

**Le conoscenze attuali dei movimenti del suolo nell'area italiana.
Proposte per un coordinamento delle ricerche in atto in con-
siderazione delle nuove strumentazioni e tecniche operative.**

(The present knowledges of the ground motions in the Italian area.
Proposals to a co-ordination of the researches carried out in view both
of new instrumentals and operative techniques)

P. BALDI * - D. POSTPISCHL * - M. UNGUENDOLI ** - S. ZERBINI *

Received on April 30 th, 1978

ABSTRACT.

The significance of monitoring crustal deformations related to various geophysical phenomena is pointed out; both classical geodetic methods and modern spatial techniques are reviewed. The analysis of the state of the art in Italy is carried out with particular concern to surveys in seismic and volcanic areas.

(*) Istituto di Geofisica - Università di Bologna.

(**) Istituto di Topografia, Geodesia e Geofisica Mineraria - Università di Bologna.

RIASSUNTO.

Dopo una breve premessa sull'importanza del controllo delle deformazioni della crosta associate a vari fenomeni geofisici, si prendono in esame i metodi di misura sia di tipo tradizionale che quelli applicanti le moderne tecniche spaziali. Segue quindi una analisi della situazione italiana con particolare riguardo ai lavori in atto in zone sismiche e vulcaniche.

1. INTRODUZIONE.

Lo studio dei movimenti crostali recenti, per mezzo di misure ripetute su reti geodetiche preesistenti appositamente installate nelle zone di interesse, ha avuto negli ultimi anni uno sviluppo notevole, in quanto i dati ottenuti permettono la taratura ed il controllo di modelli ed ipotesi geodinamiche che difficilmente troverebbero soluzione in un ambito puramente geologico e geofisico. Tali misure introducono un elemento quantitativo fondamentale, in quanto è dimostrato che alle zone di maggiore deformazione (non elastica) corrispondono zone di particolare instabilità geofisica come zone sismiche, zone vulcaniche e zone di subduzione. Negli ultimi anni le ipotesi riguardanti la deriva dei continenti e l'allargamento dei fondi oceanici sono state sintetizzate nella nuova teoria della tettonica a zolle che spiega l'attuale attività tettonica e la sismicità della crosta terrestre, come risultante dalla interazione di un piccolo numero di grandi piastre rigide i cui contorni individuano le fasce sismiche del mondo. Il modello è basato sulla osservazione che la maggior parte dell'energia meccanica liberata sulla superficie della terra è consumata in poche zone orogenetiche, zone in cui sono in corso notevoli deformazioni superficiali accompagnate da una intensa attività sismica. Le grandi piastre, delineate dalle fasce sismiche, sono soggette a deformazioni solo lungo i bordi e i movimenti dell'interno della piastra sono limitati a rari movimenti pirogenetici. Le zone sismiche, cioè, individuano, se-

condo questo modello, le zone dove avvengono i movimenti principali tra i piatti rigidi crostali. Le misure geodetiche, ripetute su reti impiantate sopra queste fasce, possono permettere la valutazione di tutti quei parametri che aggiunti a informazioni di tipo geologico e geofisico forniscono una indicazione del regime di attività geodinamica della zona.

Alcuni modelli di frattura dei materiali rocciosi applicati alla crosta terrestre hanno permesso di interpretare fisicamente le variazioni rapide che numerosi parametri mostrano prima di un terremoto (Pieri L., Postpischl D., 1977); tra questi rivestono un ruolo fondamentale le misure di deformazione.

Controlli geodetici in aree vulcaniche hanno mostrato poi la notevole correlazione esistente tra deformazione e attività del vulcano, qualificando quindi questo tipo di misure anche nel campo della previsione delle eruzioni.

A questi problemi, di carattere geofisico generale, si associano problemi a carattere più specificamente locale quali gli studi sulla subsidenza di aree di particolare sviluppo industriale, o aree di particolare insediamento urbano, i problemi connessi alla stabilità dei versanti, e in generale tutti i problemi legati alla conservazione dell'ambiente.

Lo scopo di questo lavoro è quello di inquadrare le ricerche e le tecniche operative del settore e valutare la situazione italiana in vista di un coordinamento generale delle stesse che si rivela ogni giorno sempre più necessario per evitare la dispersione dei risultati ed in particolare una utilizzazione limitata degli stessi.

2. GEODINAMICA DEL MEDITERRANEO.

Se consideriamo il bacino del Mediterraneo e l'Italia in particolare, il generale allineamento Est-Ovest del ripiegamento alpino e le evidenze geologiche e sismiche per una compressione Nord-Sud, si inquadrano nello schema risultante dalla tettonica a zolle, dello scontro tra la parte del proto-continente Gondwana

con la massa continentale Euroasiatica (Dietz R.S., Holden J.C., 1970; Wezel F.C., 1970).

Il bacino del Mediterraneo si presenta come un complesso di piccoli bacini oceanici, la cui origine, come quella di altri piccoli bacini, è ancora poco chiara (McKeinzie D.P., 1970; McKeinzie D.P., 1972). Le due alternative genetiche di base sono movimenti orizzontali, con conseguente formazione di crosta oceanica, oppure movimenti verticali con conseguente assimilazione della crosta continentale da parte del mantello superiore.

Sulla base della fisiografia e della struttura della crosta, il Mediterraneo può essere tuttavia diviso in due parti con l'elemento separatore costituito dall'arco calabro (Selli R., 1967; Morelli C., 1970; Morgan W.J., 1971; Selli R., Fabbri A., 1971). In questa zona assistiamo ad una correlazione di tutti gli elementi geofisici disponibili a favore di un modello del tipo degli archi circumpacifici. Infatti a Nord della Sicilia e all'interno dell'arco calabro si hanno ipocentri profondi fino ad un massimo di 484 chilometri e forti anomalie gravimetriche. Il modello di subduzione che si ricava (Caputo M., Panza G.F., Postpischl D., 1970; Caputo M., Panza G.F., Postpischl D., 1972) implica movimenti orizzontali e verticali delle masse continentali coinvolte che, data la loro vicinanza (Stretto di Messina), si può pensare di controllare quantitativamente con misure geodetiche. Altre zone dove si può pensare alla installazione di controlli geodetici si possono individuare in diversi punti dell'arco alpino e lungo gli Appennini in aree di particolare instabilità geofisica.

Nelle Alpi l'antico oceano con i suoi bacini profondi e i suoi margini continentali ha subito un raccorciamento crostale che può essere stimato in oltre 500 chilometri. E' evidente che solo la parte più superficiale della litosfera soggetta a compressione è stata incorporata nelle Alpi, il resto deve essere sprofondato nella astenosfera. Quello che risulta in superficie è un sistema di deformazioni piuttosto complicato e di diverse dimensioni, che è interessato a Sud da una notevole zona di faglia chiamata linea insubrica (Knopoff L., Muller S., Pilant W.L., 1966; Finetti I., Morelli C., 1972). Dati ricavati da studi di paleomagnetismo (De Jong K.A., Manzoni M., Zijdeveld J.D.A., 1969; Boccaletti

M., Guazzone G., 1970; Alvarez V., 1972) indicano la rotazione antioraria del blocco Corsica-Sardegna, e la rotazione della parte meridionale delle Alpi che, producendo forti spinte da Ovest, ha portato alla formazione degli Appennini. Questi sono caratterizzati da elementi tettonici e strutturali ancora oggi in parte attivi come risulta da un'analisi della sismicità italiana (Giorgetti F., Iaccarino E., 1971; Caputo M., Keilis-Borok V.I., Konrod T.L., Molcan G.M., Panza G.F., Piva A., Podgajzkaja V.M., Postpischl D., 1973; Carozzo M.T., De Visentini G., Giorgetti F., Springer M., 1974; Caputo M., Postpischl D., 1975). Nell'Italia settentrionale, comunque, i movimenti che hanno portato gli Appennini e le Alpi nell'attuale posizione devono essere oggi molto diminuiti, in quanto le masse continentali sono praticamente a contatto. Un'ipotesi interessante interpreta la pianura padana, caratterizzata da sedimenti con uno spessore comparabile alla profondità dei bacini oceanici, come un paleo-oceano riempito di sedimenti; questi, in determinate condizioni, potrebbero manifestare un comportamento viscoplastico, cioè presentare dei moti di scorrimento analoghi a quelli che caratterizzano lo scorrimento dei ghiacciai (Caputo M., Folloni G., 1975).

E' evidente che il controllo geodetico delle deformazioni in atto può portare elementi decisionali nella determinazione delle zone di possibile origine dei terremoti e quindi conferisce a questo tipo di misure un ruolo fondamentale nello schema di studio che porta alla compilazione di mappe di rischio sismico.

Lo studio dei movimenti del suolo che precedono un terremoto, ha mostrato che la zona di maggiore deformazione corrisponde circa all'area individuata dagli epicentri delle repliche della scossa principale. Quest'area sembra interessata da un fenomeno osservato e studiato in laboratorio su solidi sottoposti a stress, che consiste in un aumento di volume anelastico prima della rottura (Robertson E.C., 1960; Brace W.F., Pauling B.W., Scholz C., 1966; Nur A., 1972; Ismail I.A., Hand Mubrell S.A., 1976, Biagi P.F., Caloi P., Migani M., Spadea M.C., 1976). L'aumento di volume è dovuto alla formazione e alla propagazione di minuscole fratture, che comportano cambiamenti significativi delle proprietà fisiche della roccia stessa e conseguentemente possono fornire una base quantitativa per la previsione dei ter-

remoti attraverso l'osservazione di parametri che dipendono da queste caratteristiche. In particolare l'aumento di volume dell'area dilatante provoca delle deformazioni della crosta che possono essere osservate per mezzo di controlli geodetici che quindi possono essere utilizzati anche per formulare delle previsioni. Prima del terremoto di Niigata in Giappone (16 giugno 1964, $M = 7.5$) i dati di livellazione indicano una rapida variazione della quota di alcuni vertici nel periodo dal 1955 al 1959 ed una tendenza ad invertire il senso del movimento poco prima della scossa (Dambara T., 1973). Lungo la faglia di S. Andrea sono state osservate correlazioni strette tra variazioni di inclinazione del terreno e circa 10 terremoti (Johnston M.J., Mortensen C.E., 1974).

In occasione dello sciame di terremoti di Matsushiro è stato osservato un innalzamento del suolo che ha raggiunto un massimo di 70 cm (Stuart W.D., Johnston M.I.S., 1975).

Questi esempi, ed altri meno appariscenti, hanno permesso di risalire a relazioni empiriche tra le dimensioni dell'area di anomalia, la durata del periodo di anomalia e l'energia liberata nel terremoto (Whitcomb J.H., Garmany J.D., Anderson D.L., 1973; Scholz C.H., Sykes L.R., Aggorwal Y.P., 1973).

Anche in campo vulcanologico i controlli geodetici hanno assunto un ruolo determinante; infatti le correlazioni tra entità e durata delle deformazioni ed eruzioni sono notevoli e quindi si hanno buone possibilità previsionali. L'andamento tipico delle deformazioni è rappresentato da un rigonfiamento progressivo della zona di fuoriuscita del magma, dovuto al riempimento di serbatoi magmatici, seguito da un rapido ritorno alle condizioni iniziali nel corso dell'eruzione. I controlli geodetici comunque permettono di individuare l'instaurarsi di condizioni eruttive e di localizzare le zone di probabile fuoriuscita del magma, fornendo indicazioni di base per la compilazione di carte di rischio vulcanico.

Le carte di rischio sismico e le carte di rischio vulcanico non sono altro che elementi da utilizzare, assieme ad altre rappresentazioni tematiche, per una programmazione di utilizzo del territorio sulla base di analisi del tipo costo-benefici per la quale è necessario disporre di informazioni complete ed affe-

renti a diverse discipline. In particolare si vuole conoscere il legame esistente tra la probabilità di un certo evento, in una determinata area, ed il danno causato dalla perdita economica prodotta dall'evento stesso. Chiaramente in questo senso valutazioni della stabilità dei versanti, fenomeni di subsidenza, variazioni del livello marino, ecc. possono fornire elementi decisionali in ipotesi di utilizzo territoriale.

3. TECNICHE OPERATIVE.

Anche in relazione alle esigenze di una migliore valutazione dei movimenti e delle deformazioni della crosta, oltre che per una migliore definizione del geoide, le tecniche geodetiche hanno avuto in questi ultimi anni un grande sviluppo, sia dal punto di vista della strumentazione e dell'elaborazione dei dati, sia con l'introduzione di metodologie nuove legate ai progressi dell'elettronica ed all'impiego dei satelliti artificiali.

I metodi classici di triangolazione permettono di ottenere, nella determinazione dei lati di un triangolo, precisioni dell'ordine di 10^{-5} (Bomford G., 1975), che non sempre sono sufficienti ad evidenziare le deformazioni, in generale molto lente, caratteristiche dei processi tettonici. Migliori risultati si ottengono attualmente con l'impiego di distanziometri elettronici che consentono di raggiungere precisioni dell'ordine di 10^{-6} , nella misura di distanze a partire da pochi metri fino a 50 km ed oltre (Wood L.E., 1971). Tali distanziometri possono essere usati sia da soli, sia accoppiati a teodoliti. Tuttavia, per alcuni studi di tipo geofisico, quali per esempio quelli intesi alla previsione dei terremoti, la precisione degli attuali distanziometri elettronici non è sempre sufficiente per registrare l'evoluzione dei fenomeni in atto. E' evidente quindi la necessità di un netto miglioramento dei risultati ottenibili, con la ricerca di nuove strumentazioni e tecniche operative.

Il problema principale in questo tipo di misure consiste nella valutazione dell'indice di rifrazione lungo la traiettoria

del raggio. Una stima dell'indice di rifrazione medio può essere fatta tramite misure di temperatura, pressione ed umidità dell'aria, o agli estremi della linea di mira, come abitualmente viene fatto, oppure misurando i parametri atmosferici lungo la linea di mira con l'ausilio di elicotteri, aerei o palloni, con evidente aggravio di lavoro e di spesa. Quest'ultimo metodo tuttavia è consigliabile quando le distanze in gioco sono rilevanti, o quando la morfologia del terreno può causare discontinuità notevoli nelle condizioni atmosferiche (Seastamoinen J., 1965; Savage J.C., Prescott W.H., 1973; Savage J.C., Burford R.O., 1973; Parm T., 1975). Per piccole distanze (3 km come massimo) esistono apparati, caratterizzati dall'essere privi di errori ciclici di fase e di possedere un compensatore automatico di correzione per l'indice di rifrazione, che permettono una risoluzione al di sotto del millimetro (Froome K.D., 1971; Bradsell R.H., 1971). Attualmente sono in fase di sperimentazione distanziometri operanti con luce di due diversi colori. Questo metodo sfrutta il principio della dispersione nell'aria della radiazione elettromagnetica e può permettere di correggere in parte l'influenza delle condizioni atmosferiche sulla misura stessa. La precisione così ottenibile è dell'ordine di 10^{-7} (Bender P.L., Owens J.C., 1965; Pieri L., Unguendoli M., 1967; Hernandez E.N., Earnshaw K.B., 1972; Bouricious G.M.B., Earnshaw K.B., 1974; Querzola B., 1974; Shipley G., 1976; Hugget G.R., Slater L.E., 1977). In questo caso la maggior sorgente di errore non strumentale, è l'incertezza nella concentrazione della pressione di vapor d'acqua lungo la linea di mira. Infatti un errore di un mbar nella determinazione della pressione parziale del vapor d'acqua causa un errore relativo di 10^{-7} sulla distanza calcolata (Slater L.E., Huggett G.R., 1976).

Con l'ausilio di una terza lunghezza d'onda (microonde) è possibile minimizzare anche quest'ultima fonte di errore. Tompson (1968), analizzando la tecnica delle tre lunghezze d'onda, ha calcolato che si possono ottenere precisioni dell'ordine di 10^{-8} su distanze fino a 50 chilometri.

Per piccole distanze e stazioni fisse, possono essere utilmente impiegati due tipi di strainmeters, meccanici o ottici (Berger J., Levine J., 1974; Levine J., 1974; Sydenham P.H., 1974;

Goulty N.R., 1976). Ad esempio, con un raggio laser in un tubo a vuoto spinto e sistema di misura interferometrico, sono state raggiunte precisioni dell'ordine di $10^{-8} \div 10^{-9}$ (Goulty N.R., King G.C.P., Wallard A.J., 1974; King. G., Bilham R.A., 1976). Sono evidenti però i limiti di tali apparati per studi a largo raggio; va inoltre rilevato che, nello studio di fenomeni a lungo periodo, risulta difficile poter distinguere le derive strumentali ed altri tipi di perturbazione, dal segnale del terreno.

Un esempio di applicazione estensiva dei vari metodi geodetici per il controllo dei movimenti orizzontali, si ha nell'area interessata dalla faglia di S. Andrea in California, dove a partire dall'inizio del secolo l'U.S. Coast and Geodetic Survey ed altri enti, hanno effettuato e tutt'ora effettuano campagne di rilievi geodetici (Burford K.M., 1971; Meade B.K., 1975; Savage J.C., Spieth M.A., Prescott W.H., 1976). Ad esempio, lungo questa faglia, presso Palmdale, è stata osservata dal 1971 al 1975 una deformazione prodotta da una tensione uniforme di $0.21 \pm 0.03 \mu$ strain per anno, con direzione di massimo scorrimento parallela alla faglia stessa (Prescott W.H., Savage J.C., 1976). Il confronto con triangolazioni e trilaterazioni eseguite in precedenza, mostra che la velocità di accumulo di strain, interpretabile secondo il convenzionale modello di dislocazione della faglia di S. Andrea con uno scorrimento pari a 50 mm per anno, è stata costante negli ultimi 40 anni.

Per quanto riguarda lo studio delle deformazioni verticali del suolo, le tecniche moderne permettono di operare con precisioni elevatissime, sia per quel che riguarda movimenti localizzati, sia per lo studio di aree molto vaste. Nel primo caso infatti si possono determinare con estrema precisione le variazioni di inclinazione di basi, opportunamente scelte, attraverso l'impiego di tiltmetri e clinometri che possono dare anche una registrazione continua di detti movimenti. I pendoli orizzontali registrano variazioni molto rapide di inclinazioni del suolo mentre, per perturbazioni a più lungo periodo, le derive strumentali rendono difficoltosa l'interpretazione della registrazione stessa (Chiaruttini C., Zadro M., 1976; Goulty N.R., 1976). I tiltmetri idrostatici consentono di ottenere risoluzioni nelle variazioni di dislivello di $10^{-8} \div 10^{-9}$ radianti per chilometro (Tsumura K.,

1959; Jones L., Van den Auwelant, 1968; Hugget G.R., Slater L.E., 1976), fra questi quelli a mercurio utilizzano sistemi di lettura del livello del liquido assai più accurati di quelli ad acqua. Possiamo citare, come esempio di registrazioni effettuate con questa strumentazione, le misure eseguite nel 1970 presso S. Francisco, in concomitanza con terremoti aventi magnitudo maggiore di 4. Durante questo periodo, a distanza di 25÷45 chilometri ad Ovest dell'area epicentrale, sono stati registrati, prima degli eventi principali, due tipi di variazione di inclinazione, uno a lungo periodo (un mese) e con velocità costante di $8 \cdot 10^{-10}$ radianti per ora, ed un altro a corto periodo (un giorno), con presenza di accelerazioni nel movimento subito prima degli eventi. Gli effetti rilevati risultano più pronunciati quanto minore era la distanza delle stazioni dall'area epicentrale (Wood M.D., Allen R.V., 1971).

Un'altra interessantissima applicazione di clinometri a doppia livella (Cooper G.L., 1970), la cui stabilità nel tempo risulta essere molto elevata (Kohlenberger C.V., Cooper G.L., Schmars W.T., 1973), è quella in corso in una rete di sorveglianza di vulcani attivi, lungo le coste occidentali americane; i clinometri ed i sismografi installati presso 15 vulcani dall'Alaska al Nicaragua trasmettono infatti automaticamente i dati, via satellite ad un centro di raccolta a Menlo Park, in California (Endo E.T., Vard P.L., Harlow D.H., Hallen R.V., Eaton J.P., 1974).

Qualora l'area in esame sia più vasta e si vogliono determinare movimenti altimetrici di punti su di essa distribuiti, il metodo che si impiega è quello della livellazione geometrica di precisione che, con la moderna strumentazione, permette di raggiungere precisioni nella determinazione della differenza di quota dell'ordine di $0.4 \div 0.6$ mm per chilometro di distanza. Quindi, attraverso la ripetizione delle misure, si possono misurare eventuali movimenti relativi fra i punti stessi.

Negli ultimi anni, anche per l'importanza assunta nel campo dello studio dei movimenti del suolo dalle tecniche di livellazione, si stanno sviluppando numerosi studi teorici ed applicativi per il miglioramento dei risultati raggiungibili. La strumentazione infatti è in continua evoluzione; si tende soprattutto al controllo delle influenze termiche sullo strumento ed

al miglioramento della graduazione e della calibrazione delle stadiè (Unguendoli M., 1975; Vyskocil P., Benes F., 1975). Sono anche in fase sperimentale livelli di concezione nuova, basati sull'impiego di un raggio laser (Manzoni G., 1975). Inoltre si dà sempre più importanza all'influenza della rifrazione che può essere in parte eliminata con correzioni basate sulla misura del gradiente di temperatura (Kukkämaki T.J., 1939; Stefanovic J., 1975). Nel caso poi di linee di livellazione molto lunghe, si deve tenere conto delle deformazioni di marea attraverso opportune correzioni che si possono calcolare in base alla posizione relativa della Terra, della Luna e del Sole (Kääriäinen E., 1966).

Per migliorare la velocità di esecuzione di livellazioni in aree pianeggianti, è ormai entrata in uso la livellazione motorizzata, che secondo le prime esperienze può portare ad un risparmio di tempo dell'ordine del 40%, senza pregiudicare la qualità dei risultati (Peschel H., 1975).

Numerosi studi teorici sono tesi all'individuazione ed alla separazione degli errori sistematici ed alla valutazione dell'influenza delle misure gravimetriche per il calcolo delle quote geopotenziali (Levallois J.J., 1964; Marchant R., Jones L., 1969; Chiarini A., Pieri L., 1971; Wassef A.M., 1974).

Per il collegamento di punti singolari, ad esempio per lo attraversamento di ampi bracci di mare, o per lo studio locale, in stazioni fisse, di movimenti verticali, può avere utile impiego il metodo della livellazione idrostatica (Waalewijn I.A., 1964; Jessen A., 1968). I problemi da superare, in questo tipo di livellazione a grande distanza, sono comunque notevoli (Scheel G., 1956; Pieri L., Unguendoli M., 1970; Sneddon J., 1975).

Qualora l'entità dei movimenti sia sufficientemente elevata, può essere impiegata anche la livellazione trigonometrica, che unisce ad una discreta precisione, una notevole velocità di esecuzione delle misure. Quest'ultimo metodo trova un'interessante applicazione abbinato a misure di angoli orizzontali, a misure di distanza ed osservazioni astronomiche. Infatti in aree di piccole dimensioni e con dislivelli notevoli, permette di ottenere ottimi risultati nella determinazione delle coordinate di un sistema tridimensionale locale (Hradilex L., 1968; Ramsayer K., 1969).

Un'interessante applicazione della livellazione reciproca si ha con l'uso dei livelli accoppiati, che opportunamente modificati permettono di passare dalle usuali distanze, inferiori ai 2 chilometri, con misure diurne, a distanze molto maggiori ($5 \div 8$ km) operando di notte (de Sanctis Ricciardone G., Gubellini A., 1973). Questo metodo permette di ottenere la differenza di quota, tra due punti, in poche ore e con una precisione che è paragonabile a quella ottenibile con livellazione geometrica. Tale metodo è estensivamente impiegato dagli autori nell'area di Ancona come mezzo di indagine dei movimenti del suolo, con risultati che rispettano le previsioni (Baldi P., Boschi E., Ferrari G., Postpischl D., Unguendoli M., 1977).

La ripetizione di livellazioni geometriche, come è noto, può non dare i valori reali della variazione di quota, in quanto eventuali ridistribuzioni di masse, o comunque la variazione della superficie equipotenziale, influenzano la misura stessa (Heiskanen W.A., Moritz H., 1967). Le correzioni da apportare per questi effetti richiedono la conoscenza della variazione della gravità e della geometria della sorgente di perturbazione (Whitcomb J.H., 1976). Per misure, assolute o relative di gravità, esistono oggi alcuni strumenti che raggiungono un'accuratezza nella misura dell'ordine del μ gal (Strange W.E., 1975; Lambert A., Beaumont C., 1977).

Ad esempio la variazione di 10 cm misurata prima del terremoto di S. Fernando (1971, $M = 6.4$) viene ridotta a 7.2 cm se si suppone che per effetto della dilatanza vi sia stata una variazione della densità di 0.001 g/cm^3 , su uno strato di spessore di 10 chilometri posto ad una profondità media di 10 chilometri (Anderson D.L., Whitcomb J.H., 1975; Whitcomb J.H., 1976).

Lo sviluppo delle tecniche spaziali ha evidenziato la possibilità di usare satelliti artificiali per la determinazione, attraverso osservazioni al satellite, delle coordinate dei punti a terra, sia con metodi fotografici di alta precisione (Veis G., Whipple F.L., 1961; Veis G., 1962; Baldi P., Mattina M., Zerbini S., 1975; Zerbini S., Gasperini P., 1978), sia con metodi elettronici come telemetri laser, sia con strumenti che utilizzano l'effetto Doppler e tecniche interferometriche (Mueller I.I., 1964; Hinteregger H.F.,

Shapiro I.I., Robertson D.S., Knight C.A., 1972; Pearlman M.R., Thorp J.M., Tsiang C.R.H., Arnold D.A., Lehr C.G., Whon J., 1973; King-Hele D.G., 1974; Ashkenazi V., Gough R.J., Sykes R.M., 1977).

Attualmente si trovano in orbite polari attorno alla Terra, ad un'altitudine di circa 1.000 chilometri, cinque satelliti TRANSIT, che permettono di effettuare misure con il metodo Doppler. Recenti misure su distanze già determinate a terra con tecniche geodetiche di alta precisione, hanno confermato che la misura Doppler con più stazioni, permette di ottenere la posizione di punti a terra con una indeterminazione di circa mezzo metro (Meade B.K., 1975; Wilson P., 1975; DECCA Survey Group, 1977).

Per quanto riguarda l'impiego dei telemetri laser ricordiamo i risultati ottenuti nella misura di una base di 900 chilometri attraverso la faglia di S. Andrea in California. La misura è stata effettuata mediante osservazioni simultanee dai due estremi della linea su un satellite di orbita nota e la precisione ottenuta è dell'ordine di 10 cm; questa tecnica è tuttora in via di evoluzione e la precisione che si prevede di raggiungere è dell'ordine del centimetro (Savage J.C., 1975).

Altri metodi che prescindono dalla conoscenza dell'orbita sono in via di studio. Infatti, con misure laser simultanee da quattro stazioni a terra è possibile determinare le coordinate sia dei punti a terra, sia dei punti satellite, con precisioni abbastanza elevate (Caputo M., Folloni G., Pieri L., Postpischl D., Unguendoli M., 1973). Un ulteriore miglioramento si potrà ottenere introducendo, oltre alle misure di distanza da terra, misure reciproche fra satelliti in orbita (Solaris M., 1975).

Altre interessanti tecniche per la determinazione delle coordinate di punti a terra ricorrono a misure laser ad un retroriflettore posto sulla Luna (Kaula W.M., 1973; Bender P.L., Silverberg E.C., 1974; Calame O., 1976).

Negli ultimi anni si sono avuti importanti sviluppi per usi geodetici della tecnica di interferometria su sorgenti extragalattiche (VLBI), che permettono di ottenere le coordinate dei punti a terra in un sistema di riferimento inerziale (Counselman C.C., 1975). Il metodo, nato per misure su medie e lunghe distanze,

e già sperimentato con successo (Shapiro I.I., Robertson D.S., Knight C.A., Counselman C.C., Roger E.E., Hintergger H.F., Lippincott S., Whitney A.R., Clark T.A., Neill A.E., Spitzmesser D.J., 1974; Witney A.R., 1974), è ora in via di applicazione per distanze relativamente brevi (Thomas J.B., Fauselow J.L., McDoran P.F., Spithmesser D.J., Skjrve L., 1974).

Per quanto riguarda il movimento delle masse continentali, occorre citare la mole enorme di lavoro svolto dagli osservatori astronomici ed in special modo dalle stazioni del servizio internazionale delle latitudini, che ha portato a risultati interessanti (Arur M.G., Mueller I.I., 1971; Proverbio E., Quesada V., 1973; Stoyko N., Stoyko A., 1977).

Ricordiamo, infine, la possibilità d'impiego delle tecniche fotogrammetriche come mezzo di indagine dei movimenti del suolo in casi particolari, come ad esempio, il controllo dei vulcani attivi e dei movimenti franosi (Folloni G., Pieri L., 1972; Voss F., 1973).

4. STATO DELLE RICERCHE IN ITALIA.

In Italia esiste una rete di triangolazione, istituita dallo I.G.M. nei primi anni del secolo e controllata negli anni '60 con l'inserimento di lati misurati con geodimetro (Lenzi E., 1965). Per quanto riguarda la rete di livellazione nazionale, essa è stata ristrutturata dal 1951 al 1970, e consiste di 36 poligoni chiusi, collegati alle reti dei paesi confinanti, e composta di 18.000 km di linee che ricoprono l'intero territorio nazionale (Manferti O., 1968; Manferti O., 1970).

L'esistenza di tali reti può essere considerata come un punto di partenza per eventuali studi a largo raggio, studi che, d'altra parte hanno già dato alcuni risultati, soprattutto per quanto riguarda i movimenti verticali. Infatti la ripetizione, anche se non completa, della rete di livellazione, ha permesso di evidenziare una rotazione della penisola attorno ad un asse Genova-Brescia con innalzamento nella parte Nord-Ovest ed un abbas-

samento nella parte Sud-Est, nonché un'anomala subsidenza del Delta Padano (Salvioni G., 1957). La rete di livellazione, inoltre, in collegamento con le reti nazionali d'Austria, Svizzera e Francia (Manferti O., 1968), rappresenta la base per gli studi dell'ormai accertato sollevamento della catena alpina (Jean Richard F., 1972; Levallois J.J., 1972; Schaer J.P., Reimer G.M., Wagner G.A., 1975; Starzmann G., 1976; Kobold F., 1977).

Anche l'Amministrazione del Catasto ha iniziato un programma di ripetizione di misure lungo alcune linee della livellazione dell'I.G.M., finalizzate allo studio dei movimenti verticali della pianura padana, degli Appennini e delle Alpi (Marussi A., 1975).

Altre informazioni di tipo altimetrico, collegate anche alle variazioni del livello del mare, possono essere tratte dalla rete mareografica (Gordon D.L., 1960) e dall'osservazione dei resti archeologici che hanno indicato un generale aumento del livello del mare rispetto alle coste. Tale innalzamento è in alcuni casi più accentuato, accompagnato ad una subsidenza dell'area costiera (Polli S., 1953; Digiesi D., 1958; Caputo M., Pieri L., 1976).

Per quanto riguarda i movimenti orizzontali, non risulta che esista una comparazione fra le vecchie e le nuove misure finalizzata allo studio dei movimenti del suolo, se non alcune considerazioni generali sul possibile movimento delle isole dell'arcipelago toscano fatte nell'ambito del collegamento geodetico Italia-Corsica eseguite nel 1951-52 (Franchi M., 1953). In questo ambito è però da segnalare che sono in atto ed in progetto studi da parte di vari enti. Citiamo come esempi il collegamento Italia-Grecia effettuato dalla National Technical University di Atene e dall'I.G.M., con l'impiego anche di un telemetro laser ad impulsi (Baladimos D.D., 1977), il collegamento Appennini-Alpi, in corso di esecuzione (Caputo M., Folloni G., 1975) ed il progetto esecutivo di un nuovo collegamento Italia-Corsica (Unguendoli M., 1974) per la verifica dei supposti movimenti del blocco Corsica-Sardegna rispetto al continente.

Accanto a questi studi, che potremmo definire di tipo generale, sono in corso numerose campagne di misure geodetiche finalizzate allo studio di fenomeni particolari interessanti varie zone.

Pur non pretendendo di dare una classificazione dei lavori in atto, ci sembra di poter distinguere quattro diversi campi di applicazione: studi di deformazioni legati alla sismicità, controllo di aree vulcaniche, controllo della subsidenza di zone particolari e controllo di fenomeni franosi.

Per quanto riguarda le aree sismiche ricordiamo le misure in corso già dal 1970 nello Stretto di Messina da parte dell'Istituto di Topografia, Geodesia e Geofisica Mineraria dell'Università di Bologna, che hanno messo in luce un possibile movimento dell'isola rispetto al continente, nel periodo 1970-71, in concomitanza con un terremoto di magnitudo 4.8 (Riuscetti M., Di Stefano R., 1972; Caputo M., Folloni G., Pieri L., Unguendoli M., 1974). Le successive misure non hanno registrato un ulteriore incremento del movimento.

Anche l'Istituto Geografico Militare ha istituito una rete plano-altimetrica di collegamento fra la Sicilia ed il continente, per lo studio dei possibili movimenti, in vista anche della costruzione del ponte sullo stretto. Le misure planimetriche effettuate nel 1971 e ripetute nel 1973, non hanno evidenziato nessun tipo di movimento (Bencini P., 1975).

Nell'ambito degli studi in atto nell'area sismica di Ancona nel 1975, è stata istituita una complessa rete plano-altimetrica per il controllo delle deformazioni del suolo. La rete planimetrica costituita da 9 vertici, viene rimisurata annualmente con l'impiego di un geodimetro laser con uno schema di trilaterazione pura con 29 collegamenti. La rete altimetrica è costituita di circa 80 km di linee di livellazione geometrica e da due triangoli per un controllo da effettuarsi a cadenza trimestrale con l'impiego dei livelli doppi (Baldi P., Caputo M., Postpischl D., Boschi E., Unguendoli M., 1976; Baldi P., Postpischl D., Boschi E., Unguendoli M., 1977).

Un'altra zona interessante per questo tipo di studi è ubicata del Friuli. L'I.G.M. ha in programma una ripetizione delle misure geodetiche sulle reti di 1°, 2° e 3° ordine, ed ha già ripetuto alcune linee di livellazione che hanno evidenziato spostamenti verticali, attribuibili ad effetti dell'ultimo periodo sismico, dell'ordine di 10 cm (Bozzi Zadro M., 1977).

Ricordiamo che misure clinografiche con pendoli orizzontali sono in corso nella zona da numerosi anni (Caloi P., Spadea M.C., 1955). Analisi delle registrazioni hanno rivelato in vari casi, variazioni dell'inclinazione della superficie topografica prima dei maggiori eventi sismici (Biagi P.F., Caloi P., Migani M., Spadea M.C., 1976; Chiaruttini C., Bozzi Zadro M., 1976).

Un'altra zona in cui sono in corso misure altimetriche per lo studio di probabili faglie attive, è quella della fascia prealpina veneta, e specialmente nell'area berico-euganea in cui sono state istituite linee di livellazione già negli anni '60 (De Concini C., 1967; Marussi A., 1975).

Si deve ricordare che l'impiego di misure geodetiche per lo studio dei movimenti del suolo in aree sismiche presenta alcune applicazioni nei primi anni del secolo. Ricordiamo fra i vari lavori: misure astronomiche geodetiche nella Marsica (Loperfido A., 1919), livellazioni geometriche di precisione nel Mugello (Loperfido A., 1920) e sulle coste della Calabria e Sicilia (Loperfido A., 1909). Negli stessi anni iniziava anche il controllo dei movimenti verticali in zone vulcaniche, in particolare sul Vesuvio e nella zona flegrea (I.G.M., 1906, Loperfido A., 1914).

In quest'ultima zona, che è di indubbio interesse geofisico, gli studi hanno avuto un ampio sviluppo (Digiesi D., 1958; Oliveri Del Castillo A., 1960; Corrado G., Palumbo A., 1968) e sono tuttora in corso, con rinnovato interesse, dopo il rapido innalzamento verificatosi nel 1970 con punte di 2 mm al giorno (Oliveri Del Castillo A., Quagliariello M., 1969). In seguito a tale fatto, sono state promosse col contributo del C.N.R., nuove ricerche geologiche, geofisiche e geodetiche. Per quanto riguarda queste ultime, non ci si limita solo alla misura dei movimenti verticali, col classico metodo della livellazione di precisione, o con mareografi, ma è stata istituita una rete di controllo planimetrico costituita da un poligono di appoggio, con due vertici in zona considerata stabile, e da poligoni geodetiche comprendenti tutta l'area soggetta ai movimenti (Dequal S., 1972; De Michelis A.M., Dequal S., Folloni G., 1975).

Inoltre, per lo studio dei movimenti verticali, tenuto conto che la normale livellazione geometrica di precisione, applicata in periodi di massima velocità di deformazione può dar luogo

a difficoltà di interpretazione, in quanto le operazioni di misura possono risultare lente rispetto alla velocità di deformazione, è stato impiegato estensivamente il metodo della livellazione reciproca con livelli accoppiati, su triangoli opportunamente scelti (Gubellini A., de Sanctis Ricciardone G., 1973; De Michelis A.M., Dequal S., Folloni G., 1975).

Nella stessa area, sono da segnalare studi sull'abbassamento dell'isola di Ischia, studi che coprono l'arco di tempo di circa 60 anni, e che hanno rilevato un abbassamento medio annuale di circa 3 mm/anno (Grablovitz G., 1911; Oliveri Del Castolla A., 1961; Maino A., Tribalto G., 1971).

Per quanto riguarda il Vesuvio sono state istituite nel 1959 alcune linee di livellazione geometrica lungo le sue pendici; purtroppo non è stato possibile in tale occasione ritrovare i vecchi caposaldi di una livellazione dell'I.G.M. eseguita nel 1926-1927 nella parte superiore del vulcano, in maggior parte distrutti dall'eruzione del 1944, tranne due nei pressi dell'Osservatorio Vesuviano, che hanno mostrato un abbassamento concorde di circa 20 cm (Giannoni U., 1962). Un'altra rete di livellazione sul Gran Cono Vesuviano è stata istituita nel 1973; tale rete comprende anche alcuni caposaldi della rete sopracitata, per cui è stato possibile determinare le variazioni di quota degli stessi che hanno mostrato un abbassamento con un massimo di 5 cm. Recentemente sono state anche installate alcune basi tiltmetriche. Oltre alla rete altimetrica è stata istituita una rete planimetrica di controllo con misure geodimetriche di cui è già stata effettuata una ripetizione (Bonasia V., Ferri M., Montagna S., Pingue F., 1974).

Alle isole Eolie operano due gruppi di ricerca italiani, mentre misure geodimetriche sono state eseguite anche da ricercatori francesi (Kraft M., Litschig J., Sejourme C., 1975). Livellazioni nell'isola di Vulcano sono state effettuate sia lungo linee, sia su basi tiltmetriche, negli anni 1975, 1976 e 1977 (Guerra I., Lo Bascio A., Luongo G., Scarpa R., Del Pezzo E., 1977).

Gli studi delle deformazioni del suolo sull'Etna prendono l'avvio da un programma di ricerche del Centro Nazionale di Vulcanologia del Belgio, che nel 1962 installò una stazione clinometrica in una grotta presso Nicolosi e istituì tre basi « tiltme-

triche » di superficie. Le osservazioni di un intero anno avevano messo in luce alcuni movimenti che però non hanno dato luogo ad interpretazioni geofisiche (Jones L., 1964; Jones L., 1968). Dieci anni dopo l'Istituto di Topografia, Geodesia e Geofisica Mineraria della Università di Bologna effettuò due campagne di misure sulle basi tiltmetriche (1972-73), che rivelarono una tendenza alla dilatazione del cono centrale. Purtroppo la distruzione dolosa delle basi tiltmetriche non ha permesso la prosecuzione dello studio. Negli stessi anni gruppi di ricerca inglesi ed italiani hanno effettuato misure geodimetriche (Wadge G., Horsfall J.A.C., Brauder J.L., 1975; Wadge G., 1976; Working Group for the Suirveillance of Etna, 1975). Recentemente sono state istituite nuove linee di livellazione, basi tiltmetriche, ecc. (Guerra I., Lo Bascio M., Luongo G., Scarpa R., Del Pezzo E., 1977).

Uno dei fenomeni di subsidenza di maggior interesse, sia per l'entità degli abbassamenti, sia per le implicazioni di varia natura, è quello interessante la pianura padana e in special modo la zona del delta e Venezia. Gli studi di tale fenomeno sono numerosissimi e finalizzati anche a problemi di interesse locale. Fra i tanti segnaliamo i lavori eseguiti dall'Istituto di Topografia, Geodesia e Geofisica Mineraria dell'Università di Bologna e dall'I.G.M. nella zona di Venezia e del delta padano, che hanno messo in luce notevoli abbassamenti del suolo; ad esempio, fra il 1952 e il 1969, si sono verificati nel centro storico di Venezia movimenti di oltre 10 cm (Caputo M., Folloni G., Gubellini A., Pieri L., Unguendoli M., 1972, I.G.M., 1971). Tale fenomeno sembra però in via di attenuazione come risulta dalle ultime misure (Folloni G., de Sanctis Ricciardone G., Gubellini A., 1974; Gubellini A., 1977). Movimenti più accentuati sono stati rilevati nella zona del delta padano, che presenta nel periodo 1958-67 abbassamenti con massimi oltre il metro lungo il corso del Po (Caputo M., Pieri L., Unguendoli M., 1970).

Nella Valle Padana, sono da citare ancora, studi recenti sui fenomeni di abbassamento in atto nelle zone metropolitane di Milano e Bologna (Solaini L., Vitelli E., Togliatti G., Botti E., Ferrari D.A., Passano C., Motta V., 1973; Pieri L., Russo P., 1977).

Nell'ambito poi di programmi volti alla difesa del suolo ed alla conservazione dell'ambiente sono stati sviluppati recentemente numerosi studi in zone di particolare interesse storico ed ambientale, al fine di valutare la stabilità sia di singoli edifici che di centri storici nel complesso e sia per valutare la stabilità dei versanti con il controllo delle numerose frane che interessano per esempio la zona appenninica (Fondelli M., 1975; Palla B., Cetti T., Oggianti M., Mengali E., Bartolini A., 1976; Borgia G.C., Folloni G., Gubellini A., 1977; Colosimo P., Massa G., Unguendoli M., 1978; Barbarella M., Folloni G., Pieri L., Russo P., 1978).

5. CONCLUSIONI

Come visto, gli studi e le iniziative nel campo dei movimenti crostali, hanno avuto negli ultimi anni uno sviluppo notevole. Anche in Italia il problema è affrontato da diversi organismi e per diverse finalità con una mole di lavoro piuttosto notevole. Ma se molto si è fatto, molto resta da fare. Troppo spesso infatti studi di per sé di notevole interesse non sono collegati ad altre informazioni di tipo geologico e geofisico al fine di dare del fenomeno studiato una spiegazione esauriente. Manca troppo spesso una informazione reciproca che fa sì che si abbiano doppioni e ripetizioni di misure nella stessa area fatte con metodologie e criteri diversi, sì che anche i risultati ottenuti non sono facilmente correlabili fra di loro. Esistono viceversa zone di indubbio interesse in cui non risulta vi siano in atto o in progetto campagne di misura. Sarebbe quindi auspicabile che il problema dei movimenti crostali fosse affrontato nella sua globalità con un preciso programma di intervento che coinvolgesse tutte le forze disponibili: I.G.M., Catasto, Università, Gruppi di ricerca del C.N.R., del C.N.E.N., dell'E.N.I., nonché gli Enti locali territoriali, con la creazione anche di una sorta di registro informativo in cui possano venire raccolti i dati che sarebbero così a disposizione dei vari utilizzatori: sismologi, geologi, pianificatori, ecc.

REFERENCES

- ALVAREZ W., 1972 - *Rotation of the Corsica-Sardinia Microplate*. « Nature Physical Science », 235, 103.
- ANDERSON D.L., WHITCOMB J.H., 1975 - *Time dependent seismology*. « Journ. Geophys. Res. », 80, 1047.
- ARUR M.G., MULLER I.I., 1971 - *Latitude observation and the detection of continental drift*, « Journ. Geophys. Res. », 76, 2072.
- ASHKENAZI V., GOUGH R.J., SYKES R.M., 1977 - *Satellite doppler positioning*. Presented at the Seminar Satellite-doppler positioning and its applications to surveying, Nottingham.
- BALADIMOS D.D., 1977 - *Geodetic connection between Greece and Italy*. « Boll. Geod. Sci. Aff. », 2, 1.
- BALDI P., MATTINA M., ZERBINI S., 1975 - *Reduction and data elaboration from optical observations of Explorer 39 satellite*. Pubbl. dell'Istituto di Geofisica dell'Università degli Studi di Bologna, Rep. 111/75.
- BALDI P., CAPUTO M., POSTPISCHL D., BOSCHI E., UNGUENDOLI M., 1976 - *Geodetic network for crustal movements in the Ancora area*. « Boll. Geod. Sci. Aff. », 4, 493.
- BALDI P., BOSCHI E., FERRARI G., POSTPISCHL D., UNGUENDOLI M., 1977 - « Progetto Finalizzato Geodinamica », Rapporto n. 3.
- BALDI P., POSTPISCHL D., UNGUENDOLI M., BOSCHI E., 1977 - *Strain measurements in the Ancona area*. « Geophys. Journ Roy. Astron. Soc. », 253.
- BARBARELLA M., FOLLONI G., PIERI L., RUSSO P., 1978 - *Controllo di movimenti franosi con elaborazione automatica dei dati*.
- BENCINI P., 1975 - *Geodetic measurements made by Istituto Geografico Militare in the Strait of Messina area*. « Tectonophysics », 29, 331.
- BENDER P.L., OWENS J.C., 1965 - *Correction of optical distance measurements for the fluctuating atmospheric index of refraction*. « Journ. Geophys. Res. », 70, 2461.
- BENDER P.L., SILVERBERG E.C., 1974 - *Present tectonic plate motion from lunar ranging*. Proc. Int. Symp. on recent crustal movements, Zurich.
- BERGER J., LEVINE J., 1974 - *The spectrum of the earth strain from 10^{-4} to 10^2 Hz*. « Journ. Geophys. Res. », 79, 1210.
- BIAGI P.F., CALOI P., MIGANI M., SPADEA M.C., 1976 - *Le variazioni d'inclinazione e la sismicità che hanno preceduto il forte terremoto del Friuli del 6 Maggio 1976*. « Annali di Geofisica », XXIX, 3, 137.

BOCCALETTI M., GUAZZONE G., 1970 - *La migrazione terziaria dei bacini toscani e la rotazione dell'Appennino settentrionale in una « zona di torsione » per deriva continentale.* « Mem. Soc. Geol. It. », 9, 177.

BOMFORD G., 1975 - *Geodesy.* Ed. by Oxford University Press.

BONASIA V., FERRI M., MONTAGNA S., PINGUE F., 1974 - *Le deformazioni del suolo quale mezzo di indagine sulla dinamica vulcanica al Vesuvio ed a Vulcano.* « Riv. Ital. Geof. », 23, 141.

BORGIA G.C., FOLLONI G., GUBELLINI A., 1977 - *Movimenti attuali delle fondazioni della torre degli Asinelli.* « INARCOS », 374, 1.

BOURICIOUS G.M.B., EARNSHAW K.B., 1974 - *Results of field testing a two-wave length optical distance-measuring instrument.* « Journ. Geophys. Res. », 79, 3015.

BOZZI ZADRO M., 1977 - *Comunicazione Congresso Geodinamica, Roma.*

BRACE W.F., PAULDING B.W., SCHOLZ C., 1965 - *Dilatancy in the fracture of cristalline rocks.* « Journ. Geophys. Res. », 71, 3939.

BRADSELL R.H., 1971 - *The electronic principles of the mecometer III.* « Survey Review », 161, 98.

BURFORD K.M., 1971 - *Horizontal movement along the San Andreas fault system, recent Crustal Movement.* « Royal Soc. of New Zealand, Bull. », 9, 1975.

CALAME O., 1976 - *Location of Lunokhod I and determination of Crimea-McDonald chord lenght from lunar laser range measurements.* Space Research XVI, 53, Ed. by Akademie-Verlag, Berlin.

CALOI P., SPADEA M.C., 1955 - *Prime indicazioni di registrazioni clinografiche ottenute in zona ad elevata sismicità.* « Annali di Geofisica », VIII, 1, 127.

CAPUTO M., PIERI L., UNGUENDOLI M., 1970 - *Geometric investigation of the subsidence in the Po delta.* « Boll. Geof. Teor. Appl. », 47, 187.

CAPUTO M., PANZA G.F., POSTPISCHL D., 1970 - *Deep structure of the Mediterranean basin.* « Journ. Geophys. Res. », 75, 4919.

CAPUTO M., PANZA G.F., POSTPISCHL D., 1972 - *New evidences about the deep structure of the Lipari arc.* « Tectonophysics », 15, 219.

CAPUTO M., FOLLONI G., GUBELLINI A., PIERI L., UNGUENDOLI M., 1972 - *Survey and geometric analysis of subsidence in the region of Venice and its hinterland.* « Rivista Italiana di Geofisica », 1-2, 19.

CAPUTO M., FOLLONI G., PIERI L., POSTPISCHL D., UNGUENDOLI M., 1973 - *Recherches sur la configuration d'un reseau de trilateration spatiale avec mesures laser sur satellite.* « Bul. Géodésique », 108, 125.

CAPUTO M., KEILIS-BOROK V., KONROD T., MOLCIAN G., PANZA G.F., PIVA A., PODGAEZKAJA V., POSTPISCHL D., 1973 - *Models of earthquake occurrence and isoseismal in Italy.* « Annali di Geofisica », XXVI, 2-3, 421.

CAPUTO M., FOLLONI G., PIERI L. UNGUENDOLI M., 1974 - *Geodimetric control across the Strait of Messina*. « Geophys. Journ. Roy. Astr. Soc. », 38, 1.

CAPUTO M., POSTPISCHL D., 1975 - *Seismicity of Italian Region*. « Quaderni della Ricerca Scientifica », 90, 491 (CNR Roma).

CAPUTO M., FOLLONI G., 1975 - *Modern views regarding slow Horizontal movements of the soil and feasibility of measuring them*. « Geol. Appl. e Idr. », X, 289.

CAPUTO M., PIERI L., 1976 - *Eustatic sea variation in the last 2000 years in the Mediterranean*. « Journ. Geophys. Res. », 33, 5787.

CAROZZO M.T., DE VISENTINI G., GIORGETTI F., SPRINGER M., 1974 - *Seismic activity and specific seismicity in Italy*. « Boll. Geof. Teor. Appl. », XVI, 61.

CHIARINI A., PIERI L., 1971 - *Statistical analysis of discrepancies in high precision levelling*. « Bull. Géodésique », 99, 15.

CHIARUTTINI C., ZADRO M., 1976 - *Horizontal pendulum observations at Trieste*. « Boll. di Geofisica », 72, 441.

COLOSIMO P., MASSA G., UNGUENDOLI M., 1978 - *Analisi geotecnica dei dissesti del centro storico di Montelupone mediante l'applicazione di metodi geotopografici*. « Geologia Applicata ed Idrogeologia ».

COOPER G.L., 1970 - *Development and use of a two axis electrolytic double level as a precision vertical reference and tilt indicator*, « Am. Int'l Aeron. and Astron. Paper », 70, 949.

CORRADO G., PALUMBO A., 1968 - *Osservazioni sul bradisismo flegreo*. « Boll. Soc. Naturisti in Napoli », LXXVII, 3.

COUNSELMAN III C.C., 1975 - *Geodesy by very long baseline interferometry*. « Rev. of Geophys. and Space Phys. », 3, 270.

DAMBARA T., 1973 - *Crustal movements before and after the Niigata earthquake*. Rep. Coord. Comm. Earthquake prediction, 9, 93.

DECCA SURVEY GROUP, 1977 - *Technical publication, Surveying by satellite*, 1.

DE CONCINI C., 1967 - *Studio dei movimenti del suolo nella zona Berico Euganea mediante livellazioni ripetute*. Padova, Società Cooperativa Tipografica.

DE JONG K.A., MANZONI M., ZIJDERVELD J.D.A., 1969 - *Paleomagnetism of the Alghero trachyandesites*. « Nature », 224, 67.

DE MICHELIS A.M., DEQUAL S., FOLLONI G., 1975 - *Geodetic surveying of soil movement in the phlegrean area*. Relazione presentata al Symposium sulle misure di deformazione con metodi geodetici, Cracovia.

DEQUAL S., 1972 - *Rilievo degli spostamenti planimetrici di punti nella zona di Pozzuoli*. « Quaderni della Ricerca Scientifica », 83.

DE SANCTIS RICCIARDONE G., FOLLONI G., GUBELLINI A., 1973 - *Alcune esperienze di livellazione reciproca con livelli accoppiati*. « Boll. SIFET », 2, 27.

DIETZ R.S., HOLDEN J.C., 1970 - *Reconstruction of Pangea: Breakup and dispersion of continents, Permian to Present*. « Journ. Geophys. Res. », 75, 4939.

DIGIESI D., 1958 - *I bradisismi dell'area italiana anche secondo i recenti contributi geometrici dell'I.G.M.* « Boll. Geod. Sci. Aff. », 2, 221.

ENDO E.T., VARD P.L., HARLOW D.H., HALLEN R.V., EATON J.P., 1974 - *A prototype global volcano surveillance system monitoring seismic activity and tilt*. « Bull. Vulcanologique », 2, 315.

FINETTI I., MORELLI G., 1972 - *Wide Scale Seismic Exploration of the Mediterranean Sea*. « Boll. Geof. Teor. Appl. », 14, 29.

FOLLONI G., PIERI L., 1972 - *Rilievo fotogrammetrico di una frana dell'Appennino bolognese*. « Rivista Italiana di Geotecnica », 4, 3.

FOLLONI G., DE SANCTIS RICCIARDONE G., GUBELLINI A., 1974 - *Evoluzione recente del fenomeno di subsidenza della zona di Venezia e del suo entroterra*. Pubblicazione dell'Istituto di Topografia, Geodesia e Geofisica Mineraria dell'Università di Bologna.

FONDELLI M., 1975 - *Studio dei movimenti verticali del suolo nell'area urbana della città di Pistoia*. « Boll. Geod. Sci. Aff. », 1, 1.

FRANCHI N., 1953 - *Sul collegamento geodetico della Sardegna al continente attraverso la Corsica*. « Boll. Geod. Sci. Aff. », 3, 309.

FROOME K.D., 1971 - *Mekometer III: EDM with sub-millimeter resolution*. « Survey Review », 161, 98.

GIANNONI U., 1962 - *Livellazione geometrica lungo il mantello del Vesuvio*. « Annali dell'Osservatorio Vesuviano », 4, 27.

GIORGETTI F., IACCARINO E., 1971 - *Sismicity of the Italian region*. « Boll. Geof. Teor. Appl. », 50, 143.

GORDON D.L., 1960 - *The accuracy of automatic tide gauges*. « Bull. Gèodésique », 55, 59.

GOULTY N.R., KING G.C.P., WALLARD A.J., 1974 - *Iodine stabilized laser strainmeter*. « Geophys. Journ. Roy Astr. Soc. », 39, 269.

GOULTY N.R., 1976 - *Strainmeters and tiltmeters in geophysics*. « Tectonophysics », 34, 245.

GRABLOVITZ G., 1911 - *Il mareografo in relazione ai bradisismi*. « Boll. Soc. Sism. It. », 15, 144.

GUBELLINI A., DE SANCTIS RICCIARDONE G., 1973 - *Il controllo continuo del bradisismo Flegreo per mezzo dei livelli doppi*. « Rivista Italiana di Geofisica », 1-2, 34.

GUBELLINI A., 1977 - Comunicazione privata.

GUERRA I., LO BASCIO A., LUONGO G., SCARPA R., DEL PEZZO E., 1977 - *Rapporto sulla sorveglianza delle aree vulcaniche attive italiane: sismicità e deformazioni del suolo*. Osservatorio Vesuviano, Rapporto Tecnico n. 6.

HEISKANEN W.A., MORITZ H., 1967 - *Physical geodesy*. Ed. W. H. Freeman and Co., San Francisco and London.

HERNANDEZ E.N., EARNSHOW K.B., 1972 - *Field test of a two-laser (4416 A and 6328 A) optical distance-measuring instrument correcting for the atmospheric index of refraction*. « Journ. Geophys. Res. », 77, 6994.

HINTEREGGER H.F., SHAPIRO I.I., ROBERTSON D.S., KNIGHT C.A., ERGAS R.A., WHITNEY A.R., ROGERS A.E.E., MORAN J.N., CLARK T.A., BURKE B.F., 1972 - *Precision geodesy via radio interferometry*. « Science », 178, 396.

HRADILEX L., 1968 - *Trigonometric levelling and spatial triangulation in mountain region*. « Bull. Géodésique », 87, 33.

HUGGETT G.R., SLATER L.E., PAVLIS G., 1976 - *Precision levelling with a two-fluid tiltmeter*. « Geophys Res. Letters », 3, 754.

HUGGETT G.R., SLATER L.E., 1977 - *Fault slip episodes near Hollister, California: initial results using a multiwavelength distance-measuring instrument*. « Journ. Geophys. Res. », 82, 3361.

I.G.M., 1906 - *Collegamento del tempio di Serapide all'alivellazione geometrica di precisione e nuove determinazioni altimetriche nella regione dei campi Flegrei*. « Boll. della Soc. Geografica Italiana », XLIV.

I.G.M., 1971 - *Comitato per lo Studio dei Provvedimenti a Difesa della Città di Venezia de a Salvaguardia dei suoi Caratteri Ambientali e Monumentali, Relazione sui lavori di livellazione geometrica di alta precisione eseguiti nel 1970 dall'I.G.M. nelle zone della Laguna Veneta*. I.G.M., Firenze.

ISMAIL I.A., HAND MUBRELL S.A.F., 1976 - *Dilatancy and the strength of rocks containing pore water*. « Geophys. Journ. Roy. Astr. Soc. », 44, 107.

JEANRICHARD F., 1972 - *Contribution a l'etude du mouvement vertical des Alpes*. « Boll. Geod. Sci. Aff. », 1, 17.

JESSEN A., 1968 - *Experiments in hydrostatic levelling*. « Bull. Géodésique », 89, 301.

JONES L., 1964 - *La station clinometrique souterraine de Nicolasi au vulcan Etna*. « Observatoire Royal de Belgique », Bruxelles.

JONES L., 1968 - *Utilisation des nivellements pour l'etude des mouvements du sol*. « Bull. Géodésique », 87, 81.

JONES L., VAN DEN AUWELANT, 1968 - *Nouveaux instruments de nivellement de precision pour observation en station fixe*. « Bull. Géodésique », 90, 401.

JOHNSTON M.J., MORTENSEN C.E., 1974 - *Tilt precursors before earthquakes on the San Andreas fault, California*. « Science », 186, 1031.

KAULA W.M., 1973 - *Potentialities of lunar laser ranging for measuring tectonic motions*. « Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. », A274, 185.

KÄÄRIÄINEN E., 1966 - *The second levelling in Finland in 1935-1955*. « Suomen Geodeettisen Laitoksen Julkaisuja », Helsinki.

KING G.C.P., BILHAM R.G., 1976 - *A geophysical wire strain-meter*. « Bull. Seism. Soc. Am. », 6, 66.

KING-HELE D.G., 1974 - *Satellite geodesy with cameras and lasers*. « Endeavour », 33, 3.

KNOPOFF L., MUELLER S., PILANT W.L., 1966 - *Structure of the crust and upper mantle in the Alps from phase velocity of Rayleigh waves*. « Bull. Seism. Soc. Am. », 56, 1009.

KOBOLD F., 1977 - *Die Hebung der Alpen aus dem Vergleich des « Nivellement de Precision » der Schweizerischen Geodatischen Kommission mit den Landesnivellements der Eidgenössischen Landestopographie, Vermess., Photogramm.* « Kulturtechnik », Zurich, 75, 129.

KOHLBERGER C.V., COOHER G.L., SCHMARS W.T., 1973 - *Dynamic properties of a new biaxial tiltmeter*. « Earthq. Notes », 44, 11.

KRAFFT M., LITSCHIG J., SEJOURNÉ C., 1975 - *Mesures de deformation sur le volcan Vulcano (Iles Eoliennes, Italie)*. « C.R. Acad. Sc. Paris », T. 280.

KUKKAMÄKI T.J., 1939 - *Formeln und tabellen zur berechnung der nivellitischen refraktion*. « Geodeettisen Laitoksen Julkaisuja », Helsinki.

LAMBERT A., BEUMONT C., 1977 - *Nano variation in gravity due to seasonal groundwater movements: implications for the gravitational detection of tectonic movements*. « Journ. Geophys. Res. », 82, 297.

LENZI E., 1965 - *Lavori di geodesia operativa nei primi 100 anni della Commissione Geodetica Italiana (1864-1964)*. « Boll. Geod. Sci. Alf. », 3, 365.

LEVALLOIS J.J., 1964 - *Sur la fréquence des mesures de pesanteur dans les nivellements*. « Bull. Géodésique », 74, 317.

LEVALLOIS J.J., 1972 - *Sur la mise en évidence d'un mouvement de surrection des massifs cristallins alpins*. « Bull. Géodésique », 105, 299.

LEVINE J., 1974 - *Strainmeter technology*. « Nature », 257, 513.

LOPERFIDO A., 1909 - *Livellazione geometrica di precisione eseguita dall'I.G.M. sulla costa orientale della Sicilia e sulla costa occidentale della Calabria*. Per incarico del Ministero dell'Agricoltura Industria e Commercio. Roma.

LOPERFIDO A., 1914 - *Livellazione dell'isola di Ischia e Vesuvio eseguita nel 1913*. Pubbl. della Reale C.G.I., Firenze.

LOPERFIDO A., 1919 - *Indagini astronomiche geodetiche relative al fenomeno sismico nella Marsica*. Pubbl. a cura del Ministero LL.PP., Firenze.

LOPERFIDO A., 1920 - *Livellazione geometrica di precisione del Mugello*. « I.G.M. », Firenze.

MAINO A., TRIBALTO G., 1971 - *Rilevamento gravimetrico di dettaglio dell'isola di Ischia (Napoli)*. « Boll. Serv. Geolog. d'Italia », XCII, 109.

MANFERTI O., 1968 - *La sezione italiana della rete europea di livellazione*. « Boll. Geod. Sci. Aff. », 1, 99.

MANFERTI O., 1970 - *L'attività dell'Istituto Geografico Militare nel 1969*. « Boll. Geod. Sci. Aff. », 2, 125.

MANZONI G., 1975 - *A laser level*. « Boll. SIFET », 3, 43.

MARCHANT R., JONES L., 1969 - *Resultats de recherches dans le domaine de l'etude statistique des erreurs de nivellement*. « Bull. Géodésique », 94, 365.

MARUSSI A., 1975 - *Italian National Report to IAG*. Presented at the: XVI General Assembly IUGG, Grenoble.

MC. CONNELL R.K., HEARTY D.B., WINTER P.J., 1974 - *An evaluation of the La Coste-Romberg model D microgravimeter*. Presented at the: 7th meeting of IGC, Paris.

McKENZIE D.P., 1970 - *Plate tectonics of the Mediterranean Region*. « Nature », 226, 5242, 239.

McKENZIE D.P., 1972 - *Active Tectonics of the Mediterranean Region*. « Geophys. Journ. Roy. Astr. Soc. », 29, 1.

MEADE B.K., 1975 - *Geodetic surveys for monitoring crustal movements in the United States*. « Tectonophysics », 29, 103.

MEADE B.K., 1975 - *Control surveys in U.S., National Report for Geodesy*. Presented at the: XVI Assembly IUGG, Grenoble.

MORELLI C., 1970 - *Physiography, gravity and Magnetism of the Tyrrhenian sea*. « Boll. Geof. Teor. Appl. », 12, 275.

MORGAN W.J., 1971 - *Convection Plumes in the lower Mantle*. « Nature », 230, 2588, 42.

MULLER I.I., 1964 - *Introduction to satellite geodesy*. F. Ungar Publ. Co., 235, New York.

NUR A., 1972 - *Dilatancy, pore fluids and premonitory variations of T_p/T_p travel time*. « Bull. Seism. Soc. Am. », 62, 1217.

OLIVERI DEL CASTILLO A., 1960 - *Studio del bradisismo flegreo mediante osservazioni mareografiche*. Presentato al: Convegno dell'Associazione Geofisica Italiana, Roma.

OLIVERI DEL CASTILLO A., 1961 - *Il bradisismo dell'isola d'Ischia*. Presentato al: Convegno dell'Associazione Geofisica Italiana.

OLIVERI DEL CASTILLO A., QUAGLIARIELLO M.T., 1969 - *Sulla genesi del bradisismo flegreo*. Nota aggiuntiva al: Convegno dell'Associazione Geofisica Italiana, Napoli.

PALLA B., CETTI T., OGGIANTI M., MENGALI E., BARTOLINI A., 1976 - *I movimenti verticali del suolo nella pianura pisana dopo il 1920 dedotti dal confronto di livellazione*. Provincia-Comune di Pisa.

PARM T., 1975 - *High precision traverse for scale determination of satellite and stellar triangulation and for controlling the first order triangulation*. Presented at the: XVI General Assembly IUGG, Grenoble.

PEARLMAN M.R., THORP J.M., TSIANG C.R.H., ARNOLD D.A., LEHR C.G., WOHN J., 1973 - *SAO network: instrumentation and data reduction*. «SAO special report», 353, 17.

PESCHEL H., 1975 - *Higher accuracy of first-order heights and vertical crustal movements by motorized levelling*. Presented at the XVI General Assembly IUGG, Grenoble.

PIERI L., UNGUENDOLI M., 1967 - *Sulle applicazioni del laser in geodesia*. «Boll. Geod. Sci. Aff.», 3, 362.

PIERI L., UNGUENDOLI M., 1970 - *Nota sulla livellazione idrostatica*. «Boll. Geod. Sci. Aff.», 1, 89.

PIERI L., RUSSO P., 1977 - *Studio del fenomeno di abbassamento del suolo in atto nella zona di Bologna*. «Boll. Geod. Sci. Aff.», 3, 365.

PIERI L., POSTPISCHL D., 1977 - *Lo stato attuale delle ricerche sulla previsione dei terremoti, considerazioni sulla situazione in Italia*. «INARCOS», 374, 3.

POLLI S., 1953 - *Il graduale aumento del livello del mare lungo le coste italiane*. «Rivista di Geofisica Pura ed Applicata», 25, 123.

PRESCOTT W.H., SAVAGE J.C., 1976 - *Strain accumulation on the San Andreas fault near Palmdale, California*. «Journ. Geophys. Res.», 81, 4901.

PROVERBIO E., QUESADA V., 1973 - *Analysis of secular polar motion and continental drift*. «Bull. Géodésique», 19, 281.

QUERZOLA B., 1974 - *High accuracy distance measurements by a two wavelengths pulsed laser*. Proceedings of the: International Symposium on terrestrial electromagnetic measurements, Stoccolma.

RAMSAYER K., 1969 - *Spatial triangulation in a local astronomical oriented cartesian coordinate sistem*. «Bull. Géodésique», 92, 123.

RIUSCETTI M., DI STEFANO R., 1972 - *Il terremoto di Macchia (Catania)*. «Boll. Geof. Teor. Appl.», 14, 53.

ROBERTSON E.C., 1960 - *Creep in Solenhogen Limestone*. «Geol. Soc. Am. Mem.», 79, 227.

SALVIONI G., 1957 - *I movimenti del suolo nell'Italia centro settentrionale*. «Boll. Geod. Sci. Aff.», 3, 326.

SAVAGE J.C., BURFORD R.O., 1973 - *Geodetic determination of relative plate motion in central California*. « Journ. Geophys. Res. », 78, 832.

SAVAGE J.C., PRESCOTT W.H., 1973 - *Precision of geodolite distance measurements for determining fault movement*. « Journ. Geophys. Res. », 78, 6001.

SAVAGE J.C., 1975 - *Crustal movement investigations*. « Rev. of Geophys. and Space Phys. », 13, 262.

SAVAGE J.C., SPIETH M.A., PRESCOTT W.H., 1976 - *Preseismic and coseismic deformation associated with the Hollister, California, Earthquake of November 28, 1974*. « Journ. Geophys. Res. », 81, 3567.

SCIAER J.P., REIMER G.M., WAGNER G.A., 1975 - *Actual and ancient uplift rate in the Gotthard region, swiss Alps: a comparison between precise levelling and fission-track apatite age*. « Tectonophysics », 29, 293.

SCHIEEL G., 1956 - *Systematische fehler des hydrostatischen nivellements und verfahren zu ihrer ausschaltung*, Deutsch. Geod. Komm. », 27.

SCHOLZ C. H., SYKES L. R., AGGORWAL Y. P., 1973 - *Earthquake prediction: a physical basis*. « Science », 181, 803.

SEASTAMOINEN J., 1965 - *On the determination of the refractive index of electromagnetic waves in mountainous terrain*. « Surv. Rev. », 135, 11.

SELLI R., 1969 - *The pliocene-pleistocene boundary in italian marine sections and its relationship to continental stratographies*. In: SEARS M., Ed., *Progress in Oceanography*, 4, Pergamon Press, 67, Oxford.

SELLI R., FABBRI A., 1971 - *Tyrrhenian: a Pliocene deep sea*. « Acc. Naz. dei Lincei, Rend. Sc. Fis. Mat. e Nat. », VIII, L, 5, 104.

SHAPIRO I. I., ROBERTSON D. S., KNIGHT C. A., COUNSELMAN III C. C., ROGERS A.E.E., HINTEREGGER H.F., LIPPINCOTT S., WHITNEY A.R., CLARK T. A., NIELL A.E., SPITZMESSER D.J., 1974 - *Transcontinental baselines and rotation of the earth measured by Radio Interferometry*, « Science », 186, 920.

SHIPLEY G., 1976 - *GEORAM 1°, a compact two-clour E.D.M. instrument, Basic principle*. « Survey Review », 179, 210.

SLATER L.E., HUGGETT G.R., 1976 - *A multiwavelength distance measuring for geophysical experiments*. « Journ. Geophys. Res. », 81, 6299.

SNEDDON J., 1975 - *The system temperature of binary liquid hydrostatic levelling*. « Survey Review », 177, 138.

SOLAINI L., VITELLI E., TOGLIATTI G., BOTTI E., FERRARI da PASSANO C., MOTTA V., 1973 - *Abbassamento del suolo nel territorio metropolitano milanese nel periodo 1950-1972*. « Rivista del Catasto e dei Servizi Tecnici Erariali, Nuova Serie », XXVIII, 1-6.

SOLARIC M., 1975 - *The analysis of the accuracy of the distance determination between two stations on the earth's surface when also the distance between two artificial satellites has been measured*. Presented at the XVI General Assembly IUGG, Grenoble.

STARZMANN G., 1976 - *Prazisionsnivellement und rezente vertikalbewegungen der Alpen*. « Z. Vermess. Wes. », Stuttgart, 101, 325.

STEFANOVIC J., 1975 - *On levelling refraction*. Presented at the XVI General Assembly IUGG, Grenoble.

STOYKO N., STOYKO A., 1977 - *Resultats de la determination de mouvements des continents d'apres les methodes astronomiques*. « Bull. Géodésique », 3, 219.

STRANGE W. E., 1975 - *Land gravimetry*. « Rev. of Geophys. and Space Physics », 13, 3.

STUART W. D., JOHNSTON M.J.S., 1975 - *Intrusive origin of the Matsushiro earthquake swarm*. « Geology », 3, 63.

SYDENHAM P. H., 1974 - *Where is experimental research on earth strain?*. « Nature », 252, 278.

THOMAS J.B., FAUSELOW J.L., MAC DORAN P.F., SPITHMESSER D.J., SKJETVE L., 1974 - *Radio interferometry measurements of a 16-Km baseline with 4 cm precision*. « Jet Propul. Lab. Tech. Rep. », XIX, 1.

THOMPSON M.C., Jr., 1968 - *Space averages of air and water vapor densities by dispersion for refractive correction of electromagnetic range measurement*. « Journ. Geophys. Res. », 73, 3097.

TSUMURA H., 1959 - *Earth tidal observation with water tube tiltmeter*. III International Symposium of the Earth Tide.

UNGUENDOLI M., 1974 - *Progetto per il collegamento geodetico Italia-Corsica*. Comunicazione privata.

UNGUENDOLI M., 1975 - *Sulla forma della graduazione nelle stadiè per livellazione di alta precisione*. « Boll. Geod. Sci. Aff. », 1, 57.

VEIS G., WHIPPLE F.L., 1961 - *Experience in precision optical tracking of satellites for geodesy*. Space Research II. Ed. North-Holland Publ. Co., 17, Amsterdam.

VEIS G., 1962 - *The precision optical satellite tracking net of the Smithsonian Astrophysical Observatory, in the use of artificial satellites for geodesy*. Ed. North-Holland Publ. Co., 141, Amsterdam.

VOSS F., 1973 - *Sorveglianza di vulcani attivi mediante metodi fotogrammetrici*. « Informazioni Zeiss », 79, 45.

VYSKOCIL P., BENES F., 1975 - *Extraneous influences on the levelling invar rods*. Presented at the XVI General Assembly UGGI, Grenoble.

WAALEWIJN I.A., 1964 - *Hydrostatic levelling in Netherlands*. « Survey Review », 131, 132.

WADGE G., HORSFALL J.A.C., BRAUDER J.L., 1973 - *Tilt and strain monitoring of the ERSO eruption of Monte Etna*. « Nature », 254, 21.

WADGE G., 1976 - *Deformation of Monte Etna, 1971-1974*. « J. Volc. Geother. Res. », I, 237.

WEZEL F.C., 1970 - *Interpretazione dinamica della « eugeosinclinale meso-mediterranea »*, « Riv. Min. Sic. », XXI, 124-126, 187.

WHITCOMB J. H., GARMANY J.D., ANDERSON D.L., 1973 - *Variation of seismic velocities before the San Francisco earthquake*. « Science », 180, 632.

WHITCOMB J.H., 1976 - *New vertical geodesy*, « Journ. Geophys. Res. », 81, 4937.

WHITNEY A.R., 1974 - *Precision geodesy and astrometry via Very Long Baseline Interferometry*. Ph. D. Thesis MIT.

WILSON P., 1975 - *Doppler point positioning using the N.N.S.S. broadcast ephemeris*. Presented at the XVI General Assembly IUGG, Grenoble.

WOOD M.D., ALLEN R.V., 1971 - *Anomalous microtilt preceding a local earthquake*. « Bull. Seism. Soc. Am. », 61, 1801.

WOOD L.E., 1971 - *Progress in electronic surveying*, « EOS Transactions American Geophys. Union », 52, IUGG 17-IUGG 21.

Working Group for the Surveillance of Etna, 1975 - *Summary Report of the 1974 Etna eruption*. « IAVCEI Newsletter », 12, 13.

ZERBINI S., GASPERINI P., 1978 - *A description of some computer programs and an outline of the method employed in processing satellite data*. Coop. Libreria Editrice, Publ. dell'Istituto di Geofisica dell'Università degli Studi di Bologna, Ref. 112/78.