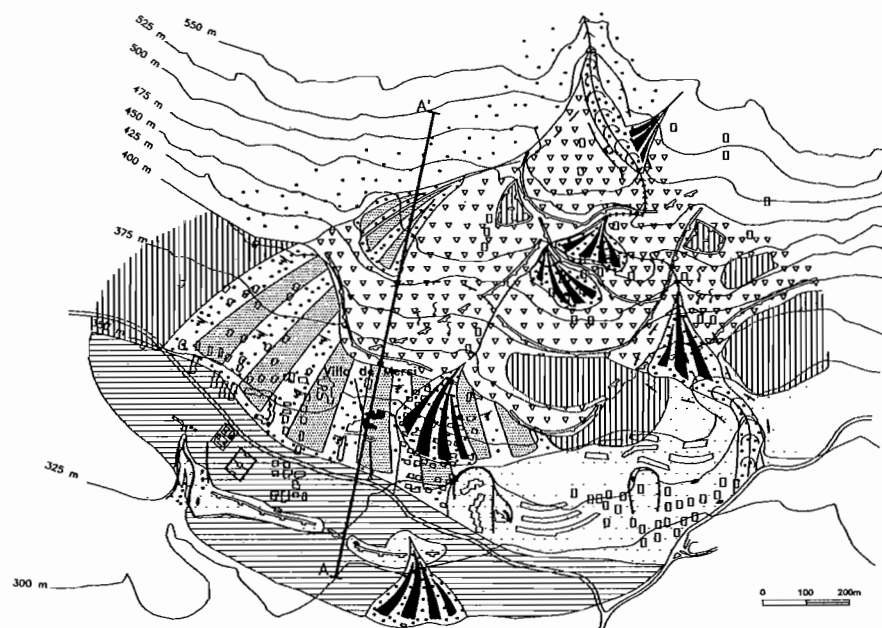
Le condizioni di stabilità geomorfologica e geotecnica della collina su cui sorge Villa de Mersi sono da tempo oggetto di verifica da parte degli Uffici Tecnici del Comune di Trento. Il crescente sviluppo urbanistico che ha interessato la zona a partire dalla fine degli anni '60, ne ha infatti evidenziato la sua sostanziale fragilità attraverso il manifestarsi di alcuni dissesti e lesioni insorti in diversi manufatti di più recente realizzazione ed imputabili al particolare assetto geologico dell'area.

Quest'ultimo è caratterizzato nelle sue linee essenziali dalla presenza di un substrato roccioso costituito da livelli siltitico-argillitici ed arenacei appartenenti alla Formazione di Werfen (Triassico inferiore), ad assetto monoclinale con strati disposti a franappoggio [TREVISAN, 1941], ricoperto da un'estesa copertura quaternaria. La copertura è costituita in gran parte da una conoide detritica, interdigitata nella sua parte inferiore a depositi alluvionali. Ambedue le unità quaternarie occupano il riempimento di una piccola escavazione valliva, impostata nel substrato roccioso e parallela alla Valle dell'Adige.

L'assetto geomorfologico è nel dettaglio assai vario (Fig. 2); la stessa conoide può essere distinta in una parte superiore caratterizzata dalla presenza di più

* GEO STUDIO, Trento - Liberi Professionisti.
** TERRA COMPANY, Segrate (MI) - Responsabile di commessa.
*** SISGEO, Segrate (MI) - Direttore commerciale.

Carta Geomorfológica dell'abitato di Villazzano



Legenda

	attivo	quiescente	inattivo
Detrito di versante			
Accumuli gravitativi grossolani			
Dep. colluviali sabbiosi - limosi			
Corone e nicchie di frano			
Limiti del princ. acc. gravitativi			
Depressioni			
Solfiasso			
Ruscellamento diffuso			
Depositi all. grossol. di conoide			
Depositi alluvionali			
Conoidi di delazione			
Scarpe di erosione torrentizia			
Bordo di terrazzo ad orlo arr.			
Vallecola a V			
Vallecola a canca			
Principali linee di dislivlio			
Cultura			
Collre eluviale			
Fm. di Werfen			
Sezione geologica			

Fig. 2 - Carta geomorfologica dell'abitato di Villazzano.

lobi giustapposti ed una inferiore in cui si evidenzia la minore acclività e la morfologia più regolare. Tale suddivisione trova riscontro anche nella differente distribuzione granulometrica; la parte più elevata risulta infatti costituita da una netta prevalenza di depositi grossolani a clasti carbonatici subspigolosi ed in parte ben cementati, organizzati in grossi banchi a struttura caotica. Nella parte inferiore è riscontrabile invece una maggior presenza di livelli nettamente stratificati e granulometricamente più fini.

L'area di provenienza di tutto il materiale costituente la conoide è univoca ed è individuabile nei sovrastanti versanti, pendici occidentali del Monte Marzola, costituiti da una successione sedimentaria triassica di natura esclusivamente carbonatica. Non unitario risulta invece il meccanismo di trasporto e deposizione che ha portato all'edificazione di questo elemento geomorfologico; appare infatti evidente come l'accrescimento della parte superiore della conoide sia dovuto in netta prevalenza a processi di trasporto di massa (*debris flow*), mentre risulti di tipo misto con processi di trasporto selettivo, nella parte inferiore e più distale della stessa.

Il deposito alluvionale sottostante è invece caratterizzato da forme decisamente meno acclivi.

Da un punto di vista sedimentologico le principali differenze rispetto all'unità geomorfologica sopra descritta, risiedono nella composizione litologica dei clasti decisamente più differenziata, nella granulometria complessivamente più fine, nel meccanismo di trasporto e deposizione dei sedimenti che la compongono, caratterizzato in questo caso da una netta predominanza di processi di tipo selettivo.

Le presenze di elementi litici appartenenti alla formazione triassica di Werfen ed in maniera più subordinata ad alcune formazioni cretache attualmente affioranti a Nord della collina di Villazzano, consentono di riconoscere un trasporto del materiale dal settore settentrionale, operato da un corpo idrico oggi scomparso ed occupante l'avvallamento a sviluppo Nord-Sud.

Queste varietà nelle caratteristiche stratigrafiche e di acclività hanno una diretta ripercussione sulle condizioni di stabilità dell'area, determinando subzone con tipologie di dissesto o fragilità geotecniche altrettanto diversificate, intervallate a settori decisamente più stabili.

Gli elementi predisponenti l'insorgere dei fenomeni di instabilità riscontrabili nell'ambiente geologico, sono a tutt'oggi conosciuti solo in termini qualitativi; possono essere sintetizzati nella presenza di terreni con caratteri geotecnici scadenti all'interno delle coperture quaternarie, di livelli particolarmente alterati o fratturati nella Formazione di Werfen in vicinanza dell'interfaccia con la copertura, nella presenza di flussi idrici sostenuti dal substrato roccioso a scarsa permeabilità.

2. Caratteristiche stratigrafiche ed idrogeologiche dell'area di Villa de Mersi

Villa de Mersi è collocata nella zona di transizione tra le due unità morfologiche sopra descritte; la sua posizione viene indicata nella sezione geologica di Fig. 3, che ben esemplifica i rapporti strati-

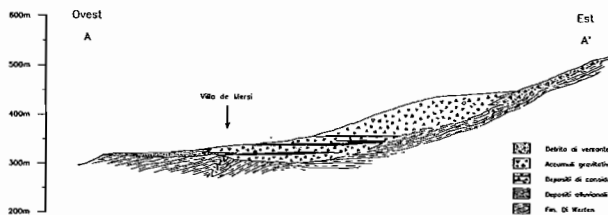


Fig. 3 - Sezione geologica della collina di Villazzano.

grafici delle principali coperture quaternarie presenti in questo settore della collina di Villazzano.

Le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del sito su cui è posta la Villa sono state indagate in dettaglio attraverso la realizzazione di una campagna geognostica condotta con l'esecuzione di tre sondaggi meccanici a carotaggio continuo e di sette sondaggi elettrici verticali.

Nel corso dei sondaggi meccanici, la presenza pressoché costante di significative frazioni granulometriche grossolane nei terreni attraversati, non ha consentito il recupero di campioni indisturbati, le successive analisi geotecniche di laboratorio sono state quindi necessariamente condotte esclusivamente su campioni parzialmente disturbati.

L'indagine geotecnica è stata opportunamente integrata con l'esecuzione nei fori di sondaggio di prove penetrometriche dinamiche con punta conica.

La successione lito-stratigrafica nell'area indagata, alla luce dei dati ottenuti dall'indagine geognostica, risulta caratterizzata da un'alternanza sabbio-limosa e limo-sabbiosa. I livelli di materiale fine, a composizione prevalentemente limosa, non sono molto sviluppati, costituendo corpi a scarsa continuità laterale con spessori massimi attorno al metro. Una maggior presenza di sedimenti fini è stata comunque rilevata nel settore occidentale della Villa.

Il substrato roccioso, è stato individuato nei tre sondaggi a profondità comprese tra 24 m e 27 m dal piano campagna.

La presenza della formazione siltitico-arenacea di Werfen, determina il completo tamponamento del flusso idrico sotterraneo esistente nelle coperture quaternarie; la struttura idrogeologica dell'area può quindi venire convenientemente semplificata considerando una sola unità idrogeologica costituita dalle sole coperture.

Una struttura così definita consente la formazione di una falda idrica di base localizzata nella parte inferiore dei depositi quaternari le cui direzioni di drenaggio vengono fortemente influenzate dalla morfologia del substrato roccioso; i flussi idrici hanno quindi orientazioni compatibili con le direzioni di massima pendenza di tale superficie.

Un ruolo non trascurabile è assunto dalle lenti li-

mose o limo-argillose presenti nella successione stratigrafica del terreno fondazionale di Villa de Mersi.

Esse determinano infatti la possibilità di creare piccole falde sospese, alimentate direttamente da movimenti verticali di infiltrazione (piogge, opere di scarico di acque bianche, condotte idriche sotterranee perdenti) e non in continuità idrica con la sottostante falda di base. In questo senso vengono interpretate alcune presenze idriche individuate in prossimità degli elementi fondazionali ed i cui livelli piezometrici non appaiono tra loro correlati.

3. Risultati ottenuti dalle verifiche di stabilità nell'area di Villa de Mersi

Le analisi condotte sui modelli geotecnici assunti a rappresentare le condizioni del terreno di fondazione di Villa de Mersi, sono state rivolte principalmente alle verifiche delle seguenti cause di dissesto:

- 1) processi di cedimento per consolidazione causati da movimenti della superficie piezometrica;
- 2) presenza di movimento franoso piuttosto superficiale coinvolgente le sole coperture quaternarie;
- 3) presenza di un più vasto movimento gravitativo con superficie di scivolamento impostata in parte nel substrato roccioso.

La possibilità di attribuire parte dello sviluppo dei dissesti riscontrati nella Villa a processi di cedimento per consolidazione per effetto di variazioni cicliche del livello di falda, non troverebbe una sufficiente giustificazione in termini quantitativi; il valore atteso per quanto riguarda i cedimenti assoluti è risultato infatti di circa 1 mm (di poco inferiori quelli differenziali) e ciò a fronte di notevoli variazioni del livello della falda di base, superiori a quanto sia ragionevole supporre in riferimento alle caratteristiche idrogeologiche dell'area.

Relativamente più elevato risulta il cedimento inducibile da una riduzione progressiva della quota minima assoluta della superficie piezometrica fino alla profondità attualmente registrata (-20.5 m dal piano campagna), valutato in circa 5.5 mm. Resta difficile stabilire se tale riduzione si sia realmente verificata nel corso della storia della Villa; la riduzione del livello minimo appare comunque almeno qualitativamente giustificata considerando il possibile effetto sulla falda di base indotto in tempi relativamente recenti dalla captazione di due sorgenti poste a monte della Villa ed alle modificazioni nelle infiltrazioni nel sottosuolo delle acque meteoriche prodotte dall'intensa antropizzazione dell'area.

Le condizioni di stabilità geomorfologica sono state valutate privilegiando un approccio di tipo indiretto, basato su osservazioni di carattere geomor-

fologico, integrate da analisi geotecniche comparate eseguite in settori esterni a Villa de Mersi e caratterizzati da accertati movimenti franosi.

Tale procedura ha consentito di evidenziare sostanziali diversità nell'assetto geomorfologico che distingue il sito su cui sorge la Villa, sintetizzabili in una minore acclività del versante, nell'assenza di livelli stratigrafici con caratteristiche geotecniche scadenti e dotati di significativo spessore ovvero continuità laterale, nella differente orientazione dell'interfaccia substrato roccioso-copertura quaternaria (qui con immersione opposta rispetto alla direzione di massima pendenza del versante per la presenza di una paleovalle oggi completamente sepolta), nell'assenza di importanti deflussi idrici sotterranei.

Anche la possibilità di un vasto movimento che coinvolga l'intero versante con piano di scivolamento molto profondo, localizzato per gran parte all'interno del substrato roccioso, non trova conferma sia nell'analisi geomorfologica dell'area (assenza di forme compatibili con tale dissesto) che nell'integrità strutturale delle opere edificate nelle immediate vicinanze della Villa (strade, muri, edifici, ecc...).

Alla luce delle indagini e delle analisi condotte, sembra quindi difficile attribuire i dissesti riscontrabili nelle strutture in elevazione di Villa de Mersi, direttamente alle condizioni di stabilità geomorfologica e geotecnica del suo terreno di fondazione.

Tali tipi di analisi sono tuttavia soggetti ad errori, inevitabili passando dalle reali condizioni del sito, caratterizzato da una distribuzione non omogenea dei parametri geotecnici, ad uno matematico necessariamente semplificato.

Il grado di attendibilità risulta quindi funzione sia del livello di accuratezza raggiunto nella definizione delle geometrie dei corpi sedimentari costituenti il terreno di fondazione, che dell'attendibilità delle prove geotecniche eseguite.

Nel caso in oggetto ambedue i fattori si sono rilevati alquanto critici, la presenza di un assetto stratigrafico assai complesso, quale quello rinvenibile in una zona di interdigitazione tra sedimenti di origine alluvionale e depositi gravitativi l.s. con processi di trasporto differenziato (sia di tipo selettivo che di massa), implica pronunciate disomogeneità litostratigrafiche, verificate anche a carattere locale nel corso della campagna geognostica.

La stessa natura dei sedimenti che compongono il terreno di fondazione su cui sorge la Villa, costituiti da alternanze di livelli granulometricamente piuttosto grossolani con orizzonti tendenzialmente più fini ma comunque molto poco selezionati ed a struttura fangosostenuta, pone notevoli limiti nell'operare campionature in grado di fornire campioni per le successive analisi di laboratorio sufficiente-

mente rappresentativi e con accettabili gradi di disturbo.

Anche la necessità di ricorrere a parametri geotecnici ottenuti da prove penetrometriche dinamiche a punta conica, comporta l'introduzione nelle analisi di errori, imputabili in sintesi alla limitata attendibilità delle formule di correlazione tra resistenza della punta e caratteristiche geomeccaniche del terreno [TISSONI, 1987; CESTARI, 1990].

L'esigenza di avere conferme più dirette e certe all'ipotesi di una sostanziale stabilità del versante su cui è posta Villa de Mersi, è stata quindi sopperita ricorrendo alla realizzazione di un sistema di monitoraggio ad acquisizione dati parzialmente automatico.

4. Monitoraggio geotecnico strumentale

A fronte della complessità geologica e geotecnica dei terreni su cui sorge la Villa de Mersi e del notevole onere finanziario che l'Amministrazione del Comune di Trento intende sostenere per il restauro della Villa, è stata decisa l'adozione di un sistema di monitoraggio a controllo dello stato fessurativo della struttura in elevazione e delle condizioni deformative del terreno di fondazione.

Infatti, è solo con l'esatta conoscenza della causa di dissesto che si potrà formulare un'efficace ipotesi di progetto finalizzata al ripristino della funzionalità dell'edificio.

Il sistema di monitoraggio operativo presso Villa de Mersi dal marzo 1993, ha quindi lo scopo di misurare nel tempo l'andamento di alcuni parametri ritenuti « chiave » per la verifica delle possibili cause del fenomeno deformativo.

Il sistema comprende misuratori di giunti, termometri, verticali inclinometriche, piezometri e circuiti livellometrici.

Ogni circuito livellometrico è costituito da due tazze (livellometri) contenenti il sensore di misura con un sensore di temperatura e da una canaletta che collega i livellometri (Fig. 4).

L'intero circuito viene parzialmente riempito da un liquido (dibutilftalato) di caratteristiche adeguate all'impiego.

Il principio di funzionamento è quello dei vasi comunicanti, per cui l'abbassamento e/o l'innalzamento di un livellometro rispetto all'altro fa variare il livello del liquido presente nelle tazze tra loro collegate.

Caratteristica principale del sistema è quella di eseguire misure altimetriche differenziali con la precisione dell'ordine del centesimo di millimetro.

I misuratori di giunti o fessuometri (Fig. 5) sono costituiti da una astina mobile legata a due riscontri



Fig. 4 - Livellometro e canalette del circuito n. 2.



Fig. 5 - Misuratore di giunti installati sulla facciata Ovest.

fissi che vanno posizionati ai due lati della lesione della quale si intende misurare l'apertura o chiusura.

Lo strumento è equipaggiato con un trasduttore di spostamento lineare che provvede a trasformare il movimento dell'astina conseguente a una contrazione o a una dilatazione della lesione in un segnale elettrico proporzionale, con una risoluzione del decimo di millimetro.

Attraverso i fessuometri sarà controllato l'evolversi dello stato deformativo della struttura in elevazione; i circuiti livellometrici e le misure effettuate nei tubi inclinometrici consentiranno di verificare se tali deformazioni possano imputarsi a movimenti differenziali delle strutture di fondazione e se questi rappresentino eventualmente il riflesso di movimenti più profondi del versante; alcuni piezometri consentiranno di tenere sotto controllo le fluttuazioni del livello della falda.

Sono quindi oggetto di monitoraggio sia possibili grandezze causa del dissesto che grandezze effetto dello stesso (schema 1).

L'esistenza di più ipotesi di partenza unita alla necessità di misurare in continuo parametri ad esse correlate, ha portato alla realizzazione di una rete di monitoraggio strumentale parzialmente automatica.

Ciò significa che alcuni strumenti sono collegati ad una unità di acquisizione dati in grado di registrare il segnale strumentale, rispettando delle scadenze pre-programmate e modificabili.

L'acquisizione automatica dei dati, è stata riservata alla strumentazione dedicata alla misura di parametri a possibile veloce evoluzione e a quella la cui misura è influenzata dalle variazioni di temperatura.

In questo modo, si potrà evidenziare in fase di elaborazione dati il legame tra i valori strumentali registrati e le variazioni della temperatura.

È a questo scopo che affiancati a livellometri e misuratori di giunti sono installati dei termometri.

Data la lenta evoluzione del fenomeno deformativo, l'impianto di monitoraggio è stato progettato e realizzato al fine di garantirne la durata nel tempo, privilegiando nella scelta degli strumenti aspetti come la robustezza e utilizzando strumentazione da tempo presente sul mercato e usualmente impiegata in monitoraggi strutturali.

Schema 1

POSSIBILE CAUSA DEL DISSESTO	PARAMETRO DA MISURARE	GRANDEZZA
Frana	Movimento orizzontale Livello piezometrico	causa
Cedimento differenziale del terreno di fondazione	Livello piezometrico Cedimento differenziale dei pilastri Apertura e/o chiusura di lesioni Temperatura	causa effetto effetto causa
Strutturale	Apertura e/o chiusura di lesioni Temperatura	effetto causa

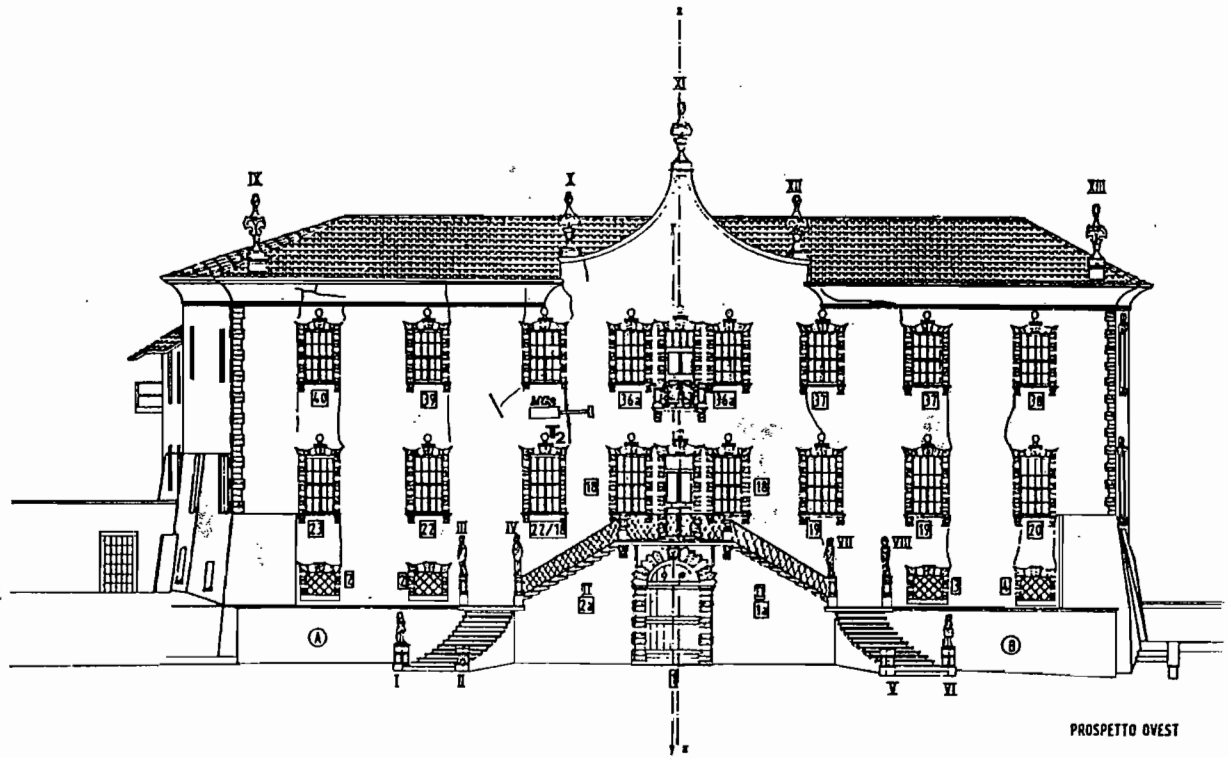


Fig. 6 - Ubicazione strumenti sulla facciata Ovest della Villa.

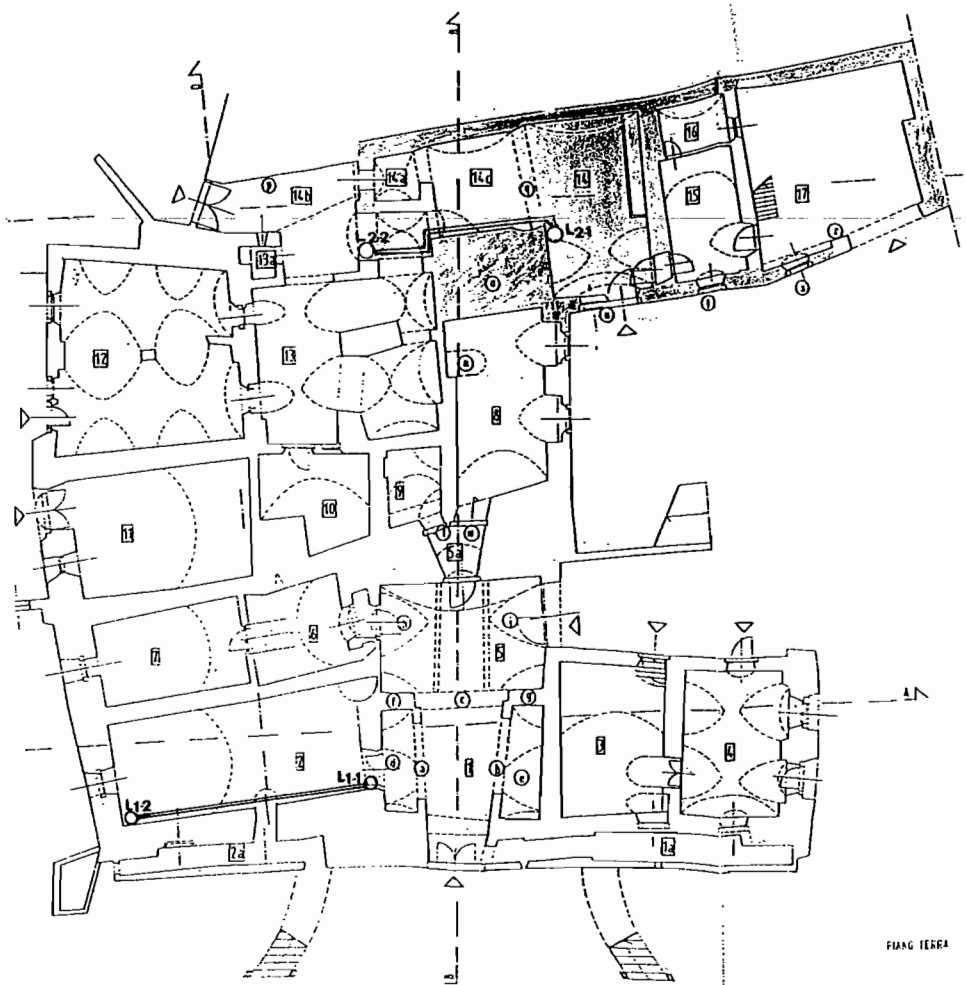


Fig. 7 - Ubicazione planimetrica della strumentazione al piano terra.

Il sistema si compone di un impianto di controllo del corpo principale della Villa (Figg. 6, 7, 8) ed uno realizzato alla barchessa (Fig. 7, 9).

Il primo impianto è costituito da:

- un circuito livellometrico a due tazze posizionato entro la stanza n. 2 del piano terra;
- tre misuratori di giunti posizionati rispettivamente nella stanza n. 23 del primo piano, nella piccola stanza laterale del salone principale e sulla facciata Ovest;
- due termometri ubicati sulla facciata Ovest e nella stanza n. 22.

Il secondo impianto, relativo alla barchessa, è costituito da:

- un circuito livellometrico a due tazze, ubicato

nelle stanze n. 14 e 14b a circa 50-60 cm dall'attuale pavimento;

- un misuratore di giunti e da un termometro posizionati entrambi sulla facciata Ovest della piccola cappella di famiglia (Fig. 10).

I cavi elettrici strumentali sono raccolti e centralizzati nell'unità automatica di acquisizione dati che provvede a registrare il segnale proveniente dagli strumenti.

L'applicazione dei sistemi automatici di acquisizione dati è importante in questo tipo di controlli, in quanto soddisfa l'esigenza di rilevare informazioni in modo continuo senza l'ausilio di uomini o mezzi.

Ogni due mesi circa le misure memorizzate vengono prelevate mediante collegamento seriale tra

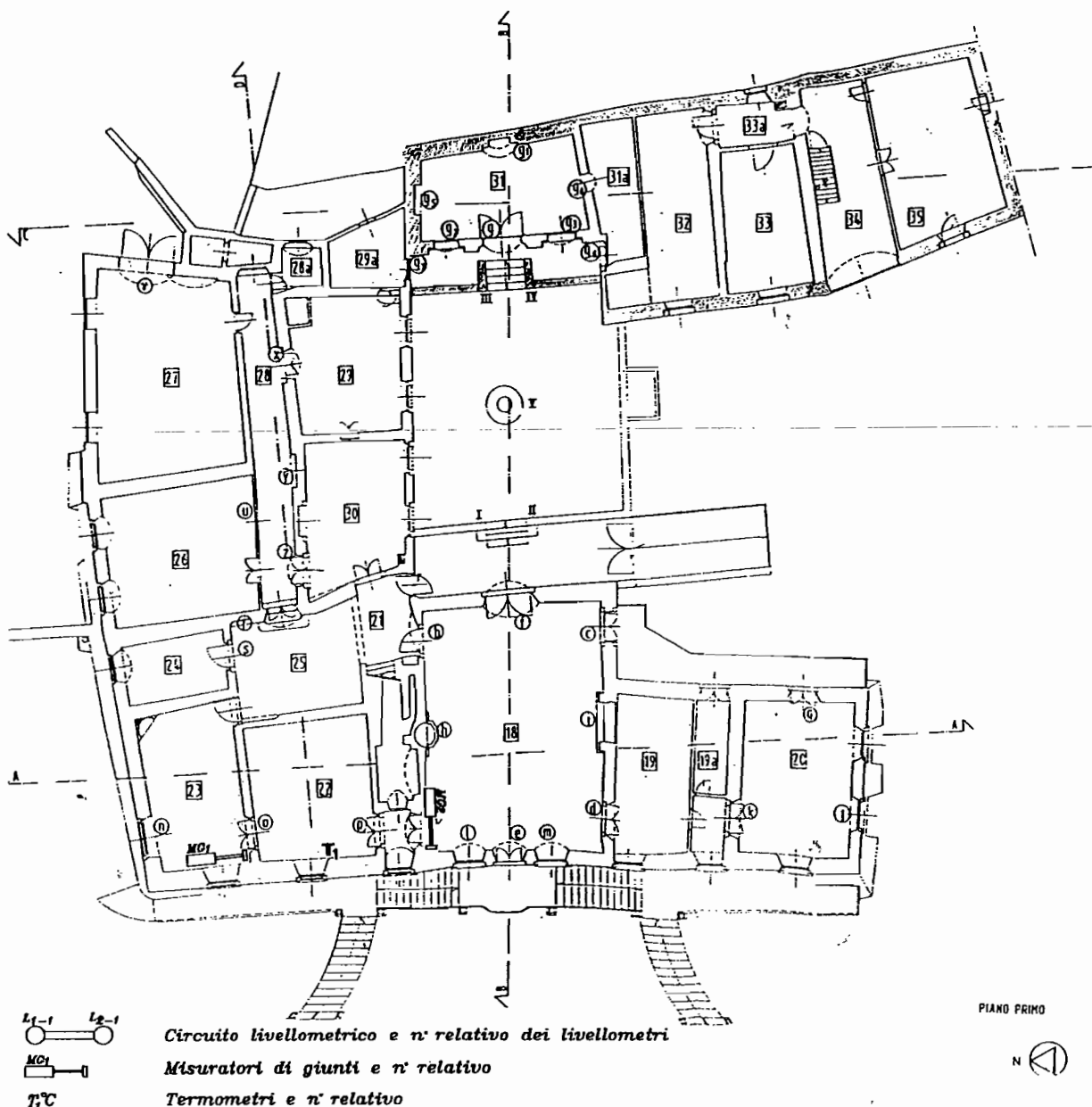
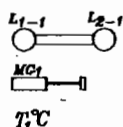
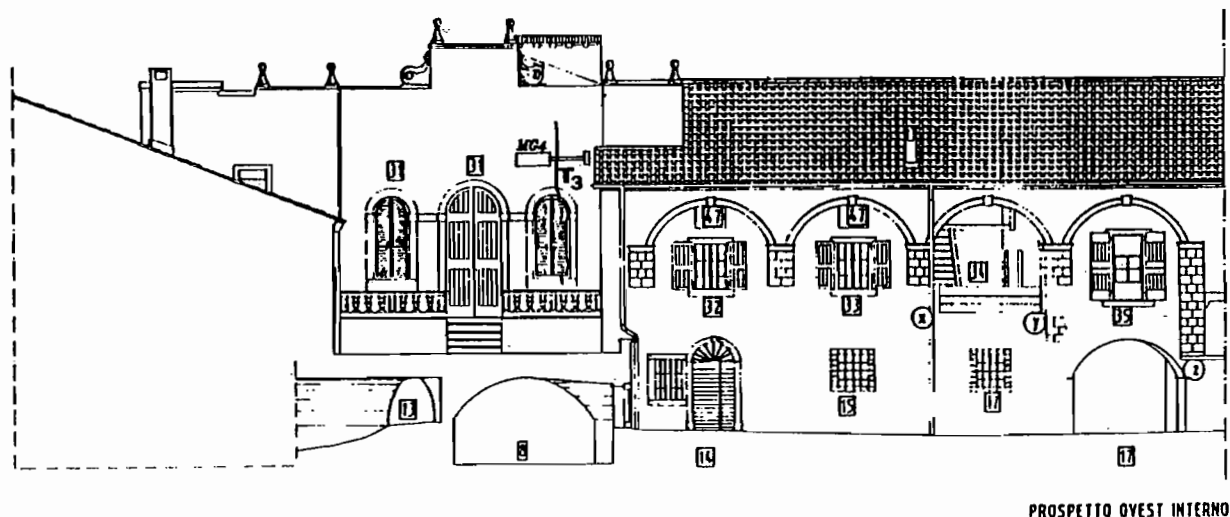


Fig. 8 - Ubicazione planimetrica della strumentazione al primo piano.



Circuito livellometrico e n° relativo dei livellometri

Misuratori di giunti e n° relativo

Termometri e n° relativo

Fig. 9 - Ubicazione strumenti sulla facciata della cappella di famiglia.

l'unità di acquisizione dati ed un Personal Computer portatile.

Parametro da misurare, tipologia strumentale e modalità di lettura sono riassunti nello schema 2.

5. Misure

I dati rilevati fino a questo momento dalla strumentazione posta sulla struttura in elevazione (misuratori di giunti e livellometri), hanno evidenziato la chiara influenza che le variazioni di temperatura esercitano sulle misure effettuate; ciò è dovuto essenzialmente a due componenti: la prima è l'azione diretta che l'irraggiamento solare diurno ha sulle parti metalliche dello strumento; la seconda, molto più importante da un punto di vista quantitativo, è dovuta al «respiro» che le lesioni dell'edificio hanno, in conseguenza delle variazioni termiche dell'ambiente circostante. Nei due grafici seguenti (Figg. 11, 12) viene riportato l'andamento delle coppie fessurometro-termometro installate presso l'atrio e la sala del primo piano.

Nel primo grafico è ben evidente come il controllo esercitato dalla temperatura sulla apertura/chiusura della lesione si traduce in un ciclo giornaliero e in un ciclo stagionale; quest'ultimo è caratterizzato da

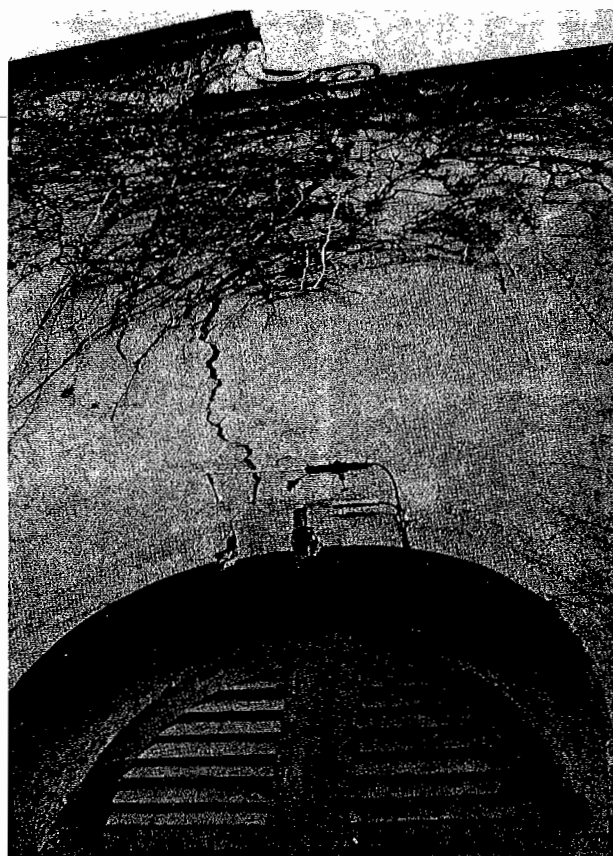


Fig. 10 - Misuratore di giunti e termometro installati sulla facciata Ovest della cappella di famiglia.

Schema 2

PARAMETRO DA MISURARE	STRUMENTO	MODALITÀ DI LETTURA
Movimento orizzontale profondo del terreno di fondazione	Tubo inclinometrico	manuale - trimestrale
Livello piezometrico	Piezometro	manuale - quindicinale
Cedimento differenziale dei pilastri di fondazione	Circuito livellometrico* differenziale	automatica - ogni tre ore
Apertura e/o chiusura di lesioni	Misuratore di giunti	automatica - ogni tre ore
Temperatura	Termometro	automatica - ogni tre ore

* In ogni singolo livellometro si trova un termometro per la misura della temperatura interna alla tazza, e anche questa misura viene effettuata in maniera automatica ogni tre ore.

spostamenti per «gradini» non riassorbiti al termine del ciclo termico giornaliero. Nel secondo grafico, i ridottissimi spostamenti rilevati testimoniano come in lesioni di scarsa entità anche l'influenza della temperatura sia quasi irrilevante.

La linea che media i valori di temperatura e quella di chiusura/apertura delle lesioni riportata nei grafici è stata ottenuta statisticamente con il metodo delle medie mobili, utilizzando le otto misure più vicine nel tempo a quella da mediare.

Una conferma dell'assoluta dipendenza dalla temperatura dei valori rilevati viene dal diagramma spostamenti-temperatura, in cui pressoché tutti i valori si dispongono lungo una retta.

Per quanto riguarda i circuiti livellometrici si osserva una correlazione inversa tra temperatura e livello misurato; all'aumentare del valore di temperatura corrisponde quindi un'apparente innalzamento del pilastro al quale è stato reso solidale il livellometro (Fig. 13, nel grafico sono riportati i valori mediati con il metodo delle medie mobili).

Per i circuiti livellometrici, la quantificazione dell'effetto della temperatura sulla misura è più complessa in quanto si è in presenza di un sistema a vasi comunicanti e occorre quindi tenere in considerazione tutto il sistema e non solo il singolo livellometro.

In questo caso, al fine di depurare dagli effetti termici la misura, è stata dapprima costruita, utiliz-

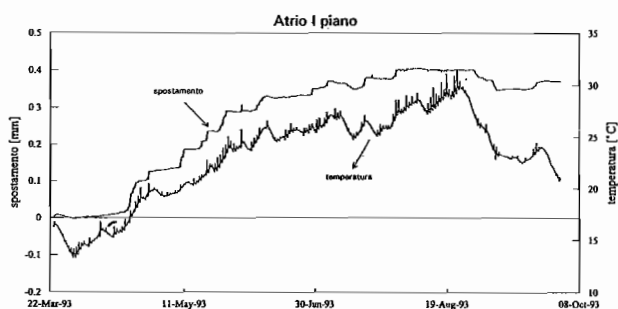


Fig. 11 - Spostamenti e temperatura rilevati dell'atrio del 1° piano.

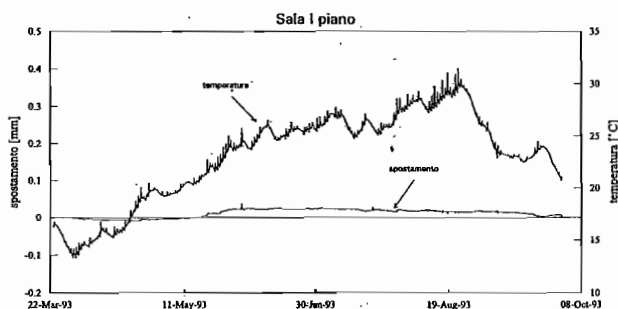


Fig. 12 - Spostamenti e temperatura rilevati in una sala del 1° piano.

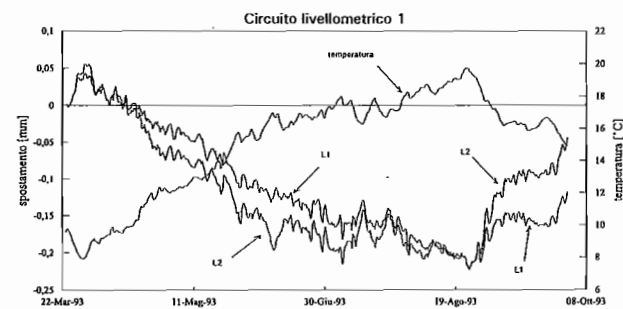


Fig. 13 - Dato privo di qualunque tipo di correzione relativo all'andamento del livello e della temperatura.

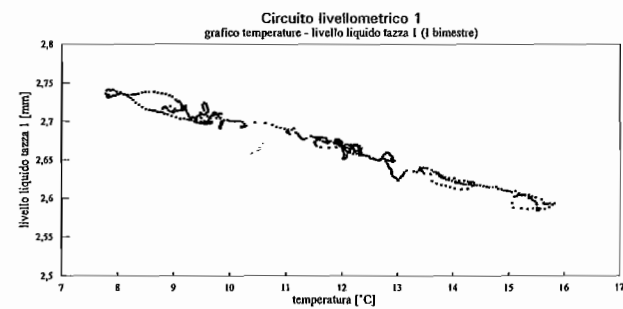


Fig. 14 - Correlazione livello-temperatura nelle tazze del circuito livellometrico n. 1, rilevato nei primi due mesi di funzionamento.



Fig. 15 - Cedimenti rilevati nel circuito livellometrico n.1, depurati dell'effetto temperatura.

zando i dati dei primi due mesi, una curva temperatura-livello del liquido nella tazza, operando così una taratura in sito sul reale comportamento del livellometro al variare della temperatura (Fig. 14).

Successivamente si è proceduto alla determinazione dello spostamento relativo tra ciascuna coppia di tazze, operando per semplice differenza tra i valori di altezza del liquido misurati, corretti dall'effetto termico (Fig. 15).

Gli spostamenti residui ottenuti sino ad oggi risultano essere molto contenuti (inferiori a 0.2 mm), evidenziando inoltre una buona correlazione con le

oscillazioni cicliche stagionali della falda di base. Quest'ultima ha infatti progressivamente aumentato il suo livello piezometrico nel periodo aprile-maggio (-20.0 m p.c. il 31/03/93, -14 m p.c. il 05/06/93), rimanendo praticamente costante sino a metà agosto (-14.7 m p.c. il 17/08/93) e subendo una rapida diminuzione nel periodo settembre-ottobre (-20.5 m p.c. il 08/10/93).

Le letture inclinometriche vengono effettuate con sonda inclinometrica removibile dotata di sensore servoassistito in grado di garantire la ripetibilità di 1 mm ogni 10 m misurati, pertanto i ridotti spostamenti rilevati fino ad oggi rientrano ampiamente nell'errore strumentale (Fig. 16).

6. Conclusioni

Il sistema di monitoraggio adottato a Villa de Mersi per il controllo coordinato dello stato deformativo della struttura in elevazione e del suo terreno di fondazione sta fornendo un valido contributo per una più precisa quantificazione dei fattori di instabilità individuati inerenti al dissesto complessivo della Villa.

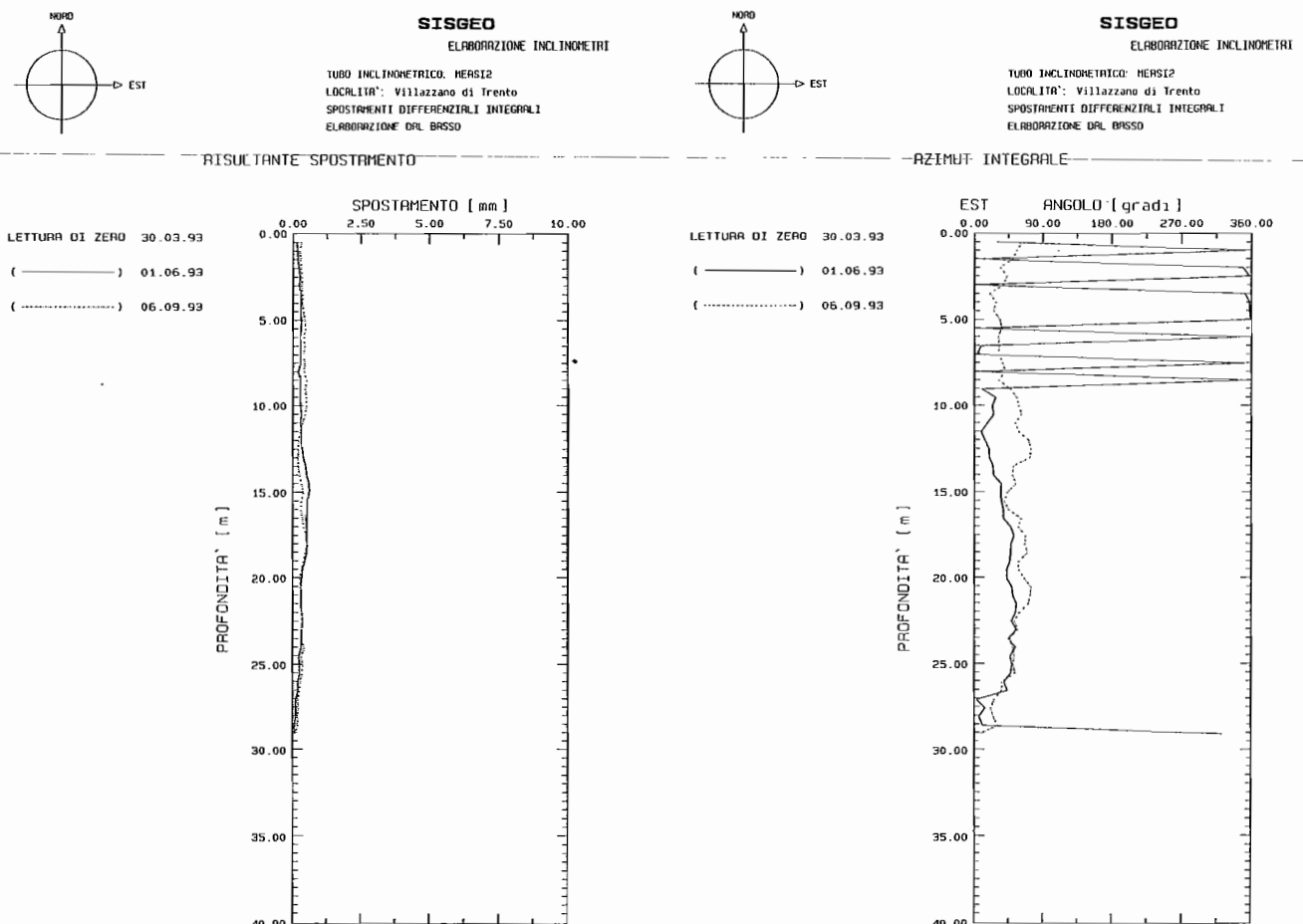


Fig. 16 - Spostamento e azimuth rilevati nel tubo inclinometrico n. 2.

La strumentazione installata consente infatti di registrare nel tempo sia le grandezze effetto che quelle causa del dissesto, mettendone in evidenza le eventuali correlazioni.

Tale operazione risulta di fondamentale importanza operando in situazioni in cui i fenomeni deformativi della struttura possono essere attribuiti a più cause e le caratteristiche geologico-strutturali del luogo non consentono di procedere ad una modellizzazione geotecnica del sedime fondazionale sufficientemente precisa.

BIBLIOGRAFIA

- CESTARI F. (1990) - *Prove geotecniche in sito*. Cap. 6, Edit. Geo-Graph, Seriate.
- DE VITO S., FERRARI M., LAMPERTI R. (1992) - *Problematiche e tecnologia del monitoraggio del palazzo del Campidoglio*. Restauro, n. 121, pp. 27-51.
- TISSONI A. (1987) - *La prova SPT e SCPT a confronto nei terreni fluvio-glaciali della pianura torinese*. Geologia tecnica, n. 4, 87, pp. 27-36.
- TREVISAN L. (1941) - *La struttura geologica dei dintorni di Trento*. St. Trent. Sc. Nat., XXII, fasc. III, pp. 1-15, Trento.

SUMMARY

Since march 1993 it has been installed in Villazzano of Trento an instrumental network with a data automatic acquisition system.

It is aimed at checking Villa de Mersi wall-structure creaks and its base-ground deformative conditions.

Villa de Mersi, built in XVIII century on a pre-existent fifteen-hundred nucleus, is at present on precarious state of conservation.

The Town Council Administration of Trento has financed a restoring intervention and a parcial restructuring of the building which will be destined, in the future, to public purpose.

This imposes an accurate survey of the state of degradation of the building in order to identify the geological and structural components of the actual disset.

Geognostic field investigation and geotechnical laboratory tests have been proceeded to define the stratigraphy of the site on which Villa de Mersi is located.

The analyses of tests have shown the difficulty to lead back the base-ground complicated morphology to a reliable mathematic model.

Therefore the necessity of having more direct informations to the hypothesis of the real stability of the structure has determined the choice to realize an instrumental monitoring system.

The instrumentation will allow to follow in real time the evolution of the structural and geotechnical events with a particular attention to the deformative field-structure interactions.

The monitoring system will give specific and important informations on the field site and on the structural stability of Villa de Mersi.

Ringraziamenti

Gli Autori intendono ringraziare l'Amministrazione Comunale di Trento che ha consentito la pubblicazione del presente lavoro e gli architetti Ennio Dandrea, Lucia Franceschi e Stefano Brigadoi del Servizio Restauro del Comune, per la cortese disponibilità e la documentazione fornita.