

stimare che il miglioramento ottenuto dallo schema EHC, rispetto a una semplice localizzazione standard 1D, è di più del 20% sia per errori di localizzazione epicentrale che di tempo origine. Questo risultato è in accordo con altre stime del miglioramento ottenibile con tracciamento dei raggi in un modello tridimensionale.

I risultati sono pubblicati e in corso di pubblicazione su stampa specializzata internazionale.

1.7.6. Studio delle discontinuità del mantello superiore

La zona di transizione tra mantello superiore e mantello inferiore è definita da due discontinuità sismiche che segnano le transizioni di fase dei silicati da alfa-olivina a beta-spinello a gamma-perovskite, che avvengono alle profondità di 410 e 670 km. Le transizioni sono influenzate dalla temperatura: temperature più alte ostacolano la transizione olivina-spinello, esotermica, che avviene quindi a pressioni, dunque profondità, maggiore, mentre agevola quella spinello-perovskite, endotermica, che avviene a profondità minori della norma. L'opposto segno della derivata di Clapeyron, che quantifica la dipendenza della transizione di fase dalla temperatura, fa sì che lo spessore della zona di transizione sia maggiore in un mantello più freddo della media e inferiore in uno più caldo.

La determinazione sismica dello spessore locale della zona di transizione fornisce dunque la possibilità di stimare indirettamente la temperatura del mantello, una stima indipendente da quella fornita dalla tomografia sismica e interessante per la possibilità di confrontarla. Il metodo che abbiamo seguito per la stima sismologica delle profondità delle discontinuità di 410 e 670 km rileva il ritardo dell'arrivo di onde sismiche convertite da P a S alle discontinuità (P670S e P410S) mediante il calcolo della funzione di trasferimento del mantello superiore che si ottiene con tecniche di deconvoluzione. Abbiamo scelto di effettuare la deconvoluzione nel dominio del tempo, impostandola come un problema inverso, per eliminare le instabilità tipiche della deconvoluzione effettuata nel dominio delle frequenze e per beneficiare del controllo su errore e risoluzione dei metodi di inversione, quale la maximum likelihood. Inoltre, l'approccio ci permette di aumentare la stabilità e massimizzare l'utilizzo di informazione invertendo congiuntamente più registrazioni, effettuate dalla stessa stazione e che insistono sulla stessa zona di Fresnel, per una unica funzione di trasferimento, anziché mediare più funzioni individuali. Abbiamo utilizzato dati della rete MEDNET per applicare la tecnica all'area mediterranea. I risultati mostrano un buon accordo, qualitativo e quantitativo, con il nostro modello tomografico del mantello superiore. I risultati sono stati presentati a convegni internazionali e sono in preparazione per la pubblicazione su stampa specializzata internazionale.

1.7.7. Analisi di dispersione delle onde superficiali nella litosfera della placca antartica

Durante il 1998 abbiamo continuato lo studio tomografico della regione Antartica basato sull'analisi di forme d'onda di lungo e medio periodo registrate da osservatori permanenti. Abbiamo sinora analizzato tutte le registrazioni disponibili relative agli anni 1991-95, con latitudine inferiore a 40S e magnitudo maggiore di 5.0. Abbiamo effettuato una classica analisi di dispersione a singola stazione sul modo fondamentale delle onde di Rayleigh

nell'intervallo di periodo tra 10 e 200 secondi. Abbiamo iterativamente applicato due diverse tecniche di analisi e filtraggio: un filtro multiplo e un filtro di tipo phase-matched. Queste tecniche consentono di identificare modi diversi in quanto minimizzano le interferenze dovute al multipathing e rimuovono le perturbazioni dovute ai sovratoni o onde di volume e loro coda.

Abbiamo utilizzato queste misure di dispersione per calcolare mappe bidimensionali di velocità di gruppo a diversi periodi di riferimento. Parametrizzando la velocità di gruppo mediante splines lineari, regolarizziamo preventivamente la soluzione minimizzando il gradiente della velocità. I risultati mostrano buon accordo con studi precedenti e con strutture geologiche conosciute. Onde di Rayleigh di 20-50 secondi di periodo sono rivelatrici dello spessore e della struttura crostale. Queste mappe mostrano con chiarezza la bassa velocità di gruppo della struttura cratonica dell'Antartide orientale che si differenzia dalle zone di alta velocità che corrispondono alla sottile crosta oceanica.

Mappe relative a periodi più lunghi danno informazione sulla struttura della litosfera e del mantello superiore: velocità più basse corrispondono a zone tettonicamente attive (come la regione del Mare di Ross) e zone di hot-spot come le Isole Macquarie e Balleny; mentre velocità più alte corrispondono alle radici fredde dello scudo stabile dell'Antartide orientale.

I risultati sono stati presentati a un convegno internazionale e sono in pubblicazione su stampa specializzata internazionale.

1.8. Dinamica del mantello deformazioni postsismiche su scala globale e rotazione terrestre.

Nel corso del 1998, sono state compiute ricerche concernenti le deformazioni post-sismiche globali, con particolare attenzione all'evoluzione spazio-temporale, in seguito a grandi terremoti, del campo di sforzi, del campo di spostamenti e del campo di gravità. Inoltre, si sono studiati gli effetti delle deformazioni sismiche ed asismiche sulle variazioni a breve-medio periodo dei parametri rotazionali della Terra. In parallelo a questi studi, è stata avviata la realizzazione di un modello utile alla descrizione della dinamica convettiva del mantello. Queste linee di ricerca si prefiggono di migliorare le nostre conoscenze sulla reologia del mantello all'interno di una ampia finestra temporale, nonché di delineare l'interazione fra i processi tettonici globali e i fenomeni connessi alla rotazione terrestre.

Le ricerche sopra delineate richiedono l'uso e lo sviluppo di tecniche che spaziano da approcci quasi-analitici a metodi completamente numerici. Le applicazioni a specifici problemi geofisici hanno riguardato lo studio della diffusione dello sforzo causata da un grande evento di tipo *strike-slip*, l'analisi sistematica degli effetti della sfericità e della gravità sui campi di sforzo e di spostamento, nonché lo studio degli effetti postsismici associati al grande terremoto profondo avvenuto in Bolivia nel 1994. Inoltre per la prima volta è stata esplicitamente mostrata l'evoluzione spazio-temporale del campo di gravità in seguito ad un evento sismico all'interno di un modello in geometria sferica. Sul versante degli studi riguardanti la rotazione terrestre sono stati analizzati gli effetti del rilassamento del mantello in seguito ad un terremoto sul tensore d'inerzia della Terra.

2. Collaborazioni con Istituzioni nazionali e internazionali

2.1. Tettonica attiva e paleosismicità

Nel corso degli ultimi anni l'Istituto Nazionale di Geofisica è andato accrescendo il suo ruolo nel campo della tettonica attiva e paleosismicità, non solo in ambito italiano, ma anche in ambito internazionale. L'estensione a nuove aree delle attività di ricerca e l'ampliamento delle collaborazioni nazionali ed internazionali rappresentano un impegno costante e responsabile del gruppo per una efficace politica di prevenzione degli effetti dei forti terremoti del futuro.

Per quanto riguarda soprattutto le attività internazionali, questo impegno è ulteriormente rafforzato dal coinvolgimento di un ricercatore del gruppo nel ruolo guida del task-group n. 3 dell'International Lithosphere Program "Paleoseismicity of Late Holocene". Questo progetto è stato approvato nel 1996 per una durata di cinque anni ed ha come scopo principale il miglioramento delle conoscenze sulle modalità di ricorrenza dei grandi terremoti mondiali. La problematica che ricade pienamente nelle attività istituzionali del gruppo Tettonica Attiva e Paleosismicità, ha un duplice interesse scientifico e applicativo in quanto riveste un ruolo critico nello sviluppo di nuove metodologie per le stime di pericolosità sismica. Il progetto "Paleoseismicity of Late Holocene" cura inoltre l'aspetto educativo e di diffusione delle conoscenze attuali, in particolare verso i paesi in via di sviluppo ad alto rischio sismico. Nel 1998 sono state svolte attività per (1) l'aggregazione di nuovi partecipanti, (2) per la messa a punto di mezzi di comunicazione efficaci (pagina Internet e bollettino elettronico), (3) per l'organizzazione di due workshops su tema paleosismologico (tenuti rispettivamente in Nicaragua e Lussemburgo), e (4) per la strutturazione di un database mondiale di dati di ricorrenza da dati geomorfologici e paleosismologici.

Durante il 1998 sono stati intensificati i rapporti di collaborazione già in atto con diverse istituzioni italiane, tra cui l'Università di Bologna, l'Università della Basilicata, l'Istituto per la Ricerca sul Rischio Sismico del C.N.R., il Servizio Sismico Nazionale, l'Istituto di Ricerca sulla Tettonica Recente del C.N.R. e l'Istituto Geografico Militare, e con alcuni partner industriali tra cui l'ISMES S.p.A. e la S.G.A. (Storia Geofisica Ambiente).

In ambito internazionale collaborazioni sono in atto con l'Università di California di Santa Cruz, l'U.S. Geological Survey di Menlo Park, l'Université de Paris-Sud (Orsay-Francia), l'Università di Leeds (Inghilterra), l'Università di Salonicco (Grecia), il National Observatory of Athens (Grecia), e l'Università di Barcellona (Spagna). Molti di questi contatti verranno ulteriormente sviluppati nei prossimi anche in virtù dei finanziamenti comunitari ottenuti per il triennio 1998-2000. Queste collaborazioni si concretizzano in attività congiunte di ricerca sul terreno e in soggiorni presso le istituzioni estere, sia per l'elaborazione dei dati raccolti che per la stesura di contributi scientifici. In particolare, uno dei ricercatori del gruppo è stato ospite della Université de Paris Sud per circa 40 giorni, periodo durante il quale ha svolto numerosi seminari scientifici e svolto ricerca su temi di interesse comune.

2.2. Determinazione del campo di stress nella crosta

Già da diversi anni vengono mantenuti rapporti con diverse Istituzioni esterne all'ING. In particolare con Eni esiste un rapporto di collaborazione da oltre 6 anni mirato allo studio del campo di stress attivo in Italia. I risultati delle ricerche condotte in questi anni, unitamente a quelli sismologici, hanno portato ad un significativo miglioramento delle conoscenze sulla tettonica attiva in Italia e sono stati oggetto di numerose pubblicazioni su riviste italiane e internazionali.

Attualmente con Eni si è avviato un rapporto di collaborazione più ampio che coinvolge differenti gruppi di ricerca all'interno dell'ING (per un totale di 12 ricercatori dell'Istituto) che ha come scopo la caratterizzazione e l'individuazione di strutture sismogenetiche in Italia utilizzando diverse metodologie.

Questo gruppo di ricerca infine partecipa e organizza diverse scuole, seminari e convegni tra cui: l'International School of Solid Earth Geophysics a Erice, l'EGS in Olanda, la Prima Conferenza Internazionale su "Earth Stress and Industry" in Germania, l'AGU negli Stati Uniti.

Nell'ambito di questa linea di ricerca, internazionalmente questo gruppo è inserito, nel progetto del *World Stress Map*, curato inizialmente da M.L. Zoback (USA) e successivamente da B. Mueller del Geophysical Institute di Karlsruhe (Germania). Uno dei punti di questo progetto è quello di creare un *dataset* di indicatori di stress (*breakout*, meccanismi focali, misure di stress *in situ*, dati di geologia) omogeneo e completo che possa essere quindi utilizzato nell'ambito di qualsiasi tematica di ricerca. Attualmente il Progetto del *World Stress Map* sta cercando di inserire all'interno del proprio *dataset* anche misure assolute del valore dei tre sforzi principali, misura che diventerà fondamentale per tutte le modellazioni di faglia e del loro potenziale sismogenetico.

2.3 Variazioni spazio temporali dell'attività sismica

Gli Enti stranieri con cui si è svolta collaborazione sul tema dei pattern di sismicità, con scambio di visite e stages di ricercatori sono:

- Istituto Geofisico, Università dell'Alaska, Fairbanks;
- Istituto per la Ricerca sui Terremoti, Università di Tokyo, Giappone
- Istituto Nazionale per le Scienze della Terra e la Prevenzione dei Disastri (NIED), Tsukuba, Giappone;
- Istituto di Ricerca Meteorologico, Tsukuba, Giappone;
- Istituto Geofisico, Università di Wellington, Nuova Zelanda.

2.4. Effetti della geologia di superficie sul moto del suolo.

Sono continuate nel 1998 le collaborazioni con l'Università "Charles II" di Praga e con l'Accademia delle Scienze di Bratislava sulle tematiche della modellazione della propagazione delle onde sismiche in mezzi eterogenei.

Inoltre, a seguito dell'esperimento effettuato in collaborazione con l'Università di Grenoble e il CNRS di Nizza nella valle di Verchiano in Umbria, sono stati congiuntamente analizzati i dati registrati e sono state modellate le forme d'onda.

Con il Dr. Y. Nakamura, del System and Data Research Co. di Tokyo, si sono effettuati esperimenti su due importanti monumenti romani, il Colosseo e la Basilica di San Paolo, misurando il rumore sismico sia all'interno che all'esterno delle strutture. Sono stati scelti questi monumenti in quanto si trovano entrambi in zone della città dove gli effetti sismici sono risultati più amplificati in occasione di forti terremoti. Lo scopo degli esperimenti era sia la stima della risposta sismica dei siti che la definizione delle parti più vulnerabili dei due monumenti. La collaborazione è tuttora attiva per l'analisi congiunta dei dati acquisiti.

2.5 Collaborazione con Istituti Nazionali ed Internazionali. Dinamica del mantello deformazioni postsismiche su scala globale e rotazione terrestre.

Parte della ricerca concernente le deformazioni postsismiche globali è stata svolta in collaborazione col Dip.to di Fisica dell'Università di Urbino. Lo sviluppo di modelli di convezione del mantello viene svolto in collaborazione con il Dip.to di Scienze della Terra dell'Università di Harvard (USA). Il fine ultimo di questo progetto è quello di effettuare una inversione congiunta di dati sismici e geodinamici.

3. Attività di formazione post-universitaria

3.1. Tettonica attiva e paleosismicità

Anche nel 1998 il gruppo ha dedicato una frazione delle sue risorse all'organizzazione di scuole e conferenze per la promozione delle proprie attività in importanti sedi congressuali e per lo sviluppo di attività di cooperazione e tirocinio. Dato il valore scientifico e le importanti ricadute di immagine che possono determinare, queste attività verranno proseguite ed intensificate nei prossimi anni.

Scuole e conferenze

Nell'ambito delle attività del Task Group II-3 dell'International Lithosphere Project, attualmente coordinato da uno dei membri del Progetto, è stato organizzato un "Field Paleoseismology Workshop" tenutosi in Nicaragua nel marzo 1998 e volto alla diffusione delle tecniche paleosismologiche in centro America. Nell'ambito del corso sono state aperte alcune trincee ed effettuati rilievi microtopografici lungo la importante Falla del Aeropuerto, in prossimità di Managua. Due membri del gruppo hanno inoltre preso parte alla Summer School on "Active Faulting and Paleoseismology (New approaches for seismic hazards in Europe)", una iniziativa analoga dedicata ai giovani ricercatori europei e svoltasi nel centro congressi della Comunità Europea di Munsbach (Lussemburgo) nel luglio 1998.

Rappresentanza I.N.G. in sedi nazionali ed internazionali

I ricercatori afferenti al gruppo rappresentano l'Ente anche con la periodica presentazione dei propri risultati a convegni nazionali ed

internazionali. A partire dal 1997 e per gli anni a seguire ricercatori del gruppo hanno ricevuto incarichi di rappresentanza dell'Ente e delle discipline di pertinenza del Progetto nell'ambito di commissioni e organi di controllo sia nazionali che internazionali, in particolare nell'ambito delle attività della Commissione Grandi Rischi istituita dal Dipartimento della Protezione Civile e delle attività dell'International Lithosphere Project. Per il 1998 va segnalato il completamento delle attività della Commissione per la Riclassificazione Sismica del Territorio Nazionale, che ha elaborato una proposta per la riclassificazione sismica di tutto il territorio nazionale in vista di un importante intervento normativo, e la partecipazione alla Commissione per la Predisposizione dell'Emergenza Sismica nella Sicilia Orientale e Stretto di Messina.

Cooperazione e Tirocinio

L'apertura del gruppo verso l'esterno e in particolare verso la comunità scientifica internazionale si è concretizzata nel 1998 in una serie di stages di studio e formazione presso il gruppo di giovani ricercatori provenienti da Francia, Grecia e Stati Uniti, e nella partecipazione a corsi e attività di terreno a fini didattici da parte di ricercatori del gruppo nelle vesti di istruttori. Queste attività proseguiranno nel futuro seguendo tre filoni di attività principali:

- (1) soggiorni presso l'I.N.G. di ricercatori italiani e stranieri, organizzati in modo da permetterne il coinvolgimento a tempo pieno nell'attività di ricerca svolta nell'Ente e al tempo stesso di svolgere attività di ricerca sul terreno. Tali visite sono generalmente propedeutiche all'avvio di ricerche congiunte in tettonica attiva e paleosismologia nei paesi di provenienza dei ricercatori;
- (2) avvio di campagne di studio nei paesi di provenienza dei ricercatori di cui al punto precedente, allo scopo di indirizzarli verso lo sviluppo autonomo delle metodologie di ricerca ormai affermate presso l'I.N.G.;
- (3) partecipazione all'organizzazione di workshops a carattere nazionale e internazionale nell'ambito delle già menzionate attività del progetto "Paleoseismicity of Late Holocene".

4. Altre attività

4.1. Storia, Didattica e Divulgazione

È stato progettato un audiovisivo divulgativo degli aspetti salienti della geofisica che nel contempo desse risalto al ruolo che l'I.N.G. svolge nei principali settori. Si è definito il testo e la struttura del documentario ed è stata affidata la realizzazione ad una società cinematografica esperta in multimediali scientifici. Dopo la scrittura del testo e la realizzazione delle riprese interne all'I.N.G., il filmato ha subito tutte le fasi di produzione montaggio, postproduzione, ed è attualmente disponibile per la diffusione al target individuato nel personale insegnante in visita all'ING.

Si è commissionata, alla medesima società, la realizzazione di un CD-rom contenente ampie informazioni sulla struttura ed attività di servizio e ricerca dell'I.N.G.. I ricercatori hanno fornito materiale iconografico e

testuale relativo ai loro campi di ricerca ed un CD-rom di prova è già stato fornito dalla società incaricata. Si è conclusa la fase di verifica del materiale riversato sul CD, la società ha provveduto a realizzare l'ambiente grafico di consultazione ed il master definitivo da cui trarre la tiratura necessaria.

Si è proseguita nel 1997 una ricerca storico-biografica su un personaggio del mondo delle geoscienze: Roberto Mantovani, nato a Parma 25-3-1854, morto a Parigi circa nel 1930. Mantovani è stato un precursore della teoria della deriva dei continenti, il primo a proporre quella più generale della espansione della Terra e fu citato da Alfred Wegener nel suo famoso libro come portatore di idee sullo spostamento dei continenti sorprendentemente simili alle sue. Il testo biografico è stato pubblicato sugli atti del congresso annuale di storia della Fisica e della Astronomia del 1997 e viene attualmente fornito come materiale didattico alle scuole in visita al nostro Istituto. È in fase di progetto la realizzazione di un fascicolo bilingue italiano-francese, del quale si è già realizzata la traduzione francese del testo e la raccolta iconografica.

Si è quest'anno iniziata una raccolta di materiale storico (in collaborazione con Thom Brown) relativa al geofisico tedesco Ott. Hilgenberg, ed al suo lavoro, dispiegatosi su un arco di 50 anni, intorno alla tettonica espansionista. Su nostra sollecitazione ha inviato materiale essenziale, lettere, curriculum vitae, documenti e foto, la figlia del personaggio in esame. Altri Documenti inediti sono stati offerti alla nostra attenzione e saranno presto recuperati. Si prevede di scrivere una breve presentazione del personaggio storico per il prossimo convegno di Storia della Fisica e Astronomia di Como.

È stata realizzata una dispensa storico didattica sull'argomento dei moti della Terra (Scalera 1998). La dispensa che include citazioni tratte dai testi dei protagonisti della storia della scienza e della filosofia è stata progettata per gli studenti e docenti degli ultimi due anni dei licei classici e scientifici ma in modo da destare interesse anche in ambito universitario. Distribuita inizialmente in fotocopia, la dispensa è stata stampata come pubblicazione monografica dell'ING in forma compatta ed economica, e distribuita sia nell'ambito delle visite scolastiche, sia come omaggio a tutti i partecipanti al convegno annuale del GNGTS del novembre 1998.

Una seconda edizione in grande formato, in veste tipografica di qualità maggiore, edita per L'ING, che conservava il Copyright, dalle Edizioni Per La Scienza di Roma, è in fase di stampa.

È avviato il progetto di riordino del museo e la costruzione di un parallelo percorso didattico. Ad una prima valutazione insieme al museologo incaricato gli obiettivi principali del progetto sono risultati due:

- assicurare la conservazione e la fruizione adeguata della strumentazione scientifica raccolta presso l'ING;
- promuovere un percorso didattico in grado di illustrare ad un pubblico eterogeneo e non specialista le problematiche dello studio della terra e dei terremoti, con particolare riguardo al territorio nazionale, descrivendo così anche ruolo, attività e merito dell'Istituto Nazionale di Geofisica.

- Si sono così progettati degli exhibit dimostrativi degli aspetti salienti delle scienze della Terra che costituiscono un primo gruppo di oggetti didattici di un ben più articolato discorso didattico che si proseguirà nel tempo. Questi exhibit iniziali sono: una sfera di invito al museo, ruotante con i lineamenti fisici della terra e i lineamenti della divisione in placche della superficie terrestre, i vulcani e i terremoti. Uno spaccato della terra che ne illustri la struttura a strati, dalla crosta al nucleo interno. Un sistema meccanico in piano che dimostri la frammentazione del Pangea e la deriva dei continenti. Un piano basculante con sismografo che illustri la catena moto del terreno, amplificazione sismometrica, registrazione sismografica, ed effetti della larghezza di banda passante del sismometro-amplificatore. Una valorizzazione con testi esplicativi del modello in scala già esistente del modulo GEOSTAR.

- Gli exhibit da realizzare in un proseguo dei lavori di valorizzazione del percorso potranno spaziare da particolari aspetti della geofisica di base a plastici in scala che illustrino aspetti interessanti della struttura geologica del territorio della provincia di Roma.

Sono in via di realizzazione altre iniziative di divulgazione ad iniziativa di diversi ricercatori.

Unità Organica Geodinamica

1. Sintesi dell'attività scientifica svolta nel 1998

1.1. Servizi e raccolta dati

I servizi gestiti dalla U.O. Geodinamica sono costituiti dalla rete GPS e dalla rete di raccolta dati sugli effetti dei terremoti (macrosismica).

Reti GPS

A partire dal 1990 sono state effettuate nell'area italiana e più in generale nell'area mediterranea periodiche campagne di misura con tecniche spaziali Global Positioning System su reti geodetiche predefinite. La finalità è quella di studiare le deformazioni della superficie terrestre sia di origine sismica che asismica, a scala regionale e locale. In particolare la rete TYRGEONET, che consiste di 52 stazioni osservazioni poste nell'area mediterranea, comprende anche stazioni poste in paesi limitrofi come: Algeria, Tunisia, Grecia, Francia, Albania, Austria, Jugoslavia e Slovenia. Nello schema generale della rete sono state previste stazioni appartenenti anche a reti locali per una migliore definizione delle deformazioni, al fine di separare quelle regionali da quelle locali. Infatti queste ultime possono essere connesse a strutture tettoniche attive di limitata estensione. Anche con questa finalità è stata realizzata negli anni passati una densificazione nell'area appenninica, nella fascia compresa tra 41° e 42° Nord, in modo da realizzare una traversa in una delle aree più sismiche della penisola.

In particolare nel 1998 e sono continuate le osservazioni della rete Tyrgeonet nel Mediterraneo occidentale, istituendo sei nuove stazioni GPS nel retroterra Algerino, in collaborazione con il CNTS di Arzew e l'INC di Algeri. Si deve sottolineare che è la prima volta che si conducono misure di questo tipo in Algeria. I dati raccolti durante le campagne precedenti, effettuate tra il 1995 e il 1997, hanno fornito prime indicazioni sull'andamento della collisione tra le placche continentali africana ed europea in questa parte del Mediterraneo, che avviene al tasso di 0.8 ± 0.4 cm/anno. I risultati ottenuti in questa ricerca forniscono dati simili a quelli ottenuti da modelli geodinamici globali.

Sempre a scala regionale, nel 1998 è stata rimisurata la rete GPS Alpi, in collaborazione con Enti francesi. Il confronto con le misure effettuate nel 1993 ha permesso di calcolare la velocità di deformazione di questo settore dell'arco alpino, agli oltre 50 monumenti geodetici che compongono questa rete.

Per quanto riguarda la misura di reti geodetiche GPS a scala locale, particolare attenzione è stata data alle deformazioni post sismiche relative alla sequenza che ha colpito l'area umbra-marchigiana: in seguito alle due scosse principali di $M_w = 5.7$ e $M_w = 6.0$ del 26 settembre 1997. Sono stati rioccupati i 13 vertici della rete geodetica IGM95 posti nell'area epicentrale, che hanno fornito dati di deformazione post-sismica alle stazioni poste più vicino agli epicentri degli eventi più forti. Si rammenta che i massimi valori di deformazione cosismica sono stati di 14 cm nella componente planimetrica e di 25 cm in quella verticale alle stazioni di Collecroce e Monte Pennino.

È importante sottolineare che, per la prima volta in Italia, sono stati misurati con metodologia geodetica spostamenti cosismici significativi, che sono stati utilizzati per definire un modello di faglia responsabile dei maggiori eventi sismici e comprendere i processi meccanici che sono all'origine della sorgente sismica. I dati GPS sono stati anche combinati con dati di Interferometria SAR, per la validazione di questo tipo di osservazioni spaziali e per la realizzazione di un altro modello di faglia utilizzando entrambi i set di dati. Durante il 1998 è stata anche eseguita una linea di livellazione con tecniche GPS nella piana di Colfiorito. I dati raccolti sono stati integrati da misure gravimetriche. La combinazione delle osservazioni ha permesso di evidenziare una anomalia gravimetrica riconducibile ad un bedrock fagliato, che si trova in corrispondenza del prolungamento della faglia dei terremoti del 26 settembre 1997, in una zona di elevata deformazione superficiale.

Durante il 1998 sono anche state misurate nuovamente le reti GPS della Sicilia sud-orientale, del Forlivese e dei Colli Albani. I dati acquisiti in queste aree non hanno evidenziato deformazioni del suolo particolarmente significative, mostrando una stabilità tettonica delle aree in studio.

In generale, l'attività geodetica effettuata dalla U.O. Geodinamica ha portato alla determinazione con precisione centimetrica di oltre 200 stazioni geodetiche nell'area mediterranea.

Servizio di rilevamento macrosismico

L'I.N.G. gestisce una rete di corrispondenti per il rilevamento degli effetti dei terremoti sulle persone, le cose e l'ambiente. I corrispondenti, mediante appositi questionari basati sulla scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS), forniscono una serie di informazioni relative alla propria zona di indagine. La rete dei corrispondenti è costituita dalle stazioni dell'Arma dei Carabinieri, con 3864 punti rilevamento, dai Comuni e relative frazioni, per un totale di 8205 punti e dalle stazioni del Corpo Forestale dello Stato, con 1141 punti. Queste strutture sono state scelte come campione, in quanto costituiscono una garanzia di corretta ed esauriente informazione tecnica, poiché coinvolte direttamente e territorialmente nell'emergenza sismica. In totale abbiamo 13210 punti di rilevamento con una densità media territoriale di circa 23 kmq e una densità effettiva di circa 37 kmq. In caso di eventi particolarmente significativi, sono previsti sopralluoghi di personale qualificato dell'Ente stesso. In occasione di terremoti di magnitudo maggiore di 2.5, i questionari vengono spediti ai corrispondenti che si presuppone abbiano sentito il terremoto. Una volta restituiti, si effettuano le elaborazioni relative che si compendiano nel bollettino.

1.2. Linee di ricerca

Le attività di ricerca dell'U.O. Geodinamica si sono svolte nell'ambito dell'area culturale che studia gli effetti permanenti e transitori dei terremoti. In quest'ultimo triennio ci si è particolarmente impegnati nell'analisi dei dati del catalogo sismico per l'identificazione di strutture sismicamente attive e per lo studio delle relazioni di queste con i processi geodinamici.

In particolare, le ricerche si sono articolate prevalentemente sui seguenti argomenti: analisi statistica e studio delle caratteristiche frattali della sismicità; sviluppo di metodi di filtraggio e di analisi dei dati; raccolta ed analisi degli effetti su ambiente, persone e cose; effetti dei terremoti sulle acque; reti geodetiche GPS, per la misura delle deformazioni crostali in aree

sismiche italiane; misure delle deformazioni crostali; attività geodinamiche; Progetto Tyrgeonet; progetto "Antiche strutture costiere romane e preromane come indicatori di tettonica attiva recente". Su tali attività si è sovrapposta la crisi sismica del Settembre-Ottobre nell'Appennino Centrale focalizzando gran parte delle tematiche sopra elencate proprio su tale evento.

1.3. Analisi statistica e studio delle caratteristiche frattali della sismicità

Lo studio dei sistemi non lineari ha fatto notare che i terremoti potrebbero essere un esempio di sistema caotico; se questo è il caso, più che l'analisi di singoli eventi, avrebbe importanza lo studio della sismicità o delle proprietà statistiche di un insieme di terremoti. È stato altresì notato che un tipo di analisi particolarmente adatto al fenomeno sismico è la statistica frattale. In collaborazione con ricercatori dell'Università di Genova e dell'Osservatorio Vesuviano sono state studiate le caratteristiche di scala spazio-temporale del catalogo sismico della California. Tale studio ha evidenziato la marcata struttura multifrattale dei dati e la differenza in tal senso fra terremoti principali e aftershocks, mentre questi ultimi sono caratterizzati da una distribuzione spaziale omogenea, i primi si localizzano su strutture definite (Godano et al., 1998a). Altro risultato ottenuto è stato il sottolineare l'affinità tra la sismicità ad i sistemi critici auto-organizzati, mostrando il legame che sembra esistere tra diversi terremoti vicini nel tempo ma distanti nello spazio (Godano et al., 1998b).

In collaborazione con un dottorando dell'Università di Catania sono state studiate le caratteristiche frattali della sismicità dell'Etna ed aree circostanti, mostrando il legame esistente tra la variazione del clustering temporale e spaziale degli eventi ed i processi geodinamici che caratterizzano le eruzioni. In particolare è stato notato che, per quanto riguarda l'edificio vulcanico, i terremoti del fianco Sud Ovest non sono correlati con le eruzioni. Per le strutture regionali confinanti è stato riscontrato che la sismicità dell'area a Nord, comprendente la Linea Tindari-Giardini, sembra legata ai processi magmatici su lunghi lassi temporali, mentre la sismicità dell'area iblea risulta indipendente dal vulcanismo (De Rubeis et al., 1997).

La recente attività sismica dell'Italia centrale ha permesso di aggiornare e completare gli studi della variazione nel tempo del grado di clustering frattale degli epicentri. Con questa tecnica è stata analizzata la sismicità dell'area Umbria-Marche riscontrando l'esistenza di una connessione tra diverse strutture sismogenetiche distanti fino a 100 chilometri tra loro; ciò ha permesso anche il riconoscimento di foreshocks associati agli eventi più intensi. Una conferma dell'ipotesi della associazione tra strutture distanti tra loro è venuta dall'utilizzo dell'analisi frattale su di un catalogo della California, mostrando l'esistenza di un legame non casuale tra terremoti vicini nel tempo ma distanti nello spazio (Tosi, 1998).

È stata anche studiata la variazione della dimensione frattale nella sismicità etnea, ottenendo in tal modo la definizione del rapporto sismicità-eruzioni e della connessione tra l'attività di strutture tettoniche adiacenti (Linea Tindari-Giardini) e processi eruttivi.

I risultati di questi lavori sono stati presentati a diversi convegni: Int. Work. Volcanism (Abstract De Rubeis et al.), GNGTS (Abstract De Rubeis et al.), GNV (Abstract Azzaro et al.), IASPEI.

1.4. Sviluppo di metodi di filtraggio e di analisi dei dati

La raccolta dei dati macrosismici attraverso i questionari presenta, ai fini di un'elaborazione significativa degli effetti segnalati, il problema del filtraggio del dato, che consiste nella necessità di eliminare le alte frequenze, in quanto spesso dovute a cause diverse dal fenomeno indagato.

In questa linea di ricerca è stato sviluppato un sistema di filtraggio che utilizza l'analisi della dimensione frattale. Il presupposto teorico sul quale si basa è la constatazione che al segnale è sovrimposto un rumore casuale, ed è noto che il rumore aumenta notevolmente la dimensione frattale dell'insieme considerato. Un evidente cambiamento di pendenza dell'andamento della dimensione frattale contrassegna il limite tra segnale e rumore, consentendo così l'eliminazione di quest'ultimo. Il sistema è stato successivamente raffinato con l'utilizzo di metodi statistici appropriati (massima verosimiglianza e *median polish algorithm*).

Questa tecnica di filtraggio, unita all'interpolazione, è stata applicata ai dati relativi all'intensità macrosismica di alcuni terremoti italiani, tra cui quelli appartenenti alla sequenza sismica dell'Appennino centrale. La separazione del rumore e delle componenti locali ha permesso di definire il campo macrosismico per ogni evento.

Nell'ambito generale delle caratteristiche frattali della sismicità è stata sviluppata una tecnica di riconoscimento dei segnali sismici su sismogrammi in modo automatico. L'algoritmo è basato sul diverso valore della dimensione frattale dei segnali sismici rispetto al rumore di fondo che si suppone essere casuale.

Il metodo è stato applicato estensivamente su segnali sismometrici dimostrando un'efficienza superiore agli attuali metodi di riconoscimento automatico. La validità del metodo è dovuta ad un approccio radicalmente diverso al tema: il riconoscere che un segnale è frattale implica una relazione stretta tra le ampiezze spettrali delle diverse frequenze che compongono il segnale (Tosi et al., in printing)

1.5. Effetti macrosismici

L'attività è stata sostanzialmente indirizzata alla gestione e alla elaborazione dei dati macrosismici, che coinvolge differenti aspetti come lo studio dei metodi di indagine, l'elaborazione di tipo statistico dei dati, lo studio dell'evoluzione delle scale macrosismiche, i rapporti con Istituti stranieri per la comune produzione di dati macrosismici omogenei e sempre più affidabili. I recenti terremoti dell'Umbria e delle Marche (Massa Martana, Giugno 1997 e Colfiorito, Sett.-Ott. 1997) hanno calamitato in gran parte l'attività del gruppo di lavoro di macrosismica, soprattutto per quanto riguarda la raccolta e l'analisi preliminare dei dati relativi tuttora in elaborazione. Risultati preliminari sono stati comunque presentati nei convegni annuali del GNDT in Settembre (Camassi et al., 1997) e del GNGTS (Anzidei et al., 1997; Gasparini et al., 1997) in Novembre, oltre che ampiamente diffusi via-Internet e dai quali emerge una forte dipendenza, sia del campo macrosismico che della distribuzione degli effetti ambientali (frane, fratture etc.), dal pattern strutturale presente nell'area. I campi macrosismici relativi alle scosse principali della sequenza di Colfiorito sono stati filtrati e i risultati preliminari sono stati pubblicati su una rivista internazionale (Tosi et al., 1998). Un'importante attività in corso d'opera riguarda la valutazione dei risentimenti macrosismici dovuti a forti terremoti

appenninici nella città di Roma necessaria per verificare quanto ipotizzato sulla scorta dei soli terremoti storici. I primi riscontri sono emersi analizzando una grossa mole di dati relativi alla scossa del 14/10/97 (Sellano), fortemente risentita a Roma, e mostrano quanto sia complessa e variegata la distribuzione del risentimento in un'area metropolitana così grande (Cifelli et al., 1997). Tale ricerca, intrapresa insieme al Dip. di Geologia della Terza Università, è tuttora in corso, con la raccolta dei dati di successivi terremoti appenninici; l'analisi dei primi risultati sarà presentata alla XXIII General Assembly dell'EGS nell'aprile 1998.

Sempre nel corso del 1997, e nell'ambito dei lavori del Working Group Macroseismic Scales, è stato effettuato un test sul campo della European Macroseismic Scale, rilevando gli effetti del terremoto durante la sequenza sismica del settembre-ottobre. I primi risultati sono stati anch'essi presentati alla XXIII General Assembly dell'EGS nell'aprile 1998.

1.6. Riesame dei dati storici

Questa linea di ricerca ha interessato più specificatamente l'indagine storica di eventi significativi, spingendosi allo studio degli effetti locali nei centri urbani, e della sismicità storica in tutti i suoi aspetti attuali (rischio sismico, vulnerabilità, aggiornamento cataloghi, utilizzo delle tecniche attuali per studi storici). Particolare enfasi è stata data agli aspetti interdisciplinari (relazioni con archeologia, morfologia, storiografia ecc.), fondamentali per ottenere una comprensione più ampia dei fenomeni studiati. Questa fase di studio, come chiusura del Progetto ING Aniene-Bassa-Sabina, ha evidenziato buoni risultati nel chiarire la natura di eventi minori o misconosciuti quali quelli di Subiaco (1216, 1227, 1299), Palestrina (1844), San Gregorio da Sassola (1759), Affile (1765) (DiGiovambattista et al., 1997; Tertulliani et al. sottomesso ad *Annali di Geofisica*). È stata costituita nella pagina internet relativa al reparto Geodinamica una sezione di documenti storici: vengono rappresentati, con traduzione in inglese, i testi originali di cronache e descrizioni di eventi avvenuti nel passato, rappresentativi della ampia tradizione che c'è in Italia sull'argomento; nello stesso spazio multimediale trovano posto rappresentazioni grafiche antiche e fotografie risalenti allo scorso secolo (http://ing712.ingrm.it/data_www/Hist/hist.html).

1.7. Catalogo dei maremoti

In un quadro di collaborazione internazionale nell'ambito del progetto U.E. denominato GITEC-TWO, conclusosi nel dicembre 98, è stato redatto il primo *catalogo analitico unificato dei maremoti dell'area mediterranea*. Per la realizzazione del catalogo sono state condotte ricerche storiche dettagliate per una lettura critica delle fonti originali, da parte di ciascun paese partecipante al suddetto progetto. Il catalogo è attualmente in fase di stampa (Tinti S., Baptista M.A., Harbitz C. and Maramai A. - *The Unified catalogue of tsunamis, a GITEC experience: Physics and Chemistry of the Earth*, in press). Il catalogo, completo ed affidabile in forma di database digitale, è concepito per PC in ambiente Windows ed è strutturato in due principali databases, uno concernente gli eventi e l'altro relativo alla bibliografia. Il database degli eventi, contenente 218 eventi per il periodo dal 6000 a.C. ad oggi, completamente riesaminati, riporta la descrizione essenziale delle caratteristiche di ogni maremoto e delle rispettive fonti,

mentre il database della bibliografia include tutte le references per ogni evento, cioè fonti originali, lettere, studi, monografie, etc. Il catalogo ha delle specifiche "on-line facilities" in modo che qualsiasi utente, anche con elementare esperienza delle funzioni basilari di Windows, possa utilizzare il database senza istruzioni particolari.

1.8 Realizzazione del sistema italiano di "Tsunami Warning"

Nel corso del 98 l'attività principale è stata la progettazione e la realizzazione del primo sistema pilota italiano per l'allarme maremoti, nell'ambito del progetto U.E. GITEC-TWO (Genesis and Impact of Tsunamis on the European Coasts), conclusosi nel dicembre 1998. L'attenzione si è focalizzata su aree costiere di particolare interesse e, in tal senso, l'area prescelta, per l'installazione del sistema di "warning" è la costa della Sicilia Orientale che si affaccia sullo Ionio e, più precisamente, l'area di Augusta (Siracusa). Il sistema sperimentale è stato installato nel Luglio 1998 ed è concepito per le coste interessate da tsunami generati da terremoti locali, con epicentro a poca distanza dalla costa stessa, come accade per la maggior parte dei maremoti italiani. Pertanto, lo scenario tipico è quello di onde che investono la costa entro 15-20 min. dal verificarsi del sisma, dopo un primo movimento di ritiro del mare. Questa caratteristica degli eventi italiani fa sì che il tempo che intercorre tra la generazione dello tsunami e l'arrivo delle onde sulla costa è piuttosto breve ed in questa ottica ciò che occorre è l'immediata detezione del maremoto generato. Il sistema installato è concepito per la acquisizione simultanea del segnale sismico e dei dati sulle variazioni del livello marino, per il processamento di entrambi i segnali, per la individuazione di condizioni di "warning" e per la conseguente emissione di un messaggio di allarme ad unità locali della Protezione Civile. Il sistema è operativo dall'estate 1998 e attualmente è in corso lo studio e l'analisi dei dati registrati, nonché il perfezionamento delle procedure software e degli algoritmi per la emissione del messaggio di allarme alla Protezione Civile.

1.9. Stima dei campi di deformazione crostali

Il sistema NAVSTAR GPS (Navigation Satellite Time and Ranging Global Positioning System) è stato sviluppato dal Dipartimento delle Difesa degli Stati Uniti d'America per fornire il posizionamento assoluto di punti sulla superficie terrestre mediante la ricezione di dati inviati da una costellazione di satelliti. Negli ultimi anni questo sistema è stato impiegato con successo in geodesia di precisione consentendo il calcolo delle coordinate dei siti di ricezione nel sistema di riferimento WGS84 con precisione centimetrica. Il rilievo GPS viene effettuato su reti di punti distanti tra loro anche centinaia di chilometri. L'analisi dei dati viene effettuata mediante opportune metodologie statistiche che consentono di calcolare il vettore spostamento dei siti dopo rilievi ripetuti. Gli spostamenti osservati sono sottoposti poi al test di Fisher per stabilire se essi siano significativi rispetto agli errori associati.

Nel 1998 sono stati definiti i campi di deformazione, in termini di differenze di coordinate ottenute da rilievi ripetuti, delle reti GPS della TYRGEONET (settore ionico), dei Colli Albani, dello Stretto di Messina e della CEE. (Anzidei et al., 1997; Anzidei et al., 1997; Achilli et al., 1997; Anzidei et al., 1998; Crespi e Riguzzi, 1998).

I risultati delle ricerche sono stati portati anche a convegni con comunicazioni o poster (GNGTS, AGU, EGS).

1.10 Progetto Analisi della sensibilit  del GPS

Nell'ambito delle ricerche metodologiche relative all'applicazione del GPS alle reti di controllo   stata avviata la progettazione del primo esperimento sistematico finalizzato alla definizione della sensibilit  del GPS per applicazioni a reti di interesse geodinamico. Tale progetto viene effettuato in collaborazione con l'Osservatorio Geofisico di Modena, il Politecnico di Torino e l'Universit  di Roma-La Sapienza, con tale esperimento si cerca di ricostruire, tramite rilievi successivi di una rete GPS, l'andamento degli spostamenti imposti con alta precisione per mezzo di un apparato micrometrico appositamente realizzato ad un punto della rete stessa (Betti et al., 1999).

1.11. Applicazioni cinematiche del GPS per rilievi batimetrici in aree vulcaniche sottomarine e realizzazione di Modelli Digitali del Terreno.

L'utilizzo di tecniche GPS differenziali accoppiate con trasduttori ad eco-scandaglio e software di navigazione in tempo reale, rappresenta un potente mezzo per realizzare Modelli Digitali del fondale con alta precisione e in breve tempo.

Un utile esperimento   stato condotto nel 1998 nell'area craterica di Panarea (Isole Eolie), realizzando un DTM del fondale. Sfruttando le potenzialit  del sistema GPS come apparato di navigazione, diviene possibile ripercorrere le stesse rotte periodicamente e quindi controllare quantitativamente l'attivit  fumarolica sottomarina che produce interferenze sul dato rilevato dall'ecoscandaglio. Con questa metodologia sono state ottenute accuratazze nella determinazione della posizione e della profondit  rispettivamente dell'ordine di ± 30 e ± 10 cm.

La combinazione di modelli digitali del terreno marini e terrestri permette di realizzare modelli completi sull'andamento della morfologia del terreno in aree costiere. Il loro impiego, oltre che per lo studio e monitoraggio di attivit  fumarolica connessa a edifici vulcanici sottomarini, puo' essere anche applicato a studi geomorfologici e per la previsione dell'ampiezza di onde di maremoto che si approssimano alla costa.

1.12. Studio dettagliato delle deformazioni crostali mediante tecniche geodetiche GPS e DinSAR in aree ad alto rischio sismico.

Per lo studio dettagliato delle deformazioni crostali mediante tecniche geodetiche GPS e DinSAR si prevede di realizzare un progetto specifico che preveda un accordo con Protezione Civile, Istituto Geografico Militare e Agenzia Spaziale Italiana. Gli obiettivi del progetto sono di realizzare un monitoraggio delle deformazioni crostali, ovvero del *geodetic strain* e del *seismic strain* mediante tecniche spaziali GPS, DinSAR e dati sismologici, in una delle aree italiane a maggiore pericolosit  sismica.

Per la valutazione della pericolosit  sismica   importante stabilire per ogni regione sismotettonica il rapporto tra la deformazione crostale associata al solo rilascio di energia sismica (*seismic strain*) e la deformazione totale, anche di tipo asismico (*geodetic strain*). Ad es. per alti valori di questo rapporto un deficit di deformazione sismica in un'area di alta deformazione geodetica puo' indicare un'alta pericolosit . In Italia i dati attualmente

disponibili non sono sufficienti per definire quali sono le aree che mostrano geodetic strain tali da poter essere considerate a rischio. Ciò a causa della bassa densità dei punti di osservazione geodetici di alta precisione e della loro limitata storia temporale.

Le recenti tecniche geodetiche spaziali GPS, per la loro accuratezza, possono colmare questo gap informativo in un'area ad alto rischio sismico come l'Italia. Progetti basati sull'impiego di tecniche geodetiche spaziali sono stati intrapresi in Giappone e negli USA dove sono state installate dense reti regionali permanenti di monitoraggio geodetico (circa 1000 stazioni solo in Giappone) che hanno prodotto in poco tempo importanti risultati sulla conoscenza dei campi di deformazione crostale presismica, cosismica e post sismica. Inoltre ulteriori densificazioni di reti di osservazione sono state realizzate in prossimità di faglie la cui attività è nota (ad es. la San Andreas in California). Ciò al fine di studiare le deformazioni limitate alla faglia (*near field*) per la caratterizzazione delle sorgenti sismiche e per lo studio di eventuali precursori. Nel caso delle deformazioni *near field*, la combinazione di dati GPS con osservazioni di tipo Interferometria Differenziale SAR permette una definizione completa degli spostamenti associati al ciclo sismico. Le tecniche DInSAR, inizialmente applicate con risultati spettacolari in aree con favorevoli condizioni ambientali (desertiche e vulcaniche), sono state recentemente impiegate con successo anche in aree apparentemente sfavorevoli, come l'Appennino umbro-marchigiano. I risultati di quest'ultima ricerca dell'ING, in cui l'analisi congiunta di dati geodetici e sismologici ha prodotto significativi risultati sulla conoscenza della sorgente sismica e dimostrano l'importanza di eseguire un monitoraggio in cui le tecniche GPS siano affiancate a quelle DInSAR.

Con questa finalità si propone di realizzare circa 500 nuovi monumenti in un'area ad alta pericolosità sismica mediante la realizzazione di una rete di circa 80x150 km (pari a 12.000 kmq di territorio), con una maglia media di circa 5 km e densità di una stazione ogni 25 kmq circa. Una maglia così fitta potrà consentire di determinare le deformazioni (pre, post e co-sismiche) generate dai tipici terremoti appenninici. Si prevede infatti che per questo tipo di eventi, l'area interessata dalla deformazione co-sismica possa essere misurata in dettaglio da non meno di 20 vertici geodetici. Misure ripetute sugli stessi vertici forniranno i dati per la determinazione della deformazione post-sismica. Le stazioni permanenti in monitoraggio continuo, produrranno dati sulla fase presismica. La rete sarà disposta lungo la dorsale appenninica e comprenderà anche alcune stazioni permanenti della rete permanente gestita dall'Agenzia Spaziale Italiana (ASI). La localizzazione dei punti geodetici sarà decisa sia sulla base delle conoscenze sismologiche e geodetiche storiche e moderne che su quelle geologiche e paleosismologiche. Per una ottimizzazione della scelta dei siti della rete verranno anche utilizzate immagini telerilevate. Per avvalersi di dati geodetici già disponibili, saranno anche utilizzati i vertici già esistenti afferenti alle reti IGM95, Tyrgonet e ad altre reti locali. Uno dei punti cruciali del progetto è quello di realizzare 30 stazioni permanenti, in monitoraggio continuo con dato telemetrato all'ING, distribuite secondo una maglia di 20 Km. Queste, che costituiranno la rete di I ordine, avranno il compito di monitorare le deformazioni presismiche (anche asismiche), co-sismiche e post sismiche, con uno standard di precisione inferiore a 1 cm in planimetria e 1.5 cm in quota (al 95% di livello di confidenza). Particolare attenzione verrà data alle deformazioni presismiche che potranno fornire indicazioni sulla entità della attività crostale durante il periodo di