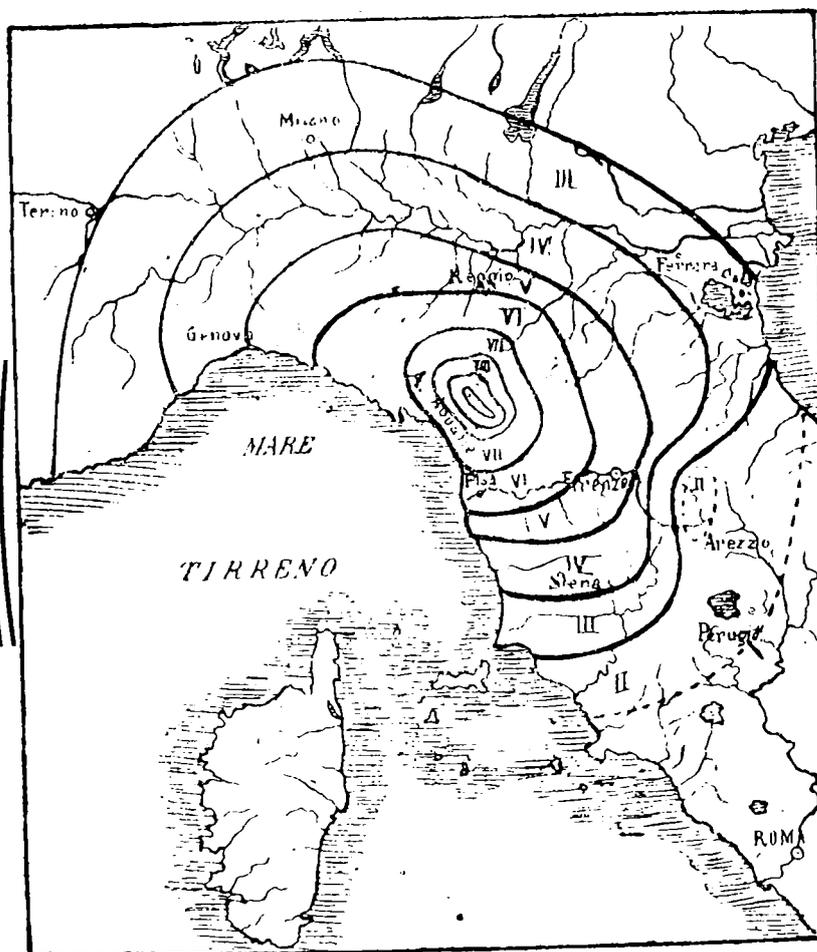


CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFESA DAI TERREMOTI

REGIONE TOSCANA

PROGETTO TERREMOTO



IN GARFAGNANA E LUNIGIANA

REGIONE TOSCANA
GIUNTA REGIONALE
EDIZIONI LA MANDRAGORA

4. MAPPE DI MICROZONAZIONE

4.1 L'ESEMPIO DI CASTELNUOVO GARFAGNANA

A. Gerrina Feroni	<i>Centro di studio per la Geologia strutturale e dinamica dell'Appennino, CNR Pisa</i>
Decandia F.A.	<i>Istituto di Geologia e Paleontologia, Università di Siena</i>
Guelfi F.	<i>Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa</i>
Kälin O.	<i>Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa</i>
Marcellini A.	<i>Istituto per la Geofisica della litosfera, CNR Milano</i>
Patacca E.	<i>Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa</i>
Plesi G.	<i>Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa</i>
Scandone P.	<i>Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa</i>

Premessa

È noto che in un'area colpita da un terremoto l'andamento delle isosiste ricostruite sulla base dell'effettiva distribuzione dei danni può differire sostanzialmente da quello ottenibile in via teorica ipotizzando una sorgente sferica o puntiforme e assumendo una legge di attenuazione media riferita ad un mezzo continuo ed isotropo. Un'opportuna modellazione della sorgente e l'applicazione di leggi di attenuazione più realistiche che tengano conto della struttura geologica regionale possono ridurre sensibilmente lo scarto fra campo osservato e campo calcolato, ma fenomeni di amplificazione o di attenuazione dei movimenti al suolo legati alla struttura geologica locale, alle caratteristiche tecniche dei materiali che compongono il sottosuolo e alla morfologia giocheranno comunque un ruolo non indifferente in relazione alla distribuzione e alla severità dei danni. In altre parole nello stesso centro abitato gli effetti di un terremoto, a parità di tipologie costruttive e di stato di conservazione degli edifici, possono essere sensibilmente diversi da luogo a luogo, anche a brevissime distanze. Esempi come Santomena, Castelnuovo di Conza, Muro Lucano — colpiti dal terremoto del 23 novembre 1980 — sono al riguardo altamente istruttivi. I fattori che hanno qui maggiormente influenzato la risposta sismica locale, in relazione a quel determinato terremoto e alla tipologia edilizia, sono particolari condizioni morfologiche (zone di culmine o cresta, versanti con forte acclività) e/o le caratteristiche tecniche dei terreni nell'immediato sottosuolo sino ad alcune decine di metri di profondità. Particolarmente vulnerabili, ad esempio, sono apparse le zone dove le proprietà elastiche dei terreni cambiano bruscamente, passando da materiali lapidei a terreni semicoerenti o incoerenti. È dunque necessario che a una "macrozonazione" del territorio nazionale (che si traduce operativamente nella classificazione sismica dei comuni e nell'imposizione di determinate norme costruttive generali) si affianchino zonazioni più dettagliate che mettano in evidenza la diversa pericolosità delle parti che compongono un territorio comunale.

La microzonazione intesa in senso classico può essere effettuata alla scala del territorio comunale o di una parte di esso e ha come obiettivo la determinazione e la rappresentazione grafica di un insieme di parametri (quali:

accelerazione, velocità massima del terreno ecc.) direttamente applicabili per modificare puntualmente lo spettro sismico di progetto prescritto dalla normativa in funzione della diversa risposta del terreno legata alle diverse condizioni geologiche e morfologiche. Uno studio di microzonazione necessita a monte, come quadro di riferimento, di una buona conoscenza della scuotibilità a scala regionale, vale a dire ad esempio, dei valori massimi dei movimenti del suolo (espressi in intensità, accelerazione ecc.) attesi per diversi periodi di ritorno dei terremoti di intensità tale da pregiudicare la stabilità della struttura. Ciò non è semplice perché, soprattutto per distanze epicentrali ravvicinate, terremoti di pari magnitudo generati però da sorgenti diverse o provenienti da direzioni diverse possono dare effetti differenti nella stessa area.

In questi ultimi anni l'importanza acquisita dalle problematiche della pianificazione territoriale, oramai ampiamente recepita da amministratori pubblici e riconosciuta anche a livello normativo come appare dal D.M. 21/1/81, che contiene uno specifico paragrafo dedicato alle "grandi aree", ha posto l'esigenza di un nuovo tipo di microzonazione sismica.

Finalizzata a una programmazione e gestione del territorio in zona sismica, tale microzonazione si presenta come un documento di supporto per la redazione di piani urbanistici.

Non si richiedono per questi obiettivi le metodologie sofisticate e gli elevati costi necessari per la microzonazione rivolta alla definizione delle azioni sismiche di progetto (descritta sopra). In tale senso non è indispensabile che i prodotti finali siano rappresentazioni grafiche di parametri quali accelerazioni massime o spettri di risposta, ed è sufficiente disporre di carte di microzonazione che individuino in senso più qualitativo le aree più pericolose della zona da un punto di vista sismico.

Onde evitare fraintendimenti, ciò non significa né un minor rigore metodologico né che siano sufficienti per la preparazione del prodotto finale solo informazioni geologiche e geotecniche.

D'altra parte non era pensabile effettuare una microzonazione in senso "classico" perché ciò avrebbe comportato l'effettuazione di indagini geotecniche e geofisiche, indispensabili per la definizione dei parametri che descrivono le caratteristiche meccaniche del terreno.

In sintesi si può affermare che il presente lavoro si prefigge i seguenti obiettivi:

- fornire elementi di massima per la programmazione del territorio del Comune di Castelnuovo Garfagnana;
- individuare delle aree in cui sarebbe opportuno effettuare nuove indagini;
- fungere da documento preliminare per l'elaborazione di una microzonazione in senso classico.

Esso è essenzialmente basato su un rilevamento geologico di dettaglio in prospettiva sismica (la geometria dei corpi geologici è stata ricostruita essenzialmente sulla base delle osservazioni di superficie con l'ausilio di alcuni sondaggi).

La stessa procedura, arricchita da informazioni tratte dalla bibliografia, è stata seguita per la caratterizzazione (ovviamente di massima) delle proprietà meccaniche dei litotipi indicati nella sezione utilizzata per il calcolo della risposta sismica.

Al fine di meglio evidenziare la possibile influenza dei fattori geologici e morfologici locali, la simulazione è stata effettuata ipotizzando un terremoto molto forte (e probabilisticamente molto raro per la zona in esame), vale a dire un terremoto del tipo di quello che colpì la Garfagnana il 7/9/1920.

Il grado di danneggiamento relativamente modesto e la scarsità di dati puntuali sugli effetti del terremoto del 1920 relativamente al Comune di Castelnuovo ci ha impedito di ricercare, come è stato fatto in Irpinia, correlazioni fra struttura geologica e severità dei danni. Un'analisi, sia pur preliminare, della distribuzione dei danni nell'area mesosismica del terremoto del 7/9/1920 ci spinge comunque a ritenere che forti anomalie nell'attenuazione dell'intensità debbano essere legate alla risposta sismica locale. Già De Stefani (1920) riconduceva la differenza di severità dei danni fra Castiglione di Garfagnana e Villa Collemandina, ubicati a poco più di 1 Km di distanza, alla presenza nel primo caso di conglomerati ben cementati e nel secondo di conglomerati sciolti come terreno di fondazione. In occasione dello stesso terremoto l'abitato di Castelnuovo di Garfagnana ha sofferto danni moderati e ciò, almeno in parte, può essere ricondotto alle buone caratteristiche del terreno di fondazione.

Lo sviluppo urbanistico degli ultimi decenni ha costretto inevitabilmente a scegliere come aree di espansione zone che presenterebbero, con ogni probabilità, una risposta sismica ben diversa da quella del centro storico, con possibili effetti locali di amplificazione dell'intensità. È su queste aree, e segnatamente sulle piane alluvionali del Serchio e della Turrite Secca, nonché lungo i loro margini, che si consiglia di approfondire gli studi al fine di ottenere un quadro quantificato della possibile risposta sismica e per adoperare gli strumenti di prevenzione offerti da un'applicazione più razionale delle norme antisismiche.

Lineamenti geologico-strutturali

Tra S. Donnino e Ghivizzano il corso del Serchio è impostato lungo un corridoio strutturale corrispondente ad un blocco ribassato tra le Alpi Apuane a SW e i monti del crinale appenninico a NE. Questa struttura viene impropriamente definita, nella letteratura geologica corrente, come "fossa tettonica" o "Graben" del Serchio e la sua geometria viene esemplificata attraverso sistemi di faglie dirette a gradinata, simmetriche rispetto all'asse della depressione. Si tratta in realtà, qui come in altre situazioni simili dell'Appennino (Val di Magra, Valdarno, Mugello ecc.), non di una struttura ad Horst e Graben ma di una struttura a blocchi fagliati limitati da faglie sintetiche lungo il bordo orientale e da faglie antitetiche

lungo il bordo occidentale (Eva et Al., 1978). Questa scomposizione in blocchi si verificò principalmente nel Pliocene superiore, quando l'assetto della catena appenninica era già simile a quello attuale. I blocchi in via di sollevamento furono sottoposti ad erosione più o meno rapida; nelle aree in via di sprofondamento, invece, si instaurarono stretti bacini lacustri o fluvio-lacustri, allungati parallelamente all'asse della catena. Si formarono così i bacini di Castelnuovo e di Barga, separati dalla soglia di Monte Perpoli. Al riempimento dei bacini seguirono movimenti tettonici accompagnati da faglie e infine fasi alterne di erosione e sedimentazione. Alle ultime fasi sono attribuibili le grandi conoidi alluvionali di Pian di Cerreto e di Pieve Fosciana, quest'ultima quasi integralmente conservata. L'attuale Valle del Serchio è il risultato di una morfogenesi recentissima, successiva alle ultime glaciazioni.

La Garfagnana è una delle zone della Toscana a più elevata sismicità. Eva et Al. (1978) hanno messo in evidenza che gli epicentri dei terremoti di quest'area cadono entro una fascia della larghezza di una trentina di chilometri allungata per circa 150 chilometri da Varzi alla Val di Lima. Questa fascia è considerata dagli autori la zona sismogenetica più occidentale dell'Appennino settentrionale e i terremoti che vi si generano vengono associati a movimenti tensivi con componente di trascorrenza lungo superfici di frattura profonde parallele all'asse dell'Appennino.

Esistono schemi sismotettonici molto semplicistici che sostengono l'esistenza di correlazioni dirette tra le singole faglie osservabili in superficie e le sorgenti profonde, postulando un massimo rischio sismico per gli abitati ubicati in prossimità delle faglie. Non è negli scopi di questo lavoro discutere metodi e strumenti dell'analisi sismotettonica. Studi più circostanziati condotti nell'ambito del PFG hanno messo in evidenza che in strutture complesse come l'Appennino la presenza di singole faglie non costituisce un particolare elemento di rischio, la valutazione del quale si fonda su correlazioni di parametri storici, geologici e geofisici, inquadrati in modelli ben più complessi. Questo commento ci sembra utile, per eliminare ingiustificati e pericolosi allarmismi.

Descrizione delle unità litostratigrafiche distinte nella carta geologica (figura 7 e figura 8 fuori testo)

Calcari e marna a Rhaetavicula contorta (Retico). Affiorano al nucleo di un'antiforme al margine sud-occidentale dell'area rilevata. La formazione è costituita da un'alternanza di calcari grigio-scuro (micriti fino a calcareniti) in strati di spessore variabile da pochi centimetri a un metro e di livelli marnosi grigio-scuro, localmente giallastri per alterazione superficiale, di spessore in media da pochi centimetri a qualche decimetro. Nell'area rilevata i terreni di questa unità affiorano per uno spessore inferiore al centinaio di metri.

Calcare massiccio (Retico? - Lias inferiore). Questa formazione, attribuita da Zaccagna (1932) al Retico e da Nardi (1961) all'Hettangiano, è costituita da 100-150 metri di calcari e calcari dolomitici grigio-scuro da massicci grossolanamente stratificati. Sul versante sinistro

del Fossone a NW del Molino del Campatello, in corrispondenza di una stretta fascia delimitata da due faglie dirette, il Calcare massiccio passa stratigraficamente verso l'alto a calcilutiti grige in strati dello spessore di 5-10 cm cui si intercalano marne di spessore centimetrico. Questo intervallo, cartografato assieme al Calcare massiccio, potrebbe rappresentare l'equivalente dei Calcari ad Angulati. Nell'area rilevata non affiora il Calcare selcifero inferiore, e il Calcare massiccio viene a contatto per faglia con vari termini della Falda toscana.

Marne a Posidonia (Lias sup. - Dogger p.p.). Affiorano a NW delle Piane e costituiscono il termine più basso di un blocco delimitato da due faglie dirette a direzione circa NW-SE. La parte inferiore della formazione è costituita prevalentemente da marne rosse e giallastre cui si intercalano sempre più frequentemente verso l'alto livelli di calcari marnosi. La parte alta, esposta soprattutto nel fosso immediatamente ad est della cresta di Col dell'Aia, è costituita in prevalenza da calcari marnosi e calcari sottilmente stratificati con locali concentrazioni da corrente di gusci di lamellibranchi pelagici (Posidonie). Questi livelli bioclastici appaiono spesso silicizzati soprattutto al passaggio con la soprastante formazione del Calcare selcifero superiore. Le Marne a Posidonia affiorano, nella zona rilevata, per circa 50 metri di spessore.

Calcare selcifero superiore (Dogger p.p. - Titonico?). Le Marne a Posidonia passano stratigraficamente verso l'alto ad un complesso torbiditico costituito da calcareniti grigio-scuro con liste di selce cui si intercalano sottili livelli di marne emipelagiche; le calcareniti si presentano gradate e in strati di spessore variabile da qualche centimetro a pochi decimetri. Lo spessore della formazione è di circa 100 metri.

Le condizioni di esposizione nella zona di passaggio tra il Calcare selcifero superiore e la soprastante Maiolica sono pessime e non è possibile stabilire se in questa zona i Diaspri mancano o sono presenti con spessore comunque molto ridotto.

Maiolica (Titonico sup.? - Barremiano). Affiora unicamente nella zona circostante C. Crocheda e i termini basali della formazione costituiscono una cornice ben visibile da Torrite. Si tratta di calcilutiti grigio-chiaro con liste e noduli di selce in strati regolari dello spessore di circa 15 centimetri. Sono presenti occasionalmente calcareniti fini gradate, risedimentate da correnti di torbida.

Calcare nummulitico (Eocene-Oligocene sup.). Il Calcare nummulitico, come le formazioni mesozoiche finora trattate, è localizzato nella parte sud-occidentale della zona studiata (zona del Collaccio, versante orientale di Col dell'Aia e in vari punti della pianura alluvionale intorno a Torrite). La formazione è costituita da biocalcareni e brecciole risedimentate in banchi spessi da alcuni decimetri a qualche metro. Nella zona del Collaccio alle calcareniti si intercalano livelli lenticolari di argilliti rosse dello spessore di alcuni metri.

Macigno (Oligocene sup.? - Miocene inf.). Il Macigno affiora ad ovest di Antisciana, a SE e a NW di Torrite (prolungamento nord-occidentale di Costa le Calde) e

più estesamente nella parte orientale dell'area rilevata, al di sotto di ampie coperture colluviali. Si tratta di arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatiche (graywackes e subgraywackes), gradate, in banchi dello spessore generalmente intorno al metro e più, separati da intervalli pelitici dello spessore massimo di qualche decimetro. Localmente (ad esempio a nord dell'imbocco della galleria ferroviaria, a sud di M. Lame e nei pressi di Torrite in corrispondenza di uno scavo eseguito per la costruzione di una casa), il Macigno è invece costituito da arenarie e siltiti sottilmente stratificate cui si intercalano livelli argillitici a luoghi molto ricchi in frustoli carboniosi. Alla formazione del Macigno sono state assimilate, in relazione agli scopi di questo lavoro e per mancanza di buone esposizioni, delle marne siltose grigio-verde associate ad arenarie verdi affioranti a NW di C. al Pino e ad est della Cartiera di Castelnuovo. Le arenarie del Macigno si presentano molto spesso fratturate e più o meno profondamente alterate, e sono coperte da una coltre eluviale discontinua che in alcuni punti può raggiungere un paio di metri di spessore. Questo fenomeno è ben visibile ad Antisciana in corrispondenza di un taglio per la costruzione di un edificio dove si è potuto osservare che le arenarie, in giacitura sub-orizzontale, sono degradate per circa due metri a costituire una sabbia ocrea.

Unità liguri. Un flysch a dominante calcareo-marnosa e di pertinenza ligure affiora in piccoli lembi a SE e a N di Antisciana. Esso appare ricoperto da una coltre colluviale più o meno potente e da terreni agrari che per lo più mascherano la roccia in posto. Nell'affioramento a sud de Il Colle è abbastanza ben esposta una successione costituita da alternanze regolari di calcari marnosi grigio-chiaro e argilliti nerastre cui si intercalano arenarie micacee a matrice carbonatica in strati gradati di spessore da centimetrico a decimetrico.

Depositi fluvio-lacustri (Pliocene sup.). I depositi fluvio-lacustri del bacino pliocenico di Castelnuovo Gargagnana sono noti da tempo nella letteratura per aver fornito una ben conservata flora a filliti e una ricca fauna a molluschi e resti di mammiferi, nonché per lo sfruttamento di piccoli banchi di lignite (De Stefani, 1887). Nell'area in esame essi costituiscono i rilievi ad est di Antisciana e affiorano discontinuamente sulla sinistra orografica del Serchio e a sud di Carbonaia. Si tratta di sedimenti terrigeni rappresentati da argille e sabbie lignitifere e da depositi clastici grossolani. Le argille sono ben sviluppate soprattutto alla base della successione, ma sono presenti come intercalazioni lenticolari anche all'interno dei depositi clastici più grossolani (De Stefani 1887; R. Ufficio Geologico, foglio 96 II NE).

Argille e sabbie lignitifere

Gli affioramenti più estesi nella zona rilevata sono localizzati nel rio La Fossa ad ovest di C. Ceccovanno (noto in letteratura per il ritrovamento di resti di mammiferi), sul versante sinistro del Serchio a NE della zona industriale, nel basso Fosso Dezza (dove veniva coltivato un banco di lignite dello spessore di 60 cm) e alla confluenza del Fosso Useraia con il Serchio. Si tratta in genere di argille ed argille sabbiose bluastre con delicate strutture a laminazione obliqua alternate a sabbie ocree.

cee a struttura omogenea. A queste si intercalano localmente sottili livelli lenticolari di conglomerati minuti poligenici a ciottoli arrotondati dispersi in matrice sabbiosa. Caratteristica è la presenza di resti vegetali e molluschi di acqua dolce concentrati in lamine. In sinistra orografica del Serchio le argille e sabbie lignitifere vengono a contatto con il Macigno, ma le caratteristiche del contatto non sono osservabili per la presenza di coperture detritiche. La giacitura, in base a scarsi dati di osservazione, è da sub-orizzontale a leggermente inclinata (10-15°) verso sud. Lo spessore dei termini affioranti nel rio La Fossa è di circa una ventina di metri. In un sondaggio per ricerche di acqua termo-minerale ubicato in località Prà di Lama, nel Comune di Pieve Fosciana, la parte basale prevalentemente argillosa dei depositi fluvio-lacustri raggiunge lo spessore di una novantina di metri, con presenza di termini clastici grossolani nella parte più bassa.

A questo intervallo sono state assimilate le sabbie e le argille siltose grige, geometricamente interposte fra il Macigno e i conglomerati di M. Lame, affioranti ad ovest di M. Lame medesimo.

Conglomerati e sabbie

Affiorano estesamente lungo il versante destro del Serchio da Antisciana al M. Alfonso; discontinuamente lungo il versante destro della Turrite Secca e in sinistra di questa in località Scepato di Sotto. I rapporti con il substrato sono osservabili solamente in quest'ultima località dove vengono a contatto con il Macigno e a Col dell'Aia dove si presentano discordanti stratigraficamente su vari termini della Falda toscana (Calcere nummulitico, Calcari e marne a Rhaetavicula contorta e Calcere massiccio). Le migliori esposizioni sono lungo le incisioni del Fosso Dezza e del Fosso Erchio. Si tratta di depositi marginali lacustri prossimi a conoidi alluvionali e sono rappresentati da un'alternanza irregolare per spessore e continuità laterale di conglomerati a ciottoli embriciati e conglomerati ricchi di matrice (diamictiti) con subordinati livelli di sabbie e argille sabbiose. I conglomerati e le diamictiti sono grossolanamente stratificati e poco classati, i clasti hanno forma estremamente variabile da subangolosi a ben arrotondati e dimensioni da pochi centimetri fino oltre i 50 centimetri di diametro. Il grado di diagenesi dei livelli clastici grossolani è estremamente variabile, come è estremamente variabile la composizione dei clasti nelle singole bancate. Nei clasti sono rappresentati quasi tutti i termini della serie toscana metamorfica e no. Questi depositi sembrano chiudersi con un ciottolame grossolano ricco di matrice, prevalentemente a ciottoli di Macigno. Lo spessore di tutta la successione è dell'ordine di qualche centinaio di metri.

Alluvioni terrazzate superiori e conglomerati di M. Lame. Affiorano in lembi isolati, talora riconoscibili come residui di terrazzi alluvionali, a diverse quote (dai 300 ai 400 metri) sul versante destro della Turrite Secca, in modo più limitato sul versante sinistro nella zona di Pruneta, a S di Antisciana e nella zona di M. Lame. Il deposito che li costituisce, visibile sporadicamente e per spessori molto limitati, è costituito da un ciottolame mal classato ad elementi arrotondati di Macigno di dimensioni massime di 30-40 cm di diametro dispersi in una ma-

trice sabbiosa spesso ossidata. Al M. Lame questi depositi giacciono in discordanza sul Macigno e sulle sabbie e argille lignitifere, con superficie di base che immerge verso SW con un'inclinazione intorno a 5°.

Depositi alluvionali di Pian di Cerreto. Giacciono anch'essi direttamente sul Macigno e si sviluppano in maniera frammentaria, lungo una fascia ad andamento arcuato intorno al M. Lame. La superficie di base è compresa fra la quota 370 negli affioramenti più settentrionali e la quota 325 in quelli più meridionali; l'inclinazione media della suddetta superficie è di pochissimi gradi. Negli affioramenti settentrionali è in parte conservata la superficie sommitale, molto piatta, che immerge con inclinazione assai debole verso SW.

I depositi di questa unità litostratigrafica sono costituiti da un ciottolame ad elementi prevalentemente di Macigno e, in quantità nettamente subordinata, di ciottoli carbonatici. I ciottoli, di dimensioni variabili da alcuni centimetri a qualche decimetro, appaiono dispersi in una matrice sabbiosa e non presentano alcuna orientazione preferenziale. I depositi affioranti in destra orografica del Fosso di Cavatina sono correlabili con quelli di Pian di Cerreto (fuori zona rilevata); essi rappresentano i resti di un'antica conoide alluviale, il cui apice era molto probabilmente situato a nord di Villa Collemandina, successivamente profondamente smantellata da processi erosivi.

Depositi alluvionali di Pieve Fosciana. Si estendono nella parte settentrionale dell'area rilevata, tra la linea ferroviaria e il Fosso di Cavatina, e giacciono in discordanza sul Macigno, sulle argille lignitifere e sui depositi alluviali di Pian di Cerreto. Costituiscono la porzione distale di una conoide con superficie superiore molto piatta, debolmente immergente verso il Serchio. Lo spessore medio è dell'ordine di una decina di metri, con valori minimi nel rio La Fossa (4-5 m) e massimi lungo la scarpata prospiciente il Serchio (15-20 m). Questi depositi non differiscono da quelli di Pian di Cerreto e, come questi, sono rappresentati da un ciottolame costituito in prevalenza da elementi di Macigno e subordinatamente da ciottoli carbonatici di dimensioni variabili da pochi centimetri ad alcuni decimetri, immersi in un'abbondante matrice sabbiosa. Sul versante destro del rio La Fossa, lungo il sentiero che da C. alle Monache conduce a C. Ceccovanno, è osservabile una variazione laterale tra depositi clastici grossolani e sabbie gialle a granulometria media.

Dati i rapporti geometrici che intercorrono tra i depositi alluvionali di Pieve Fosciana e quelli di Pian di Cerreto, si deduce l'esistenza di un'importante fase erosiva prima della deposizione della conoide di Pieve Fosciana. I depositi di Pieve Fosciana sono stati interpretati nel foglio 96 della Carta Geologica d'Italia come alluvioni terrazzate.

Depositi alluvionali di valli morte. Fra Villa Dini e i Cappuccini si sviluppa un nastro di depositi alluvionali a granulometria fine che segnano l'andamento di una valle morta impostata dopo la deposizione dei conglomerati di Pian di Cerreto e prima della deposizione della conoide di Pieve Fosciana. È probabile che depositi di analo-

go significato siano conservati nelle due piccole depressioni ad est ed ovest di Orbaco, ma la copertura di terreni agrari impedisce l'osservazione.

Alluvioni terrazzate inferiori. Sulla sinistra del Serchio, in base a rapporti altimetrici, sono differenziabili, sovrapposti rispetto alle alluvioni recenti, almeno due ordini di terrazzi accompagnati da scarpate più o meno marcate che segnano le ultime tappe dell'evoluzione del Serchio. Sulle spianate, tutte sub-orizzontali e di limitata estensione, sono di norma presenti solo ciottoli sparsi. Le condizioni di affioramento non consentono un'osservazione di dettaglio circa la tessitura e le strutture sedimentarie di questi depositi.

Alluvioni recenti. Sono confinate ai lati del Serchio e della Turrite Secca. Questi depositi affiorano con buona esposizione nelle zone degli impianti sportivi di Castelnuovo, a nord del Ponte di Perdonica, nei tagli per fondazioni di edifici e lungo la piccola scarpata che raccorda le alluvioni recenti a quelle attuali. Sono costituite da una ghiaia poligenica grossolana a matrice sabbiosa e scarsamente classata. I ciottoli, delle dimensioni medie di 20-30 cm, arrotondati ed embriciati, provengono sia da terreni liguri che dalla Falda toscana; maggiormente rappresentati sono i ciottoli di arenarie del Macigno. Due sondaggi ubicati nella zona degli impianti sportivi hanno traversato le alluvioni recenti per 7-8 metri. Spessori anche minori sono direttamente osservabili o deducibili nei dintorni di Torrite.

Colluvium. In questo termine includiamo tutte le coperture recenti e inconsolidate, dai suoli ai materiali detritici più o meno grossolani derivanti dalla degradazione del substrato, che hanno subito un trasporto limitato, essenzialmente per gravità. Esso ricopre gran parte della zona rilevata ed ha uno spessore da pochi decimetri a qualche metro. Gli spessori maggiori si osservano generalmente al piede di scarpate e nelle zone più depresse. I terreni colluviali sono comunemente utilizzati a scopo agricolo, e sono stati spesso artificialmente terrazzati. Nella carta geologica allegata la copertura colluviale risulta meno estesa che nella realtà perché le zone che presentano una copertura colluviale solo pellicolare sono state cartografate con la simbologia del substrato.

Unità litologico-tecniche (figura 9-10 fuori testo)

Per le loro caratteristiche tecniche e per la possibile risposta sismica locale i terreni affioranti nell'area studiata sono essenzialmente riconducibili a cinque gruppi:

- materiali lapidei, rappresentati dalle formazioni mesozoiche e terziarie della Falda toscana dei Calcari e marne a Rhaetavicula contorta alle arenarie del Macigno;
- argilliti e marne, localmente con intercalazioni di materiali lapidei;

- argille più o meno sabbiose;
- materiali semicoerenti, rappresentati da conglomerati e sabbie mediamente cementati della successione fluvio-lacustre;
- materiali sciolti o solo debolmente cementati delle coperture quaternarie.

Si è proceduto pertanto alla compilazione di una carta litologico-tecnica (figura 9 fuori testo), semplificata rispetto alla carta geologica, nella quale le varie unità sono state raggruppate per caratteristiche tecniche comuni, indipendentemente dalla loro posizione stratigrafica e dai relativi rapporti geometrici. Giova ripetere che non è stata effettuata alcuna prova geotecnica, né di terreno né di laboratorio, e le divisioni e i raggruppamenti effettuati si basano esclusivamente su osservazioni di campagna. I parametri utilizzati sono: composizione, grado di cementazione, tipo di stratificazione, stato di fratturazione e degradazione. Zone maggiormente fratturate rispetto alla media sono localizzate, per i materiali lapidei, lungo strettissime fasce ai lati delle faglie indicate nella carta geologica. Queste sono state riportate nella carta litologico-tecnica per evitare eccessive simbologie che ne renderebbero più difficile la lettura.

Non escludiamo che un'analisi più dettagliata delle caratteristiche tecniche dei materiali possa portare a raggruppamenti non coincidenti con quelli che vengono qui proposti. Per questa ragione viene allegata al lavoro la carta geologica di base, che rappresenta il documento di partenza per qualunque elaborazione o semplificazione successiva.

Materiali lapidei. Appartiene a questo gruppo la quasi totalità delle unità litostratigrafiche della Falda toscana. Sono state individuate tre unità litologico-tecniche:

Rocce carbonatiche stratificate

Includono i Calcari e marne a Rhaetavicula contorta, l'intervallo al tetto del Calcare massiccio corrispondente ai Calcari ad Angulati, il Calcare selcifero superiore, la Maiolica e la parte alta delle Marne a Posidonia. Le successioni presentano una stratificazione fitta di tipo B_2^1 (vedi appendice al capitolo). Lo stato di fratturazione è generalmente basso, ma per la spaziatura fra i giunti di stratificazione queste rocce vanno incluse nel tipo A_2 e subordinatamente nel tipo A_3 .

Rocce carbonatiche massicce o grossolanamente stratificate

Sono inclusi in questa unità il Calcare massiccio e il Calcare nummulitico. Le successioni riscontrate sono essenzialmente del tipo B_1 e, limitatamente al Calcare nummulitico, del tipo B_2 . Lo stato di fratturazione, non più elevato che nell'unità precedente, è del tipo A_1 e subordinatamente del tipo A_2 .

Arenarie, localmente con intercalazioni di argilliti

Appartengono a questa unità le arenarie del Macigno. La successione è solitamente del tipo B_2 con strati di no-

¹ La nomenclatura è stata lievemente modificata rispetto a quella delle norme consigliate dal Progetto Finalizzato Geodinamica per le indagini di microzonazione sismica preliminare in Irpinia. La sigla B è stata adoperata per le successioni sia carbonatiche che terrigene, facendo ri-

ferimento al tipo di stratificazione e ai rapporti percentuali litotipo lapideo/pelite. La sigla A è stata adoperata per il grado di suddivisione interna dovuto alla densità della fratturazione e all'intersezione fra strutture e giunti di stratificazione.

tevole spessore, e solo localmente del tipo B₃ come a S di M. Lame. La fratturazione è in genere modesta (A₁ e subordinatamente A₂), ma lo stato di degradazione, come detto in precedenza, può spingersi localmente fino ad alcuni metri di profondità. Ciò comporta che le caratteristiche tecniche del Macigno variano da quelle di un'arenaria molto dura a quelle di una sabbia limosa. Lo spessore della coltre eluviale, e più in generale lo stato di degradazione della roccia, sono variabilissimi da luogo a luogo e sarebbe estremamente difficile separare più unità in relazione al grado di alterazione. Sulla carta allegata sono indicati con un sovrassegno gli affioramenti ove la roccia si presenta complessivamente fresca e quindi con migliori caratteristiche tecniche.

Argilliti e marne, localmente con intercalazioni di materiali lapidei. Includono le intercalazioni argillitiche all'interno del Calcare nummulitico e la parte bassa delle Marne a Posidonia. La successione è del tipo B₄, con un grado di suddivisione interna, per clivaggio e giunti di stratificazione, del tipo A₂ - A₃. In questa unità sono inclusi anche i piccoli lembi di terreni liguri affioranti nei dintorni di Antisciana. Si tratta di successioni, quando ordinate, di tipo B₃, nelle quali i litotipi lapidei sono rappresentati da arenarie a matrice carbonatica e da calcari marnosi. È probabile che nella parte settentrionale dell'area i terreni liguri, per aumento della componente pelitica passino a successioni caotiche del tipo B_x, ma la presenza di una diffusa anche se sottile copertura colluviale impedisce l'osservazione di dettaglio.

Argille più o meno sabbiose. Si tratta di materiali che presentano variazioni litologiche, e quindi delle caratteristiche tecniche, sia in senso laterale che in senso verticale. Sono state riconosciute tutte le transizioni da argille plastiche lievemente siltose ad argille sabbiose a sabbie argillose. La geometria interna di questi depositi è resa irregolare dalla presenza di livelli lenticolari di conglomerati a matrice argillosa, nonché di livelli discontinui di lignite dello spessore inferiore al metro. Non abbiamo informazioni sul contenuto d'acqua che è, ovviamente, un fattore che può influenzare sensibilmente le caratteristiche tecniche di questi materiali.

Conglomerati e sabbie mediamente cementati. Si tratta, nel complesso, di depositi conglomeratico-sabbiosi discretamente cementati (C_{1,2} e subordinatamente C_{2,3}), ma con variazioni rapide e frequenti sia nella tessitura (e quindi dell'addensamento dei clasti) che nel grado di cementazione. Il legante dei conglomerati può essere tanto una matrice sabbioso-argillosa, che a luoghi diventa prevalente, quanto un cemento calcitico. Nella carta allegata sono state contrassegnate le aree dove i conglomerati presentano un grado maggiore di cementazione (C_{2,3} e subordinatamente C_{1,2}). Le sabbie (E₁, E_{2c}) sono sempre scarsamente cementate, e il legante è costituito soprattutto dalla matrice limoso-argillosa.

È da notare che la parte più alta della successione fluvio-lacustre nei rilievi di M. Alfonso-Colletto del Carlino è costituita da conglomerati scarsamente cementati a matrice sabbiosa prevalente, con ciottoli e blocchi derivati quasi esclusivamente dalle arenarie del Macigno.

Per le caratteristiche tecniche questi terreni potrebbero essere associati al gruppo seguente.

Materiali sciolti o debolmente cementati. I depositi quaternari sciolti o debolmente cementati sono stati raggruppati in tre unità litologico-tecniche:

Ciottolami a matrice sabbiosa scarsamente cementati

Appartengono a questa unità i conglomerati di M. Lame, i depositi di conoide di Pian di Cerreto e di Pieve Fosciana, nonché i piccoli lembi di alluvioni antiche terrazzate. Si tratta di materiali con caratteristiche abbastanza omogenee, consistenti in un elevato grado di arrotondamento dei ciottoli, abbondanza di matrice sabbiosa e basso grado di cementazione. Il legante è costituito quasi esclusivamente dalla frazione limoso-argillosa contenuta nella matrice.

Ciottolami sciolti, in lembi di sottile spessore

Sulle terrazze inferiori del Serchio si rinvencono modesti lembi di ciottolame sciolto. Si tratta di materiali con caratteristiche simili a quelle delle alluvioni recenti, tenuti distinti solo per il loro modestissimo spessore che raramente supera il metro.

Ghiaie e ghiaie sabbiose

Formano le alluvioni recenti delle piane del Serchio e della Turrite. Si tratta di materiali incoerenti (D₂) ancor meno cementati ed addensati dei conglomerati di Pian di Cerreto e di Pieve Fosciana, nei quali il legante è costituito da una modesta frazione di sabbia e limo. Nelle sezioni esposte le uniche variazioni laterali osservabili consistono in passaggi da ghiaie a ghiaie sabbiose tutte con lo stesso grado di cementazione. Lo spessore delle alluvioni è modesto, non superiore agli 8 metri. I due sondaggi nella piana del Serchio, distanti fra loro un centinaio di metri, presentano stratigrafie alquanto diverse testimoniando, come è logico aspettarsi in terreni alluvionali, variazioni laterali da facies clastiche grossolane a fini con conseguente variazione delle proprietà meccaniche e del contenuto in acqua.

Detrito sciolto

Si tratta di depositi ovunque sciolti, di composizione variabile da suoli agrari a detriti derivanti dai materiali lapidei a ciottolami e sabbie provenienti dal disfacimento dei conglomerati fluvio-lacustri e quaternari antichi. Le proprietà meccaniche sono sempre molto scadenti. Si è ritenuto opportuno cartografare distintamente depositi colluviali a matrice sabbioso-limosa e depositi colluviali a matrice argillosa. Questi ultimi ricoprono esclusivamente terreni liguri e sono costituiti da argille (generate dalla degradazione del flysch ligure) che inglobano disordinatamente frammenti lapidei di varia dimensione, sino a blocchi di oltre un metro di diametro. Gli spessori della coltre detritica sono molto irregolari, ma generalmente non superano qualche metro.

Carta dell'acclività del suolo

Al fine di mettere in evidenza i principali elementi morfologici dell'area studiata è stata costruita una carta dell'acclività del suolo (figura 11 fuori testo). Per il com-

puto delle pendenze è stata adoperata una maglia esagonale inscritta in un cerchio di 4 cm di diametro. La scelta della maglia esagonale è stata dettata non solo dalla necessità di avere misure costantemente rilevate lungo la linea di massima pendenza, diversamente orientata in ogni singola maglia, ma anche di coprire più volte la stessa area di lettura e quindi di avere valori medi più attendibili. Il metodo si basa sul conteggio delle fasce altimetriche (intervallo fra due isoipse) in ogni singola maglia. Noti il diametro della cella (d), il numero di intervalli contati (n) e l'equidistanza (e), si ha che la pendenza media è espressa da:

$$Pm \% = (n e/d) 100$$

ovvero, essendo $n e = \Delta Q$ (differenza di quota)

$$Pm\% = \frac{(\Delta Q)}{d} 100$$

La trasformazione della matrice dei dati rilevati in carta dell'acclività è stata operata manualmente avendo l'avvertenza di sovrapporre il lucido della matrice alla base topografica e interpolando visivamente i valori dei punti di lettura (1200 circa). Attraverso le isolinee tracciate sono state rappresentate cinque classi di acclività, scegliendo intervalli ritenuti significativi ai fini della stabilità dei pendii.

L'elemento morfologico più evidente è costituito dalle pianure alluvionali della Turrîte Secca e del Serchio, e della Piana della Pieve. Quest'ultima si raccorda alla piana del Serchio attraverso un gradino alquanto brusco (marcato da una stretta fascia della classe 2) nella zona della stazione ferroviaria, mentre degrada più dolcemente nella zona di Murella. Nella parte settentrionale dell'area esaminata, la fascia di acclività 1 mostra inoltre un lobo esteso verso occidente che si spinge fino ad Antisciana.

I pendii appartenenti alla classe di acclività 2 hanno un notevole sviluppo areale a NNE e a S di Castelnuovo e tra Antisciana e il M. Alfonso. Essi formano inoltre una fascia continua al piede di questo rilievo. È da osservare che lungo il versante meridionale del M. Alfonso si raggiungono pendenze molto forti, superiori al 50%, che sono di regola sviluppate nei rilievi costituiti dalle rocce carbonatiche e dalle arenarie della Falda toscana.

Per una piccola area campione si è proceduto a costruire una carta di maggiore dettaglio, al fine di mettere in evidenza gli elementi morfologici di ordine inferiore. La base topografica al 5000 è stata ingrandita alla scala 1:2000 e si è proceduto alla costruzione della matrice con l'uso di una maglia esagonale di due centimetri di diametro. La carta delle isolinee, ottenuta attraverso l'interpolazione di circa 3000 punti di lettura, è stata quindi fotograficamente ridotta al 5000. Un limite obiettivo è costituito dall'equidistanza (5 metri) tra le curve di livello, ma il grado di dettaglio ottenuto è comunque soddisfacente. In un'area dove la carta generale individua tre classi di pendenze medie, la carta di dettaglio ne individua otto. I limiti tra le classi sono imposti dal grado di risoluzione della lettura. È interessante osservare che zone abbastanza estese assegnate nella prima carta alla classe 2 di acclività (con pendenze medie, cioè, da 10° a 20°) possono essere scomposte nella carta di dettaglio con buona risoluzione in elementi minori ap-

partenenti a ben cinque classi, tra 7° e circa 37° di pendenza media. È ovvio che anche queste classi rappresentano comunque valori medi riferiti ad aree abbastanza estese e la loro distribuzione areale non può essere direttamente utilizzata per applicare puntualmente eventuali maggiorazioni di coefficienti nella costruzione di singoli edifici.

Analisi della risposta sismica locale

Data la scarsità di informazioni attendibili sui parametri meccanici lo studio è stato limitato all'analisi di una sezione in direzione NE-SW, passante per l'abitato di Castelnuovo di Garfagnana (figura 11 fuori testo). I valori delle caratteristiche meccaniche dei vari litotipi sono stati ricavati a partire dalla conoscenza della geologia della zona e da informazioni tratte dalla letteratura (figura 12 fuori testo).

Per il calcolo della risposta sismica è stato utilizzato un metodo a elementi finiti (codice di calcolo QUAD 4) che tiene conto del comportamento non lineare dei terreni sottoposti a sollecitazione sismica. Nella figura 12 fuori testo sono stati riportati i risultati dello studio effettuato; senza dilungarci in particolari tecnici sulle metodologie impiegate si può spiegare la figura nel seguente modo: si assume che un terremoto di potenza analoga, ma con epicentro più vicino, rispetto a quello del 7/9/1920 colpisca Castelnuovo di Garfagnana. Come si è visto nel precedente capitolo ciò significa attendersi in siti posti su formazioni rigide uno scuotimento paragonabile a quello registrato a Tolmezzo in occasione del terremoto del Friuli del 6/5/1976.

Si può notare dalla figura 12 fuori testo che la zona di Castelnuovo di Garfagnana posta su Macigno farebbe registrare un valore di accelerazione massima uguale a quella registrata a Tolmezzo; nella zona delle alluvioni recenti della Turrîte Secca lo scuotimento sarebbe sensibilmente maggiore. In alcuni punti diverrebbe persino il doppio.

L'effetto di amplificazione è dovuto sia alle caratteristiche meccaniche dei terreni alluvionali sia alla conformazione a "valle" e al notevole contrasto di impedenza sismica della zona che separa il Macigno (assunto come bedrock) dalle formazioni sovrastanti.

L'andamento "bimodale" dei valori dei rapporti di accelerazione massima è in gran parte da attribuirsi alla conformazione geometrica del deposito, legata alla direzione della sezione: tale andamento bimodale potrebbe scomparire qualora si prendesse in esame una sezione ortogonale alla Turrîte Secca.

Se ne conclude, pur ricordando ancora la non assoluta attendibilità dei parametri caratterizzanti i litotipi, che nella zona delle alluvioni recenti è ragionevole attendersi rilevanti amplificazioni sismiche, mentre nella zona dove affiora il Macigno non v'è alcun sensibile aumento dei valori di accelerazione massima.

Le deboli amplificazioni che si notano in figura 12 fuori testo in zona di Macigno sono attribuibili a fattori topografici: e sono comunque di entità trascurabile.

Data la similitudine da un punto di vista formazionale e la presumibile similitudine nell'andamento del bedrock è molto probabile che gli effetti di amplificazione sismica della valle alluvionale del Serchio siano analoghi a

quelli della Turrite Secca.

Considerazioni conclusive

L'espansione edilizia dell'abitato di Castelnuovo è stata fortemente condizionata dalla morfologia locale, essendo il centro storico ubicato in corrispondenza della confluenza della Valle della Turrite Secca con la Valle del Serchio.

La parte più antica del centro storico è edificata su un piccolo rilievo di arenarie del Macigno che si presentano qui non alterate, scarsamente fratturate e complessivamente con buone caratteristiche meccaniche. Le condizioni della roccia e la morfologia relativamente dolce del rilievo fanno ritenere che la risposta sismica locale, almeno per accelerazioni e frequenze non troppo elevate, debba essere complessivamente buona. Ciò è confermato dai danni relativamente esigui che Castelnuovo ha subito a seguito dei passati terremoti, ed in particolare del terremoto del 1920. In quest'area non ci si dovrebbero attendere problemi particolari connessi con il terreno di fondazione e, in un'ottica di prevenzione del rischio sismico, andrebbero controllate, e ove necessario rinforzate, le strutture degli edifici.

Dall'antico centro storico l'abitato è andato progressivamente espandendosi lungo due strette terrazze, in sinistra ed in destra del Serchio a monte della confluenza della Turrite Secca. Il substrato della terrazza in sinistra orografica fino alla stazione ferroviaria è costituito da arenarie del Macigno del tutto simili a quelle sulle quali è edificato il centro storico. Un problema può essere rappresentato dalla presenza di ciottolame alluvionale che forma qui una copertura esilissima e discontinua e costituisce un pessimo terreno di fondazione. È probabile però, dato il suo spessore esiguo, che gran parte delle fondazioni degli edifici siano impostate su roccia. Circa possibili interventi preventivi vale il discorso fatto per il centro storico, eventualmente accertando con alcuni sondaggi opportunamente ubicati che tutte le fondazioni poggino realmente su roccia in posto.

A monte della terrazza sono stati costruiti vari edifici, nonché il complesso ospedaliero. I terreni di fondazione sono costituiti da arenarie del Macigno e subordinatamente da materiali sciolti o scarsamente cementati. Fattori di possibile influenza negativa in quest'area sono costituiti dall'acclività del pendio e dall'eventualità che le fondazioni poggino su terreni dotati di differenti caratteristiche meccaniche (possibilità di cedimenti differenziali).

La terrazza in destra orografica è modellata su conglomerati fluvio-lacustri ed è in buona parte ricoperta da materiali colluviali. L'estesa coltre detritica impedisce di riconoscere se anche qui siano preservati o meno ciottolami alluvionali. Il colluvium è un materiale con caratteristiche meccaniche piuttosto scadenti che, sottoposto a vibrazioni sismiche, può dar luogo sia ad amplificazioni locali sia a cedimenti differenziali per addensamenti dei clasti. In occasione del terremoto irpino del 1980, ad esempio, lungo fasce colluviali simili a quella di Castelnuovo, sono stati riconosciuti vistosi fenomeni di fessurazione del suolo, dovuti all'addensamento differenziale, con danni severi ai soprastanti manufatti. Gli inter-

venti preventivi lungo la fascia di abitazioni a destra del Serchio dovrebbero consistere in un attento controllo dei terreni di fondazione e, ove opportuno, si dovrebbe procedere a un rinforzo delle stesse. Ciò, ovviamente, unitamente al controllo delle strutture.

La coltre colluviale si estende anche nella Valle della Turrite Secca, dove forma due fasce che raccordano la piana alluvionale recente ai ripidi pendii di conglomerati fluvio-lacustri in destra. Essendo questa una zona di sviluppo in atto, si consiglia di prestare particolare attenzione ai terreni di fondazione, affinché queste ultime offrano sufficienti garanzie a possibili cedimenti differenziali del suolo in occasione di terremoti. Particolare attenzione, inoltre, va prestata in questa zona alla riprofilatura dei versanti, costruendo muri di contenimento staccati e opportunamente distanziati dal corpo dell'edificio, che tengano conto della possibile spinta delle terre in condizioni dinamiche. Vanno inoltre tenute in debito conto le possibili cadute di massi in occasione di scosse violente.

Le principali zone di potenziale sviluppo sono le piane alluvionali del Serchio e della Turrite Secca. La sezione stratigrafica ricostruita nel sottosuolo è costituita da Calcare nummulitico o arenarie del Macigno sormontate da ghiaie nella zona di Turrite e da depositi argillo-sabbiosi — ghiaie nelle restanti zone. Sarebbe opportuno eseguire un minimo di indagini geognostiche e geofisiche per accertare spessori, variazioni laterali e verticali di litologia, contenuto in acqua e caratteristiche geotecniche delle alluvioni (inutile effettuare prove penetrometriche in materiali così grossolani!). Le alluvioni costituiscono infatti un terreno di fondazione che in condizioni dinamiche può essere affetto da addensamenti differenziali con possibili cedimenti nelle fondazioni, e possono causare amplificazioni delle onde sismiche: l'entità dello scuotimento potrebbe addirittura raddoppiare, anche a causa delle concomitanti condizioni sfavorevoli della morfologia (andamento del bedrock).

Amplificazioni di minore entità sono anche possibili nelle aree di brusche variazioni delle proprietà elastiche del mezzo, come nelle zone tra gli impianti sportivi e il limite del centro storico, dove si passa improvvisamente da materiali lapidei (arenarie del Macigno) a materiali semicoerenti o incoerenti (depositi fluvio-lacustri e copertura alluvionale recente). Nelle sezioni esposte e nelle stratigrafie dei sondaggi disponibili si osserva che la granulometria dei materiali, mediamente molto grossolani, è tale da rendere improbabili i fenomeni di liquefazione.

In queste zone, in assenza di indagini più dettagliate, sarebbe opportuno almeno adottare un coefficiente di fondazione pari a 1.3.

Altra zona di sviluppo è la Piana di Pieve. Le caratteristiche tecniche dei materiali sono qui certamente migliori che nelle piane del Serchio e della Turrite Secca, trattandosi di sedimenti più addensati. Anche per questi depositi, comunque, vale il discorso di possibili amplificazioni sulle basse frequenze. La Piana di Pieve è limitata verso il Serchio da una brusca scarpata. Si consiglia, dove la scarpata è più marcata, di mantenere per le costruzioni una fascia di rispetto di una decina di metri, sia per ovvie questioni di stabilità sia per evitare pericolosi effetti di bordo in condizioni dinamiche. Lungo il margine meridionale della scarpata, inoltre, esistono brusche

variazioni laterali nelle caratteristiche meccaniche del substrato dei conglomerati e sono quindi possibili effetti locali di amplificazione anche se, probabilmente di entità non eccessiva.

Per il resto non sono state riscontrate situazioni di particolare pericolosità potenziale legate a situazioni morfologiche. È evidente comunque che ove si intenda costruire su pendii è opportuno aumentare i coefficienti di progetto proporzionalmente all'acclività del pendio. È infine da segnalare l'esistenza di pendii instabili, con moderati fenomeni franosi in atto, nonché l'esistenza di vecchi corpi di frane che andrebbero opportunamente studiati per accertare il loro possibile comportamento in condizioni dinamiche.

Riferimenti bibliografici

- MASINI R. (1933). *Sull'interrimento del lago pliocenico di Barga, vallata del Serchio*, "Boll. Soc. Geol. It.", 52.
 NARDI R. (1961). *Geologia della zona tra la Piana della Croce, Galliciano e Castelnuovo Garfagnana (Alpi Apuane)*, "Boll. Soc. Geol. It.", 80 (2).
 PROGETTO FINALIZZATO GEODINAMICO, UNITÀ OPERATIVA 2.4.1. (1981). *Elementi di microzonazione sismica dell'area anconetana*. CNR, P.F. Geodinamica, pubbl. n. 430.
 TONGIORGI E., TREVISAN L. (1953). *Excursion en Garfagnana et aux Alpes Apuanes*, IV^e Congr. Int. INQUA Roma-Pisa 1953. Pisa Tip. Giardini.
 TREVISAN L. et. Al. (1971). *Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 96 Massa*, Serv. Geol. d'It. Roma Tip. Nuova Tecnica Grafica.
 ZACCAGNA D. (1932). *Descrizione geologica delle Alpi Apuane*, "Mem. Descr. Carta Geol. d'It.", 25.

APPENDICE

Guida schematica alla definizione di unità litotecniche nel "substrato" e nella "copertura"

SUBSTRATO

A) SUCCESSIONI CARBONATICHE

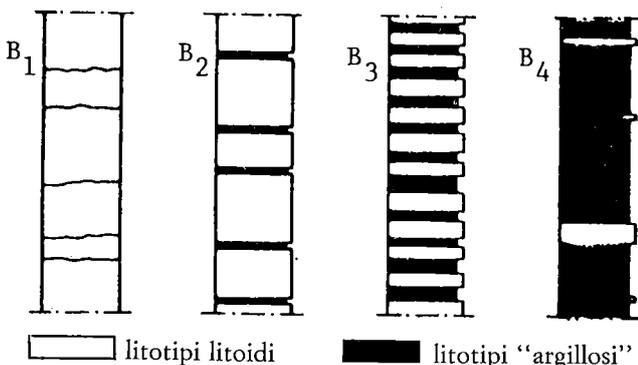
distinzione, sulla base del grado di suddivisione:

- A_1 — poliedri giustapposti volume medio oltre 1 m^3
 A_2 — poliedri giustapposti volume medio oltre 1 dm^3
 A_3 — poliedri giustapposti volume medio oltre 1 cm^3
 A_4 — poliedri giustapposti o no di volume medio 1 cm^3 (esempio cataclasiti...)

B) SUCCESSIONI CON ALTERNANZE DI LITOTIPI DIVERSI (Flysch vari ed Argille varicolori)

Successioni strutturalmente ordinate

distinzione in base a rapporti % tra litotipi lapidei e litotipi "argillosi":



N.B. B_1 può essere paragonato a $A_1 + A_3$

Successioni strutturalmente disordinate

distinzione derivata dalla precedente:

- B_{1s} — successione originariamente come B_1 intensamente tettonizzata
 B_{2s} — successione originariamente come B_2 intensamente tettonizzata
 B_{3s} — successione originariamente come B_3 intensamente tettonizzata
 B_{4s} — successione originariamente come B_4 intensamente tettonizzata

N.B. B_{1s} può essere paragonato a $A_3 + A_4$

Successioni a struttura "caotica"

B_x — caratteristiche generali assimilabili a quelle di "argille varicolori" scompagnate.

N.B. Da evidenziare eventuali grossi olistoliti

C) SUCCESSIONI CONGLOMERATICO-SABBIOSO-ARGILLOSE

Conglomerati

- C_1 — a legante "argilloso"
 C_2 — a legante "calcitico"
 $C_{2,1}$ = basso grado di cementazione
 $C_{2,2}$ = medio grado di cementazione
 $C_{2,3}$ = elevato grado di cementazione

N.B. La distinzione $C_{2,1}$ — $C_{2,2}$ — $C_{2,3}$ può essere effettuata sulla base della resistenza d'assieme del materiale. Es. in $C_{2,1}$ è possibile isolare i clasti con la sola azione della mano; in $C_{2,2}$ questa operazione è possibile solo con il martello; in $C_{2,3}$ questa operazione non è possibile neppure con il martello.

Da evidenziare la presenza di eventuali fratture e le variazioni del grado di cementazione.

Sabbie

(vedi E₁ — E₃ della "Copertura")

Argille

(vedi F₁ della "Copertura")

COPERTURA

La definizione di unità litotecniche deve essere preceduta da una identificazione di unità lito-stratigrafiche che tenga conto almeno di una schematica suddivisione genetica del tipo:

- detriti di falda
- coltri eluviali
- depositi alluvionali
- depositi colluviali
- accumuli di frana

Si dovrà inoltre distinguere fra episodi sedimentari in atto o fossili.

La suddivisione delle unità lito-stratigrafiche in unità lito-tecniche sarà eseguita sulla base delle caratteristiche granulometriche e delle proprietà tecniche secondo lo schema sotto riportato.

D) SEDIMENTI A GRANA GROSSA

Materiali sciolti

D₁) frammenti lapidei arrotondati o spigolosi (specificare la forma dei clasti)

D₂) idem, con frazione fina interstiziale

Materiali "coesivi"

D₁ o D₂, ma dotati di coesione per legante "argilloso"

Materiali cementati (legante calcitico)

D₃ = basso grado di cementazione

D₄ = medio grado di cementazione

D₅ = elevato grado di cementazione

(vedi C₁ — C₂ del "substrato")

E) SEDIMENTI A GRANA MEDIO-FINE

Materiali sciolti

E₁ — sabbie sciolte

E_{1c} — sabbie sciolte inglobanti frammenti spigolosi o arrotondati

Materiali coesivi

E₂ — sabbie limose e limi sabbiosi

E_{2c} — sabbie limose e limi sabbiosi inglobanti frammenti spigolosi o arrotondati

Materiali cementati

E₃ — sabbie cementate¹

F) SEDIMENTI A GRANA FINE E FINISSIMA

F₁ — limi argillosi od argille

F_{1c} — limi argillosi od argille inglobanti frammenti lapidei spigolosi o arrotondati

N.B. Da evidenziare eventuale fessurazione ed esistenza di livelli o lenti anche sottili di materiali sabbiosi.

⁽¹⁾ Da valutare tipo di legante e grado di cementazione con metodi speditivi analoghi a quelli indicati per C₁ — C₂ del "substrato".