

3.1 La ricostruzione tra provvisorio e definitivo: il Progetto C.A.S.E.

G.M. Calvi¹ e V. Spaziante² ■

3.1.1 L'idea

Qual'è il limite temporale che distingue un'abitazione temporanea o provvisoria da una permanente o definitiva?

Non è facile rispondere a questa domanda, se si considera il perdurare apparentemente eterno di ciò che in questo paese viene costruito con l'obiettivo di durare mesi, o al più qualche anno. Basta pensare al Belice, all'Irpinia, allo stesso Friuli, non vogliamo quindi elaborare ulteriormente il concetto.

D'altra parte, si potrebbe fare riferimento alle Norme Tecniche 2008 [1], in cui si definisce la *vita nominale di un'opera strutturale, intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata* (punto 2.4.1). E si evidenzia come la vita nominale sia specificata nella tabella 2.4.1 delle norme e debba essere riportata nei documenti di progetto. Occorre precisare, perché le norme indicano solo un massimo per le opere provvisorie (10 anni) e due minimi, per opere ordinarie e per grandi opere (50 e 100 anni rispettivamente). Se ci si attiene a questi dati, occorre concludere che tutte le opere provvisorie realizzate dopo i terremoti del dopoguerra non sono state tali, in quanto hanno avuta una vita maggiore di 10 anni (e trascuriamo il fatto che tra i 10 ed i 50 anni sembrerebbe che le opere non possano essere né provvisorie né permanenti). Se dunque il provvisorio non esiste da un punto di vista della durata, è utile chiedersi se abbia senso che esista dal punto di vista dei consumi energetici, della sostenibilità ambientale, dell'inquinamento. È utile anche chiedersi se possano essere costruiti edifici con caratteristiche ambientali e di sicurezza strutturale simili a quelle richieste per il permanente entro termini temporali e con costi unitari confrontabili con gli edifici definiti come provvisori. Se così fosse, risulterebbe ovvio procedere nei limiti del possibile costruendo il provvisorio con le caratteristiche del permanente.

Di questo, e di altro, si discuteva nei giorni immediatamente successivi al 6 Aprile, con Guido Bertolaso per gli aspetti politici, amministrativi ed economici, con Mauro Dolce, Edoardo Cosenza e Gaetano Manfredi per gli aspetti tecnici e scientifici.

Una prima relazione generale completa di simulazioni tridimensionali e calcoli preliminari viene consegnata il 16 Aprile, insieme ad un appunto di commento. Vi si ipotizza di consegnare gli edifici a 3000 abitanti in cinque mesi, di garantire la sicurezza sismica attraverso un sistema di isolamento a livello di "isolato urbano", di garantire elevati livelli abitativi, tecnologici ed ambientali. Il perseguimento di questi obiettivi, apparentemente incompatibili, avverrebbe attraverso la realizzazione di piastre isolate di grandi dimensioni ed il successivo assemblaggio di moduli abitativi di tre piani realizzati con tecnologie a secco.

Sono già chiare le necessità di rendere quanto più possibile il progetto indipendente dalle caratteristiche dei terreni, ignote, e dalla tecnologia costruttiva degli edifici, necessariamente molteplici per soddisfare i requisiti temporali. A questo proposito la relazione specifica come sia *necessario individuare immediatamente le possibili tecnologie costruttive compatibili con il programma temporale ed i vincoli tecnici e selezionare i partners tecnici e commerciali, esplorando le capacità di produzione del mercato*.

Il cronoprogramma prevedeva l'apertura dei cantieri entro 4 settimane, quindi entro la metà di Maggio, per consegnare entro Settembre le abitazioni per 3.000 abitanti.

Le valutazioni economiche indicavano costi stimati di 120 milioni di euro, iva esclusa, per 3.000 abitanti, specificando un'incertezza del 20% e senza considerare arredi, costi di acquisizione delle aree ed impianti fotovoltaici.

La relazione di calcolo preliminare ipotizzava l'uso di isolatori a scorrimento su calotta sferica (noti internazionalmente come *friction pendulum* [2-8]), con raggio di curvatura 4 m, periodo di vibrazione 4 s, capacità di spostamento di circa 30 cm, coefficiente d'attrito compreso tra 3% e 5%, smorzamento equivalente compreso tra il 20% ed il 25%. L'alternativa di utilizzare isolatori in gomma veniva pure presa in considerazione, ma appariva nel caso specifico meno competitiva in relazione a forze e spostamenti di progetto.

Nei giorni immediatamente successivi venivano discussi e sviluppati altri aspetti particolari che avrebbero poi caratterizzato in modo definitivo il progetto:

¹ Fondazione Eucentre - Centro Europeo di Formazione e Ricerca in Ingegneria Sismica, Pavia. www.eucentre.it

² Dipartimento della Protezione Civile, Roma. www.protezionecivile.it

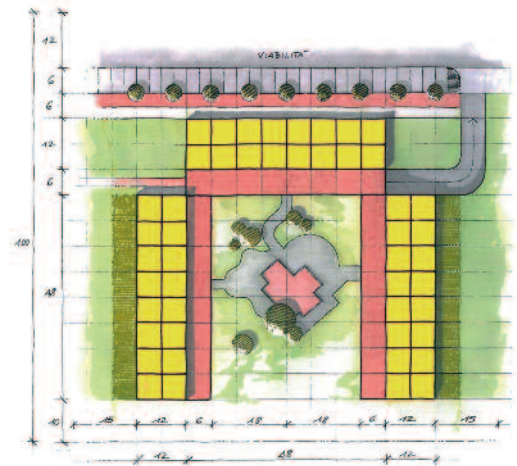


Fig. 1

Uno dei primi schizzi di progetto che illustravano la logica degli edifici realizzati su piastre isolate.

Fig. 2

Uno schema planimetrico preparato dagli architetti Ragazzi e Hoffer al fine di illustrare la logica degli schemi urbanistici a corte pedonale aperta.

Fig. 3

Uno dei moltissimi rendering tridimensionali utilizzati per illustrare l'ipotesi progettuale.



- La riduzione delle dimensioni di ciascuna piastra isolata, a circa 20 x 60 m, adatta a sostenere un edificio di tre piani con una superficie di circa 600 m² per piano, con una capacità insediativa stimata in circa 80 abitanti in 25/30 appartamenti. Piastre di queste dimensioni avrebbero consentito un'adeguata flessibilità in relazione alle condizioni plano altimetriche delle aree da utilizzare (al momento ignote) ed alle tecnologie costruttive, pure ignote.
- La definizione in 150 del numero approssimato delle piastre da realizzare e pertanto

in circa 12.000 del numero degli abitanti insediabili.

- Il frazionamento dell'intervento in numerosi piccoli villaggi, costituiti da un numero di piastre approssimativamente compreso tra 4 e 20, e quindi da un numero di abitanti compreso tra 300 e 1.600.
- La definizione di un cronoprogramma seriale su gruppi di circa 30 piastre ritardati di circa 15 giorni l'uno dall'altro, con la conseguente previsione di consegnare abitazioni in 5 scaglioni di 2.400 abitanti, con scadenze diluite dal 30 Settembre al 30

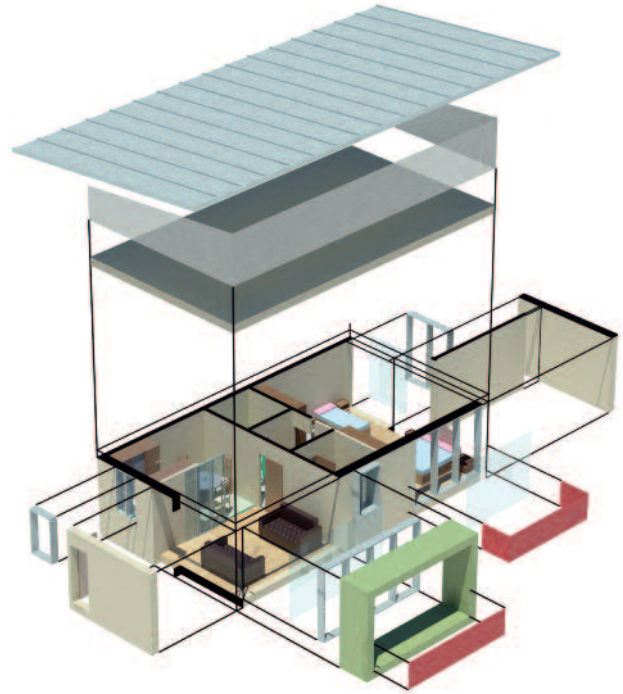


Fig. 4
Immagini utilizzate in fase
preliminare per illustrare
possibili tecnologie di
montaggio di edifici.

Novembre.

- La decisione di gestire l'intero progetto in modo diretto, senza ricorrere ad un general contractor, ma piuttosto creando una struttura tecnica senza fine di lucro che rispondesse direttamente al Dipartimento della

protezione civile. Si valutava che in questo modo sarebbe stato possibile risparmiare somme rilevanti, essenzialmente spese generali ed utili del general contractor, ed avere un più accurato controllo sui tempi e sulla qualità dell'opera.

3.1.2 L'organizzazione

In realtà la compiuta definizione di struttura operativa, organigramma, ruoli, cronoprogrammi, modalità di gestione e di appalto, richiese alcuni giorni di intenso lavoro e venne concordata e formalizzata solo tra il 5 e l'8 Maggio.

La modalità di gestione del progetto è fortemente innovativa rispetto agli schemi normalmente adottati, non solo in Italia. È stato infatti costituito un consorzio, denominato ForCASE, che opera senza fine di lucro (*no-profit*), partecipato dalla fondazione Eucentre (ente *no-profit*, centro di competenza del dipartimento delle protezione civile, creato da quattro enti pubblici, riconosciuto come *public company* in

ambito Europeo) e da due imprese di costruzioni, la ICOP e la Damiani Costruzioni. Le due imprese hanno accettato di operare senza fini di lucro e di non partecipare ad alcuna altra attività di ricostruzione in Abruzzo. Soprattutto, hanno accettato di operare esclusivamente come ufficio tecnico, consentendo quindi al consorzio di agire per conto del DPC come un *general contractor*, con le competenze per gestire acquisti diretti di materiali ed opere, di coordinare attività di cantiere, di predisporre e verificare la contabilità dei lavori.

Il consorzio ha ovviamente effettuato anche attività di progettazione e direzione lavori, sotto la responsabilità ed il coordinamento degli autori di questo articolo. Coerentemente con quanto

illustrato, l'organigramma operativo mostra cinque filoni principali di attività, due connessi ad attività di progettazione, due ad attività di gestione e contabilità dei lavori, uno ad attività di direzione lavori.

Al fine di perseguire la massima efficienza, temporale, economica e di controllo della qualità furono immediatamente identificate tre diverse modalità operative per la contrattualizzazione e l'effettuazione dei lavori:

- per le opere di preparazione dei cantieri, di sistemazione esterna e di realizzazione delle opere di urbanizzazione si decise di ricorrere essenzialmente ad imprese generali, preferibilmente locali;
- per la realizzazione del sistema fondazionale e di isolamento si optò per l'acquisizione diretta di forniture di materiali e di singole specifiche lavorazioni, quali ad esempio la fornitura e posa di calcestruzzo, ferro, isolatori ecc.;
- per la realizzazione delle strutture abitative si decise di operare mediante appalti e contratti chiavi in mano con società diverse, consentendo l'uso di tutte le tecniche costruttive compatibili con le necessità ed i tempi disponibili, privilegiando le proposte di migliore qualità e minore costo.

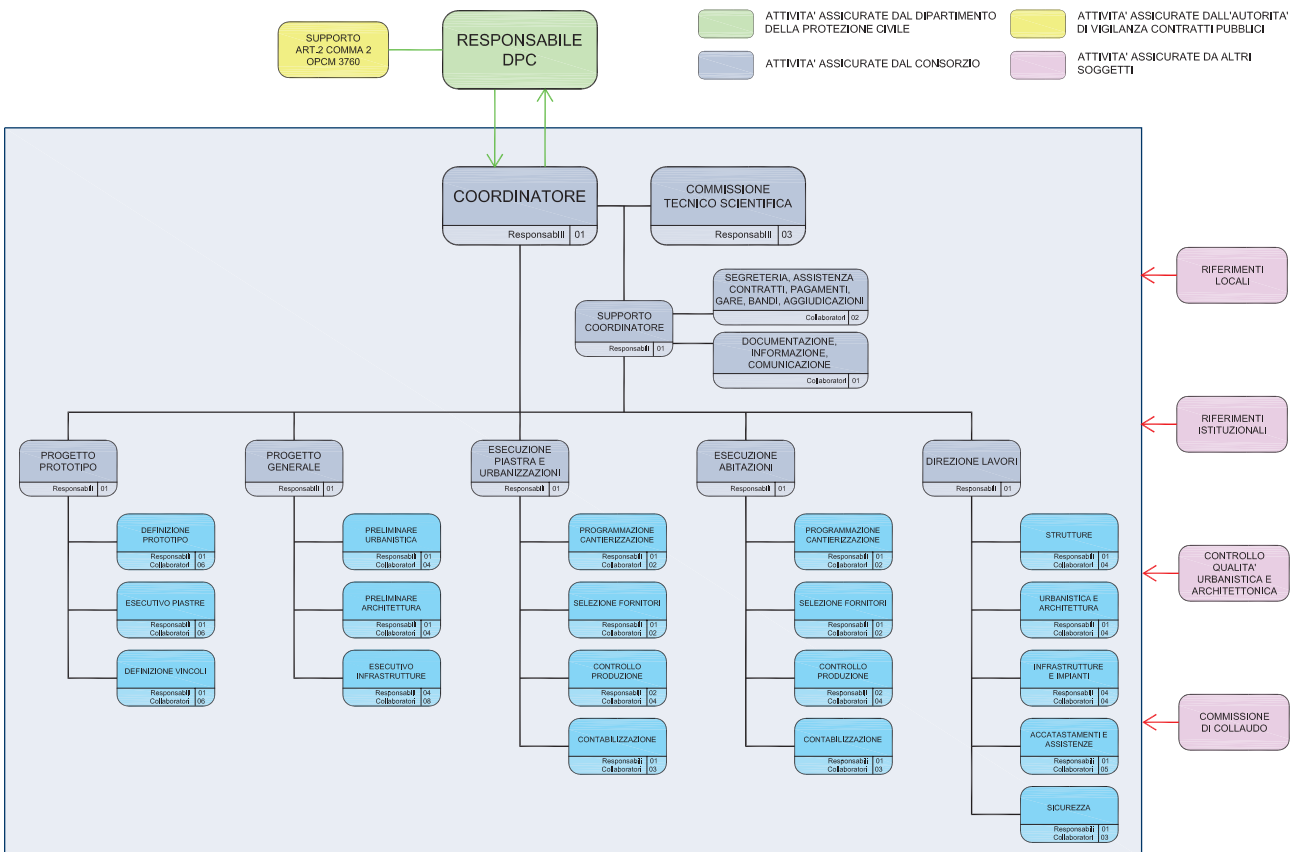
La quantificazione economica dei costi da sostenere per la completa gestione delle attività fu stimata sulla base del puro costo del personale associato ad un impegno temporale in mesi e ad un costo mensile, in generale compreso tra i 3.000 ed i 12.000 € (di costo per il consorzio, non di stipendio), oltre ad una somma per la copertura delle spese di vitto, alloggio, trasferimento nei cantieri, che non avrebbe comunque in alcun caso potuto superare i 3.000 € mensili per persona.

Poiché tutte le attività sarebbero state svolte nella logica no-profit che caratterizza la fondazione Eucentre ed il consorzio ForCASE le stime erano da considerare un massimo non superabile, mentre i costi effettivi sarebbero stati oggetto di rendicontazione da effettuarsi sulla base dei principi esposti.

Il Dipartimento avrebbe svolto direttamente, in collaborazione con il consorzio, tutte le attività connesse a:

- Predisposizione di ordinanze di protezione civile, eventualmente necessarie ai fini della realizzazione del progetto;
- Finalizzazione ed invio di richieste di offerte per la realizzazione delle opere;
- Aggiudicazione dei lavori;
- Stipula dei contratti;

Fig. 5
L'organigramma predisposto in fase preliminare.



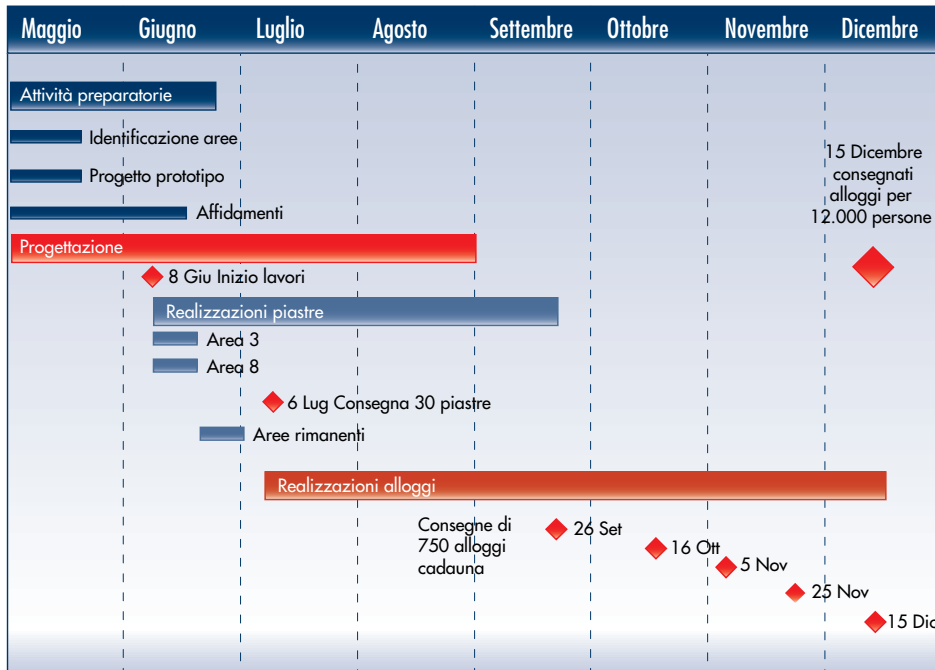


Fig. 6
Una semplificazione del cronoprogramma predisposto in fase preliminare, estremamente dettagliato e complesso, al fine di consentire un controllo giornaliero di ogni aspetto di progettazione e costruzione.

- Espropri ed attività connesse;
- Collaudi, attraverso opportune commissioni;
- Rapporti con istituzioni, convocazioni di confe-

- renze di servizi ed ogni altra attività connessa;
- Attività necessarie per l'identificazione delle aree di intervento.

3.1.3 Il progetto urbanistico e architettonico

Il progetto architettonico dell'unità piastra, brevemente illustrato al punto 3.1.1, ha contemplato lo sviluppo di diversi tipi abitativi, in funzione della composizione dei nuclei familiari, poi sviluppata in 109 diversi tipi di appartamento dai 16 aggiudicatari delle gare, di cui si dirà più avanti.

Per quanto attiene le scelte di carattere urbanistico, bisogna anzitutto evidenziare come l'impostazione di fondo sia stata quella di collocare i nuovi insediamenti in vicinanza delle varie frazioni del Comune de L'Aquila che maggiormente hanno subito danni a causa del sisma, allo scopo di ricollocare, per quanto possibile, la popolazione nella propria zona di residenza, visto il forte legame esistente con il territorio.

Questo principio generale si è in alcuni casi dovuto confrontare con controindicazioni di tipo tecnico, derivanti da non idonee caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche e geotecniche dei luoghi, facendo propendere per una scelta diversa dell'area da edificare.

Una volta definita l'area di insediamento, dimensionata in funzione delle esigenze quantitative, nonché delle caratteristiche dimensionali e morfologiche del sito, si sono verificate le condizioni al contorno per quanto attiene la presenza di opere infrastrutturali e di urbanizza-

zione esistenti, alle quali connettersi. In diversi casi si è riscontrata la necessità di integrare tali opere (fognature, serbatoi idrici, linee elettriche, strutture viarie, etc.) già in precedenza insufficienti e non in grado quindi di sostenere ulteriori pesi insediativi.

Verificate le condizioni al contorno si è proceduto identificando, in accordo con i tecnici comunali, gli indici urbanistici sui quali impostare la progettazione.

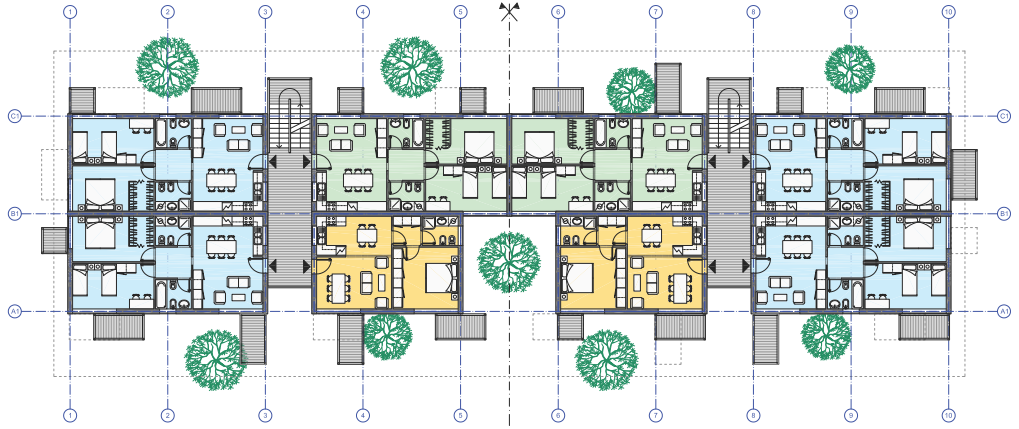
Per quanto attiene la densità edilizia di insediamento si è ritenuto di individuare indici diversi a seconda della collocazione in ambito urbano o periferico delle aree; si sono pertanto utilizzati parametri variabili dai 100 ai 150 abitanti per ettaro, con una conseguente tipologia insediativa piuttosto rada, contraddistinta da ampie aree a verde.

Un ulteriore indice urbanistico è stato individuato assegnando il 30% della superficie territoriale ad aree per servizi, includendo in tale superficie il verde, le strade di penetrazione interne alle aree, le attrezzature di pubblico utilizzo ed i parcheggi, dimensionati anche nel rispetto delle normative vigenti in materia.

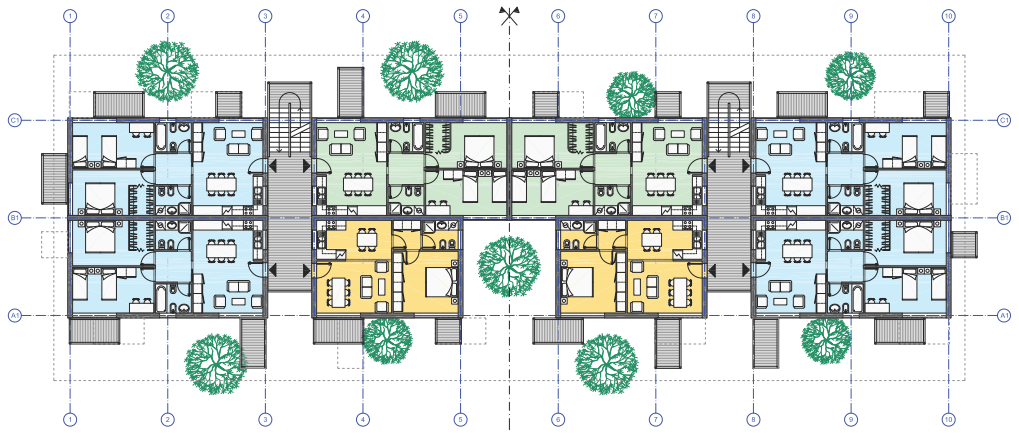
Sulla base di queste premesse si è quindi proceduto alla progettazione vera e propria delle aree, che ha naturalmente dovuto confrontarsi con la tipologia edilizia già definita: edifici pog-

Fig. 7
 Un esempio delle piante tipo predisposte per le gare per gli alloggi, si notano i parcheggi al piano compreso tra le due piastre strutturali e le diverse tipologie di alloggi, dal monolocale al trilocale.

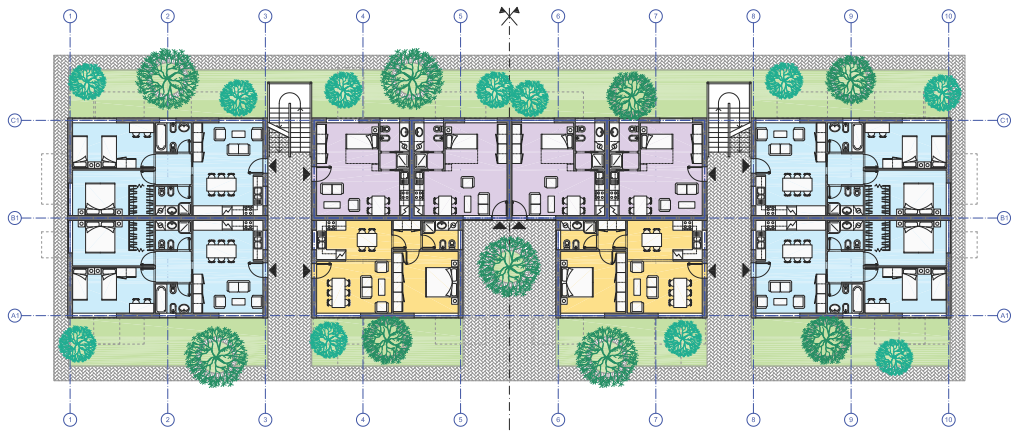
PIANO SECONDO
 quota +6.50 m
 28 posti letto



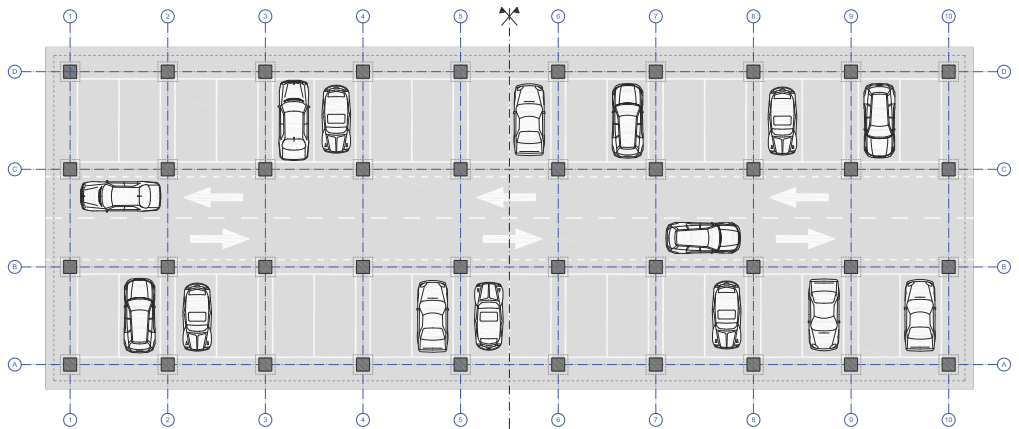
PIANO PRIMO
 quota +3.40 m
 28 posti letto



PIANO TERRENO
 quota +0.30 m
 24+4 posti letto
 TOTALE 80+4 posti letto
 SLP totale: 566mq x 3
 SLP totale: 1698 mq



PIANO INTERRATO
 quota -3.00 m
 36 posti auto



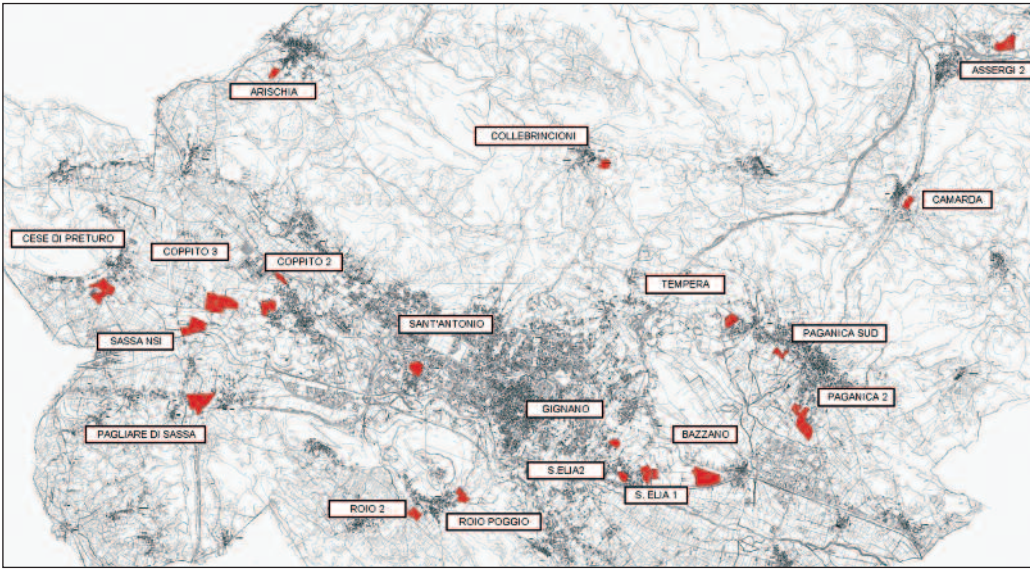
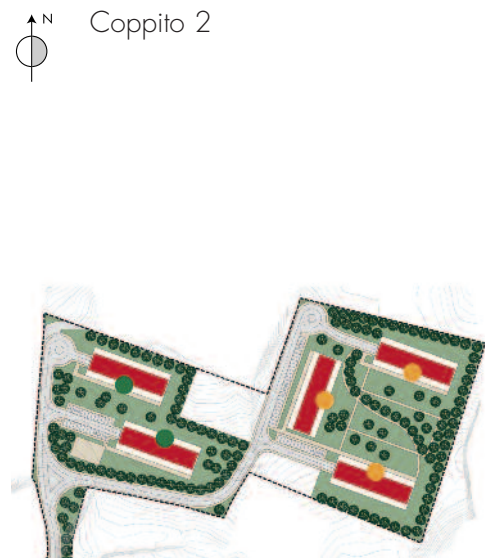
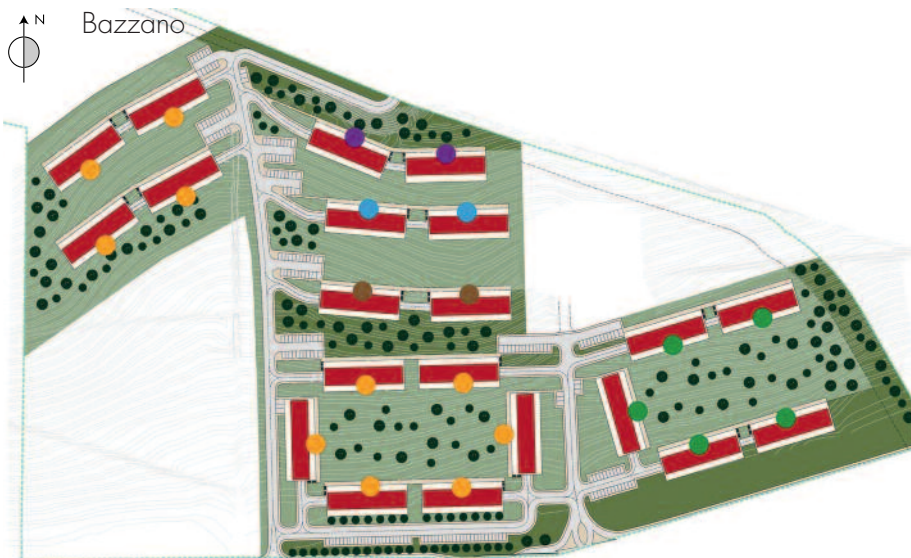


Fig. 8
La collocazione delle aree di intervento, tutte nel comune di L'Aquila.



Fig. 9
Esempi di sviluppo planimetrico del progetto di un'area.



gianti su piastre di dimensione omogenea, costituiti da tre piani destinati alla residenza oltre al piano autorimesse.

Il carattere definitivo delle trasformazioni indotte nel territorio dalla realizzazione delle nuove case, ha portato alla formazione di progetti urbanistici che hanno cercato di ottemperare, secondo una visione integrata, alle istanze locali, ambientali e paesaggistiche ed alle esigenze tecniche e funzionali connesse alla tecnologia costruttiva.

In relazione poi alle sedici tipologie differenti di edifici proposti dalle varie imprese esecutrici, la collocazione degli stessi all'interno delle varie aree è stata condizionata da una serie di fattori legati ai tempi ed alle modalità di esecuzione dell'intero progetto, nonché al numero di fabbricati che ciascuna ditta si era aggiudicata.

Nella progettazione si è posta particolare cura nel valutare l'esposizione degli edifici, sia dal punto di vista paesaggistico che dell'irraggiamento solare, confrontandosi spesso con la con-

formazione acclive dei terreni, che ha costituito un vincolo considerevole, vista la dimensione standardizzata delle piastre su cui sono collocati i fabbricati.

Per quanto attiene la viabilità carrabile e pedonale interna alle aree, si è partiti dal principio di mantenere separate le due funzioni, lasciando, ove possibile, all'esterno i percorsi veicolari con accesso ai posti auto situati al piano terreno e seminterrato degli edifici. I percorsi pedonali, progettati in modo tale da consentire accessi privi di barriere architettoniche, collegano la viabilità veicolare alle abitazioni attraversando le aree verdi circostanti gli edifici.

Considerata la peculiarità del territorio aquilano, molto pregevole dal punto di vista ambientale e paesaggistico, si è ritenuto di procedere alla progettazione e conseguente realizzazione delle aree a verde naturale ed attrezzato a mezzo di una gara internazionale integrata, allo scopo di realizzare uno studio approfondito e specialistico.

3.1.4 Il progetto strutturale

Considerazioni preliminari

Come si è accennato al punto 3.1.1., il progetto strutturale del complesso tipo costituisce l'elemento fondamentale che ha consentito lo sviluppo dell'intero progetto ed è estremamente semplice nella sua logica di fondo: due piastre in C.A. separate da pilastri ed isolatori sono a contatto l'una con il terreno, l'altra con gli edifici di abitazione. Le piastre sono state dimensionate senza conoscere preventivamente le caratteristiche specifiche del terreno e senza conoscere preventivamente il peso e la distribuzione planimetrica degli edifici portati. Ovviamente, dunque, nell'uno e nell'altro caso si sono fatte ipotesi cautelative da verificare successivamente, che infatti hanno indotto, in qualche caso, a scartare aree selezionate per la possibile costruzione, in quanto il terreno si era rivelato inadatto.

Si noti dunque che le due piastre sono caratterizzate da sollecitazioni flessionali dovute alla gravità assai simili, se si ipotizza in via preliminare una distribuzione uniforme del carico degli edifici e delle reazioni del terreno. Si è proceduto dunque a valutazioni preliminari, che hanno consentito di definire lo spessore necessario in 500 mm, tenendo conto del passo tra i pilastri di 6 m in entrambe le direzioni, scelto per favorire l'organizzazione del parcheggio tra le due piastre, ma anche perché ragionevole dal punto di vista strutturale.

Considerando dapprima la piastra superiore, il

peso dell'edificio da portare, stimato in tre piani di circa 600 m² ciascuno, viene valutato in un massimo di 21 MN, comportando quindi un peso complessivo della piastra, delle finiture superficiali e dell'edificio compreso tra i 30 ed i 40 MN (quindi un carico medio per pilastro di circa 1MN).

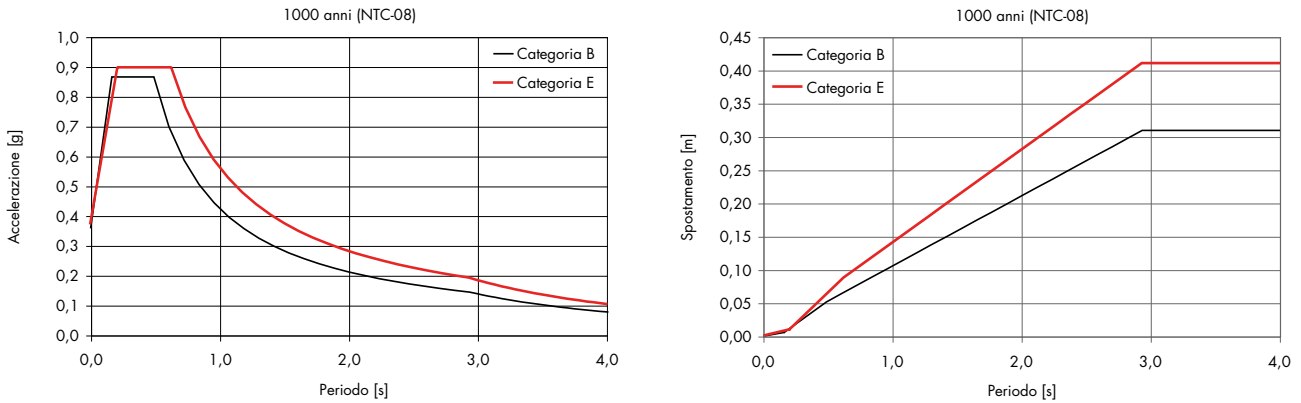
Il primo periodo di vibrazione dell'edificio può essere stimato tra $T_S = 0.25$ e 0.45 s, utilizzando la formula

$$T_S \cong C_S H^{0.75}$$

in cui C_S vale 0.05 per strutture a pareti, 0.075 per i telai in C.A., 0.085 per i telai in acciaio. È in realtà noto che le formule comunemente utilizzate tendono a sottostimare il reale periodo di vibrazione durante un evento sismico, che per gli edifici in esame potrebbe arrivare a valori dell'ordine di 0.8 – 0.9 s considerando il valore secante al punto di snervamento equivalente [9, 10].

Su questa base è stato preliminarmente stimato un periodo di vibrazione attorno a 4 s come obiettivo da perseguire per il sistema di isolamento.

Va altresì preliminarmente osservato che una variazione termica stimata in $\pm 30^\circ$ attorno a 15° porta a stime di variazioni massime di lunghezza di circa 8.5 mm su ciascun lato dell'asse di simmetria, in funzione della resistenza a taglio sviluppata dagli isolatori, mediamente non superiore a 100 kN per ciascun dispositivo, non è quindi tale da indurre stati di coazione rilevanti ai fini del dimensionamento.



Azione sismica

Di azione sismica, ed in particolare di domande spettrali in accelerazione ed in spostamento, si discute estesamente altrove, in questo stesso volume [11]. Occorre qui però notare come uno sia il dato essenziale da stimare per un corretto dimensionamento del sistema di isolamento, e cioè la massima domanda in spostamento a circa 4 s di periodo. Gli spettri derivati dalle registrazioni del 6 Aprile mostrano in generale domande di spostamento inferiori a 120 mm, con la sola eccezione della registrazione AQK, il cui spettro si avvicina a valori di 250 mm. Gli spettri derivati dalle norme per eventi con periodo di ritorno 1000 anni, da utilizzare per il dimensionamento del sistema di isolamento, portano a valori di poco superiori ai 300 mm per terreno di tipo B e di poco superiori ai 400 mm per terreno di tipo E. Tali valori possono essere significativamente ridotti in presenza di dissipazione di energia da parte degli isolatori, secondo il fattore η :

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}}$$

In cui ξ indica lo smorzamento viscoso equiva-

lente all'energia dissipata, che potrebbe essere dell'ordine del 10-15 % per isolatori in gomma e del 20 % per isolatori ad attrito. Si ottengono valori del coefficiente di riduzione compresi tra 0.6 e 0.7, con conseguenti stime della massima domanda di spostamento su terreno di tipo E dell'ordine dei 250 mm.

Per le analisi non lineari di verifica è stato altresì considerato lo spettro indicato dalle norme per la definizione dell'azione verticale, mentre per le fasi costruttive è stato definito un "evento di costruzione", coerentemente con quanto indicato nell'allegato A dell'Eurocodice 8, parte 2 [13]. Tale evento è risultato coerente con registrazioni corrispondenti ad una magnitudo pari a circa 4.0, è quindi stato considerato ragionevole. Mentre la domanda in termini di accelerazione è risultata significativa (dell'ordine di $a_g = 0.10$ su terreno rigido) la domanda in spostamento è risultata del tutto trascurabile.

Per analisi non lineari sono state utilizzate 8 terne di accelerogrammi spettro compatibili, derivate da registrazioni effettuate a L'Aquila (3), nell'Imperial Valley nel 1979, a Loma Prieta nel 1989, a Northridge nel 1994, a Kobe nel 1995 e a Taiwan nel 1999 (una per ciascun evento).

Fig. 10 Spettri in accelerazione e spostamento per un evento con periodo di ritorno 1000 anni a L'Aquila secondo le norme tecniche [1], categorie di suolo B ed E, smorzamento 5%.

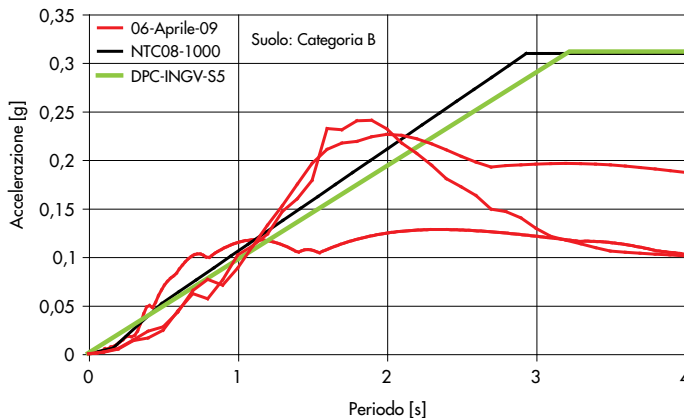


Fig. 11 Confronto tra alcuni spettri registrati il 6 Aprile su terreno di tipo B e gli spettri per un evento con periodo di ritorno 1000 anni a L'Aquila secondo le norme tecniche [1] e secondo le conclusioni del progetto DPC-INGV-S5 [12].

Sistema di isolamento

La progettazione e la successiva verifica del sistema di isolamento (dispositivi antisismici ed appoggi) è stata eseguita prevedendo la possibilità di adottare due differenti configurazioni, caratterizzate da dispositivi diversi. Un caso prevedeva l'utilizzo di 12 isolatori elastomerici insieme a 28 appoggi scorrevoli multi direzionali teflon su acciaio (*pot bearings*), l'altro l'utilizzo di 40 isolatori scorrevoli su superficie sferica, universalmente noti come *friction pendulum* [FPS, 2].

Entrambe le scelte sono compatibili, in modo diverso, con le condizioni di progetto. Infatti la minore capacità dissipativa del sistema con isolatori elastomerici (stimata nel 12%) rispetto a quella con isolatori FPS (stimata nel 20%) porta a richiedere capacità di spostamento diverse, dell'ordine di 260 mm per i FPS e comprese tra 300 e 360 mm in funzione delle caratteristiche del terreno per gli isolatori elastomerici.

Altre combinazioni sono ovviamente possibili, anche in relazione alla diversa domanda di spostamento per isolatori collocati in posizioni diverse (a causa dell'eccentricità, anche solo accidentale, del carico, la domanda al perimetro è maggiore rispetto a quella della zona centrale). In considerazione di ciò in fase di gara per l'acquisizione del sistema è stato consentito ai concorrenti proporre soluzioni diverse, nel rispetto delle condizioni di progetto e dell'input previsto. Va a tal proposito sottolineato che l'esito della gara, in cui sono state presentate solo soluzioni basate sull'uso di FPS, non va letta come una superiorità universale di tale sistema rispetto agli isolatori elastomerici, ma piuttosto come una verifica del sistema più conveniente nel caso specifico, caratterizzato da forze assiali sugli apparecchi relativamente basse, da domande di spostamento orizzontale importanti, e da necessità di rigidità orizzontali basse al fine di perseguire un periodo di vibrazione del-

l'ordine dei 4 secondi, come discusso in precedenza. In ciò va anche ricercata la ragione di accoppiare *pot bearings* ed isolatori elastomerici: l'uso di soli apparecchi in gomma avrebbe comportato rigidità incompatibili con le condizioni di progetto.

Nel caso della soluzione con FPS, poi adottata, il comportamento di ciascun apparecchio è definito dalla relazione:

$$F = Mg\mu + \left(\frac{Mg}{R}\right)d$$

Dove **Mg** rappresenta l'azione assiale (ovvero **M** la massa e **g** l'accelerazione di gravità), **R** = 4 m il raggio di curvatura della superficie sferica, $\mu \approx 3\%$ il coefficiente di attrito e **d** lo spostamento, variabile sino al valore di progetto.

Ovviamente le condizioni più sfavorevoli per la verifica della capacità di spostamento del sistema di isolatori sono quelle di sovrastruttura rigida e pesante, ovvero massa elevata e deformazioni concentrate nel sistema di isolamento. In corrispondenza di questa configurazione, le proprietà complessive del sistema di isolamento (40 apparecchi) sono risultate come segue.

Rigidità effettiva, secante allo spostamento di progetto:

$$K_{eff} = 14615 \text{ kN/m}$$

Corrispondente periodo di vibrazione del sistema isolato (si noti che nel caso specifico le strutture più pesanti sono in genere anche le più rigide, quindi caratterizzate da periodi propri più bassi):

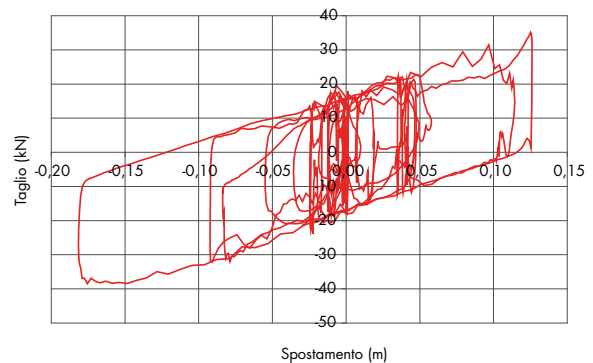
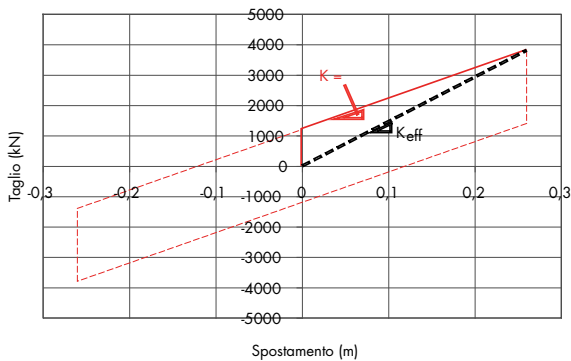
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K_{eff}}} = 3.29s$$

Smorzamento equivalente:

$$\xi_{FPS} = \frac{2 \cdot \mu \cdot M \cdot g}{\pi \cdot K_{eff} \cdot d} = 0.201 = 20.1\%$$

Fig. 12
Risposta teorica forza – spostamento per un sistema di 40 isolatori e sovrastruttura pesante (a sinistra).

Fig. 13
Risposta teorica forza – spostamento per un sistema includendo le variazioni di azione assiale dovute alla presenza di accelerazioni verticali ed alla risposta globale [4] (a destra).



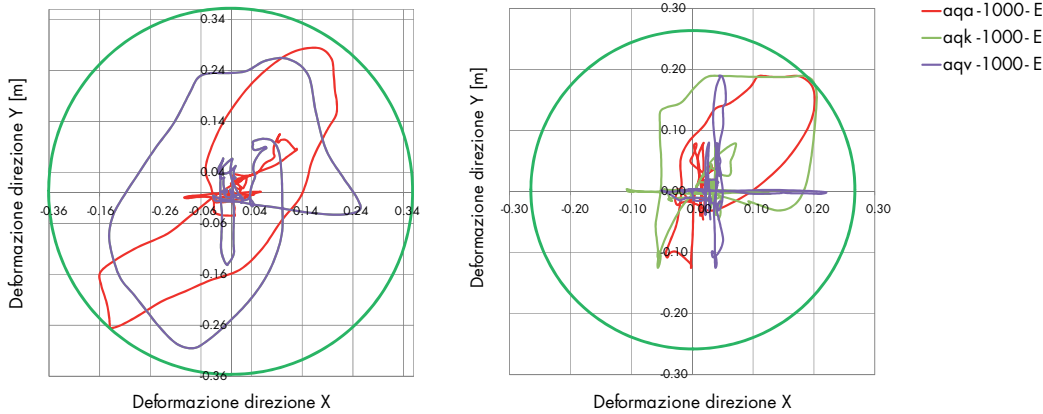


Fig. 14
Esempi di storie di spostamento per un isolatore elastomerico (a sinistra) e per un FPS (a destra) soggetti a eventi con periodo di ritorno di 1000 anni derivati dalle tre registrazioni aquilane, confrontate con cerchi di capacità, di 360 mm (a sinistra) e 260 mm (a destra).

Verifiche piastre e pilastri

Le piastre di fondazione e di isolamento sono state oggetto di numerose analisi ad elementi finiti, che hanno consentito di definire i massimi livelli di sollecitazione flessionale e tagliante per i diversi tipi di carico, di definire i dettagli di armatura, in generale realizzata mediante reti elettrosaldate per favorire la velocità di posa, e di confrontare combinazioni di sollecitazioni con i relativi domini di resistenza.

Ulteriori verifiche sono state effettuate per il problema del punzonamento, su entrambe le piastre, anche in caso di sostituzione di un appog-

gio, condizione che si è verificata in costruzione in centinaia di casi, quando gli isolatori sono stati disponibili dopo il getto della soletta superiore.

I pilastri sono stati progettati e verificati sia in acciaio sia in calcestruzzo, al fine di consentire anche in questo caso l'utilizzo di tecnologie diverse e pertanto di ridurre i tempi di esecuzione. Per la medesima ragione sono stati in generale preferiti i pilastri in acciaio, utilizzando quelli in calcestruzzo solo quando non fossero disponibili elementi da montare in acciaio.

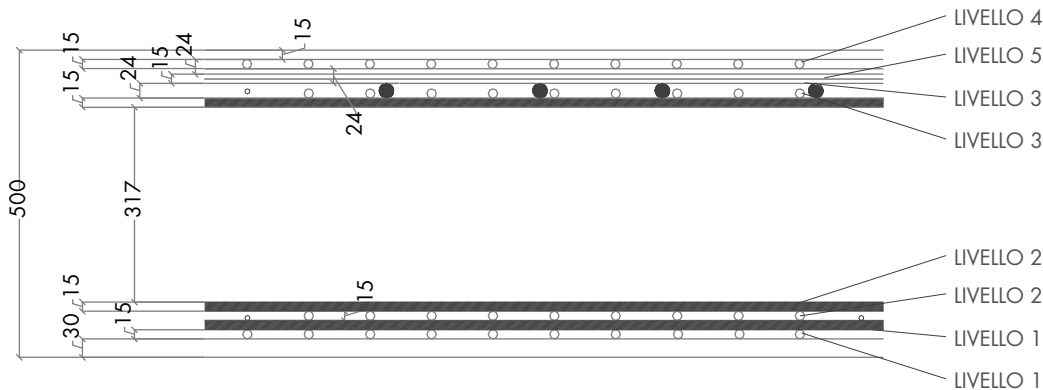


Fig. 15
Esempio di distribuzione delle armature in una sezione della piastra isolata sezioni di calcolo.

Armatura	
Livello 1	Rete diffusa ϕ 14 passo 100 mm x 100 mm in entrambe le direzioni
Livello 2	Rete ϕ 14 passo 100 mm x 100 mm in entrambe le direzioni
Livello 3a	Rete diffusa ϕ 14 passo 100 mm x 100 mm in entrambe le direzioni
Livello 3b	n. 7 Spezzoni ϕ 24 lunghezza 240 cm passo 25 cm (paralleli asse Y), in corrispondenza delle colonne di fondazione
Livello 4	Rete ϕ 14 passo 100 mm x 100 mm in entrambe le direzioni
Livello 5	n. 7 Spezzoni ϕ 24 lunghezza 240 cm passo 25 cm (paralleli asse X), in corrispondenza delle colonne di fondazione

Fig. 16
Esempi di sollecitazioni flessionali nella platea di fondazione per carico di gravità (figure in alto, momenti attorno ai due assi di simmetria in kNm/m) e per carichi sismici (figure al centro, valori massimi, figure in basso, valori minimi).

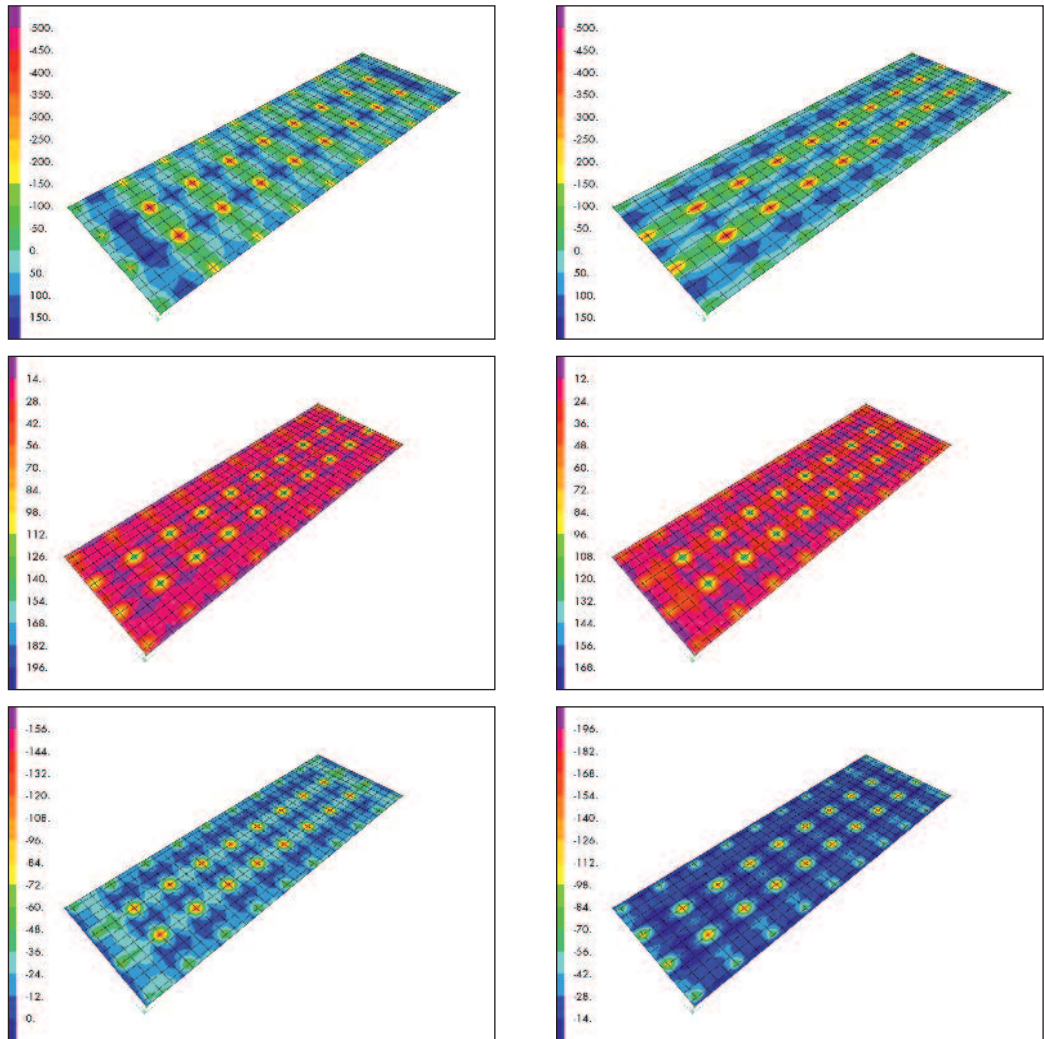


Fig. 17
Esempio di dominio di resistenza momento - azione assiale per una sezione della piastra (in prossimità delle colonne).

Fig. 18
Esempio di armatura di punzonamento per la piastra di fondazione (modificato in sede di gara dai concorrenti).

Fig. 19
Esempio di andamento di una sollecitazione flessionale in caso di sostituzione di un appoggio centrale, di bordo e d'angolo.

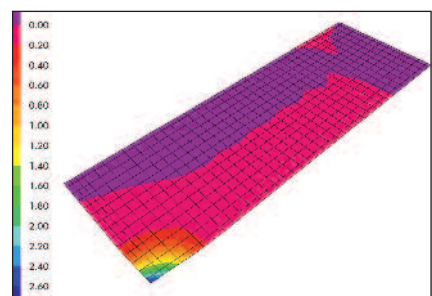
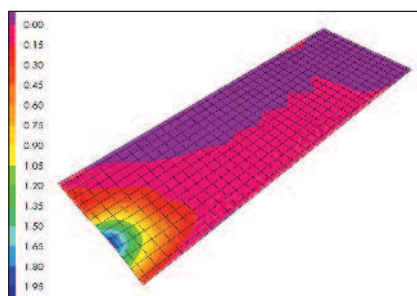
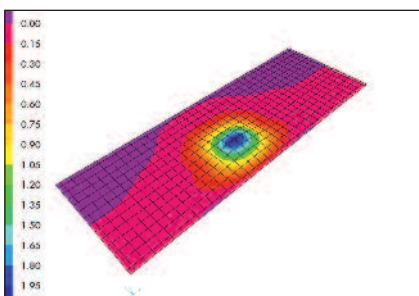
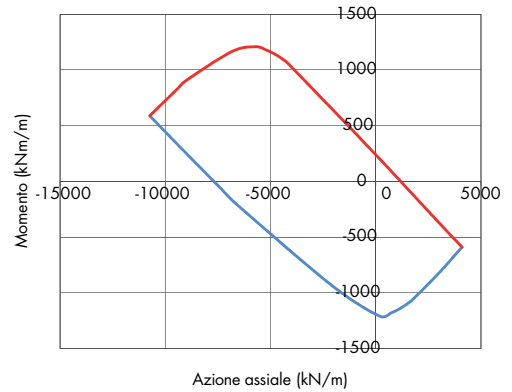
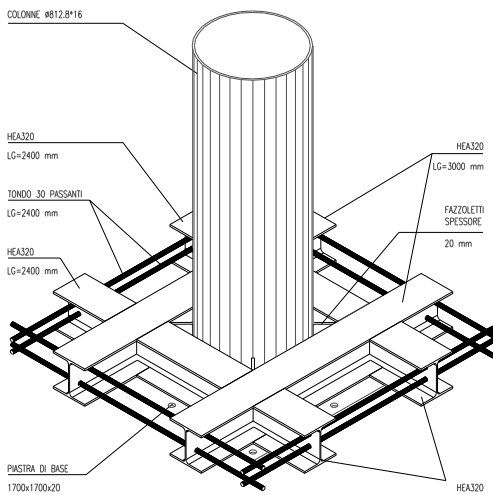




Fig. 20
Armatura di una piastra di fondazione con chiamate per pilastri in calcestruzzo e piastra con colonne in acciaio ed isolatori già posati.

Prescrizioni per il progetto degli edifici

Come si ricorderà, la progettazione esecutiva degli edifici di abitazione, era lasciata ai concorrenti, al fine di consentire l'uso di qualsiasi tipologia costruttiva. È peraltro ovvio che occorresse definire specifiche cui i progettisti avrebbero dovuto attenersi, al fine di garantire la sicurezza dell'intero sistema.

La domanda sismica è stata definita sulla base del valore massimo del rapporto tra taglio alla base e peso dell'edificio, ottenuto nella condizione più sfavorevole tra quelle ipotizzate, corrispondente ad un caso di edificio rigido ($T = 0.19$ sec) e massa pari al valore minimo (1500 t), ed è utilizzato come riferimento per la caratterizzazione dell'accelerazione di progetto della struttura a base fissa.

Per analisi condotte con accelerogrammi compatibili con lo spettro di progetto allo stato limite di collasso (SLC, 1000 anni), il taglio alla base risulta essere in ogni caso non superiore a 0.11 volte il peso dell'edificio, si è quindi prescritto che l'accelerazione di progetto per la struttura abitativa per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV, 500 anni) sia assunto pari a 0.1 g.

Procedendo in modo analogo, si è determinato in un valore inferiore allo 0.1% il massimo rapporto tra spostamento ed altezza, un valore che assicura la piena agibilità anche dopo un evento di forte intensità.

A fronte di questi dati, estremamente semplici, per la progettazione degli edifici, sono stati ovviamente assegnate una serie di prescrizioni che non vanificassero i risultati delle analisi, compromettendo la sicurezza delle piastre, delle fondazioni o del sistema di isolamento:

1. i carichi indotti dalle strutture portanti degli edifici non dovranno determinare in ogni singolo elemento strutturale della piastra effetti maggiormente gravosi rispetto a quelli determinati da un carico uniformemente distribuito pari a 50 kN/m^2 in condizioni di esercizio (da tale valore sono esclusi i soli

- carichi dovuti al peso proprio della piastra);
2. dovranno essere scongiurati i problemi di punzonamento della piastra superiore mediante un'ideale ripartizione dei carichi verticali;
3. la massima sollecitazione su di un singolo appoggio in corrispondenza di un pilastro dovrà essere inferiore o uguale a 2800 kN sia per la combinazione sismica, includendo il peso proprio della piastra, sia per la combinazione gravitazionale allo SLU includendo il peso proprio della piastra;
4. gli appoggi e gli isolatori non dovranno risultare in ogni caso sottoposti a sollecitazione di trazione;
5. il periodo proprio della sovrastruttura (considerata a base fissa), costruita al di sopra della piastra superiore, dovrà essere inferiore a 0,5 sec;
6. l'eccentricità strutturale misurata dalla distanza che intercorre tra la proiezione del centro di massa dell'edificio da realizzare e il baricentro della piastra soprastante il sistema di isolamento dovrà essere inferiore al 5% della lunghezza totale della piastra (pari a 57 m), per quanto riguarda la direzione longitudinale, e inferiore al 10% della larghezza della piastra (pari a 21 m) per quanto riguarda la direzione trasversale;
7. la massa sismica massima dell'edificio soprastante la piastra superiore dovrà essere inferiore ad un valore di 2100 t, valutata considerando il contributo dei pesi propri, dei carichi permanenti e dell'aliquota sismica dei carichi accidentali con l'esclusione dei pesi propri della piastra e dei carichi distribuiti direttamente gravanti su di essa;
8. la sovrastruttura dovrà essere progettata nel rispetto delle prescrizioni riportate al D.M. 14/01/2008. Per il dimensionamento della sovrastruttura soggetta alle azioni orizzontali, sarà possibile schematizzare le azioni sismiche mediante un sistema di forze statiche equivalenti, applicate a ciascun piano dell'edificio,

come definito nelle sopraccitate NTC 2008, dalle espressioni (7.3.6) e (7.3.7) assumendo

un valore di accelerazione di progetto $S_d(T1)$ pari a 0,1 g.

3.1.5 L'appalto delle piastre

Come già discusso, per la realizzazione delle piastre il consorzio ForCASE ha nella sostanza svolto il ruolo di general contractor, procedendo all'appalto separato di scavi, fornitura calcestruzzo (oltre 200.000 m³, con picchi di fornitura superiori ai 5.000 m³ al giorno, autocompattante ed aereato), fornitura rete elettrosaldada (oltre 26.000 ton, in

generale ϕ 14 passo 100 mm), fornitura di colonne in acciaio (18.000 ton, in generale ϕ 800 mm), fornitura di isolatori (6.000 apparecchi, incluso assistenza alla posa) e fornitura di casseri ed assistenza alla posa di armatura ed al getto del calcestruzzo, per circa 336.000 m².

I prezzi unitari ottenuti in sede di gara sono stati i seguenti:

• calcestruzzo autocompattante	82,55 €/mc
• rete elettrosaldada	0,49 €/kg
• colonne in acciaio	2,09 €/kg
• isolatori	1.427 €/cad.
• casseri e assistenze	91,7 €/mq

Aggiudicatari delle gare per l'esecuzione delle piastre (le quantità di gara sono poi in generale aumentate, in relazione all'esecuzione di un numero di piastre più elevato del previsto ed alla effettiva morfologia delle aree di intervento).

Gara	Aggiudicatario	Importo gara	Ribasso	Importo aggiudicato
Getti e assistenze	GRUPPO BISON	15.078.609	12,25%	13.243.300
Getti e assistenze	ZOPPOLI & PULCHER	13.686.737	9,80%	12.354.109
Getti e assistenze	SACAIM	3.015.721	15,51%	2.551.007
Fornitura calcestruzzo	COLABETON	9.000.000	8,00%	8.280.000
Fornitura calcestruzzo	COLABETON	4.500.000	8,30%	4.126.500
Fornitura calcestruzzo	COLABETON	4.500.000	8,80%	4.104.000
Fornitura rete elettrosaldada	LA VENETA RETI	12.870.000	1,21%	12.714.000
Fornitura pilastri in acciaio	RTI EDIMO E TADDEI	20.384.700	5,32%	19.303.440
Fornitura pilastri in acciaio	CORDIOLI	20.384.700	9,81%	18.390.000
Fornitura isolatori	ALGA	4.160.000	10,63%	3.718.000
Fornitura isolatori	FIP INDUSTRIALE	3.200.000	9,84%	2.885.120
Fornitura isolatori	ALGA	2.240.000	12,50%	1.960.000
Scavi	CO.GE.FER.	3.394.340	27,37%	2.503.659
Scavi	ATI PRS	3.005.759	35,63%	1.981.054
Scavi	MIDAL	703.142	13,51%	612.011
Totale		120.123.709	12,56%	108.726.204

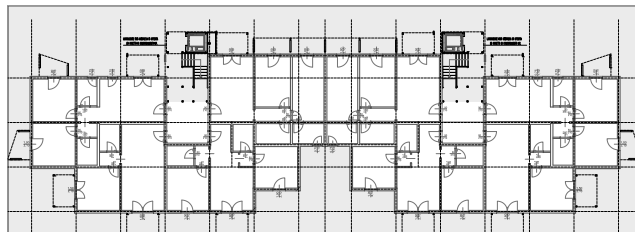
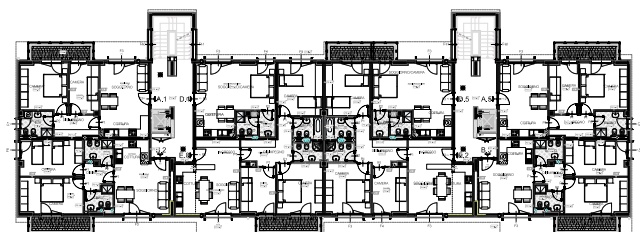
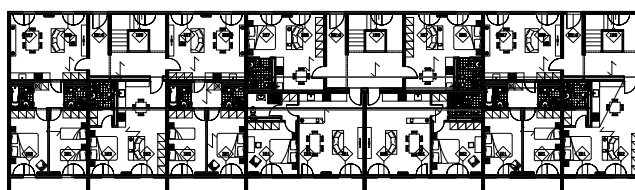
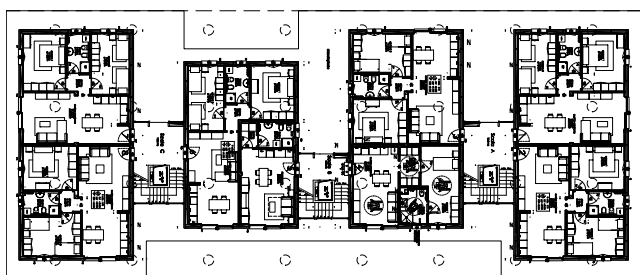
3.1.6 L'appalto delle abitazioni

Per l'appalto delle abitazioni si è proceduto ad una gara avente per oggetto progettazione definitiva ed esecutiva e costruzione delle opere. Si è ipotizzato di suddividere le 150 piastre previste in 30 lotti minimi da 5 piastre, consentendo in sede di gara di presentare offerta per un massimo di 10 lotti.

In funzione della graduatoria finale sarebbe quindi stato possibile avere un numero di aggiudicatari compreso tra un minimo di 3 (nel caso in cui i primi 3 della graduatoria avessero tutti offerto 10 lotti)

ed un massimo di 30 (nel caso in cui tutti i primi 30 aggiudicatari avessero offerto un solo lotto).

L'importo a base di gara per ciascun lotto da 5 piastre (ovvero circa 160 posti auto coperti, oltre 3.000 m² pavimentati all'aperto e circa 9.000 m² di superficie abitabile) era fissato in 11 milioni di euro. La valutazione dell'offerta era basata essenzialmente sul miglioramento di tutte le caratteristiche prestazionali previste dalle norme vigenti; il tempo massimo di esecuzione dalla consegna di ciascuna piastra era fissato in 80 giorni naturali consecutivi.



A seguito della presentazione di 58 offerte, e di un accuratissimo lavoro di valutazione, sono stati selezionati 16 aggiudicatari, con un importo medio per lotto di circa 10.500.000 euro, ovvero

un ribasso medio di circa il 5%. Su 150 edifici, per circa 75 (50%) è prevista una struttura portante in legno, per circa 45 (30%) in calcestruzzo, per circa 30 (20%) in acciaio.

Fig. 21
Esempi di rendering degli edifici proposti dagli aggiudicatari e tipologie abitative.

Ditta	Strutture	Num. Edifici	Prezzo per edificio
Wood Beton Spa	Legno	5	€ 2.051.400
Rti Consorzio Stabile Consta S.C.P.A. - Sicap Spa	C.A Prefabbricato	10	€ 2.027.342
Consorzio Etruria Soc.coop. A R.L.	C.A Semi-prefabbricato	5	€ 2.090.000
Rti Impresa Costruzioni Giuseppe Maltauro Spa - Taddei Spa	Acciaio	25	€ 2.110.000
Rti Coge Costruzioni Generali Spa - Consorzio Esi	C.A. Semi-prefabbricato	5	€ 2.095.720
Rti Ing. Armido Frezza Srl-walter Frezza Costruzioni S.R.L. - Archlegno Spa	Legno	5	€ 2.190.000
Meraviglia Spa	Legno	5	€ 2.089.123
Rti Eschilo Uno Srl/Cogeim Spa/Alfa Costruzioni 2008 Srl	Acciaio	5	€ 2.115.080
Rti Iter Gestione e Appalti Spa-sled Spa-vitale Costruzioni Spa	Legno	20	€ 2.153.580
Ati Donati Spa/Tirrena Lavori Srl/Dema Costruzioni Srl/Q5 Srl	C.A. Semi-prefabbricato	10	€ 2.024.000
Consorzio Stabile Arcale	Legno	5	€ 2.132.020
D'agostino Angelo Antonio Costruzioni Generali Srl	C.A. Semi-prefabbricato	5	€ 2.120.000
Orceana Costruzioni Spa	Legno	20	€ 2.120.000
Impresa Di Costruzioni Ing. Raffaello Pellegrini Srl	C.A.Prefabbricato	10	€ 2.156.000
Cosbau Spa	Legno	10	€ 2.144.000
Rti Ille Prefabbricati Spa - Belwood Srl	Legno	5	€ 2.165.400
Totale e Media		150	€ 2.099.900

Aggiudicatari della gara per la costruzione degli edifici di abitazione, con tipologia costruttiva, numero di edifici offerti e prezzo per edificio.

3.1.7 Urbanizzazioni, arredi, barriere architettoniche, impianti, verde

Il completamento del progetto ha richiesto la gestione di altri cinque gruppi di gare, orientate al soddisfacimento di esigenze diverse:

- Il completamento delle urbanizzazioni primarie (reti di ogni tipo) con un difficile problema di interazione con i cantieri per la costruzione delle abitazioni. Sono state effettuate 20 gare, una per ogni area di intervento, invitando a presentare offerta gruppi di imprese in possesso dei necessari requisiti, con sede in Abruzzo e prioritariamente nella provincia de L'Aquila. Le imprese da invitare alle gare sono state selezionate mediante sorteggio.
- Il completo arredamento degli alloggi. In questo caso si è proceduto in modo analogo a quello impiegato per le abitazioni, con una gara pubblica aperta per quattro lotti da circa 1000 alloggi ciascuno. Il tempo previsto per il montaggio degli arredi è stato di 6 giorni dalla disponibilità degli appartamenti. Hanno partecipato alla gara 18 società. Sono risultati aggiudicatari Deltongo Industrie Spa, Mobilificio Florida srl, RTI Europeo spa - P.M. International Furnishings srl - Martex spa ed Estel Office spa, che hanno offerto ribassi

medi del 33,98% ovvero un costo medio per l'arredo di un appartamento di circa 9.500 €. Si noti che le specifiche di gara richiedevano i più elevati standard anche per gli elettrodomestici, ad esempio prescrivendo come classe energetica minima la A.

- La realizzazione di 309 ascensori per il collegamento dei diversi piani degli edifici e di 129 ascensori per il collegamento del piano terreno con la quota in cui sono collocati i posti auto, sulla piastra di fondazione. Si noti in questo caso che non si trattava di un requisito di legge ma di una precisa scelta per la completa eliminazione di tutte le barriere architettoniche. Si è proceduto con una gara pubblica aperta per tre lotti di 146 ascensori ciascuno. Hanno partecipato alla gara 12 società. Sono risultate aggiudicatriche le società Marrocco elevators srl, ATI S.A.S. srl e Grivan Group srl, Schindler spa che hanno offerto ribassi medi del 16,03%.
- Il completamento degli impianti, con particolare riferimento alla produzione di energia elettrica mediante pannelli fotovoltaici prevede la produzione di circa 4.500 kW totali.
- A tal fine si è proceduto ad una gara per l'affidamento della "progettazione, realizzazione, gestione e manutenzione di un



Fig. 22
Esempi di edifici completati.

sistema di impianti di produzione di energia elettrica fotovoltaica su superfici e spazi da attribuire in comodato d'uso".

- La gara è stata fondata, oltre che sulla valutazione di parametri tecnici, su un fondamentale parametro economico, ovvero la percentuale degli incentivi del conto energia (previsti dal D.M. 19/02/2007) che gli aggiudicatari si impegnavano a girare all'ente proprietario degli edifici.
- L'aggiudicatario della gara è risultata l'ATI costituita da Enerpoint spa, Ener Point Energy Srl e Troiani & Ciarrocchi Srl che hanno offerto di restituire il 9,01% degli incentivi.

- Infine, per quanto attiene alle sistemazioni a verde, si è proceduto all'appalto di due lotti, corrispondenti ai settori est ed ovest di intervento, comprendenti sistemi di irrigazione, pozzi di emungimento, arredo urbano e spazi attrezzati sportivi e per la socialità. La gara, che ha registrato la partecipazione di 19 offerenti, è stata aggiudicata anche sulla base della qualità paesaggistica, della sostenibilità ambientale e delle condizioni di manutenzione e gestione. Sono risultati aggiudicatari l'ATI 3A Progetti S.p.a., con il 39% di ribasso, ed il Consorzio Sestante, con il 35,16% di ribasso.

3.1.8 La realizzazione e la gestione dei lavori

L'estrema contrazione dei tempi disponibili per il completamento del progetto ha imposto la necessità di una programmazione e controllo dei lavori molto attenta, con controlli giornalieri. A tal fine è stato necessario ottimizzare il flusso delle informazioni mediante una stretta connessione tra direzione lavori ed imprese.

Per rendere possibile tutto questo è stato definito un sistema di coordinamento e gestione dei lavori finalizzato ad evidenziare le priorità, riconoscere le attività principali alla realizzazione delle stesse ed individuare eventuali criticità che potessero pregiudicare l'adempimento del programma temporale stabilito.

Come si è già discusso, i lavori e quindi la loro gestione e controllo sono stati organizzati in cinque settori, corrispondenti alla realizzazione delle piastre, degli edifici (ivi incluse le opere di arredo interno), degli impianti, delle opere di urbanizzazione e delle opere a verde. Per ciascun settore tecnico è stata identificata una struttura tecnica coordinata da un responsabile per la programmazione, il coordinamento con le imprese e la direzione dei lavori.

Il cronoprogramma generale delle opere è stato conseguentemente suddiviso nei medesimi cinque settori. L'aggiornamento giornaliero dell'avanzamento dei lavori ed il confronto con il cronoprogramma di progetto ha garantito a ciascun settore un dettagliato monitoraggio del progresso dei lavori, fornendo inoltre a tutti i tecnici impegnati nel progetto un quadro di insieme fondamentale per gestire l'interconnessione tra i diversi settori. La visualizzazione grafica dell'evoluzione giornaliera delle opere è risultato particolarmente efficace per una rapida interpretazione della complessità di dati da gestire.

Un'idea delle ingenti quantità di materiali e manodopera da gestire, può essere ottenuta considerando l'esempio del solo sistema fondazionale e di isolamento, che ha comportato giornalmente la fornitura e posa di quantitativi di calcestruzzo dell'ordine di 5000 metri cubi, di reti e barre di armatura per circa 1000 tonnellate, di circa 200 pilastri in acciaio (diametro 800 mm) o in calcestruzzo, in generale in venti sedi di cantiere.

L'efficienza della squadra preposta alla programmazione e coordinamento tra i diversi settori, è stata tale da consentire una previsione



dell'evoluzione dei cantieri con grande precisione e conseguentemente di terminare tutte le lavorazioni in anticipo rispetto ai tempi previsti.

Un esempio dei tempi richiesti per l'esecuzione del doppio sistema di piastre di fondazione e isolamento può essere così riassunto:

Fig. 23
Lavori in corso e opere completate (pagina a fianco).

apertura area	2 giorni
esecuzione degli scavi	2 giorni
posa dell' armatura (platea)	2 giorni
getto platea	2 giorni
posa pilastri	1 giorno
posa isolatori	1 giorno
posa del cassero e dell'armatura del solaio	3 giorni
getto solaio	1 giorno
rimozione del cassero	3 giorni
tempo totale per la realizzazione della sottostruttura	17 giorni

Va infine citata la grande efficienza e la puntuale attività della squadra preposta al controllo della sicurezza, che ha consentito di realizzare centinaia di milioni di euro di lavori in pochi

mesi senza alcun incidente rilevante ed acquisendo il plauso di tutti gli organi esterni di controllo, dall' ASL ai sindacati.

QUADRO RIEPILOGATIVO SINTETICO AGGIORNATO						
Riepilogo al 25 ottobre 2009						
Cantieri (numero)	Aperti in	20	aree su	20	100,0%	
Calcestruzzo (mc)	Gettati	294023	su circa	300000	98,0%	
Armatura (tonnellate)	Posate	29298	su circa	32871	89,1%	
Pilastri (numero)	Posati	7288	su	7368	98,9%	
Isolatori (numero)	Posati	6328	su	7368	85,9%	
Piastre (numero)	iniziate	183	su	183	100,0%	
Solai (numero)	gettati	178	su	183	97,3%	
Piastre (numero)	consegnate	164	su	183	89,6%	
Edifici (numero)	in costruzione	161	su	183	88,0%	
Edifici (numero)	ultimati	59	su	183	32,2%	
Edifici (numero)	armati	50	su	183	27,3%	
Edifici (numero)	abitati	41	su	183	22,4%	
Edifici consegnati agli abitanti il 23/10/09. 4. Per circa 320 abitanti						
Estensione da 150 a 183 edifici. Abitanti insediabili ca. 16000						

Fig. 24
Esempio di quadro riepilogativo giornaliero.

Fig. 25
Esempi di diagrammi sintetici giornalieri di verifica della produzione (25 Ottobre, globale a sinistra, produzione e consegna piastre a destra).

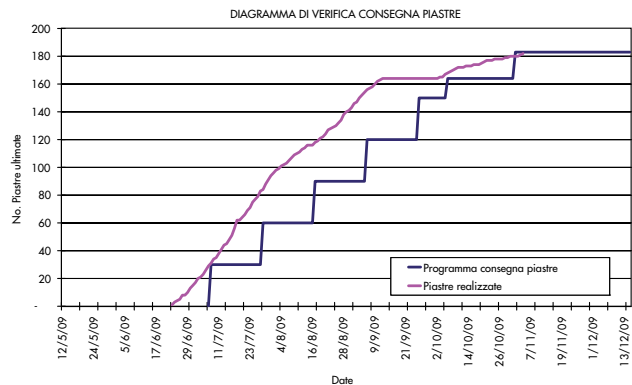
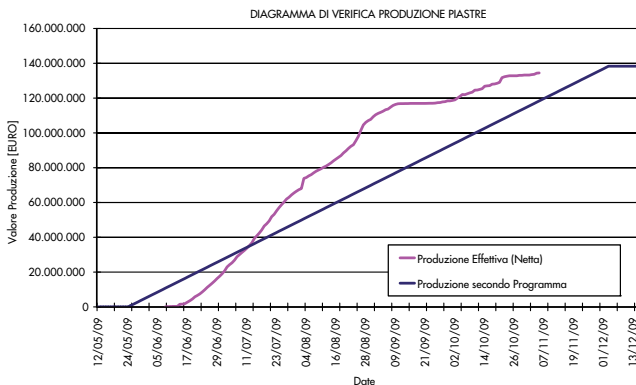


Fig. 26
Esempio di rapporto giornaliero sullo sviluppo globale dei lavori (19 Ottobre).

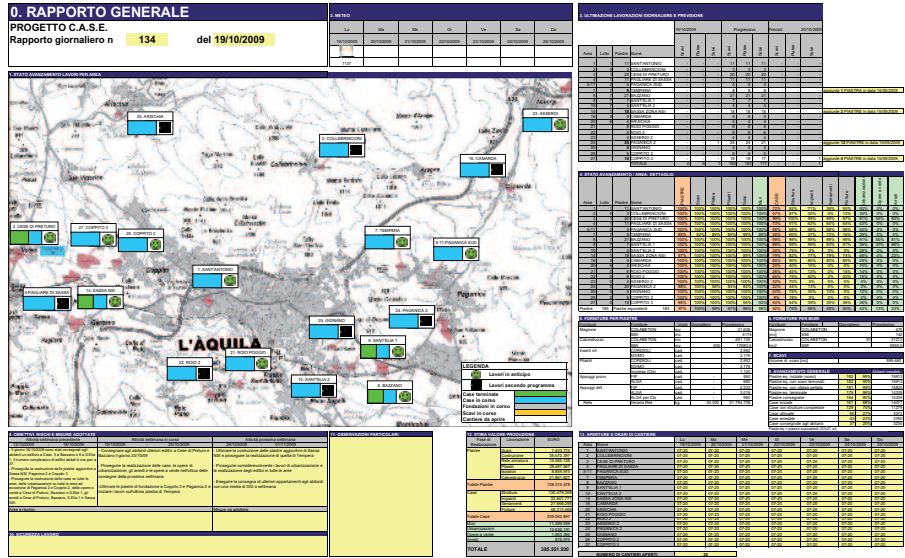
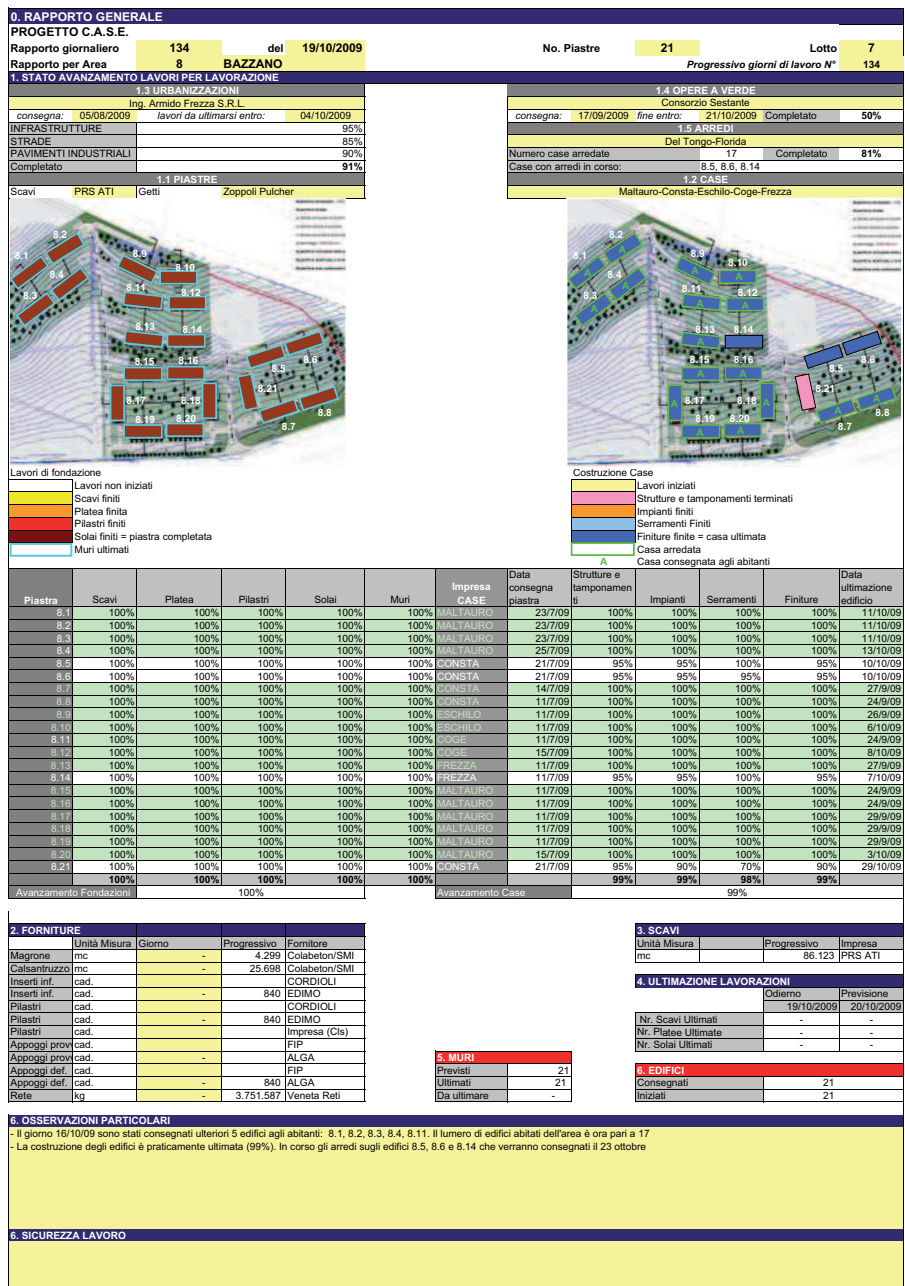


Fig. 27
Esempio di rapporto giornaliero sullo sviluppo dei lavori in una specifica area (Bazzano, 19 Ottobre).



3.1.9 I costi

I costi complessivi sostenuti per l'intero intervento sono indicati nell'apposita tabella, distinguendo le somme totali, quelle per edificio, per alloggio e per metro quadrato di superficie abitabile ed il peso percentuale di ciascuna categoria di opere.

Per quanto attiene ai costi totali si osserva che il costo complessivo di 655 milioni si riferisce ad un totale di 164 edifici costruiti, mentre ne erano inizialmente previsti 150. Applicando un criterio di proporzione lineare, si otterrebbe un costo di 599 milioni di euro per 150 edifici, in linea con la stima iniziale di 700 milioni, considerando che le somme indicate non comprendono le somme da corrispondere per l'esproprio dei terreni e l'iva.

Il costo della doppia piastra di fondazione è in larga parte compensata dalla realizzazione dei posti auto coperti, ciascuno delle dimensioni di un ampio box (circa 3 metri per 6) e costruiti in numero superiore a quello degli alloggi. Si può quindi stimare che il costo del solo sistema di fondazione sia una frazione di quello indicato in 30.000 euro per alloggio; supponendo di

attribuire alla sola fondazione una quota del 30 %, il costo per metro quadrato di superficie abitabile realizzata risulterebbe inferiore a 1.400 euro, un numero del tutto ragionevole soprattutto considerando i tempi di realizzazione, che hanno comportato tripli turni di lavoro e maggiori costi per le forniture, e la qualità del costruito dal punto di vista energetico, ambientale e delle finiture.

È interessante notare come l'isolamento sismico abbia pesato per circa l'1,5% sull'intervento globale, ovvero per poco più del 2% se si considera il solo costo di costruzione degli edifici.

Si osserva infine l'incidenza particolarmente modesta delle spese generali e tecniche, resa possibile dalle modalità di gestione del progetto, ampiamente discusse in quanto precede. La quota reale delle sole spese tecniche relative al consorzio ForCase (progettazione, direzione lavori, sicurezza, ecc.) è stata inferiore ad 8 milioni di euro, ovvero pari a poco più dell'1% del costo totale.

I costi degli arredi comprendono gli elettrodomestici (tutti in classe energetica massima) e delle attrezzature fondamentali.

	Costo complessivo (milioni)	Costo medio per edificio (164,29)	Costo medio per alloggio (4084)	Costo medio mq di slp	Peso percentuale
Abitazioni					
Scavi e fondazioni	€ 122	€ 742.589	€ 29.873	€ 413	18,63%
Isolamento sismico	€ 10	€ 60.868	€ 2.449	€ 34	1,53%
Edifici sopra piastra	€ 359	€ 2.185.160	€ 87.904	€ 1.214	54,81%
Totale abitazioni	€ 491	€ 2.988.618	€ 120.225	€ 1.660	
Opere urbanistiche e complementari					
Urbanizzazioni primarie e opere di completamento (opere di sostegno dei terreni, opere di drenaggio, strade, fognature, adduzioni acqua, gas ed energia elettrica, opere varie di completamento)	€ 73	€ 444.336	€ 17.875	€ 247	11,15%
Verde e arredo urbano	€ 13	€ 79.128	€ 3.183	€ 44	1,98%
Abbattimento barriere architettoniche	€ 12	€ 73.042	€ 2.938	€ 41	1,83%
Arredi, complementi e pulizie	€ 46	€ 279.993	€ 11.263	€ 156	7,02%
Spese generali e tecniche	€ 20	€ 121.736	€ 4.897	€ 68	3,05%
Totali generali	€ 655	€ 3.986.853	€ 160.382	€ 2.215	100,00%

Costi parametrici sostenuti per l'intero intervento, calcolato su 164,29 edifici equivalenti, iva esclusa.

3.1.10 Il futuro

Al momento della chiusura di questo articolo (24 settembre) è già iniziata la costruzione di ulteriori 20 edifici, che comporteranno spese parametricamente inferiori poiché sono collocati in aree già urbanizzate. La decisione del DPC di realizzare

ulteriori edifici è motivata da valutazioni conseguenti il censimento della popolazione priva di abitazione. Si prevede che gli edifici vengano comunque ultimati entro febbraio, con possibilità di anticipazioni significative nel caso in cui le condizioni meteorologiche risultassero favorevoli.

La consegna delle abitazioni avrà inizio martedì 29 settembre con circa 500 alloggi e continuerà ad un ritmo di circa 300 alloggi per settimana. Gli edifici saranno presi in carico dal Comune de L'Aquila, che sarà responsabile della gestione e manutenzione secondo modalità che dovranno essere definite, sulla base dei documenti progettuali che definiscono le operazioni necessarie, delle scelte di programmazione politica ed economica, del progredire del recupero delle abitazioni danneggiate dal terremoto. Gli assegnatari delle abitazioni sono stati selezionati congiuntamente dal Comune de L'Aquila e dal DPC, tenendo conto delle preferenze espresse dai senzatetto, di parametri connessi alla situazione familiare ed alla localizzazione dell'abitazione originaria, considerando in ogni caso i soli abitanti le

cui case fossero state classificate nelle categorie non recuperabili con interventi relativamente veloci (tipologie E ed F nella classificazione dei danni). Le abitazioni entreranno dunque a fare parte del patrimonio comunale e potranno essere successivamente utilizzate per ospitare categorie di popolazione particolarmente fragile (ad esempio anziani) ma soprattutto per costituire possibile residenze studentesche in relazione al forte fabbisogno di abitazioni degli studenti iscritti all'università de L'Aquila provenienti da altre province e regioni. Non è da escludere che nel prossimo futuro la disponibilità di abitazioni per studenti a prezzo controllato possa diventare una forte caratterizzazione dell'università, modificandone positivamente la capacità di attrazione, le politiche di reclutamento degli studenti e la loro provenienza geografica.

Previsione del numero di appartamenti e di posti letto disponibili in funzione del termine di ultimazione previsto (previsione del 22 settembre, comprendente i venti edifici appena aggiunti, le cui date di consegna sono molto prudenti)

Consorzio ForCASE		Settimana di possibile consegna - Aree - edifici - appartamenti - abitanti								
Data poss. consegna	Numero edifici	POSTI LETTO								
		2	3	4	5	6	7	8	Totali	
28/09/2009	19	Appartamenti ->	62	124	8	221	12	40	0	467
		Abitanti ->	124	372	32	1.105	72	280	0	1.985
03/10/2009	9	Appartamenti ->	33	33	10	140	8	0	0	224
		Abitanti ->	66	99	40	700	48	0	0	953
10/10/2009	13	Appartamenti ->	47	61	17	178	14	6	0	323
		Abitanti ->	94	183	68	890	84	42	0	1.361
17/10/2009	12	Appartamenti ->	29	89	4	148	4	24	0	298
		Abitanti ->	58	267	16	740	24	168	0	1.273
24/10/2009	7,75	Appartamenti ->	12	38	10	128	0	0	0	188
		Abitanti ->	24	114	40	640	0	0	0	818
31/10/2009	10	Appartamenti ->	39	53	6	114	10	22	0	244
		Abitanti ->	78	159	24	570	60	154	0	1.045
07/11/2009	6,75	Appartamenti ->	8	36	6	108	1	5	0	164
		Abitanti ->	16	108	24	540	6	35	0	729
14/11/2009	7	Appartamenti ->	9	50	23	55	3	23	0	163
		Abitanti ->	18	150	92	275	18	161	0	714
21/11/2009	13,75	Appartamenti ->	29	55	37	200	6	5	0	332
		Abitanti ->	58	185	148	1.000	36	35	0	1.442
28/11/2009	21,75	Appartamenti ->	14	137	40	315	3	15	0	524
		Abitanti ->	28	411	160	1.575	18	105	0	2.297
05/12/2009	13,75	Appartamenti ->	29	87	6	182	3	23	0	330
		Abitanti ->	58	261	24	910	18	161	0	1.432
12/12/2009	17	Appartamenti ->	31	113	34	221	3	14	0	416
		Abitanti ->	62	339	136	1.105	18	98	0	1.758
19/12/2009	13	Appartamenti ->	27	87	27	183	0	0	0	324
		Abitanti ->	54	261	108	915	0	0	0	1.338
24/01/2010	5	Appartamenti ->	20	140	0	0	0	0	0	160
		Abitanti ->	40	420	0	0	0	0	0	460
07/02/2010	5	Appartamenti ->	20	140	0	0	0	0	0	160
		Abitanti ->	40	420	0	0	0	0	0	460
21/02/2010	5	Appartamenti ->	20	140	0	0	0	0	0	160
		Abitanti ->	40	420	0	0	0	0	0	460
07/03/2010	5	Appartamenti ->	20	140	0	0	0	0	0	160
		Abitanti ->	40	420	0	0	0	0	0	460
Totale generale	183,75	Appartamenti ->	449	1.523	228	2.193	67	177	0	4.637
		Abitanti ->	898	4.569	912	10.965	402	1.239	0	18.985

Hanno contribuito al successo del progetto C.A.S.E.:

DPC

Giacomo Aiello (**responsabile aspetti legali**), Emilia Aloise, Giovanna Andreozzi, Enrico Ardito, Vincenzo Ardito, Arianna Bertelli, Mariano Bonvegna, Angelo Borrelli (**responsabile amministrativo**), Fabrizio Brammerini, Cristina Capriotti, Maria Teresa Cartolari, Mario Cera, Claudia Ciccone, Pietro Colicchio, Alessandra Conti, Marco Conti, Maria Laura Conti, Chiara D'angelo, Antonella De Felice, Giulio De Marco, Giovanni Di Achille, Giovanni Di Mambro, Mauro Dolce (**RUP**), Riccardo Fabiani, Maria Cristina Ferroni, Salvatore Fiengo, Claudia Fiore, Mariasilvia Gianneramo, Beatrice Guerra, Gerarda Iannarone, Federica La Chioma, Luisa Marinaro, Lucia Palermo, Francesca Paneforte, Ada Paolucci, Roberto Pesolillo, Giancarlo Piccione, Patrizia Picuti, Immacolata Postiglione, Giuseppina Sementilli, Vincenzo Spaziante (**coordinatore generale**), Tiziana Tarduini, Vergilio Tidei, Fabiola Toni, Angelo Vici.

Consorzio ForCASE

Fabio Aldrovandi, Francesco Ambrosi, Francesco Amici, Maurizio Ardingo (**responsabile sicurezza**), Luciano Baglione, Giovanni Bastianini, Paolo Battezzozzo, Giuliano Bellini, Maria Teresa Dolores Bertelegni, Federica Bianchi, Saverio Bisoni, Gaia Boggioni, Filippo Bonali, Barbara Borzi, Maria Benedetta Bossi, Matteo Bottari, Vittorio Bozzetto, Roberto Brandimarte, Piero Burba, Maurizio Calderari, Andrea Caligari, Maura Castellani, Gian Michele Calvi (**responsabile generale, progettista e direttore dei lavori**), Salvatore Caroli, Christian Caroli, Paolo Caroli, Francesco Ceribelli, Antonio Coccia, Andrea Colcuc, Oliviero Comand, Massimiliano Cordeschi, Filippo Dacarro, Michele D'Adamo, Alberto Damiani (**responsabile abitazioni**), Pietro Damiani, Edi Danielis, Simonetta Di Nicola, Maurizio De Santis, Pasquale Di Marcantonio, Dante Di Marco, Stefano D'Ottavio, Ettore Fagà, Mario Fanutti, Carlo Florio, Pierluigi Fontana, Fabrizio Frau, Renato Fuchs (**responsabile organizzazione**), Nicola Gallina, Marco Gasperi, Fabio Germagnoli, Federico Gianoli, Daniele Gimnetti, Sergio Giordano, Stefano Grasso, Carlo Lai, Massimo Lardera (**coordinatore progetto urbanistico e urbanizzazioni**), Ignazio Locci, Giuseppe Lombardi, Mauro Maganetti, Giovanni Magenes, Claudio Maggi, Carlo Magni, Fabrizio Magni, Michele Magnotti, Gabriele Mantini, Antonio Marcotullio, Paola Marotta, Sara Martini, Emanuele Meago, Paola Migliazza, Enrico Misale, Marta Molinari, Federico Monutti, Matteo Moratti (**direttore operativo strutture**), Vincenzo Pane, Vincenzo Paolillo, Alessandro Papale, Carmine Pascale, Pierluigi Pascale, Moreno Pavan, Fausto Pedetta Peccia, Gianfranco Peressutti, Edoardo Peronace, Michele Pescina, Paolo Petrucco (**responsabile piastre e direttore operativo urbanizzazioni**), Piero Petrucco, Nereo Pettenà, Dario Pietra, Roberto Pitolini, Federica Polidoro, Alessandro Pollini, Stefano Pozzi, Salvatore Provenzano, Bruno Quadrio, Nadia Rizzarda, Enzo Rizzi, Fabio Roiatti, Cristiana Ruggeri (**direttore operativo impianti**), Gaetano Ruggeri, Mario Rusconi, Daniele Sambrizzi, Valentina Scenna, Matteo Schena, Michele Schiabel, Paolo Scienza, Fabiola Sciore, Roberto Scotti, Domenico Sgrò, Martino Signorile, Danilo Marco Siviero, Luigi Spadaro, Davide Tagliaferri, Piergiuseppe Tamburri, Alessandro Tosello, Stefan Trenkwalder, Roberto

Turino (**direttore operativo abitazioni**), Diego Urbani, Marco Vecchiotti, Paolo Verri, Stefano Vitalini (**direttore operativo piastre**), Roberta Viviani

Commissione di collaudo amministrativo

Giovanna Andreozzi, Maria Laura Conti, Alessandra Conti, Michele D'adamo, Giovanni Di Mambro, Salvatore Fiengo, Giorgio Grossi, Emilia Aloise, Mariano Bonvegna, Carlo Bordini, Cristina Capriotti, Maria Teresa Cartolari, Carluccio Codeghini, Fabio Compagnoni, Dario Compagnoni, Massimo Criscuolo, Antonella De Felice, Giuseppe Fasiol, Maria Cristina Ferroni, Arturo Furlan, Achille Gentile, Alessandro Greco, Gerarda Iannarone, Giuseppe Ianniello, Giovanni Infante, Ettore Iorio, Paolo Marchesi, Luca Pagani, Lucia Palermo, Roberto Pesolillo, Salvatore Provenzano, Rosario Romano, Gianni Strazzullo, Fabiola Toni, Daniela Ursino, Michele Villani

Commissione di collaudo delle strutture

Edoardo Cosenza, Gaetano Manfredi, Claudio Moroni, Paolo Pinto (**Presidente**), Paolo Zanon (assistenti: Massimo Acanfora, Claudio D'Ambrà, Antimo Fiorillo)

Società e imprese

Scavi: CO.GE.FER. s.p.a.; Midal s.r.l.; P.R.S. Produzione e Servizi s.r.l. **Calcestruzzo:** Colabeton s.p.a.; Società Meridionale Inerti SMI s.r.l. **Acciaio per armatura:** La Veneta Reti s.p.a. **Pilastri in acciaio:** A.T.I. Edimo Metallo s.p.a. /Taddei s.p.a.; Cordioli & C. s.p.a.; **Casseri e assistenze:** Consorzio Edile C.M. Gruppo Bison; Sacaim s.p.a.; Zoppoli & Pulcher s.p.a. **Isolatori:** Alga s.p.a.; FIP Industriale s.p.a. **Abitazioni:** A.T.I. Consorzio Stabile CONSTA s.c.p.a./Sicap s.p.a.; A.T.I. Donati s.p.a./Tirrena Lavori s.r.l./Dema Costruzioni s.r.l./Q5 s.r.l.; A.T.I. Eschilo Uno s.r.l./COGEIM s.p.a./Alfa Costruzioni 2008 s.r.l.; A.T.I. Ille prefabbricati s.p.a./Belwood s.r.l.; A.T.I. Impresa Costruzioni Giuseppe Maltauro s.p.a./Taddei s.p.a.; A.T.I. Iter Gestione e Appalti s.p.a./Sled s.p.a./Vitale Costruzioni s.p.a.; A.T.I. COGE Costruzioni Generali s.p.a. /Consorzio Esi; Consorzio Etruria s.c.a.r.l.; Consorzio Stabile Arcale; Cosbau s.p.a.; D'Agostino Angelo Antonio Costruzioni Generali s.r.l.; Impresa di Costruzioni Ing. Raffaello Pellegrini s.r.l.; Meraviglia s.p.a.; Orceana Costruzioni s.p.a.; R.T.I. Ing. Armido Frezza s.r.l./Walter Frezza Costruzioni s.r.l./ Archilegno s.r.l.; Wood Beton s.p.a. **Arredi:** Del Tongo Industrie s.p.a.; Estel Office s.p.a.; Mobilificio Florida s.r.l.; R.T.I. Europeo s.p.a./PM.International Furnishing s.r.l. **Opere infrastrutturali:** CO.M.AB. Appalti Pubblici e Privati s.n.c.; Codimar s.r.l.; Codisab s.r.l.; Conglomerati Bituminosi s.r.l.; Faciolini s.r.l.; G.C.G. s.r.l.; I Platani s.r.l.; Impresa Edile Di Cola Michele; Ing. Armido Frezza s.r.l.; Molisana Inerti Conglomerati s.r.l.; Produzione e Servizi s.r.l.; Ridolfi Idio e Figli s.r.l.; San Giovanni Inerti di Pietro Mascitti s.r.l.; Valentini Costruzioni s.a.s.; **Ascensori:** Marrocco elevators s.r.l., ATI S.A.S. s.r.l./Grivan Group s.r.l., Schindler s.p.a.; **Impianti fotovoltaici:** R.T.I. Ener Point s.p.a./Ener Point Energy s.r.l./Troiani & Ciarrocchi s.r.l.; **Verde:** R.T.I. 3a Progetti/Gsa s.r.l./O.Ci.Ma. s.r.l./Bellomia-Sebastianini-Euroengineering s.r.l., Consorzio Sestante. **Demolizioni:** CODISAB SRL, A.S.M. s.p.a.; **Allacciamenti:** ENEL Rete Gas, ENEL Energia, GranSasso Acqua.1

Riferimenti

1. NTC (2008) - *Norme Tecniche per le Costruzioni*, D.M. 14/01/2008, Gazzetta Ufficiale 04/02/2008, Italia.
2. Zayas V., Low S. (1990) - A Simple Pendulum Technique for Achieving Seismic Isolation, *Earthquake Spectra*, Vol. 6, No. 2.
3. Almazan J.L., De la Llera J.C. (2002) - Analytical model of structures with frictional pendulum isolators, *Earthquake engineering and structural dynamics*, Vol. 31, 305-332.
4. Calvi G.M., Ceresa P., Casarotti C., Bolognini D., Auricchio F. (2004) - Effects of axial force variation on the seismic response of bridges isolated with friction pendulum systems, *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 8, S11, 187-224.
5. Christopoulos C., Filiatrault A. (2006) - *Principles of Passive Supplemental Damping and Seismic Isolation*, IUSS Press, Pavia.
6. Priestley M.J.N., Calvi G.M. (2002) - Strategies for repair and seismic upgrading of Bolu Viaduct 1, Turkey, *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 6, S11, 157-184.
7. Tsai C.S. (1997) - Finite element formulations for friction Pendulum seismic isolation bearings, *International Jour. for Num. Methods in Engineering*, Vol. 40, 29-49.
8. Wang Y., Chung L.L., Liao W.H. (1998) - Seismic response analysis of bridges isolated with friction pendulum bearings, *Earthquake engineering and structural dynamics*, 27, 1069-109.
9. Priestley M.J.N., Calvi G.M., Kowalsky M.J. (2007) - *Displacement based design of structures*, IUSS Press, Pavia.
10. Crowley, H. and Pinho R. (2004) - Period-height relationship of existing European reinforced concrete buildings, *Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 8 (SP1) - 93-120.
11. Crowley H., Stucchi M., Meletti C., Calvi G.M., Pacor F. (2009) - Uno sguardo agli spettri delle NTC08 in relazione al terremoto de L'Aquila, *capitolo 1.7 in questo volume*.
12. AA.VV. (2007) - Definizione dell'input sismico sulla base degli spostamenti, progetto S5 INGV-DPC, <http://progettos5.stru.polimi.it>.
13. Comité Européen de Normalisation, Eurocode 8 part 2 (2006) - prEN1998-2, CEN, Brussels.