

Politecnico di Milano
Facoltà di Architettura e Società
Corso di Laurea in Architettura delle Costruzioni

TESI DI LAUREA

**PROGETTO DI UN EDIFICIO RESIDENZIALE
A DEFORMAZIONE CONTROLLATA PER INTERVENTI
POST-EMERGENZA SISMICA:
PRESTRESS TIMBER FRAME BUILDING**

RELATORE

Professoressa Elisabetta Ginelli

CORELATORI

Professor Luca Formis
Professor Gianluca Pozzi

CANDIDATO

Giovanni Garattoni
735055

A.A. 2010-2011

I N D I C E

I N D I C E D E L L E F I G U R E	6
I N D I C E D E L L E T A V O L E	9
A B S T R A C T	10
P R E F A Z I O N E	11
1 D I S A S T R O E D E M E R G E N Z A	14
1.0.1 L'ORIGINE	14
1.0.2 LO SVILUPPO	15
1.0.3 GLI EFFETTI	15
2 L A P R E V E N Z I O N E	16
2.1 LE FASI DELL'EMERGENZA	16
2.1.1 LA PIANIFICAZIONE DELL'EMERGENZA	17
2.2 SICUREZZA E DURATA DELLE COSTRUZIONI	19
2.2.1 SOSTENIBILITÀ ECONOMICA E FLESSIBILITÀ FUNZIONALE	19
3 I L S I S M A	23
3.1 PERICOLOSITÀ E RISCHIO SISMICO	25
3.1.1 MISURARE UN TERREMOTO	25
3.1.2 PREVEDERE UN TERREMOTO	27
3.1.2 VALUTARE IL RISCHIO SISMICO	28
3.2 PERCHÉ SI RISCHIA LA VITA	32
3.2.1 IL TERRITORIO	32
3.2.2 LA POPOLAZIONE	33
3.2.2 NEGLI AMBIENTI CHIUSI	33
3.2.3 IN CAMPO APERTO	35
3.3 PERCHÉ LE CASE CROLLANO	36
3.4 PERCHÉ LE CASE POSSONO STARE IN PIEDI	42
3.4.1 ISOLATORI SISMICI	42
3.4.2 DISSIPATORI SISMICI	43
3.4.3 DISPOSITIVI DI CONTROLLO DELLA FREQUENZA NATURALE	44

3.4.4	LE PAGODE GIAPPONESI	45
3.4.5	LA CASA GIAPPONESE	47
3.5	I SISTEMI A TELAIO	49
3.5.1	LA COMPRESSIONE DEL LEGNO LAMELLARE	49
3.5.2	I PONTI	50
3.5.3	GLI IMPALCATI	51
3.5.4	I TELAI	51
3.5.5	I COSTI	53
4	I L R I F U G I O	54
4.0.1	LE FASI DI INTERVENTO	54
4.0.2	I PROBLEMI	55
4.0.3	IL MODELLO FRIULI	56
4.1	IL SISMA DI L’AQUILA	58
4.1.1	IL PROGETTO C.A.S.E	58
4.1.2	I PROBLEMI	59
4.2	BACKUP AREAS	61
4.2.1	ANALISI STORICA E MORFOLOGICA	61
4.2.2	PIANIFICAZIONE TERRITORIALE	62
4.2.3	PROGETTAZIONE DELL’AREA DI INTERVENTO	63
4.2.4	EVERUP BUILDING	66
4.2.5	PRESTAZIONI ENERGETICHE	67
4.2.6	PRESTAZIONI STRUTTURALI	67
4.2.7	GLI ELEMENTI PORTATI	71
4.2.8	LA MANUTENIBILITÀ DELLA STRUTTURA	72
4.3	IL CONFRONTO	74
	C O N C L U S I O N I	76
	A P P E N D I C I	77
	APPENDICE A: SCHEDE EVENTI SISMICI	77
	APPENDICE B: SCHEDE RIFUGIO	93
	APPENDICE C: WBS E COMPUTO METRICO ESTIMATIVO	144

B I B L I O G R A F I A	147
EMERGENZA	147
PROGETTAZIONE IN LEGNO	149
PROGETTAZIONE ANTISISMICA	150

I N D I C E D E L L E F I G U R E

FIG. 1 - PANTHEON, ROMA (FLICKR)	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
FIG. 2 - OBIETTIVI E METODO DEL PROGETTO.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
FIG. 3 - SCHEMA RIASSUNTIVO DEGLI ARGOMENTI DELLA TESI.....	13
FIG. 4 - ALLUVIONE DI MESSINA 1 OTTOBRE 2009 (FLICKR)	14
FIG. 5 - OPERAZIONI DI SALVATAGGIO A ONNA PRESSO L'AQUILA 8 APRILE 2009 (FLICKR)	16
FIG. 6 - AREA DI ATTESA, L'AQUILA 6 APRILE 2009 (FLICKR)	17
FIG. 7 - TENDOPOLI DI PIAZZA D'ARMI A L'AQUILA 25 APRILE 2009 (FLICKR)	17
FIG. 8 - CONTAINER A L'AQUILA, 14 DICEMBRE 2009 (FLICKR).....	18
FIG. 9 - AREA DI COORDINAMENTO, L'AQUILA 6 APRILE 2009 (FLICKR).....	18
FIG. 10 - AREA DI STOCCAGGIO MATERIALI, L'AQUILA 10 APRILE 2009 (FLICKR)	18
FIG. 11 - SCHEMA DEI COSTI DI COSTRUZIONE IN FUNZIONE DELLA PROBABILITÀ DI ROVINA TOTALE	21
FIG. 12 - SCHEMA DELLA RIDUZIONE DI FUNZIONALITÀ DI UN EDIFICIO IN FUNZIONE DEL TEMPO DI VITA	21
FIG. 13 - CLASSIFICAZIONE DEGLI EDIFICI SECONDO PERIODO DI RIFERIMENTO	22
FIG. 14 - DISTRIBUZIONE DEI SISMI CON MAGNITUDO SUPERIORE A 7.0 A PARTIRE DAL 1900 (INGV DATABASE)	24
FIG. 15 - MAPPA DELLE MAGNITUDO REGISTRATE NEL CORSO DEL TERREMOTO DI TOHOKU, 11 MARZO 2011 (USGSONLINE DATABASE).....	25
FIG. 16 - DANNI AL SUOLO CAUSATI DAL TERREMOTO DI CHRISTCHURCH, NUOVA ZELANDA IL 4 SETTEMBRE 2010 (FLICKR).....	26
FIG. 17 - SISMOGRAFO (FLICKR).....	27
FIG. 18 - SISMOGRAFO DA CANTIERE (“ISTRUZIONI: IL MOVIMENTO CAUSATO DAL SISMA FA ALLONTANARE LE DUE FRECCHE FACENDO CADERE LA BIRRA”), PESCOMAGGIORE, L'AQUILA, FEBBRAIO 2011 (FLICKR).	27
FIG. 19 - TEMPIO DEL BUDDHA DI GIADA, SANGHAI. LA STATUA COSTITUISCE L'ANTECEDENTE DEI MODERNI SISMOGRAFI, OGNI DRAGO TIENE IN BOCCA UNA SFERA DI BRONZO CHE SOTTO LA SPINTA DEL TERREMOTO CADE DELLA BOCCA DELLA RANA POSTA AI SUOI PIEDI. IL DRAGO CHE FA CADERE LA SFERA INDICA LA DIREZIONE PREVALENTE DEL TERREMOTO.	28
FIG. 20 – GLI EFFETTI DI SECONDO GRADO DEL TERREMOTO DI TOHOKU, COME L'EVACUAZIONE DELLE AREE, LA CONTAMINAZIONE NUCLEARE OI DANNI RIPORTATI DALL'INDUSTRIA DEL PESCE.....	29
FIG. 21 - GLI EFFETTI DI PRIMO GRADO DEL SISMA DI TOHOKU, TRA CUI L'ESPOSIZIONE DELLA CENTRALE DI FUKUSHIMA (FLIKR).	29
FIG. 22 - TABELLE DELLE MAGNITUDO MOMENTO.	30
FIG. 23 - TABELLA DELL'INTENSITÀ DI UN SISMA SECONDO LA SCALA MERCALLI MODIFICATA	31
FIG. 24 - CALTABELLOTTA, IRRIGIDIMENTO DI UNA MURATURA TRAMITE CORDOLO IN C.A. IL SISTEMA CONCENTRA UN CARICO NOTEVOLE IN COPERTURA, CREANDO UNA NETTA DIFFERENZA DI RIGIDENZE TRA LE DUE PORZIONI DELL'EDIFICIO.	36
FIG. 25 - CALTABELLOTTA, RIPRISTINO DELLA COPERTURA DELLA CHIESA DELLA MADRICE DOPO IL TERREMOTO DEL BELICE DEL 1968. LE FORME ORIGINARIE DELLA VOLTA SONO RICORDATE DALLA SEQUENZA DI ARCHI IN	

LEGNO-ACCIAIO. L'AMMORSAMENTO DEI MURI LATERALI È GARANTITO DA UNA STRUTTURA LEGGERA CAPACE DI ASSORBIRE SPOSTAMENTI FUTURI GRAZIE ALLO SCHEMA DI VINCOLO AD ARCO A TRE CERNIERE.....	37
FIG. 26 - L'EFFETTO DI TORSIONE IN UNA PIANTA IRREGOLARE COME UNA "C" (DESIGNING FOR EARTHQUAKES, FEMA 2006).	38
FIG. 27- SCHEMI DI COLLASSA DI UN EDIFICIO MODERNO: LA PIANTA. (DESIGNING FOR EARTHQUAKES, FEMA 2006)	39
FIG. 28 - SCHEMI DI COLLASSA DI UN EDIFICIO MODERNO: L'ALZATO. (DESIGNING FOR EARTHQUAKES, FEMA 2006)	40
FIG. 29 - SCHEMA DI CLASSIFICAZIONE DEGLI EDIFICI IN BASE ALLA TIPOLOGIA DI RISPOSTA SISMICA	41
FIG. 30 - SISTEMA A SFERE PORTANTI DI JULES TOUALLION, 1870 (WWW.STRUTTURISTA.COM).	42
FIG. 31 - SISTEMA DI FONDAZIONE SU CUSCINO DI SFERE D'ACCIAIO DI JAKOB BECHTOLD, 1906 (WWW.STRUTTURISTA.COM).	42
FIG. 32 - DISPOSITIVO DI ISOLAMENTO CON DISSIPATORI IN ACCIAIO.	43
FIG. 33 - DISSIPATORI ISTERICI IN ACCIAIO.....	43
FIG. 34 - DISSIPATORE VISCOSO.	43
FIG. 35 - DISSIPATORE VISCOELASTICO ELASTOMETRICO.	43
FIG. 36 - DISPOSITIVO DI SMORZAMENTO DEL GRATTACIELO TAPEI 101, TAIWAN (FLICKR).	44
FIG. 37 - PAGODA DI GOJUNOTO, GIAPPONE	45
FIG. 38 - SCHEMA DEGLI INCASTRI TRA GAWABASHIRA E TARUKI NELLE FALDE DEI TETTI.	46
FIG. 39 - PIANTA E SEZIONE DELLA PAGODA DI GOJUNOTO, GIAPPONE	46
FIG. 40 - CASA TRADIZIONALE GIAPPONESE VICINO AL MONTE FUJI (FLICKR).	47
FIG. 41 - CASA TRADIZIONALE GIAPPONESE A OUCHI-JUKU (FLICKR).	47
FIG. 42 - INTERNO DI UNA CASA TRADIZIONALE GIAPPONESE (FLICKR).....	48
FIG. 43 - PORTICATO ESTERNO, DETTAGLI DELL'ATTACCO A TERRA E DELLA FACCIATA TOTALMENTE PERMEABILE (FLICKR).	48
FIG. 44 - PONTE LEONARDO DA VINCI, OSLO, 2001 (FLICKR).	51
FIG. 45 - GIUNTO TIPO TRAVE-PILASTRO REALIZZATO IN LABORATORIO DAI RICERCATORI DELL'UNIVERSITÀ DI CHRISTCHURCH, NUOVA ZELANDA.	52
FIG. 46 - GIUNTO TIPO PILASTRO-FONDAZIONE REALIZZATO IN LABORATORIO DAI RICERCATORI DELL'UNIVERSITÀ DI CHRISTCHURCH, NUOVA ZELANDA.	52
FIG. 47 - TEST CONDOTTO SUL GIUNTO TIPO TRAVE PILASTRO: È EVIDENTE L'APERTURA DEL GAP TRA GLI ELEMENTI IN CORRISPONDENZA DELLA PIASTRA DI ACCIAIO.	53
FIG. 48 – ALCUNI ESEMPI DI RIFUGI TEMPORANEI REALIZZATI PER IL TERREMOTO DI HAITI, 2010 (FLICKR)	55
FIG. 49 - UNITÀ ABITATIVA RIPIEGABILE UTILIZZATA IN OCCASIONE DEL SISMA DEL FRIULI, 1976 (CORRADO LATINA, SISTEMI ABITATIVI PER INSEDIAMENTI PROVVISORI, I MILANO: BE-MA EDITRICE, 1988).....	56
FIG. 50 - SCHEMA DI CLASSIFICAZIONE DEI RIFUGI DI EMERGENZA SECONDO TEMPORANEA DI UTILIZZO	57
FIG. 51 - QUARTIERE REALIZZATO CON IL PROGETTO M.A.P PER LA FRAZIONE DI TEMPERA (FLICKR).	58
FIG. 52 - ALCUNI ESEMPI DI EDIFICI REALIZZATI CON IL PROGETTO C.A.S.E., L'AQUILA (FLICKR).....	59
FIG. 53 - SEDE DEL RETTORATO E DEGLI STUDI AMMINISTRATIVI DELL'UNIVERSITÀ DI L'AQUILA (FLICKR).	60
FIG. 54 - PIANIFICAZIONE DELLE AREE DI INTERVENTO, SCALA 1:5000.	62

FIG. 55 - STATO DI FATTO DELL'AREA DI INTERVENTO (AREA 6).	63
FIG. 56 - AREA DI PROGETTO DURANTE LA FASE 1.	64
FIG. 57 - AREA DI PROGETTO DURANTE LA FASE 2.	64
FIG. 58 - AREA DI PROGETTO DURANTE LA FASE 3.	65
FIG. 59 - AREA DI PROGETTO DURANTE LA FASE 4.	65
FIG. 60 - GIUNTI TIPO DELLA STRUTTURA, INCASTRO A TERRA E CONNESSIONE TRAVE-PILASTRO.....	70
FIG. 61 - SCHEMI DI DINAMICA RAPPORTO EDIFICIO/PENDOLO PER MODO DI VIBRAZIONE.....	70
FIG. 62 - SCHEMA DINAMICA PENDOLO SUL PIANO TIPO DI RIFERIMENTO.	71
FIG. 63 - STRUTTURA DI PROGETTO	73
FIG. 64 - KOBE, 1995.	95
FIG. 65 - MARMARA, 1999.	95
FIG. 66 - GUJARAT, 2001.	95
FIG. 67 – DIVERSE COMBINAZIONI DI PIANTA DEL MODULO DEL SISTEMA SAGE.	98
FIG. 68 - SPACCATO ASSONOMETRICO DEL SISTEMA SAGE:	98
FIG. 69 - FASI DI EREZIONE DELL'UNITÀ ABITATIVA RIPIEGABILE.....	100
FIG. 70 - FASI DI REALIZZAZIONE DEI BUNGALOW INNOVIDA.	135
FIG. 71 - PROCESSO DI REALIZZAZIONE DEI RIFUGI.	137
FIG. 72 - IL SISTEMA DI FISSAGGIO DEL TELO IMPERMEABILE ALLA STRUTTURA DI TUBI IN PVC.....	139
FIG. 73 - SCHEMA DELLA STRUTTURA PREFABBRICATA IN LEGNO POGGIATA SUI SUPPORTI IN C.A.	141
FIG. 74 - FASI DI REALIZZAZIONE DEL RIFUGIO.	143

I N D I C E D E L L E T A V O L E

- AR.1.1 ANALISI PROGETTI REALIZZATI
- AR.1.2 PIANIFICAZIONE DELLE AREE DI PROGETTO
- AR.2.1 PLANIVOLUMETRICO E FASI DI SVILUPPO (A)
- AR.2.2 PLANIVOLUMETRICO E FASI DI SVILUPPO (B)
- AR.3.1 PIANTE E SEZIONI (A)
- AR.3.2 PIANTE E SEZIONI (B)
- AR.3.3 PIANTE E SEZIONI (C)
- AR.3.4 PIANTE E SEZIONI (D)
- AR.3.5 PROSPETTI
- AR.4.1 NODI TECNOLOGICI (A)
- AR.4.2 NODI TECNOLOGICI (B)
- ST.1.1 COLLEGAMENTO A TERRA
- ST.2.1 GIUNTO INTERMEDIO (A)
- ST.2.2 GIUNTO INTERMEDIO (B)
- ST.3.1 GIUNTO SOLETTE BALLATOI
- ST.4.1 SISTEMA DI SMORZAMENTO A PENDOLO

A B S T R A C T

La tesi analizza lo stato dell'arte dei dispositivi antisismici attualmente in commercio, le tecnologie del passato e i nuovi sistemi in via di sviluppo arrivando a comparare nel dettaglio le piastre di isolamento utilizzate nel intervento del Progetto C.A.S.E. a L'Aquila e l'innovativa tecnologia dei telai in legno lamellare post-compresso applicata ad un esempio progettuale concreto.

Lo studio dei sismi più recenti e delle modalità di intervento attuate nelle diverse circostanze sono focalizzate quindi all'analisi del sisma di L'Aquila del 2009, con l'obiettivo di realizzare una pianificazione efficace per la prevenzione e l'intervento post emergenza. Il progetto che ne segue intende presentarsi quindi non come sostitutivo a quello già realizzato del progetto C.A.S.E., ma come modello alternativo per una nuova pianificazione del territorio aquilano o come base da cui partire per studiare gli interventi di prevenzione in aree simili e quella presa in esame.

P R E F A Z I O N E

“Quando costruiamo, cerchiamo di pensare che costruiamo per l'eternità.”

John Ruskin

Guardando al passato vediamo l'ombra di edifici eterni, costruiti per durare e capaci di arrivare fino a noi dopo secoli, a volte millenni, di eventi catastrofici. Guerre, terremoti e alluvioni, che passano sui nostri centri abitati lasciando segni profondi, sembrano non essere riusciti ad intaccare la sapienza costruttiva degli antichi. Quello che dimentichiamo è che tali architetture erano solitamente il risultato di una pratica empirica e di numerose ricostruzioni.

I romani quando realizzavano un ponte erano capaci di rifarlo più volte a distanza di pochi metri. Al primo ponte coronato da un insuccesso ne seguiva un secondo che cercava di trarre dall'esperienza del primo il motivo della sua resistenza.

Volta dopo volta i ponti venivano così edificati uno di fianco all'altro sulla sponda del fiume fino a che uno, dei tanti, resisteva e durava anni e secoli.

I ritmi del mondo contemporaneo sono spesso troppo rapidi per un'evoluzione tecnologica che richieda esperienza e per conservare la memoria di eventi che, per quanto dirompenti, sono episodi eccezionali nelle nostre vite.

Tali presupposti sono il fondamento del rischio idrogeologico del nostro territorio e del tentativo di questa tesi di sperimentare una tecnologia di recente sviluppo ma che trae le sue origini dalle architetture del passato.

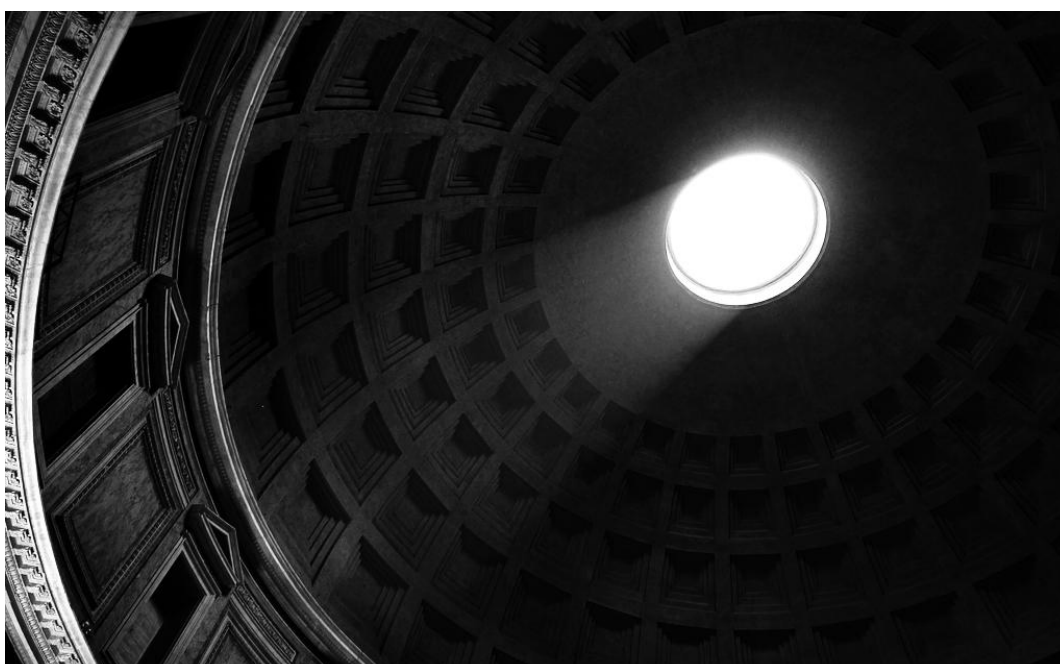


Fig. 1 - Pantheon, Roma (Flickr)

Il tema scelto per il progetto di edificio residenziale per interventi post-emergenza sismica è stato affrontato mediante l'analisi delle tecnologie antisismiche passate e lo studio degli eventi sismici più recenti per comprendere le cause, gli effetti e metodi di intervento più efficaci. Obiettivo finale è stata la pianificazione dell'emergenza e degli interventi successivi ad essa nel territorio di L'Aquila nell'eventualità di un evento analogo a quello verificatosi il 6 aprile del 2009. Il progetto non vuole con questo essere un intervento sostitutivo a quello realizzatosi: vuole invece andare a delineare una valida alternativa e una pianificazione efficace per realtà analoghe in modo da evitare per quanto possibile il ripresentarsi di disastri simili.

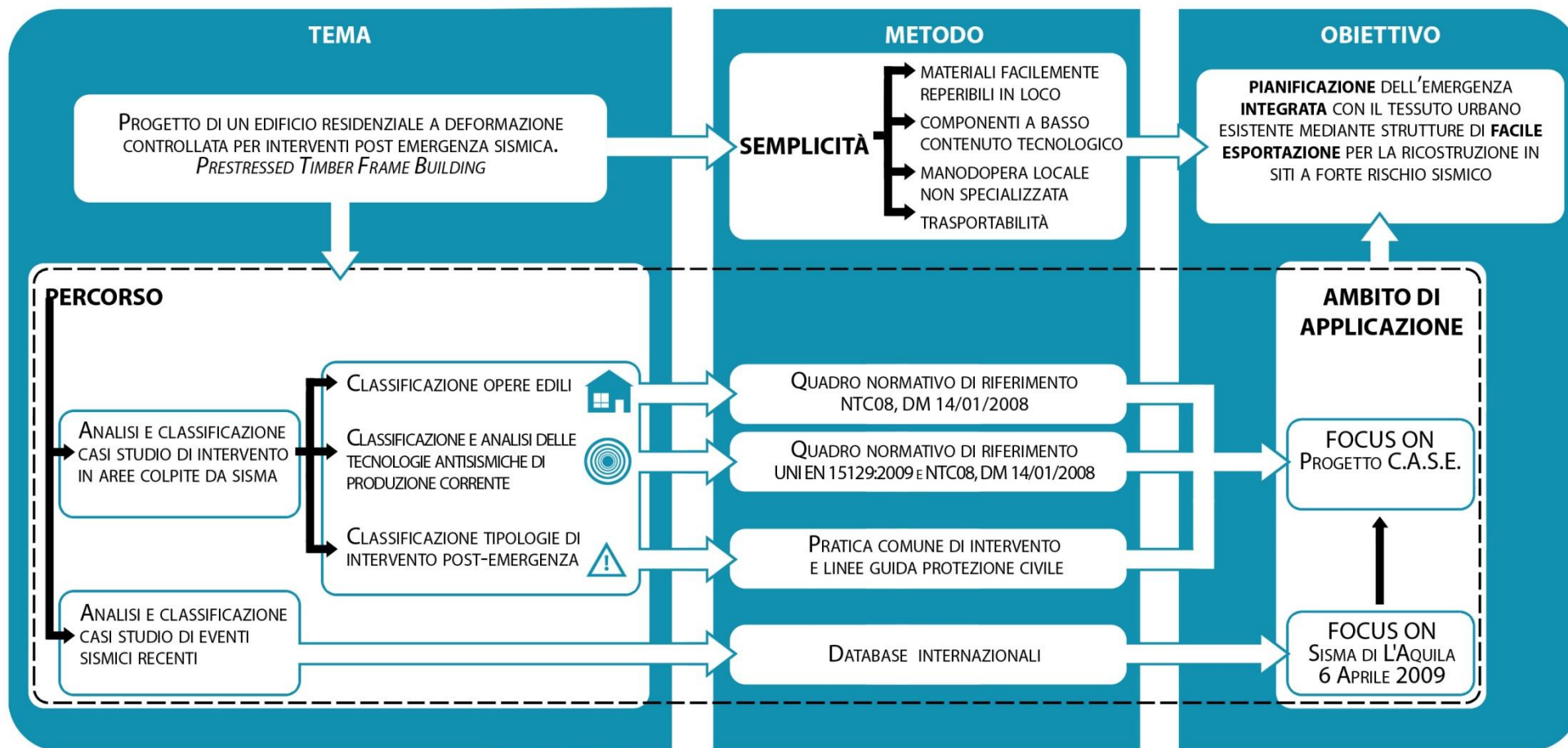


Fig. 2 - Obiettivi e metodo del progetto

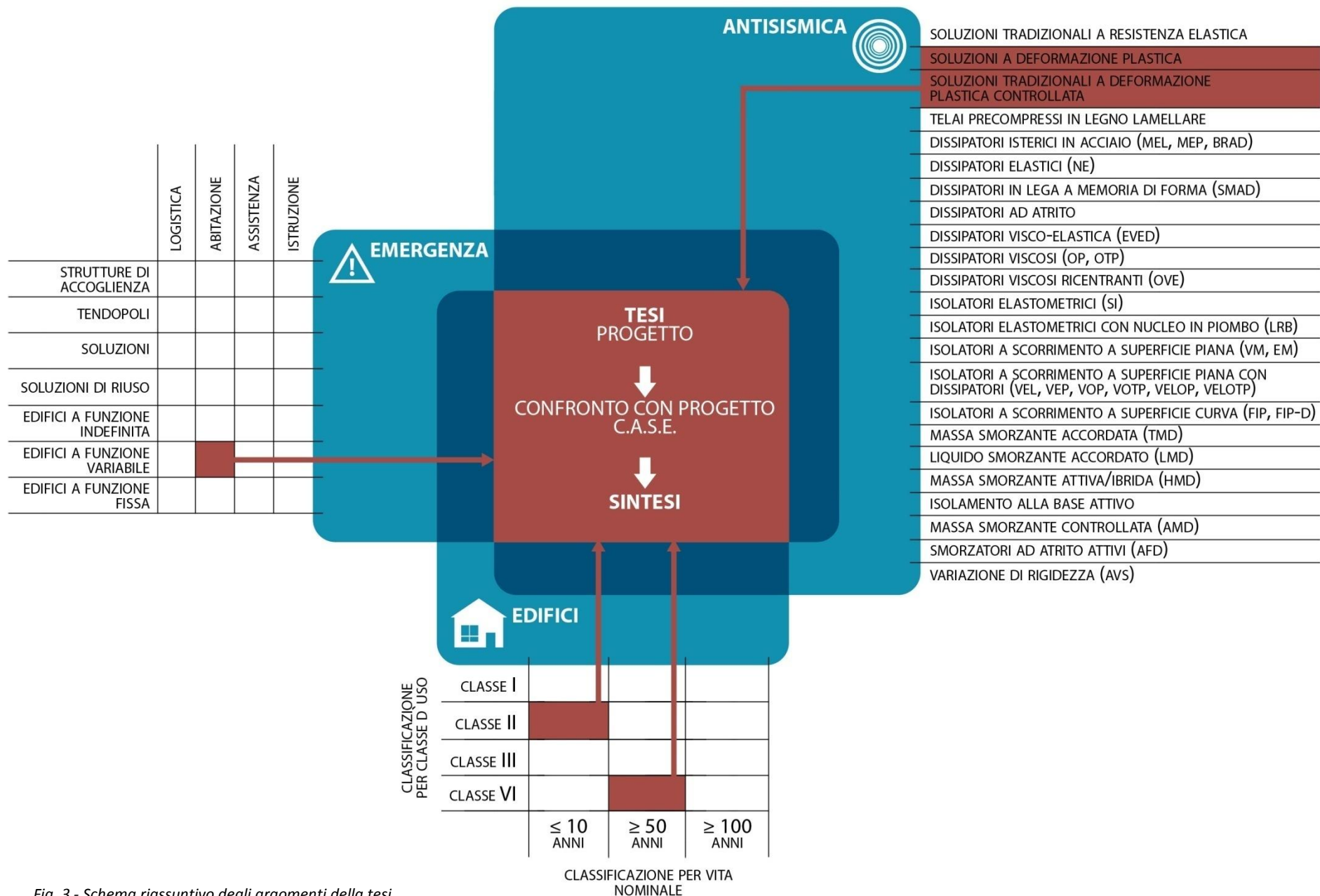


Fig. 3 - Schema riassuntivo degli argomenti della tesi

1 D I S A S T R O E D E M E R G E N Z A

“L’interfaccia tra un azzardo, naturale o causato dall’uomo, e una condizione di vulnerabilità”

Philiph O’Keefe



Fig. 4 - Alluvione di Messina 1 Ottobre 2009 (Flickr)

Vivere un’emergenza è un’esperienza che ciascuno di noi crede non toccherà mai a sé stesso. L’etimologia stessa della parola indica la sua **eccezionalità** in quanto evento che emerge rispetto alla normalità e forse è per questo che tali eventi ci colgono così spesso impreparati.

Cambiando prospettiva, un’emergenza può però essere anche semplicemente vista come una situazione di pericolo grave e generalizzato su un certo territorio che impone alle autorità pubbliche di prendere misure eccezionali. Ma tale definizione risulta essere meno rassicurante perché comprende anche l’**emergenza quotidiana** come quella dei senzatetto più vicina e meno astratta.

Sia che parliamo di situazioni eccezionali sia di fenomeni quotidiani, all’origine di una condizione di emergenza è comunque sempre possibile riconoscere un evento catastrofico, un disastro, ovvero un momento distruttivo dell’ambiente fisico e sociale.

Quando un fiume esondando allaga una pianura disabitata tale evento è considerato semplicemente un evento naturale e così quando lungo un’autostrada si verifica un tamponamento a catena con svariate vittime lo si chiama semplicemente incidente.

1.0.1 L’ORIGINE

Il concetto di disastro sta quindi a sottolineare lo stretto legame che intercorre tra l’uomo e l’ambiente che lo abita e così sia le cause che gli effetti di un disastro vanno a riguardare entrambi gli elementi di questo binomio.

- **Eventi di origine naturale** capaci di generare disastri sono quindi fenomeni meteorologici, topologici e idrogeologici, tellurici e tettonici o biologici. Sono episodi fondamentalmente imprevedibili, o meglio, di cui l’uomo non può definire il momento e il luogo esatto in cui avverranno.
- **Eventi di origine antropologica** sono invece stati di guerra, sommosse civili, movimenti di profughi, crisi economiche e politiche o dispersione di agenti chimici e biologici. Parlando di eventi causati direttamente dall’uomo, è bene precisare che se molti di tali disastri sono da considerarsi incidenti (anche se imputabili a incuria, uso

improprio o progettazione non accurata) altri sono invece da ritenere degli eventi dolosi con quindi responsabili definibili in maniera precisa.

1.0.2 LO SVILUPPO Tali eventi possono però rivestire un significato diverso a seconda del loro grado di **dinamicità**, ovvero alla velocità con cui si sviluppano sul territorio e possiamo quindi suddividerli in:

- **eventi a rapido impatto**, come ad esempio i terremoti che raramente raggiungono il minuto di durata e che provocano subito il loro effetto disastroso;
- **eventi a impatto prolungato**, come epidemie e carestie che iniziano subito a causare danni e vittime ma li distribuiscono per un lungo lasso di tempo;
- **eventi a impatto ritardato**, come le crisi economiche che vengono generate in maniera lenta e che mostrano i loro effetti anche quando le cause sono già scomparse.

1.0.3 GLI EFFETTI Essendo un disastro un momento distruttivo dell'ambiente fisico e sociale, i suoi effetti sono invece valutati essenzialmente in base ai danni prodotti e al tempo necessario perché essi siano visibili.

- **Effetti primari** sono tutti quei danni a persone, edifici e beni materiali immediatamente visibili.
- **Effetti secondari** sono invece quelli conseguenti ai primi, come la perdita dell'abitazione, il rallentamento dell'attività produttiva, la disfunzione dei servizi e le conseguenze psicologiche post-traumatiche.
- **Effetti di ordine superiore** sono invece quelli conseguenti agli effetti di primo e secondo grado ed investono l'area specifica ma anche la regione più estesa in cui tale area è iscritta. Effetti di questo tipo possono essere la disoccupazione, movimenti migratori, modifiche nelle abitudini e danni all'economia.

Se come abbiamo detto per molti di questi eventi l'uomo non ha alcun potere di previsione, è sicuramente fondamentale però che la sua attenzione sia concentrata sulla limitazione dei danni. Ridurre il minimo i danni primari e secondari significa in buona sostanza evitare danni di ordine superiore

2 LA PREVENZIONE

“Strategie di prevenzione più efficaci farebbero non solo risparmiare decine di miliardi di dollari ma salverebbero decine di migliaia di vite. Costruire una cultura di prevenzione non è facile. Mentre i costi della prevenzione debbono essere pagati nel presente, i suoi benefici si avvertono in un futuro distante. Per di più, i benefici non sono tangibili:

Essi sono i disastri che non sono accaduti.”

Kofi Annan

2.1 LE FASI DELL'EMERGENZA



Fig. 5 - Operazioni di salvataggio a Onna presso L'Aquila 8 Aprile 2009 (Flickr)

La prima fase di intervento su un territorio colpito da una situazione di emergenza dovrebbe sempre essere quella della pianificazione.

Questa è in realtà la cosiddetta **fase zero**, quella che avrebbe dovuto precedere l'impatto e che si può distinguere in operazioni di **previsione** (che cercheremo di affrontare più avanti parlando in maniera specifica dei fenomeni sismici) e **prevenzione**. Molto spesso si deve però constatare che essa non è stata svolta del tutto o in parte e vi si pone quindi rimedio con una pianificazione specifica solo al termine dell'evento per scongiurare il possibile ripetersi di situazioni analoghe. Tale approccio non è sbagliato in termini assoluti in quanto imparare dai propri errori e dall'esperienza è sempre un obiettivo primario e permette di ricostruire una città più sicura, ma sicuramente pone il problema del disastro evitabile.

Se stiamo parlando di emergenza vuol dire che in un modo o nell'altro tale disastro si è però verificato e l'intervento che sia stato pianificato o meno andrà a suddividersi in:

1. **operazioni di salvataggio**, ovvero tutte quelle azioni di intervento immediato volte a mettere in sicurezza l'area;
2. **operazioni di soccorso** vero e proprio per la cura dei feriti;
3. **operazioni di riabilitazione**, ovvero interventi volti a permettere alla popolazione di continuare a vivere sul territorio e iniziare la ricostruzione;
4. **operazioni di ricostruzione e ricrescita**;
5. **operazioni di pianificazione per il ritorno dell'evento**.



Fig. 6 - Area di attesa, L'Aquila 6 Aprile 2009 (Flickr)



Fig. 7 - Tendopoli di piazza d'armi a L'Aquila 25 Aprile 2009 (Flickr)

2.1.1 LA PIANIFICAZIONE DELL'EMERGENZA

Così come un disastro comporta effetti sia sull'ambiente sia sugli abitanti, anche gli interventi di ripristino e di prevenzione vanno così a lavorare due versanti paralleli.

Pianificare l'emergenza su un territorio da una parte le azioni mira a rendere il territorio più sicuro, gli edifici in grado di resistere alle azioni anche straordinarie del caso e ad evitare l'edificazione di aree in cui tali principi non possano essere soddisfatti, ma dall'altra anche a rendere la popolazione consapevole del pericolo e quindi pronta per affrontarlo. Una popolazione consapevole dell'emergenza è una popolazione capace di affrontare la stessa limitando i comportamenti irrazionali e limitando così i danni a quelli strettamente inevitabili.

In Italia è oggi in vigore per tutto il territorio il cosiddetto decreto Bassanini (D.lgs 112.98) che assegna ad ogni livello territoriale i rispettivi compiti sia per quando riguarda la prevenzione sia per quanto riguarda l'intervento in caso di emergenza. Partendo così da un indirizzo a livello statale si arriva ai piani dell'emergenza organizzati comune per comune.

A tali disposizioni si affiancano quindi quelle della protezione civile redatto nel corso degli anni sottoforma di manuale operativo. Il metodo proposto da tale manuale è il cosiddetto metodo Augustus che si propone come strumento flessibile, perché capace di adattarsi a qualsiasi stato di emergenza, con l'obiettivo di creare un linguaggio comune per coordinare le operazioni di soccorso e realizzare il piano vero e proprio.

Questo modello prevede quindi lo studio del cosiddetto scenario dell'emergenza, ovvero la descrizione dettagliata dei danni provocati da un possibile evento atteso, che ha come fine il calibro degli interventi da parte della protezione civile e l'individuazione di luoghi e strutture adatte al caso.

Un piano dell'emergenza individua quindi tutte le aree di emergenza:

- **aree di attesa**, che costituiscono il luogo di primo ritrovo dove la popolazione viene informata della situazione e riceve indicazione sui comportamenti da seguire. Sono luoghi da utilizzarsi per il periodo più breve possibile e richiedono un percorso sicuro per il loro raggiungimento;



Fig. 8 - Container a L'Aquila, 14 Dicembre 2009 (Flickr)

aree di ricovero, sono i luoghi possibilmente polifunzionali adatti alla realizzazione di tendopoli o campi caravan, dove è alloggiata la popolazione sul breve periodo. Tali siti devono essere luoghi sicuri rispetto a frane, crolli e allagamenti, devono vicini alle reti idriche, elettriche e fognarie, devono essere raggiungibili attraverso percorsi sicuri;

aree di ammassamento, ovvero tutti quei siti in cui organizzare le risorse (umane e materiali) e dalle quali partire per svolgere le operazioni di soccorso.

Parallelamente allo studio e alla predisposizione di queste aree fondamentali per dare la possibilità di intervenire in caso di emergenze inevitabili la normativa prevede però che il comune svolga e metta in bilancio tutti quegli interventi territoriali necessari a scongiurare il più possibile uno scenario di emergenza. Tali interventi possono così comprendere da una parte azioni a livello infrastrutturale sulle proprietà pubbliche, dall'altra pianificazioni urbanistiche volte a guidare insieme alla normativa corrente l'attività dei privati.



Fig. 10 - Area di stoccaggio materiali, L'Aquila 10 Aprile 2009 (Flickr)



Fig. 9 - Area di coordinamento, L'Aquila 6 Aprile 2009 (Flickr)

2.2 SICUREZZA E DURATA DELLE COSTRUZIONI

Se come abbiamo visto i comuni hanno dei doveri precisi nei confronti della prevenzione degli stati di emergenza, pensare che i loro interventi possono risolvere la questione è ovviamente sbagliato. Parallelamente all'azione pubblica è infatti necessaria un'azione capillare privata sul patrimonio edificato esistente e sulle nuove realizzazioni.

Pensare alla sicurezza dei singoli edifici porta inevitabilmente ad analizzare nel dettaglio quali siano le azioni che potrebbero interessare la costruzione e con quale probabilità potranno verificarsi. Se non si può escludere in termini assoluti che un meteorite possa danneggiare una costruzione si può sicuramente ritenere che tale eventualità abbia una probabilità estremamente bassa di verificarsi e quindi tralasciare gli effetti di questa azione nel realizzare il progetto.

Non potendo infatti costruire un edificio capace di sostenere qualsiasi azione¹ la progettazione dovrà tener conto delle probabilità che eventi eccezionali possano verificarsi singolarmente o in maniera combinata. Tale principio è alla base sia della valutazione dei normali carichi di esercizio sia di quelli più complessi legati ad azioni speciali ed per la sua natura statistica è collegato direttamente alla valutazione del periodo di vita della costruzione.

Secondo la normativa italiana (NTC08, DM 14/01/08) la stima del periodo di riferimento di un sisma ad esempio viene così valutato tramite la classificazione dell'edificio per **vita nominale**² e il **coefficiente d'uso**³.

2.2.1 SOSTENIBILITÀ ECONOMICA E FLESSIBILITÀ FUNZIONALE

Valutazioni di questo tipo risultano essere molto importanti non solo per garantire la sicurezza dell'edificio ma anche per valutazioni di carattere economico sulla sostenibilità del progetto.

Nonostante la priorità di un progettista strutturale debba senza alcun dubbio essere quella della salvaguardia della vita, i danni conseguenti

¹ Obiettivo oltre che teoricamente impossibile sicuramente anche antieconomico.

² Numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

³ Coefficiente che dipende sostanzialmente dalla funzione e dal livello di affollamento previsto nella struttura.

al collasso di un edificio sono di portata più ampia e riguardano anche gli aspetti economici.

Una costruzione risulta da questo punto di vista sostanzialmente governata da tre momenti specifici:

- **il tempo di vita tecnico TSL** (*Technical Service Life*), ovvero quando bisogna garantire con le operazioni di impianto iniziale, le buone pratiche di servizio e l'eventuale realizzazione di qualche reimpianto di ordine minore;
- **il tempo di vita economico ESL** (*Economical Service Life*), che rappresenta il momento in cui la somma dei costi dovuti agli eventuali reimpianti e l'ammontare dei danni diretti e indiretti ad essi connessi superano la soglia per cui risulta economicamente vantaggioso mantenere in piedi la struttura;
- **il tempo di vita funzionale FSL** (*functional Service Life*), che indica il momento in cui la costruzione raggiunge un'obsolescenza funzionale tale da rendere necessari interventi di riqualificazione.

È chiaro quindi che una corretta progettazione anche in scenari influenzati da azioni straordinarie dovrebbe quindi garantire un FLS e un ESL maggiori del TSL in modo da permettere alla struttura di giungere al suo termine ultimo perché non più capace di garantire le prestazioni minime e non per obsolescenza funzionale o mancata sostenibilità economica.

Riferendoci ai grafici in fig. 4 si può quindi vedere come garantire un ESL lungo possa essere vantaggioso anche da un punto di vista economico. Volendo infatti ridurre al minimo la combinazione di costi di impianto e dei danni conseguenti all'eventualità di una rovina totale si dovrebbe scegliere di collocare la propria progettazione il più vicino possibile al livello di probabilità P_1 . Poiché però i costi dovuti a manutenzione ordinaria e reimpianti decrescono al decrescere di P , risulta senza dubbio vantaggioso progettare in sicurezza andando a attestarsi su un valore P_2 minore di P_1 .

Se questo in linea teorica può essere valido, è anche vero che uno studio di sostenibilità del progetto andrebbe affrontato ad hoc per ogni costruzione cercando di capire quale possa essere il limite di extracosto iniziale oltre il quale la spesa il prolungamento della vita utile dell'edificio non giustificherebbe la spesa superiore.

Considerando accettabile ed economicamente giustificabile garantire un lungo ESL, diventa però fondamentale per la progettazione lo studio parallelo della FSL.

Il vivere moderno, mutevole e temporaneo, pone infatti la questione di un'architettura durevole che sappia però adattarsi in maniera flessibile ai cambiamenti funzionali che le possono essere richiesti. Sostenibilità economica e flessibilità funzionale saranno quindi due dei parametri fondamentali che guideranno il progetto di questa tesi.

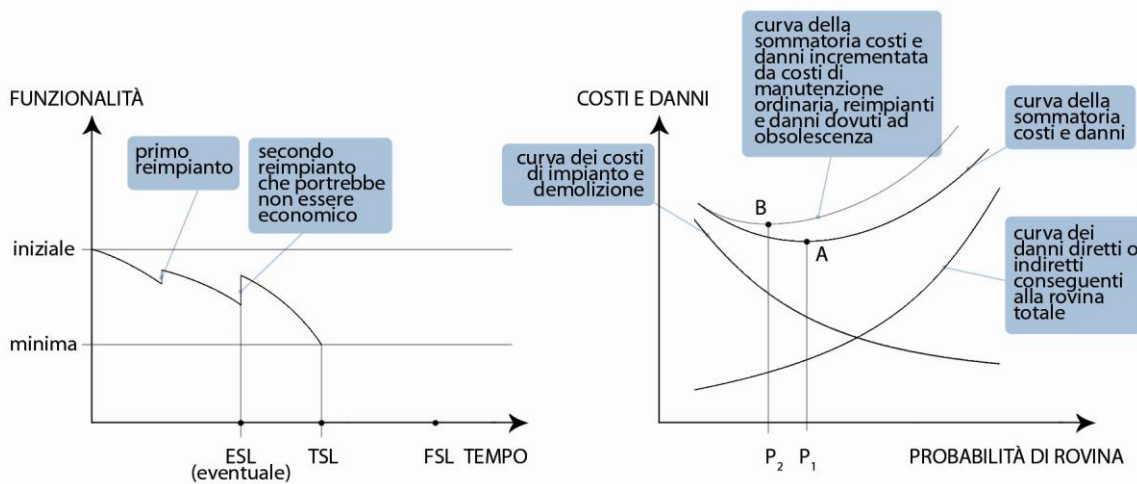
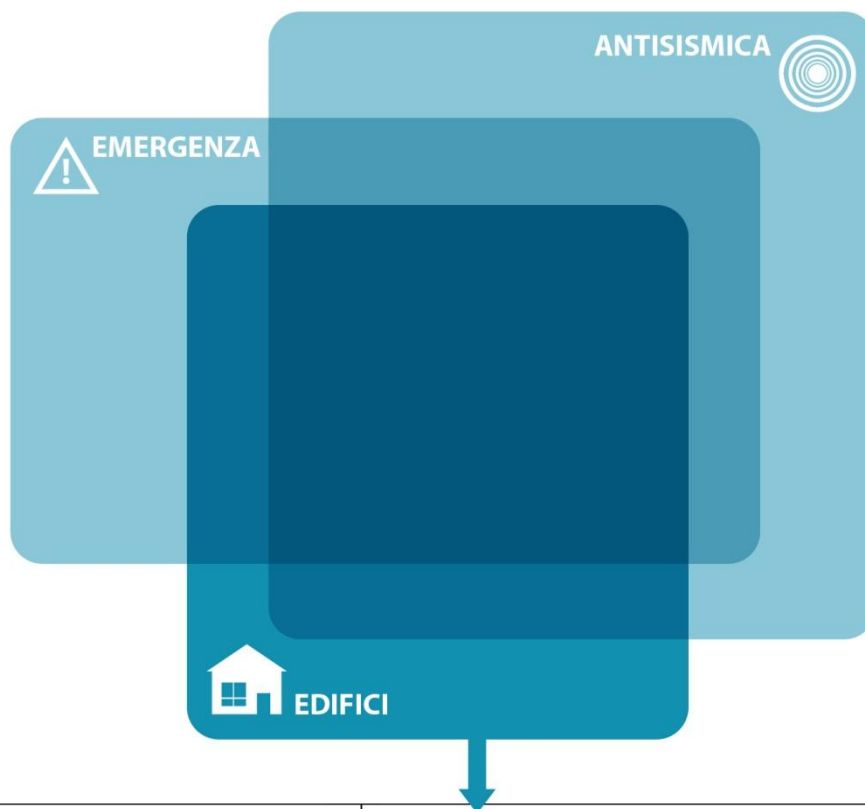


Fig. 12 - Schema della riduzione di funzionalità di un edificio in funzione del tempo di vita

Fig. 11 - Schema dei costi di costruzione in funzione della probabilità di rovina totale



PERIODO DI RIFERIMENTO = VITA NOMINALE x COEFFICIENTE DI UTILIZZO $VR = VN \times CU$ (NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI - cap 2.4)		CLASSIFICAZIONE PER VITA NOMINALE		
		OPERE PROVVISORIE, PROVVISORIALI E IN FASE COSTRUTTIVA (≤ 10 ANNI)	OPER ORDINARIE E INFRASTRUTTURE DI DIMENSIONI E IMPORTANZA CONTENUTE (≥ 50 ANNI)	GRANDI OPERE E INFRASTRUTTURE NOTEVOLI PER DIMENSIONE O IMPORTANZA (≥ 100 ANNI)
CLASSIFICAZIONE PER CLASSE D'USO	CLASSE I - PRESENZA OCCASIONALE DI PERSONE	I 10	I 50	I 100
	CLASSE II - NORMALI AFFOLLAMENTI	II 10	II 50	II 100
	CLASSE III - AFFOLLAMENTI SIGNIFICATIVI	III 10	III 50	III 100
	CLASSE IV - FUNZIONI PUBBLICHE O STRATEGICHE IMPORTANTI	IV 10	IV 50	IV 100

Fig. 13 - Classificazione degli edifici secondo periodo di riferimento

3 I L S I S M A

“Il ramo troppo duro al vento si spezza, quello troppo flessibile non starà mai ritto”

proverbio giapponese

Le notizie degli ultimi anni fanno credere ad una escalation del numero di sismi che scuotono la crosta terrestre. Solo nel periodo compreso tra gli anni 2010 e 2011 abbiamo assistito a i devastanti terremoti di Haiti, Conception e Tohoku e la domanda che molti si pongono è se in futuro tali fenomeni avverranno con un'intensità ancora maggiore.

I dati riportati dall'**INGV** (*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*) però smentiscono la prima impressione. Nonostante alcune variazioni sul breve periodo, il numero di terremoti di magnitudo superiore a 7 tende a una media di circa 8 all'anno oggi così come agli inizi del Novecento.

Da una parte è quindi vero che gli eventi sismici di una certa entità tendano ad addensarsi in determinati periodi a causa dell'effetto domino che può svilupparsi tra faglie vicine.

I terremoti, come fenomeno geofisico, consistono nelle vibrazioni e oscillazioni della crosta terrestre dovute al rilascio di energia (ovvero del **campo di stress attivo**) da parte di un piano di faglia (che rappresenta l'interfaccia tra due **placche tettoniche**⁴).

Il fatto che sismi di notevole entità possono quindi influenzare gli stati di sforzo di rocce di altre faglie facendo così superare anche ad esse il limite di rottura, spiega la **clusterizzazione degli eventi** ed il motivo per cui la media totale rimanga però sostanzialmente invariata.

Quelle che però non possono essere spiegate a livello geofisico sono invece una serie di statistiche dell'**EM-DAT** (*EMergency DATabase*) che indicano come inequivocabile invece l'aumento delle persone coinvolte in disastri naturali negli ultimi cento anni. Il perché di

⁴ La crosta terrestre e lo strato più esterno del mantello sottostante costituiscono la cosiddetta litosfera, un involucro caratterizzato da un comportamento fragile, da cui la sua suddivisione in una decina di placche che galleggiano sugli strati inferiori scorrendo le une sulle altre e provocando gli attriti che causano i terremoti.

questa discrepanza è da ricercarsi nell'aumento di popolazione che ha interessato il nostro pianeta e, soprattutto, quei paesi in via di sviluppo che meno sono preparati a affrontare tali condizioni di emergenza.

Nei capitoli che seguono si cercherà quindi di capire come sia possibile affrontare un'emergenza di tipo sismico.

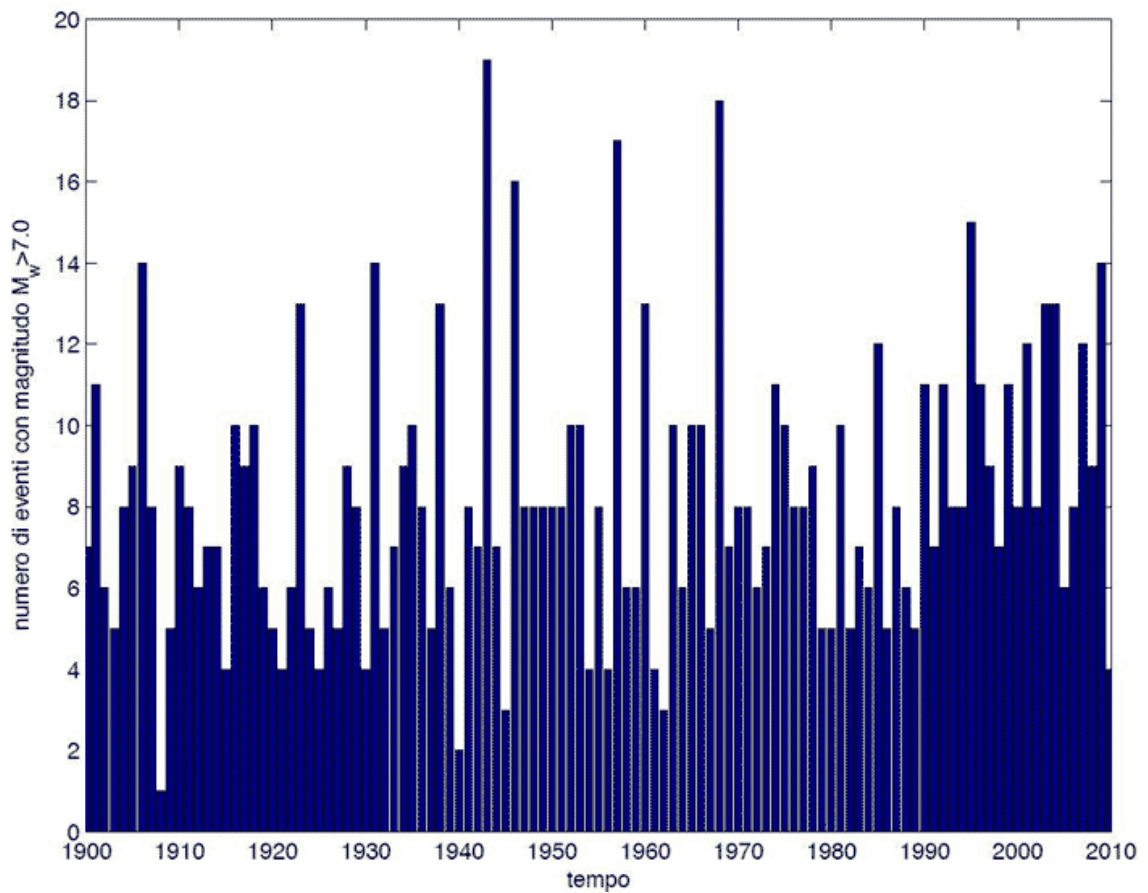


Fig. 14 - Distribuzione dei sismi con magnitudo superiore a 7.0 a partire dal 1900 (INGV database)

3.1 PERICOLOSITÀ E RISCHIO SISMICO

Come in una terapia di gruppo il primo passo da effettuare per affrontare la propria malattia è la presa di coscienza.

Dividere le cause dagli effetti e capire che di fronte a grandi catastrofi naturali vi sia sempre la compresenza di due fattori concomitanti: la forza della natura, che nonostante tutto l'uomo non è in grado di controllare, e il dolo.

Quando un disastro colpisce un paese è difficile rincarare la dose attribuendo colpe anche se spesso queste sono evidenti, ma se fatta con il rispetto dovuto questa operazione risulta fondamentale per imparare dai propri errori e allontanare la possibilità che eventi analoghi si ripetano nel futuro.

3.1.1 MISURARE UN TERREMOTO

Per quantificare le dimensioni e la portata di un sisma il riferimento che viene più comunemente utilizzato oggi nella divulgazione delle notizie risulta essere quello della magnitudo, un termine assolutamente astratto se non si comprende cosa e come venga misurato con questo valore.

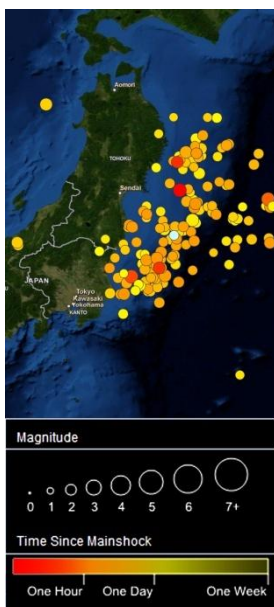


Fig. 15 - Mappa delle magnitudo registrate nel corso del terremoto di Tohoku, 11 Marzo 2011 (USGSonline database).

Se parliamo di **magnitudo** dobbiamo in primo luogo precisare che tale termine fa riferimento alla misurazione di una stima dell'energia sprigionata da un terremoto e si basa sulle registrazioni delle ampiezze delle onde sismiche registrate dai sismografi. Tale dato, in apparenza oggettivo, nasconde invece riferimenti a diverse scale di misurazioni simili tra loro ma differenti per l'algoritmo che le guida.

La scala più conosciuta risulta essere la magnitudo locale detta anche **scala Richter** (M_L), sviluppata negli anni Trenta ma sostituita negli anni Settanta dalla più precisa scala della magnitudo momento (M_W), oggi maggiormente utilizzata. Le differenze tra esse non sono enormi, costituendo sostanzialmente la seconda un aggiornamento della prima, ma nella divulgazione delle notizie è un punto che porta spesso a confusione e a difficoltà nella comparazione dei dati.

Qualsiasi sia il riferimento adottato, una seconda precisazione necessaria da fare è che tali scale sono tutte a base logaritmica e che quindi in termini di energia rilasciata una differenza di un'unità equivale circa ad un fattore 30 ($= 10^{1.5}$), uno di due unità a circa un fattore 1000 ($= 10^{3}$). Questo tipo di misurazione, pur apparendo

complessa, porta a valori facilmente maneggiabili parlando di una grandezza che può riferirsi sia a terremoti non percepibili dall'uomo paragonabili all'esplosione di 1 chilogrammo di TNT (TNT equivalente) sia a terremoti catastrofici che rilasciano un'energia superiore 1000 miliardi di tonnellate di TNT.



Fig. 16 - Danni al suolo causati dal terremoto di Christchurch, Nuova Zelanda il 4 Settembre 2010 (Flickr).

Una terza scala comunemente usata è la scala Mercalli o per meglio dire la **scala Mercalli Modificata** poiché anche in questo caso nel corso degli anni sono state fatte delle correzioni. Tale scala fa riferimento a una logica totalmente differente rispetto alle precedenti e compie una stima dei possibili effetti di un sisma, sull'ambiente naturale, ma soprattutto su quello artificiale, dividendo i danni riportati in dodici classi dove la prima definisce sismi rilevabili solo dagli strumenti e l'ultima eventi catastrofici che portano alla distruzione totale dell'ambiente. Tale scala misura quindi l'intensità di un sisma ed è strettamente legata al livello di antropizzazione dell'area colpita.

Sismi di magnitudo simili possono avere intensità totalmente differente a seconda di dove siano localizzati sulla superficie terrestre. Territori ad alta densità abitativa e con un tessuto edilizio di scarsa qualità possono subire danni ingenti anche da terremoti di bassa magnitudo, mentre se, per assurdo, un terremoto di magnitudo estremamente elevata colpisse una zona totalmente desertica la sua intensità sarebbe valutata come del primo grado della scala Mercalli.

Sebbene quindi i resoconti dei sismi storici abbiano permesso di catalogarli per intensità e di stimare una probabile magnitudo, compiere una conversione reale tra queste due grandezze si può dire un'operazione priva di significato.

Se parliamo di *magnitudo*, parliamo di una *causa* del terremoto. Le forze agenti in superficie saranno quindi il risultato del rilascio di una certa quantità di energia nel sottosuolo in un determinato punto della litosfera detto ipocentro⁵.

Se parliamo di *intensità*, parliamo invece di un *effetto* del terremoto. Le forze del sisma hanno portato una certa entità di danni sul tessuto

⁵ L'ipocentro corrisponde quindi al punto interno alla crosta terrestre da cui ha origine la scossa sismica. Ad esso corrisponde l'epicentro, ovvero il punto sulla superficie terrestre posto sulla verticale rispetto all'ipocentro, dove il sisma andrà a colpire quindi con violenza maggiore.

edilizio, ma per scegliere delle efficaci strategie di prevenzione dobbiamo valutare il perché di tali conseguenze.

Capire il perché significa valutare il rischio sismico a cui è soggetta un'area. Significa valutare a quali danni può andare in contro un'area in base alle caratteristiche tecnico-strutturali del suo tessuto edilizio, delle sue strutture e delle sue infrastrutture nell'eventualità di un forte terremoto.

3.1.2 PREVEDERE UN TERREMOTO

Le moderne tecniche di previsione dei terremoti, che si basano in maniera complementare su analisi probabilistiche e deterministiche, consentono di stimare il PGA (*Peak Ground Acceleration*) ovvero la massima accelerazione del suolo attesa in un determinato sito e in tal modo stimare la pericolosità sismica di un'area.



Fig. 17 - Sismografo (Flickr)

Le analisi probabilistiche vanno a valutare, in base alla storia sismica del territorio, la probabilità che un sisma di una data magnitudo avvenga in un determinato lasso di tempo. Questo tipo di indagini, devono però essere completate da quelle deterministiche che, simulando in maniera realistica il moto del suolo (discretizzato su una griglia di $0,2^\circ \times 0,2^\circ$), analizzano il suo possibile comportamento caratterizzando in maniera attendibile la pericolosità sismica di un territorio.



Fig. 18 - Sismografo da cantiere ("istruzioni: il movimento causato dal sisma fa allontanare le due frecce facendo cadere la birra"), Pescomaggiore, L'Aquila, Febbraio 2011 (Flickr).

In Italia gli algoritmi principali utilizzati a questo scopo sono il cosiddetti **algoritmi CN** e **M8**. Il primo, formulato dall'analisi della sismicità della regione California-Nevada, permette il riconoscimento dei TIP (*Times of Increased Probability*), ovvero periodi durante i quali sia elevata la probabilità che avvengano terremoti di magnitudo M superiore ad una soglia prefissata M_0 . Tale algoritmo consente la previsione di terremoti di qualsiasi magnitudo, ma presenta una confidenza delle previsioni intorno al 95%. Il secondo è studiato per prevedere i terremoti più forti di una zona (in origine quelli di magnitudo 8, oggi anche quelli di magnitudo inferiore a 7,5) ma presenta un livello di confidenza superiore al 99%.

Bisogna precisare che tale precisione è però sempre da relazionarsi ad un TIP, ovvero a un periodo, che può essere di giorni se si parla di previsioni a breve termine, anni per il medio e decine o centinaia di anni per il lungo. A livello intuitivo le previsioni a breve termine risulterebbero le più utili perché permetterebbero la realizzazione preventiva di piani di evacuazione ma la loro applicabilità

richiederebbe una precisione tale che la stessa natura dei fenomeni sismici rende difficilmente raggiungibile. La capacità predittiva di un sistema deve infatti essere superiore a quella ottenibile dichiarando allarmi in maniera casuale poiché i costi e gli inconvenienti delle operazioni di prevenzione sono inevitabilmente molto elevati.⁶

Tale incertezza nelle previsioni risulta essere un fattore non solo temporale, ma anche spaziale. Valutare come si propagerà esattamente una frattura della crosta terrestre risulta essere praticamente impossibile e come conseguenza al giorno d'oggi l'incertezza spaziale risulta pari ad almeno tre volte le dimensioni della sorgente del terremoto⁷.

L'obiettivo più realistico su cui si sta lavorando appare quindi quello delle previsioni a medio termine che presentano che coprono un arco di tempo di qualche anno e uno spazio di qualche centinaio di chilometri.

Fig. 19 - Tempio del Buddha di Giada, Sanghai. La statua costituisce l'antecedente dei moderni sismografi, ogni drago tiene in bocca una sfera di bronzo che sotto la spinta del terremoto cade dalla bocca della rana posta ai suoi piedi. Il drago che fa cadere la sfera indica la direzione prevalente del terremoto.



3.1.2 VALUTARE IL RISCHIO SISMICO Valutare la **pericolosità sismica** di un'area significa quindi definire le caratteristiche del sisma che posso aspettarmi in una determinata

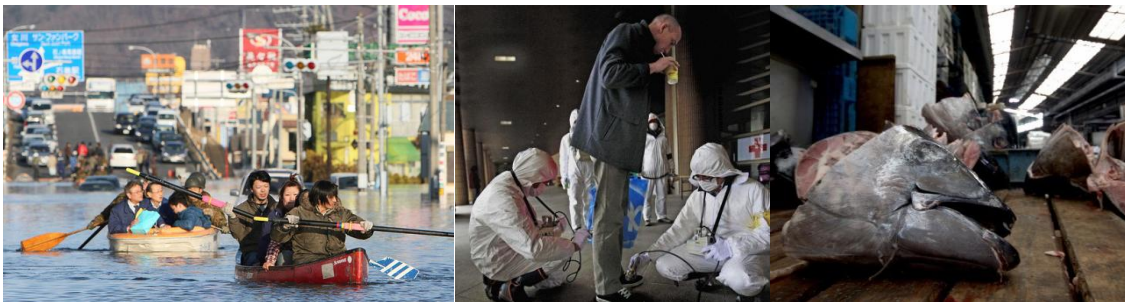
⁶ In occasione del sisma di L'Aquila vi furono grosse polemiche riguardo alla possibilità di una sua previsione, in particolare con Giampaolo Giuliani, tecnico presso l'Istituto Nazionale di Astrofisica. Egli valutando la crescita dei livelli di gas radon sosteneva di essere riuscito a prevedere la scossa, ma essendo già stato denunciato in passato per procurato allarme non aveva potuto allertare la protezione civile. Il tecnico infatti aveva già fatto annunci simili nelle settimane precedenti creando panico in città.

⁷ La sorgente di un terremoto può essere riconosciuta come un oggetto di forme definite in quanto corrisponde ad un punto preciso della faglia di rottura.



Fig. 21 - Gli effetti di primo grado del sisma di Tohoku, tra cui l'esposizione della centrale di Fukushima (Flickr).

Fig. 20 – Gli effetti di secondo grado del terremoto di Tohoku, come l'evacuazione delle aree, la contaminazione nucleare o i danni riportati dall'industria del pesce.



regione, facendo quindi riferimento alla sua magnitudo, stimare **la vulnerabilità e l'esposizione** di un sito significa invece valutare gli effetti che posso aspettarmi in una determinata area nell'eventualità di un sisma di data magnitudo, facendo quindi riferimento alla sua intensità.

La vulnerabilità di un territorio è un parametro che misura gli effetti di primo grado del sisma, ovvero l'impatto che esso avrà sul tessuto edificato, quali danni mi aspetto subiranno gli edifici in funzione delle loro caratteristiche tecnico-strutturali.

L'esposizione di un territorio valuta invece gli effetti di secondo grado, ovvero l'impatto che avranno i danni all'edificato sul tessuto socio-economico della regione più ampia in cui si iscrive l'area di azione del sisma.

Un tempo i terremoti causavano fondamentalmente crolli di edifici e vittime e una stima dei danni poteva quindi limitarsi agli effetti di primo grado, ma nel mondo globalizzato e interconnesso di oggi questo non è più possibile. A partire dal terremoto di Kobe del 1995, città giapponese dove è situato uno dei porti più importanti del mondo, si iniziò a capire che un sisma localizzato può portare a pesanti ripercussioni a livello sociale, economico ed ambientale anche a livello mondiale. Riprova di questo è stato anche ultimamente il sisma di Tohoku e il conseguente disastro ambientale della centrale di Fukushima, il cui allarme per la contaminazione radioattiva esteso a tutto il mondo hanno portato alcuni ristoranti negli Stati Uniti a munirsi di contatore Geiger per dimostrare la qualità del loro prodotto.

La combinazione di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione di un territorio portano quindi alla valutazione del **rischio sismico**, che può essere considerato il parametro guida per decidere quali interventi mettere in atto sul territorio.

Fig. 22 - Tabelle delle magnitudo momento.

MAGNITUDO	DESCRIZIONE	FREQUENZA	TNT EQUIVALENTE
< 2.0	Micro	Circa 8000 al giorno	<1 chilogrammo
2.0–2.9	Molto leggero	Circa 1000 al <u>giorno</u>	tra 1 e 31,6 tonnellate
3.0–3.9	leggero	49000 all'anno	tra 31,6 e 1000 tonnellate
4.0–4.9	Leggero	6,200 all'anno	tra 1000 e 31600 tonnellate
5.0–5.9	Moderato	800 all'anno	tra 31600 e 178 mila tonnellate
6.0–6.9	Forte	120 all'anno	tra 1 e 31,6 milioni di tonnellate
7.0–7.9	Molto forte	18 all'anno	tra 31,6 milioni e 1 miliardo di tonnellate
8.0–8.9	Fortissimo	1 all'anno	tra 1 e 31,6 miliardi di tonnellate
9.0–9.9		1 ogni 20 anni	tra 31,6 e 178 miliardi di tonnellate
>10.0	Enorme	Estremamente raro (mai registrato)	> 1000 miliardi di tonnellate

Fig. 23 - Tabella dell'Intensità di un sisma secondo la scala Mercalli Modificata

INTENSITÀ	DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI
I	Rilevata solo da strumenti sensibili.
II	Percepito solo da persone sdraiate, soprattutto ai piani alti degli edifici; oggetti sospesi possono oscillare.
III	Percepito chiaramente in casa ma non sempre riconosciuto come terremoto, poiché il tremito è simile a quello dovuto al passaggio di un camion leggero.
IV	Percepito da molti in casa e da pochi all'esterno; alcuni di notte sono svegliati; finestre, porte e piatti vibrano, i muri scricchiolano, la vibrazione è simile a quella dovuta al passaggio di camion pesanti.
V	Percepito quasi di tutti; oggetti instabili possono cadere; piatti, finestre ed intonaci possono rompersi.
VI	Percepito da tutti; molti sono spaventati e fuggono all'aperto; danni occasionali a camini ed intonaci; danni strutturali minimi.
VII	Tutti fuggono all'aperto; è percepito anche dagli automobilisti; i danni dipendono dalla qualità degli edifici.
VIII	I tramezzi e i tamponamenti sono abbattuti; muri, camini e monumenti cadono; la guida degli autoveicoli è disturbata; si possono osservare getti di sabbia e fango.
IX	La struttura degli edifici è interessata fino alle fondamenta, i muri crollano, si hanno danneggiamenti ai bacini e alle tubazioni; formazione di ampie fratture nel terreno.
X	La maggior parte delle opere in muratura è distrutta, le rotaie risultano debolmente deformate; possono essere causate frane.
XI	Poche strutture nuove restano in piedi, i ponti sono distrutti, le tubazioni sono interrotte e le rotaie fortemente piegate; formazione di larghe fessure nel terreno; frane.
XII	Distruzione totale con oggetti proiettati in aria; sono visibili onde sulla superficie del suolo.

3.2 PERCHÉ SI RISCHIA LA VITA

Fin dai tempi antichi si è sempre saputo che l'Italia fosse un territorio ad alta pericolosità sismica e accorgimenti per la riduzione del rischio sismico erano applicati già nei templi della Magna Grecia.

Nonostante questo la valutazione della pericolosità del territorio in maniera scientifica è stato un processo lento. Fino al 1980 erano inseriti in zona sismica soltanto quei comuni che avevano riportato danni rilevanti per effetto dei terremoti che man mano avvenivano e la percentuale del territorio italiano classificata come pericolosa era quindi molto bassa (circa il 25%).

Dopo la tragedia del crollo della scuola di San Giuliano di Puglia, tutto il territorio nazionale è stato classificato in zona sismica. La normativa Italiana in vigore assegna oggi anche ad aree come la pianura padana criteri di progettazione minima per evitare inutili disastri di fronte a terremoti di scarsa rilevanza e risulta così molto più esigente rispetto ad altre normative come quella europea.

3.2.1 IL TERRITORIO

L'Italia, ad ogni modo, non è una delle zone maggiormente sismiche del pianeta e, riferendoci ad eventi recenti, mentre il terremoto di L'Aquila ha avuto una magnitudo pari a 6,3, il terremoto di Tohoku è stato stimato avere una magnitudo di ben 9,0 (ovvero ha sprigionato un'energia circa 16000 volte superiore).

Di sicuro, però, l'Italia è uno dei paesi industrializzati a maggior rischio sismico: circa il 75% delle vittime causate da eventi naturali⁸ possono infatti essere connesse a terremoto. La spiegazione di tali dati è da ricercarsi nella **tradizione architettonica** italiana di gran lunga più antica rispetto a stati come la California e nei **materiali da costruzione** dalla durata intrinseca maggiore rispetto a quelli utilizzati in Giappone. La combinazione di questi due fattori ha portato infatti il nostro paese ad avere un patrimonio edilizio antico che se merita sicuramente di essere tutelato per il suo valore storico costituisce però al tempo stesso un serio pericolo per chi vi abita. Intervenire su un tessuto edilizio di questo tipo, che spesso non ha ricevuto nel tempo le dovute attenzioni, richiede oggi operazioni di difficile attuazione sia per il monitoraggio sia per il consolidamento.

⁸ Su un totale di circa 20 vittime a settimana causate da evento naturale.

3.2.2 LA POPOLAZIONE Un altro problema del nostro paese è senza dubbio la *coscienza del rischio personale e collettivo*. L'intervallo di tempo relativamente lungo che intercorre tra gli eventi sismici concorre ad abbassare la soglia di attenzione rispetto a questa tematica e di fatto molto spesso vengono messe in campo scarse misure di prevenzione, comprese quelle di addestramento della popolazione.

Un terremoto che sicuramente pochi di noi ricorderanno fu quello del 1996 nelle province di Reggio Emilia e Modena. Un evento modesto (M_w 5.3) durante il quale le conseguenze più gravi furono il risultato dell'impreparazione della popolazione e tutte le vittime furono dovute ad attacchi di panico (tutti i decessi si dovettero infatti ad infarto o a traumi auto inflitti da chi si gettava dalle finestre).

In un paese come la California invece durante un evento sismico di una certa entità come quello del 1989 a Loma Prieta (M_w 6,9) tutte le decine di migliaia di spettatori che assistevano alla finale di campionato di baseball fra le squadre di San Francisco e Oakland evacuarono lo stadio senza alcun problema.

Andando così ad analizzare le statistiche mediche dell'ospedale centrale di Udine relative al sisma del Friuli del 1976, si può notare come un primo triage della tipologia sanitaria di emergenza offriva la seguente distribuzione:

- a) Traumatologia 682/1000
- b) Problemi medici: 254/1000
- c) Altri casi: 64/1000

Si può vedere come i problemi medici e i casi dipendenti da situazioni specifiche per i quali andrebbe analizzata la cartella clinica singolarmente, sono costituiti probabilmente da un aggravarsi di situazioni di vulnerabilità fisica o mentale già presenti nei soggetti. Sono quindi tutti casi riconducibili alla situazione di stress conseguente all'evento sismico e da soli costituiscono più di un terzo della casistica totale.

3.2.2 NEGLI AMBIENTI CHIUSI Per quanto riguarda la traumatologia si deve tener conto invece che il **crollò totale** di un edificio è un evento estremamente raro e per chi si trova all'interno non vi è comunque il tempo materiale durante la scossa per abbandonarlo e raggiungere un luogo sicuro. Essendo infatti un sisma un evento dalla durata estremamente limitata, di

solito inferiore al minuto, durante la scossa il comportamento migliore risulta quindi quello di ricercare un riparo all'interno dello spazio già occupato e il **panico** risulta essere in assoluto il comportamento peggiore da assumere. Poche sono infatti le azioni che possono essere adottate durante la scossa per diminuire il rischio di essere feriti, ma molti sono invece gli errori che possono essere compiuti mettendo in pericolo la propria vita e quella degli altri. Queste considerazioni sono vere in particolare per i locali affollati per i quali risulta quindi fondamentale un'attenta **progettazione delle vie di fuga** per impedire che di fronte al panico i comportamenti irrazionali provochino più vittime di quelle che si verificherebbero comunque. Il comportamento migliore rimane anche in questo caso quello di mantenere il proprio posto per evitare di trovarsi schiacciati tra un ostacolo fisso e il flusso che si affolla verso le uscite di sicurezza⁹.

Il pericolo maggiore per chi si trova all'interno di un edificio per assurdo non è rappresentato dal crollo della struttura. Gli edifici in cui abitiamo non sono mai delle strutture isostatiche e il cedimento di un solo vincolo non può portare al collasso dell'intera struttura. I traumi più frequenti durante un terremoto sono invece dovuti alla **caduta di elementi portati**, siano essi **mobili** e **oggetti pesanti** oppure **tramezzi** e **controsoffitti**.

L'azione di un terremoto su una costruzione può infatti essere ricondotta a due effetti fondamentali strettamente legati fra loro: accelerazioni e spostamenti. Le prime causano essenzialmente fenomeni di ribaltamento delle strutture e quindi la caduta di oggetti non adeguatamente fissati alla struttura portante. I secondi invece provocano la rottura (e quindi la caduta) di controventi e impianti, ovvero di tutte quegli elementi che collegano tra loro i diversi piani dell'edificio. Non a caso infatti i primi punti a lesionarsi in una costruzione sono scale e facciate, in particolare in prossimità di porte e finestre che indeboliscono la resistenza delle murature ai carichi orizzontali con un materiale come il vetro che è facile vittima di spostamenti anche minimi.

⁹ Tali evenienze sono, in un'analisi più approfondita, da ricollegarsi direttamente ad errori e carenze progettuali rispetto alla pianificazione antincendio che dovrebbe garantire delle vie di fuga appropriate al flusso previsto e prive di ogni ostacolo.

I punti più sicuri della casa all'interno così come all'esterno sono quindi proprio quelli più vicini alle strutture portanti sotto architravi e archi di muri maestri o comunque al di sotto di tavoli o letti e l'evacuazione dell'edificio è da effettuarsi solo al termine della scossa e solo dopo aver chiuso l'impianto elettrico e quello del gas per evitare il possibile generarsi di incendi.

3.2.3 IN CAMPO APERTO Se, come abbiamo visto, il pericolo maggiore per la vita umana durante un sisma è strettamente legato al crollo di elementi non strutturali dagli edifici, i rischi teorici in campo aperto sono quindi pressoché nulli. Di fatto, come ci ha insegnato il recente terremoto di Tohoku ad un evento sismico possono seguire invece altri fenomeni naturali quali gli tsunami a cui si devono il numero elevatissimo di vittime registrato in questa occasione nonché il disastro della centrale di Fukushima.

Essendo un mare poco profondo rispetto all'Oceano Pacifico il mar mediterraneo risulta essere meno soggetto a fenomeni di maremoto, ma questa eventualità non è da escludersi nella maniera più assoluta e se si risale al terremoto di Messina del 1908 si possono ricordare onde alte tra i 6 e i 12 metri.

In Italia di fatto fenomeni più frequenti da collegarsi a terremoto sono legati al dissesto idrogeologico del territorio e non è raro che un sisma provochi quindi frane e smottamenti che possono danneggiare le reti impiantistiche e di comunicazione, rendendo difficoltose le operazioni di aiuto ai territori colpiti.

3.3 PERCHÉ LE CASE CROLLANO

Come abbiamo detto il crollo di un edificio, anche in condizioni estreme come quelle prodotte da un evento sismico, è un evento piuttosto raro ma non da escludersi.

Escludendo le mancanze gravi nella realizzazione di un'opera che talvolta portano le imprese a risparmiare sui costi di costruzione a rischio dell'incolumità di chi vi abiterà, andremo ora a concentrarci sulle cause di tipo progettuale che possono condurre a un risultato disastroso. Per affrontare questo argomento bisogna però in primo luogo distinguere due categorie: l'edilizia storica e quella moderna.

In occidente, e soprattutto in Italia, le case sono da sempre state fatte per durare e per questo motivo si sono utilizzati per le strutture portanti materiali quali la pietra o il mattone, tenendo il legno come ultima risorsa per quegli elementi che dovevano necessariamente lavorare anche a flessione. Nonostante la durabilità di tali materiali sia elevata se adeguatamente protetti il rischio è pensare che siano eterni. Tali murature invece, avendo sopportato nel corso del tempo cicli sismici ripetuti, la perdita di parte dei leganti utilizzati e gli interventi successivi sulla conformazione dell'edificio, sono spesso a rischio di disgregazione e uno dei collassi più frequenti risulta essere la perdita di ammorsamento tra gli apparecchi murari ortogonali con il conseguente ribaltamento di una facciata.



Fig. 24 - Caltabellotta, irrigidimento di una muratura tramite cordolo in C.A. Il sistema concentra un carico notevole in copertura, creando una netta differenza di rigidità tra le due porzioni dell'edificio.

Tra gli interventi più dannosi che si ritrovano spesso sull'edilizia storica troviamo senza dubbio l'irrigidimento delle murature mediante cordoli in cemento armato. Tali operazioni condotte in epoca moderna infatti hanno sì aumentato la rigidità della struttura ma hanno anche portato alla sostituzione dei solai leggeri perché realizzati in legno con altri assai più pesanti, aggravando in maniera consistente le condizioni di carico.

Un edificio, sottoposto ad azioni orizzontali quali quelle dovute ad un sisma, si comporta infatti essenzialmente come un pendolo inverso e le forze agenti su di esso possono, in maniera molto semplificata, essere espresse nella formula $F = m \times a$. Risulta quindi evidente che un aumento della massa dell'edificio comporterà inevitabilmente un aumento delle forze che agiranno su di esso e, in particolare, l'inserimento di un cordolo in cemento armato non solo aumenterà la



Fig. 25 - Caltabellotta, ripristino della copertura della Chiesa della Madrice dopo il terremoto del Belice del 1968. Le forme originarie della volta sono ricordate dalla sequenza di archi in legno-acciaio. L'ammorsamento dei muri laterali è garantito da una struttura leggera capace di assorbire spostamenti futuri grazie allo schema di vincolo ad arco a tre cerniere.

massa, ma la concentrerà anche proprio nel punto più lontano da terra, ovvero proprio quello dove le accelerazioni sono maggiori.

L'introduzione di cemento armato e acciaio nell'industria della costruzione ha portato a molti errori progettuali che prima venivano evitati, non tanto forse per una reale consapevolezza, quanto piuttosto per le inevitabili conseguenze dell'utilizzo di materiali privi di resistenza a trazione quali la pietra. Le strutture realizzate erano quindi basate sulla disposizione di muri portanti spesso sovradimensionati sia perché non esistevano sistemi di calcolo vero e proprio della loro portanza, sia perché essi dovevano rispondere anche alla funzione di involucro termico dell'edificio.

Mentre la tradizione formale architettonica portava così ad un disegno di strutture simmetriche in pianta e in alzato l'utilizzo dei materiali moderni da costruzione ha portato a forme nuove, più ardite, ma che richiedono un progetto più attento dei giunti di connessione trave pilastro e dello schema dei controventi.

Considerando i cinque punti su cui Le Corbusier pone le basi dell'architettura moderna vediamo così cinque comportamenti a rischio per un progetto in zona sismica corretto:

- 1) i **pilotis** (caso F), separando l'edificio dal terreno, ottengono uno spazio da restituire alla città ma creano i presupposti per il tipico collasso da "piano molle", poiché realizzano una struttura con due rigidità nettamente diverse tra la parte superiore e quella inferiore (essendo inoltre il piano inferiore quello più debole il collasso della struttura sarà completo e quindi ancora più disastroso);
- 2) il **tetto-giardino** (caso G) restituisce la sommità dell'edificio alla vita collettiva ma, mediante l'inserimento di una chiusura orizzontale pesante per la presenza di uno strato di terra, realizza di fatto una struttura con una disposizione irregolare delle masse;
- 3) la **pianta libera** (casi A-B-C-D-E) permettendo una libertà formale assoluta rispetto al passato porta però nel complesso al disaccoppiamento del centro geometrico della struttura rispetto al baricentro delle masse e quindi la creazione di forze torsionali elevate;
- 4) la **facciata libera** (caso L) consente la stessa libertà formale delle piante anche sugli alzati ma porta ad una irregolarità nella distribuzione dei controventi;

- 5) la **finestra a nastro** (caso H) taglia tutta la facciata in lunghezza rinunciando così a qualsiasi funzione di controvento della stessa.

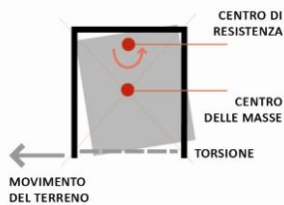


Fig. 26 - L'effetto di torsione in una pianta irregolare come una "C" (Designing for earthquakes, FEMA 2006).

Mentre architetti come Le Corbusier avevano la cultura per capire dove e come era possibile applicare questi nuovi formalismi, vi sono stati sicuramente moltissimi interventi nell'edilizia diffusa in cui questi punti sono stati semplicemente applicati senza considerare le peculiarità del sito di progetto.

Pur non entrando nel merito delle indagini connesse ai crolli più significativi avvenuti nel territorio di L'Aquila, possiamo notare come sia l'Hotel Duca di Savoia sia la Casa dello Studente presentavano delle strutture a forte rischio sismico per la distribuzione irregolare delle strutture di controvento che avrebbero quindi necessitato di un'attenzione specifica in fase di progettazione e realizzazione.

Bisogna precisare che di per sé nessuno di questi comportamenti è al giorno d'oggi irrimediabile al punto da portare sicuramente a un collasso della struttura, ma comporta sicuramente un aumento significativo degli sforzi e quindi di fatto anche dei costi, sia in fase di progettazione, sia in quella di realizzazione ma anche in un'eventuale fase di manutenzione straordinaria a seguito di un evento sismico.

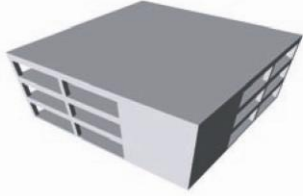

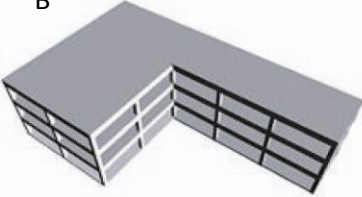
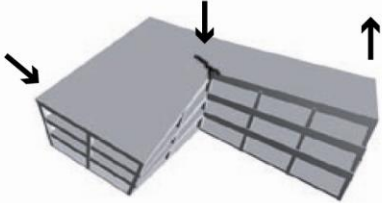
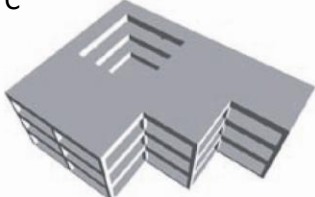
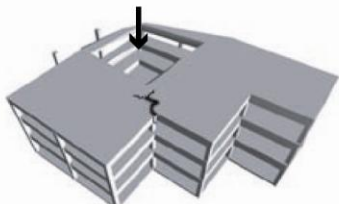

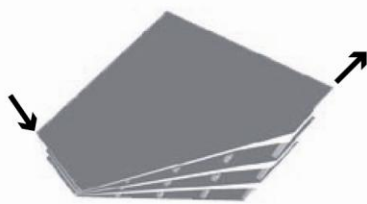
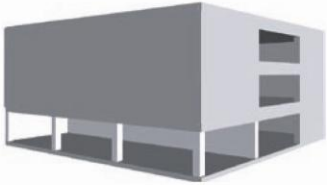
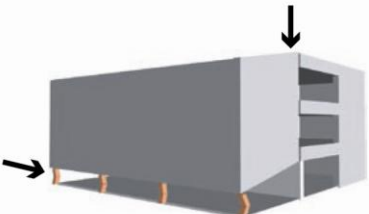
CONDIZIONI DI PIANTA	EFFETTO AZIONI ORIZZONTALI	PRESTAZIONE
A 		Rigidezza torsionale irregolare, resistenza non bilanciata: danni strutturali localizzati che portano al collasso solo in casi estremi.
B 		Angoli rientranti: danni strutturali localizzati che portano al collasso solo in casi estremi su edificio molto grandi.
C 		Irregolarità dei diaframmi: danni strutturali localizzati
D 		Sistemi resistenti alle forze laterali non paralleli: portano a torsioni, instabilità e a danni strutturali localizzati.
E 		Controventi discontinui: meccanismi di collasso

Fig. 27- Schemi di collassa di un edificio moderno: la pianta. (Designing for earthquakes, FEMA 2006)






CONDIZIONI DI ALZATO	EFFETTO AZIONI ORIZZONTALI	PRESTAZIONE
F		Rigidità discontinua: meccanismo del piano soffice, meccanismo più comune di collasso, danni estesi a tutto l'edificio.
G		Distribuzione irregolare delle masse: nei casi più estremi porta al collasso della struttura.
H		Irregolarità della geometria verticale: danni strutturali localizzati.
I		Irregolarità nella distribuzione verticale dei controventi: danni strutturali localizzati.
L		Capacità portante irregolare: meccanismo del piano debole.

Fig. 28 - Schemi di collassa di un edificio moderno: l'alzato. (Designing for earthquakes, FEMA 2006)

TIPOLOGIE ANTISISMICHE				COSTO	VOLUME OCCUPATO	SOGLIA DI APPLICAZIONE	RANGE DI DIMENSIONE DELL'EDIFICIO	COMPLESSITÀ TECNOLOGICA	DIFFICOLTÀ DI REALIZZAZIONE	DIPENDENZA DA BLACKOUT	
STRUTTURE SISMICAMENTE RESISTENTI	RESISTENZA ELASTICA	SOLUZIONI TRADIZIONALI A RESISTENZA ELASTICA		[Icona]							
	DEFORMAZIONE PLASTICA	SOLUZIONI A DEFORMAZIONE PLASTICA		[Icona]							
	DEFORMAZIONE CONTROLLATA	SOLUZIONI TRADIZIONALI A DEFORMAZIONE PLASTICA CONTROLLATA		[Icona]							
		TELAI PRECOMPRESSI IN LEGNO LAMELLARE		[Icona]							
STRUTTURE A CONTROLLO DELLA RISPOSTA	PASSIVO	DISPOSITIVI DI VINCOLO TEMPORANEO	DISPOSITIVI DI VINCOLO "A FUSIBILE" (SR)		[Icona]						
			DISPOSITIVI DI VINCOLO DINAMICO SHOCK TRANSMITTERS (OT)		[Icona]						
		DISPOSITIVI A DISSIPAZIONE DI ENERGIA	DIPENDENTI DALLO SPOSTAMENTO	LINEARI	DISSIPATORI ISTERICI IN ACCIAIO (MEL, MEP, BRAD)		[Icona]				
					DISPOSITIVI ELASTICI (NE)		[Icona]				
				DISPOSITIVI IN LEGA A MEMORIA DI FORMA (SMAD)		[Icona]					
				DISSIPAZIONE PER ATRITO		[Icona]					
			NON LINEARI	DISSIPATORI VISCO-ELASTICI (EVED)		[Icona]					
				DISSIPATORI VISCOSI (OP, OTP)		[Icona]					
		DIPENDENTI DALLA VELOCITÀ		DISSIPATORI VISCOSI RICENTRANTI (OVE)		[Icona]					
		DISPOSITIVI DI ISOLAMENTO SISMICO ALLA BASE	ELASTOMETRI	ISOLATORI ELASTOMETRICI (SI)		[Icona]					
	ISOLATORI ELASTOMETRICI CON NUCLEO IN PIOMBO (LRB)			[Icona]							
	SCORRIMENTO		ISOLATORI A SCORRIMENTO A SUPERFICIE PIANA (VM, EM)		[Icona]						
			ISOLATORI A SCORRIMENTO A SUPERFICIE PIANA CON DISSIPATORI (VEL, VEP, VOP, VOTP, VELOP, VELOTP)		[Icona]						
			ISOLATORI A SCORRIMENTO A SUPERFICIE CURVA (FIP, FIP-D)		[Icona]						
			DISPOSITIVI DI CONTROLLO DELLA FREQUENZA NATURALE		MASSA SMORZANTE ACCORDATA (Tuned Mass Damper, TMD)		[Icona]				
	LIQUIDO SMORZANTE ACCORDATO (Liquid Mass Damper, LMD)		[Icona]								
	IBRIDO	DISPOSITIVI DI ISOLAMENTO SISMICO ALLA BASE		ISOLAMENTO ALLA BASE ATTIVO		[Icona]					
		DISPOSITIVI DI CONTROLLO DELLA FREQUENZA NATURALE		MASSA SMORZANTE ATTIVA o MASSA SMORZANTE IBRIDA (Hybrid Mass Damper, HMD)		[Icona]					
	ATTIVO	DISPOSITIVI DI VINCOLO TEMPORANEO		DISPOSITIVI A VARIAZIONE DI RIGIDEZZA (Active Variable Stiffness, AVS)		[Icona]					
		DISPOSITIVI A DISSIPAZIONE DI ENERGIA		SMORZATORI AD ATRITO ATTIVI (Active Friction Dampers, AFD)		[Icona]					
DISPOSITIVI DI CONTROLLO DELLA FREQUENZA NATURALE		MASSA SMORZANTE CONTROLLATA (Active Mass Damper, AMD)		[Icona]							

COMPLESSITÀ TECNOLOGICA

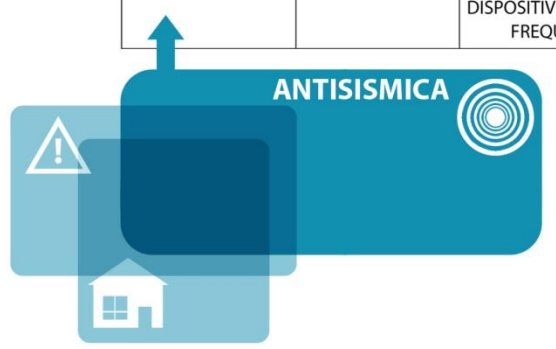


Fig. 29 - Schema di classificazione degli edifici in base alla tipologia di risposta sismica

LEGENDA
 ELEVATO [Dark Blue]
 MEDIO [Medium Blue]
 BASSO [Light Blue]

3.4 PERCHÉ LE CASE POSSONO STARE IN PIEDI

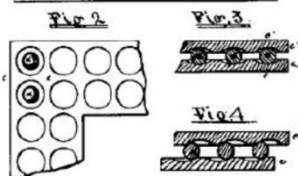
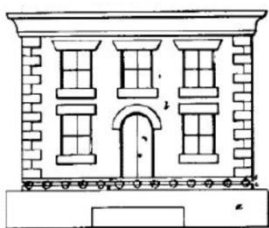


Fig. 30 - Sistema a sfere portanti di Jules Touallion, 1870 (www.strutturista.com).

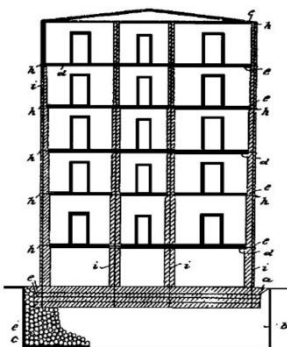


Fig. 31 - Sistema di fondazione su cuscino di sfere d'acciaio di Jakob Bechtold, 1906 (www.strutturista.com).

3.4.1 ISOLATORI SISMICI

Come abbiamo già accennato in Occidente la maggior parte degli edifici realizzati fino all'epoca moderna possono definirsi **strutture simicamente resistenti** poiché erano studiati per resistere alle forze orizzontali grazie alla propria massa. I muri portanti con i quali si realizzavano le strutture verticali erano massicci e consentivano di non superare mai il limite elastico dei materiali.

In zone ad alta pericolosità sismica gli edifici venivano addirittura realizzate addossando ai muri dei telai in legno e gli elementi orizzontali venivano così ad essere sostenuti contemporaneamente da due strutture verticali distinte. I muri conferivano una rigidezza complessiva all'edificio impedendo che avvenissero spostamenti troppo elevati e assorbendo tutti gli sforzi di taglio del sisma. I pilastri invece garantivano un sostegno ai carichi verticali anche nel momento in cui i muri fossero stati troppo danneggiati per farlo. Una logica analoga a quella che viene anche oggi richiesta dalle normative in vigore che distinguono tra uno stato limite di danno (SLD), a cui attenersi per contenere gli spostamenti, e uno stato limite di salvaguardi della vita (SLV), stato limite ultimo che deve impedire il collasso della struttura.

I solai leggeri in legno, le altezze contenute e le simmetrie di pianta e alzati contribuivano a mantenere ridotte le forze di inerzia dovute ai sismi.

Già nel passato, in Italia ma anche in Cina, Giappone, Grecia e Perù, si possono ritrovare però soluzioni di "strutture a controllo della risposta passivo" per la protezione di edifici particolarmente importanti per la vita collettiva quali i templi.

Una pratica piuttosto diffusa era quella di **disaccoppiare il moto del terreno rispetto a quello dell'edificio** disponendo in fondazione strati di materiali quali carbone velli di lana, sabbia, in modo che si potesse favorire lo scorrimento tra gli elementi.

Tali primitive forme di isolamento sismico sono state la base su cui gli ingegneri dell'età industriale hanno lavorato per studiare più efficaci meccanismi di difesa dai terremoti. Nel corso del XIX secolo si sono così succedute le idee più bizzarre per realizzare con materiali moderni sistemi analoghi e più efficienti.

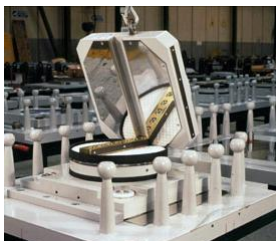


Fig. 32 - Dispositivo di isolamento con dissipatori in acciaio.



Fig. 33 - Dissipatori isterici in acciaio.



Fig. 34 - Dissipatore viscoso.



Fig. 35 - Dissipatore viscoelastico elastometrico.

3.4.2 DISSIPATORI SISMICI

Tra chi proponeva di realizzare una fondazione sorretta da una vasca di sfere di acciaio e chi invece proponeva di sostituire i velli animali con una polvere di sabbia fine e talco, si arrivò a gradualmente al concetto di primo piano flessibile. La logica di fondo alla base dell'isolamento sismico è infatti quella di realizzare un piano dove concentrare tutti gli spostamenti dell'edificio in modo che la porzione superiore della struttura possa muoversi con un periodo proprio superiore e sentire in maniera blanda gli effetti del terremoto.

Tale logica al lettore attento risulterà essere pericolosamente simile a quella di collasso di molte strutture moderne afflitte dal cosiddetto piano debole o piano molle, ma la differenza significativa è da vedersi nel progetto della connessione tra questo piano e quello rigido soprastante.

I primi a realizzare un edificio che sfruttasse questo tipo di isolamento furono un gruppo di ingegneri svizzeri che realizzarono *la scuola Johan Heinrich Pestalozzi* di Skopje in Macedonia nel 1969 sostenendola con cinque semplici appoggi in gomma non armata (**isolatori elastometrici**).

Il fatto che la gomma non fosse armata si ripercuoteva però sulla rigidità verticale, paragonabile in questo caso a quella orizzontale e di fatto l'elevata deformabilità della struttura in direzione verticale determinava un moto rotatorio con asse orizzontale come conseguenza ad azioni orizzontali che tendevano a ribaltare la struttura. Risolto il problema mediante lo studio di un processo di vulcanizzazione di strati di gomma con lamierini di acciaio il sistema venne ulteriormente migliorato dall'inserimento di un nucleo in piombo che aumentasse lo smorzamento delle forze sismiche mediante deformazioni plastiche.

Uno sviluppo successivo dei dispositivi di isolamento ha portato alla realizzazione **sistemi detti a scorrimento**. Tali elementi sono costituiti da apparecchi di appoggio multi direzionali con superfici di scorrimento a basso attrito e vengono quindi utilizzati insieme a dispositivi di dissipazione dell'energia per ottenere un sistema simile a quello elastomerico ma di prestazioni più elevate.

Questi sistemi possono essere di vario tipo a seconda del meccanismo utilizzato per disperdere l'energia. I dissipatori **isterici** sfruttano la plasticizzazione di elementi in acciaio mentre quelli

3.4.3 DISPOSITIVI DI CONTROLLO DELLA FREQUENZA NATURALE

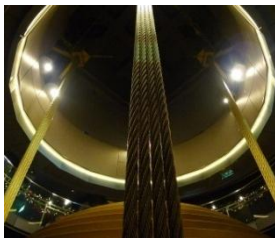


Fig. 36 - Dispositivo di smorzamento del grattacielo Tapei 101, Taiwan (Flickr).

elastici utilizzano elastomeri simili ai dispositivi di isolamento, alcuni sfruttano le proprietà elastiche delle **leghe a memoria di forma** mentre altri ancora i comportamenti **viscosi** di fluidi silicici o l'**attrito** tra piastre di acciaio. Nonostante ognuna di esse abbia le sue peculiarità, un paragone completo tra queste tecnologie risulta piuttosto difficoltoso e l'utilizzo di ciascuna andrebbe valutato caso per caso a seconda dei dati effettivi di progetto.

Bisogna sottolineare però che mentre gli isolatori sismici elastometrici trovano impiego comune anche nelle abitazioni civili anche medie dimensioni, l'utilizzo di isolatori a scorrimento combinati a sistemi di dissipazione costituiscono dispositivi più complessi che vengono solitamente impiegati per edifici di carattere rilevante per dimensioni o funzione e nel campo delle infrastrutture.

Stesso discorso vale anche per i dispositivi di controllo della frequenza naturale, ovvero i sistemi a massa/liquido smorzante accordato (**tuned/liquid mass dampers**). Mentre gli isolatori cercano di impedire al sisma di coinvolgere la costruzione e i dissipatori di scaricare l'energia del terremoto senza arrecare danno alla stessa, tali dispositivi fanno oscillare una massa in maniera contraria a quella del sisma per opporre ad esso una forza equivalente e ridurre così all'origine le azioni sulla struttura.

Da un altro punto di vista si può dire che invece il movimento di una massa all'interno di quella principale dell'edificio non fa nient'altro che spostare il suo centro di massa nel tentativo di farlo coincidere per quanto possibile con quello originario della struttura indeformata. Se consideriamo quindi la solita equazione formula del moto di un pendolo $F = m \times a$, capiremo quindi che un mass damper, riducendo gli spostamenti del centro di massa, altro non fa che ridurre le accelerazioni della struttura. Non sto quindi più affrontando il risultato di un'equazione ma uno dei suoi fattori per ottenere un risultato più favorevole.

I limiti intrinseci di questa tecnologia risiedono nelle sue dimensioni e nel fatto che un sistema come questo possa essere accordato con una sola frequenza di vibrazione alla volta.

Tali problemi sono parzialmente risolti se iniziamo a parlare di **sistemi di controllo attivo, semiattivo o ibridi**. Le dinamiche di isolamento, dissipazione o controllo sono affiancate da meccanismi

elettrici in grado di migliorare le prestazioni dei sistemi ma pongono il problema fondamentale della dipendenza delle stesse dalla rete elettrica. Come abbiamo accennato nei capitoli precedenti non è raro che tali reti siano invece danneggiate da un sisma rendendo quindi inefficace il sistema proprio nel momento del bisogno.

Ad ogni modo se consideriamo i dispositivi a massa smorzante attiva, la possibilità di posizionare in ogni istante la massa dell'edificio nella conformazione più ottimale permette di ampliare lo spettro delle frequenze a cui tale sistema possa essere accordato. Problema che non viene risolto è invece quello delle dimensioni che rimangono elevate tanto che solitamente tali meccanismi trovano collocazione sulla cima dei grattacieli dove occupano un interno piano dell'edificio.

3.4.4 LE PAGODE GIAPPONESI

Questo problema non si poneva invece nelle strutture delle pagode giapponesi, che costituiscono l'antenato storico di questi sistemi, dove la massa spostata per controbilanciare gli spostamenti era la stessa dell'edificio.

L'architettura giapponese basa tutti i suoi sviluppi sull'utilizzo del legno come materiale da costruzione privilegiato. Se da una parte tale scelta risultava ovvia per l'abbondanza presente sull'isola, dall'altra parte essa si sposava anche molto bene con le necessità di un territorio ad alto livello di pericolosità sismica. Anche gli edifici più importanti destinati a durare nel tempo come quelli di culto erano quindi realizzati con questo materiale con cui i giapponesi riuscivano ad ottenere strutture di 5 o più piani alte anche più di 100 metri.



Fig. 37 - Pagoda di
Gojunoto, Giappone

Ogni piano strutturalmente indipendente rappresenta uno dei 5 elementi che rappresentano l'universo Buddhista e è costituito da una scatola quadrata senza fondo, costruita intorno a dodici pilastri esterni, o *gawabashira*. La pagoda nel suo insieme quindi realizzata dalla sovrapposizione di cinque scatole impilate e siccome ogni piano è più piccolo di quello sottostante, la posizione dei *gawabashira* muove verso l'interno procedendo verso la cima della pagoda. Il ruolo delle travi orizzontali risulta quello di sostenere i *gawabashira* di ciascun piano superiore al primo e il compito dei *taruki*, le travi oblique, quindi quello di sostenere queste ultime. Tali travi correndo dall'interno della struttura diagonalmente verso l'esterno sono sostegno infine anche per le pesanti gronde che terminano le falde dei tetti.

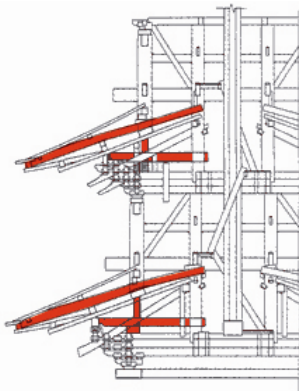


Fig. 38 - Schema degli incastri tra gawabashira e taruki nelle falde dei tetti.

I taruki funzionano così come il braccio di una leva, mentre la sommità del gawabashira come il suo fulcro. Il peso dei piani più alti, premendo verso il basso il terminale interno dei taruki, provocherebbe il sollevarsi delle estremità esterne se non ci fosse il contrappeso costituito dal pesante tetto in tegole.

Il piano superiore spinge così sull'estremità interna della leva, mentre il sovraccarico delle gronde bilancia questo carico su quella esterna in modo tale che le pesanti gronde sostengano i piani superiori. Raggiunto il livello più alto, ovviamente, non c'è nessun piano a controbilanciare la spinta, e il tetto viene quindi concluso dalla guglia in rame o in ferro che svolge proprio questa funzione. Per dare un'idea di cosa questo significhi basti sapere che la parte terminale della pagoda di Horyuji pesa almeno tre tonnellate.

Tale sistema di leve consente alla struttura, sollecitata da carichi orizzontali, di spostare il proprio baricentro durante le oscillazioni comportandosi quindi come un moderno sistema a massa smorzante accordata. Atsushi Ueda nel trattare questo argomento spiega in dettaglio come durante i tifoni e i terremoti, la pagoda dondoli e oscilli intorno al pilastro centrale senza mai però crollare.

Tale **pilastro** è detto *hashira*, termine che in giapponese indica il cuore delle cose e il luogo dove scende la divinità, ed è quindi l'elemento fondamentale di tutta la costruzione. Tale concezione scintoista e strettamente legata all'osservazione dei fenomeni naturali (il pilastro era infatti quell'elemento che andava a attirare i fulmini dal cielo) e rivela la logica di fondo che permea tutta la tecnica costruttiva giapponese, diametralmente opposta a quella Occidentale: costruire un edificio in legno significa resistere alle forze della natura non contrapponendosi ad esse, ma accettando e assorbendo il loro impatto.

Tale concezione del ruolo del pilastro nello schema strutturale è riscontrabile già nelle prime costruzioni chiamate *Tenchi kongen tsukuri* (ovvero il luogo costruito di cielo e terra). Sono queste capanne, il tetto poggiato sopra a una buca è sorretto da due pilastri su cui poggia l'elemento orizzontale centrale e ad esso poggiano quindi gli elementi obliqui delle falde.

Se il pilastro cede la costruzione crolla.

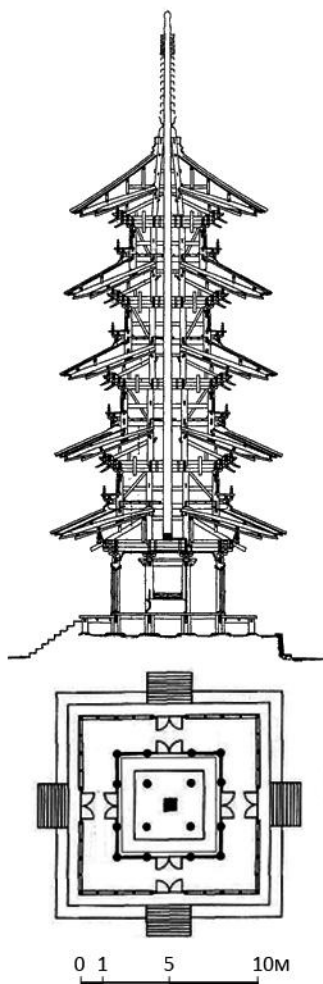


Fig. 39 - Pianta e sezione della pagoda di Gojunoto, Giappone

3.4.5 LA CASA GIAPPONESE

L'abitazione venne poi alzata anche se raramente venne elevata oltre il primo piano e i pochi edifici a più livelli non erano adibiti alla vita di tutti i giorni. Nelle abitazioni comuni il secondo piano, quando presente, era infatti considerato non abitabile e anche le risalite quindi erano progettate per svolgere esclusivamente una funzione di servizio.



Fig. 40 - Casa tradizionale giapponese vicino al monte Fuji (Flickr).

Anche dopo questo passaggio il tetto continuò ad essere sostenuto da file di pilastri piantati profondamente nel terreno. A causa dell'elevato tasso di umidità presente e della falda acquifera molto alta i giapponesi impararono però dai cinesi a sollevare il pavimento che anche oggi è ad almeno 45 cm da terra. Interporre una **fondazione** di pietra su cui poggiare i pilastri in legno significava evitare ogni problema di marcescenza delle estremità interrate che, indebolite, con il terremoto avrebbero potuto spezzarsi.



Fig. 41 - Casa tradizionale giapponese a Uchi-juku (Flickr).

Questi pilastri sono concentrati in una fila singola interna all'edificio che sostiene **il tetto**, pesante e rigido e vengono incastrati in maniera non perfetta alla base. Il carico delle falde svolge anche qui un ruolo importantissimo poiché mantiene serrati ad incastro tutti i vincoli dei pilastri sottostanti. Tali vincoli si liberano però sotto l'azione di carichi orizzontali permettendo alla struttura movimenti simili a quelli della pagoda.

La facciata libera realizzata da pilastri non strutturali, cercata da Le Corbusier nel primo dei suoi cinque punti, è qui il risultato del clima umido e piovoso che porta a proteggere gli elementi strutturali al centro dell'abitazione e a utilizzare come involucro esterno solo elementi di facile sostituzione. La possibilità di aprire tutto l'involucro consentiva di avere un controllo climatico dell'umidità interna consentendone la traspirazione.

Il livello di precisione nella realizzazione degli elementi era così commisurato alla loro funzione. Gli elementi di finitura dovevano essere rifiniti in maniera perfetta, non solo perché era quelli che sarebbero rimasti alla vista, ma anche perché erano quelli che potevano essere più direttamente a contatto con l'umidità dell'ambiente circostante. Permettere all'acqua di infiltrarsi in fessure anche millimetriche avrebbe portato alla marcescenza degli elementi e quindi a doverli sostituire in breve tempo. Per contro i giunti trave pilastro della struttura erano realizzati lasciando quel



Fig. 42 - Interno di una casa tradizionale giapponese (Flickr).

marginale di spostamento fondamentale per non impedire agli elementi di muoversi durante un sisma.

Tutte le **partizioni** vengono così realizzate mediante telai di legno e carta facili da sostituire se danneggiati da un sisma e veloci da rimuovere. In caso di incendio la casa giapponese permetteva infatti ai soccorritori di eliminare in breve tempo ogni tamponamento per agire direttamente sulla struttura portante principale. Tale accorgimento dava quindi la possibilità di salvare un edificio e poter pensare successivamente alla ricostruzione di quando era stato danneggiato.

Le gronde del tetto molto sporgenti erano così fondamentali sia per il funzionamento statico degli edifici, sia per la protezione delle parti in legno, una concezione che veniva favorita dall'usanza di far coincidere la proprietà di una casa con il suo sporto di gronda. I proprietari erano così ben contenti di allungare i loro tetti partecipando quasi involontariamente alla realizzazione di una città più sicura.



Fig. 43 - Porticato esterno, dettagli dell'attacco a terra e della facciata totalmente permeabile (Flickr).

3.5 I SISTEMI A TELAIO

Il calcolo di una struttura simicamente resistente secondo tensioni ammissibili un tempo comportava il fatto che la verifica delle sezioni rimanesse in campo elastico. Questo portava però a un dimensionamento delle strutture molto conservativo che non teneva conto delle proprietà plastiche del materiale. Con l'introduzione del calcolo agli stati limite anche da un punto di vista sismico sono state così introdotte condizioni di esercizio (SLE) e ultime (SLU). La prima suddivisa in stato limite dell'operatività (SLO) e del danno (SLD), la seconda in salvaguardia della vita (SLV) e collasso (SLC).

Tale metodo consente oggi di tenere conto nella definizione dello sforzo massimo sostenibile dalla sezione anche dei comportamenti plastici del materiale accettando però come conseguenza di incamerare deformazioni superiori, parti delle quali non recuperabili dagli elementi.

I sistemi a telaio moderni sono così costruiti valutando sia la rigidità complessiva della struttura sia quella specifica dei singoli elementi andando a realizzare una **gerarchia delle resistenze** che preveda la rottura degli elementi a partire da quelli meno importanti. Se infatti il cedimento di una trave secondaria potrebbe portare a danni localizzati facilmente assorbibili dal complesso delle iperstaticità della struttura, il collasso di un pilastro ha invece effetti molto più estesi e porta, al limite, al crollo dell'intera struttura secondo il meccanismo del piano molle. Permettere il cedimento graduale e controllato delle iperstaticità in un edificio consente all'edificio stesso di staccarsi gradualmente dal sisma. Un edificio con un numero inferiore di iperstaticità sarà infatti meno rigido di quello integro, avrà un periodo proprio di vibrazione superiore e quindi accelerazioni e forze agenti inferiori.

3.5.1 LA COMPRESSIONE DEL LEGNO LAMELLARE

I materiali utilizzati per creare questo tipo di strutture sono per questi motivi solitamente il cemento armato e l'acciaio che fanno entrambi ricorso alle proprietà plastiche del ferro. Negli ultimi anni però in Italia e in Nuova Zelanda si è iniziato a studiare un sistema di telaio a giunti rigidi da realizzarsi completamente mediante elementi distinti in legno, verticali ed orizzontali, uniti da cavi di tensionamento in acciaio armonico.

La tecnologia della precompressione ha una storia che non inizia sicuramente dal materiale del legno. Lo scopo principale con cui nasce è infatti quello di caricare permanentemente una trave in cemento armato con degli sforzi di compressione ed in tal modo annullare le componenti di trazione causati dai momenti interni. Applicando tali sforzi si può rendere infatti l'intero elemento soggetto a pura compressione, cosa molto importante se parliamo di calcestruzzo, materiale la cui resistenza a trazione viene solitamente comparata a zero e che per questo motivo viene abbinato all'acciaio per la realizzazione del cemento armato.

Nel corso del tempo oltre ai cavi posizionati sull'asse neutro che garantivano una compressione uniforme, si sono studiati anche cavi eccentrici in grado di garantire un momento opposto a quello di progetto tale da annullare le deformazioni dovute ai carichi di esercizio e cavi a guide curve capaci di generare sforzi variabili lungo gli elementi.

Parlando di cemento armato, non sviluppare sforzi di trazione significa rendere tutta la sezione dell'elemento integra e reagente, con un conseguente **aumento della rigidità**.

I vantaggi di queste operazioni quindi vanno completamente perse su una trave costituita da un materiale quale l'acciaio che, resistendo in maniera uniforme sia a trazione sia a compressione, sarebbe governato per il dimensionamento dagli sforzi di compressione incrementati da questa tecnologia.

Tali considerazioni escluderebbero il suo utilizzo per il legno lamellare, materiale che come l'acciaio sopporta in maniera quasi equivalente sforzi di compressione e sforzi di trazione, ma le finalità della precompressione in questo caso sono invece molto diverse da quelle del calcestruzzo.

Il dimensionamento del legno, analogamente a quello dell'acciaio, è molto spesso governato, più che dagli sforzi, dalle deformazioni degli elementi. Le applicazioni della precompressione quindi finalizzate a realizzare sistemi multidimensionali che aumentando la rigidità complessiva del sistema diminuiscano le frecce.

3.5.2 I PONTI

Le prime applicazioni (già negli anni '50) furono così nella realizzazione di impalcati da ponte in travi di legno post-compresso

trasversalmente. L'unione trasversale degli elementi portava alla realizzazione di un grigliato (assimilabile ad una **piastra ortotropa**¹⁰) con un comportamento migliore ai carichi dinamici dovuti al passaggio di veicoli e pedoni.

I vantaggi di una soluzione di questo tipo sono dovuti alla possibilità di utilizzare in questo modo il legno per luci e carichi paragonabili a quelli di strutture analoghe in acciaio o calcestruzzo con una significativa riduzione di pesi propri e costi.

Fig. 44 - Ponte Leonardo da Vinci, Oslo, 2001 (Flickr).



3.5.3 GLI IMPALCATI

Queste ultime considerazioni hanno portato anche ad applicazioni nella residenza nel campo del **restauro** e del **recupero**. Come abbiamo visto precedentemente la sostituzione di solai leggeri in legno con moderni in calcestruzzo portano spesso a condizioni di carico gravose per gli edifici storici, soprattutto se collocati in zona sismica. Solai precompressi sono così realizzati per migliorare le prestazioni di un impalcato (esistente o di nuova realizzazione) in termini di rigidità senza modificare sostanzialmente i carichi agenti sulle murature e l'aspetto della costruzione.

3.5.4 I TELAI

La stessa logica è così utilizzata anche per i sistemi a telaio di cui si parlava all'inizio del capitolo di cui a oggi esiste un solo caso

¹⁰ Una piastra ortotropa è definita come una struttura in cui, pur nella definizione di elemento continuo, possono essere individuate due direzioni principali, a cui vengono attribuite caratteristiche differenti di risposta statica. Essa può schematizzare il comportamento di graticci ed è il metodo di calcolo classico per gli impalcati da ponte (metodo di Massonet).

realizzato la **NMIT** (*Nelson Marlborough Institute of Technology*) di Nelson in Nuova Zelanda.

Come si diceva precedentemente, l'idea di base su cui è stato fondato tale sistema è quindi quella di creare un telaio in grado di sviluppare delle cerniere simili a quelle plastiche dell'acciaio (che permettano quindi alla struttura di aumentare il proprio periodo in caso di sforzi eccessivi negli elementi) ma automaticamente rinsaldabili al termine dello sviluppo di un'azione sismica.

Fondamentale come per i telai realizzati con altri materiali risulta essere la gerarchia delle resistenze. I pilastri vengono infatti realizzati in elementi unici o quando ciò non è possibile giuntati mediante incastri perfetti e le cerniere collocate nell'interfaccia con le travi.

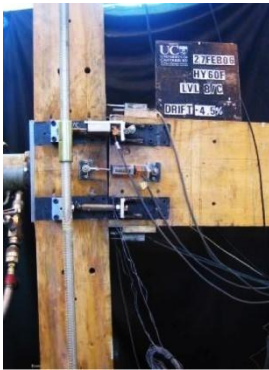


Fig. 45 - Giunto tipo trave-pilastro realizzato in laboratorio dai ricercatori dell'Università di Christchurch, Nuova Zelanda.

Tali giunti sono quindi progettati per mantenere una forza di compressione nel cavo tale da contrastare i momenti nel nodo dovuti ai carichi di esercizio. Superata la soglia del momento di attivazione, la trave è invece libera di muoversi rimanendo però sempre costretta sull'asse del cavo di tensionamento che a ogni oscillazione ne ricentra la posizione. Se i momenti interni della sezione sono quindi assorbiti nel nodo da tale cavo di acciaio, i tagli sono invece presi da un elemento a mensola.

Questo dettaglio risulta essere molto importante anche per il fattore di sicurezza della struttura. Ogni trave infatti, anche qualora dovesse subire perdere il suo effetto di ricentramento per la rottura del cavo di acciaio, non collasserebbe ma passerebbe semplicemente ad una configurazione di semplice appoggio.



Fig. 46 - Giunto tipo pilastro-fondazione realizzato in laboratorio dai ricercatori dell'Università di Christchurch, Nuova Zelanda.

Il sistema in questi termini consente quindi di abbattere il periodo proprio della struttura ma non presenta significative proprietà di dissipazione dell'energia del sisma. Questo motivo ha spinto il gruppo neozelandese di ricercatori che sta lavorando allo sviluppo di questa tecnologia ad implementare il giunto mediante ulteriori barre di acciaio con funzione di dissipazione plastica realizzando un sistema ibrido.

Sorge una domanda: perché realizzare un edificio con queste caratteristiche?

Il vantaggio fondamentale di una tecnologia di questo tipo risiede nella sua capacità teorica di non riportare danni, o di riportarne in

maniera molto limitata, anche per condizioni di carico di stato limite ultimo della struttura e quindi di abbattere i costi di manutenzione straordinaria conseguenti a sisma.

Se infatti si può realizzare un edificio simicamente resistente, difficilmente questo non riporterà alcun tipo di danno quando sarà messo alla prova da un sisma paragonabile a quello di salvaguardia della vita. Esso, al contrario, tenderà a sfruttare le proprie capacità plastiche per sopravvivere riportando quindi deformazioni non recuperabili.

3.5.5 I COSTI

Secondo gli studi condotti dai ricercatori dell'università di Christchurch in Nuova Zelanda, un telaio di questo tipo potrebbe avere un costo iniziale superiore di circa il 20% rispetto ad un telaio in acciaio o in cemento armato che, considerato un costo della struttura pari a circa il 20% del totale dell'edificio, corrisponderebbe a circa l'4% sul costo assoluto.

Nonostante tale differenza corrisponda a ben 370.000 € il vantaggio di una soluzione di questo tipo risulta evidente se si considerano i possibili danni dovuti alla riparazione dello stesso a seguito di un sisma di elevata intensità

Tali studi restano al momento solo teorici poiché, come è stato detto, con questa tecnologia è stato al momento realizzato un unico edificio e si rimane quindi in attesa di una base statistica più ampia sulla quale testare il sistema.



Fig. 47 - Test condotto sul giunto tipo trave pilastro: è evidente l'apertura del gap tra gli elementi in corrispondenza della piastra di acciaio.

4 I L R I F U G I O

“Una casa è un macchina per abitare”

Le Corbusier

Le tecnologie fin ora esaminate se utilizzate consentono di ridurre il rischio sismico di un'area in maniera significativa ma anche questo talvolta non è sufficiente per impedire che avvengano disastri come quello a cui abbiamo assistito con il terremoto di Tohoku.

La normativa italiana con le sue prescrizioni obbliga di fatto a prevedere allo stato limite ultimo gli effetti di un sisma con un periodo di ritorno di mille anni. Un tempo che potrebbe essere considerato lunghissimo ma che lascia sempre spazio alla possibilità che tale soglia venga comunque superata da un evento eccezionale.

Una delle prime richieste che devono essere soddisfatte intervenendo in uno scenario di emergenza è così quello dei rifugi, strutture più o meno temporanee che garantiscano un ricovero agli sfollati in attesa del ritorno alla normalità.

4.0.1 LE FASI DI INTERVENTO

Tali rifugi presentano caratteristiche diverse a seconda delle peculiarità dei siti di intervento poiché devono tener conto sia delle condizioni climatiche sia delle abitudini della popolazione colpita ma solitamente seguono comunque uno schema comune nella loro applicazione.

1. In prima battuta gli unici rifugi disponibili sono quelli definiti di **early recovery**, sono **strutture di accoglienza impropria** come scuole, stadi o altri grandi spazi che per la loro funzione pubblica hanno resistito meglio altri all'impatto del sisma e che quindi vengono requisiti ed occupati a fronte dell'emergenza.
2. Una volta superata la concitazione dei primi momenti e ricevuti gli aiuti internazionali, la popolazione viene solitamente trasferita in **tendopoli**. Tale soluzione è però decisamente disagiata, oltre che impraticabile in determinate circostanze climatiche, e il periodo di soggiorno viene considerato accettabile solo fino a alle tre o quattro settimane.

3. Con il passare del tempo vengo quindi realizzati i veri e propri **insediamenti abitativi di emergenza**, agglomerati realizzati in un primo momento mediante container e successivamente con prefabbricati leggeri. Tale soluzione rimane comunque temporanea e rimanda all'attesa della ricostruzione del centro abitativo originario. Il periodo di soggiorno in container è infatti considerato limitato a uno o due anni e quello in prefabbricato a cinque o anni, ma purtroppo, in Italia come anche altrove, tali tempi non siano quasi mai rispettati. Difficilmente infatti a termine di tale periodo la situazione del area del sisma può essere considerata ritornata alla normalità e non è raro che molti abitanti debbano continuare ad alloggiare in tali sistemazioni a tempo indefinito.

4.0.2 I PROBLEMI



Fig. 48 – Alcuni esempi di rifugi temporanei realizzati per il terremoto di Haiti, 2010 (Flickr)

Questa problematica risulta tanto più seria se si considera che le prescrizioni temporali non sono solo dettate dalla volontà di ripristinare il prima possibile una condizione di normalità per la popolazione, ma anche dai limiti intrinseci di queste strutture. I materiali, gli impianti e tutti i complementi sono infatti studiati e progettati per una vita utile piuttosto breve poiché breve è il tempo a disposizione per realizzarli. Questo comporta situazioni di degrado crescente quando i limiti temporali vengono superati in maniera eccessiva.

Se consideriamo come vengano attribuite le forze agenti su una struttura da un punto di vista sismico si può inoltre capire che queste situazioni portano anche ad aumentare il rischio sismico dell'area e l'impreparazione ad affrontare un evento futuro. Le strutture di questi edifici sono infatti progettate per resistenze relative a periodi di ritorno molto brevi e quindi un soggiorno prolungato comporta l'aumento delle probabilità che si verifichino dei terremoti superiori a quelli di progetto.

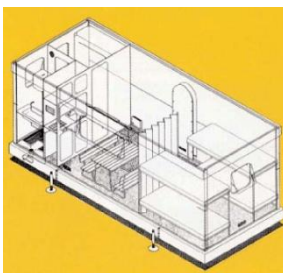
Nella storia dei terremoti anche italiani non è raro il verificarsi di sismi che hanno colpito zone già in stato di emergenza per eventi precedenti. La natura stessa del fenomeno come abbiamo spiegato in precedenza fa sì che gli eventi molto spesso si clusterizzino e andando a concentrarsi nello spazio e nel tempo. Tale proprietà genera degli eventi precursori permettendo talvolta di predisporre i dovuti accorgimenti per affrontare il sisma vero e proprio, ma in altri casi porta invece a interpretare erroneamente una scossa premonitrice violenta come la maggiore dello sciame.

Nonostante tendenzialmente uno sciame sismico presenti un evento nettamente più significativo degli altri infatti non è raro che più sismi di entità comparabile possano verificarsi a poca distanza gli uni dagli altri.

Queste considerazioni fanno quindi capire perché di fronte a un fenomeno imprevedibile come quello sismico riuscire a realizzare a priori una linea di intervento precisa sia molto difficile e sia meglio predisporre una serie di interventi e di procedure flessibili in grado di adattarsi a eventi molto diversi fra loro.

4.0.3 IL MODELLO FRIULI

Durante il sisma in Friuli nel 1976, ad esempio, la risposta all'emergenza era stata inizialmente organizzata mediante la realizzazione di tendopoli, affiancate da soluzioni più puntuali come quella dei vagoni cuccetta offerti dalle Ferrovie dello Stato. Tale soluzione poteva considerarsi ottimale poiché il periodo era favorevole per clima e le tende risultavano veloci e facili da trasportare anche in un territorio montuoso come quello colpito. L'intervento dovette però essere riconfigurato in una seconda fase quando l'area venne colpita da una nuova violenta scossa. Il periodo era ormai sfavorevole all'utilizzo delle tende poiché si avvicinavano i rigori invernali e la soluzione migliore risultò quindi quella di evacuare le aree colpite per sfruttare le attrezzature turistiche delle zone costiere.



Questa esperienza, considerata una dalla protezione civile una delle più riuscite, e quella del 1997 durante il terremoto Umbro-Marchigiano hanno permesso alla protezione civile di redigere le linee guida odierne seguite negli eventi successivi.



Fig. 49 - Unità abitativa ripiegabile utilizzata in occasione del sisma del Friuli, 1976 (Corrado Latina, Sistemi abitativi per insediamenti provvisori, i Milano: BE-MA Editrice, 1988).

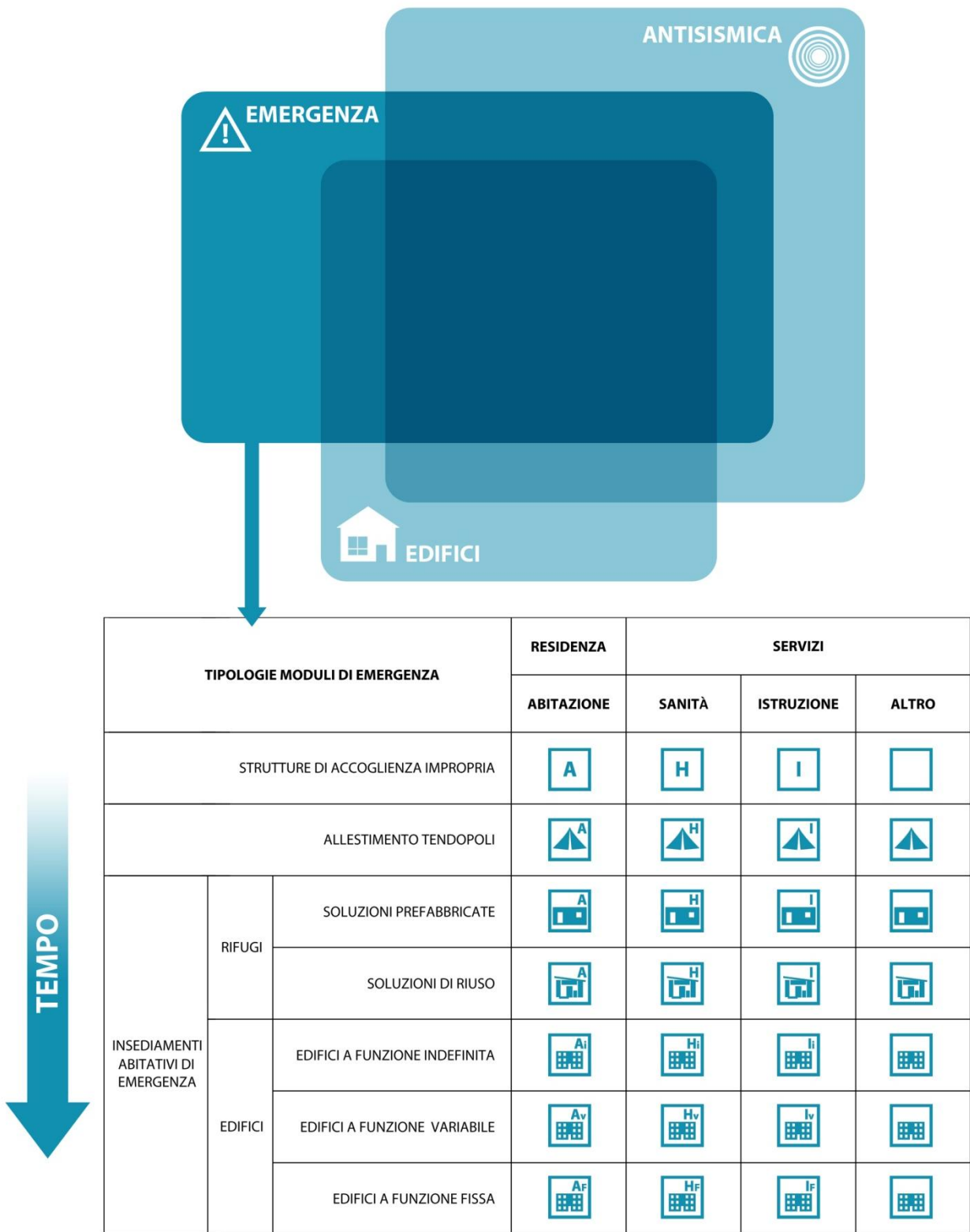


Fig. 50 - Schema di classificazione dei rifugi di emergenza secondo tempistica di utilizzo

4.1 IL SISMA DI L'AQUILA

L'ultimo sisma che ha colpito il nostro territorio, il terremoto di L'Aquila pur rimanendo in buona parte legato ai binari tracciati da queste esperienze passate ha cercato di affrontare il sisma in maniera diversa.

Se infatti come abbiamo detto uno dei problemi maggiori che si verificano in uno scenario post-emergenza è quello del passaggio dalla situazione provvisoria a quella definitiva, l'intervento studiato per questa occasione ha cercato di garantire il più possibile il realizzarsi di rifugi con caratteristiche equiparabili a quelle di un edilizia definitiva.

Tale logica in passato aveva già portato quando possibile a saltare la fase di alloggio in container per passare direttamente dalla tendopoli al prefabbricato leggero. In questo caso gli sforzi sono stati volti a saltare quasi completamente anche tale fase per realizzare direttamente edifici prefabbricati definitivi da destinarsi temporaneamente all'accoglienza della popolazione sfollata ma da riassegnarsi successivamente ad altre funzioni.



Fig. 51 - Quartiere realizzato con il progetto M.A.P per la frazione di Tempera (Flickr).

La valutazione geologica dei siti di progetto è portata a realizzare dei piccoli agglomerati distribuiti in tutta la vallata in cui è inserita L'Aquila, sia per quanto riguarda il progetto **C.A.S.E.** (Complessi Antisismici Sostenibili Ecompatibili), sia per i complementari progetti **M.A.P.** (Moduli Abitativi Provvisori, che costituiscono abitazioni temporanee per i comuni limitrofi a quello di L'Aquila) e **M.U.S.P.** (Moduli ad Uso Scolastico Provvisorio, per sostituire temporaneamente le scuole danneggiate per un totale di circa 6.000 ragazzi).

4.1.1 IL PROGETTO C.A.S.E

Il progetto C.A.S.E. ha realizzato così circa 150 edifici con caratteristiche qualitative confrontabili con la edilizia definitiva come abitazioni per 12.000 – 17.000 persone.

Rimandando per i dettagli tecnici e dimensionali alle schede collocate al termine del volume sottolineeremo ora solo le caratteristiche principali di tali strutture.

La vita utile dell'edificio paragonabile a quella di un comune edificio residenziale ha portato a **standard di resistenza sismica elevati** realizzati attraverso l'utilizzo di piastre di isolamento sismico



Fig. 52 - Alcuni esempi di edifici realizzati con il Progetto C.A.S.E., L'Aquila (Flickr).

4.1.2 I PROBLEMI

(isolatori di tipo elastomerico e a fiction pendolum) volte a eliminare ogni deformazione della struttura.

Parametri fondamentali per le costruzioni sono stati però anche la **velocità di realizzazione**, che ha portato all'utilizzo di tecnologie a secco (acciaio, C.A. e legno) che permettono tempi rapidi e certi di esecuzione, e la **sostenibilità del progetto**.

Gli edifici del progetto C.A.S.E. sono infatti certificati in classe A o A+, sfruttano i pannelli solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria come da normativa e sono predisposti per l'utilizzo del fotovoltaico (alcuni sono riusciti a comprendere nei costi limite dell'appalto anche tale tecnologia).

Col tempo il progetto prevede che la necessità di alloggio da parte della popolazione sfollata, sia a poco a poco riassorbita dal riattamento degli edifici danneggiati. Tale scenario prevede quindi la conversione degli alloggi in edifici per la residenza studentesca in modo tale che i costi onerosi sostenuti per impiantare tali strutture siano comunque riassorbiti dalla vita utile dell'edificio.

Il progetto si configura però viziato da alcuni problemi. In primo luogo la **monofunzionalità** degli edifici che sia nella prima fase, sia nello sviluppo successivo prevedono un utilizzo esclusivamente residenziale. Tale funzione è inoltre limitata dalla scarsa **accessibilità** delle aree scelte per ospitare gli interventi, quasi sempre molto lontane dal centro storico (motore sociale della vallata) e quindi con difficoltà di collegamenti pubblici. Una problematica che risulta significativa soprattutto se si pensa che il centro storico di L'Aquila è anche centro del sistema universitario.

Il rischio di tali quartieri superata la fase di emergenza e post-emergenza, è quindi quello da una parte di divenire quartieri dormitorio, dall'altra di far morire la città per perdita del proprio ruolo di centralità.

Per capire queste obiezioni bisogna valutare anche le **dinamiche economiche** che potrebbero essere generate successivamente alla conversione degli alloggi in abitazione studentesca. L'Aquila basa infatti una buona parte del proprio prodotto interno sulle attività di servizio al mondo universitario fin ora descritto. Realizzare quartieri dormitorio per studenti potrebbe quindi porre in crisi questa

economia, danneggiando il sistema degli affitti e spostando i servizi all'esterno del centro storico per avvicinarsi ai possibili clienti.

Se da una parte quindi la lontananza potrebbe portare gli studenti a preferire comunque un alloggio centrale, facendo però morire il progetto C.A.S.E., dall'altra il successo dell'intervento porterebbe probabilmente alla spopolazione del centro storico.

Nonostante queste obiezioni l'intervento risulta essere innovativo poiché si pone il problema della riconversione delle strutture di emergenza (questione che non si pone invece per i progetti M.A.P. e M.U.S.P.).

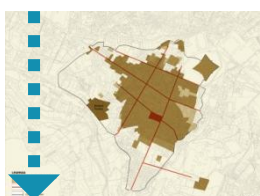
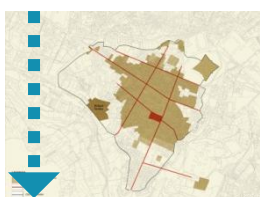
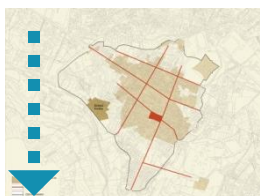
Il problema di realizzare strutture prefabbricate in occasione di un'emergenza è infatti principalmente quello dello stoccaggio. Da una parte molto spesso ci si trova a dover improvvisare i rifugi con il materiale disponibile per l'impossibilità di stoccare grandi quantità di strutture ad hoc per queste eventualità, dall'altra vi è sempre il problema del loro smaltimento una volta terminata la loro funzione specifica.

Come abbiamo detto imparare dai propri errori costituisce senza dubbio uno dei passaggi più importanti nella progettazione di un'emergenza e i limiti del progetto C.A.S.E sono stati così fonte di analisi per la stesura della proposta progettuale di questa tesi che punta alla realizzazione di un sistema di pianificazione alternativo e non per forza migliore di quello adottato.

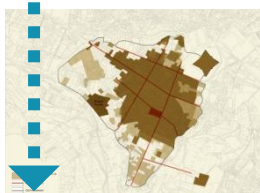


Fig. 53 - Sede del rettorato e degli studi amministrativi dell'Università di L'Aquila (Flickr).

4.2 BACKUP AREAS



4.2.1 ANALISI STORICA E MORFOLOGICA



Analizzata lo stato dell'arte nel campo dell'antisismica e dell'intervento in stato di emergenza e studiata la situazione della città di L'Aquila, il progetto si è posto l'obiettivo di realizzare una pianificazione del territorio volta ad affrontare un possibile stato di crisi realizzando interventi integrati con il tessuto urbano esistente. Tale proposizione rispetto al piano C.A.S.E. parte dalla cosiddetta fase zero, citata nei paragrafi passati, precedente al momento dell'emergenza vera e propria, e vuole essere più che un modello sostitutivo a quello già realizzato, una base da cui partire per la realizzazione del nuovo piano dell'emergenza della città e una logica da seguire per la pianificazione di altre realtà.

La volontà di mantenere il progetto nell'ambito del tessuto urbano esistente ha portato quindi a concentrare lo studio storico e morfologico della città di L'Aquila rispetto al suo centro storico individuato nello spazio compreso dalle sue mura di origine cinquecentesca.

Le leggende locali indicano la nascita della città come atto di unione dei cento castelli che occupavano la vallata. Ognuno di essi si era quindi impegnato a realizzare all'interno del nuovo borgo una **piazza**, una **chiesa** e una **fontana**, ma all'ultimo uno di essi si era ritirato lasciando quindi gli altri in novantanove, da cui il nome della fontana più importante presente a Borgo Rivera (unico tra i borghi originari ad essere incluso all'interno della cittadina).

Finita la leggenda la storia della città rivela come la sua espansione sia continuata in maniera lenta e regolare fino alla seconda guerra mondiale rimanendo compresa nelle sue mura, fino ad allora tutt'altro che sature, per vedere un processo di metastasi del territorio soltanto con l'industrializzazione seguita al dopoguerra.

Oggi l'urbanizzazione del territorio della vallata risulta così occupato da un tessuto irregolare e disordinato ricco di vuoti urbani dove sono collocati quartieri residenziali monofunzionali e centri di produzione. Le funzioni principali, i servizi e i luoghi di aggregazione risultano invece ancora concentrati nel centro dove infatti possiamo ritrovare anche la sede principale dell'università.

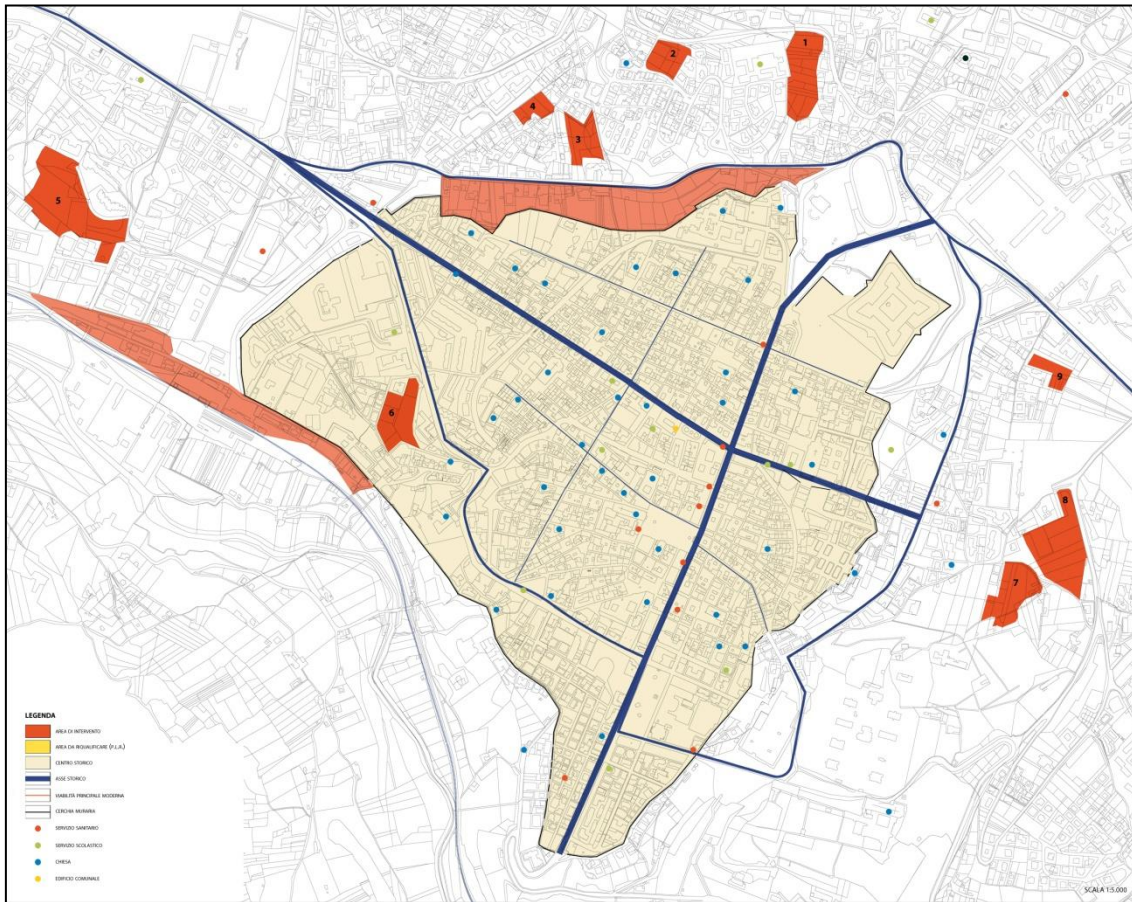


Fig. 54 - Pianificazione delle aree di intervento, scala 1:5000.

4.2.2 PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

Il progetto si propone quindi la realizzazione di un sistema quartieri d'emergenza volti a realizzare la connessione tra i brani di città disgregati andando a riempire i vuoti urbani esistenti. Tali spazi, progettati per rispondere a requisiti di flessibilità e temporaneità, rispondono alla successione delle fasi di prevenzione, emergenza e ricostruzione per ottenere al termine dell'intervento una città nuova, parallela ma integrata con la vecchia, capace di essere così motore per la sua ricrescita.

Le aree individuate dalla carta progettuale sono state scelte in base alla loro posizione, conformazione e alla loro destinazione urbanistica attuale. Esse sono distribuite lungo la cintura della circonvallazione della città (che a differenza di quello che potrebbe pensarsi attraversa la cerchia muraria) e costituiscono solo una parte dell'intervento che andrebbe realizzato in maniera diffusa, proporzionalmente alle densità abitative, in modo da garantire in

fase di emergenza dei rifugi per tutta la popolazione del comune e una redistribuzione dei servizi anche nel territorio periferico.

Ognuno dei siti si confronta quindi con **i tre punti chiave** che avevano portato alla fondazione della vecchia città per realizzare così una piazza (il **parco**), una chiesa (un servizio per il parco che lo renda **luogo di aggregazione**) e una fontana (**elemento scenico da reinterpretare in chiave moderna perché sia funzionale al progetto**). Tali punti vengono esemplificati dalle soluzioni scelte per la progettazione definitiva di una delle aree di intervento dove si è arrivati al livello esecutivo delle opere.

4.2.3 PROGETTAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO



Fig. 55 - Stato di fatto dell'area di intervento (AREA 6).

La proposta punta a realizzare un **parco multifunzionale** di circa 20.000 m² a carattere prevalentemente studentesco. Al suo interno si prevede la realizzazione di un edificio a destinazione mista in cui inserire un primo piano di servizi (**biblioteca di quartiere, farmacia, sportello postale**) e due piani di **residenza studentesca** che definisce la caratterizzazione del parco e il motore di aggregazione sociale. Il tema della fontana, vista anche la difficile relazione il limitrofo simbolo storico della Fontana delle Novantanove Cannelle, è interpretata dalla realizzazione di una successione di **vasche di fitodepurazione** che hanno il duplice compito di garantire il riuso delle acque reflue in chiave di risparmio idrico e di alleggerire già dai primi momenti il carico fognario della rete esistente in modo da permettere l'inserimento di questo nuovo quartiere senza dover intervenire su un ridimensionamento delle condotte esistenti. Per garantire l'ottimizzazione del filtraggio e l'assenza di odori e insetti, spesso causati da questi impianti, le vasche sarebbero così progettate a monte con un flusso orizzontale sommerso per poi passare ad uno verticale e terminare in quello superficiale.

Linee guida del progetto sono i principi di:

- **Velocità**, ottenuta mediante la scelta di tecnologie a secco con materiali mono e bi-dimensionali e la pianificazione di ogni fase dell'intervento.
- **Semplicità**, ottenuta dall'impiego in ogni fase di materiali facilmente disponibili in loco e tecnologie a secco a bassa complessità che consentono il montaggio e lo smontaggio degli elementi senza ricorrere a personale specializzato.
- **Flessibilità**, ottenuta dall'utilizzo di tensostrutture e la predisposizione iniziale delle reti impiantistiche.

- **Durabilità**, ottenuta scegliendo ogni materiale in base alla sua durata nel tempo in rapporto alla probabilità di una sua sostituzione per passaggio alla fase successiva del piano.
- **Riuso**, ottenuto pensando ogni elemento per essere dismesso solo al termine delle proprie capacità di durata e per ottenere invece una ricollocazione nelle fasi successive di progetto (tale logica minimizza la necessità di stoccaggio di materiali preventivamente alla condizioni di emergenza).
- **Riciclo**, ottenuto scegliendo una tecnologia a secco e dei materiali quali legno e acciaio.

Il progetto ha quindi suddiviso gli interventi urbanistici secondo quattro fasi principali:

- La **FASE1 di pianificazione dell'emergenza**, porta alla realizzazione del parco e di solo uno dei cinque edifici, quello contenente le funzioni pubbliche e aggregative. Per restanti quattro edifici sono predisposte le fondazioni e l'allaccio ai servizi (rete idrica, acque bianche, acque nere, rete elettrica e internet WiFi) in modo da rendere il parco sia adatto ad accogliere le funzioni di emergenza sia capace di ospitare funzioni temporanee quali bar, mercati, luoghi di studio e concerti. Viene anche realizzato un parcheggio multipiano seminterrato dimensionato per lo sviluppo finale dell'area, ma sfruttabile in questa prima fase per garantire l'accesso in città da parte di turisti e visitatori.



Fig. 56 - Area di progetto durante la fase 1.

- La **FASE2 di early recovery**, rappresenta i momenti immediatamente successivi al sisma. L'area si presenta subito come luogo sicuro dove radunare la popolazione per l'accoglienza e già nel corso del primo giorno il parco permettere la riconfigurazione dei teli utilizzati per le strutture temporanee in tendopoli. Questa operazione unita alla conversione degli alloggi studenteschi in rifugi d'emergenza garantirebbe la disponibilità di circa 250 posti letto. La scelta della funzione studentesca per le residenze infatti permetterebbe la rapida disponibilità di alloggi antisismici mediante il ritorno ai paesi di origine di un settore della popolazione locale che non ha nessuna necessità di rimanere nelle aree colpite dal sisma, soprattutto in queste fasi di emergenza. Al piano terra dell'edificio principale la biblioteca viene così convertita in centro di coordinamento dei soccorsi, mentre si manterrebbero attive le funzioni di farmacia a banco postale, utili a livello pratico e capaci di dare un senso



Fig. 57 - Area di progetto durante la fase 2.

normalità che costituisce supporto psicologico per la popolazione sfollata. Già dai primi momenti, probabilmente entro le prime settimane, si può quindi partire con l'edificazione dei primi 2 edifici di alloggi di emergenza. Il parcheggio destinato alle funzioni del parco è trasformato in area di stoccaggio materiali e mezzi.

- La **FASE3 di post-emergenza**, individua una configurazione (che potrebbe essere collocata a circa quattro mesi dalla evento sismico) in cui si sta provvedendo a terminare anche gli ultimi due edifici del progetto che hanno così sostituito completamente le tendopoli presenti sull'area ottenendo alloggi di emergenza per un totale di circa 350 posti letto. Il ripristino della normalità è accompagnato dal ritorno nell'edificio principale alle funzioni originarie, la biblioteca riprende la sua attività e se le condizioni lo consentono gli alloggi sono riassegnati agli studenti che riprendono le lezioni. Ai piani terra degli altri edifici realizzati trovano collocazione funzioni di tipo commerciale volte a sostituire le attività distrutte dal sisma. Il progetto prevede il termine di realizzazione dell'intervento entro sei mesi dall'evento, ma ciò non significa che il lavoro nella città sia concluso. Il quartiere è ora però operativo e consente di pensare in maniera specifica ai lavori sul tessuto urbano danneggiato.



Fig. 58 - Area di progetto durante la fase 3.

- La **FASE4 di ripristino della normalità**, rappresenta la fine dei lavori nella città e l'indicazione temporale dipende quindi da moltissimi fattori non governabili dal progetto della singola area. Gli edifici realizzati sono ora a tutti gli effetti le nuove residenze di chi durante il sisma ha perso la propria abitazione. Chi è riuscito invece a riparare il proprio alloggio ha fatto ritorno alla sua residenza originaria e permettendo di ricombinare le unità in tagli differenziati da 90 m² o 45 m² a seconda delle esigenze dei nuclei familiari. La demolizione delle abitazioni distrutte dal sisma, già sostituite funzionalmente in fase di emergenza, porta quindi alla configurazione di nuovi vuoti urbani. Previa un'analisi delle prestazioni sotto sforzo degli ultimi quartieri di emergenza realizzati, tali aree possono quindi essere ripianificate per l'allestimento dei nuovi siti atti a affrontare la successiva emergenza. Il dimensionamento dei nuovi quartieri sarà comunque di impatto minore sul territorio e l'economia in quanto il rischio sismico della città è ora più basso per la presenza di un numero elevato di edifici ad alta resistenza sismica.



Fig. 59 - Area di progetto durante la fase 4.

4.2.4 EVERUP BUILDING

La progettazione è quindi stata spostata al livello dei singoli edifici andando a concentrarsi sull'edificio a carattere pubblico per definire il suo sviluppo in ogni fase della pianificazione adottata.

L'edificio realizzato si presenta come un corpo a stecca posizionato in prossimità dei cambi di quota del parco in modo da garantire la compresenza di due piani terra. La distribuzione a ballatoio unita alla struttura ad ampie luci rende il parco un ambiente collettivo di ingresso all'edificio stesso e consente di mantenere totalmente libera la pianta interna che risulta in tal modo assolutamente flessibile. I collegamenti verticali tra le diverse unità abitative sono effettuati mediante scale esterne e un ascensore.

Anche questo livello di progettazione è stato così basato sullo studio delle fasi di progetto:

- La **FASE1 di residenza studentesca**, porta alla realizzazione di alloggi uniformi di 45 m² (2 abitanti) in cui i materiali sono studiati per garantire una resistenza maggiore rispetto ad una normale abitazione privata, i ballatoi si presentano nella loro massima estensione dando al progetto il carattere di collettività tipico di questa tipologia.
- La **FASE2 di rifugio**, porta alla rassegnazione degli alloggi alla popolazione sfollata (da 2 a 6 abitanti), non vi sono modifiche sostanziali al progetto tranne che nella disposizione degli arredi, portando al collocamento delle attrezzature necessarie ad ospitare un nucleo familiare.
- La **FASE3 di ripristino della residenza studentesca**, riconfigura l'edificio principale come appartamento studentesco e assegna spostando la popolazione sfollata ai nuovi alloggi realizzati lasciando quindi nuovamente immutata la conformazione delle unità abitative.
- La **FASE4 di residenza privata**, porta invece nei quattro nuovi edifici alla realizzazione di alloggi di taglio differenziato, da 90 m² o 45 m². Per tale scopo si portano modifiche alle disposizioni degli alloggi unendo verticalmente alcune unità abitative ma lasciando inalterate sia la chiusura perimetrale sia le partizioni tra unità affiancate in modo da non intervenire sugli elementi più complessi ma solo su quelli più facilmente modificabili. Le modifiche vengono quindi svolte a livello di partizioni interne leggere e di solaio che essendo diviso in

elementi bidimensionali consente il sollevamento di uno di essi per il collocamento di una scala.

4.2.5 PRESTAZIONI ENERGETICHE

Particolare attenzione in questo livello di progetto è stato dato, oltre che ai principi già illustrati nelle linee guida fondamentali anche all'**ecosostenibilità** del progetto.

Nonostante non abbia infatti nulla a che fare con la logica del progetto case, il progetto è stato pensato per mantenere prestazioni analoghe se non superiori a quelle richieste dai bandi relativi al progetto C.A.S.E., sia per quanto riguarda la struttura, sia per quanto riguarda le logiche architettoniche.

L'edificio presenta quindi delle dimensioni fisiche analoghe (12x48m), elevate proprietà antisismiche che analizzeremo più avanti e mantiene la **classificazione energetica A+** (secondo Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici del DM del 26/6/2009).

A questo scopo sono state condotte le verifiche delle prestazioni dell'involucro mediante il calcolo delle trasmittanze e la **verifica del diagramma di Glaser** delle murature, sia in condizioni estive, sia invernali. Nonostante le ampie superfici vetrate necessarie ai piani superiori per garantire flessibilità agli ambienti, tali verifiche sono state soddisfatte grazie all'utilizzo di **serramenti ad alta prestazione** (1,1 W/m²K) e ad accorgimenti progettuali quali il **basso rapporto S/V**, **l'eliminazione dei ponti termici** grazie all'utilizzo del legno, i **profondi ballatoi**, **spazi filtro** di ingresso, **schermi solari** e l'utilizzo di **pompe di calore**. Come per gli edifici del progetto C.A.S.E. è stata prevista la possibilità garantire la produzione di energia elettrica autonoma mediante il collocamento di **pannelli in silicio cristallino amorfo**. La scelta di tale tipologia di impianto è stata effettuata per massimizzare la sua produzione anche per le inclinazioni della copertura non ottimali e in condizioni sfavorevoli sia climatiche sia di ombreggiamento a costi ridotti rispetto ad altre tecnologie. Il calcolo condotto per la valutazione della superficie captante utile ha garantito la copertura della totalità dei consumi dell'edificio per climatizzazione con una superficie pari a circa 330 m² collocabile quindi facilmente sulla sommità dell'edificio.

4.2.6 PRESTAZIONI STRUTTURALI

Il progetto ha quindi voluto applicare all'edificio una struttura che sfruttasse la tecnologia innovativa dei telai in legno precompressi (in

realtà post-tesi) per confrontarlo con il sistema di isolamento sismico utilizzato nel progetto C.A.S.E.

Le Linee guida strutturali da sommare ai principi architettonici precedentemente elencati sono stati quindi:

- La **deformabilità**, raggiunta inserendo solo elementi trave/pilastro uniti da cavi di post-tensione.
- Lo **smorzamento**, realizzato utilizzando i ballatoi come pendoli con periodo opposto a quello della struttura principale in modo simile ai sistemi passivi di mass dampers.
- La **leggerezza**, realizzata scegliendo per la costruzione soltanto materiali a bassa densità come il legno e la perlite espansa che garantiscono alla struttura basse forze di inerzia e concentrando i materiali a densità maggiore nelle strutture di smorzamento.

Il calcolo di un edificio di questo tipo ha però dovuto confrontarsi con la difficoltà data da un modello di progettazione non ancora ben definito e condiviso dalla comunità scientifica.

In questi casi il metodo più corretto per procedere ad un calcolo per zona sismica è quello del **calcolo dinamico**. Tale procedura mediante un procedimento passo passo permette infatti di definire le proprietà plastiche della struttura e stabilire quindi quante e quali cerniere plastiche si possano realmente formare prima che avvenga il collasso. Il rapporto tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione è definito **fattore Q**.

Tale calcolo è stato però scartato a priori per gli obiettivi di questa tesi perché consisteva in una procedura troppo lunga e complessa per un semplice predimensionamento di livello architettonico.

La normativa italiana corrente consente infatti di semplificare il calcolo per quelle strutture di cui si possa ipotizzare il fattore Q senza timori e definisce delle tabelle per realizzare un **calcolo statico equivalente**.

Per la struttura presa in esame è stato quindi considerato un fattore Q pari a 3, che risulta essere uno dei minimi applicabili a strutture a telaio, cercando quindi di mantenere un calcolo abbastanza conservativo.

È stato quindi compiuta l'analisi di due modelli paralleli, uno con le cerniere completamente chiuse, ovvero con i nodi del telaio perfettamente rigidi, uno assimilando i giunti a cerniere con una molla torsionale applicata nel nodo in modo da simulare il comportamento delle cerniere attivate.

Le rigidità di tali cerniere è stata considerata uniforme per tutti i giunti ed è stata quindi definita tramite il dimensionamento dei cavi di trazione considerando la relazione tra la deformazione torsionale del giunto e la deformazione lineare del cavo fissato esclusivamente ai due estremi e equiparandola al momento massimo raggiungibile ai nodi dal telaio sottoposto alle azioni degli stati limite ultimi per la condizione di carico fondamentale.

In questo modo le cerniere sono state così considerate attive solo per le azioni relative allo stato limite di salvaguardia della vita per una condizione di carico sismica.

I risultati ottenuti hanno mostrato, come si poteva supporre, che tale condizione estrema non rappresenti il comportamento della struttura sottoposta a sisma in quanto sicuramente non tutte le cerniere potranno aprirsi contemporaneamente ma andranno in crisi, aprendosi e chiudendosi più volte, in momenti separati. La struttura durante il sisma manterrà quindi comunque parte della sua iperstaticità e quindi della sua rigidità.

Se il primo telaio a giunti rigidi ha quindi mostrato un periodo proprio di 0,75 s, mentre il secondo un periodo di 1,3 s (passando così da un'accelerazione di circa 0,2 g a 0,1 g e dimezzando in buona sostanza l'azione del sisma sulla struttura) nella realtà il telaio molto probabilmente si assesterà su di un valore mediano tra i due sia del periodo sia delle accelerazioni. Il periodo proprio considerato, definito tramite la comparazione di diversi modelli di telaio in cui sono state attivate alternativamente un numero diverso di cerniere, è stato quindi di 0,88 s e quindi un'accelerazione di 0,16 g.

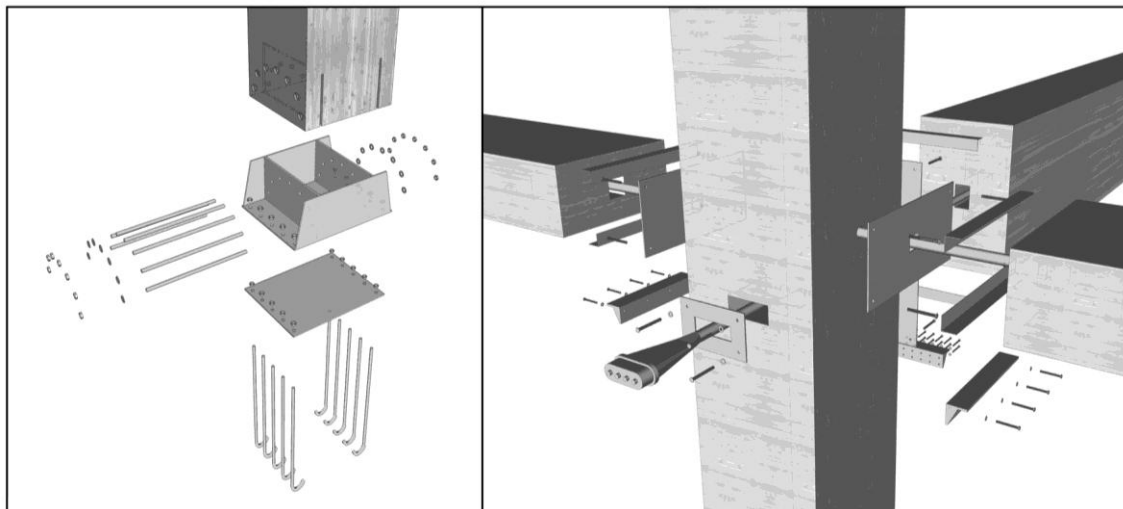
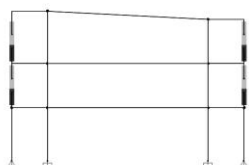


Fig. 60 - Giunti tipo della struttura, incastro a terra e connessione trave-pilastro.

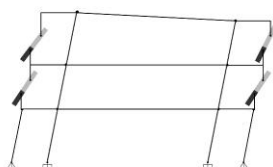
Gli spostamenti ottenuti in questo modo sia longitudinalmente sia trasversalmente alla struttura sono stati dell'ordine dei 10 cm, un valore elevato dovuto all'alta deformabilità richiesta alla struttura.

STRUTTURA INDEFORMATA



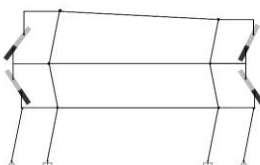
Tali valori rimangono comunque approssimativi e rimane quindi la necessità di approfondire la questione mediante un calcolo dinamico vero e proprio.

PRIMO POSSIBILE MODO DI VIBRARE DELLA STRUTTURA



Tale discorso vale anche per la struttura a **pendolo** che è stata realizzata nei ballatoi. Visti gli elevati spostamenti propri della tecnologia dei telai in legno post-tesi si è voluto sfruttare questo difetto a vantaggio della struttura ispirandosi al modello delle pagode giapponesi. Le strutture dei ballatoi realizzano così un meccanismo volto a generare una forza di inerzia opposta a quella principale dell'edificio, o se vogliamo a spostare il baricentro delle masse dell'edificio in maniera tale da ridurre l'effetto del sisma sulla struttura. Partendo dalla formula semplificata del pendolo inverso

SECONDO POSSIBILE MODO DI VIBRARE DELLA STRUTTURA



per cui — si può dimostrare che se si ottengono spostamenti del baricentro di tale meccanismo pari a due volte gli spostamenti dell'intera struttura posso instaurare una proporzionalità diretta tra il rapporto tra le forze e il rapporto tra le masse:

Fig. 61 - Schemi di dinamica rapporto edificio/pendolo per modo di vibrazione.

Se quindi la massa concentrata del pendolo risulta pari a quella dell'edificio avrò al più che anche la forza smorzante sarà uguale a quella totale di inerzia e quindi l'edificio non si muoverà, ma questo è ovviamente un caso che non potrà mai verificarsi per i limiti della costruzione. Molto più probabilmente la massa del pendolo corrisponderà ad una percentuale di quella totale e permetterà di smorzare le azioni del sisma di quella quota parte.

Il progetto ha quindi utilizzato all'interno del pendolo come masse concentrate dei gabbioni metallici riempiti di pietrame che, oltre che costituire il parapetto di balconi e ballatoi, confrontati con la struttura leggera in legno potrebbero garantire uno smorzamento di circa il 15%. Tale valore è però ovviamente puramente teorico perché tale sistema andrebbe controllato insieme alla struttura principale inserendolo nel calcolo dinamico della struttura.

A livello intuitivo si può notare che però a differenza dei mass dampers passivi un pendolo di questo tipo avrebbe in primo luogo il vantaggio di non occupare uno **spazio notevolmente inferiore** e di risultare **accordato per più di un modo** di vibrare della struttura. Ognuno di tali pendoli infatti, essendo rigidamente collegato alla propria porzione di edificio, garantisce un'azione contraria appropriata in ogni punto della struttura.

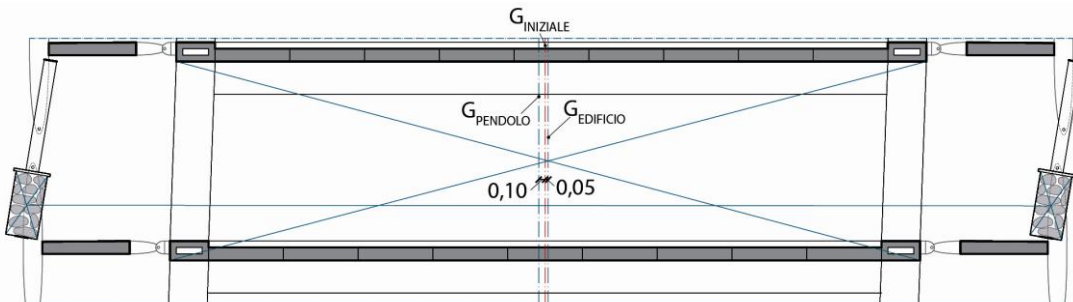


Fig. 62 - Schema dinamica pendolo sul piano tipo di riferimento.

4.2.7 GLI ELEMENTI PORTATI

Il comportamento dell'edificio al sisma ha quindi richiesto una progettazione attenta delle componenti non strutturali volta ad evitare che una loro errata configurazione le ponesse in una condizione di danno in caso di evento sismico.

Tutti questi elementi sono così studiati per evitare di offrire resistenza agli spostamenti della struttura.

Le **chiusure verticali** sono così agganciate a terra ma mantengono un binario di scorrimento nella parte superiore consentendo i movimenti longitudinali all'elemento (e piccole compressioni) ma non quelli trasversali. Ai lati sono inserite zone di compenetrazione tra strati differenti di cartongesso in modo da garantire una camera di compensazione ai movimenti della struttura.

Stessa logica è stata utilizzata per **le soletta di ballatoi e balconi**.

4.2.8 LA MANUTENIBILITÀ DELLA STRUTTURA

Gli elementi di collegamento verticale sono invece stati realizzati ponendo dei vincoli rigidi nell'interfaccia con il piano superiore e lasciando libera di muoversi la base realizzata in semplice appoggio.

Discorso a parte meritano **gli impianti** dei quali è stata curata l'accessibilità per manutenzione e che sono stati realizzati mediante tubi multistrato più flessibili agli spostamenti orizzontali rispetto alle tubature in acciaio.

La struttura realizzata ha imposto come ultima fase anche uno studio della manutenibilità della stessa. Le strutture precomprese tendono infatti a subire fenomeni di rilassamento a causa della viscosità propria dei materiali utilizzati. Questa osservazione risulta vera sia se si parla di calcestruzzo sia, a maggior ragione, se si parla di un materiale come il legno. Il progetto ha quindi garantito l'accesso a tutte le piastre di trazione dei trefoli in modo da permetterne la verifica dello stato di sforzo e la ritensione.

Tali operazioni saranno quindi condotte sia al momento della realizzazione della struttura in più sessioni per arrivare allo stato di regime, sia periodicamente durante la vita della struttura per garantirne le prestazioni statiche e dinamiche.

TEMA
 PROGETTO DI UN EDIFICIO RESIDENZIALE A
 DEFORMAZIONE CONTROLLATA PER
 INTERVENTI POST EMERGENZA SISMICA.
PRESTRESSED TIMBER FRAME BUILDING

Fig. 63 - Struttura di progetto

ELEMENTI CENTRALI DI PROGETTO			TEMATICHE CENTRALI						
			RISPOSTA STRUTTURALE		RISPOSTA ENERGETICA		RISPOSTA D'UTILIZZO	DURATA DELLA RISPOSTA	
			INERZIA	CEDEVOLEZZA	INERZIA	PRODUZIONE	FLESSIBILITÀ	≤ 10 ANNI	≥ 50 ANNI
ELEMENTI TECNOLOGICI (CLASSIFICAZIONE SECONDO UNI 8290)	CHIUSURA	VERICALE	STRUTTURA PORTANTE						
			PARETI PERIMETRALI						
		ORIZZONTALE SU SPAZI ESTERNI	INFISSI ESTERNI						
			SOLAI SU SPAZI APERTI						
			COPERTURA						
	ORIZZONTALE INFERIORE	SOLAIO A TERRA							
	PARTIZIONE INTERNA	VERTICALE	TAMPONAMENTI INTERNI						
			INFISSI INTERNI						
		ORIZZONTALE	SOLAI						
	PARTIZIONE ESTERNA	VERTICALE	ELEMENTI DI RISALITA - SCALE/RAMPE						
			ELEMENTO DI SEPARAZIONE						
		ORIZZONTALE	BALCONI E LOGGE						
			PASSERELLE						
	INCLINATA	ELEMENTI DI RISALITA ESTERNI - SCALE/RAMPE							
		IMPIANTO DI FORNITURA SERVIZI	IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE						
			IMPIANTO IDROSANITARIO						
			IMPIANTO DI SMALTIMENTO LIQUIDI						
	IMPIANTO ELETTRICO								
	ATTREZZATURA INTERNA	ARREDO DOMESTICO							
		BLOCCO SERVIZI							
FUNZIONALITÀ	REALIZZAZIONE								
	RIUSO								

4.3 IL CONFRONTO

Il progetto sviluppato con questa tesi ha cercato di dimostrare le possibili prestazioni di una tecnologia in corso di sviluppo applicata al tema dell'emergenza abitativa e le considerazioni fin ora svolte hanno presupposto la sostenibilità economica di questo sistema.

Il sistema di aree prevede il suo finanziamento attraverso un sistema di **cofinancing** tra comune e imprese private selezionate mediante gara di appalto. L'affitto delle strutture realizzate costituirebbe così garanzia di ritorno economico per tali società. Anche di fronte all'evento sismico e all'occupazione degli spazi a scopo di early recovery, tale ritorno sarebbe quindi garantito dalla possibilità di realizzare i nuovi volumi per il completamento del progetto.

Partendo da questi presupposti si è quindi cercato di realizzare un computo metrico estimativo della struttura utilizzando come riferimento il prezziario 2011 della regione Abruzzo redatto successivamente al sisma e che tiene conto quindi anche di molte procedure non prettamente standard che sono state applicate per la ricostruzione post-emergenza. Nonostante la tecnologia non sia ancora parte di un processo industriale tale operazione è stata possibile poiché i singoli elementi che realizzano la precompressione in un telaio in legno lamellare sono di comune utilizzo e non sono legati a brevetti specifici.

Tenendo quindi conto di un costo al m³ del legno di abete pari a circa 1500 €¹¹ il costo totale della struttura è risultato di circa 935.000 € compresa di scavi di fondazione getti in calcestruzzo.

Dal momento che la realizzazione di un progetto di questo tipo potrebbe comportare, almeno per i primi edifici, dei costi più elevati del normale a causa dell'inesperienza rispetto a questa tecnologia, non è da escludere che il costo finale reale possa avvicinarsi più probabilmente a quasi 1.000.000 €¹², arrivando a **circa 570 € al m²**.

Anche in questo modo comunque l'intervento risulta avere un ampio margine rispetto alle piastre isolate realizzate per il progetto C.A.S.E.

¹¹ Il costo degli elementi in legno risulta piuttosto elevato per la necessità di approvvigionarsi al nord.

¹² Ipotizzando un incremento del costo reale di circa il 10% rispetto alla stima eseguita.

I costi ufficiali del progetto secondo il sito della protezione civile sono stati infatti di circa 765.000 € per ogni piastra a cui sommare il costo della struttura vera e propria degli edifici. Il computo metrico dettagliato per ogni voce di spesa non era ovviamente disponibile ma tenendo conto che ogni edificio è stato realizzato secondo un appalto che fissava come tetto massimo di spesa 2.100.000 €, possiamo dedurre che la struttura di tali edifici possa essere costata circa 420.000 €¹³.

Il costo totale delle strutture degli edifici realizzati si è quindi aggirato intorno ai 1.185.000 € arrivando a circa **690 € al m²**.

Il telaio in legno lamellare da questi calcoli è ipotizzabile possa costare circa il 20% in meno rispetto ad un sistema realizzato mediante isolatori a fiction pendolum. La sostenibilità economica del progetto sembra quindi essere garantita poiché il progetto, a parità di prestazioni, richiede un investimento iniziale minore.

Ovviamente questi calcoli teorici andrebbero testati su un edificio reale per ottenere dati statisticamente significativi e solo un'applicazione pratica potrà quindi confermare o smentire le tesi fin ora avallate.

¹³ Ritenendo che la struttura portante degli edifici posti sopra alle piastre essa possa essere stimata intorno al 20% del costo totale.

C O N C L U S I O N I

Il progetto realizzato per la città di L'Aquila analizza lo stato dell'arte nel campo dell'antisismica e dell'intervento in stato di emergenza e studia una pianificazione del territorio flessibile volta ad affrontare un possibile stato di crisi realizzando interventi integrati con il tessuto urbano esistente. Le logiche studiate sono mirate all'intervento sul territorio del capoluogo abruzzese ma possono essere la base per realizzare interventi simili anche in altre città italiane che presentano problemi idrogeologici analoghi.

La tesi ha analizzato i vantaggi di una struttura ad alta deformabilità rispetto a una struttura ad alta rigidità isolata simicamente. L'analisi finale dei costi mostra come questa soluzione possa risultare non solo più semplice da un punto di vista tecnologico, ma anche più economica. Il prezzo da pagare per un comportamento strutturale di questo tipo sono però gli spostamenti elevati che impongono un livello progettuale molto più complesso.

Queste considerazioni rendono la precompressione di strutture a telaio in legno una nuova frontiera per interventi di emergenza in paesi a basso sviluppo, consentendo l'esportazione non più di un prodotto finito ma di un progetto facilmente realizzabile in loco tramite il sistema produttivo locale.

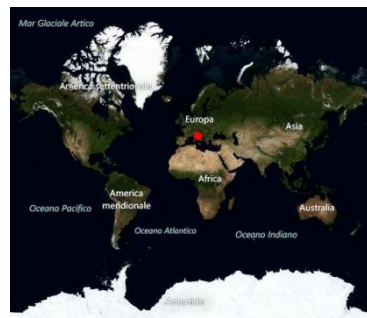
Soluzioni come questa permetterebbero infatti di ottimizzare la macchina degli aiuti internazionali che ad oggi brucia una parte consistente dei fondi stanziati più che per i materiali di aiuto veri e propri per il trasporto degli stessi nei luoghi di intervento.

Come abbiamo precisato nel corso della trattazione queste sono però al momento ipotesi di possibili sviluppi poiché di fatto bisogna ancora definire in maniera dettagliata un metodo di calcolo appropriato per il loro dimensionamento e degli studi di sostenibilità economica che si basino non solo su proiezioni teoriche ma anche su solide basi statistiche.

A P P E N D I C I

APPENDICE A: SCHEDE EVENTI SISMICI

MAGNITUDO	6,5
LUOGO	Udine, Italia
ANNO	1976
CLASSIFICAZIONE GLIDE	-
MORTI	695
FERITI	-
SFOLLATI	100.000
PERSONE COINVOLTE	600.000
DANNI ABITAZIONI	18.000 edifici distrutti e 75.000 danneggiati
COSTO TOTALE DEI DANNI	18.500 milioni (€)



BREVE DESCRIZIONE

Il 06/05/76 alle 21.06 (ora locale) una scossa sismica della durata di circa 60 secondi e magnitudo 6,5, con epicentro situato presso monte S. Simeone tra Gemona e il lago di Cavazzo, colpisce il territorio Friulano. La zona più colpita fu l'area a nord della città di Udine.

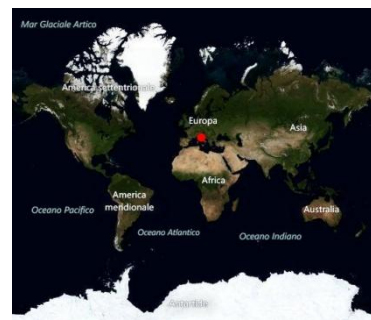
In tutte le aree colpite vengono gravemente danneggiate le reti impiantistiche e in particolare quella elettrica provocando un **black-out generale**. A livello sanitario si può evidenziare che su La risposta all'emergenza viene organizzata inizialmente mediante la realizzazione di **tendopoli** (affiancate da soluzioni più puntuali come quella del contributo di **vagoni cuccetta** delle ferrovie). Tale soluzione viene ritenuta quella ottimale perché il periodo è favorevole per clima (maggio) e le tende risultano veloci e facili da trasportare. L'intervento in una seconda fase punta quindi al ripristino della "normale" attività dei paesi.

Il 11/09 si verifica però una nuova scossa sismica di magnitudo 5,1 e il 15/09 un'altra di magnitudo 6,1 e durata superiore ai 60 secondi. **La fase di emergenza che si considerava conclusa è quindi riaperta**, il periodo è ormai sfavorevole e la soluzione migliore risulta quindi essere quella di **evacuare la popolazione** verso i centri costieri per provvedere agli alloggi sfruttando gli **edifici destinati all'attività turistica estiva**. Le strutture così occupate vengono però lasciate libere per il mese di Aprile in modo da non interferire con l'economia locale e la fase di emergenza si chiude con il trasferimento ai **moduli prefabbricati** ormai ultimati.

Il modello di intervento in occasione del sisma del Friuli è stato basato sul **decentramento delle operazioni**, in modo da costruire una piramide istituzionale con una base allargata il più possibile vicina alla popolazione. L'organizzazione di accentrava così in una Struttura Centrale, costituita da una sala operativa presieduta dal commissario, che coordinava le operazioni dei nove Centri Operativi, i quali a loro volta si relazionavano ognuno con circa cento comuni, ognuno dei quali posto in contatto con le necessità di circa tremilacinquecento abitanti.

Il modello Friuli è stato considerato da tutti un successo e ha contribuito agli interventi per le emergenze successive.

MAGNITUDO	6,9
LUOGO	Campania e Basilicata, Italia
ANNO	1980
CLASSIFICAZIONE GLIDE	-
MORTI	2.914
FERITI	8.848
SFOLLATI	280.000
PERSONE COINVOLTE	6 milioni
DANNI ABITAZIONI	362.000 edifici distrutti o danneggiati
COSTO TOTALE DEI DANNI	66.000 milioni (€)



BREVE DESCRIZIONE

Il 23/11/80 alle 19.35 (ora locale) una scossa sismica di magnitudo 6,9, con epicentro situato tra Teora, Castelnuovo di Conza e Conza della Campania, colpisce la Campania centrale e la Basilicata centro-settentrionale.

I danni riportati dagli edifici durante il sisma sono da attribuirsi per buona parte al degrado del tessuto edilizio, già messo a dura prova dai terremoti del 1930 e 1962 e la loro entità non viene subito compresa a causa dell'**interruzione totale delle telecomunicazioni che impedisce di lanciare l'allarme**. I soccorsi risultano subito difficili principalmente per due motivi: il primo è il cattivo stato delle infrastrutture per l'accesso ai comuni colpiti e la **mancanza di un'organizzazione come la protezione civile**, istituita solo nel 1992, che coordini gli interventi. L'emergenza viene qui affrontata cercando di mantenere l'identità storica dei paesi. Si favorisce così l'**acquisto di case esistenti** e il **completamento dell'edilizia IACP**, si promuovono le **soluzioni autonome** e si privilegia l'acquisto di **containers**, facilmente trasportabili e rimovibili (oltre che riutilizzabili per nuove emergenze).

Vengono realizzati anche diversi edifici prefabbricati in legno.

L'iter dell'intervento è travagliato e alle difficoltà iniziali si aggiunge una cattiva gestione dell'emergenza e della ricostruzione che, per interessi politici e camorristici, porta alla lievitazione esponenziale dei costi. Negli anni si susseguono le indagini (legate anche al filone manipolite) ma al giorno d'oggi si continuano a stanziare fondi per questa "emergenza" che può considerarsi quindi tutt'altro che conclusa.

MAGNITUDO	7,8
LUOGO	regione di Luzon - Filippine
ANNO	1990
CLASSIFICAZIONE GLIDE	EQ-1990-000001-PHL
MORTI	2.412
FERITI	3.513
SFOLLATI	126.035
PERSONE COINVOLTE	1.597.553
DANNI ABITAZIONI	25.305 abitazioni distrutte e 77.249 danneggiate
COSTO TOTALE DEI DANNI	520.000 milioni (€)



BREVE DESCRIZIONE

Il 16/07/90 alle 16.26 (ora locale) un terremoto di magnitudo 7.8 colpisce la zona settentrionale e centrale di Luzon e parte di quella meridionale, compresa la metropoli Manila. Vengono colpiti 18,337 villaggi in 13 città, 231 municipalità in 23 province. La città di Baguio nella provincia montuosa di Luzon fu la più colpita.

MAGNITUDO	6,4
LUOGO	Killari, distretto di Latur, Maharashtra - India
ANNO	1993
CLASSIFICAZIONE GLIDE	EQ-1993-000003-IND
MORTI	9.748
FERITI	30.000
SFOLLATI	-
PERSONE COINVOLTE	39.748
DANNI ABITAZIONI	-
COSTO TOTALE DEI DANNI	210.000 milioni (€)



BREVE DESCRIZIONE

Il 30/09/93 alle 1.47 (ora locale) un terremoto di magnitudo 6.4 colpisce lo stato di Maharashtra nell'India occidentale. I distretti più colpiti furono quello di Latur e di Osmanabad. **L'ipocentro era localizzato a circa 12 km sottoterra, una profondità relativamente bassa che portarono a danni molto elevati.**

MAGNITUDO	7,3
LUOGO	zona sud della prefettura di Hyogo - Giappone
ANNO	1995
CLASSIFICAZIONE GLIDE	EQ-1995-000003-JPN
MORTI	6.434
FERITI	43.792
SFOLLATI	316.678
PERSONE COINVOLTE	366.904
DANNI ABITAZIONI	249.180 edifici distrutti e 390.506 danneggiati
COSTO TOTALE DEI DANNI	75.000 - 110.000 milioni (€)

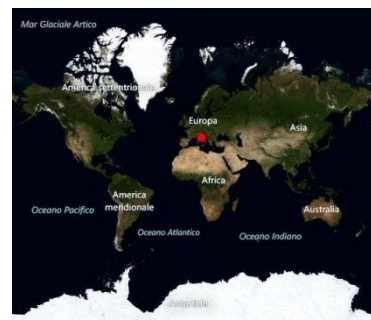


BREVE DESCRIZIONE

Il 17/01/95 alle 5.46 (ora locale) un terremoto di magnitudo 7,3 colpisce la zona meridionale della prefettura di Hyogo. Il sisma causò numerosi i danni a persone ed edifici, provocando l'interruzione di molte infrastrutture, come **acquedotti, linee elettriche e gasdotti**, e delle **principali linee di comunicazione sia su gomma sia su ferro**. Gli effetti del sisma a carattere economico si fecero sentire anche a **livello mondiale** vista l'importanza del porto di Kobe nei traffici marittimi internazionali.

Gli interventi efficienti permisero di ripristinare l'elettricità in soli 6 giorni, acqua e gas in 3 mesi. Molti furono gli aiuti internazionali che seguirono questo evento, tra questi anche quello dell'architetto Shigeru Ban che sviluppò per l'occasione la sua **Paper log house**, più volte riutilizzata successivamente per altri eventi.

MAGNITUDO	6,0
LUOGO	Umbria e Marche, Italia
ANNO	1997
CLASSIFICAZIONE GLIDE	-
MORTI	11
FERITI	100
SFOLLATI	-
PERSONE COINVOLTE	-
DANNI ABITAZIONI	80.000 edifici distrutti o danneggiati
COSTO TOTALE DEI DANNI	12.400 milioni (€)



BREVE DESCRIZIONE

Il 26/09/97 alle 2.33 (ora locale) un terremoto di magnitudo 5,8 con epicentro a Colfiorito e profondità 10 km colpisce le regioni di Umbria e Marche. Questa è ritenuta la maggiore di uno sciame sismico che era iniziato già in primavera e con una serie di scosse registrate nel comune di Massa Martana (di cui la più forte di magnitudo 4,5 aveva reso inagibile il 70% delle abitazioni nel centro storico). **Le scosse si erano succedute per tutta l'estate tanto da far preparare alla protezione civile (istituita nel 1992) un'attrezzata tendopoli a Colfiorito in previsione di una situazione di emergenza che puntualmente arriva in Settembre.**

Tale scossa viene considerata erroneamente la maggiore dello sciame anche dallo stesso sottosegretario della protezione civile Barbieri. La scossa maggiore di magnitudo 6,0 si verifica quindi mentre sono in corso le operazioni di soccorso e i sopralluoghi e porta al crollo di strutture pericolanti. In particolare nella basilica di Assisi gravemente lesionata già dalla prima scossa cede una delle volte che seppellisce quattro operatori.

Lo sciame continua fino al 04/04/98 facendo registrare numerose scosse anche di magnitudo 5,5.

Gli edifici danneggiati furono riparati in breve tempo e la risposta a questa situazione di emergenza risultò essere particolarmente positiva perché la lunga serie di precursori aveva permesso di prepararsi all'emergenza. La protezione civile aveva infatti allestito da tempo le aree per eseguire le operazioni di soccorso (aree di ammassamento, aree di accoglienza e aree di attesa) e anche la popolazione si era preparata all'evenienza. L'esperienza raccolta durante questo evento ha permesso alla protezione civile di redigere le linee guida per la realizzazione di insediamenti di emergenza seguite nei sismi successivi.

MAGNITUDO	6,2
LUOGO	regione centrale della Colombia
ANNO	1999
CLASSIFICAZIONE GLIDE	EQ-1999-000007-COL
MORTI	1186
FERITI	8.563
SFOLLATI	452.370
PERSONE COINVOLTE	1.205.933
DANNI ABITAZIONI	100.852 edifici danneggiati
COSTO TOTALE DEI DANNI	1.350 milioni (€)



BREVE DESCRIZIONE

Il 25/01/03 alle 5.27 (ora locale) un terremoto di magnitudo 6,2 colpisce la Colombia e viene seguito quattro ore più tardi da un secondo sisma di magnitudo 5,8. **Le scosse mettono in moto una serie di pareti rocciose che bloccano alcune delle strade principali** di collegamento fra le città della regione. Questo evento è stato fin ora uno dei più gravi della regione sia per estensione, sia per la complessità della situazione urbana generata dall'elevato grado di distruzione e di feriti a cui prestare soccorso.

MAGNITUDO	7,8
LUOGO	Turchia
ANNO	1999
CLASSIFICAZIONE GLIDE	EQ-1999-000008-TUR
MORTI	17.118
FERITI	43.953
SFOLLATI	100.000.000
PERSONE COINVOLTE	1.358.953
DANNI ABITAZIONI	120.000 case distrutte e 50.000 danneggiate
COSTO TOTALE DEI DANNI	15.000 milioni (€)



BREVE DESCRIZIONE

Il 17/08/99 alle 3.02 (ora locale) un terremoto di magnitudo 7,8 colpisce la zona nord-ovest della Turchia, l'epicentro è situato in prossimità della città di Izmit 104 km a est da Istanbul. Il terremoto è stato uno dei più significativi per il numero di vittime e di danni causati dell'anno.

Da analisi posteriori si è potuto imputare le cause del disastro principalmente a quattro fattori:

- 1) **Collocazione degli edifici su suolo "liquido"** - l'urbanizzazione moderna aveva infatti fatto espandere le città anche in zone precedentemente non occupate per le caratteristiche geologiche dei suoli senza intervenire con adeguate fondazioni;
- 2) **Collocazione sulla linea di faglia;**
- 3) **Cause ingegneristiche** - moltissimi edifici presentavano interpiani molto alti e scarsi muri di controvento e in molti casi i pilastri in cemento armato non erano dotati dei necessari rinforzi;
- 4) **Materiali di costruzione poveri** - La sabbia dei cementi era stata probabilmente contaminata con sabbia di mare, le barre di acciaio erano spesso lisce e non erano state usati particolari accorgimenti per rinforzare i punti critici dei telai.

Il fatto che la maggior parte degli edifici danneggiati o distrutti dal sisma fossero strutture a telaio moderne di 4 - 8 piani e l'elevato numero di collassi a piano soffice conferma questi punti.

MAGNITUDO	7,6
LUOGO	Nanto, Taichung, Taipei Sud- Est, Taiwan - China
ANNO	1999
CLASSIFICAZIONE GLIDE	EQ-1999-000321-TWN
MORTI	2.264
FERITI	8.664
SFOLLATI	100.000
PERSONE COINVOLTE	110.928
DANNI ABITAZIONI	10.000 edifici collassati e 7.000 danneggiati
COSTO TOTALE DEI DANNI	10.580 milioni (€)



BREVE DESCRIZIONE

Il 21/09/99 alle 1.47 (ora locale) un terremoto di magnitudo 7,6 colpisce Taiwan. Dai rapporti ufficiali del governo, circa 10.000 edifici collassano e più di 7.000 edifici vengono seriamente danneggiati.

5 **ponti autostradali** collassano, 9 vengono seriamente danneggiati (anche tra quelli costruiti sotto i più moderni codici antisismici) e 7 ricevono danni moderati.

MAGNITUDO	7,6
LUOGO	San Miguel - El Salvador
ANNO	2001
CLASSIFICAZIONE GLIDE	EQ-2001-000013-SLV
MORTI	1.259
FERITI	8.964
SFOLLATI	-
PERSONE COINVOLTE	1,5 milioni (25% della popolazione del paese)
DANNI ABITAZIONI	149,563 edifici distrutti e 185,398 danneggiati
COSTO TOTALE DEI DANNI	1.125 milioni (€)



BREVE DESCRIZIONE

Il 13/01/01 alle 11.33 (ora locale) un terremoto di magnitudo 7,6 colpisce la costa di El Salvador e viene seguito da numerose scosse successive (anche di magnitudo 5,1 o 5,6). Esattamente un mese dopo, il 13/02/01, una seconda sisma di magnitudo 6,6 si ripete nella regione.

Molti edifici solo danneggiati dal primo sisma finiscono per collassare con le scosse successive. L'epicentro del primo evento è collocato 105 km a sud-est della capitale. I danni maggiori vengono rilevati nei dipartimenti di San Miguel, Santa Ana, La Libertad, La Paz e San Salvador. Le aree più afflitte furono quelle vicino a "Las Colinas" nei sobborghi di Santa Tecla/Nueva San Salvador, dove **le scosse fecero distaccare un pendio ricoprendo 400 case di fango.**

Danni significativi furono subito anche da edifici critici delle città. 2.647 **scuole pubbliche**, 24 **ospedali**, 28 **cliniche**, 2.300 Km di **strade** e il 75% della **rete idrica** furono danneggiati o distrutti rendendo inutilizzabile il 40% del sistema sanitario e del 30% di quello scolastico.

MAGNITUDO	6,9 per 110 secondi
LUOGO	Gujarat (India) e Provincia di Sindh (Pakistan)
ANNO	2001
CLASSIFICAZIONE GLIDE	EQ-2001-000033-IND, EQ-2001-000039-PAK
MORTI	20.005
FERITI	166.812
SFOLLATI	1790.000
PERSONE COINVOLTE	6.321.821
DANNI ABITAZIONI	400.000 edifici distrutti e 1.000.000 danneggiati
COSTO TOTALE DEI DANNI	1.970 milioni (€)



BREVE DESCRIZIONE

Il 26/01/01 (festa della Repubblica Indiana) alle 8.46 (ora locale) un terremoto di magnitudo 6.9 colpisce lo stato occidentale di Gujarat in India per 110 secondi. Il sisma è stato il più forte degli ultimi 300 anni e gli effetti si sono fatti sentire in tutto il paese (dei 7.600 centri coinvolti dall'evento, 300 villaggi furono completamente rasi al suolo). Oltre ai danni degli edifici privati, furono danneggiati seriamente anche tutte le **reti di infrastrutture**, sia nelle città sia nei centri urbani minori. 1.200 **scuole**, centinaia di **cliniche** e **centri di cura** e 3 **ospedali** furono completamente distrutti. Cinque furono le tipologie di intervento per la ricostruzione:

- 1) **l'approccio guidato dal proprietario** - l'87% degli edifici distrutti venne ricostruito dai singoli proprietari aiutati finanziariamente e tecnologicamente dal governo (che fornì una normativa da seguire e eseguì i controlli sulle operazioni);
- 2) **l'approccio di edilizia sussidiaria** - in questo approccio gli enti governativi non partecipavano direttamente alla ricostruzione, ma fornivano un ruolo di aiuto, provvedendo materiali e aiuto tecnico attraverso le reti ufficiali;
- 3) **l'approccio di edilizia partecipata** - in questo approccio gli enti governativi partecipavano direttamente alla ricostruzione, ma lasciavano pianificazione e progettazione ai singoli privati;
- 4) **l'approccio guidato dalle imprese sul luogo** - la progettazione e la ricostruzione degli edifici veniva così svolta da imprese edili specializzate esattamente nei luoghi precedenti al sisma;
- 5) **l'approccio guidato dalle imprese dal nulla** - in questo approccio la progettazione e la costruzione degli edifici veniva svolta da imprese edili specializzate in nuovi siti pianificati.

L'evento ha portato a iniziativa a lungo termine per la pianificazione della risposta a questo tipo di emergenze e una normativa più efficace.

MAGNITUDO	5,8
LUOGO	San Giuliano Di Puglia, Italia
ANNO	2002
CLASSIFICAZIONE GLIDE	Eq-2002-000690-Ita
MORTI	30
FERITI	100
SFOLLATI	2.925
PERSONE COINVOLTE	-
DANNI ABITAZIONI	Edifici Distrutti O Danneggiati
COSTO TOTALE DEI DANNI	-



BREVE DESCRIZIONE

Il 31/10/02 alle 11.32 (ora locale) un terremoto di magnitudo 5,8 con epicentro a San Giuliano di Puglia e durata superiore ai 60 secondi, colpisce la regione molisana. Scosse precursori di intensità inferiore erano state segnalate durante la notte e altre anche di magnitudo 5,3 vennero registrate nei giorni successivi e portarono al **crollò di edifici già lesionati**. Tra gli edifici coinvolti nel sisma ricordiamo il **crollò della scuola "Francesco Iovine"** a San Giuliano di Puglia che causò la morte di 27 alunni, 1 maestra e 2 bidelli, di **un campanile** a Castellino del Biferno, del **viadotto della Trignina** e **molte strutture anche di notevole importanza pubblica quali ospedali**.

Il crollo della scuola di San Giuliano ha portato ad un'inchiesta conclusa nel 2010 che ha accertato le mancanze progettuali e costruttive dell'edificio, ma le cause dei danni diffusi sull'edificato sono da reputarsi in questo caso ad una **scarsa considerazione del rischio sismico in quest'area**. Successivamente al sisma si è infatti provveduto a ridisegnare le mappe del rischio sismico e a definire gli edifici pubblici da sottoporre a interventi di adeguamento antisismico.

La ricostruzione ha puntato in questo caso alla **ricreazione di un ambiente urbano anche nei campi aperti per la gestione dell'emergenza per favorire il ritorno alla normalità**. Sono state così inserite funzioni non convenzionali quali centri commerciali e centri di vita associata oltre a quelli di più abituale servizio pubblico quali istituti scolastici, mense, amministrazione comunale, chiese strutture sanitarie e posti fissi dell'arma dei carabinieri. Le operazioni sono state però seguite da polemiche per le modalità d'uso di alcuni fondi stanziati, non sempre limpide, e il mancato versamento di altri promessi da tempo.

MAGNITUDO	6.6
LUOGO	Bam, Provincia di Kerman - Iran, Islam Rep .
ANNO	2003
CLASSIFICAZIONE GLIDE	EQ-2003-000630-IRN
MORTI	26.796
FERITI	30.000
SFOLLATI	45.000 – 75.000
PERSONE COINVOLTE	267.628
DANNI ABITAZIONI	18.000 edifici distrutti nei villaggi e 25.000 nelle aree urbane
COSTO TOTALE DEI DANNI	18.500 milioni (€)



BREVE DESCRIZIONE

Il 26/12/03 alle 5.27 (ora locale) un terremoto di magnitudo 6.6 colpisce la Provincia di Kerman nel sud-est dell'Iran. L'epicentro è situato a 10 Km di profondità vicino alla città di Bam, 180 Km a sud-est della capitale della provincia e 975 Km a sud-est da Theran. **80%-100% degli edifici storici e il 60% di quelli moderni viene distrutto.** I danni vengono rilevati sia nella città sia nei villaggi in un raggio di 10 Km da essa (48 dei 150 villaggi limitrofi vengono colpiti).

Danni estremamente rilevanti vengono rilevati anche nei **servizi di base e soprattutto in quelli ospedalieri (distrutti il 40%-100%, o comunque resi inoperativi).**

MAGNITUDO	6,3
LUOGO	L'Aquila, Abruzzo, Italia
ANNO	2009
CLASSIFICAZIONE GLIDE	EQ-2009-000072-ITA
MORTI	308
FERITI	1.600
SFOLLATI	67.500
PERSONE COINVOLTE	70.000
DANNI ABITAZIONI	Distrutti fino all'80% degli edifici esistenti
COSTO TOTALE DEI DANNI	10.210 milioni (€)



BREVE DESCRIZIONE

Il 06/04/09 alle 3.32 (ora locale) un terremoto di magnitudo 6,3, con epicentro situato tra L'Aquila, Tornimparte e Lucoli in profondità 8,8 km, colpisce il capoluogo Abruzzese. Il terremoto consta in realtà di una serie di eventi sismici, iniziati nel dicembre 2008 e susseguitesesi per diversi mesi.

Molti i morti e i feriti e i danni alle strutture soprattutto nel centro storico e in piccoli paesi quali Onna (dove l'80% dell'edificato è stato distrutto). Tra gli edifici più importanti crollati a L'Aquila possiamo ricordare la **Prefettura**, la **cupola della chiesa delle Anime Sante**, una parte della **Casa dello Studente**, il **Dipartimento di Storia** e il **Polo d'Ingegneria dell'Università dell'Aquila** e l'**hotel "Duca degli Abruzzi"**. Danni significativi sono stati riportati anche da elementi chiave come **ospedali** (ad esempio quello di San Salvatore, dichiarato inagibile al 90%) e **infrastrutture** (ad esempio il ponte sull'Aterno-Pescara, completamente distrutto). Degli edifici danneggiati circa il 50% (sia di quelli pubblici, sia di quelli privati) è stato dichiarato inagibile e per gli edifici storici e di patrimonio culturale questo è avvenuto per più del 75%.

Riguardo ai danni ingenti verificatisi in questa zona già riconosciuta come ad elevato rischio sismico, la procura dell'Aquila ha aperto un'inchiesta contro ignoti per omicidio e disastro colposo per accertare eventuali responsabilità. **L'ipotesi è quella di un impiego di materiali scadenti** (come cemento armato contenente sabbia marina) e **una progettazione strutturale errata** (staffe di armatura in numero insufficiente o comunque posizionate a distanze non a norma di legge, pareti di controvento discontinue, etc...) **unita a una scarsa cura degli edifici storici**.

Come per i precedenti sismi italiani anche in questo caso la ricostruzione è stata segnata da inchieste sulle gare d'appalto e l'utilizzo dei fondi pubblici stanziati.

MAGNITUDO	7.0
LUOGO	Port Au Prince, Haiti
ANNO	2010
CLASSIFICAZIONE GLIDE	EQ-2010-000009-HTI
MORTI	222.517
FERITI	300.000
SFOLLATI	-
PERSONE COINVOLTE	3.000.000
DANNI ABITAZIONI	-
COSTO TOTALE DEI DANNI	-



BREVE DESCRIZIONE

Il 1/12/10 alle 21.53 (ora locale) un terremoto di magnitudo 7,0 colpisce l'isola di Haiti. L'epicentro, situato a soli 25 km dalla capitale Port Au Prince, è situato a 13 km di profondità. La scossa principale è seguita nei giorni successivi da numerose repliche di intensità superiore a 5.0. Molti edifici della capitale, compresi i quattro **ospedali cittadini**, il Palazzo presidenziale e la sede del parlamento (Assemblea Nazionale di Haiti), la cattedrale, il quartiere generale della missione ONU di peacekeeping Minustah, sono andati distrutti o gravemente danneggiati.

APPENDICE B: SCHEDE RIFUGIO



1



SITO Kobe - Giappone (regione di Kansai, prefettura di Hyōgo)
 COORDINATE 34°41'22"N 135°11'44"E
 CLIMA Temperato (città è situata sul mare e viene riparata dai venti dai monti Chūgoku e Shikoku, caratterizzando l'area con un clima particolarmente mite durante tutto l'anno)
 EVENTO DI RIFERIMENTO Il grande terremoto di Hanshin-Awaji (scheda evento n°5)
 Il terremoto della Marmara (scheda evento n°8)
 Il terremoto di Gujarat (scheda evento n°11)
 ANNO 1995
 IMPRESA APPALTATRICE -
 PROGETTISTA Shigeru Ban
 AREA 16 m²
 TEMPI DI REALIZZAZIONE 6 ore per ciascun modulo
 COSTI DI REALIZZAZIONE 2.500 €

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE La struttura è realizzata in tubi di cartone (108 mm di diametro), le giunzioni presigillate con un nastro biadesivo comprimibile, ogni tubo è infilato su un tassello di compensato e le file sono tenute insieme da un cavo di acciaio di 6 mm di diametro.
 FONDAZIONI Per le fondazioni invece sono usate casse di birra riempite di sabbia.

CHIUSURA

COPERTURA La copertura è realizzata da un doppio strato semitraslucente di tessuto vinilico teso tra una struttura in tubi di cartone (il fastigio può essere aperto per permettere una rapida ventilazione).
 TAMPONAMENTI ESTERNI La struttura di elevazione realizza anche le pareti perimetrali del rifugio.
 APERTURE I serramenti di porte e finestre sono realizzati in compensato

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI Non sono presenti tamponamenti interni

SOLAI Il solaio contro terra è realizzato in compensato.

NOTE

Il modulo base concepito per il terremoto di Kobe è stato poi riconfigurato per i successivi eventi. In Turchia, per adattarlo ai nuclei familiari solitamente più numerosi, è stato ampliato a una dimensione di 4x6 m e, a causa del clima più rigido, si è introdotto un sistema di isolamento riempiendo di carta straccia le cavità dei tubi e sigillandoli con un nastro spugnoso. Per il successivo terremoto indiano invece, sempre per adattare la struttura alle diverse condizioni climatiche, i tubi angolari vennero riempiti con malta per una maggiore portanza e collegati a fondazioni realizzate con blocchetti di cemento prefabbricati (le cassette di plastica non erano accettate dalla popolazione locale). La copertura venne trasformata in una volta a botte (sempre resa impermeabile mediante l'uso di teli in tessuto vinilico) tenuta in forma da una struttura in incannucciato e bamboo per migliorare l'aerazione e frontalmente venne estesa a formare un portico sorretto da due pilastri in bamboo. Per adattare la costruzione alle tecniche locali, il solaio contro-terra venne realizzato in maniera tradizionale in terra-cruda e sterco.



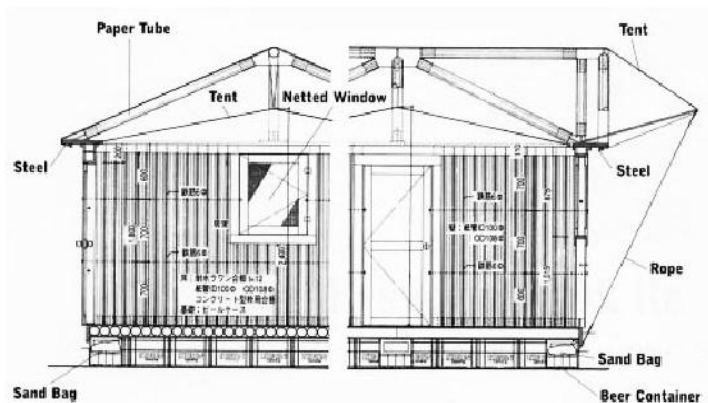
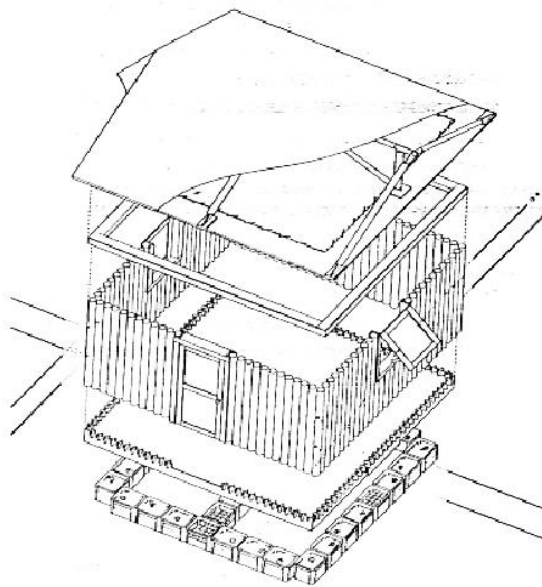
Fig. 64 - Kobe, 1995.



Fig. 65 - Marmara, 1999.



Fig. 66 - Gujarat, 2001.





SITO Kobe - Giappone (regione di Kansai, prefettura di Hyōgo)

COORDINATE 34°41'22"N 135°11'44"E

CLIMA Temperato (città è situata sul mare e viene riparata dai venti dai monti Chūgoku e Shikoku, caratterizzando l'area con un clima particolarmente mite durante tutto l'anno)

EVENTO DI RIFERIMENTO Il grande terremoto di Hanshin-Awaji (scheda evento n°5)

ANNO 1995

IMPRESA APPALTATRICE -

PROGETTISTA Mark Anderson and Peter Anderson

AREA -

TEMPI DI REALIZZAZIONE -

COSTI DI REALIZZAZIONE -

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE -

FONDAZIONI -

CHIUSURA

COPERTURA -

TAMPONAMENTI ESTERNI -

APERTURE -

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI -

SOLAI -

NOTE

Il progetto è stato pensato per essere realizzato con i materiali donati per l'occasione dall'industria di prodotti da costruzione di Washington. La costruzione è quindi caratterizzata dall'uso ripetuto di un piccolo numero di elementi modulari intercambiabili (pannelli a telaio in legno) per facilitare la costruzione da parte della popolazione e dai volontari senza specifiche competenze. Il progetto prevede un'ampia flessibilità interna data dallo studio delle partizioni interne riconfigurabili.

SITO	Friuli, Italia
COORDINATE	46°04'00"N 13°14'00"E
CLIMA	Continentale/Alpino
EVENTO DI RIFERIMENTO	Terremoto del Friuli (scheda n°1)
ANNO	1976
PROGETTISTA	SAGE Costruzioni CO. S.r.l.
IMPRESA APPALTATRICE	SAGE Costruzioni CO. S.r.l.
AREA	15 m ² (modulo base a 2 vani)
TEMPI DI REALIZZAZIONE	-
COSTI DI REALIZZAZIONE	1.980.000 £ (COSTO DERIVATO DA COSTO MEDIO DELL'INTERVENTO IN FIRULI)

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE La struttura portante è realizzata con telai in acciaio elettrosaldati e annegati nei pannelli parete, capriate e arcarecci sono invece assemblati in opera mediante bullonatura.

FONDAZIONI Sono realizzate con elementi prefabbricati in due modalità alternative. Nel primo caso mediante plinti e solaio a terra metallico in lamiera grecata e getto in calcestruzzo alleggerito. Nel secondo caso cordoli prefabbricati e solaio in calcestruzzo gettato in opera su vespaio a secco impermeabilizzato da una guaina.

CHIUSURA

COPERTURA Il manto di copertura è realizzato con appositi pannelli prefabbricati.

TAMPONAMENTI ESTERNI Le pareti perimetrali autoportanti sono realizzate da una struttura a telaio in acciaio elettrosaldato e pannelli prefabbricati di rivestimento (spessore 6 mm) in GRC (glass reinforced concrete). La struttura interna cava è riempita da resina poliuretana espansa autoestinguenta o fenolica come strato isolante (spessore 50 mm).

APERTURE -

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI Le pareti interne (spessore 60 mm) sono realizzate invece da elementi monolitici (12x3 m) costituiti da due pannelli in cartongesso (spessore 9 mm) con interposta una struttura a nido d'ape. I pannelli di rivestimento delle pareti di bagno e cucina sono sostituite da quelli in GRC come per le pareti perimetrali.

SOLAI Il solaio a terra è realizzato dalla sovrapposizione alla struttura portante di uno strato in pannelli di compensato su cui è posato lo strato di finitura in piastrelle di vinil-amianto.

IMPIANTI -

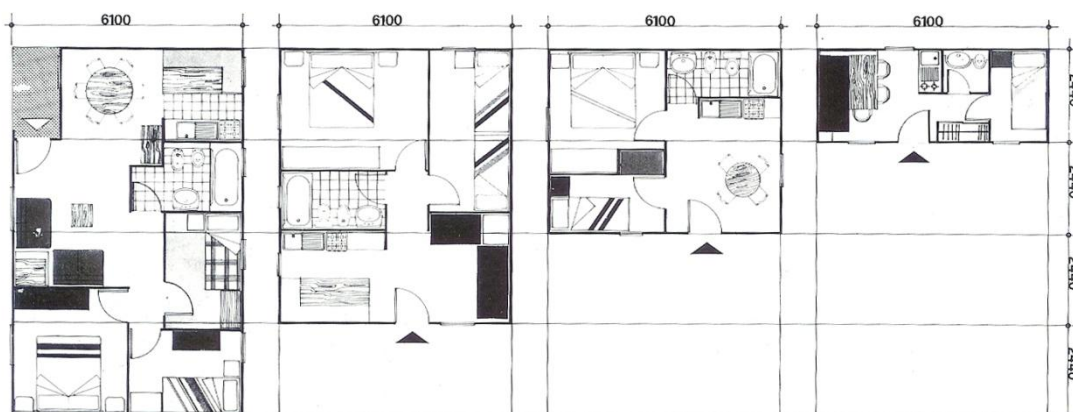


Fig. 67 – Diverse combinazioni di pianta del modulo del sistema Sage.

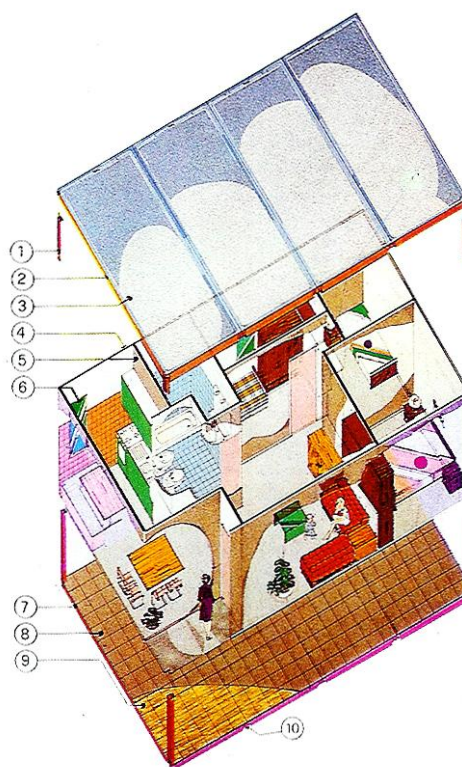


Fig. 68 - Spaccato assometrico del sistema Sage:

1. Pilastro metallico d'angolo, 2. Telaio metallico modulo di base, 3. Modulo di copertura, 4. Pannello parete, 5. Pannello divisorio, 6. Finestra, 7. Telaio metallico del basamento, 8. Piastrelle in vinil-amianto, 9. Compensato marino, 10. Attacco per pilastro laterale



SITO	Friuli, Italia
COORDINATE	46°04'00"N 13°14'00"E
CLIMA	Continente/Alpino
EVENTO DI RIFERIMENTO	Terremoto del Friuli (scheda n°1)
ANNO	1976
PROGETTISTA	MONTEDIL S.p.A.
IMPRESA APPALTATRICE	MONTEDIL S.p.A.
AREA	13,55 m2 (modulo base a 2 vani)
TEMPI DI REALIZZAZIONE	30 minuti
COSTI DI REALIZZAZIONE	1.790.000 £ (COSTO DERIVATO DA COSTO MEDIO DELL'INTERVENTO IN FIRULI)

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE La struttura portante è realizzata dalle pareti perimetrali dell'edificio, ognuna costituita da due pannelli sandwich incernierati alle estremità. La struttura interna è in acciaio, il rivestimento esterno in lastre di resina rinforzata con fibra di vetro e all'interno è interposto un isolante in resina espansa. La tenuta delle cerniere è garantita da guarnizioni in gomma.

FONDAZIONI Non è necessario predisporre opere di fondazione, ma basta che il terreno sia sufficientemente livellato e ripulito da arbusti.

CHIUSURA

COPERTURA Il manto di copertura è realizzata da un unico pannello piano con bordo risvoltante verso il basso in lamiera zincata, costituito da una parte portante in lamiera zincata grecata, strati di finitura continui in fibrocemento o truciolare ignifugo e idrorepellente con interposta schiumatura in resina espansa. All'estradosso è realizzata una golo continua per la raccolta delle acque piovane.

TAMPONAMENTI ESTERNI Le pareti perimetrali dell'edificio, ognuna costituita da due pannelli sandwich incernierati alle estremità. La struttura interna è in lamiera zincata grecata, il rivestimento esterno in lastre di resina rinforzata con fibra di vetro e all'interno è interposto un isolante in resina espansa. La tenuta delle cerniere è garantita da guarnizioni in gomma.

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI Le pareti interne sono realizzate in pannelli di truciolare nobilitato (o in alternativa Prfv o laminati tipo Abet Print).

SOLAI Il basamento è costituito da a un unico pannello piano con bordo risvoltante verso il basso in lamiera zincata, costituito da una parte portante in lamiera zincata grecata, strati di finitura continui in fibrocemento o truciolare ignifugo e idrorepellente con interposta schiumatura in resina espansa.

IMPIANTI L'impianto elettrico è completamente incorporato nella struttura del tetto a mezzo di guaina flessibile metallica ricoperta di pvc e del diametro di 16 mm. Gli impianti igienico-sanitari e la cucina sono realizzati in opera a secco per mezzo di appositi incastri.

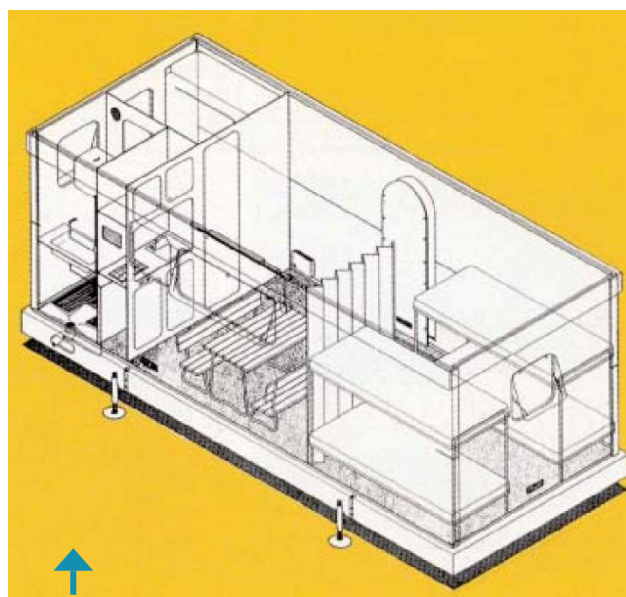
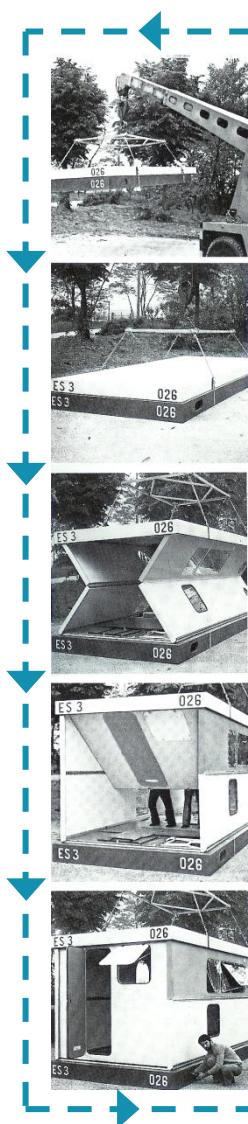


Fig. 69 - Fasi di erezione dell'unità abitativa ripiegabile.



SITO	L'Aquila, Italia
COORDINATE	42°21'58"N 13°23'40"E
CLIMA	Temperato freddo
EVENTO DI RIFERIMENTO	Terremoto dell'Abruzzo (scheda n°14)
ANNO	2009
AREA	1700 m2 - 1900 m2 con scale e distribuzione (suddivisi su max 3+1 piani)
TEMPI DI REALIZZAZIONE	Progettazione esecutiva: entro 28 giorni dall'affidamento Realizzazione e consegna: entro 80 giorni dalla consegna delle piastre isolate di fondazione
COSTI DI REALIZZAZIONE	2.200.000 €

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE La struttura portante può essere realizzata in legno, in calcestruzzo, in laterizio o in acciaio, ma si consiglia una prevalenza di sistemi costruttivi assemblati a secco, sia per rispettare i tempi previsti, sia per differenziare il costruito dall'esistente. La maglia consigliata è quella dei pilastri di fondazione su cui poggia la piattaforma antisismica ci modulo 6x6 m (per ottenere edifici 12x48 m).

FONDAZIONI La struttura principale deve essere realizzata sopra una soletta in cemento armato sismicamente isolata e poggiante su fondazioni anch'esse in cemento armato. Tale struttura è composta da una platea in conglomerato cementizio armato, 40 pilastri in acciaio o cemento armato muniti di pulvini di sostegno per gli isolatori e gli apparecchi di appoggio, 40 isolatori (che possono essere di tipo elastometrico o a friction pendulum), una piastra di collegamento (spessore 50 cm e dimensioni 21x57 m). La maglia della struttura di fondazione è 6x6 m.

CHIUSURA Tutti gli elementi di separazione dall'esterno devono rispettare i requisiti indicati dal Decreto DPCM 05/12/97 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici" e avere trasmittanza termica secondo i seguenti valori limite previsti dal D.L. 192/05 modificato con D.L. 311/06:
0,32 W/m2K

COPERTURA

TAMPONAMENTI ESTERNI 0,37 W/m2K

SOLAI 0,38 W/m2K

APERTURE Chiusure trasparenti comprensive degli infissi = 2,4 W/m2K

Trasmittanza centrale termica U dei vetri = 1,9 W/m²K

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI Si consiglia una prevalenza di sistemi costruttivi assemblati a secco.

SOLAI Si consiglia una prevalenza di sistemi costruttivi assemblati a secco.

IMPIANTI Il progetto dovrà essere realizzato secondo la normativa vigente e in particolare secondo le disposizioni del D.L. 211/06, del D.L. 311/06, della legge 10/91 e della normativa UNI7129.

Tutti gli impianti proposti, di qualsiasi natura, dovranno essere previsti per il funzionamento con acqua a bassa temperatura (<50°C).

L'intervento dovrà prevedere non solo la fornitura e l'installazione di pannelli solari per acqua calda sanitaria, in grado di soddisfare almeno il 50% dei fabbisogni secondo quanto previsto dal D.L. 311/06 e s.m., ma anche la possibilità di integrare nella struttura architettonica sia i pannelli per la produzione dell'acqua calda sanitaria, che quelli necessari per la produzione dell'energia elettrica fotovoltaica.

NOTE

La valutazione delle proposte è avvenuta tramite questi parametri:

- qualità architettonica degli edifici e dei prospetti esterni: punti 15;
- grado di efficienza energetica e qualità degli impianti: punti 10;
- grado di miglioramento dei parametri minimi di sostenibilità ambientale: punti 10;
- qualità architettonica e delle finiture degli alloggi interni: punti 10;
- quantità di superficie offerta: punti 5;
- capacità insediativa: punti 5;
- flessibilità e assortimento nei tagli di alloggio: punti 5;
- flessibilità edifici in relazioni alla lunghezza specifica della piastra: punti 5.
(per un totale di 65 punti disponibili per merito tecnico)
- tempi di realizzazione: punti 10;
- prezzo: punti 25;

Totale punti disponibili: 100 punti.

	1 PIASTRA	150 PIASTRE
STRUTTURE DI FONDAZIONE	€ 766.667	€ 115.000.000
ABITAZIONI	€ 2.100.000 ¹⁴	€ 330.000.000
ASCENSORI	€ 66.667	€ 10.000.000
OPERE COMPLEMENTARI E URBANIZZAZIONI	€ 400.000	€ 60.000.000
ARREDI	€ 333.333	€ 50.000.000
TOTALE COSTI PER LAVORI	€ 3.666.667	€ 550.000.000

IMPRESA	TIPOLOGIA	SCHEDA
Rti Maltauro S.p.A. e Taddei S.p.A.	ACCIAIO	5.1
ATI ESCHILO UNO s.r.l. / COGEIM S.p.A.	ACCIAIO	5.2
Consorzio Etruria Scarl	CA	5.3
Co. Ge. Costruzioni Generali	CA	5.4
Consorzio Stabile Consta	CA	5.5
Donati S.p.A.	CA	5.6
D'Agostino Angelo Antonio Costruzioni Generali S.r.l.	CA	5.7
Pellegrini S.r.l.	CA	5.8
WOOD BETON S.p.A.	LEGNO	5.9
Walter Frezza Costruzioni S.r.l. / ARCHLEGNO S.r.l.	LEGNO	5.10
MERA VIGLIA S.p.A.	LEGNO	5.11
ATI ITER Gestione Appalti S.p.A.	LEGNO	5.12
Consorzio Stabile Arcale	LEGNO	5.13
Orceana Costruzioni S.p.A.	LEGNO	5.14
ILLE PREFABBRICATI S.p.A.	LEGNO	5.15
COSBAU S.p.A.	LEGNO	5.16

¹⁴ Il costo dei singoli edifici riprodotto nelle schede progetto delle diverse imprese appaltatrici non comprende la realizzazione delle piastre antisismiche di fondazione, né gli elementi di collegamento verticali quali ascensori.



SITO	L'Aquila, Italia
COORDINATE	42°21'58"N 13°23'40"E
CLIMA	Temperato freddo
EVENTO DI RIFERIMENTO	Terremoto dell'Abruzzo (scheda n°14)
ANNO	2009
PROGETTISTA	Responsabile d'impresa: Enrico Maltauro e Danilo Taddei Project manager: Mauro del Paoli Assistente PM: Domenico Visca Designer manager: Carmine Mascolo
IMPRESA APPALTATRICE	Rti Maltauro S.p.A. e Taddei S.p.A.
AREA	1285 m ² (suddivisi su 3+1 piani)
TEMPI DI REALIZZAZIONE	70 giorni
COSTI DI REALIZZAZIONE	2.110.000 €

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE La struttura portante è realizzata con un telaio in acciaio. I pilastri hanno sezione HEA 220 e sono incernierati alla base su una maglia 6x6 m (corrispondente a quella degli isolatori sismici). Le travi principali hanno sezione IPE 330 sul lato corto e IPE 300 su quello lungo. Il telaio presenta numerosi irrigidimenti, agli angoli e lungo i lati (controventi a "X" su 3 campate di ciascuno dei due lati lunghi realizzati con profili UPM 220 e su 2 campate del lato corto con profili UPM 280). Tutte le travi rispetto ai pilastri sono vincolate ad incastro sulla sezione trasversale e a cerniera su quella longitudinale. In copertura sono usate travi HEA 200 collegate ad incastro ai pilastri e incernierata fra loro mediante travi secondarie IPE 300. Gli arcarecci sono realizzati con profili OMEGA 200x120x60x3.

FONDAZIONI Il telaio metallico è ancorato ad una soletta in cemento armato sismicamente isolata e poggiante su fondazioni anch'esse in cemento armato.

CHIUSURA

COPERTURA Il manto di copertura è realizzato con pannelli metallici coibentati con polistirene.

TAMPONAMENTI ESTERNI Le pareti di tamponamento esterno sono realizzate a secco mediante una struttura di montanti in legno lamellare di abete (50x160 mm) con interposto un pannello di polistirene espanso. A questo nucleo sono accostati sull'esterno dei listelli di legno per

sorreggere un pannello in OSB (Oriented strand board - pannello truciolare resistente all'umidità) di spessore 22 mm rasato ad intonaco. Tra il nucleo e i listelli è inserito un telo impermeabile composto da due non tessuti con monofili continui non orientati in PP con interposta una membrana traspirante. Sull'interno del nucleo è stata realizzata invece una controparete (spessore 95 mm) mediante sottostruttura metallica con interposto un materassino in lana di roccia e doppia lastra in cartongesso.

APERTURE -

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI Le pareti interne (spessore 10 cm) sono realizzate anch'esse a secco mediante orditura metallica rivestita con doppia lastra di cartongesso e con interposto un materassino di lana di roccia (spessore 5 cm). Le partizioni fra unità abitative differenti hanno una sezione maggiore (spessore 20 cm) e sono realizzate mediante l'accoppiamento di due pareti semplici e l'inserimento fra di esse di un pannello aggiuntivo in polistirene.

SOLAI I solai sono realizzati tramite lamiera grecata (altezza 55 mm) e getto di calcestruzzo armato da rete elettrosaldato (\varnothing 5 mm con maglia 15x15 cm). I solai sono controsoffittati mediante ancoraggio di una sottostruttura metallica rivestita da doppia lastra di cartongesso e contenente un materassino di lana di roccia (spessore 5 cm).

IMPIANTI -



SITO	L'Aquila, Italia
COORDINATE	42°21'58"N 13°23'40"E
CLIMA	Temperato freddo
EVENTO DI RIFERIMENTO	Terremoto dell'Abruzzo (scheda n°14)
ANNO	2009
PROGETTISTA	Progetto architettonica: arch. Renato Guidi e arch. Roberto Santori - Bioedil Progetti S.r.l. Progetto strutturale: Inge.Co. S.r.l. Progetto impianti elettrici: Ing. Massimo Lombardi Progetto impianti fluidomeccanici: Studio Associato DTS Ingegneria
IMPRESA APPALTATRICE	ATI ESCHILO UNO s.r.l. / COGEIM S.p.A.
AREA	1700 m ² (suddivisi su 3+1 piani)
TEMPI DI REALIZZAZIONE	77 giorni
COSTI DI REALIZZAZIONE	-
STRUTTURA PORTANTE	
ELEVAZIONE	La struttura portante è realizzanta con un telaio in acciaio. Il sistema di copertura è invece realizzato da due falde in legno lamellare.
FONDAZIONI	Il telaio metallico e ancorato ad una soletta in cemento armato sismicamente isolata e poggiate su fondazioni anch'esse in cemento armato.
CHIUSURA	
COPERTURA	Il manto di copertura (con impluvio centrale) è realizzato in pannelli metallici riempiti con poliuretano espanso.
TAMPONAMENTI ESTERNI	Le pareti di tamponamento esterno sono realizzate a secco mediante sottostruttura in montanti metallici e pannelli prefabbricati in lamiera riempita con poliuretano espanso. Data la zona climatica (Zona E) la massa della parete di tamponatura riveste una importanza minore rispetto a quanto accade per climi più caldi, ma all'interno della sottostruttura metallica è stata inserito ugualmente uno strato in lana di roccia (materiale a massa elevata) per esigenze di tipo acustico.
APERTURE	-
PARTIZIONE INTERNA	
TAMPONAMENTI INTERNI	Le pareti di tamponamento interno sono realizzate anch'esse a secco mediante sottostruttura in montanti metallici.
SOLAI	-

IMPIANTI Gli strati isolanti di elevato spessore inseriti negli elementi di chiusura garantiscono prestazioni ottimali all'involucro (rispetto al bando di gara minori si hanno trasmittanze termiche del 56% per le pareti e del 34% in copertura e in fondazione) rendendo notevolmente ridotta la necessità di energia primaria per garantirne la climatizzazione. Il riscaldamento degli edifici è collegato all'impianto solare termico posto in copertura in grado di coprire il 50% del fabbisogno d'acqua calda sanitaria come da D.L. 311/06. In copertura trovano alloggio anche le predisposizioni per l'impianto fotovoltaico.



5.3



SITO L'Aquila, Italia
 COORDINATE 42°21'58"N 13°23'40"E

CLIMA Temperato freddo

EVENTO DI RIFERIMENTO Terremoto dell'Abruzzo (scheda n°14)

ANNO 2009

PROGETTISTA -

IMPRESA APPALTATRICE Consorzio Etruria Scarl

AREA -

TEMPI DI REALIZZAZIONE meno di 80 giorni

COSTI DI REALIZZAZIONE -

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE Il Consorzio Etruria ha utilizzato un metodo di costruzione definito "Sistema Abruzzo" che prevede la realizzazione in loco di strutture in cemento armato monolitico, utilizzando speciali casseformi in polistirolo già contenenti le dovute armature in ferro. Sono elementi facilmente manovrabili anche senza gru e permettono di realizzare una struttura a telaio iperstatica quindi notevolmente rigida e adatta all'applicazione antisismica. Solo per il solaio del terrazzo è prevista una struttura in ferro.

FONDAZIONI La struttura principale è incastrata ad una soletta in cemento armato sismicamente isolata e poggiate su fondazioni anch'esse in cemento armato.

CHIUSURA

COPERTURA Il tetto, doppio, è costituito da un solaio orizzontale, avente funzione di coibentazione termica, ed una copertura inclinata ad una falda in pannelli sandwich in lamiera.

TAMPONAMENTI ESTERNI Le pareti perimetrali sono realizzate a secco con elevati spessori di materiale isolante per garantire elevate prestazioni termoisolanti e fonoassorbenti. Il rivestimento esterno è in travertino.

APERTURE -

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI Le pareti interne sono realizzate anch'esse a secco.

SOLAI La struttura portante dei solai è completata in opera da un massetto alleggerito per l'alloggio degli impianti, un materassino fonoassorbente,

l'impianto di pannelli radianti, un massetto alleggerito e la finitura in gres porcellanato.

IMPIANTI L'edificio è dotato di riscaldamento a pannelli radianti.



SITO L'Aquila, Italia
COORDINATE 42°21'58"N 13°23'40"E

CLIMA Temperato freddo

EVENTO DI RIFERIMENTO Terremoto dell'Abruzzo (scheda n°14)

ANNO 2009

PROGETTISTA Progetto architettonico: arch. Sergio Beccarelli, Polcreo - Società di progettazione s.r.l.
Progettazione involucro stratificato a secco: arch. Luciana Canu, Costruzioni Generali

IMPRESA APPALTATRICE Consorzio Esi - Parma, Co. Ge. Costruzioni Generali - Parma
Strutture in legno: Sistem Costruzioni s.r.l.

AREA 1711 m² (suddivisi su 3+1 piani)

TEMPI DI REALIZZAZIONE 75 giorni

COSTI DI REALIZZAZIONE 2.255.000 €

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE La struttura portante dell'edificio è realizzata con un telaio iperstatico in c.a. parzialmente prefabbricato che unisce quindi i pregi di una costruzione a secco con la rigidità garantita da connessioni ad incastro "a umido".

FONDAZIONI La struttura principale è incastrata ad una soletta in cemento armato sismicamente isolata e poggiante su fondazioni anch'esse in cemento armato.

CHIUSURA

COPERTURA Il manto di copertura in coppi poggia sopra una lastra ondulata sottocoppo. Al di sotto un'orditura in legno, una guaina traspirante termoriflettente, uno strato isolante in fibra di legno ad alta densità, uno strato isolante in fibra di legno a bassa densità, una barriera al vapore e infine la struttura portante.

TAMPONAMENTI ESTERNI Le pareti perimetrali sono realizzate dall'accostamento di una doppia sottostruttura metallica alla struttura principale in c.a. rivestita da lastre di cemento alleggerito fibrorinforzato e isolate da pannelli in fibra di legno mineralizzata.

APERTURE -

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI Le pareti interne sono realizzate mediante sottostruttura metallica rivestita da pannelli in cemento alleggerito fibrorinforzato e isolate da pannelli in fibra di legno mineralizzata.

SOLAI La struttura portante dei solai è completata in opera da un massetto alleggerito per l'alloggio degli impianti, un materassino fonoassorbente, l'impianto di pannelli radianti, un massetto alleggerito e la finitura in gres porcellanato.

IMPIANTI L'edificio presenta pannelli fotovoltaici e un sistema di pannelli radianti per il riscaldamento.

NOTE

Gli edifici realizzati con questo sistema sono stati certificati in classe energetica A (alcuni A+).



5.5



SITO	L'Aquila, Italia
COORDINATE	42°21'58"N 13°23'40"E
CLIMA	Temperato freddo
EVENTO DI RIFERIMENTO	Terremoto dell'Abruzzo (scheda n°14)
ANNO	2009
PROGETTISTA	-
IMPRESA APPALTATRICE	Consorzio Stabile Consta
AREA	1850 m2 (suddivisi su 3+1 piani)
TEMPI DI REALIZZAZIONE	75 giorni
COSTI DI REALIZZAZIONE	-

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE La struttura portante è realizzata mediante elementi prefabbricati in cemento armato. La maglia di 6x6 m coincide con quella della piastra isolata sottostante. Il vano ascensore e i corpi scale sono trattati come corpi distinti sia dal punto di vista strutturale sia architettonico. La struttura di questi elementi è infatti realizzato in tubolari metallici a formare un grande pilastro cavo al quale è ancorato un ballatoio anulare a sbalzo. Tutte le opere in carpenteria a vista sono zincate a caldo.

FONDAZIONI La struttura principale è incastrata ad una soletta in cemento armato sismicamente isolata e poggianti su fondazioni anch'esse in cemento armato.

CHIUSURA

COPERTURA La copertura dei fabbricati è piana.

TAMPONAMENTI ESTERNI Il rivestimento esterno degli involucri è realizzato con pannelli prefabbricati di cemento gettati su casseri d'acciaio a fondo liscio (spessore 20 cm).

APERTURE Le aperture, in PVC, sono schermate dai raggi solari sul fronte anteriore da un portico a tutta altezza, mentre quello posteriore da un sistema di frangi-sole metallici.

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI A miglioramento di quanto previsto dalla normativa vigente (DPCM 05/12/97) si prevede un isolamento acustico nelle pareti di separazione tra le due camere da letto per un coefficiente

d'isolamento acustico di 54 db e tra le diverse unità immobiliari un coefficiente d'isolamento acustico di 61 db, superiore a quello previsto dalle normative vigenti.

SOLAI -

IMPIANTI IL RISCALDAMENTO DEGLI EDIFICI È COLLEGATO ALL'IMPIANTO SOLARE TERMICO POSTO IN COPERTURA IN GRADO DI COPRIRE IL 50% DEL FABBISOGNO D'ACQUA CALDA SANITARIA COME DA D.L. 311/06. L'IMPIANTO ELETTRICO A DOTATO DI DISGIUNTORI PER TOGLIERE COMPLETAMENTE CORRENTE ALL'INTERNO DELLE CAMERE DA LETTO E DI INTERRUTTORI CREPUSCOLARI PER L'ACCENSIONE DELLE LUCI NELLE SCALE E NEI BALLATOI FORNITE CON LAMPADE A BASSO CONSUMO.



5.6



SITO	L'Aquila, Italia
COORDINATE	42°21'58"N 13°23'40"E
CLIMA	Temperato freddo
EVENTO DI RIFERIMENTO	Terremoto dell'Abruzzo (scheda n°14)
ANNO	2009
PROGETTISTA	-
IMPRESA APPALTATRICE	Donati S.p.A.
AREA	-
TEMPI DI REALIZZAZIONE	-
COSTI DI REALIZZAZIONE	-
STRUTTURA PORTANTE	
ELEVAZIONE	La struttura portante è realizzata mediante elementi prefabbricati in cemento armato.
FONDAZIONI	La struttura principale è incastrata ad una soletta in cemento armato sismicamente isolata e poggianti su fondazioni anch'esse in cemento armato.
CHIUSURA	
COPERTURA	-
TAMPONAMENTI ESTERNI	Le pareti di tamponamento esterno sono realizzate a secco mediante sottostruttura in montanti metallici.
APERTURE	-
PARTIZIONE INTERNA	
TAMPONAMENTI INTERNI	Le pareti di tamponamento interno sono realizzate anch'esse a secco mediante sottostruttura in montanti metallici.
SOLAI	-
IMPIANTI	-



SITO L'Aquila, Italia
 COORDINATE 42°21'58"N 13°23'40"E
 CLIMA Temperato freddo
 EVENTO DI RIFERIMENTO Terremoto dell'Abruzzo (scheda n°14)
 ANNO 2009
 PROGETTISTA Progetto architettonico: Corvino + Multari
 Progetto strutturale: ing. Florindo Antonio Renna
 Progetto impianti meccanici: ing. Marianna Romei
 Progetto impianto elettrico: ing. Bruno Mattia
 IMPRESA APPALTATRICE D'Agostino Angelo Antonio Costruzioni Generali S.r.l.
 Strutture prefabbricate: PREFAB.I. S.r.l.
 AREA 1585 m² (suddivisi su 3+1 piani)
 TEMPI DI REALIZZAZIONE 70 giorni (struttura 4 giorni)
 COSTI DI REALIZZAZIONE 2.120.000 €

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE La struttura è stata realizzata con l'assemblaggio di elementi monodimensionali prefabbricati e assemblati in cantiere. I pilastri monolitici (50x50 cm) sono incastrati al piede mediante connessioni bullonate su tirafondi predisposti nella piastra di base secondo una maglia di lato 6x6 m. La loro posizione coincide esattamente con quella delle colonne di sostegno e isolamento sismico. I pilastri sono dotati di tozze mensole sulle quali poggiano elementi in cemento armato precompresso con sezione a "T" rovescia (80x52 cm) per le travi centrali e a "L" (70x52) per le travi di bordo. Il telaio è irrigidito sulla sezione parallela all'orditura dei solai da travi a sezione rettangolare (50x52 cm). Per la formazione dei giunti forza è stato utilizzato un sistema bullonato costituito da tirafondi annegati nei pilastri e scarpe metalliche inserite nelle travi, le altre connessioni realizzate mediante barre filettate avvitate in apposite boccole annegate nei pilastri sono invece considerabili come semplici cerniere. La copertura è invece realizzata con struttura metallica (acciaio zincato a caldo).

FONDAZIONI La struttura prefabbricata è incastrata mediante bullonatura ad una soletta in cemento armato sismicamente isolata e poggiate

su fondazioni anch'esse in cemento armato.

CHIUSURA

COPERTURA La copertura metallica a doppia falda, è ventilata, isolata e impermeabilizzata

TAMPONAMENTI ESTERNI Le pareti perimetrali (spessore 30 cm) sono realizzate a secco mediante una doppia orditura metallica con montanti a "C" (47x100x50 mm, spessore 6/10, interasse 60 cm) contenente due strati isolanti in lana di roccia (spessore 8 cm) e rifiniti con lastre in fibrocemento (spessore 1,25 cm). Le pareti sono dotate sul lato interno di barriera al vapore.

APERTURE Gli infissi esterni sono realizzati in alluminio a taglio termico e vetrocamera ad elevate prestazioni. All'esterno sono applicati frangisole scorrevoli in lega di alluminio che, uniti agli sporti di logge e balconi, prevengono il surriscaldamento estivo.

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI Le pareti interne sono realizzate anch'esse a secco mediante orditura metallica. Le partizioni interne agli alloggi hanno uno spessore di 10 cm mentre quelle tra diverse unità abitative hanno uno spessore di 30 cm.

SOLAI I solai sono realizzati con pannelli alveolari prefabbricati in cemento armato precompresso (spessore 26,5 cm) e completati in opera da una soletta collaborante in calcestruzzo (spessore 5 cm) in cui è inserita, oltre alla normale rete elettrosaldata (\varnothing 6mm a maglia 20x20 cm), un'armatura a taglio e di collegamento alla struttura portante. Il solaio è completato in opera da un materassino fonoassorbente, l'impianto di pannelli radianti, un massetto alleggerito e la finitura in gres porcellanato.

IMPIANTI Gli alloggi sono dotati di riscaldamento radiante a pavimento. La produzione di calore è affidata per ciascun edificio ad una centrale termica collegata ai pannelli solari in copertura.

NOTE

Gli edifici realizzati con questo sistema sono stati certificati in classe energetica A.



5.8



SITO L'Aquila, Italia
 COORDINATE 42°21'58"N 13°23'40"E
 CLIMA Temperato freddo
 EVENTO DI RIFERIMENTO Terremoto dell'Abruzzo (scheda n°14)
 ANNO 2009
 PROGETTISTA -
 IMPRESA APPALTATRICE Pellegrini S.r.l.
 AREA 1983 m2 (suddivisi su 3+1 piani)
 TEMPI DI REALIZZAZIONE -
 COSTI DI REALIZZAZIONE -

STRUTTURA PORTANTE

La struttura prefabbricata è costituita dall'accoppiamento di pareti portanti a taglio termico che costituiscono il perimetro, pareti divisorie tra gli appartamenti in calcestruzzo pieno e solai in c.a.p. ad intradosso piano. Le rampe scale e i pianerottoli sono anch'essi prefabbricati in calcestruzzo armato. Tali elementi sono assemblati in cantiere tramite autogru e sono connessi tra loro tramite giunti meccanici e getti integrativi in opera (spessore 5 cm). Gli elementi portanti sono disposti lungo una maglia 6x6 m e che coincide quindi con la disposizione degli isolatori antisismici sottostanti. I balconi, i terrazzi e la copertura sono realizzati con struttura in legno.

FONDAZIONI La struttura principale è incastrata ad una soletta in cemento armato sismicamente isolata e poggiante su fondazioni anch'esse in cemento armato.

CHIUSURA

COPERTURA La copertura ventilata è realizzata prevalentemente in legno.

TAMPONAMENTI ESTERNI -
 APERTURE -

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI -

SOLAI -

IMPIANTI -



SITO L'Aquila, Italia
 COORDINATE 42°21'58"N 13°23'40"E
 CLIMA Temperato freddo
 EVENTO DI RIFERIMENTO Terremoto dell'Abruzzo (scheda n°14)
 ANNO 2009
 PROGETTISTA Progetto architettonico e strutturale: ing. Spatti Giovanni
 Progetto impianto elettrico: FAD snc
 IMPRESA APPALTATRICE WOOD BETON S.p.A.
 AREA 1800 m² (suddivisi su 3 piani)
 TEMPI DI REALIZZAZIONE 55 giorni
 COSTI DI REALIZZAZIONE 2.051.000 €

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE Tutti gli elementi portanti dell'edificio sono costituiti da pannelli portanti a strati incrociati X-lam (spessore 16cm), le giunzioni tra questi elementi e con le altri componenti dell'edificio sono realizzate in carpenteria metallica a secco. La struttura portante non coincide con la sottostante maglia quadrata di isolatori sismici.

FONDAZIONI La struttura in legno poggia su una soletta in cemento armato sismicamente isolata e poggiate su fondazioni anch'esse in cemento armato.

CHIUSURA

COPERTURA Il manto di copertura è realizzato con lastre grecate coibentate in alluminio preverniciato (spessore 7/10) poggiate su un'orditura secondaria di listelli in legno di abete. Il collegamento tra quest'ultima e la struttura portante principale in pannelli X-lam (perfettamente piani) è realizzata tramite barre filettate in acciaio zincato ad altezza variabile, in modo da garantire l'inclinazione necessaria per il deflusso delle acque. L'isolamento termico è garantito da uno strato coibente in polistirene poggiate sopra la struttura portante.

TAMPONAMENTI ESTERNI Le pareti portanti in pannelli a strati incrociati X-lam realizzano anche il tamponamento delle pareti perimetrali, le prestazioni termiche e antincendio sono migliorate grazie al cappotto in lana di roccia (spessore 10cm) armato, rasato e tinteggiato.

Sull'interno invece è stato predisposto il passaggio degli impianti mediante la realizzazione di contropareti in orditura metallica e doppia lastra di cartongesso (spessore 8cm).

APERTURE La dimensione e la posizione delle aperture è realizzata in fabbrica in modo da diminuire tempi e costi di lavorazioni in cantiere

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI Le pareti interne sono realizzate in cartongesso con struttura metallica.

SOLAI Il solaio è realizzato dalla sovrapposizione alla struttura portante in pannelli X-lam di un massetto cementizio alleggerito per gli impianti, un materassino anticalpestio, uno strato isolante in polistirene per l'alloggiamento dell'impianto di pannelli radianti e un massetto cementizio con strato di finitura.

IMPIANTI Il riscaldamento degli edifici è garantito tramite l'impianto di riscaldamento radiante a pavimento collegato all' impianto solare termico posto in copertura in grado di coprire il 50% del fabbisogno d'acqua calda sanitaria come da D.L. 311/06.

NOTE

Gli edifici così realizzati si collocano in classe energetica B



5.10



SITO L'Aquila, Italia
 COORDINATE 42°21'58"N 13°23'40"E

CLIMA Temperato freddo

EVENTO DI RIFERIMENTO Terremoto dell'Abruzzo (scheda n°14)

ANNO 2009

PROGETTISTA -

IMPRESA APPALTATRICE Walter Frezza Costruzioni S.r.l. / ARCHLEGNO S.r.l.

AREA -

TEMPI DI REALIZZAZIONE -

COSTI DI REALIZZAZIONE -

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE Tutti gli elementi portanti dell'edificio sono costituiti da pannelli portanti a strati incrociati X-lam.

FONDAZIONI La struttura in legno poggia su una soletta in cemento armato sismicamente isolata e poggiate su fondazioni anch'esse in cemento armato.

CHIUSURA

COPERTURA -

TAMPONAMENTI ESTERNI Le pareti portanti in pannelli a strati incrociati X-lam realizzano anche il tamponamento delle pareti perimetrali, le prestazioni termiche e antincendio sono migliorate grazie al cappotto esterno.

APERTURE -

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI -

SOLAI -

IMPIANTI -



5.11

SITO L'Aquila, Italia
 COORDINATE 42°21'58"N 13°23'40"E
 CLIMA Temperato freddo
 EVENTO DI RIFERIMENTO Terremoto dell'Abruzzo (scheda n°14)
 ANNO 2009
 PROGETTISTA Progetto architettonico: Dott. Arch. Silvano Molinetti - Studio 4 /
 Dott. Arch. Fabio Bianchi / Dott. Arch. Davide Livio
 Progetto strutturale: ing. Manuela Fantin
 Progetto impianti meccanici: per. ind. Cesare Giarba
 Progetto impianto elettrico: per. ind. Mario Sala Tesciat
 IMPRESA APPALTATRICE MERAVIGLIA S.p.A.
 AREA 1655 m² (suddivisi su 3+1 piani)
 TEMPI DI REALIZZAZIONE 75 giorni
 COSTI DI REALIZZAZIONE 2.082.000 €

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE La struttura portante risulta costituita completamente da elementi modulari in legno lamellare di abete rosso. L'interfaccia con la piastra isolata in cemento armato è risolta tramite un cordolo perimetrale in legno lamellare di larice opportunamente sagomato. Balconi e scale di connessione verticale sono invece realizzati con carpenteria metallica zincata.

FONDAZIONI La struttura in legno poggia su una soletta in cemento armato alleggerito con perlite sismicamente isolata e poggiante su fondazioni anch'esse in cemento armato.

CHIUSURA

COPERTURA Il manto di copertura è realizzato con elementi preassemblati costituiti da uno strato in OSB (Oriented strand board - pannello truciolare resistente all'umidità), una barriera al vapore, uno strato coibente in lana di legno, un secondo strato in OSB e un elemento di finitura in lamiera grecata preverniciata. sull'interno alla struttura portante è applicata una sottostruttura per il sostegno di un controsoffitto realizzato con un doppia lastra in cartongesso, al suo interno è fatto passare l'impianto di riscaldamento a pannelli radianti.

TAMPONAMENTI ESTERNI Le murature di tamponamento esterno sono costituite da elementi semistrutturali in legno preisolato, rivestite da una doppia lastra di gessoarmato e con interposti uno strato isolante in lana di roccia. Sull'esterno è applicato un cappotto in EPS, armato, raso e tinteggiato. Sull'interno invece è stato predisposto il passaggio degli impianti mediante la realizzazione di contropareti isolate.

APERTURE Sono stati usati serramenti in alluminio (a Cese di Preturo) e in PVC (a Sant'Antonio e a Coppito), dotati di termocamera e doppi vetri con argon. Si tratta di telai ad alte prestazioni termiche ed acustiche ($U < 1,7 \text{ W/m}^2$ e Abbattimento Acustico = 38 dB) che, combinati con uno studio degli aggetti, consentono un isolamento termico derivato dai guadagni solari in inverno e una riduzione del surriscaldamento in estate.

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI Le pareti delle unità abitative sono costituite da un nucleo realizzato con lo stesso elemento preisolato in legno semistrutturale utilizzato per le pareti esterne rivestito su entrambi i lati da uno strato isolante termoacustico in lana di roccia rivestito da una doppia lastra in gessoarmato. Questa stratigrafia permette di eliminare i ponti termici e acustici tra le diverse unità abitative generati da impianti elettrici o termici.

SOLAI Il solaio di interpiano è realizzato con maglia strutturale in legno lamellare di abete, un piano di OSB, una vasca acustica con massetto in gomma riciclata e un massetto in sabbia cemento per la posa dello strato di finitura in piastrelle.

IMPIANTI L'impianto di riscaldamento è centralizzato ma ogni unità è dotata di cronotermostato per un controllo autonomo della temperatura. La diffusione del calore è effettuata mediante pannelli radianti a soffitto annegati in lastra di polistirene e finitura in cartongesso, sistema che garantisce alte prestazioni sia in inverno che in estate e si presta a garantire una maggiore flessibilità dei locali e il loro riutilizzo anche per funzioni direzionali e/o ricettive. Il circuito di distribuzione è unico e garantito da un'elettropompa a portata variabile elettronicamente, dispositivo che permette di ridurre i consumi di energia elettrica e garantisce la temperatura di ritorno più bassa favorendo le prestazioni massime di condensazione dal gruppo termico. La produzione di calore è garantita per il 50% del fabbisogno da 16 pannelli solari termici (come da D.L. 311/06).



SITO L'Aquila, Italia

COORDINATE 42°21'58"N 13°23'40"E

CLIMA Temperato freddo

EVENTO DI RIFERIMENTO Terremoto dell'Abruzzo (scheda n°14)

ANNO 2009

PROGETTISTA -

IMPRESA APPALTATRICE ATI ITER Gestione Appalti S.p.A.

AREA -

TEMPI DI REALIZZAZIONE -

COSTI DI REALIZZAZIONE -

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE Tutti gli elementi portanti dell'edificio sono costituiti da pannelli portanti a strati incrociati X-lam.

FONDAZIONI La struttura in legno poggia su una soletta in cemento armato sismicamente isolata e poggiate su fondazioni anch'esse in cemento armato.

CHIUSURA

COPERTURA -

TAMPONAMENTI ESTERNI Le pareti portanti in pannelli a strati incrociati X-lam realizzano anche il tamponamento delle pareti perimetrali, le prestazioni termiche e antincendio sono migliorate grazie al cappotto esterno e all'intercapedine aerata realizzata con doghe di legno.

APERTURE Gli infissi sono di tipo monoblocco in pvc.

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI -

SOLAI -

IMPIANTI -



SITO	L'Aquila, Italia
COORDINATE	42°21'58"N 13°23'40"E
CLIMA	Temperato freddo
EVENTO DI RIFERIMENTO	Terremoto dell'Abruzzo (scheda n°14)
ANNO	2009
PROGETTISTA	Progetto architettonico: Luigi Fragola & Partners Progetto strutturale: Strutturadilegno Progetto impianti: Studio Paci Consorzio Stabile Arcale
IMPRESA APPALTATRICE	Strutture in legno: Sistem Costruzioni s.r.l. Altre: Gervasi S.p.A., PROCOGEN S.p.A. e Ediltec s.r.l.
AREA	1735 m ² (suddivisi su 3+1 piani)
TEMPI DI REALIZZAZIONE	75 giorni
COSTI DI REALIZZAZIONE	2.134.000 €

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE	Tutti gli elementi portanti dell'edificio sono costituiti da pannelli portanti a strati incrociati X-lam (spessore 18 cm). La struttura portante non coincide con la sottostante maglia quadrata di isolatori sismici. La struttura in legno poggia su una soletta in cemento armato
FONDAZIONI	sismicamente isolata e poggianti su fondazioni anch'esse in cemento armato.

CHIUSURA

COPERTURA	La copertura è realizzata anch'essa mediante pannelli X-lam (spessore 15 cm) montati a vista. Tale scelta formale rende necessario un trattamento superficiale con impregnate e una finitura con scossaline.
-----------	--

TAMPONAMENTI ESTERNI	Le pareti perimetrali sono realizzate con pannelli portanti X-lam (spessore 11 cm) rivestite sull'esterno da uno strato di isolante in pannelli di sughero (spessore 3 cm), una intercapedine d'aria (spessore 1 cm) e una finitura in lastre di fibrocemento (spessore 0,8 cm). Sull'interno al nucleo portante è accostata una controparete isolante in lana di roccia (spessore 5 cm).
----------------------	---

APERTURE

Le aperture sono schermate da pannelli brisoleil in alluminio per diminuire i carichi termici estivi entranti negli edifici.

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI -

SOLAI I solai sono realizzati anch'essi con pannelli X-lam.

IMPIANTI La produzione di acqua calda sanitaria è garantita per il 50% del fabbisogno come da D.L. 311/06.

PROGETTO**C.A.S.E. (22 EDIFICI A CESE DI PRETURO, SASSA NSI,
PAGLIARE DI SASSA, COPPITO)**

SCHEDA N°

II
50**5.14**

SITO L'Aquila, Italia
COORDINATE 42°21'58"N 13°23'40"E
CLIMA Temperato freddo
EVENTO DI RIFERIMENTO Terremoto dell'Abruzzo (scheda n°14)
ANNO 2009
PROGETTISTA Engeneering and Tecnical Services S.p.A.
IMPRESA APPALTATRICE Inizialemnte Orceana Costruzioni S.p.A. ma in seguito al riassetto della società l'esecuzione dei lavori è stata seguita anche da Pasolini Costruzioni S.r.l.
La struttura portante è stata seguita da Wolf Haus.
AREA 1656 m² (suddivisi su 3+1 piani)
TEMPI DI REALIZZAZIONE 67 giorni
COSTI DI REALIZZAZIONE 2.023.000 €

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE La struttura portante è realizzata mediante pannelli prefabbricati (spessore struttura 17 cm) formati da uno scheletro in legno massiccio di abete con interposto materassino dello stesso spessore in lana di vetro ad alta densità e rivestimento sulla faccia interna di barriera a vapore in polietilene atossico. Il rivestimento dello scheletro è costituito da pannelli di conglomerato di legno ad alta densità e privo di formaldeide detto MASONITE, dello spessore di 16 mm e fissato alla struttura lignea portante con graffe metalliche da 60 mm. La MASONITE riceve sulla superficie esterna, prima del trasporto in cantiere, un trattamento protettivo idrorepellente. Le pareti interne sono anch'esse ugualmente portanti. Sono infatti costituite dalla stessa struttura lignea delle pareti esterne (spessore struttura 12 cm) più i due strati di masonite e sono imbottite con lana di vetro (spessore 5 cm). La congiunzione fra le varie pareti (interne ed esterne) avviene tramite elementi in acciaio, già predisposti nel corpo delle stesse, che si connettono con sistema maschio/femmina, provvisti di bulloni e filettature. L' ancoraggio alla fondazione avviene tramite staffe in acciaio zincato (dimensione variabile a seconda dei calcoli statici). La struttura portante della copertura è costituita da arcarecci in legno

massiccio.

FONDAZIONI La struttura in legno poggia su una soletta in cemento armato sismicamente isolata e poggiante su fondazioni anch'esse in cemento armato.

CHIUSURA

COPERTURA Il manto di copertura è realizzato in lamiera grecata fissata su listelli e controlistelli agganciati al piano di posa in tavolato grezzo di abete impregnato (spessore 2,4 cm) su cui è stesa è freddo una guaina impermeabile. La coibentazione è stata realizzata nel controsoffitto mediante uno strato di lana minerale (spessore 20 cm) sostenuto da listelli in legno. Il rivestimento di finitura inferiore è formato da pannelli in cartongesso ignifugo (spessore 1,25 cm). Tra questi ultimi e i listelli portanti è inserita una barriera al vapore. Lo sporto di gronda è rivestito con perline ad incastro di abete impregnato e verniciato.

TAMPONAMENTI ESTERNI Le pareti portanti dell'edificio (spessore 32 cm) costituiscono anche i tamponamenti esterni. Alla struttura già descritta viene aggiunto in cantiere un rivestimento esterno uno strato coibente formato da pannelli dello spessore di 50 mm (nn so quale: polistirolo, fibra di legno, lana di roccia pressata ecc.). Su questo strato isolante viene applicato in due mani, con rete di armatura in PVC, un composto premiscelato di intonaco da spatolare. Il rivestimento interno è costituito da pannelli in cartongesso (Valore termo-isolante: K - Wert 0,15 W/mq. K. REI 60 - 120)

APERTURE I serramenti sono in alluminio a taglio termico, sigillati con una barriera al vento per contenere al massimo le dispersioni. I vani delle aperture sono predisposti in fase di studio delle pannellature a cui vengono avvitati direttamente i telai.

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI Le pareti di tamponamento interno (spessore 18 cm) sono rivestite sulle due facce con i pannelli in cartongesso e possiedono una portata e un potere isolante termo-acustico decisamente superiore a quello delle tradizionali pareti divisorie interne in mattoni forati.

SOLAI La struttura portante dei solaio di piano è formata da un modulo in legno massiccio di abete con travi alte 14 cm ad interasse di 40 cm, rifinito superiormente da un pannello in Masonite (spessore 1,9 cm) previsto come piano di posa per l'impiantistica e la

pavimentazione calpestabile. Quest'ultima è costituita da uno strato di calcestruzzo alleggerito, La coibentazione è realizzata mediante l'inserimento nelle intercapedini fra le travature portanti di uno strato in lana di vetro (spessore 5 cm), prevedendo anche una barriera vapore in polietilene atossico. Il montaggio di questi pannelli sulle pareti portanti avviene tramite chiodi in acciaio ad aderenza migliorata. Il controsoffitto è realizzato in pannelli di cartongesso ignifugo (spessore 1,25 cm) rasati e spatolati con apposito stucco per sigillare fughe e viti.

IMPIANTI Gli alloggi sono dotati di riscaldamento radiante a pavimento. La produzione di calore è affidata per ciascun edificio ad una centrale termica centralizzata preassemblata con caldaia a condensazione e collegata ai pannelli solari in copertura (16 per edificio che garantiscono il 50% del fabbisogno annuo di acqua calda sanitaria come da D.L. 311/06). Ciascun alloggio è dotato inoltre di un impianto di ventilazione meccanica controllata dotato di recuperatore di calore ad alta efficienza.

NOTE

Gli edifici realizzati con questo sistema sono stati certificati CasaClima A.



SITO L'Aquila, Italia
 COORDINATE 42°21'58"N 13°23'40"E
 CLIMA Temperato freddo
 EVENTO DI RIFERIMENTO Terremoto dell'Abruzzo (scheda n°14)
 ANNO 2009
 PROGETTISTA Progetto architettonico: RUATTI STUDIO ARCHITETTI s.r.l.
 Progetto strutturale: SWS ENGINEERING S.p.A.
 Progetto impianti: SWS ENGINEERING s.r.l.
 IMPRESA APPALTATRICE ILLE PREFABBRICATI S.p.A. e BELWOOD s.r.l.
 AREA 1800 m² (suddivisi su 3+1 piani)
 TEMPI DI REALIZZAZIONE 78 giorni (190 per tutti gli edifici)
 COSTI DI REALIZZAZIONE 2.133.000 €

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE Lan struttura portante a telaio è costituita da pilastri e travi in legno d'abete massiccio e pannelli di controvento in OSB (Oriented strand board - pannello truciolare resistente all'umidità). Il sistema distributivo è strutturalmente indipendente e realizzato in acciaio.

FONDAZIONI La struttura in legno poggia su una soletta in cemento armato sismicamente isolata e poggianti su fondazioni anch'esse in cemento armato.

CHIUSURA

COPERTURA -

TAMPONAMENTI ESTERNI Le pareti perimetrali sono realizzate mediante sottostruttura in legno rivestita con pannelli OSB e con interposti elevati spessori di materiale isolante. Sull'esterno è realizzata una parete ventilata in pannelli prefabbricati di cotto, mentre sull'interno è accostata un'ulteriore controparete coibentata con funzione di vano tecnico.

APERTURE I serramenti sono di tipo monoblocco, in legno. Le aperture sono dotate di ante di oscuramento con apertura a pacchetto e frangisole in lamiera stirata e scorrevoli su binari.

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI Le pareti interne sono realizzate in cartongesso raso e

imbiancato.

SOLAI Il solaio in pannelli strutturali è lasciato a vista all'interno delle abitazioni. Lo strato di finitura è in laminato ad alta pressione con posa flottante.

IMPIANTI -

NOTE

Gli edifici realizzati con questo sistema sono stati certificati in classe energetica B.



SITO	L'Aquila, Italia
COORDINATE	42°21'58"N 13°23'40"E
CLIMA	Temperato freddo
EVENTO DI RIFERIMENTO	Terremoto dell'Abruzzo (scheda n°14)
ANNO	2009
PROGETTISTA	Progetto architettonico: arch. Lorenzo Perini - Engineering San Basilio s.r.l. Progetto esecutivo opere edili: arch. Lorenzo Perini - Engineering San Basilio s.r.l., arch. G. Perottoni - ViTre Studio s.r.l. Progetto esecutivo opere in legno: arch. Lorenzo Perini - Engineering San Basilio s.r.l. Progetto impianto elettrico termotecnico e meccanico: ing. S. Ioriatti - Studio Impianti e Sicurezza s.r.l.
IMPRESA APPALTATRICE	COSBAU S.p.A., LOG Engineering s.r.l. Trento, Damiani Legnami S.p.A. Bressanone
AREA	1800 m ² (suddivisi su 3+1 piani)
TEMPI DI REALIZZAZIONE	78 giorni (190 per tutti gli edifici)
COSTI DI REALIZZAZIONE	2.133.000 €

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE	La struttura portante è costituita da un telaio in legno lamellare controtelaiata da pannelli OSB (Oriented strand board - pannello truciolare resistente all'umidità) chiodati e da solai in legno lamellare. Il sistema di giunzioni è realizzato tramite chidature e viti garantendo un comportamento strutturale altamente dissipativo che insieme alla leggerezza propria del materiale rende l'edificio particolarmente adatto alla risposta sismica.
FONDAZIONI	La struttura in legno poggia su una soletta in cemento armato sismicamente isolata e poggiante su fondazioni anch'esse in cemento armato.

CHIUSURA

COPERTURA	Il manto di copertura è realizzato in alluminio preverniciato ed è montato sopra uno strato portante in pannelli di legno lamellare maschiati. Tra i due elementi è interposto un telo microforato. L'inclinazione di questi pannelli è mantenuta da elementi lignei trasversali poggianti su un secondo strato di pannelli
-----------	---

perfettamente piani. All'interno della camera d'aria è inserito l'isolante in fibra di legno mineralizzata e polistirene estruso, impermeabilizzato superiormente con un telo traspirante e inferiormente da una barriera al vapore.

TAMPONAMENTI ESTERNI Le pareti perimetrali dell'edificio (spessore 24,5 cm) sono realizzate con un telaio in legno massiccio (spessore 12 cm) rinchiuso tra due strati di OSB, isolato in fibra di legno e finiti sull'interno da una doppia lastra in cartongesso. Tale pacchetto parete è prodotto direttamente in fabbrica e arriva completo in cantiere, pronto per essere assemblato. Il cappotto esterno e la rasatura vengono invece applicati in cantiere.

APERTURE I serramenti sono in legno lamellare e vetrocamera.

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI Le pareti di tamponamento interno (spessore 11,3 cm) sono assolutamente analoghe a quelle portanti tranne che per la sezione minore del telaio in legno (spessore 6 cm). Le pareti divisorie tra diverse unità abitative sono identiche a quelle portanti, ma sono affiancate su uno dei lati da un'ulteriore intercapedine in cartongesso per il passaggio degli impianti (spessore 25,3 cm).

SOLAI Il solaio è realizzato come per la copertura con pannelli in legno lamellare maschiati. Sopra di esso è collocato un telo di protezione impermeabile in polietilene, quindi il massetto alleggerito, il materassino anticallpestio, uno strato isolante, un massetto autolivellante contenente la serpentina dei pannelli radianti e lo strato di finitura in legno prefinito.

IMPIANTI Il riscaldamento degli edifici è garantito tramite l'impianto di riscaldamento radiante a pavimento collegato all'impianto solare termico posto in copertura in grado di coprire il 68% del fabbisogno d'acqua calda sanitaria, una quota nettamente superiore a quella prevista da D.L. 311/06. Il controllo termico dell'edificio è inoltre reso più efficiente dallo sfasamento dell'onda termica permesso dal sistema costruttivo in fibra di legno a bassa densità e dagli elementi di schermatura delle parti vetrate posto in facciata.

NOTE

Gli edifici realizzati con questo sistema sono stati certificati in classe energetica A.



SITO Haiti
 COORDINATE 52°36'N 12°20'E
 CLIMA Temperato - oceanico
 EVENTO DI RIFERIMENTO Terremoto di Haiti (scheda n°15)
 ANNO 2010
 PROGETTISTA InnoVida Holdings
 IMPRESA APPALTATRICE InnoVida Holdings
 AREA 26 m²
 TEMPI DI REALIZZAZIONE 2 settimane
 COSTI DI REALIZZAZIONE 2.650 €

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE La struttura portante è realizzata da pannelli autoportanti in FCP (spessore 10 cm), ancorati fra loro e alle guide metalliche a terra di profilo a "U" mediante incollaggio (colla epossidica, termoindurente). I pannelli giungono in cantiere già tagliati nelle sagome necessarie, ma sul posto vengono realizzati i fori di giunzione per i montaggio. La portanza a compressione degli elementi è di 11 KN/m per quelli verticali e di 1,5 KN/m² per quelli orizzontali. L'abbattimento acustico è stimato superiore ai 28 db.

FONDAZIONI La struttura poggia su una soletta in cemento armato.

CHIUSURA

COPERTURA La copertura viene realizzata anch'essa semplicemente mediante l'accostamento di pannelli FCP giuntati con colla epossidica. La completa impermeabilizzazione della superficie è garantita tramite l'applicazione di uno strato (telo?) di finitura esterno. È prevista la possibilità di integrazione di pannelli solari.

TAMPONAMENTI ESTERNI Le pareti perimetrali dell'edificio (spessore 10 cm) sono realizzate da pannelli autoportanti in FCP (spessore 10 cm).

APERTURE -

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI Le pareti di tamponamento interno sono assolutamente analoghe a quelle portanti.

SOLAI Il solaio a terra è realizzato dal getto di fondazione in cemento

armato. La ditta prevede però pannelli speciali in legno per solai da realizzarsi in località dove non è possibile considerare l'utilizzo di cemento armato.

IMPIANTI I locali sono dotati di impianto areazione forzata.

NOTE

Gli edifici realizzati con questo sistema sono stati verificati per azione sismica, uragani e inondazioni e sono garantiti resistenti alle infiltrazioni d'acqua, aria, raggi UV (dopo finitura), alghe e termiti. Le prestazioni del materiale sono garantite da test ASTM (American Society for Testing and Materials).



Fig. 70 - Fasi di realizzazione dei Bungalow Innovida.



7.1

SITO Haiti
 COORDINATE 52°36'N 12°20'E
 CLIMA Temperato - oceanico
 EVENTO DI RIFERIMENTO Terremoto di Haiti (scheda n°15)
 ANNO 2010
 PROGETTISTA Redondo & Serra
 IMPRESA APPALTATRICE -
 AREA 20 m²
 TEMPI DI REALIZZAZIONE -
 COSTI DI REALIZZAZIONE 300 €

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE Bancali di legno
 FONDAZIONI Gabbioni metallici riempiti con rocce

CHIUSURA

COPERTURA Pannelli sintetici (fenolo)
 TAMPONAMENTI ESTERNI Bancali rivestiti con pannelli sintetici (fenolo)
 APERTURE -

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI Bancali rivestiti con pannelli sintetici (fenolo)
 SOLAI Bancali di legno

IMPIANTI -

NOTE

Vincitore di un concorso promosso in seguito al terremoto che ha colpito Haiti il progetto punta alla realizzazione di rifugi a basso costo realizzati con materiali di risulta, dalle macerie e dagli imballaggi recapitati con gli aiuti internazionali. Ogni rifugio è facilmente realizzabile anche da manodopera non specializzata e prevede la sua riconfigurazione a seconda della destinazione d'uso finale.

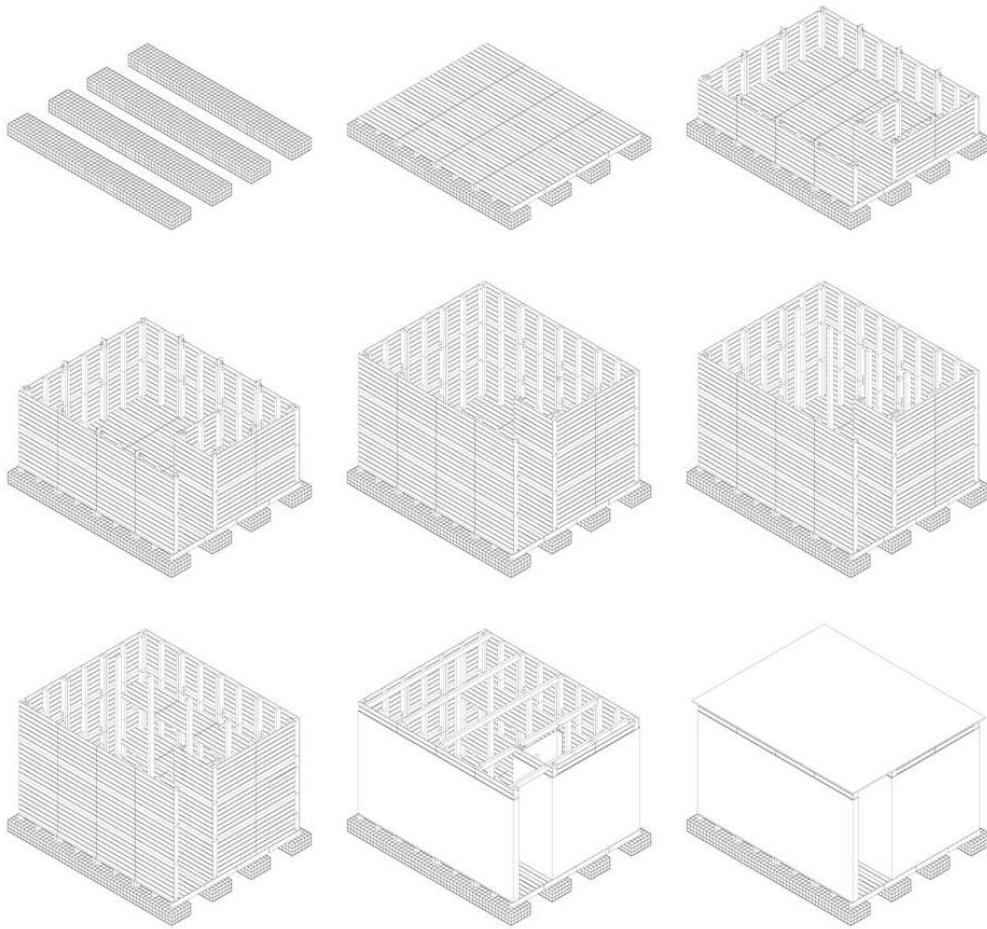


Fig. 71 - Processo di realizzazione dei rifugi.





SITO Haiti
 COORDINATE 52°36'N 12°20'E
 CLIMA Temperato - oceanico
 EVENTO DI RIFERIMENTO Terremoto di Haiti (scheda n°15)
 ANNO 2010
 PROGETTISTA Brett Ehman
 IMPRESA APPALTATRICE -
 AREA 8 m²
 TEMPI DI REALIZZAZIONE -
 COSTI DI REALIZZAZIONE 300 €

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE Tutta la struttura è realizzata mediante pannelli di legno compensato giuntati tramite viti di acciaio inossidabile, tranne per il tetto la struttura dove sono stati utilizzati tubi in pvc da rete idraulica giuntati con gli appositi raccordi.

FONDAZIONI -

CHIUSURA

COPERTURA Il manto di copertura impermeabile è realizzato con telo impermeabile in materiele plastico.

TAMPONAMENTI ESTERNI I pannelli di tamponamento, che costituiscono anche la parte strutturale dell'edificio, sono rivestiti con i teli impermeabili come per la copertura.

APERTURE -

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI -

SOLAI Il solaio controterra è realizzato mediante pannelli in legno compensato.

IMPIANTI -

NOTE

Partecipante ad un concorso promosso in seguito al terremoto che ha colpito Haiti il progetto punta alla realizzazione di rifugi a basso costo tramite l'utilizzo di materiali poveri e facilmente reperibili e la possibilità del loro riutilizzo successivo.

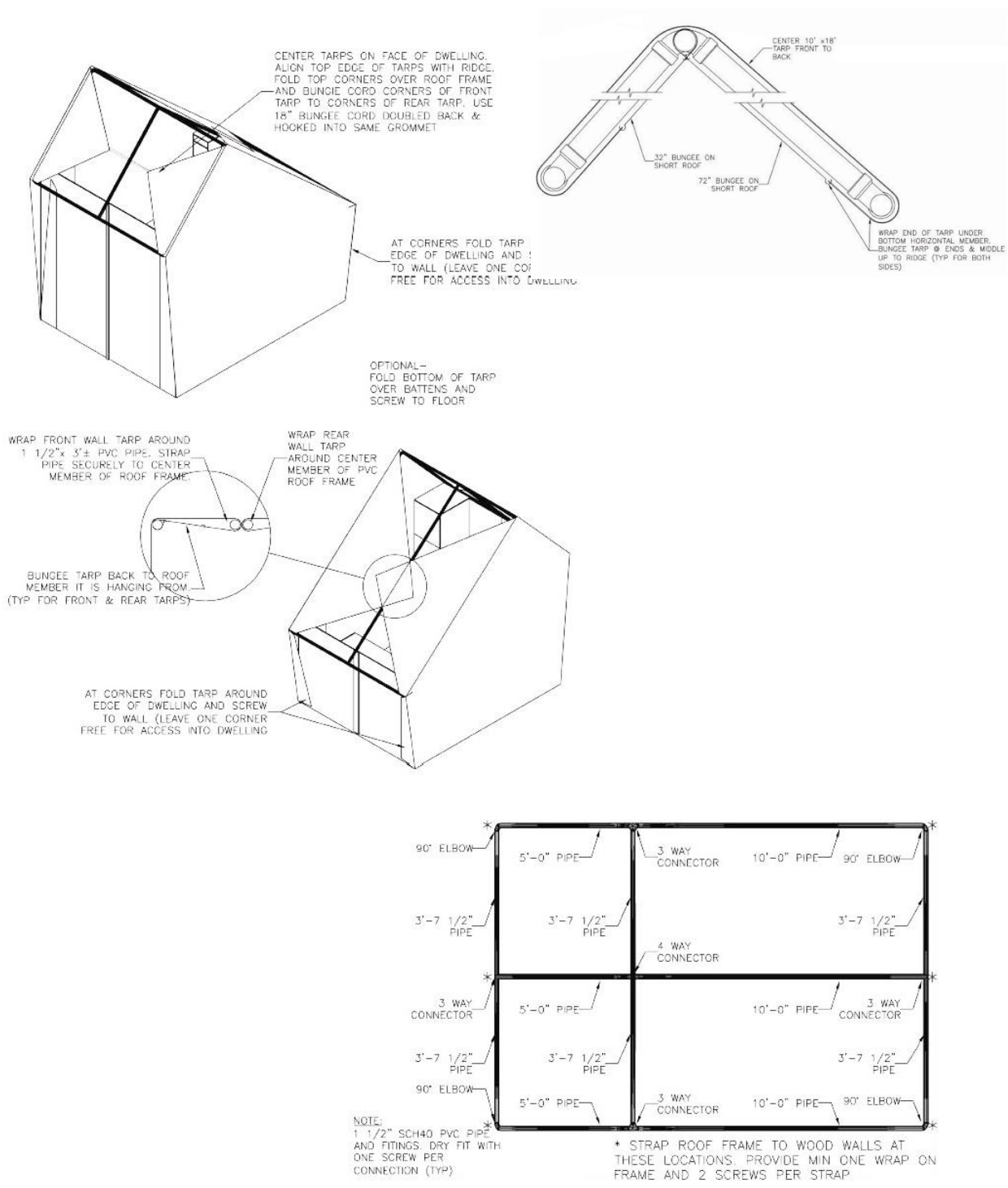


Fig. 72 - Il sistema di fissaggio del telo impermeabile alla struttura di tubi in pvc.

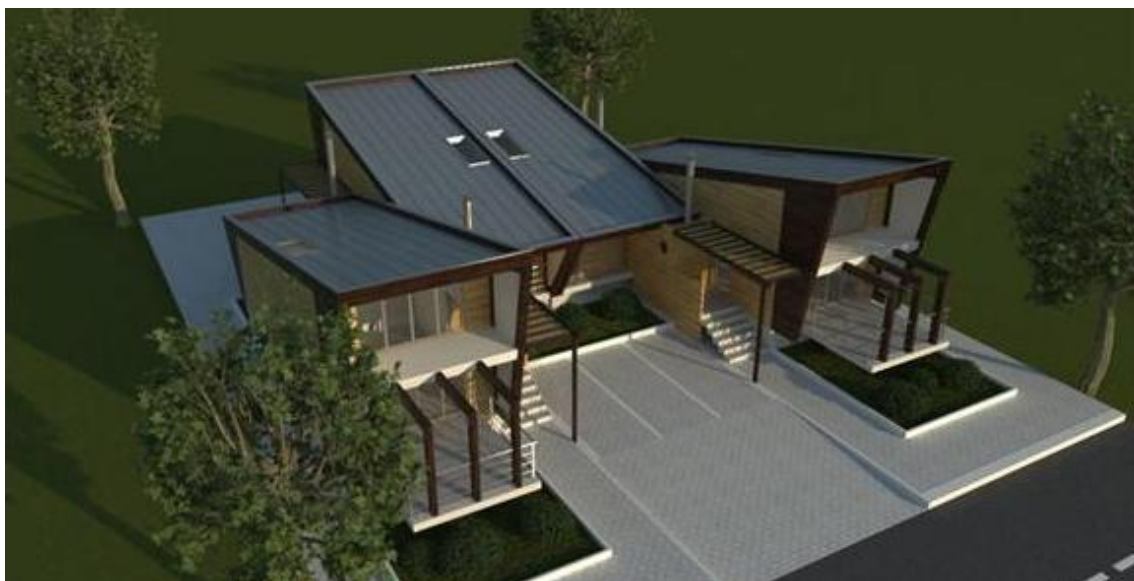
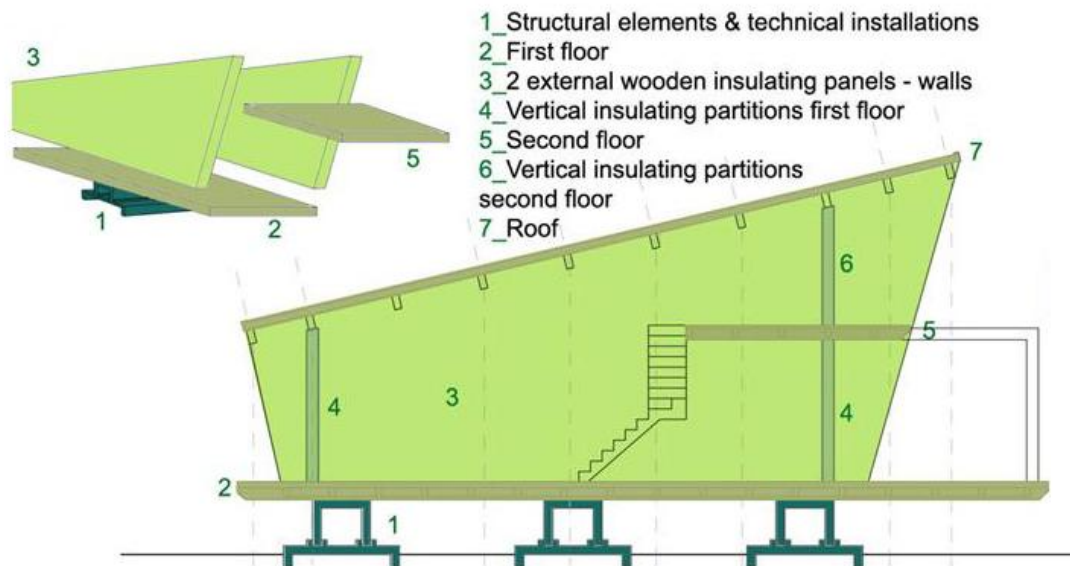


SITO	Haiti
COORDINATE	52°36'N 12°20'E
CLIMA	Temperato - oceanico
EVENTO DI RIFERIMENTO	Terremoto di Haiti (scheda n°15)
ANNO	2010
PROGETTISTA	Arch. Stefano Rolli e Arch Linda Fiorillo di RR STUDIO
IMPRESA APPALTATRICE	-
AREA	70 m ²
TEMPI DI REALIZZAZIONE	-
COSTI DI REALIZZAZIONE	-
STRUTTURA PORTANTE	
ELEVAZIONE	Tutta la struttura è realizzata mediante elementi in legno massiccio.
FONDAZIONI	Le fondazioni sono realizzate tramite tre travi prefabbricate scatolari in cemento armato. Tale soluzione permette l'areazione del solaio controterra e la predisposizione degli impianti.
CHIUSURA	
COPERTURA	Il manto di copertura è realizzato in lamiera metallica.
TAMPONAMENTI ESTERNI	Le pareti di tamponamento esterne sono realizzate con pannelli a secco.
APERTURE	Sono previsti infissi e elementi di chiusura vetrati.
PARTIZIONE INTERNA	
TAMPONAMENTI INTERNI	Sono realizzati dalle pareti autoportati degli elementi prefabbricati utilizzati per la realizzazione dei servizi.
SOLAI	Il solaio controterra è realizzato sempre mediante elementi in legno massiccio.
IMPIANTI	I locali sono dotati di moduli di servizio prefabbricati e gli impianti sono predisposti negli elementi di cemento armato prefabbricati utilizzati nelle fondazioni.

NOTE

Partecipante ad un concorso promosso in seguito al terremoto che ha colpito Haiti. A differenza della maggior parte dei progetti in concorso, il progetto punta alla realizzazione di vere e proprie abitazioni, piuttosto che rifugi a basso costo. Il progetto punta sull'utilizzo di elementi prefabbricati, ma lascia dubbi sulla fattibilità in condizioni disagiate come quella dell'isola di Haiti. I costi non sono specificati ma sono sicuramente superiori a quelli richiesti dal bando.

Fig. 73 - Schema della struttura prefabbricata in legno poggiata sui supporti in C.A.





SITO Haiti
 COORDINATE 52°36'N 12°20'E
 CLIMA Temperato - oceanico
 EVENTO DI RIFERIMENTO Terremoto di Haiti (scheda n°11)
 ANNO 2010
 PROGETTISTA Traverso-Vighy
 IMPRESA APPALTATRICE -
 AREA 7,5 m² (+ depositi)
 TEMPI DI REALIZZAZIONE -
 COSTI DI REALIZZAZIONE 300 €

STRUTTURA PORTANTE

ELEVAZIONE Tutta la struttura è realizzata mediante pannelli di cartone a nido d'ape giuntati mediante incastri e viti.

FONDAZIONI Le fondazioni sono realizzate tramite travetti in legno poggiati sopra blocchetti in cemento prefabbricati.

CHIUSURA

COPERTURA Il manto di copertura è realizzato tramite la sovrapposizione di due teli, il primo di cotone semplice, il secondo di cotone impermeabilizzato. Tale soluzione permette la ventilazione della copertura per diminuire gli effetti di surriscaldamento.

TAMPONAMENTI ESTERNI Le pareti di tamponamento esterne sono costituiti dagli stessi elementi portanti a cui viene accostato sull'interno un pannello rigido di isolamento.

APERTURE Le aperture sono schermate mediante delle tende in canne di bamboo.

PARTIZIONE INTERNA

TAMPONAMENTI INTERNI -

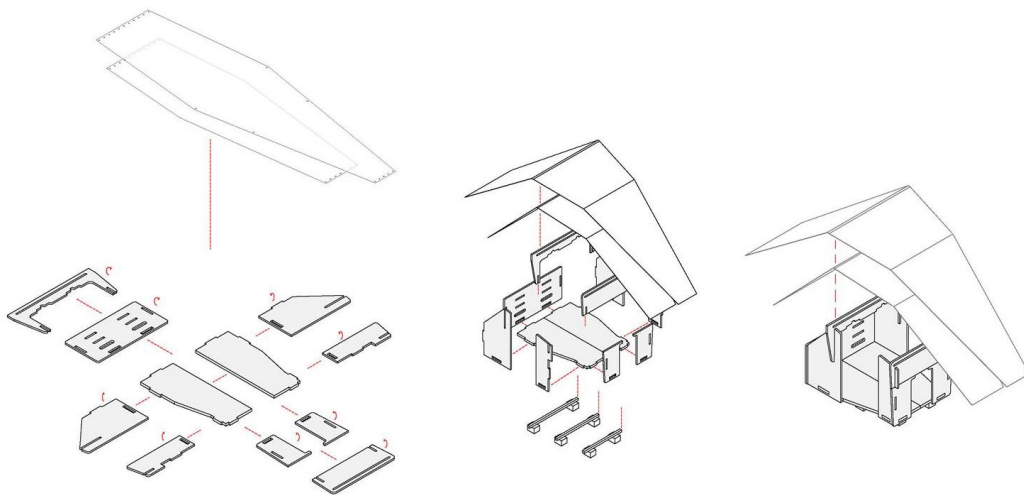
SOLAI Il solaio controterra è realizzato come le pareti in cartone a nido d'ape.

IMPIANTI La ventilazione degli ambienti è favorita da un ventilatore a pale posizionato a soffitto e alimentato da un piccolo pannello solare posizionato sul telo di copertura più esterno.

NOTE

Partecipante ad un concorso promosso in seguito al terremoto che ha colpito Haiti il progetto punta alla realizzazione di rifugi a basso costo tramite l'utilizzo di materiali poveri e facilmente reperibili e la possibilità del loro riutilizzo successivo.

Fig. 74 - Fasi di realizzazione del rifugio.



APPENDICE C: WBS E COMPUTO METRICO ESTIMATIVO

UNI 8290			SCELTE PROGETTUALI	COMPUTO METRICO		
CLASSE UNITÀ TECNOLOGICHE	UNITÀ TECNOLOGICHE	CLASSE DI ELEMENTI TECNICI	ELEMENTO TECNICO	VOCI DI LAVORO	ID LISTINO (PREZZARIO DELLA REGIONE ABRUZZO 2011)	
0 Attività preliminari	0.1 Opere preliminari	0.1.01 Movimenti terra	0.1.01.01 Scavi	0.1.01.01.01 Scavo di sbancamento	A/1-1	Scavo di sbancamento di materie di qualsiasi natura e consistenza, asciutte o bagnate, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi e i relitti di muratura fino a mc. 0.50 eseguito con mezzi meccanici, compreso lo spianamento e la configurazione del fondo anche se a gradoni e l'eventuale profilatura di pareti, scarpate e simili; il taglio di alberi e cespugli; l'estirpazione di ceppaie; compreso il trasporto nell'ambito del cantiere secondo le indicazioni della Direzione Lavori.
				0.1.01.01.02 Carico e trasporto	A/1-2	Carico e trasporto a rifiuto a qualunque distanza del materiale scavato.
				0.1.01.01.03 Reinterro o riempimento	A/4-1	Reinterro o riempimento non stradale di cavi o di buche con materiali scevri da sostanze organiche, compresi spianamenti, costipazione e pilonatura a strati non superiori a cm 30, bagnatura e necessari ricarichi e i movimenti dei materiali per quanto sopra, eseguito con mezzi meccanici con materiale depositato sull'orlo del cavo.
1 Strutture	1.1 Strutture di fondazione	1.1.01 Fondazioni dirette	1.1.01.01 Platea	1.1.01.01.01 Casseri	H/2-27	Fornitura e realizzazione di casseforme e delle relative armature di sostegno per strutture di fondazione, di elevazione e muri di contenimento, poste in opera fino ad un'altezza di m. 3,5 dal piano di appoggio. Sono compresi: la fornitura e posa in opera del disarmante; la manutenzione; lo smontaggio; l'allontanamento e accatastamento del materiale occorso. È inoltre compreso ogni altro onere e magistero per dare l'opera finita. La misurazione è eseguita calcolando la superficie dei casseri a diretto contatto del getto.
				1.1.01.01.02 Carpenterie	H/4-1	Barre in acciaio, controllato in stabilimento, per strutture in C.A., fornite e poste in opera. Sono compresi: i tagli; le piegature; le sovrapposizioni; gli sfridi; le legature con filo di ferro ricotto; le eventuali saldature; gli aumenti di trafilatura rispetto ai diametri commerciali, assumendo un peso specifico convenzionale di g/cmc 7,85 e tutti gli oneri relativi ai controlli di legge ove richiesti. E' inoltre compreso quanto altro occorre per dare l'opera finita.
				1.1.01.01.03 Calcestruzzo Rck25	H/2-1	Conglomerato cementizio in opera, per opere non armate di fondazione o sottofondazione, confezionato a norma di legge con cemento 325 ed inerti a varie pezzature atte ad assicurare un assortimento granulometrico adeguato alla particolare destinazione del getto ed al procedimento di posa in opera del calcestruzzo, comprensivo di tutti gli oneri tra cui quelli di controllo previsti dalle vigenti norme; l'eventuale onere della pompa. E' inoltre compreso quanto altro occorre per dare l'opera finita. Sono escluse: le casseforme.
				1.1.01.01.04 Impremeabilizzazione contro terra	J/1-2	Spalmatura di primer bitumoso in ragione di 300 gr/mq. c.a., speciale soluzione bitumosa a base di bitume ossidato, additivi e solventi con residuo secco del 50% e viscosità FORD n.4 a 25°C di 20-25 sec.
1.2 Strutture di elevazione	1.2.01 Strutture elevazione	1.2.01.01 Strutture verticali e orizzontali in legno	1.2.01.01.01 Travi e pilastri a sezione composta in legno lamellare (abete)	G/2-7	Travi squadrate per esecuzione di capriate in legno realizzate su disegno della D.L. con legno di abete di castagno di prima scelta, fornite e poste in opera. Sono compresi: lo sfrido; la piallatura e verniciatura con olio di lino cotto; i puntoni; le catene e saettoni contro catena etc.; il calcolo per luci fino a m 12 poste ad un interasse massimo di m 4 l'una dall'altra; il montaggio a qualunque altezza; il trattamento per la protezione del legno con idoneo protettivo e catramatura sugli appoggi. E' inoltre compreso quanto altro occorre per dare l'opera finita. Dette capriate non devono produrre spinte sulle murature.	
			1.2.01.01.02 Tiranti in acciaio armonico	W/8-17	Tiranti pretesi dati in opera per ancoraggio di strutture di sostegno e difesa eseguiti mediante perforazione a rotazione o rotopercolazione, anche con eventuale rivestimento provvisorio orizzontale o comunque inclinato del diametro di cm 120 in terreni di qualsiasi natura e consistenza anche in presenza di acqua, compresa la fornitura dell'armatura in trefoli d'acciaio armonico, guaine, ecc. con le modalità esecutive scelte dalla D.L. e stabilite dalle Norme Tecniche del Capitolato Speciale d'appalto; compreso ogni e qualsiasi onere di lavorazione; per tensioni sino a 45 tonn.	
		1.2.01.02 Strutture verticali in acciaio	1.2.01.02.01 Manufatti in acciaio per travi e colonne in profilati	M/2-18	Manufatti in acciaio per travi e colonne, realizzati in profilati tubolari di qualsiasi sezione, laminati a caldo, forniti e posti in opera in conformità alle norme CNR M/11. Sono compresi: le piastre di base e di attacco; il taglio a misura; le forature; le flange; la bullonatura (con bulloni di qualsiasi classe) o saldatura; etc. E' inoltre compreso quanto altro occorre per dare l'opera finita. Sono esclusi i trattamenti protettivi e le verniciature che verranno computati a parte.	

CLASSIFICAZIONE					MISURA		
VOCE DI LAVORO	ID	CODICE LISTINO	CODICE WBS VOCE DI LAVORO	DESCRIZIONE VOCE DI LAVORO	PREZZO UNITARIO	QUANTITÀ	COSTO
Scavo di sbancamento	1	A/1-1	0.1.01.01.01	Scavo di sbancamento di materie di qualsiasi natura e consistenza, asciutte o bagnate, esclusa la roccia da mina ma compresi i trovanti rocciosi e i relitti di muratura fino a mc. 0.50 eseguito con mezzi meccanici, compreso lo spianamento e la configurazione del fondo anche se a gradoni e l'eventuale profilatura di pareti, scarpate e simili; il taglio di alberi e cespugli; l'estirpazione di ceppaie; compreso il trasporto nell'ambito del cantiere secondo le indicazioni della Direzione Lavori.	3,27 €	965 m ³	3.156 €
Carico e trasporto	2	A/1-2	0.1.01.01.02	Carico e trasporto a rifiuto a qualunque distanza del materiale scavato.	1,11 €	878 m ³	975 €
Reinterro o riempimento	3	A/4-1	0.1.01.01.03	Reinterro o riempimento non stradale di cavi o di buche con materiali scevri da sostanze organiche, compresi spianamenti, costipazione e pilonatura a strati non superiori a cm 30, bagnatura e necessari ricarichi e i movimenti dei materiali per quanto sopra, eseguito con mezzi meccanici con materiale depositato sull'orlo del cavo.	2,87 €	87 m ³	250 €
Casseri	4	H/2-27	1.1.01.01.01	Fornitura e realizzazione di casseforme e delle relative armature di sostegno per strutture di fondazione, di elevazione e muri di contenimento, poste in opera fino ad un'altezza di m. 3,5 dal piano di appoggio. Sono compresi: la fornitura e posa in opera del disarmante; la manutenzione; lo smontaggio; l'allontanamento e accatastamento del materiale occorso. È inoltre compreso ogni altro onere e magistero per dare l'opera finita. La misurazione è eseguita calcolando la superficie dei casseri a diretto contatto del getto.	23,25 €	525 m ³	12.206 €
Carpenterie	5	H/4-1	1.1.01.01.01	Barre in acciaio, controllato in stabilimento, per strutture in C.A., fornite e poste in opera. Sono compresi: i tagli; le piegature; le sovrapposizioni; gli sfridi; le legature con filo di ferro ricotto; le eventuali saldature; gli aumenti di trafilatura rispetto ai diametri commerciali, assumendo un peso specifico convenzionale di g/cmc 7,85 e tutti gli oneri relativi ai controlli di legge ove richiesti. È inoltre compreso quanto altro occorre per dare l'opera finita.	1,18 €	26946 m ²	31.796 €
Calcestruzzo Rck25	6	H/2-1	1.1.01.01.03	Conglomerato cementizio in opera, per opere non armate di fondazione o sottofondazione, confezionato a norma di legge con cemento 325 ed inerti a varie pezzature atte ad assicurare un assortimento granulometrico adeguato alla particolare destinazione del getto ed al procedimento di posa in opera del calcestruzzo, comprensivo di tutti gli oneri tra cui quelli di controllo previsti dalle vigenti norme; l'eventuale onere della pompa. E' inoltre compreso quanto altro occorre per dare l'opera finita. Sono escluse: le casseforme.	89,69 €	449 Kg	40.280 €
Impremeabilizzazione contro terra	7	J/1-2	1.1.01.01.04	Spalmatura di primer bitumoso in ragione di 300 gr/mq. c.a., speciale soluzione bitumosa a base di bitume ossidato, additivi e solventi con residuo secco del 50% e viscosità FORD n.4 a 25°C di 20-25 sec.	1,25 €	139 m ²	174 €
Travi e pilastri a sezione composta in legno lamellare (abete)	8	G/2-7	1.2.01.01.01	Travi squadrate per esecuzione di capriate in legno realizzate su disegno della D.L. con legno di abete o castagno di prima scelta, fornite e poste in opera. Sono compresi: lo sfrido; la piallatura e verniciatura con olio di lino cotto; i puntoni; le catene e saettoni contro catena etc.; il calcolo per luci fino a m 12 poste ad un interasse massimo di m 4 l'una dall'altra; il montaggio a qualunque altezza; il trattamento per la protezione del legno con idoneo protettivo e catramatura sugli appoggi. E' inoltre compreso quanto altro occorre per dare l'opera finita. Dette capriate non devono produrre spinte sulle murature.	1453,31 €	521 m ³	757.175 €
Tiranti in acciaio armonico	9	W/8-17	1.2.01.01.02	Tiranti pretesi dati in opera per ancoraggio di strutture di sostegno e difesa eseguiti mediante perforazione a rotazione o rotopercolazione, anche con eventuale rivestimento provvisorio orizzontale o comunque inclinato del diametro di cm 120 in terreni di qualsiasi natura e consistenza anche in presenza di acqua, compresa la fornitura dell'armatura in trefoli d'acciaio armonico, guaine, ecc. con le modalità esecutive scelte dalla D.L. e stabilite dalle Norme Tecniche del Capitolato Speciale d'appalto; compreso ogni e qualsiasi onere di lavorazione; per tensioni sino a 45 tonn.	79,96 €	642 m	51.334 €
Manufatti in acciaio per travi e colonne in profilati	10	M/2-18	1.2.01.02.01	Manufatti in acciaio per travi e colonne, realizzati in profilati tubolari di qualsiasi sezione, laminati a caldo, forniti e posti in opera in conformita' alle norme CNR M/11. Sono compresi: le piastre di base e di attacco; il taglio a misura; le forature; le flange; la bullonatura (con bulloni di qualsiasi classe) o saldatura; etc. E' inoltre compreso quanto altro occorre per dare l'opera finita. Sono esclusi i trattamenti protettivi e le verniciature che verranno computati a parte.	3,32 €	11365 kg	37.731 €

TOT 935.075 €
TOT 10% 1.028.583 €

B I B L I O G R A F I A

EMERGENZA

MONOGRAFIE

Anzalone, M. 2008. *L'urbanistica dell'emergenza: progettare la flessibilità degli spazi urbani.* Firenze: Alinea, 2008.

Battisti, F. M., 1991. *La città e l'emergenza: organizzazione della protezione civile e pianificazione della sicurezza nelle aree metropolitane.* Milano: Franco Angeli, 1991.

Bellizzi, M., 2000. *Le opere provvisorie nell'emergenza sismica.* Agenzia di protezione civile, Servizio sismico nazionale, 2000.

Bertoldini, M. 2009. *Progettare oltre l'emergenza: spazi e tecniche per l'abitare temporaneo.* Milano : Il Sole 24 Ore, 2009.

Bologna, R. - Terpolilli, C. 2005. *Emergenza del progetto, progetto dell'emergenza: architetture con-temporaneità.* Milano: F. Motta, 2005.

Cavallari, L. 2003. *Abitare e costruire in emergenza: tecnologie per l'adeguamento dell'habitat provvisorio.* Pescara: Sala, 2003

Claudi de Saint Mihiel, C., 2003. *Strategie integrate per la progettazione e produzione di strutture temporanee per le emergenze insediative.* Napoli: 2003.

Di Sopra, L., 1998. *Il modello Friuli: gestione dell'emergenza e ricostruzione del Friuli dopo il sisma del 1976.* Udine : Amministrazione provinciale, 1998.

Donato, F. - Gnazzo, G. – Platania, M., 1983. *Abitazioni per l'emergenza: ricerca per un sistema residenziale trasferibile.* Roma: Vestro, 1983.

Lambri, F. 1999. *Costruzioni in zona sismica: normative e nuove tecnologie di difesa dai terremoti - L'isolamento sismico alla base.* Milano: Politecnico di Milano, 1999.

Latina, C. 1988. *Sistemi abitativi per insediamenti provvisori.* Milano: BE-MA Editrice, 1988.

Marinelli, S. - Ruggeri, G., 1998. *Il piano di emergenza: metodo, organizzazione, esempi.* Roma: EPC libri, 1998.

Masotti, C. 2010. *Manuale di architettura d'emergenza e temporanea: soluzioni per l'edilizia temporanea, nomade ed estrema.* Napoli: Sistemi Editoriali, 2010.

Moiraghi, M., 2004. *Protezione civile: gestione della normalità e dell'emergenza.* Milano: CLUP, 2004.

Paoletti, I. - Pellavio, M. 2005. *Innovare l'emergenza: tecnologie spalleggiabili per abitare in ambienti critici.* Milano: Associazione nazionale alpini - Centro studi, 2005.

Pepe, G. C. - Rizzi, G., 1990. *L'alloggio flessibile: metodi, tecniche ed esemplificazioni di trasformabilità e adattabilità interna.* Pavia: G. Luculano, 1990.

Perriccioli, M. 2005. *La temporaneità oltre l'emergenza: strategie insediative per l'abitare temporaneo.* Roma: Kappa, 2005.

Stern, N., 2009. *Clima è vera emergenza.* Milano: F. Brioschi, 2009.

TESI

Maroni, S. 2004. *L'architettura dell'emergenza post-catastrofe: analisi delle problematiche abitative connesse ad eventi catastrofici e proposta di alloggi temporanei componibili.* Milano: Politecnico di Milano, 2004.

Puigserver, A. 2003/04. *Temporaneo e provvisorio: strumenti strategici per un progetto reversibile.* Milano: Politecnico di Milano, 2003/04.

SITI INTERNET

Protezione civile <http://www.protezionecivile.gov.it/>

Istituto nazionale geofisica e vulcanologia <http://www.ingv.it/>

Monitoraggio geologico: <http://www.usgs.gov/>

Database internazionali: <http://www.emdat.be/>

<http://www.recoveryplatform.org>

Classificazione Glide <http://www.glidenumbers.net>

PROGETTAZIONE IN LEGNO

MONOGRAFIE

2008. *L'altro massiccio: progettare e costruire con l'X-Lam - L'eleganza e l'efficienza dei pannelli di legno massiccio a strati incrociati.* Milano: Promo legno, 2008.

Azby, B. 1995. *The Genius of Japanese carpentry: the secrecy of a craft* . Tokyo, New York, London: Kodansha international, 1995.

Barbisan, U. - Laner, F. 1995. *I solai in legno: soluzioni tradizionali, elementi innovativi, esempi di dimensionamento.* Milano: F. Angeli, 1995.

Henrichsen, C. 2004. *Japan, culture of wood: buildings, objects, techniques.* Basel: Birkhauser, 2004.

Laner, F. 2001. *Il legno lamellare. Il progetto.* Edolo: Habitat legno, 2001.

Sumiyoshi, T e Matsui, G. 1991. *Wood joints in classical japanese architecture.* Tokyo: Kajima Institut Publishing co., 1991.

Ueda, A. 1998. *The inner harmony of the Japanese house.* Tokyo, New York, London : Kodansha international, 1998.

Zwenger, K. 1997. *Wood and wood joints: building traditions of Europe and Japan.* Basel : Birkhauser, 1997.

SITI INTERNET

Carter Holt Harvey <http://www.chhwoodproducts.co.nz/futurebuild-lvl/>

MiTek <http://www.mii.com/site/frameset.aspx?siteid=0>

NMIT <http://www.nmit.ac.nz/>

progetto architettonico: <http://www.isjarchitects.co.nz>

progetto strutture: <http://www.acenz.org.nz>

PROGETTAZIONE ANTISISMICA

MONOGRAFIE

Bolt, B. - Dreger, D. - Elsesser, E. - Eisner, R. - Holmes, W. - McGavin, G. - Theodoropoulos, C. 2006. *Designing for Earthquakes: Manual for architects.* Oakland - California : FEMA, 2006.

Massey, W. 2007. *Architectural Design for Earthquake.* New Zealand Society for Earthquake Engineering, 2007.

Migliacci, A. 2006. *L'architettura dell'equilibrio e della deformazione.* Milano : Casa Editrice Ambrosiana, 2006.

CONVEGNI

Akguzel, U. - Amaris, A. - Palermo, A. - Pampanin, S. 2006. *First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology (ECEES), Geneva - Switzerland. Experimental Investigations On High-Performance Jointed Ductile Connections For Precast Frame Systems.* Christchurch, New Zealand: University of Canterbury - Civil Engineering., 3-8 Settembre 2006.

Austruy, C. - Buchanan, A. - Fragiacom, M. - Moss, P. 2008. *10th World Conference on Timber Engineering (WCTE), Miyazaki - Japan. On the design of timber bolted connections subjected to fire.* [Digitale - <http://hdl.handle.net/10092/2642>]. Christchurch, New Zealand: University of Canterbury - Civil and Natural Resources Engineering, 2-5 Giugno 2008.

Azby, B. 1995. *The Genius of Japanese carpentry: the secrecy of a craft .* Tokyo, New York, London: Kodansha international, 1995.

Buchanan, A. - Fragiacom, M. - Pampanin, S. - Smith, T. 2008. *10th World Conference on Timber Engineering (WCTE), Miyazaki - Japan. Design and Construction of Prestressed Timber Buildings for Seismic Areas.* [Digitale - <http://hdl.handle.net/10092/2631>]. Christchurch, New Zealand : University of Canterbury - Civil and Natural Resources Engineering, 2-5 Giugno 2008.

2008. *NZ Society of Earthquake Engineering Conference, Wairakei - New Zealand. Feasibility and Detailing of Post-tensioned Timber Buildings for Seismic Areas.* [Digitale - <http://hdl.handle.net/10092/2660>]. Christchurch, New Zealand: University of Canterbury - Civil and Natural Resources Engineering, 11-13 Aprile 2008.

Buchanan, A. - Iqbal, A. - Pampanin, S. 2008. *10th World Conference on Timber Engineering (WCTE), Seismic Behaviour of Prestressed Timber Columns under Bi-directional Loading.* [Digitale - <http://hdl.handle.net/10092/2632>]. Christchurch, New Zealand: University of Canterbury - Civil and Natural Resources Engineering, 2-5 Giugno 2008.

Buchanan, A. - Newcombe, M. - Palermo, A. - Pampanin, S. 2005. *NZ Society of Earthquake Engineering Annual National Conference, Wairakei - New Zealand. Seismic design of multi-storey buildings using laminated veneer lumber (LVL).* [Digitale - <http://hdl.handle.net/10092/266>]. Christchurch, New Zealand : University of Canterbury - Civil Engineering, Marzo 2005.

Buchanan, A.H. - Deam, B.L. - Fragiaco, M. - Palermo, A. - Pampanin, S. - Pasticier, L. 2006. *19th Australasian Conference on Mechanics of Structures and Materials (ACMSM19), Christchurch - New Zealand. Quasi-static cyclic tests on seismic-resistant beam-to-column and column-to-foundation subassemblies using Laminated Veneer Lumber (LVL).* [Digitale - <http://hdl.handle.net/10092/178>]. Christchurch, New Zealand : University of Canterbury - Civil Engineering, 2006.

Buchanan, A.H. - Deam, B.L. - Fragiaco, M. - Palermo, A. - Pampanin, S. 2006. *39th Meeting of the Working Commission W18-Timber Structures, CIB, International Council for Research and Innovation, Florence - Italy. Code provisions for seismic design of multi-storey post-tensioned timber buildings.* [Digitale - <http://hdl.handle.net/10092/17>]. Christchurch, New Zealand: University of Canterbury - Civil Engineering, 28-31 Agosto 2006.

2006. *9th World Conference on Timber Engineering (WCTE), Portland - U.S.A. Innovative seismic solutions for multi-storey LVL timber buildings.* [Digitale - <http://hdl.handle.net/10092/15>]. Christchurch, New Zealand: University of Canterbury - Civil Engineering, 6-10 Agosto 2006.

Buchanan, A.H. - Iqbal, A. - Pampanin, S. 2008. *New Zealand Society of Earthquake Engineering Conference, Wairakei - New Zealand. Experimental Study of Prestressed Timber Columns under Bi-directional Seismic Loading.* [Digitale - <http://hdl.handle.net/10092/2658>]. Christchurch, New Zealand: University of Canterbury - Civil and Natural Resources Engineering, 11-13 Aprile 2008.

Buchanan, A.H. - Palermo, A. - Pampanin, S. 2006. *First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology (ECEES), Geneva - Switzerland. Experimental investigations on LVL seismic resistant wall and frame subassemblies.* [Digitale - <http://hdl.handle.net/10092/186>]. Christchurch, New Zealand: University of Canterbury - Civil Engineering, 3-8 Settembre 2006.

Bull, D. - Kam, W.Y. - Pampanin, S. 2009. *New Zealand Society of Earthquake Engineering Conference. Experimental Validation of Selective Weakening Approach for the Seismic Retrofit*

of Exterior Beam-Column Joints. [Digitale - <http://hdl.handle.net/10092/2745>]. s.l.: University of Canterbury - Civil and Natural Resources Engineering, 3-5 Aprile 2009.

Bull, D. - Marriott, D. - Palermo, A. - Pampanin, S. 2008. *New Zealand Society of Earthquake Engineering Conference, Wairakei - New Zealand. Dynamic Testing of Precast, Post-Tensioned Rocking Wall Systems with Alternative Dissipating Solutions*. [Digitale - <http://hdl.handle.net/10092/2676>]. Christchurch, New Zealand: University of Canterbury - Civil and Natural Resources Engineering, 11-13 Aprile 2008.

Bull, D. - Marriott, D.J. - Palermo, A. - Pampanin, S. 2008. *14th World Conference on Earthquake Engineering (14 WCEE), Beijing - China. Shake-table testing of hybrid post-tensioned precast wall systems with alternative dissipating solutions*. [Digitale - <http://hdl.handle.net/10092/2818>]. Christchurch, New Zealand: University of Canterbury - Civil and Natural Resources Engineering, 12-17 Ottobre 2008.

Bull, D.S. - Kam, W.Y. - Pampanin, S. 2010. *NZ Society of Earthquake Engineering Conference, Wellington - New Zealand. A summary of test results for selective weakening and post-tensioning for retrofit of non-ductile R.C. exterior beam-column joints*. [Digitale - <http://hdl.handle.net/10092/3785>]. Christchurch, New Zealand: University of Canterbury - Civil and Natural Resources Engineering, 26-28 Marzo 2010.

Calvi, G.M. 2010. *NZ Society of Earthquake Engineering Conference, Wellington - New Zealand. L'Aquila earthquake 2009: reconstruction between temporary and definitive*. Christchurch, New Zealand : University of Canterbury, 26-28 Marzo 2010.

Carr, A. - Kam, W.Y. - Palermo, A. - Pampanin, S. 2008. *14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing - China. Implementation of advanced flag-shaped (AFS) systems for moment-resisting frame structures*. [Digitale - <http://hdl.handle.net/10092/2039>]. Christchurch, New Zealand : University of Canterbury - Civil and Natural Resources Engineering, 12-17 Ottobre 2008.

2008. *New Zealand Society of Earthquake Engineering Conference, Wairakei - New Zealand. Design Procedure and Behaviour of Advanced Flag-Shape (AFS) MDOF Systems*. [Digitale - <http://hdl.handle.net/10092/2543>]. Christchurch, New Zealand : University of Canterbury - Civil and Natural Resources Engineering, 11-13 Aprile 2008.

Gerard II, Robert Buonomo. 2010. *Fire Resistance of Connections in Pre-Stressed Heavy Timber Structures*. [Digitale - <http://hdl.handle.net/10092/4337>]. Christchurch, New Zealand : University of Canterbury - Civil and Natural Resources Engineering, 2010.

Pampanin, S. 2006. *Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering, 39(2), pp. 120-133. Controversial aspects in seismic assessment and retrofit of structures in modern times: understanding and implementing lessons from ancient heritage*. [Digitale -

<http://hdl.handle.net/10092/204>]. Christchurch, New Zealand: University of Canterbury - Civil Engineering., 2006.

TESI

Marriott, D.J. 2009. *The Development of High-Performance Post-Tensioned Rocking Systems for the Seismic Design of Structures.* [Digitale - <http://hdl.handle.net/10092/2678>]. Christchurch, New Zeland : University of Canterbury - Civil and Natural Resources Engineering, 2009.

Smith, T.J. 2008. *Feasibility of Multi Storey Post-Tensioned Timber Buildings: Detailing, Cost and Construction.* [Digitale - <http://hdl.handle.net/10092/2587>]. Christchurch, New Zealand: University of Canterbury - Civil and Natural Resources Engineering, 2008.

SITI INTERNET

Università di Canterbury(NZ) <http://www.canterbury.ac.nz/>

NZSEE conference <http://db.nzsee.org.nz>