riqualificazione urbana nZEB

costruire e.r.p. in legno

a cura di **Vincenzo Esposito**

EdicomEdizioni

riqualificazione urbana nZEB

costruire e.r.p. in legno

EdicomEdizioni

a cura di Vincenzo Esposito

CASA SPA è la società di progettazione, realizzazione e gestione del patrimonio di edilizia residenziale pubblica dei 31 Comuni dell'Area Fiorentina. Gestisce oltre 13.000 alloggi e.r.p. e attualmente ha in corso di programmazione, progettazione e cantierizzazione interventi di nuova costruzione, recupero edilizio e urbanistico e manutenzione (compresa la rimessa in pristino degli alloggi di risulta del patrimonio e.r.p. gestito) per oltre 1200 alloggi.

L'intera attività costruttiva della società è incentrata su criteri di eco-compatibilità, efficienza energetica e sicurezza sismica. Gli interventi realizzati nell'ultimo decennio sono ad alta efficienza energetica (Classe A e B secondo normativa nazionale vigente) e gli edifici ora completati nell'area ex Longinotti a Firenze (e gli altri interventi, ora in fase di cantierizzazione, per 110 alloggi) sono realizzati secondo lo standard nZEB.

CASA SPA ha realizzato e sta realizzando alloggi con la tecnologia del legno (X-LAM e platform frame) tutti nell'ambito di interventi di riqualificazione urbana e ad altissima efficienza energetica. I nuovi interventi costituiscono anche il campo di sperimentazione di tecnologie, materiali e dispositivi innovativi, in collaborazione con l'Università, a conferma della naturale propensione della società alla ricerca e alla sperimentazione.

EdicomEdizioni
Monfalcone (Gorizia)
tel. 0481/484488
fax 0481/485721
e-mail: info@edicomedizioni.com
www.edicomedizioni.com

© Copyright EdicomEdizioni
Vietata la riproduzione anche parziale di testi, disegni e foto se non espressamente autorizzata. Tutti i diritti sono riservati a norma di legge e delle convenzioni internazionali.

ISBN: 978-88-96386-54-5

progetto grafico:
Francesco Carpi Lapi

impaginazione elettronica ed elaborazioni grafiche
studio@cartaelapis.it - www.cartaelapis.it

stampa:
Grafiche Manzanesi
Manzano (UD)
Prima edizione novembre 2016

Questo libro è stampato interamente su carta con alto contenuto di fibre riciclate selezionate

Indice

Presentazione 4
Introduzione 6
La strada percorsa: le scelte, i problemi, i risultati 10
Il sistema costruttivo X-LAM 36
Edilizia residenziale Pubblica per 39+6 alloggi e ludoteca 37
Edificio A - 39 alloggi 42
Edificio B - 6 alloggi 43
La cantierizzazione dell'edificio X-LAM in area urbana 68
Sensori sperimentali di misura della trasmittanza delle pareti 78
Innovativo sistema di monitoraggio dell'umidità dei setti portanti 79
Edificio C - ludoteca 84
La filiera toscana del legno da costruzione 86
Abitare temporaneo: il prototipo dell'alloggio montabile e smontabile 102
Alloggi temporanei in legno 105
Moduli e.r.p. montabili / smontabili - 18 alloggi 107
Crediti 127

Presentazione

Dario Nardella *Sindaco di Firenze*

Quando la riqualificazione di un'area cittadina viene completata e torna nella disponibilità della comunità è una gioia immensa. E lo è ancora di più quando al suo interno ci sono alloggi di edilizia residenziale pubblica da assegnare a soggetti fragili, famiglie e persone in difficoltà, che riescono così a trovare una nuova serenità legata all'avere un tetto sicuro sotto il quale stare. Questa sensazione di felicità è proprio quella che abbiamo provato con il completamento del recupero dei 39 alloggi e.r.p. e dei 6 a canone calmierato dell'area ex Longinotti. Quest'area industriale dismessa nel cuore del quartiere di Gavinana oggi è un pezzo di città vivo e funzionale con il centro commerciale Coop, la grande piazza pedonale intitolata a Gino Bartali, l'immobile per servizi denominato Ex3, la piazza del mercato rionale, la ludoteca 'il Castoro' a cui adesso si aggiungono le nuove residenze popolari con ulteriori parcheggi e aree a verde e 120 metri quadrati destinati ad attrezzature pubbliche.

I due edifici e.r.p. realizzati da Casa S.p.A. sono la prova della capacità di intraprendere e sperimentare della nostra città, in linea con l'attitudine 'smart' che caratterizza ormai costantemente l'attività costruttiva e la rete dei servizi pubblici e privati.

Oggi a Firenze, nell'ambito delle politiche comunali per assicurare il diritto all'abitare alle famiglie in condizioni economiche disagiate, che ha visto in questi primi due anni e mezzo di mandato amministrativo consegnare oltre 400 alloggi agli aventi titolo, di nuova costruzione e/o di recupero edilizio e alloggi del patrimonio e.r.p. rimessi in pristino, possiamo consegnare questi edifici ad altissima efficienza energetica, rientranti ampiamente nello standard nZEB, che sarà obbligatorio per le nuove costruzioni a partire dall'anno 2020, ecologiche e con dispositivi avanzatissimi e sperimentali per la misura in opera delle prestazioni energetiche delle pareti e per la rilevazione della presenza di eventuale umidità nei setti portanti in legno.

È con grande piacere che saluto il coinvolgimento da parte di Casa S.p.A. dell'Università degli studi di Firenze, nei campi della ricerca e della sperimentazione, con il Dipartimento di Ingegneria industriale e di FederlegnoArredo.

Il Comune di Firenze, assieme agli altri 30 Comuni soci di Casa spa dell'Area fiorentina ha infatti deciso di destinare una parte dell'utile del bilancio 2012 della società a uno specifico programma di ricerca con l'Ateneo, che ha consentito di attivare due borse di studio biennali che hanno contribuito alla messa a punto e alla sperimentazione in questi edifici dell'innovativo sistema dei contatori del flusso termico delle pareti, dispositivi questi con un grado di precisione triplo rispetto a quelli attualmente in commercio. Ecco, quindi, un circolo virtuoso che dall'utile di bilancio realizzato dalla società consortile che gestisce e costruisce il patrimonio e.r.p. dei 31 Comuni dell'area fiorentina ha innescato una fruttuosa collaborazione con l'Università che ha dato vita agli innovativi dispositivi montati nei 45 alloggi e che verranno applicati negli alloggi e.r.p. in costruzione in via Torre degli Agli. In questi ultimi alloggi saranno infatti montati pannelli sperimentali a concentrazione solare appositamente studiati per poter venire ospitati sulle coperture degli edifici e quindi per l'utilizzo nell'edilizia civile.

Infine, ci piace sottolineare come l'edificio della ludoteca 'il Castoro', inaugurata nel 2011, è stato il primo edificio in legno XLAM realizzato a Firenze in epoca moderna.

Gli alloggi temporanei in legno, prefabbricati in stabilimento e montati nel viale Guidoni per ospitare temporaneamente gli abitanti degli alloggi popolari demoliti nell'ambito del programma di riqualificazione urbana di via Torre degli Agli, costituiscono l'esempio della possibilità di realizzare non 'casette' in legno per utilizzo temporaneo,

ma vere e proprie abitazioni ad alta efficienza energetica, gradevoli alla vista, comode da abitare e con tipologia in condominio pluriplano.
Adesso è di grande attualità il tema della realizzazione di alloggi temporanei in grado di ospitare le popolazioni colpite dal terremoto in attesa della ricostruzione definitiva.
Gli alloggi del viale Guidoni, abitati da oltre due anni con riscontri più che positivi da parte degli inquilini, testati strumentalmente nel loro funzionamento e nella loro efficienza, costituiscono un esempio virtuoso e sono la dimostrazione che se si vuole, se si ha intelligenza, propensione alla sperimentazione e alla ricerca e si è anche un po' cocciuti e determinati, si può fare!
Con i 45 alloggi, l'edificio che ospita la ludoteca 'il Castoro' e i 18 alloggi montabili e smontabili di viale Guidoni, e auspicabilmente entro un anno e mezzo con gli 88 appartamenti popolari di via Torre degli Agli, tutti realizzati in legno, Firenze si candida per essere una delle città dove le costruzioni in legno, per edifici di grandi dimensioni e con tipologia pluripiano (fino a 7 piani), sono ormai pratica corrente. A questa candidatura si aggiunge poi il nostro sguardo sempre rivolto al futuro, con il costante impegno per la sostenibilità, l'innovazione e la sperimentazione.

Introduzione

Luca Talluri *Presidente di Casa S.p.A.*

Nel novembre 2011 si tennero a Firenze gli Stati generali dei produttori del legno. L'allora Sindaco Matteo Renzi portando il saluto della città ospite elencò gli interventi edilizi in legno allora realizzati o in programma in città. Alla ludoteca "il Castoro" , già realizzata, affiancò i 45 alloggi ERP nell'area ex Longinotti, gli 88 alloggi ERP di via Torre degli Agli e i 9+9 alloggi temporanei, prefabbricati in stabilimento, collegati al programma di via Torre degli Agli.

La quasi totalità di quegli interventi li presentiamo ora, ultimati, in questa pubblicazione.

Oggi si potrebbe affermare che costruire edilizia civile in legno è di moda, ma nel 2008, quando CASA SPA decise di realizzare alcuni dei programmi costruttivi per incrementare il patrimonio di alloggi di edilizia residenziale pubblica utilizzando la innovativa tecnologia delle tavole di legno massiccio a strati incrociati, nulla era così scontato.

Possiamo dire che quella scelta ha pagato, si è affermata la capacità della nostra struttura operativa di gestire l'intero processo, dal progetto alla realizzazione degli edifici in legno. La capacità di padroneggiare la nuova tecnologia ci ha consentito di essere pronti a cogliere al meglio le nuove possibilità offerte dal piano regolatore a "volumi zero" incentrato sul costruire sul costruito, messo in campo dal Sindaco Renzi e confermato e sviluppato dalla Amministrazione Comunale del Sindaco Nardella.

A ben vedere, la scelta di costruire alloggi ERP in legno, così come la scelta di campo irreversibile per l'efficienza energetica e la sostenibilità delle tecnologie e dei materiali impiegati, costituisce una delle caratteristiche distintive dell'operatività di CASA SPA: essere cioè sempre sul limite esterno della sperimentazione e dell'innovazione per aprire strade nuove e dargli la concretezza del costruito.

Questo libro vuol essere proprio la rappresentazione della concretezza: non presentiamo (anche se ne avremmo voglia ...) i progetti di ricerca che abbiamo in cantiere, a diversi stadi di maturazione, dal progetto alla cantierizzazione in corso d'opera, ma solo edifici completati, abitati o pronti da abitare.

Proprio perchè presentiamo edifici finiti, abbiamo scelto di utilizzare il minimo indispensabile di parole, per dare il massimo spazio alle immagini del cantiere e della costruzione. Poche parole, tante tante immagini.

Sottolineo che il libro è totalmente il frutto del lavoro dei nostri tecnici, a partire dal Direttore Generale della società, che ha svolto anche le funzioni di RUP degli interventi presentati, che hanno "raccontato" e illustrato l'esperienza concreta maturata, del progetto e del cantiere.

Questa pubblicazione ha anche una finalità "didattica" e divulgativa. CASA SPA infatti è la società di gestione ERP dei 31 Comuni dell'Area Fiorentina ed opera in tale territorio di riferimento, ma è anche parte del sistema ERP regionale e nazionale, dove le esperienze realizzate, sopratutto quelle di punta e sperimentali, devono venire condivise, così che si possa complessivamente fare un passo avanti ... partendo da "tre" anzichè da "uno"!

Il mondo ERP complessivamente inteso ha infatti il compito di dare concretezza, con il massimo della efficienza e razionalità, alle politiche nazionali e regionali per l'ERP, che come risulta ormai di tutta evidenza dai dati concreti è il settore che deve dare le principali risposte, quantitative e qualitative, alla situazione di disagio abitativo che interessa, sulla scala nazionale, oltre 1,5 milioni di famiglie.

CASA SPA ovviamente non è una società commerciale, non abbiamo niente da vendere, ma l'insistenza con cui promuoviamo, non da ora, la bontà e la replicabilità della esperienza fatta con gli alloggi temporanei, montabili e smontabili, prefabbricati in stabilimento, ad alta efficienza energetica, su tipologia dell'edificio in linea pluripiano da noi realizzati nel viale Guidoni a Firenze come volano per la cantierizzazione dei nuovi alloggi di via Torre degli Agli, deriva dalla convinzione che quella sia la risposta giusta al tema delle abitazioni temporanee (la temporaneità dell'utilizzo però si misura in anni e non in mesi ...) per le popolazioni colpite da disastri naturali quali terremoti, alluvioni, ecc.

CASA SPA ha affrontato e risolto delicati problemi legati da un lato alla effettiva montabilità ma sopratutto smontabilità (e ulteriore montabilità) degli alloggi, in modo da poter utilizzare per l'ubicazione degli alloggi temporanei aree a standard e comunque senza potenzialitá urbanistica, da ripristinare nello stato di fatto al termine dell'utilizzo, e dall'altro alla effettiva realizzabilità di edifici pluripiano composti da moduli abitativi prefabbricati in stabilimento e montati in cantiere. A questo proposito, come nota di colore, e a significare come le due problematiche fossero tutt'altro che semplici, e che la loro risoluzione imponeva un cambiamento radicale dell'ottica tradizionale della progettazione, ricordo i decibel in eccesso che hanno caratterizzato, durante la fase del progetto esecutivo, molte delle riunioni tra il RUP dell'intervento e i tecnici di CASA SPA con i tecnici dell'impresa che si era aggiudicata la gara.

Mi piace sottolineare infine come l'intelligenza dell'operare quotidiano e la determinazione, a volte feroce, di risolvere comunque i problemi ci abbia portato a "inventare" soluzioni in stile artigianale a problemi che parevano di difficile soluzione.

Un paio di esempi: durante la fase di montaggio dei moduli abitativi prefabbricati del Viale Guidoni abbiamo avuto una stagione particolarmente piovosa, molto oltre la media stagionale. Grosso problema quindi per proteggere i moduli già montati dalla pioggia senza rallentare eccessivamente la velocità di montaggio. Si è poi trovata la soluzione definitiva, cioè anticipare i tempi di realizzazione dei moduli di copertura, anch'essi prefabbricati, che sono stati direttamente assemblati in cantiere, così da poterli utilizzare come protezione dei moduli abitativi via via che venivano montati, dal piano terra fino al piano terzo. La copertura veniva quindi montata a fine del turno di lavoro e smontato a inizio del turno successivo, e così via.

Nell'edificio per 39 alloggi della ex Longinotti, con sviluppo di facciata piuttosto lungo, con tre vani scala, al fine di minimizzare l'utilizzo dei vani scala durante la fase di cantierizzazione, contenendo al massimo anche il salire e scendere in verticale, nelle pareti di confine tra alloggi sono stati lasciati appositi varchi (poi richiusi a fine lavori) che hanno consentito di transitare in orizzontale per l'intera lunghezza dell'edificio, con evidenti risparmi in termini di tempo/lavoro e di sicurezza.

Saluto con piacere e con orgoglio le collaborazioni di eccellenza realizzate per l'intervento della ex Longinotti con UNIFI Dipartimento di Ingegneria Strutturale e con FederlegnoArredo. All'eccellenza assoluta della realizzazione, secondo lo standard nZEB, abbiamo così potuto aggiungere la sperimentazione dei dispositivi per la misura in continuo del flusso termico delle pareti e per la rilevazione dell'eventuale presenza di umidità nelle strutture in legno. L'alta tecnologia viene così messa al servizio della possibilità di monitorare le prestazioni del fabbricato, che diventa così un modello di trasparenza della efficienza energetica e in termini di sicurezza e manutenibilità.

Nel libro sono riportati i tempi di realizzazione degli interventi, molto veloci per il montaggio delle strutture in legno (pareti e solai) e per le finiture. Questa velocità di realizzazione la teniamo come bonus in favore del costruire con il legno o comunque con tecnologie di prefabbricazione per componenti. Le risorse a disposizione per l'ERP non sono certamente bastevoli, ma è nostro dovere, quando ci sono i soldi, aprire i cantieri e portarli a conclusione velocemente.

L'intervento della ex Longinotti è anche risultato esemplificativo delle enormi difficoltà operative del costruire sul costruito. Scavare il sottosuolo in aree urbane è una vera e propria avventura! Possiamo e dobbiamo sicuramente migliorare tutta la fase di diagnostica, ma in determinate condizioni, come quelle affrontate nel cantiere della ex Longinotti, dovendo demolire edifici esistenti, quello che c'è sotto il costruito da demolire lo puoi accertare con certezza solo al momento dell'avventura demolizione. Se poi a tale situazione si aggiunge il surplus di burocrazia, che a volte è davvero difficile non chiamare ottusa, di coloro che hanno il compito della tutela e una normativa a dir poco farraginosa e velleitaria, si rischia il black out. Qui si sente davvero il bisogno di una riforma profonda dei meccanismi autorizzativi, incentrata su di una gerarchia semplice: si acquisiscono tutti i pareri, ma a decidere è un solo soggetto (meglio se quello in prima linea).

Basta parole, il viaggio per arrivare al risultato che illustriamo nelle pagine che seguono è stato (purtroppo) non brevissimo, ma molto interessante. Abbiamo fatto da apripista ed è questo un ruolo che ci è congeniale, abbiamo battuto qualche "nasata" ma siamo arrivati. Non ci possiamo e vogliamo fermare, avanti così. Nuove sfide, ricerche, sperimentazioni ci attendono. L'ERP merita tutto questo e ancora qualcosa di più.

La strada percorsa: le scelte, i problemi, i risultati

Vincenzo Esposito *Direttore Generale di Casa S.p.A.*

Riqualificazione urbana, *Edifici nZEB*, *Risparmio ed efficienza energetica*, *costruzioni in legno*, ... sono tutti termini di "moda", che comunque attengono a temi e problematiche attuali, da declinare operativamente dall'intero settore edilizio.

Questa pubblicazione vuole dare conto della concreta esperienza realizzata su questi temi da CASA SpA negli ultimi 5-6 anni. Presentiamo quindi solo interventi effettivamente completati.

CASA SpA è la società che gestisce e realizza il patrimonio di edilizia residenziale pubblica di proprietà dei 31 Comuni dell'Area Fiorentina. CASA SpA opera quindi esclusivamente per i Comuni soci e nell'ambito dell'ERP.

Il numero degli alloggi ERP deve venire incrementato per dare risposta alle moltissime richieste di alloggi sociali. A Firenze non vi è (giustamente) altra possibilità che costruire sul costruito, intervenendo sul patrimonio ERP esistente bisognoso di riqualificazione, oppure procedendo con addizioni volumetriche su condomini ERP esistenti, infine rifunzionalizzando aree ed edifici dismessi, anche previa demolizione dei volumi esistenti.

I tre interventi presentati in questo volume si collocano all'interno di due programmi che prevedono la demolizione degli edifici esistenti e la realizzazione di alloggi

ERP ad altissima efficienza energetica e ci hanno consentito di “toccare con mano” le difficoltà intrinseche del costruire sul costruito in area urbana.
Una volta demoliti gli edifici esistenti le sottostanti aree da scavare si sono rivelate, nonostante la campagna di indagine preventiva, una vera e propria incognita, mentre le interferenze del cantiere con le contermini attività tipiche delle aree urbane (residenza, commercio, servizi, viabilità, ...) hanno costituito una ulteriore criticità.
Tutti e tre gli interventi, inoltre, sono stati realizzati con struttura portante in legno, sia con la tecnologia delle tavole di legno massiccio a strati incrociati, denominata XLAM, sia con la tecnica classica del Platform frame.
Costruire in legno si è rivelata la risposta vincente alle esigenze poste dalla necessità di realizzare edifici ad altissima efficienza energetica e alle problematiche della cantierizzazione in aree urbane.

Gli edifici in legno massiccio a strati incrociati si montano, pareti e solai, per elementi finiti e con giunzioni a secco, con un procedimento rapido e poco impattante.
La possibilità di “spingere” la prefabbricazione in stabilimento fino alla realizzazione di moduli abitativi completi, da trasportare in cantiere dove verranno montati e assemblati, risolve il problema dello standard qualitativo/prestazionale richiesto per le abitazioni di nuova generazione, in quanto riducendo al minimo le operazioni in cantiere, tutto ciò che viene realizzato in fabbrica può venire progettato e testato con sicurezza, con certezza delle prestazioni e degli standard qualitativi.
La nostra “avventura” con le costruzioni in legno è iniziata nel novembre 2008, al termine del convegno, organizzato dalla Regione Toscana “La Toscana delle buone pratiche. Nuovi stili di vita e consumo sostenibile” dove avevo presentato il programma “OUT Amianto IN Fotovoltaico” di CASA SpA. Conversando con l’arch. Pietro Novelli, Responsabile P.O. “Sostenibilità dello Sviluppo Locale” presso la Direzione Generale della Presidenza della Regione Toscana, convenimmo, infatti, che un

buon campo di sperimentazione per costruire ERP in maniera sostenibile ed energeticamente efficiente poteva essere costituito dall'utilizzo del legno strutturale secondo la nuova tecnologia XLAM.

All'epoca la Regione Toscana aveva già messo a punto ed editato le "*Linee Guida per l'edilizia sostenibile*"; nello stesso periodo stava attivamente lavorando alla messa a punto delle "*Linee Guida per l'edilizia in legno in Toscana*", poi pubblicate nel 2009, e stava avviando la promozione della "filiera corta" del legno da costruzione con l'impiego del legno toscano.

39 + 6 alloggi ERP, ludoteca e attrezzature di uso pubblico nell'area ex Longinotti a Firenze

Nel 2008 stavamo progettando i 39 + 6 alloggi e le attrezzature pubbliche (da realizzarsi su tre edifici distinti, di 4 e 6 piani fuori terra per gli alloggi e di 2 piani per la ludoteca) nell'area ex Longinotti a Firenze. In questa area, a completamento dell'operazione di riqualificazione urbana iniziata con la rifunzionalizzazione dell'area ex industriale per la realizzazione del centro commerciale della Coop, di una struttura polifunzionale destinata ad attività culturali e di due piazze pubbliche, il Comune aveva approvato una apposita variante urbanistica per consentire anche la realizzazione dei 45 alloggi ERP contestualmente a nuovi spazi pubblici (la ludoteca e circa 120 mq. di attrezzature di quartiere al piano terra dell'edificio per 39 alloggi) e del completamento degli spazi di relazione. L'intervento aveva già contenuti sperimentali (realizzazione di un impianto geotermico per il riscaldamento-raffrescamento degli alloggi) in chiave con quanto richiesto dal D.M. Infrastrutture 16.03.2006 che cofinanziava l'intervento, ma la tecnologia costruttiva era di tipo tradizionale, con telaio in c.a. e murature di tamponamento a cassetta.

Con l'idea di sperimentare il "legno strutturale" vennero quindi fatte le opportune verifiche per avere la certezza di non dovere ricominciare da zero la progettazione (il progetto era nella fase di redazione del definitivo) e a tal fine vennero attivate qualificate consulenze in materia di progettazione strutturale con le tavole di legno massiccio a strati incrociati, sucessivamente si procedette al completamento del progetto definitivo e poi dell'esecutivo per l'appalto dei lavori.

Il nostro progetto d'esordio nel campo delle costruzioni in legno è quindi un programma costruttivo con strutture "normali" che diventa un programma sperimentale per la

realizzazione di un condominio alto sei piani fuori terra in zona sismica con struttura portante in legno a compensato di tavole.

All'epoca (il permesso di costruire è del 3 luglio 2010) il nostro edificio era il più alto, realizzato in XLAM, d'Italia. Ricordo che il legno non era considerato dalla normativa un materiale da costruzione corrente e il progetto dell'edificio di 6 piani fuori terra doveva venire esaminato e approvato direttamente dal Consiglio Superiore dei LL.PP.

Il progetto architettonico, praticamente non modificato a seguito della decisione assunta in corso d'opera di realizzare l'edificio in XLAM, prevedeva in attuazione delle prescrizioni/previsioni della variante urbanistica, un arretramento di due metri dal filo facciata del piano terra dell'edificio, così da ampliare la zona di relazione con la viabilità pedonale antistante e retrostante, quattro piani riportati a filo facciata e quindi a sbalzo rispetto al piano terra e l'arretramento del sesto piano, così da contenere l'impatto visivo dei 6 piani. Un progetto molto distante dalla "scatola" regolare che piace tanto ai progettisti strutturali del legno!

La complessità operativa della riqualificazione urbana e le problematiche delle innumerevoli interferenze del cantiere con l'intorno si sono palesate da subito.

Preliminarmente a qualsivoglia intervento, abbiamo dovuto spostare la cabina del gas a servizio del centro

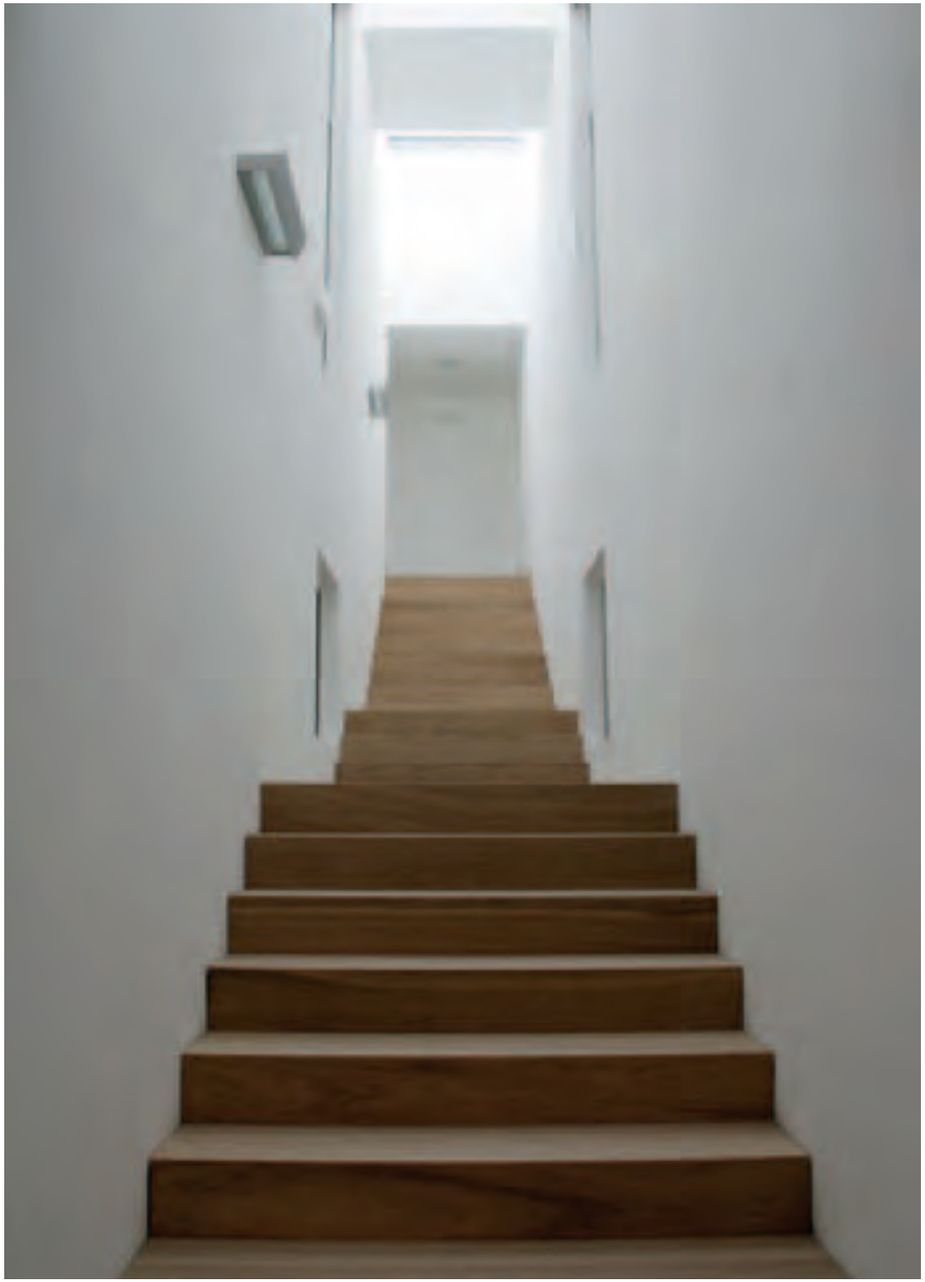
commerciale della Coop, posizionata sul resede di pertinenza dell'edificio per 39 alloggi!

La prima opera da realizzare, ancor prima delle demolizioni degli edifici presenti sull'area (il negozio ex Esselunga e la palazzina adibita a servizi comunali con la ludoteca) è stata la realizzazione dell'edificio che avrebbe ospitato la nuova ludoteca, ubicato in posizione eccentrica rispetto all'area dell'intervento residenziale, con affaccio diretto sulla vasta piazza pubblica, intitolata a Gino Bartali, di fronte al Centro Commerciale Coop. La fase di scavo per realizzare il piano interrato è consistita in realtà nella demolizione delle strutture in c.a. realizzate contestualmente all'edificazione del centro Commerciale e della struttura per servizi in previsione di futuri ampliamenti poi non concretizzati.

La costruzione dell'edificio della ludoteca è stato per noi una sorta di "battesimo del fuoco" rispetto alla nuova tecnologia del legno XLAM. La nostra prima realizzazione, ma anche il primo edificio in legno realizzato a Firenze.

I nostri tecnici, coadiuvati dai consulenti, hanno imparato lavorando e l'esperienza fatta è stata così positiva che ci ha consentito di procedere ad una revisione a tutto tondo del progetto esecutivo dei due edifici per 39+6 alloggi.

Il cantiere è stato visitato da una moltitudine di tecnici, professionisti, imprese, professori e studenti degli istituti tecnici superiori e delle università. Abbiamo sicuramente



svolto una funzione di disseminazione dell'esperienza del costruire in legno.

L'edificio della Ludoteca è stato costruito in 10 mesi di lavoro, dall'ottobre 2010 all'agosto 2011. La fase di montaggio del legno si è svolta in 4 mesi, da gennaio a aprile 2011.

L'edificio, coloratissimo considerata la funzione ludica, è stato inaugurato a settembre 2011, riscuotendo unanime consenso e zero polemiche, fatto questo rarissimo per una città incline a dividersi su tutto tra Guelfi e Ghibellini! Ma il vero collaudo della struttura lo hanno fatto le mamme dei bambini ospiti della ludoteca: quando il Sindaco, qualche mese dopo l'ultimazione dei lavori, ha fatto un sopralluogo gli è stato richiesto con voce unanime il prolungamento dell'orario di apertura dei servizi della ludoteca.

Il cantiere per la realizzazione della Ludoteca ha costituito il terminale operativo del processo di costituzione della filiera toscana del legno da costruzione.

In risposta al bando della Regione Toscana POR CReO FESR 2007-2013, alcune aziende toscane, Legnopiù s.r.l. di Prato, Manetti Legnami s.r.l. di Impruneta (FI), Morandini Legnami s.r.l. di Pelago (FI), TLF di Chiusi della Verna (AR) si sono associate nell'A.T.I. "CasaDiLegno" per impiantare le strutture necessarie e produrre pannelli di legno massiccio a strati incrociati con piante di douglasia provenienti da foreste toscane. I primi pannelli così pro-

dotti sono stati utilizzati, nell'ambito dell'attuazione della proposta risultata vincitrice del bando, per costruire l'edificio della ludoteca del viale Giannotti.

La cantierizzazione della costruzione degli edifici residenziali è iniziata regolarmente e senza particolari problemi con lo smontaggio degli impianti e delle finiture degli edifici da demolire (4 mesi, da maggio a settembre 2011) e con le demolizione degli edifici (10 mesi, da aprile 2012 a febbraio 2013).

Alcuni problemi, invece, si sono presentati con gli scavi, durante i quali è stato necessario realizzare diaframmi per il contenimento del terreno lungo tutto il perimetro dell'area e dove è stato rinvenuto un condotto fognario, non segnalato, sotto le fondazioni di uno dei fabbricati demoliti, che abbiamo dovuto deviare. E' stato necessario, inoltre, realizzare una nuova vasca antincendio a servizio del parcheggio del Centro Commerciale, così da poter compartimentare autonomamente l'interrato dell'edificio ERP. E' stata intercettata e spostata una linea Telecom non segnalata. E' stata intercettata una polifera Telecom, lungo il marciapiede del Viale Giannotti, in posizione difforme rispetto alle mappe, che ci ha costretto a spostare i diaframmi verso il lato interno del lotto. Ed infine, problema dei problemi, a seguito dello sversamento della cisterna del gasolio della centrale termica dell'edificio ex Esselunga, si è aperta una fase di bonifica che ha evidenziato la presenza diffusa di inquinanti in parte dell'area, con la necessità di costose e lunghe lavorazioni, protrattesi dal settembre 2012 al dicembre 2014, data del rilascio del certificato di avvenuta bonifica. Sulla vicenda, che interessa molteplici aspetti, dalle normative sulle rocce e terre da scavo, alle modalità operative degli enti preposti alla tutela ... me la vorrei cavare con una battuta: alla fine ci è andata anche bene, non abbiamo trovato la Kryptonite!

Le opere strutturali in c.a. del piano interrato e del piano primo dell'edificio per 6 alloggi su via Traversari e del piano interrato dell'edificio per 39 alloggi sul viale Giannotti sono state eseguite dal luglio 2014 al giugno 2015 (11

mesi).

Per l'esecuzione delle opere in legno X-LAM dei due fabbricati abbiamo dovuto far fronte alla risoluzione del contratto con l'appaltatore originario (poi fallito) e l'affidamento dei lavori, mediante procedura di interpello, al secondo classificato, A.T.I. tra Imola Legno S.p.A. di Imola (Bo), Campigli Legnami S.a.S. di Empoli (Fi) e Elettra Impianti S.r.l. di Ravenna. Il contratto è del luglio 2015. I Lavori di montaggio delle pareti e dei solai dell'edificio per 6 alloggi su via Traversari sono iniziati il 15 ottobre e si sono conclusi l'11 novembre 2015 (17 gg. di lavoro effettivo, 27 gg. n.s.c.), mentre quelli dell'edificio per 39 alloggi sul viale Giannotti sono iniziati il 14 dicembre 2015 e si sono conclusi il 29 maggio 2016 (71 gg. effettivi, 211 gg, n.s.c.).

Le principali caratteristiche tecniche, tecnologiche e costruttive dell'intervento sono illustrate nelle pagine che seguono con foto (molte) grafici e didascalie.

Voglio sottolineare che la mossa vincente per un cantiere in legno X-LAM consiste nella organizzazione della logistica del cantiere e nella progettazione ed esecuzione attenta a risolvere i nodi "deboli" della costruzione.

Per costruire i 39 + 6 alloggi, solo per la parte in legno, sono stati necessari 2.500 mc. di legno X-LAM, 40 mc. di legno lamellare, 9.250 kg. di acciaio, 400.000 chiodi, 52 autotreni di X-LAM. Durante la costruzione degli edifici fino a completamento in media in cantiere è arrivato

un autotreno di materiale al giorno.

A fronte di condizioni al contorno difficili (zona densamente abitata, presenza di funzioni importanti quali residenza, attività commerciali e viabilità primaria, area di cantiere molto piccola, tempi stretti di esecuzione, margini economici ristretti) non si può praticamente sbagliare nulla.

E stato quindi obbligatorio studiare e prevedere il maggior numero possibile di nodi costruttivi e risolvere preventivamente i problemi legati alla logistica e alle lavorazioni da eseguire in cantiere.

I locali del piano interrato, portati subito a completamento con le finiture e gli impianti, sono stati utilizzati per il magazzinaggio dei materiali.

Le predisposizioni impiantistiche sono state tutte previste in fase di progetto; l'edificio "lungo" per 39 alloggi con tre vani scala è stato reso transitabile in orizzontale lasciando aperti varchi di collegamento tra gli alloggi (poi chiusi a completamento lavori). Sono stati studiati accorgimenti ad hoc per velocizzare la fase di fissaggio delle strutture in legno alla platea in cemento armato, con piastre fatte su misura da ancorare alle barre filettate precedentemente gettate nei cordoli in cemento. La logistica di cantiere è stata ottimizzata per ridurre al minimo il tempo di stazionamento in cantiere degli autotreni, organizzando il carico in modo da poter direttamente procedere alla messa in opera dei pannelli. Infine, sono state simulate le

condizioni operative di tutti i nodi costruttivi “deboli”, cioè le zone dove si possono formare importanti accumuli di umidità, vapore o condensa, e sono state messe a punto soluzioni costruttive ottimali.

CASA SpA da alcuni anni sottopone costantemente a monitoraggio strumentale le prestazioni energetiche effettive e il consumo dei fabbricati di nuova generazione realizzati. In pratica vogliamo valutare quanto questi edifici siano in grado di mantenere, una volta realizzati e abitati, ciò che promettono in fase di progettazione e di certificazione energetica.

L’edificio adibito a ludoteca è già stato oggetto di una campagna di monitoraggio che ha dato ottimi riscontri, sia per il comportamento durante i mesi invernali che in quelli estivi. Gli edifici per 39 + 6 alloggi verranno fatti oggetto di una campagna di monitoraggio a partire dalla stagione invernale 2016/17, la prima dal loro completamento.

Ad ulteriore ampliamento e qualificazione di tale attività di monitoraggio, nell’edificio per 39 alloggi, in attuazione di apposita convenzione con il Dipartimento di Ingegneria Industriale di UNIFI, sono stati installati, direttamente nelle pareti di due alloggi, innovativi dispositivi di misura, costituiti da “mattonelle” termoflussimetriche a sensori piani per la misura del calore attraverso le pareti, così da poter verificare in continuo la rispondenza dell’involucro edilizio alle ipotesi progettuali sulla prestazione energeti-

ca dello stesso.

Nella consapevolezza piena che i nodi “deboli” degli edifici in legno sono costituiti dalla presenza di umidità nelle strutture, sulla base di apposito accordo di collaborazione con ConLegno (Consorzio Servizi Legno-Sughero) e FederlegnoArredo, è stato installato negli edifici un innovativo sistema di monitoraggio continuo dell’umidità, ideato e brevettato da FederlegnoArredo. Tale dispositivo è finalizzato a visionare il “battito cardiaco” dell’edificio a mezzo di centraline di misura e sonde igrometriche, una delle quali dedicata anche alla misura della temperatura ambientale. Il monitoraggio è continuo e i dati affluiscono in remoto direttamente agli uffici di CASA spA.

Durante il tempo trascorso tra la redazione del progetto definitivo/esecutivo e la fase della costruzione, a causa delle vicissitudini che hanno caratterizzato le fasi di scavo e di bonifica, è stato deciso di “aggiornare” le prestazioni dei fabbricati, un vero e proprio upgrade per portare i due edifici a rispondere allo standard di “edifici nZEB” cioè nearly Zero Energy Building (edifici ad energia quasi zero). I nuovi edifici dovranno consumare poca energia per il loro funzionamento (riscaldamento, raffrescamento) e gran parte di questa energia dovrà venire prodotta da fonte rinnovabile (il sole, per impianti solari termici e fotovoltaici).

Gli edifici erano già progettati per rispondere alla classe energetica “A” e non è stato difficile partendo da tale

base, aumentando lo spessore delle coibentazioni, studiando ex novo l'impiantistica, aumentando le dotazioni di solare termico e di fotovoltaico e inserendo la ventilazione meccanica controllata, rientrare ampiamente nello standard nZEB.

I due fabbricati sono realizzati, per le pareti interne ed esterne e per i solai, in legno massiccio di abete a 5 strati incrociati. Quindi un struttura portante di solai e pareti costituita da un materiale naturale che ha ottime caratteristiche oltre che statiche anche coibenti (spessore variabile da 10 a 18 cm.) poi ulteriormente migliorato nel suo funzionamento con le coibentazioni "a cappotto" cioè con uno strato di materiale coibente di adeguato spessore (nel caso specifico si tratta di pannelli in lana di roccia di spessore cm. 14) e contro-parete interna anch'essa con isolamento in lana minerale (in questo caso spessore cm. 4,5). Gli infissi sono molto efficienti, garantirscono cioè una elevatissima tenuta all'aria e un elevato taglio allo scambio di calore/freddo tra interno ed esterno.

Tradotto in numeri, un edificio realizzato con un involucro come questo ha necessità di disporre di poca energia per il suo funzionamento: all'incirca 20 kWh/mq.anno (riscaldamento e raffrescamento) contro i circa 60/80 kWh/mq.anno di un edificio moderno costruito bene e secondo le regole attualmente vigenti.

Anche le "macchine" svolgono un compito fondamentale. Nei due edifici, infatti, il caldo e il freddo sono prodotti da pompe di calore con inverter aria-acqua ad alto rendimento; l'acqua calda sanitaria è prodotta con scaldacqua a pompa di calore e sul tetto sono installati pannelli per impianto solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria e pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica da utilizzare sul posto per alimentare le utenze condominiali, cioè le macchine utilizzate per produrre energia, l'ascensore, le luci condominiali.

I due edifici producono così da fonte rinnovabile circa il 76% dell'energia necessaria al funzionamento, ottemperando al requisito, richiesto per edifici nZEB, di elevata integrazione dell'energia necessaria al funzionamento con

fonti rinnovabili. Recentemente sono stati pubblicati sulla Gazzetta ufficiale dell'UE gli orientamenti per assicurare che tutti gli edifici di nuova costruzione siano a energia quasi zero entro il 2020. In effetti ad oggi la situazione è piuttosto variegata nei vari paesi della UE, dove in materia di nZEB sono presenti normative diverse con differenze anche notevoli, così che gli indicatori numerici della prestazione energetica in uso agli Stati membri non sono paragonabili tra loro in quanto sono calcolati con diverse metodologie. Comunque per gli edifici residenziali la maggior parte degli Stati membri mira a un consumo di energia primaria non superiore a 50kWh (mq/anno).

Tale riferimento al consumo di energia primaria è importante, e i nostri edifici si collocano al di sotto di tale soglia. Altrettanto lo è la definizione di prestazione energetica, che corrisponde alla quantità di energia primaria netta necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi al suo uso normale e deve rispecchiare il fabbisogno di energia a fini di riscaldamento e raffrescamento, acqua calda ad uso domestico e illuminazione integrata. Di conseguenza, oltre alla qualità dell'isolamento dell'edificio, la prestazione integrata tiene conto degli impianti di riscaldamento, rinfrescamento, ventilazione e illuminazione, della posizione e dell'orientamento dell'edificio, del recupero del calore, della captazione solare attiva e di altre fonti rinnovabili di energia. Perfetto, i due edifici per 39+6 alloggi rispondono in pieno a questi requisiti!

9 + 9 alloggi volano in legno, prefabbricati in stabilimento, montabili e smontabili

Il programma costruttivo per la realizzazione di 88 alloggi ERP ad altissima efficienza energetica in sostituzione dei 46 alloggi ERP degradati di via Torre degli Agli a Firenze, ci ha costretto a fare i conti con il tema degli "alloggi volano" necessari per ospitare, durante la fase di cantierizzazione, gli inquilini presenti negli alloggi da demolire.

L'idea di partenza è stata quella di minimizzare i disagi degli inquilini facendoli risiedere in alloggi temporanei, di veloce realizzazione e quindi prefabbricati in stabilimento per moduli tridimensionali prefiniti, di impatto limitato sul terreno; inoltre abbiamo pensato ad alloggi reversibili, in grado di venire "appoggiati" su aree non vocate all'edificazione, ma a standard (piazze, parcheggi, giardini, …), ubicate nelle vicinanze delle originarie abitazioni, usufruendo di permesso edilizio temporaneo e da rimettere in pristino al termine dell'utilizzo, una volta smontato e trasferito altrove il fabbricato.

L'esperienza già acquisita con le costruzioni in legno e la conoscienza delle "casette" unifamiliari o comunque di tipologia a uno, massimo due piani prefabbricate in legno, già esistenti sul mercato, ci ha fatto propendere per la realizzazione di tali alloggi in legno, anche per la leggerezza del materiale.

Sin dal primo momento ci siamo dati l'obiettivo di realizzare un vero e proprio condominio, prefabbricato, in legno, montabile e smontabile. La scelta di sperimentare la via dell'edificio in linea pluriplano (tre piani f.t.) era obbligata dalla necessità di economizzare al massimo il terreno, tenuto conto che stavamo lavorando per realizzare manufatti da utilizzare quali "volano" delle operazioni di rigenerazione urbana, e quindi con pochissimo (e preziosissimo) spazio a disposizione.

Prima di bandire la gara d'appalto per l'affidamento dei lavori di prefabbricazione e montaggio degli alloggi, abbiamo testato la fattibilità dell'operazione, con la realizzazione di un prototipo, che è stato montato nel piazzale

di fronte agli alloggi da demolire, completo degli arredi, dando così modo agli inquilini di toccare con mano la qualità degli alloggi temporanei, fugando anche molte perplessità che l'idea di alloggi temporanei prefabbricati aveva ingenerato (noi parlavamo di alloggi temporanei e gli inquilini, ma anche qualche amministratore, pensava alle baracche o ai container …).

Il prototipo è servito per verificare la fattibilità della prefabbricazione in stabilimento secondo i principi propri della catena di montaggio e la trasportabilità e montabilità/smontabilità dei moduli senza danni.

In realtà la sfida più dura è stata il passaggio dal prototipo di alloggio unifamiliare al condominio pluripiano, mantenendo le caratteristiche di facile montabilità e, soprattutto, smontabilità.

La chiave di volta del progetto sta nel sistema di connessione tra i moduli, che deve risultare efficace e rispondere alle normative in materia di statica e di sismica (il progetto esecutivo è stato ovviamente depositato all'Ufficio del Genio Civile) ma al contempo poco invasivo, in modo da non complicare le operazioni di completamento da fare in cantiere. Il tema è quello di avere agganci precisi, con tolleranze minime, dimensionati in modo da rispondere in pieno alle norme per le strutture antisismiche, facili da montare e altrettanto facili da smontare, senza "distruggere" l'alloggio, ma semplicemente accedendo ad una serie di appositi vani inseriti

nelle pareti, sganciando e svitando le connessioni.

L'ispirazione principale è venuta dai container e dalle esperienze europee di riutilizzo a fini residenziali di tali moduli, anche su grandi dimensioni e per "edifici" pluriplano.

Dal punto di vista strutturale, ogni singolo alloggio è concepito come due parallelepipedi costituiti, oltre che dalle pareti verticali portanti, da un solaio di calpestio ed un solaio di copertura; la presenza di un orizzontamento inferiore e superiore garantisce la monoliticità, e quindi la trasportabilità del singolo elemento. Sulle pareti esterne, in prossimità della copertura, sono presenti due piastre asolate connesse alle pareti che permettono il sollevamento del modulo e la sua movimentazione senza pericolo di sbandamento.

Il solaio di calpestio di ogni modulo è realizzato utilizzando una sorta di "stampo" costituito da una "dima" metallica che garantisce che ogni singolo oggetto sia identico agli analoghi previsti in produzione. Ciò garantisce l'impilabilità e la possibilità di affiancare i moduli senza che vi siano imperfezioni di costruzione che pregiudicherebbero l'allineamento ed il montaggio in cantiere. Grazie alle dime i moduli sono pertanto costruiti riducendo al massimo le tolleranze di costruzione.

Il collegamento dei moduli avviene mediante delle piastre provviste di spinotti, posizionati sulle fondazioni e sulla copertura di ogni modulo, che vanno ad inserirsi in fori conici (previsti nei solai di calpestio), che permettono l'immediato centraggio del modulo superiore quando viene posato su un modulo inferiore. Tali spinotti, oltre a garantire il centraggio dei moduli, costituiscono anche il presidio alle azioni di taglio derivanti dal sisma. Infine, ciascun alloggio è collegato al contiguo mediante coppie di angolari metallici posti in facciata, e strisce di legno multistrato poste in appositi incastri previsti in copertura.

Tutte le operazioni sopra descritte sono reversibili e, se ripetute all'inverso, permettono di svincolare ciascun elemento dal contiguo e di conseguenza consentono lo

smontaggio, il sollevamento e l'allontanamento dal sito di montaggio.

Il fatto di realizzare gli alloggi temporanei a Firenze, in piena area urbana, la necessità di "sfatare" la diceria che avremmo costruito baracche, container, al massimo "casette", ci ha portato ad investire molto sul progetto architettonico, per realizzare un manufatto "bello", riconducibile ai canoni tradizionali delle costruzioni, anche prendendosi qualche licenza architettonica che ha un po' attenuato la razionalità del montaggio.

I 18 alloggi sono stati montati in 50 giorni di lavoro effettivo; altri 20 giorni invece sono stati necessari per le finiture ma riteniamo che, anche se sicuramente ripetendo l'operazione si potrà accorciare tale tempo, le operazioni di finitura eseguite direttamente in cantiere hanno impegnato troppo tempo. La griglia dei brise soleil, che avvolge completamente i due fabbricati, e le numerose parti rivestite da carter metallici necessitato di operazioni dedicate di montaggio direttamente in cantiere. La possibilità di rifarsi in maniera più "libera" alle architetture realizzate con i container metallici, che una volta montati sono subito pronti all'uso, è una strada da indagare con particolare attenzione nel futuro. Del pari, le dimensioni dei due moduli prefabbricati costituenti l'alloggio hanno comportato l'obbligo di ricorrere a trasporti eccezionali, che hanno ovviamente limitazioni nell'accessibilità (in centro storico questa operazione non sarebbe sta-

ta possibile) e nell'orario di trasporto. Quindi andranno studiati moduli prefabbricati di dimensioni più contenute, così da poter venire trasportati con mezzi ordinari e/o movimentati via ferrovia. Anche la flessibilità interna degli alloggi è migliorabile, ad esempio sperimentando soluzioni per i divisori interni realizzate con mobili-parete o comunque con arredi compatibili e essi stessi organici al processo di prefabbricazione in stabilimento.

Sicuramente è possibile progettare moduli abitativi che comprendano anche elementi in grado di assicurarne la caratterizzazione architettonica, senza necessità di completamenti in opera, ad esempio utilizzando moduli "speciali" anch'essi prefabbricati per le scale, per le coperture e per gli spazi di relazione. L'utilizzo del colore (anche per moduli in legno) potrebbe aiutare a dare identità e "carattere" all'edificio, evitando l'effetto seriale da container, per il quale la cultura abitativa corrente non è ancora pronta.

I 18 alloggi del viale Guidoni hanno ottenuto ottimi riscontri in termini di gradimento da parte degli inquilini, anche come alloggi definitivi. I risultati di un recente sondaggio sono davvero lusinghieri per la qualità abitativa che è percepita da parte degli inquilini.

L'esperienza ci dice che le abitazioni realizzate in legno sono vincenti sul piano della qualità abitativa una volta costruite e abitate. L'esperienza concreta dell'abitare è il dato vincente a favore delle abitazioni in legno.

Costruire sostenibile
Legnami
Ernool

CARDDARCA

Non ho la certezza che i 18 alloggi temporanei su tipologia pluriplano da noi realizzati a Firenze possano testimoniare della “necessità” della prefabbricazione in edilizia residenziale. Sicuramente costituiscono una risposta valida, a mio parere quasi obbligata, alla rigenerazione urbana, quando questa comprende edifici abitati, con la necessità quindi di trasferire temporaneamente e ospitare altrove gli inquilini. In questo senso la prefabbricazione integrale di moduli abitativi leggeri ha un futuro ed è una via quasi obbligata. Una cosa è certa: la grandissima maggioranza dei visitatori degli alloggi finiti hanno esclamato “ma questi sono alloggi veri!” e qualcun altro ha aggiunto di dubitare che li smonteremo davvero! Lavorando per realizzare alloggi temporanei abbiamo raggiunto una qualità abitativa da casa “normale” di nuova generazione, E’ da qui che riparte la nostra ricerca, perché noi consideriamo i 18 alloggi montabili e smontabili un laboratorio, dal vero, delle idee e della capacità di CASA SpA, di intraprendere, sperimentare e fare innovazione

Il sistema costruttivo X-Lam

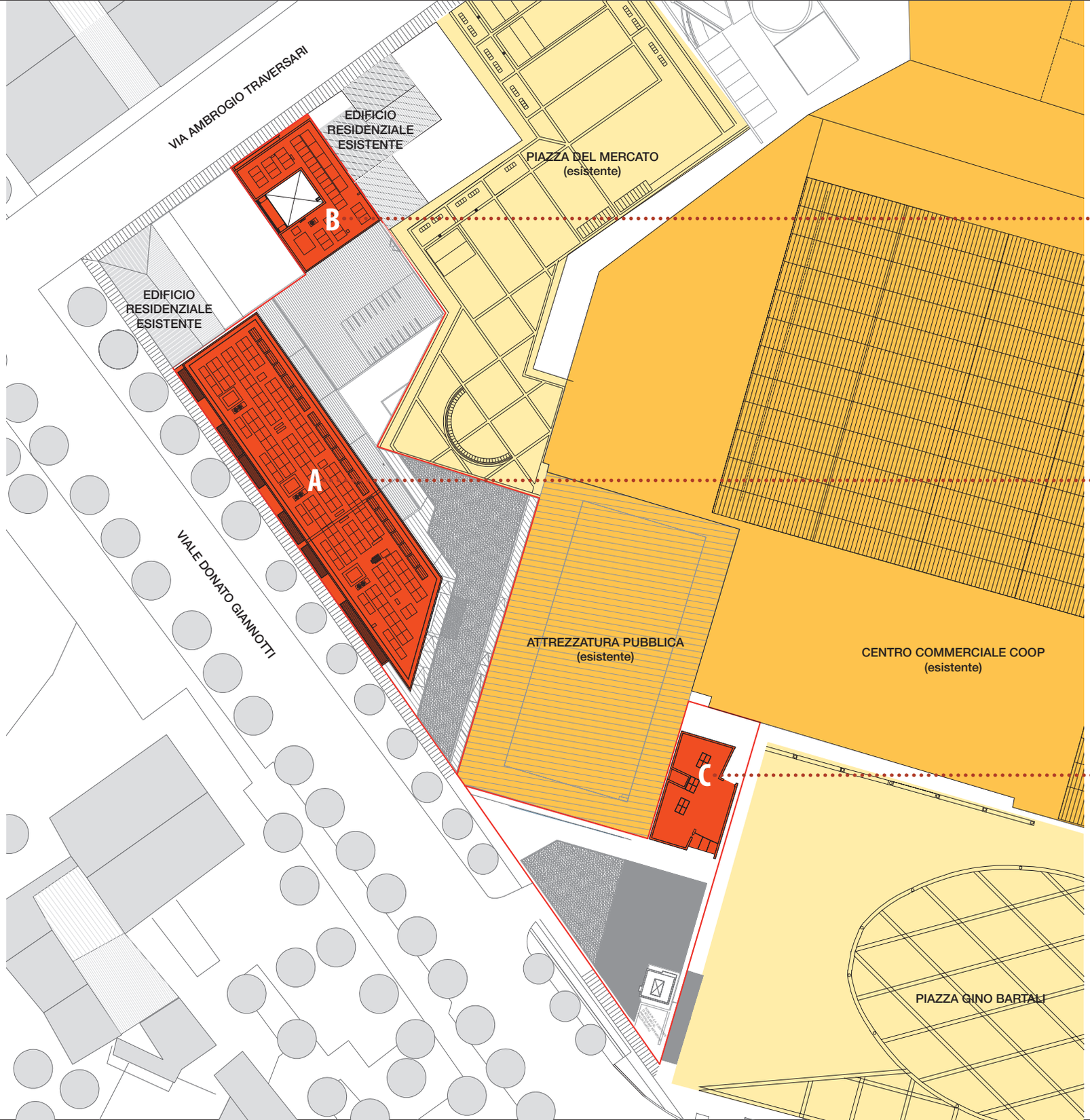
Il sistema costruttivo X-LAM è di sviluppo tecnologico recente; le prime realizzazioni sono state eseguite in Germania negli anni '90. Esso è basato sull'utilizzo di elementi piani in legno massiccio multistrato con funzione portante, nei quali le dimensioni lungo entrambi gli assi principali sono di gran lunga maggiori dello spessore. Gli elementi in legno massiccio sono costituiti da pannelli in compensato di tavole che vengono incollati l'un l'altro a strati incrociati; le tavole di compensato hanno spessore variabile fra i 20 e 40 mm ed ogni strato è incollato perpendicolarmente al precedente, in modo da fornire rigidezza nelle due direzioni planari del pannello. Il pannello così conformato è rigido, resistente e stabile dimensionalmente; ha uno spessore variabile fra gli 8 ed i 30 cm. Tali pannelli possono essere utilizzati sia come elementi verticali (pareti) che orizzontali (solai). Il pannello viene poi tagliato e prefabbricato mediante macchine a controllo numerico, le quali con estrema precisione realizzano cavedii, porte, finestre, incassi per le travi; il processo di prefabbricazione permette un taglio avente la precisione del millimetro, ed il pannello giunge in cantiere già pronto per essere posato nella posizione prevista dal progetto.

La posa in cantiere avviene con estrema semplicità e velocità: i pannelli costituiscono le pareti ed i solai dell'edificio; essi vengono collegati fra loro ed alle fondazioni (o alle parti seminterrate in cemento armato) mediante collegamenti metallici (piastre, chiodi, viti). Tali collegamenti, opportunamente dimensionati, conferiscono alla costruzione la duttilità richiesta dalla normativa per le costruzioni in zona sismica: esse sono infatti dimensionate affinché possano dissipare l'energia trasmessa dal terremoto. L'edificio poi, essendo costituito da pareti sismo-resistenti, assume un comportamento scatolare, tale che ogni parete è un controvento della parete ad essa perpendicolare. Peraltro, la leggerezza del sistema (il legno pesa 1/5 del cemento armato ed 1/4 della muratura) permette di avere forze sismiche inferiori ad altri edifici costruiti con sistemi tradizionali, essendo le forze sismiche azioni proporzionali alle masse coinvolte. Dal punto di vista della resistenza al fuoco, l'edificio in x-LAM è progettato per resistere all'azione dell'incendio in modo tale da garantire l'evacuazione del fabbricato nei tempi richiesti dalla normativa, in modo del tutto analogo a quanto avviene per qualsiasi sistema costruttivo.

Il processo costruttivo, caratterizzato da tempi di realizzazione nettamente più rapidi grazie alla costruzione completamente "a secco" e alla prefabbricazione, risulta particolarmente vocato per tutte le situazioni dove è necessario operare con rapidità e con impatto della cantierizzazione contenuto come, ad esempio, negli interventi di riqualificazione urbana, nel costruire sul costruito, negli ampliamenti/sopraelevazione di edifici esistenti e per la realizzazione di edifici al alto ed altissima efficienza energetica,

L'impiego del legno per le costruzioni garantisce anche un indubbio beneficio in termini di sostenibilità, con un impatto ambientale decisamente minore in termini di emissioni di CO^2, consumi di energia ed uso di materie prime.

Edilizia Residenziale Pubblica per 39+6 alloggi e Ludoteca

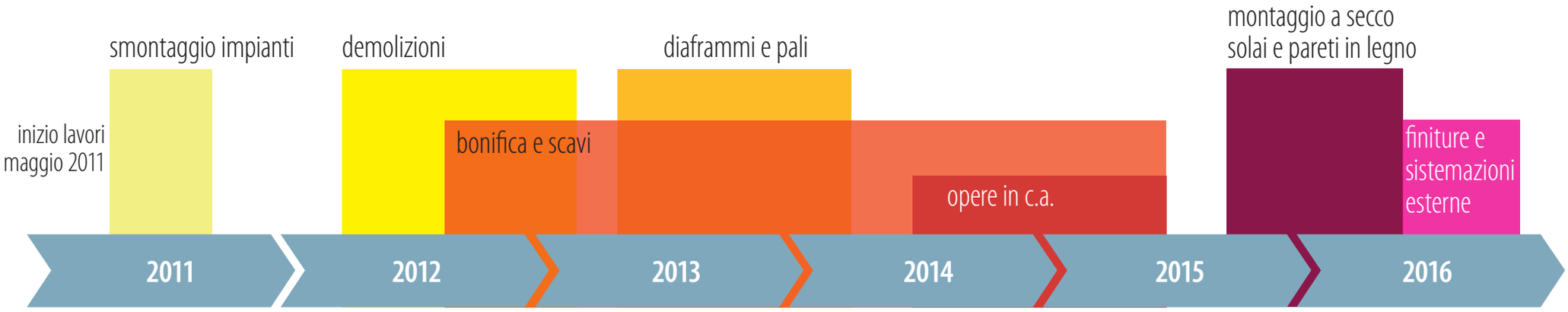


Edificio B
quattro piani con 6 alloggi

Edificio A
sei piani con 39 alloggi e centro civico

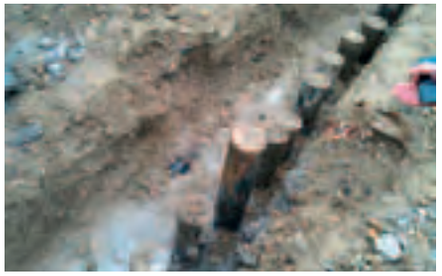
Edificio C
Ludoteca comunale

TEMPISTICA			
LAVORAZIONE	INIZIO	FINE	DURATA
PERMESSO DI COSTRUIRE	luglio 2010		
SMONTAGGIO IMPIANTI E FINITURE EDIFICI ESISTENTE	maggio 2011	settembre 2011	4 mesi
DEMOLIZIONE EDIFICI ESISTENTI	aprile 2012	febbraio 2013	10 mesi
DIAFRAMMI E PALI	maggio 2013	marzo 2014	10 mesi
BONIFICA, SCAVI E DEMOLIZIONI	settembre 2012	giugno 2015	27 mesi
OPERE IN CEMENTO ARMATO	luglio 2014	giugno 2015	11 mesi
OPERE IN LEGNO	ottobre 2015	maggio 2016	7 mesi
FINITURE, SISTEMAZIONI ESTERNE E OPERE DI URBANIZZAZIONE	giugno 2016	ottobre 2016	4 mesi



Edificio A - 39 alloggi

L'edificio per 39 alloggi è realizzato sull'allineamento con gli edifici esistenti lungo il marciapiede del viale Giannotti, con l'arretramento di 2 metri al piano terreno, per ampliare lo spazio di relazione e dare areazione e luce al piano interrato, e analogo arretramento del piano sesto, nel rispetto di quanto previsto dalle norme urbanistiche. Il fronte dell'edificio sul viale si caratterizza per i brise-soleil scorrevoli delle logge che nell'uso quotidiano proteggono dall'irraggiamento solare e dai rumori della strada e danno vita, nelle loro varie posizioni, ad un'immagina dinamica dell'edificio. Sul fronte posteriore l'impianto compositivo è regolato dal ritmo delle finestre con alcune zone arretrate per realizzare logge di pertinenza.



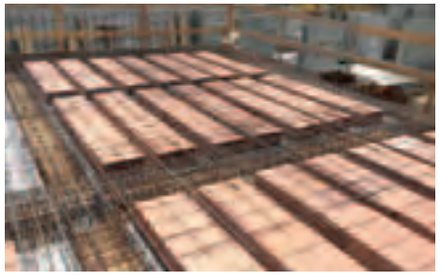
Edificio B - 6 alloggi

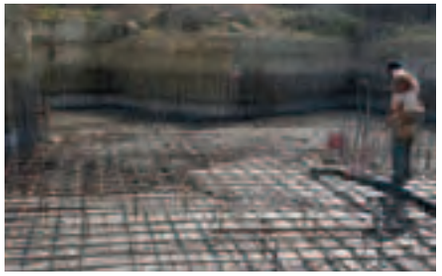
L'edificio per 6 alloggi è caratterizzato da una inedita tipologia a corte, necessaria per garantire l'illuminazione e l'areazione naturale agli alloggi, con due appartamenti per piano e il piano terreno adibito agli accessi al piano interrato e agli appartamenti.

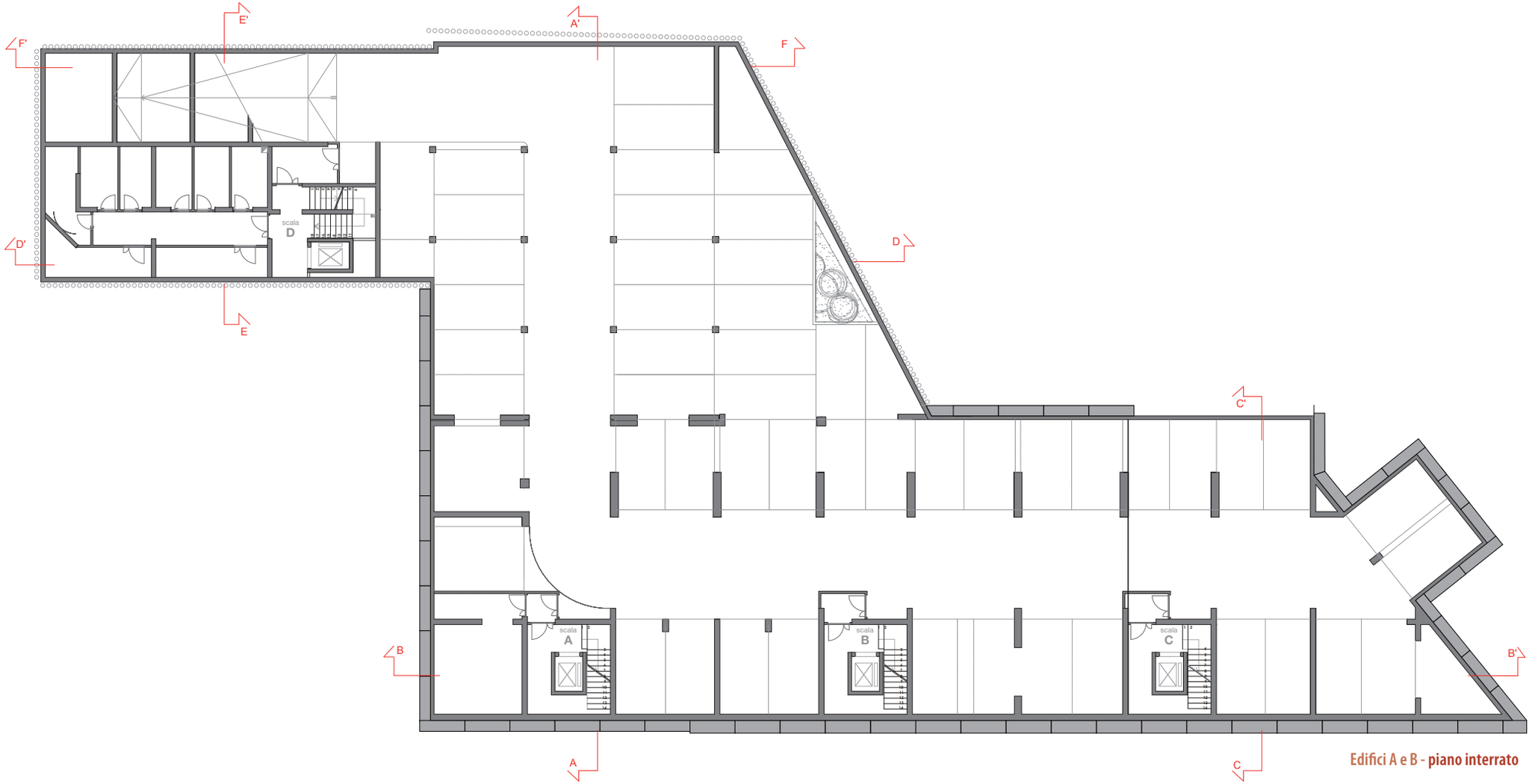
Edificio A - prospetto su viale Giannotti

Edificio A - prospetto verso il centro commerciale

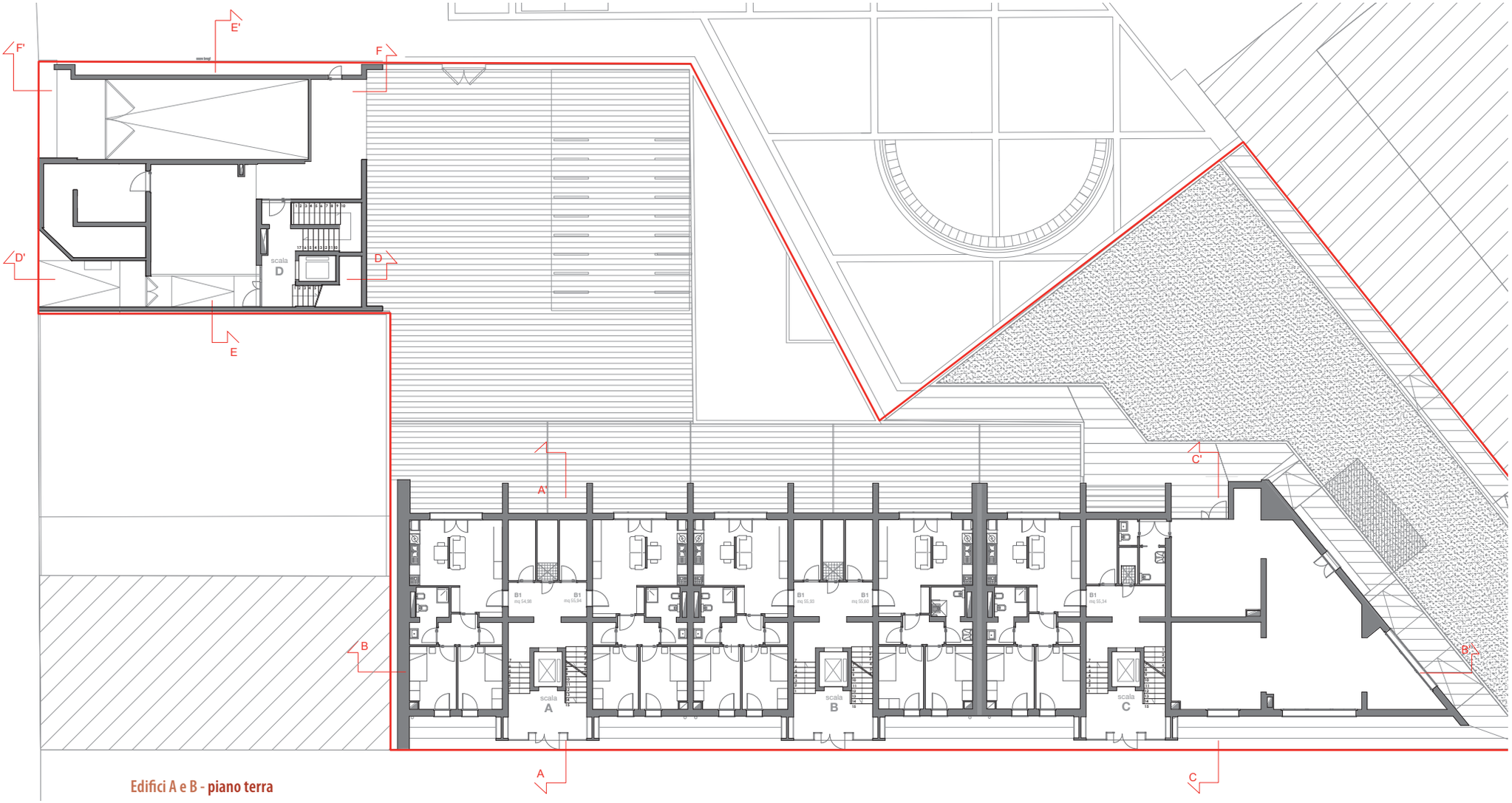
Edificio A - prospetto sulla piazza del mercato





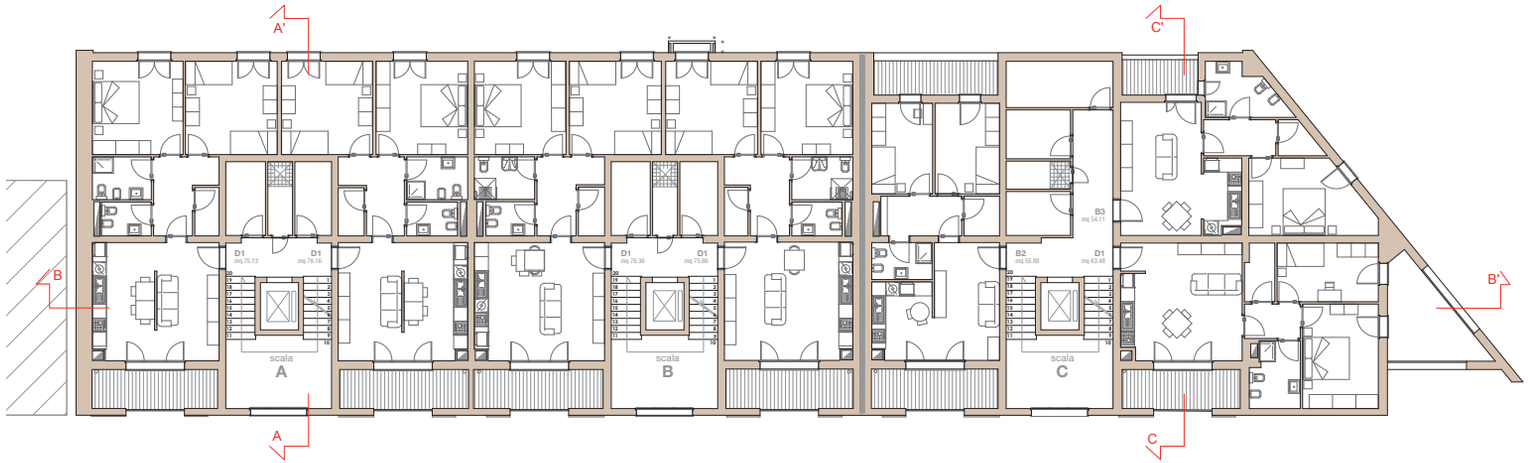


Edifici A e B - **piano interrato**

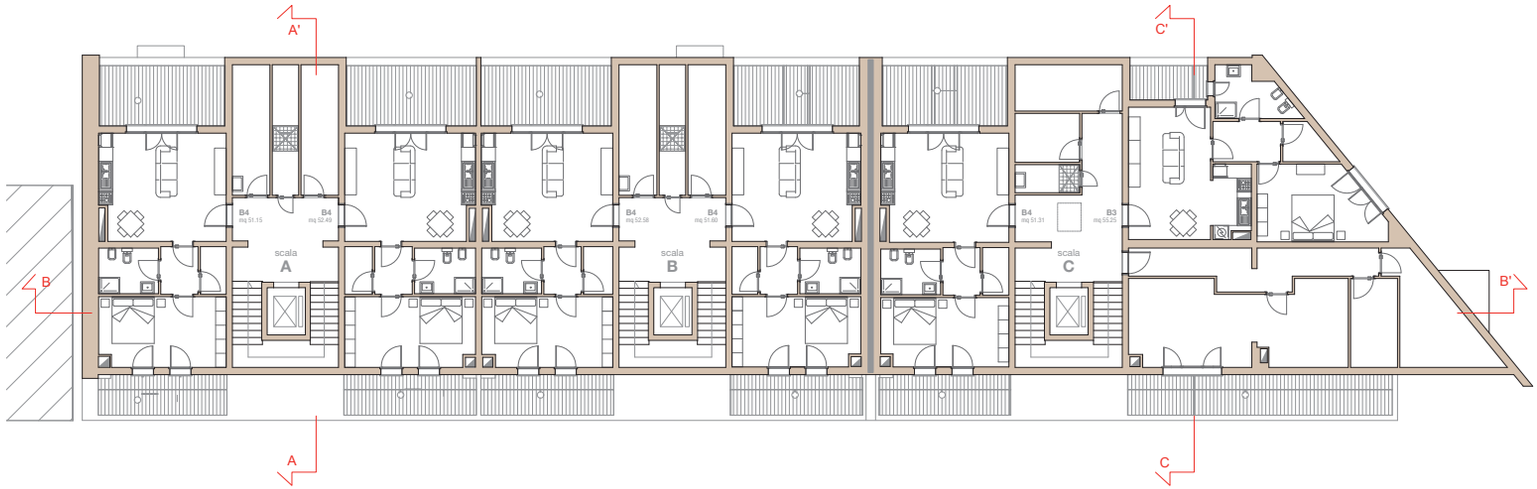


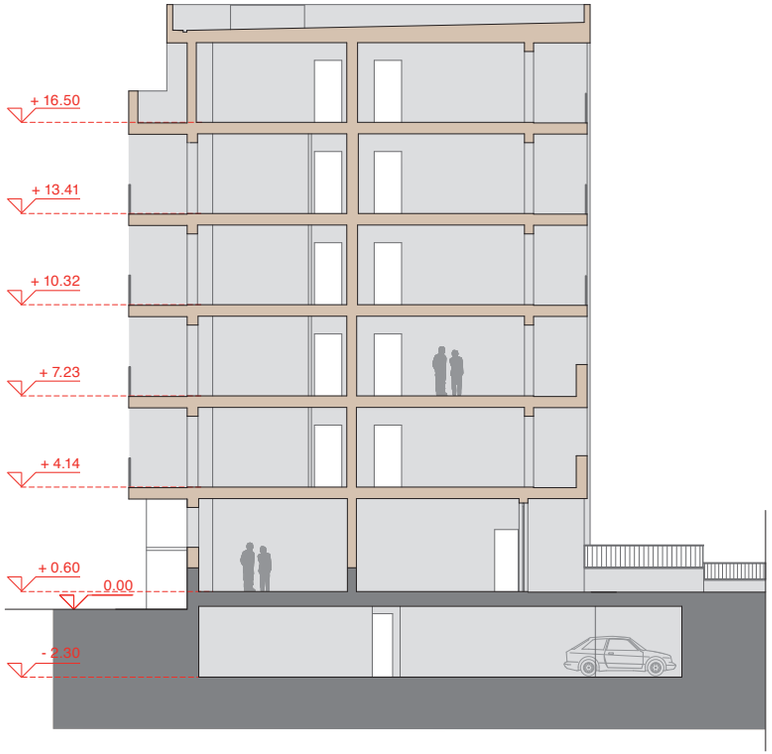
Edifici A e B - **piano terra**

Edificio A - **piano tipo**

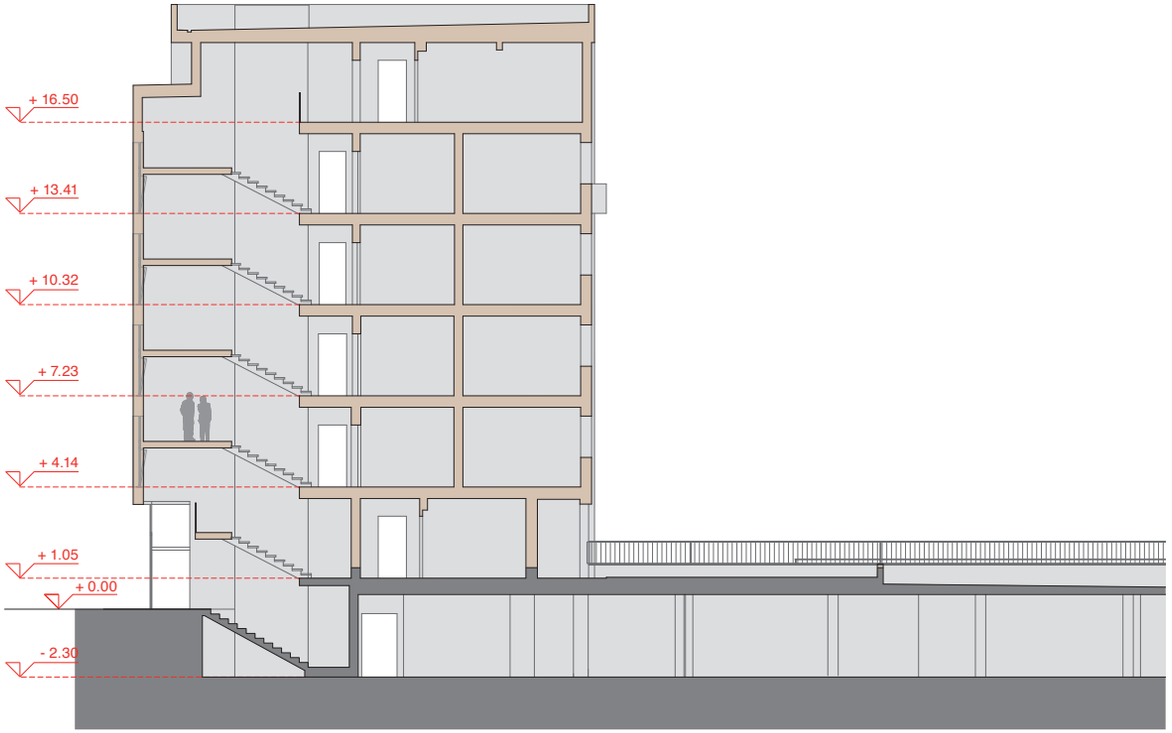


Edificio A - **piano quinto**



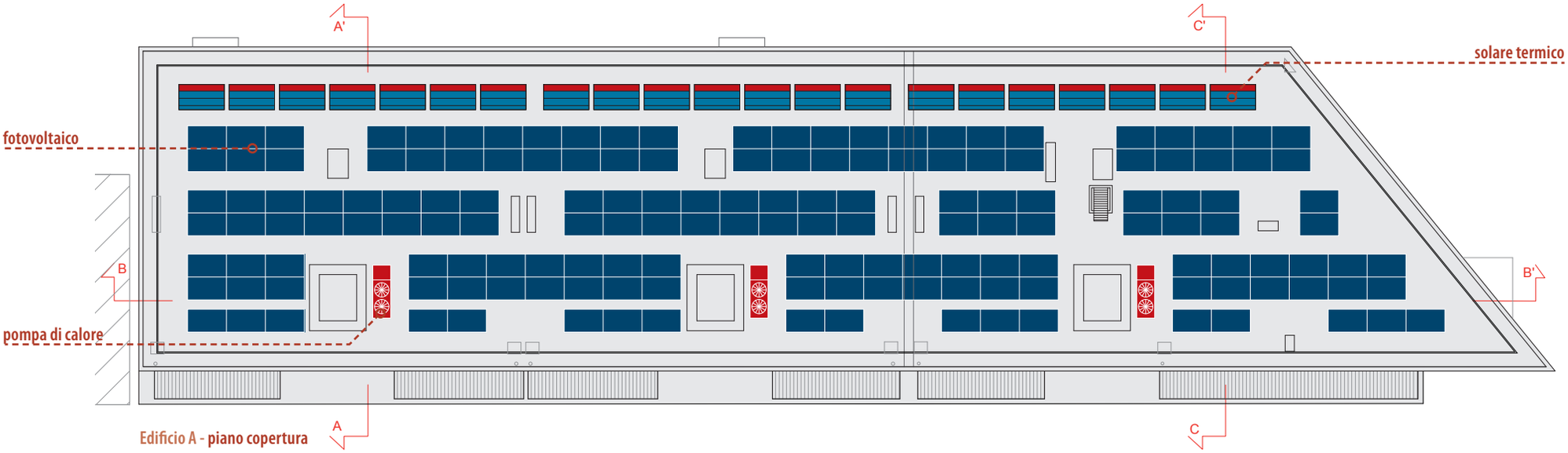


Edificio A - **sezione C-C'**

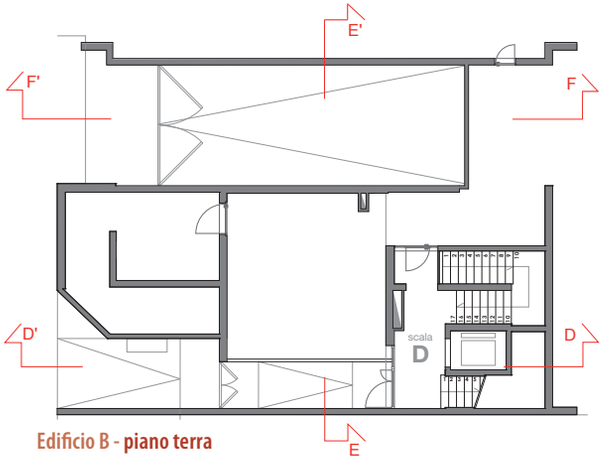


Edificio A - **sezione A-A'**

Edificio A - sezione B-B'

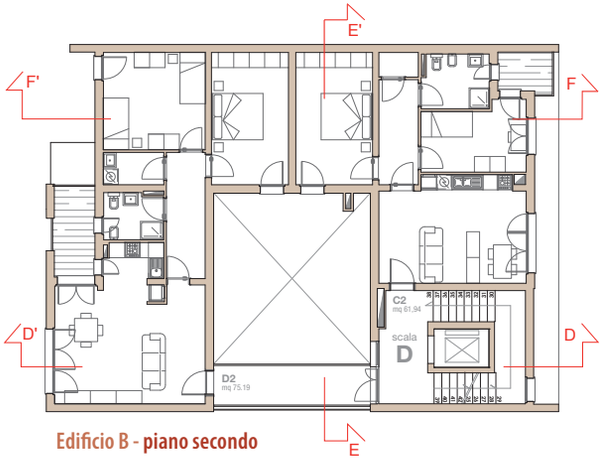


Edificio A - piano copertura

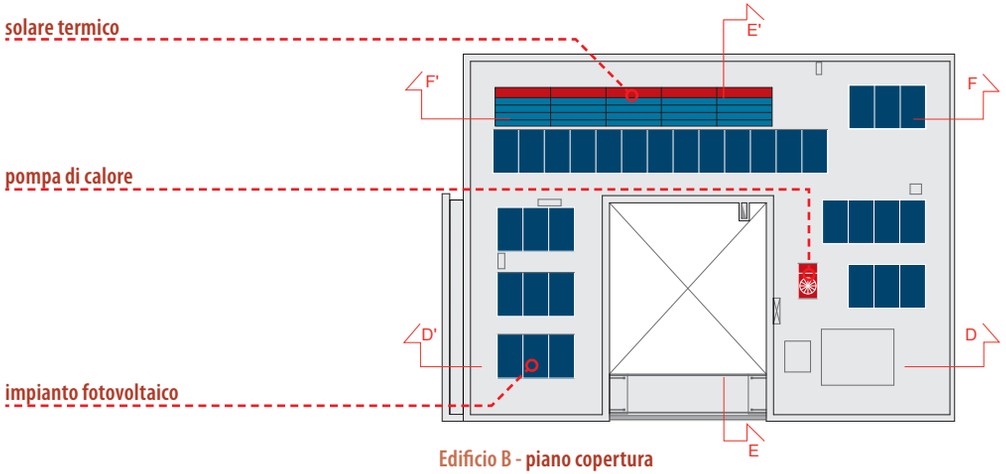


Edificio B - piano terra

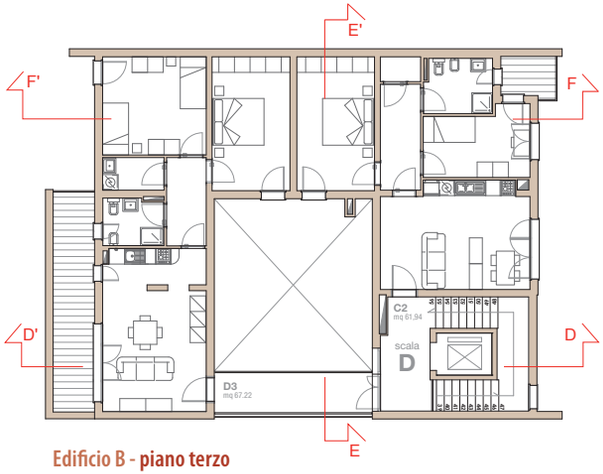
Edificio B - piano primo



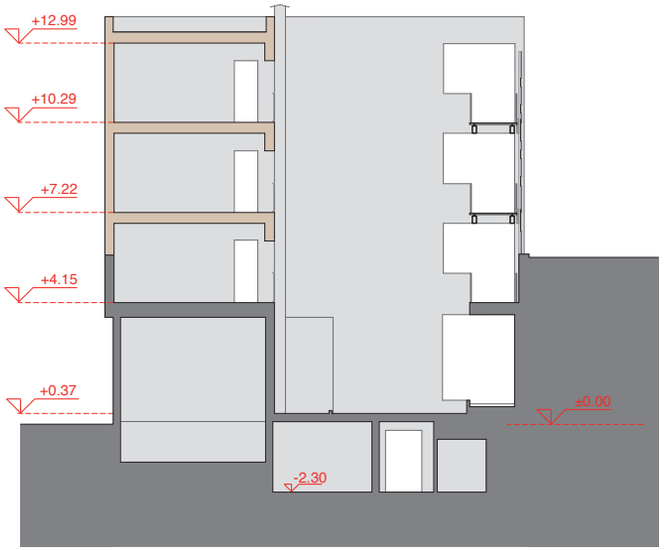
Edificio B - piano secondo



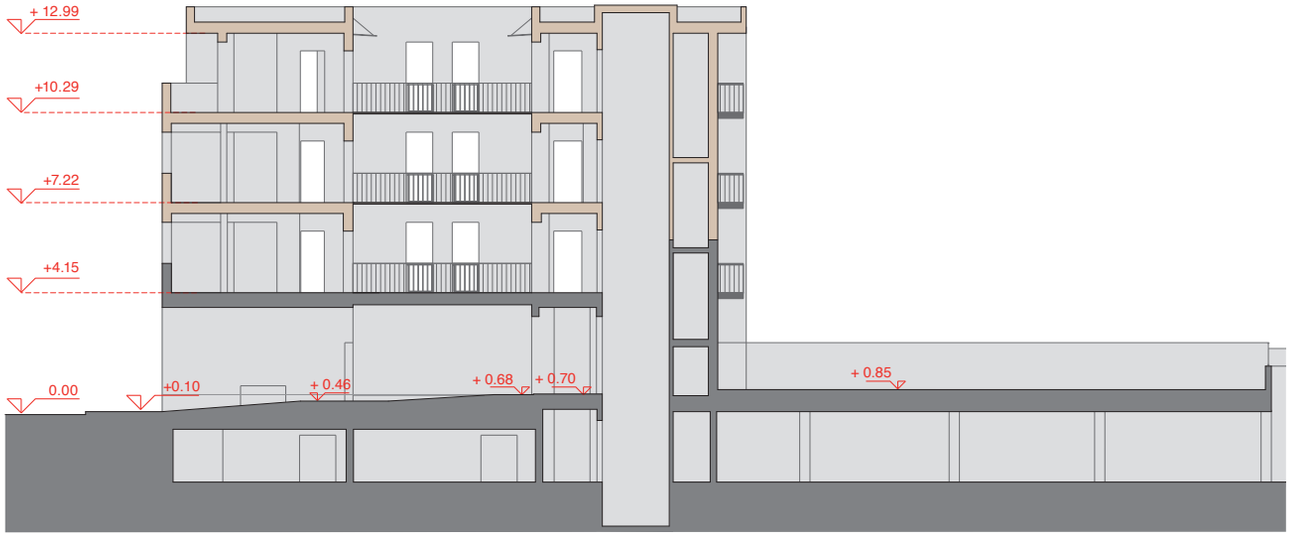
Edificio B - piano copertura



Edificio B - piano terzo



Edificio B - sezione E-E'

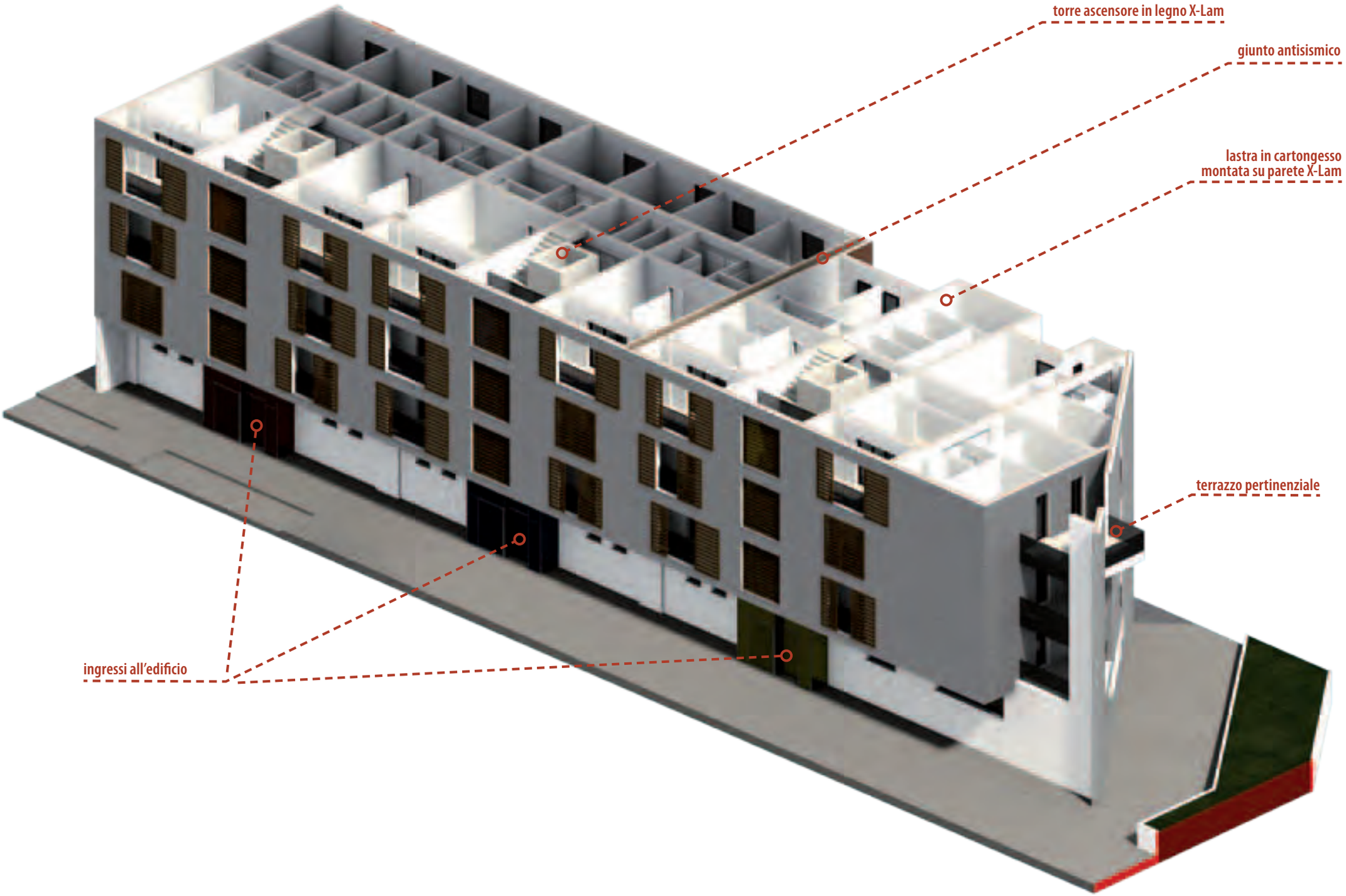


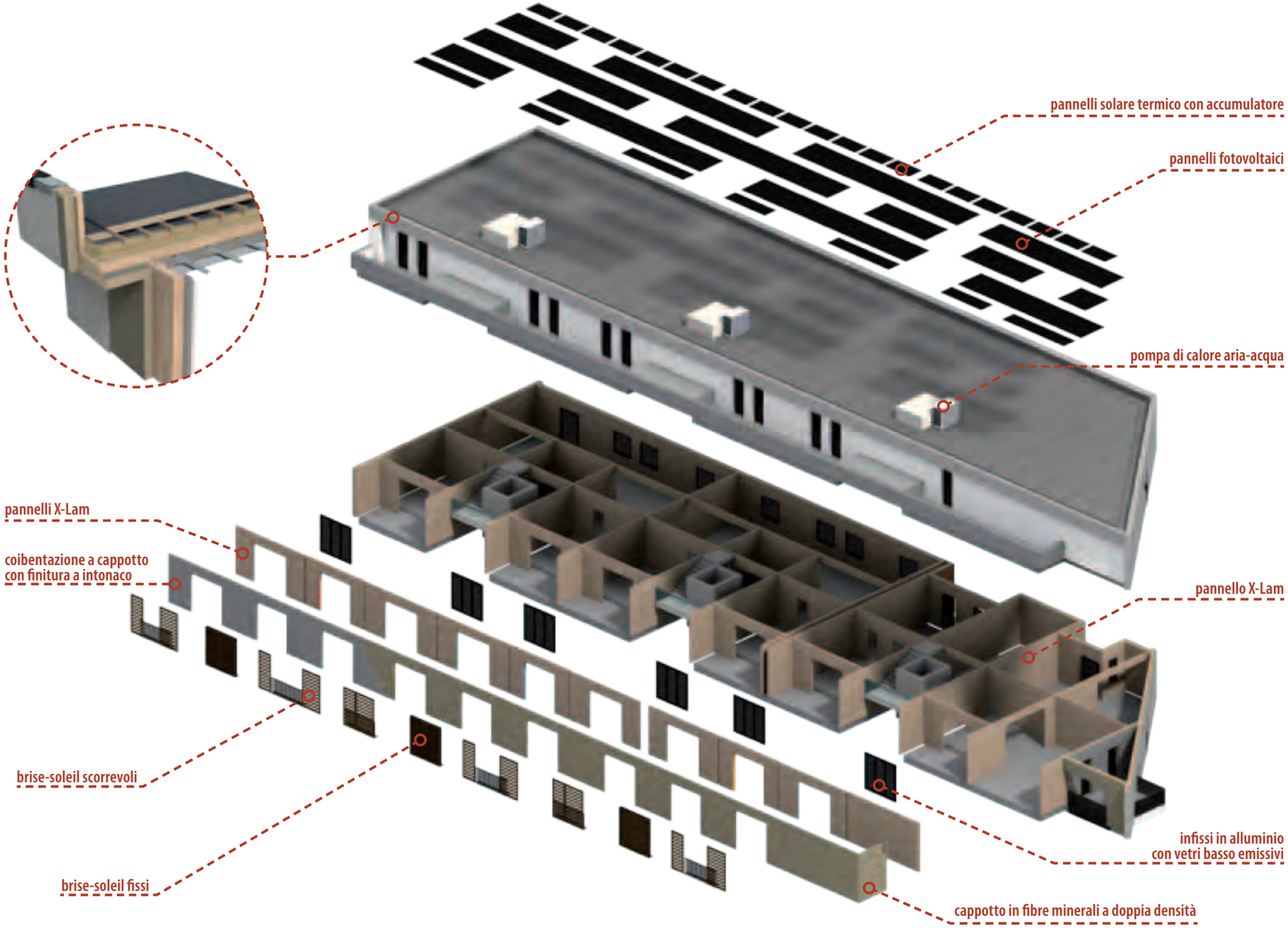
Edificio B - sezione D-D'

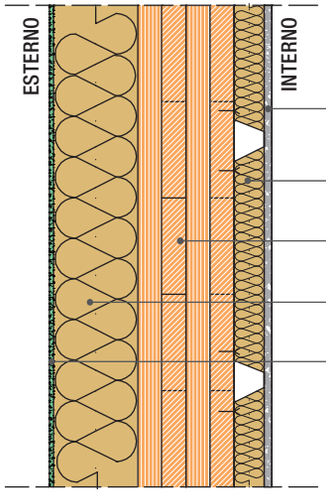
Edificio B - prospetto su Via Traversari

Edificio B - prospetto sulla piazza del mercato

Edificio B - prospetto verso l'edificio A

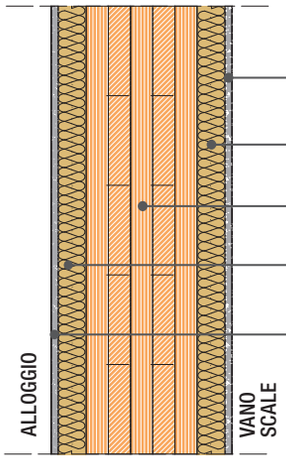

torre ascensore in legno X-Lam
giunto antisismico
lastra in cartongesso
montata su parete X-Lam
terrazzo pertinenziale
ingressi all'edificio


pannelli solare termico con accumulatore
pannelli fotovoltaici
pompa di calore aria-acqua
pannelli X-Lam
coibentazione a cappotto
con finitura a intonaco
pannello X-Lam
brise-soleil scorrevoli
infissi in alluminio
con vetri basso emissivi
brise-soleil fissi
cappotto in fibre minerali a doppia densità



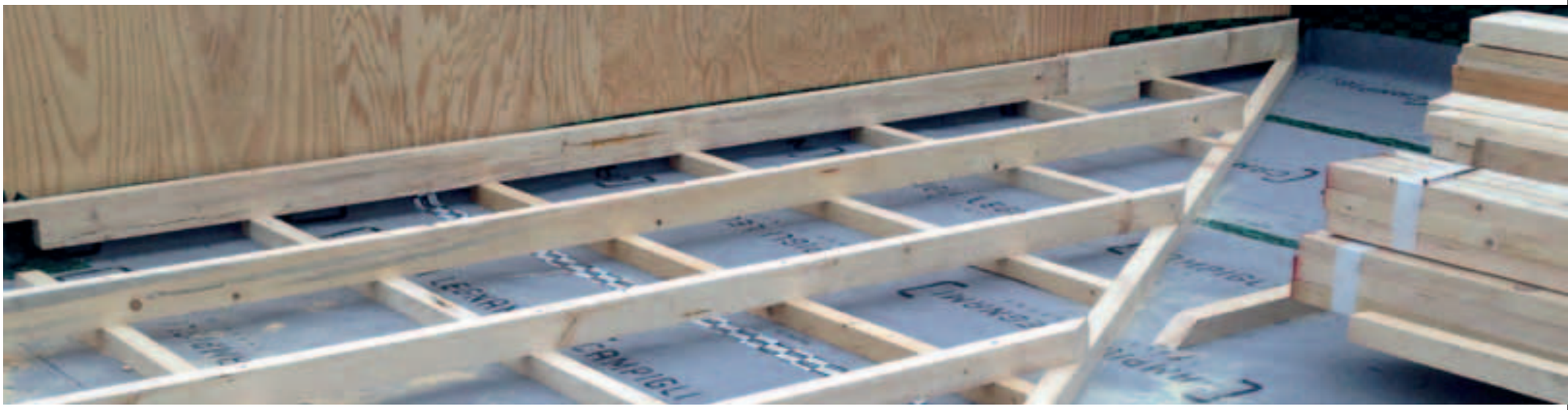
PARETE STRUTTURALE ESTERNA INTONACATA (P1)

- LASTRA CARTONGESSO DURAGYP ACTIV'AIR GYPROC SAINT GOBAIN (mm 12.50)
- PANNELLI ISOLANTI IN LANA DI VETRO TIPO TP 138 KNAUF O SIMILARI (mm 50)
- PANNELLO IN LEGNO X_LAM (mm 160)
- PANNELLO RIGIDO IN FIBRE MINERALI DOPPIA DENSITÀ TIPO FRONTROCK MAX E ROCKWOOL O SIMILARI (mm 140)
- FINITURA CAPPOTTO (mm 7)
- TOTALE STRUTTURA mm 160
- TOTALE ARCHITETTONICO mm 369,50

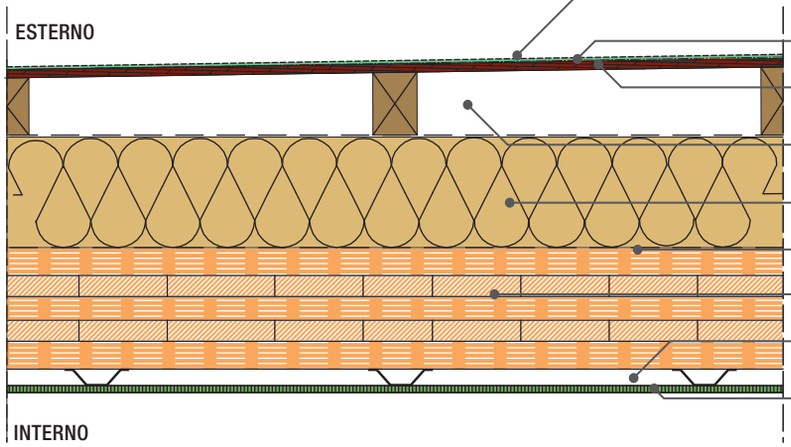


PARETE INTERNA DIVISIONE ALLOGGI - VANO SCALA

- LASTRA CARTONGESSO DURAGYP ACTIV'AIR GYPROC SAINT GOBAIN (mm 1x12.50)
- PANNELLI ISOLANTI IN LANA DI VETRO TIPO TP 138 KNAUF O SIMILARI (mm 50)
- STRUTTURA X_LAM (mm 198)
- PANNELLI ISOLANTI IN LANA DI VETRO TIPO TP 138 KNAUF O SIMILARI (mm 50)
- LASTRA CARTONGESSO DURAGYP ACTIV'AIR GYPROC SAINT GOBAIN (mm 1x12.50)
- TOTALE STRUTTURALE mm 198
- TOTALE ARCHITETTONICO mm 323



SOLAIO DI COPERTURA

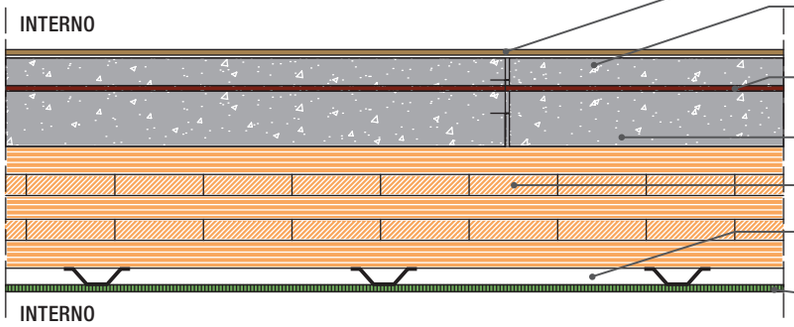


- MANTO IMPERMEABILIZZANTE ELASTOMERO BITUMINOSO SUPERTEC FIRE RESISTANT PLURITEC (mm 1)
- MANTO IMPERMEABILIZZANTE CON FOGLI IN PVC (mm 0,5)
- PANNELLO OSB 3 (mm 15)
- INTERCAPEDINE D'ARIA NON VENTILATA CON LISTELLI PER FORMAZIONE PENDENZA (variab.)
- PANNELLI ISOLANTI IN LANA MINERALE (mm 200)
- FRENO AL VAPORE (mm 0,45)
- PANNELLO IN LEGNO X-LAM (mm 220)
- INTERCAPEDINE D'ARIA NON VENTILATA (mm 25)
- LASTRA CARTONGESSO DURAGYP ACTIV'AIR GYPROC SAINT GOBAIN (mm 12,5)

TOTALE STRUTTURE mm 220

TOTALE ARCHITETTONICO mm 475

SOLAIO INTERPIANO TRA GLI ALLOGGI RISCALDATI

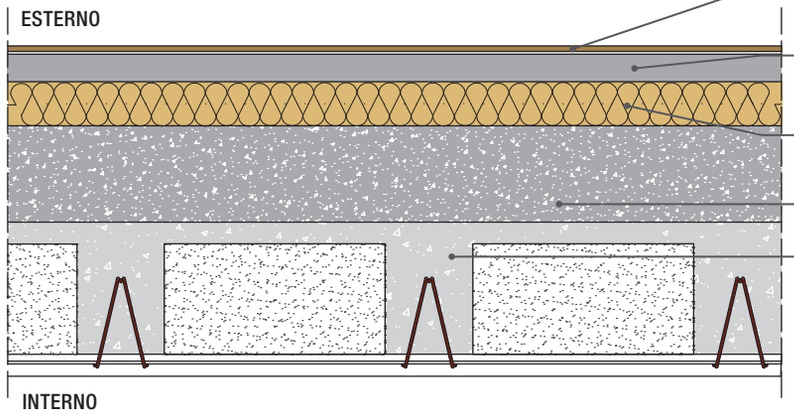


- PAVIMENTAZIONE IN GRESS POSATA A COLLA mm 15
- MASSETTO DI SOTTOFONDO PER POSA PAVIMENTAZIONE mm 45
- MATERASSINO ANTICALPESTIO TIPO FONOSTOP DUO INDEX mm 10
- MASSETTO ALLEGGERITO 600 Kg/Mc mm 100
- PANNELLO IN LEGNO X_LAM mm 220
- INTERCAPEDINE NON VENTILATA mm 25
- LASTRA CARTONGESSO DURAGYP ACTIV'AIR GYPROC SAINT GOBAIN mm 12.50

TOTALE STRUTTURALE mm 220

TOTALE ARCHITETTONICO mm 427,5

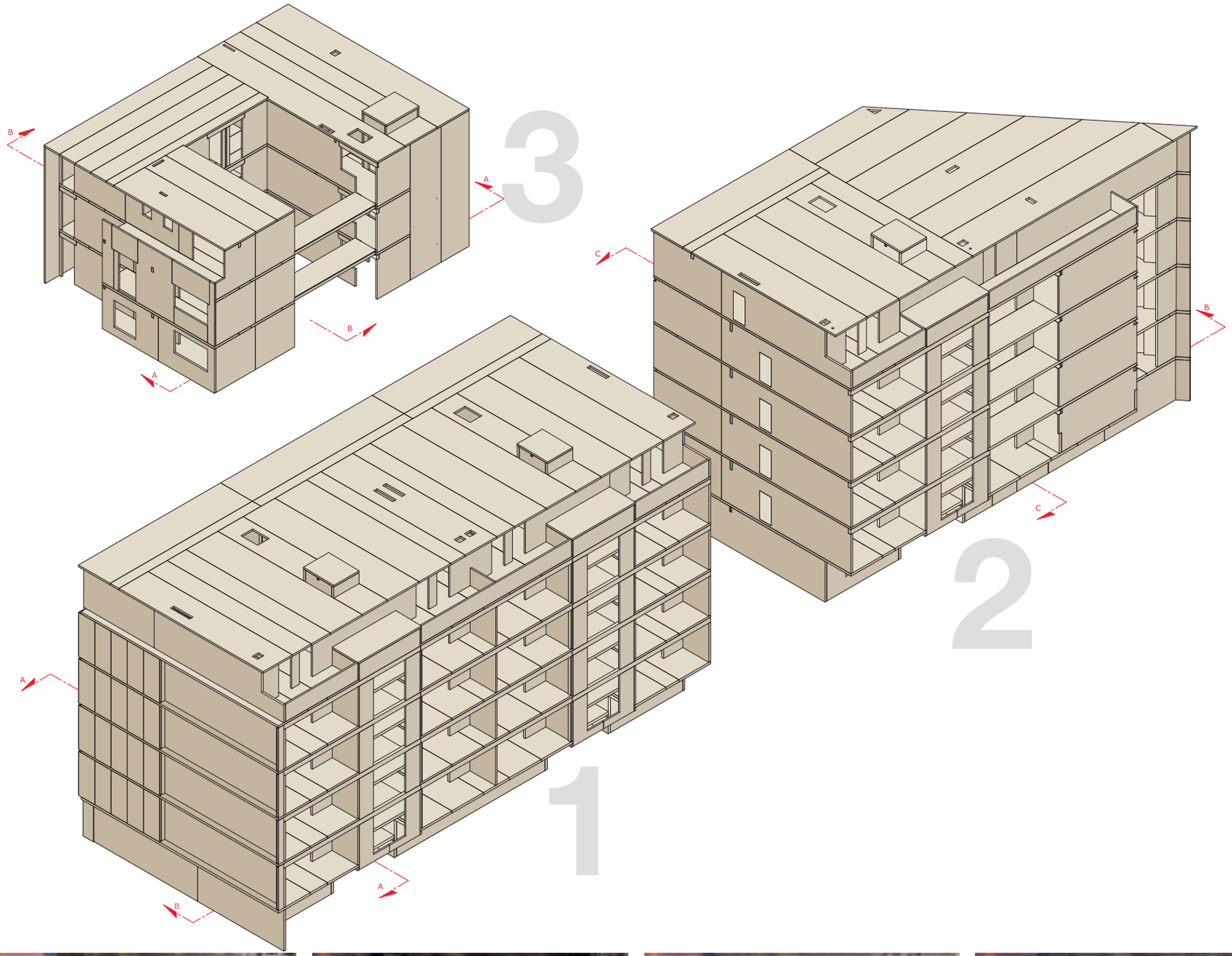
SOLAIO ALLOGGI PIANO TERRA



- PAVIMENTO IN GRES E COLLA mm 15
- MASSETTO DI SOTTOFONDO PER POSA PAVIMENTAZIONE mm 50
- ISOLAMENTO CON PANNELLI XPS STYRODUR 30-35 CS mm 80
- MASSETTO ALLEGGERITO 600 Kg/Mg mm 178
- SOLAIO DI TIPO PREDALLES mm 280

TOTALE STRUTTURALE mm 280

TOTALE ARCHITETTONICO mm 603



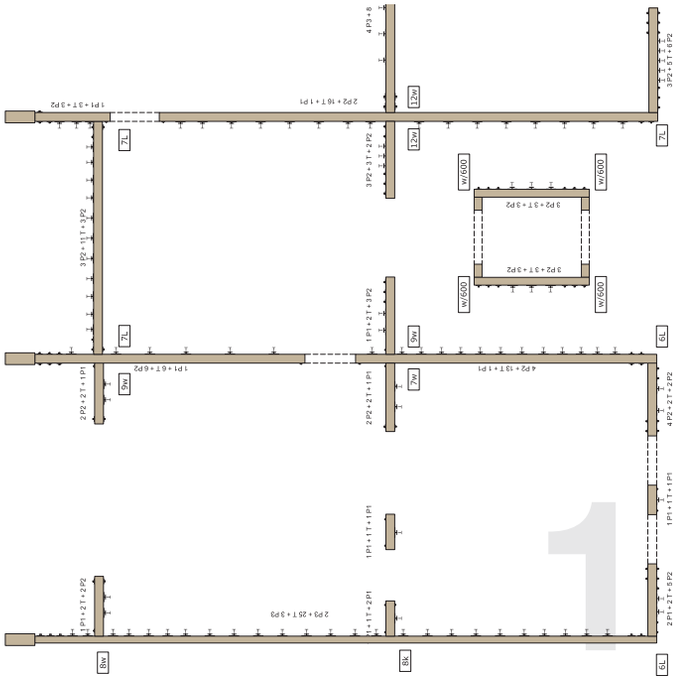
La progettazione costruttiva degli edifici x-lam avviene realizzando dei modelli tridimensionali del fabbricato, in cui ciascun pannello viene disegnato con la precisione del millimetro, in modo che esso giunga in cantiere pronto per essere posato senza ulteriori lavorazioni se non il fissaggio mediante piastre, chiodi e viti.

1 **Edificio A – 6 piani blocco A (scala A e B)**

2 **Edificio A – 6 piani blocco B (scala C)**

3 **Edificio B – 4 piani**

Oltre al progetto costruttivo tridimensionale si procede a realizzare anche le carpenterie bidimensionali nelle quali vengono dettagliati i collegamenti. Sono i disegni che vengono utilizzati in cantiere per posizionare e collegare le pareti al cemento armato delle fondazioni o del piano terra e per fissare fra loro i pannelli verticali ed i solai.



1

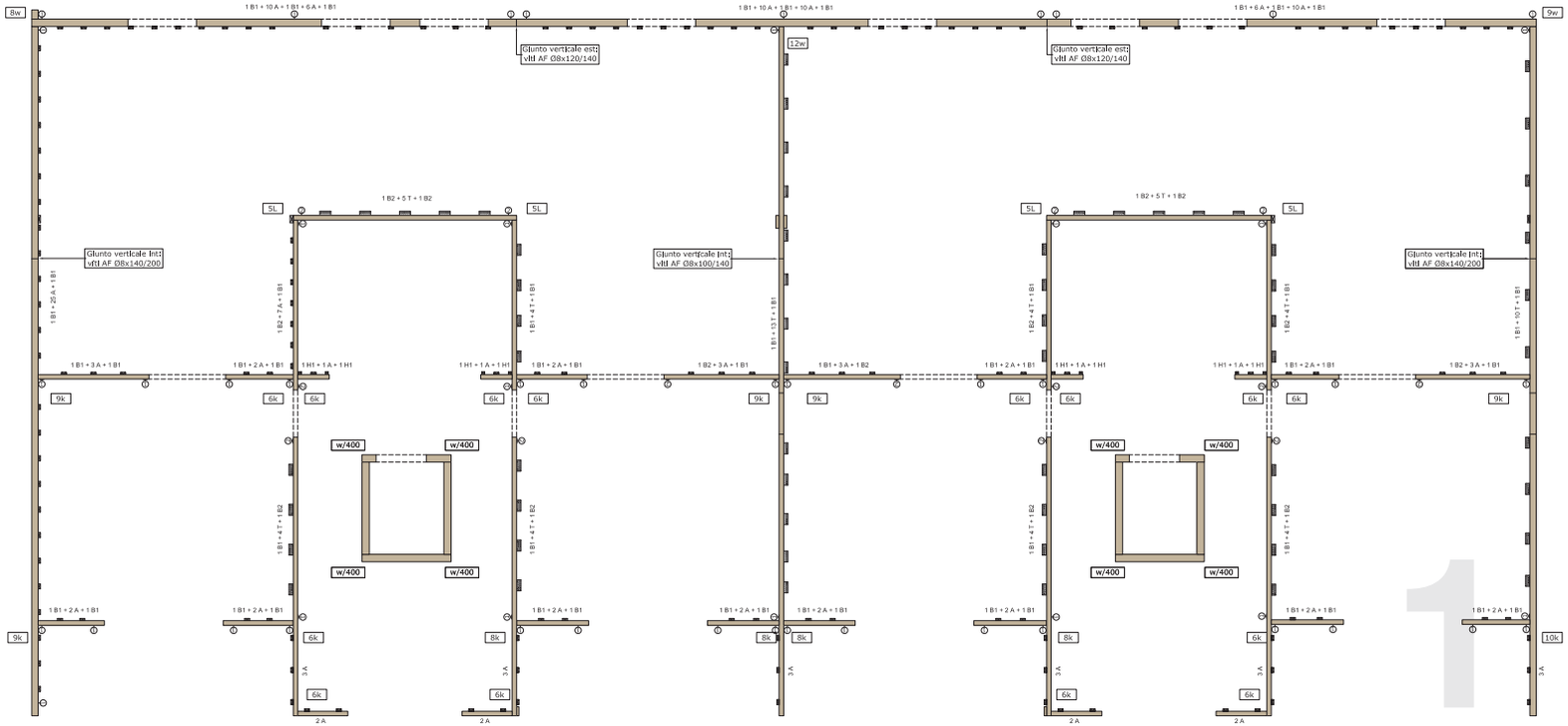
Progetto delle carpenterie (edificio A, blocco B, 6 piani)

2

Fase di montaggio del piano terreno; (edificio A, blocco B, 6 piani)

3/4

Vista del solaio del piano terreno con i cordoli estradossati per il montaggio dei pannelli



La carpenteria bidimensionale viene utilizzata per l'assemblaggio del fabbricato a tutti i livelli. I pannelli sono movimentati mediante la gru e gli operatori, che posizionano pareti e solai nel loro alloggiamento.

1

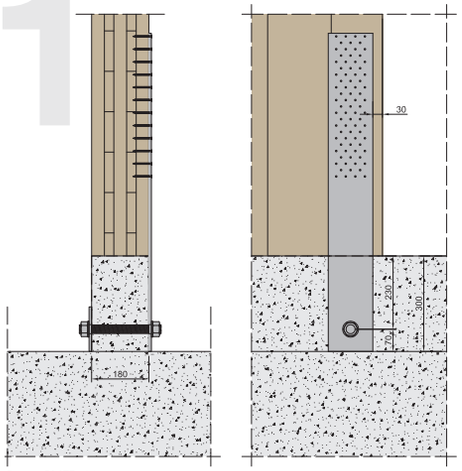
Progetto delle carpenterie; edificio A, blocco A, 6 piani

2/3

Messa in opera delle pareti X-Lam

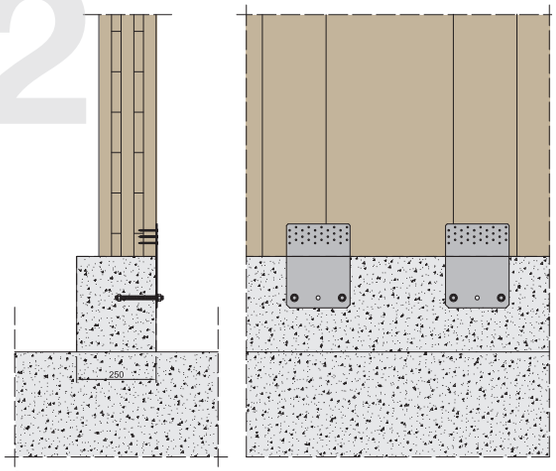
La sovrastruttura lignea viene collegata alla piastra in cemento armato (che può essere costituita dalla fondazione o dal solaio di piano terra) mediante piastre metalliche predisposte su cordoli in cemento armato estradossati. Gli spinotti vengono predisposti nel cordolo prima del getto del cemento armato, in modo da evitare che successivamente debbano essere praticati fori ed usate resine.

1



Piastra PLATE 120
collegamento alla parete con 80 chiodi Anker ø4x60
collegamento al c.a. con barra filettata M27
con contropiastra 140x140x8 (o piastra aggiuntiva)

2



Piastra TCP200XL
collegamento alla parete: 30 chiodi Anker ø4x60
collegamento al c.a.: 2 barre filettata M12x130 con rondella

1/4

Collegamento che contrasta il sollevamento

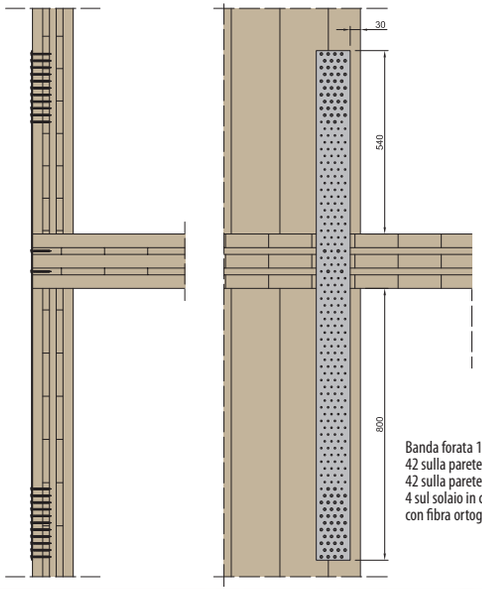
2/3

Collegamento che contrasta lo scorrimento

3

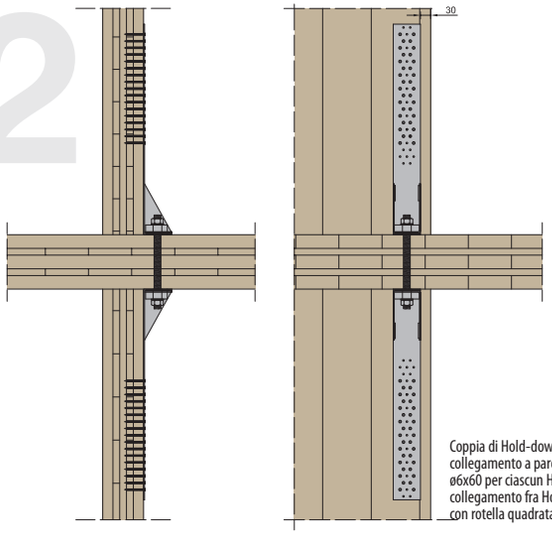
4

1



Banda forata 100x1500x3 collegata con chiodi anker ø4x60
42 sulla parete superiore
42 sulla parete inferiore
4 sul solaio in corrispondenza delle tavole
con fibra ortogonale all'asse del chiodo

2



Coppia di Hold-down WHT620
collegamento a parete con 34 chiodi anker
ø6x60 per ciascun Hold-down
collegamento fra Hold-down con 1 bullone
con rotella quadrata h=20

Il collegamento che presidia il sollevamento delle pareti delle elevazioni viene effettuato di nuovo tramite piastre hold-down. La funzione dell'hold down può essere assolta da profili commerciali sagomati (che prevedono la foratura del solaio per far passare dall'estradosso all'intradosso una barra metallica filettata) oppure da piatti forati (in tal caso nel pannello di solaio deve essere predisposta un'asola necessaria al passaggio del piatto).

3

4

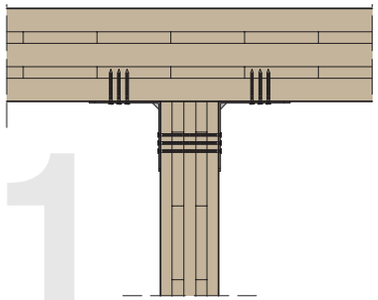
1/3

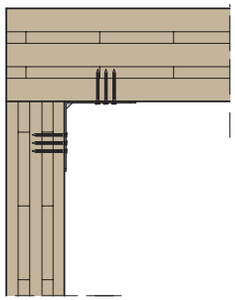
Collegamento che contrasta il sollevamento (hold down) mediante profili piatti forati

2/4

Collegamento che contrasta il sollevamento (hold down) mediante profili sagomati

Il collegamento a taglio fra le pareti superiori ed il solaio di piano, e fra il solaio di piano e le pareti inferiori viene realizzato con piastre angolari chiodate alle membrature.





1

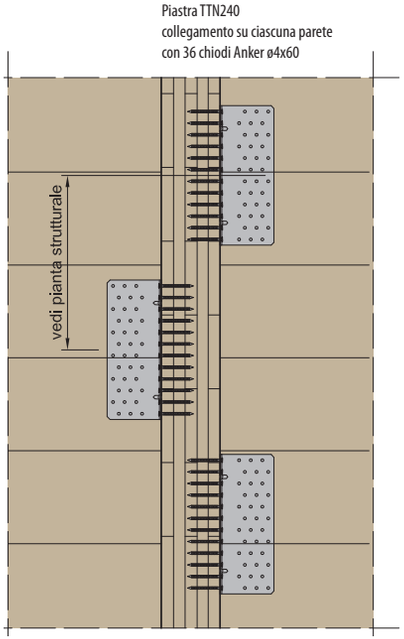
Collegamento a taglio fra solaio e parete inferiore

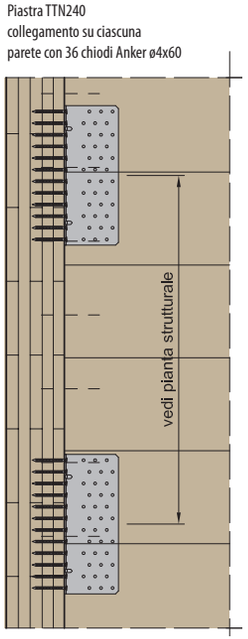
2

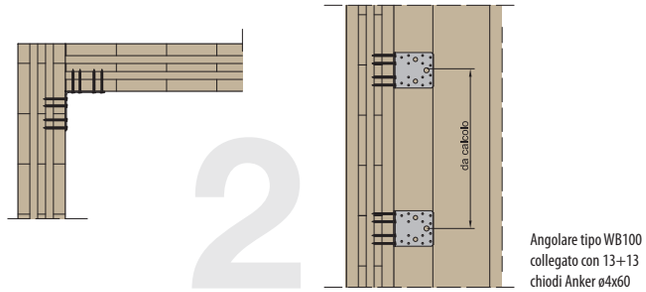
Collegamento a taglio fra parete superiore e solaio

3/4

La piastre montate sulla parete in alto e in basso



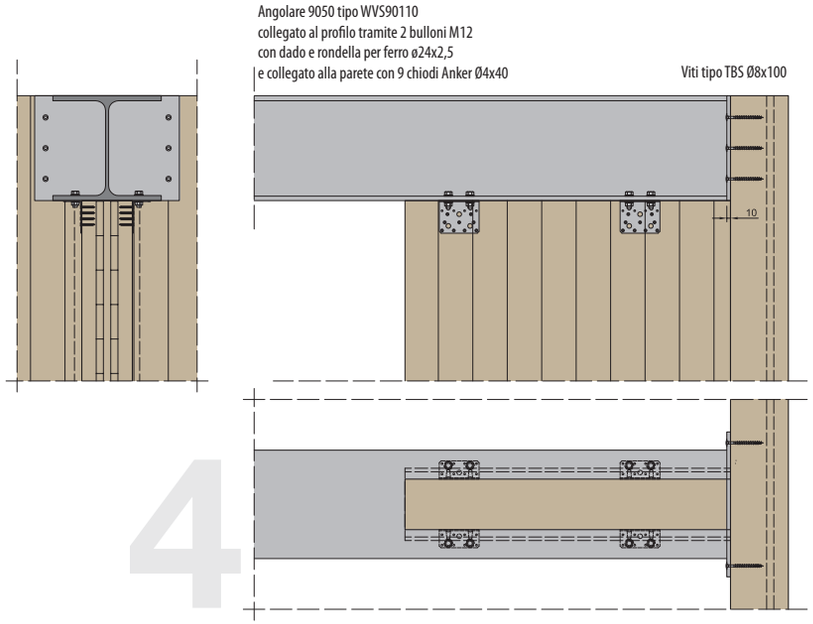




Le pareti ortogonali sono collegati mediante angolari che presidiano il mutuo sollevamento.

Collegamento fra pareti ortogonali

1/2



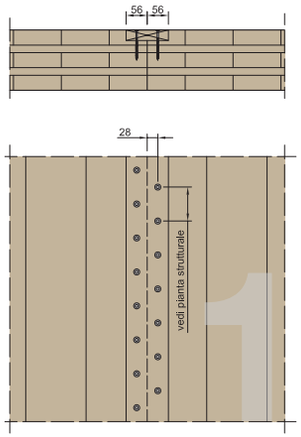
Le travi ricalate vengono realizzate mediante profili commerciali zincati. Anche essi sono collegati alle pareti lignee mediante piastre metalliche.

Collegamento travi ricalate metalliche

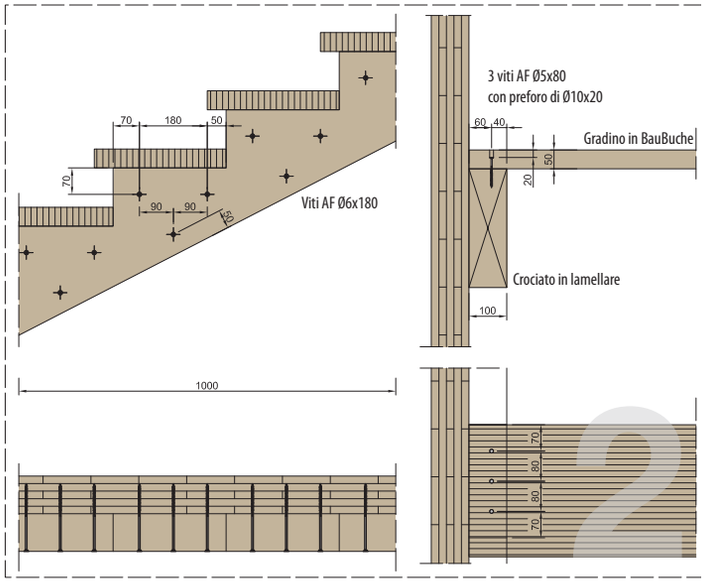
3/4

I solai sono collegati fra loro mediante un giunto che garantisce l'interrazione delle lastre nel loro piano, in modo da farantire che l'impalcato costituisca un vero e proprio piano rigido, funzionale alla redistribuzione delle forze sismiche.

Le scale sono realizzate mediante cosciali avvitati sulle pareti, cui sono collegate le alzate e le pedate della rampa.



Striscia di pannello multistrato 27x110
a strati incrociati collegato con 2 viti HBZ Ø5x80



1/4

Collegamento fra pannelli di solaio contigui

2/3

Collegamento fra gradino e cosciale della scala

La cantierizzazione dell'edificio in **X-Lam** in area urbana: istruzioni per l'uso

Il cantiere dei 39 + 6 alloggi ERP nell'area ex Longinotti a Firenze in numeri:

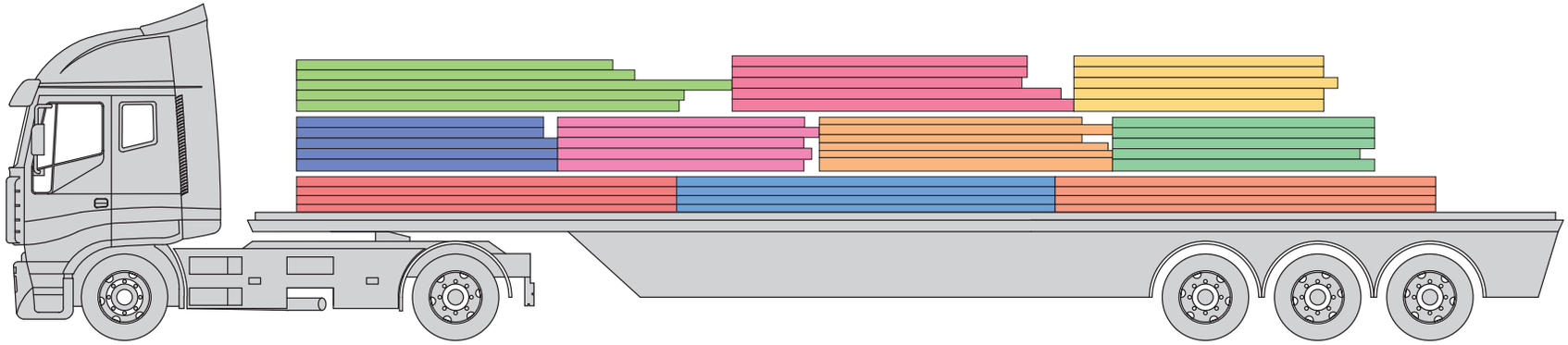
2.500 mc. di legno X-LAM - 40 mc. di Abete Lamellare - 9.250 kg. di acciaio - 52 Autotreni di X-LAM - 400.000 chiodi - in media un autotreno di materiali al giorno in un cantiere ubicato in zona densamente abitata e con area di cantiere ristretta, tempi di esecuzione ristretti e limitate risorse finanziarie a disposizione.

E' indispensabile studiare e prevedere l'assetto ottimale per tutti i nodi costruttivi ed evitare problemi legati a logistica e alla concatenazione e razionalità delle lavorazioni.

Mai sottovalutare l'incidenza della ferramenta sul progetto finito, sia per l'impatto economico che per la razionalità esecutiva

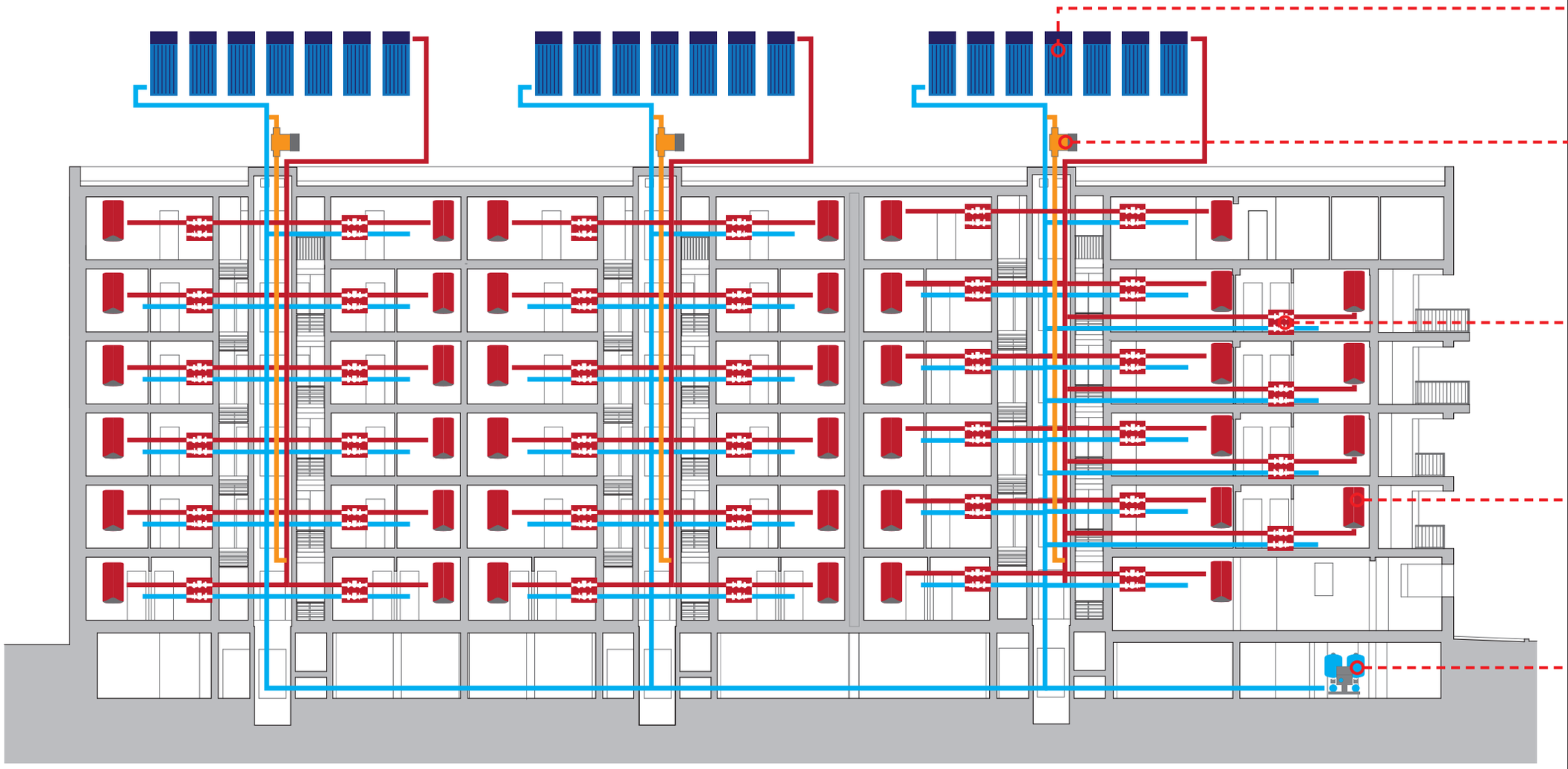
La fase di fissaggio delle strutture in legno alla platea in cemento armato è una lavorazione solitamente lunga. Qui si sono pertanto sostituiti gli hold-down utilizzati per contrastare il sollevamento della parete con piastre fatte su misura che si ancorano alle barre filettate precedentemente gettate nel cordolo in cemento.

Fondamentale è la logistica del cantiere. Tutto il montaggio viene deciso a monte con il fornitore del legno X-LAM al quale vengono comunicate le date degli scarichi, i pezzi da caricare e l'ordine di carico dei pezzi. In questo modo si velocizzano le operazioni di scarico e di messa in opera delle pareti e dei solai, arrivando a montare circa 150 mc. di X-LAM a settimana.



Il cantiere in numeri

Legno X-LAM	mc **2.500**
Abete lamellare	mc **40**
Acciaio	kg **9.250**
Autotreni per il trasporto di X-LAM	n **52** = n 1/giorno
Chiodi utilizzati	n **400.000**



impianto solare termico centralizzato

circolatore ricircolo ACS solare

contabilizzatore di calore

produttore ACS in pompa di calore da 110 litri

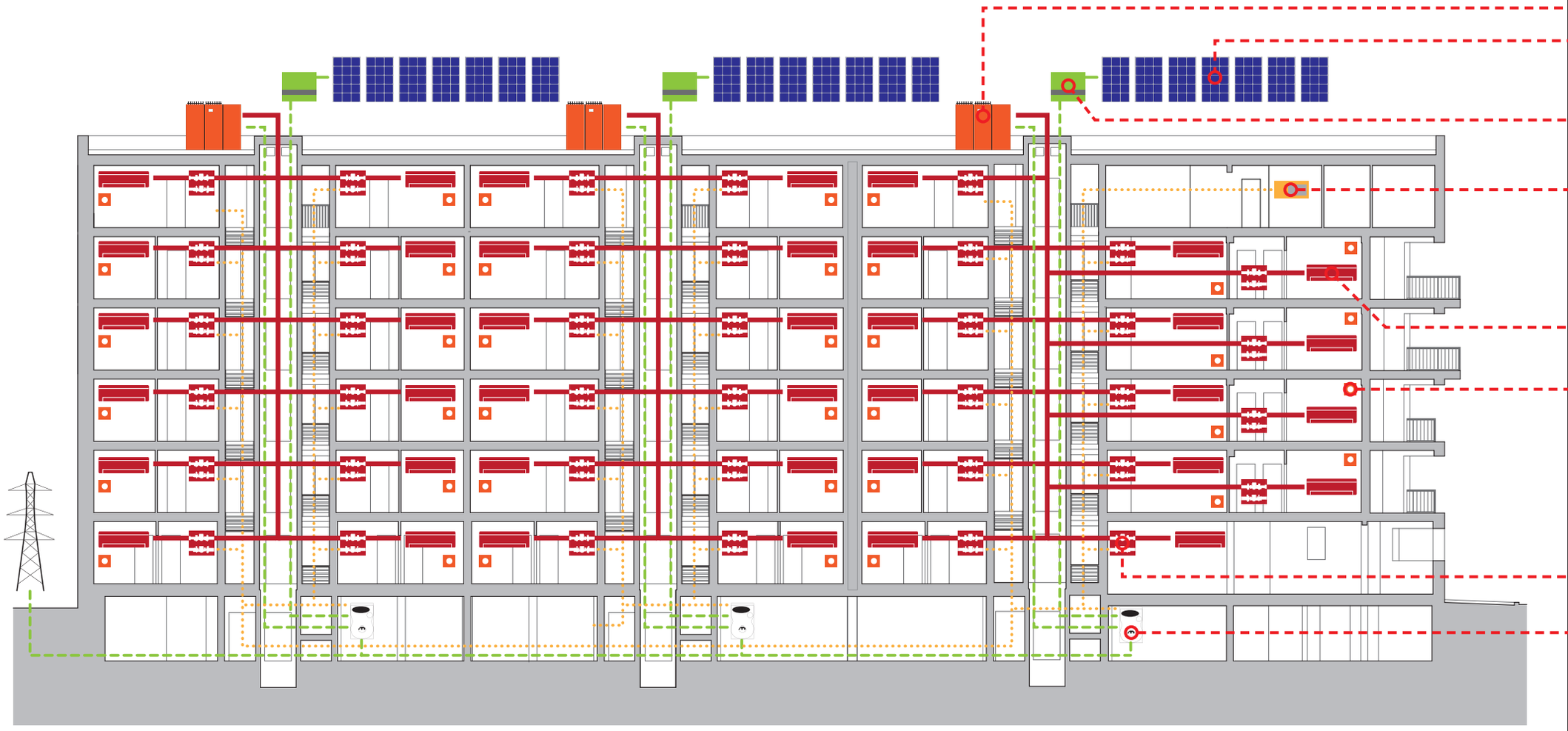
pressurizzazione idrica condominiale

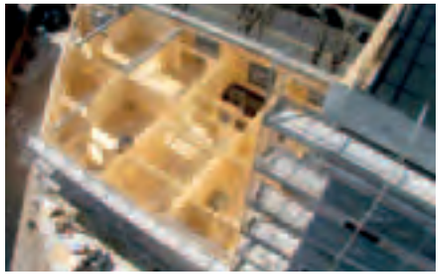
L'acqua fredda sanitaria in ingresso ai produttori autonomi interni a ciascun alloggio viene preriscaldata tramite un impianto solare termico centralizzato a circolazione naturale installato sulla copertura dell'edificio composto da n° 7 pannelli piani per ciascun vano scala.

Gruppo di pressurizzazione a inverter per approvvigionamento idrico

Ogni alloggio è dotato di contabilizzazione del calore e dell'acqua sanitaria tramite satelliti di utenza installati esternamente a ciascun alloggio, nel vano scale. Tramite rete M-Bus tutti i misuratori sono remotizzati fino al concentratore installato nel locale tecnico per l'acquisizione dei consumi e la ripartizione degli stessi.

La produzione di acqua calda sanitaria internamente a ciascun alloggio è demandata ad uno scaldaacqua a pompa di calore monoblocco da 110 litri.





pompa di calore aria/acqua

impianto fotovoltaico

inverter fotovoltaico

telettura dei consumi energetici

ventilconvettore a parete

ventilazione meccanica
con recuperatore di calore

contabilizzatore di calore

contatore condominiale

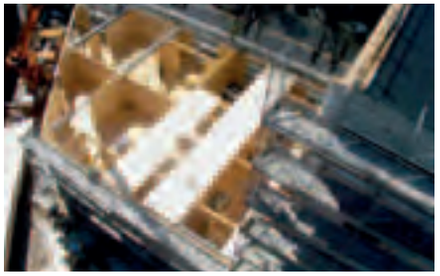
1 L'edificio è climatizzato con n° 3 pompe di calore aria-acqua (una a servizio di ciascun vano scale) poste sulla copertura piana dell'edificio.
Potenza termica nominale 32,1 kW
Potenza frigorifera nominale 30,9 kW

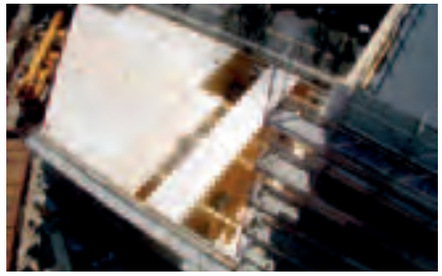
2 Pannelli fotovoltaici

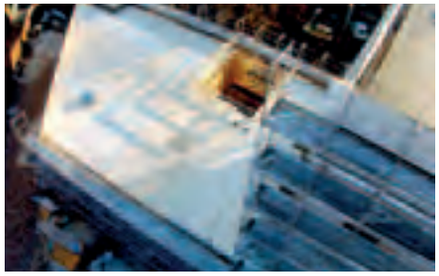
3 Pannello di comando della pompa di calore unità esterna

4 Inverter trifase DC/AC

5 Quadro elettrico dell'impianto fotovoltaico







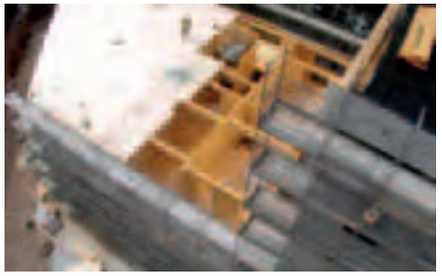
1 La climatizzazione all'interno di ciascun alloggio avviene tramite terminali del tipo fancoil a parete, a tre velocità.

2 Pannello di comando fancoil

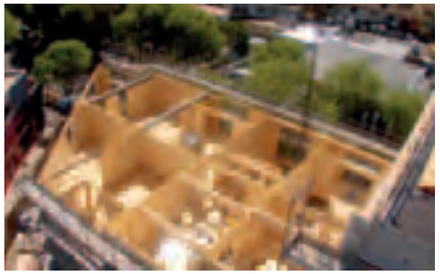
3 Quadro elettroco all'interno dell'appartamento

4 Concentratore lettura contabilizzatori con possibilità di tele lettura

5 Ventilazione meccanica interna a ciascun locale realizzata con aspiratore/estrattore da incasso dotato di recuperatore di calore.



Messa in opera degli impianti



Sensori sperimentali di misura della **trasmittanza** delle pareti

A supporto del carattere innovativo e sperimentale dell'intervento, l'edificio di 6 piani è stato utilizzato come banco prova reale per la verifica sul campo di sensori di flusso sviluppati dal Dipartimento Ingegneria Industriale dell'Università degli Studi di Firenze, fino ad oggi testati solamente in laboratorio.

Sulle pareti perimetrali di due appartamenti situati al terzo e quarto piano, sono stati installati 6 strumenti concepiti in forma di piastrelle di dimensioni 53x53 cm, realizzate con più strati di materiale diverso (lexan e grafite) all'interno dei quali è inserito l'elemento sensibile. Tali strumenti permetteranno di monitorare in continuo il flusso termico attraverso le pareti con un grado di precisione triplo rispetto ai sistemi attualmente in commercio e quindi di verificare il comportamento energetico della struttura del fabbricato al variare delle condizioni di temperatura e umidità interne ed esterne.

All'ultimo piano dell'edificio è stato allestito un locale tecnico in cui verranno raccolti ed elaborati i dati provenienti dai vari sensori in campo.

Innovativo sistema di monitoraggio della **umidità** dei setti portanti

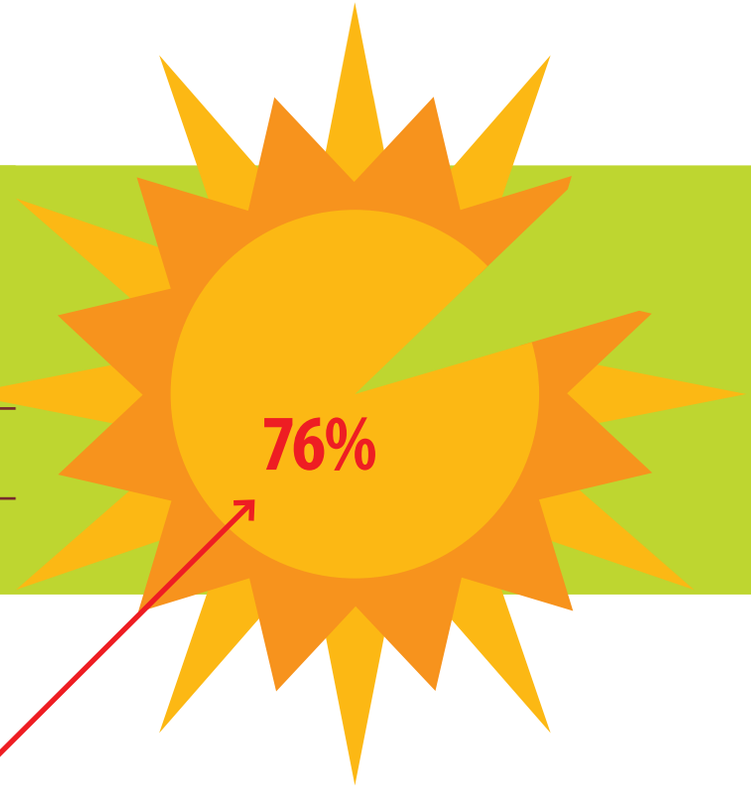
Nell'edificio è stato installato, in collaborazione con FEDERLEGNOARREDO, un sofisticato sistema di monitoraggio per controllare l'umidità dei setti portanti in legno al fine di ottimizzare l'utilizzo e la manutenzione del fabbricato.
L'edificio è così la prima opera in Europa realizzata in legno X-LAM ad avere un simile impianto di monitoraggio.
Tale sistema, ideato da FederlegnoArredo, è stato di recente brevettato e consente di visionare il "battito cardiaco" dell'edificio, andando a delineare eventuali criticità che la stessa opera potrebbe avere durante il suo esercizio nel tempo.
I dati provenienti dalle sonde installate direttamente sui pannelli X-LAM sono visibili da CASA SpA in remoto e il sistema di monitoraggio invia specifici "alert" identificando posizione e tipologia delle eventuali criticità che si dovessero verificare nella struttura portante.

Prestazioni energetiche dei fabbricati nZEB

Valori energetici globali

dell'intero intervento: edificio A + edificio B

Energia primaria totale	**161.213** kWh/anno
Energia primaria totale RINNOVABILE	**122.516** kWh/anno
Copertura totale da fonte rinnovabile	**76**%

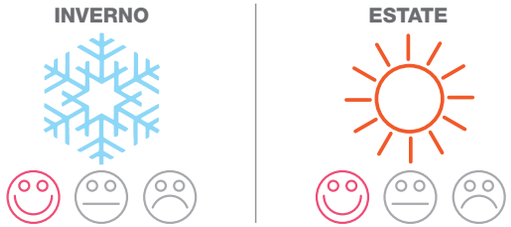


Energia primaria totale
PRODOTTA da fonte RINNOVABILE

Edificio A **scala A** - sei piani con 39 alloggi

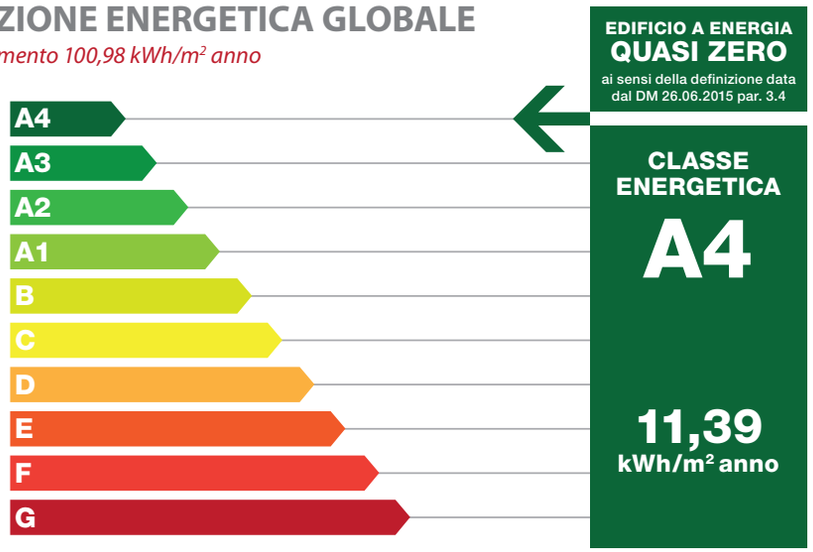
parametro di compattezza: S/V=0,50
limite di riferimento per la classe A4: 40,39 kWh/m²anno

PRESTAZIONE ENERGETICA DEL FABBRICATO



PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE

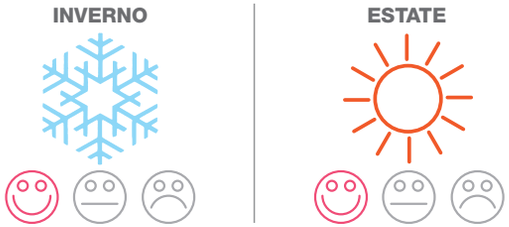
Indice di riferimento 100,98 kWh/m² anno



Edificio A **scala B** - sei piani con 39 alloggi

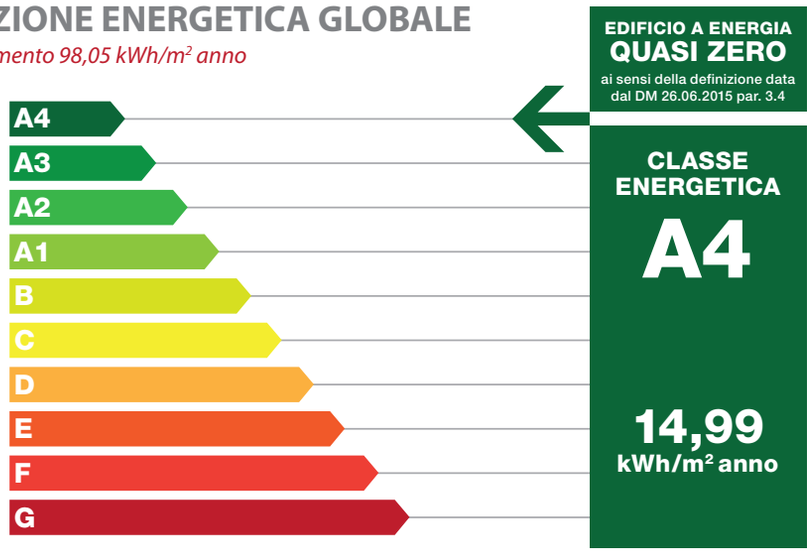
parametro di compattezza: S/V=0,49
limite di riferimento per la classe A4: 39,22 kWh/m²anno

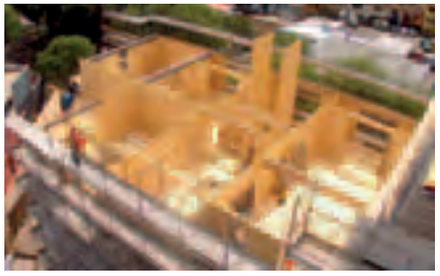
PRESTAZIONE ENERGETICA DEL FABBRICATO



PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE

Indice di riferimento 98,05 kWh/m² anno





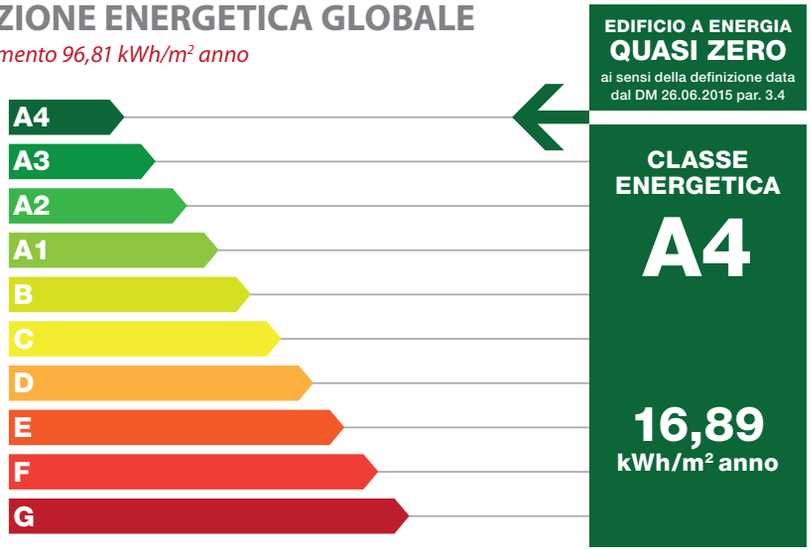
Edificio A **scala C** - sei piani con 39 alloggi

parametro di compattezza: S/V=0,51
limite di riferimento per la classe A4: 38,72 kWh/m²anno

PRESTAZIONE ENERGETICA DEL FABBRICATO

PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE

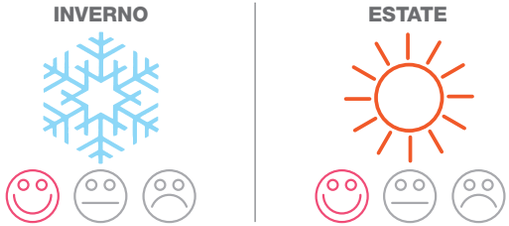
Indice di riferimento 96,81 kWh/m² anno



Edificio B, quattro piani con 6 alloggi

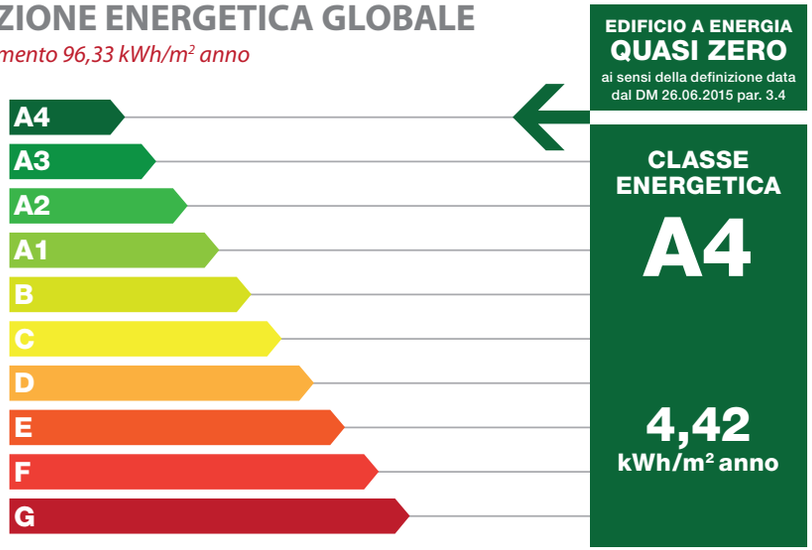
parametro di compattezza: S/V=0,65
limite di riferimento per la classe A4: 38,53 kWh/m²anno

PRESTAZIONE ENERGETICA DEL FABBRICATO



PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE

Indice di riferimento 96,33 kWh/m² anno



Edificio C - ludoteca

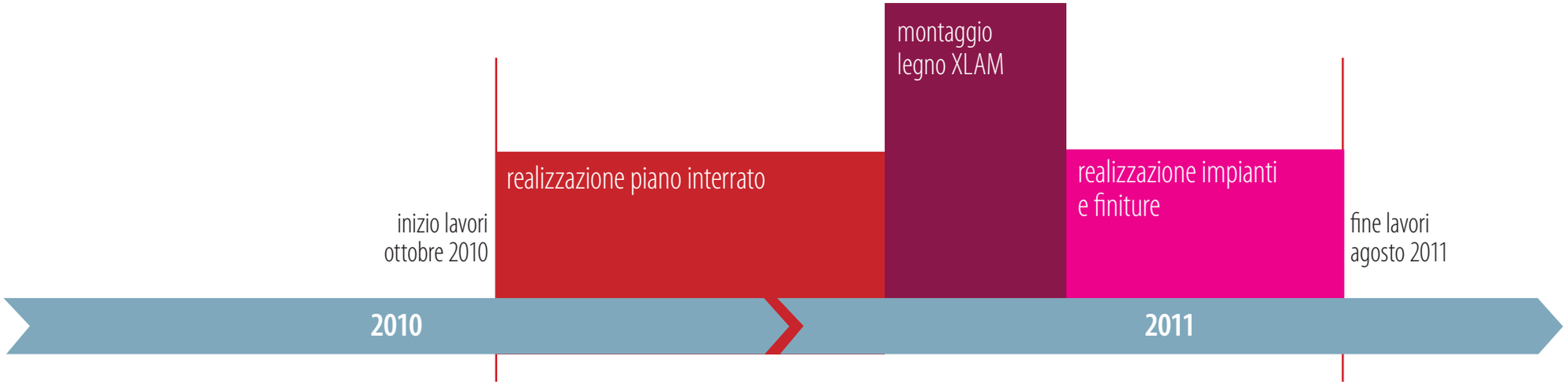
L'edificio della Ludoteca "Il Castoro" inaugurato nel settembre 2011, è la prima costruzione in legno X-LAM realizzata a Firenze.

Si tratta di un edificio ad alta prestazione energetica, certificato in Classe A secondo il D.M. 26.06.2009 e si caratterizza per l'elevato comfort abitativo, grazie all'involucro totalmente realizzato con materiali naturali (oltre alle pareti e ai solai in legno anche le coibentazioni e le finiture sono realizzate con materiali naturali, come la fibra di legno per l'isolamento a cappotto e la fibra di canapa per l'isolamento interno).

L'edificio è costituito da un piano interrato, adibito a magazzino, e due piani fuori terra a destinazione ludica.

TEMPISTICA

LAVORAZIONE	INIZIO	FINE	DURATA
PERMESSO DI COSTRUIRE			
SMONTAGGIO IMPIANTI E FINITURE EDIFICI ESISTENTE	maggio 2010	settembre 2010	4 mesi
OPERE IN CEMENTO ARMATO	ottobre 2010	febbraio 2011	5 mesi
OPERE IN LEGNO	marzo 2011	aprile 2011	2 mesi
FINITURE, SISTEMAZIONI ESTERNE E OPERE DI URBANIZZAZIONE	maggio 2011	settembre 2011	5 mesi



La filiera toscana del legno da costruzione

La ludoteca "Il Castoro" è stato il primo edificio realizzato con il legno X-LAM Toscano della filiera

1. Individuazione delle piante da tagliare (ad esempio Douglasia o Abete, Pino) da piantagione.

2. Taglio delle piante e invio in segheria.

3. Tolta la corteccia, la segagione produce tavole che vengono poi refilate a sezione rettangolare

4. Le tavole così ottenute vengono listellate, per consentire la circolazione dell'aria in fase di essiccagione.

5. Le tavole vengono lasciate circa un mese a stagionare all'aria aperta e poi essiccate con circolazione di aria calda e deumidificata.

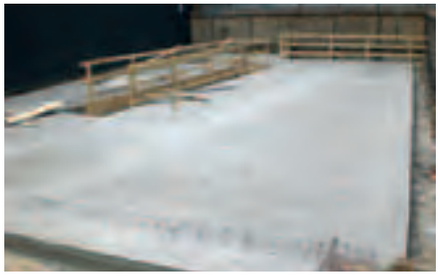
6. Dalle tavole essiccate si tolgono i listelli e le si classificano in base alla resistenza.

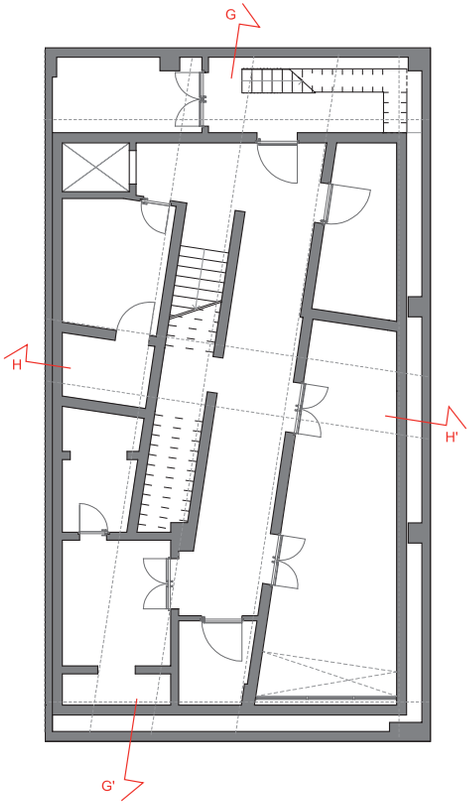
7. Con la troncatura si eliminano i difetti eventualmente presenti nelle tavole.

8. Le tavole vengono giuntate fino a raggiungere le dimensioni volute.

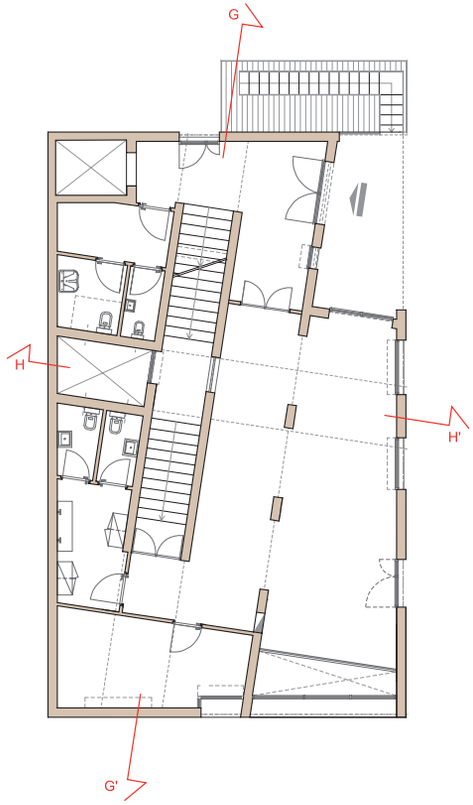
9. Le tavole vengono incollate a più strati incrociati e pressate per costituire, in spessore adeguato, le pareti e i solai della costruzione.

10. Sulla base del progetto da realizzare le tavole vengono tagliate con macchine a controllo numerico, per ottenere la massima precisione.

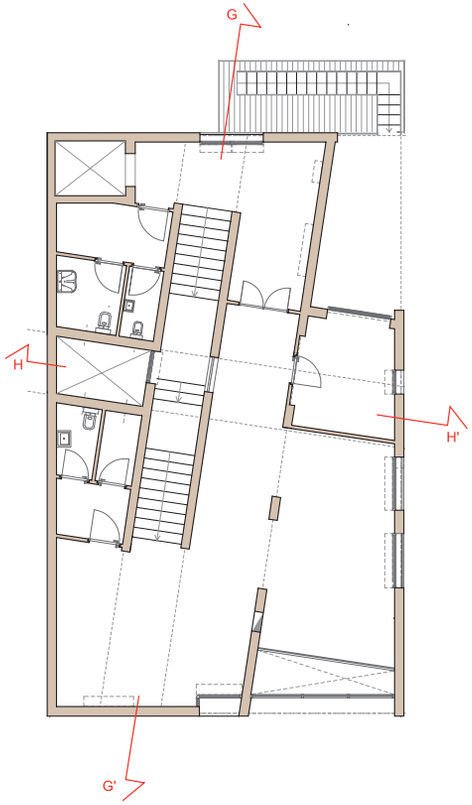




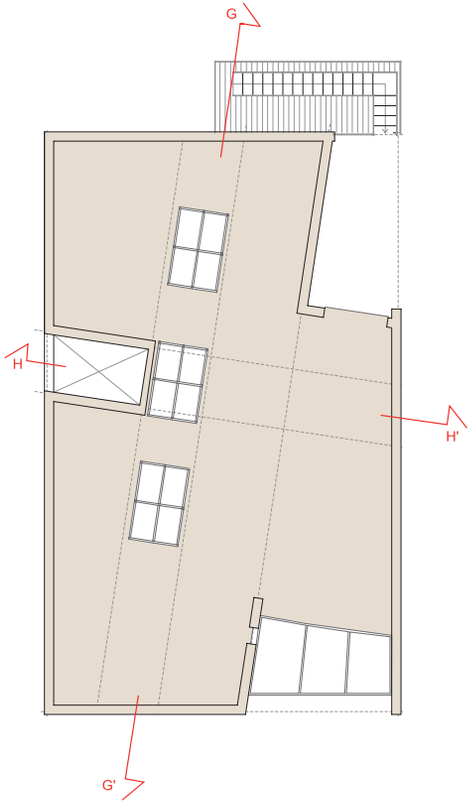
Edificio C - Ludoteca - **piano interrato**



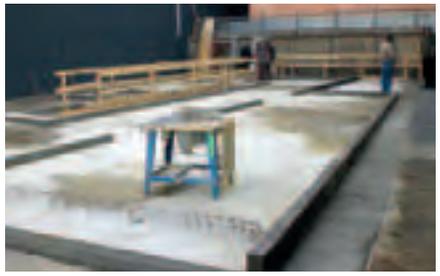
Edificio C - Ludoteca - **piano terreno**

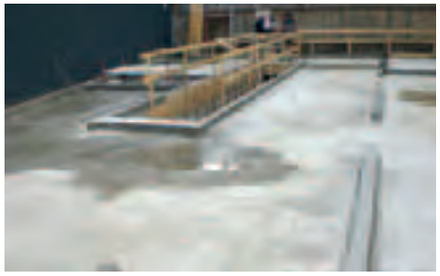


Edificio C - Ludoteca - **piano primo**

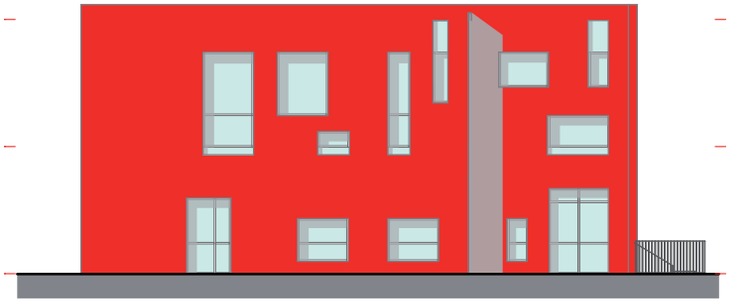


Edificio C - Ludoteca - **piano copertura**

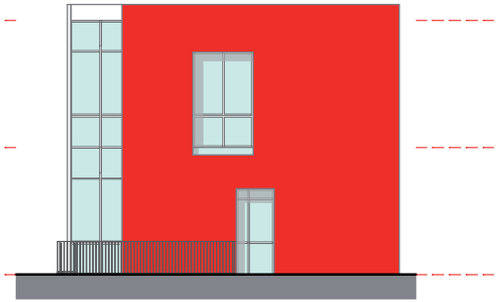




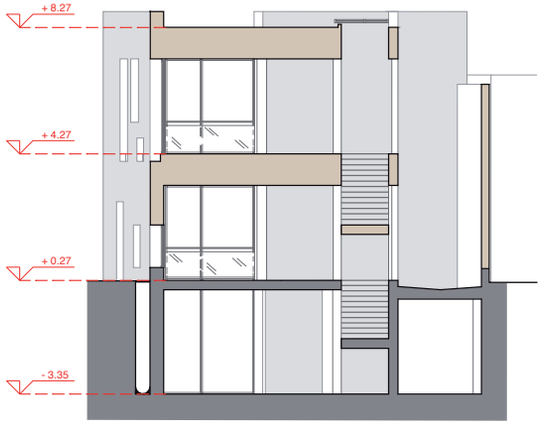
Edificio C - Ludoteca - **prospetto Viale Giannotti**



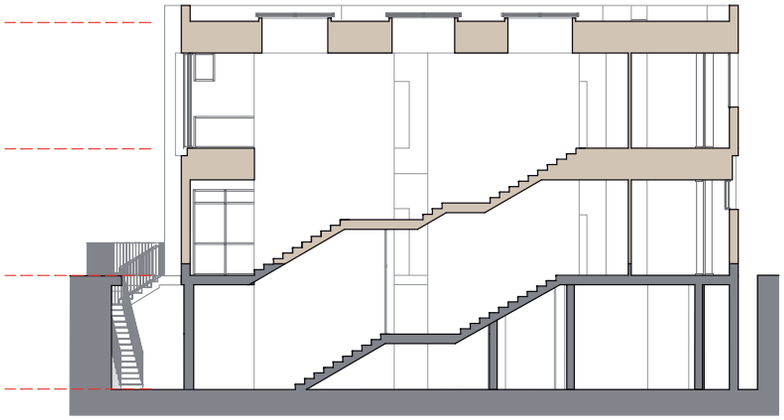
Edificio C - Ludoteca - **prospetto Piazza Bartali**



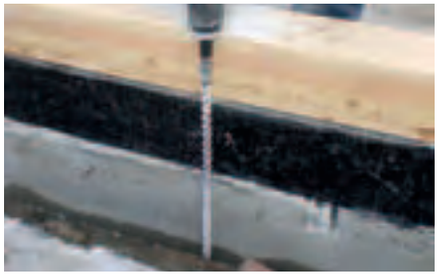
Edificio C - Ludoteca
prospetto lato Centro Commerciale

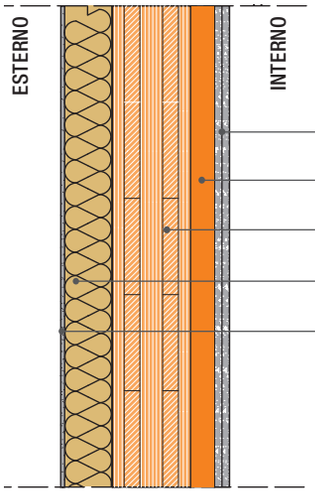


Edificio C - Ludoteca - **sezione HH'**



Edificio C - Ludoteca - **sezione GG'**

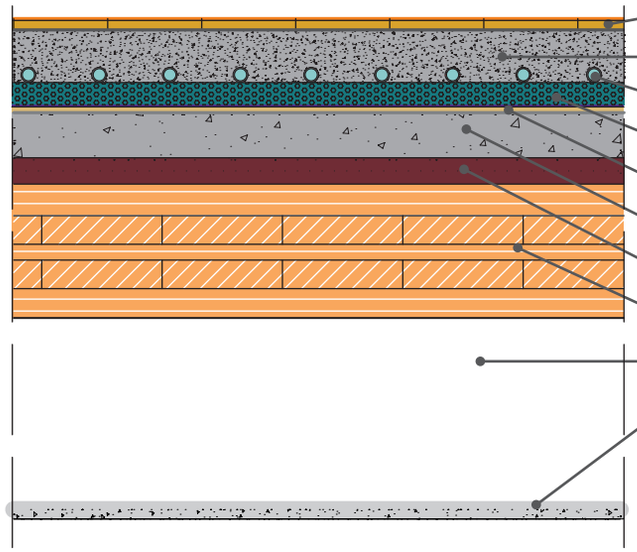




SEZIONE DELLA PARETE ESTERNA

- PANNELLI DI CARTONGESSO (mm 30)
- PANNELLO IN FIBRA DI CANAPA (mm 50)
- PANNELLO STRUTTURALE X_LAM (mm 130)
- PANNELLO FIBRA DI LEGNO PER CAPPOTTO (mm 80)
- FINITURA CAPPOTTO (mm 5)
- TOTALE STRUTTURA mm 130
- TOTALE ARCHITETTONICO mm 295

SOLAIO INTERPIANO

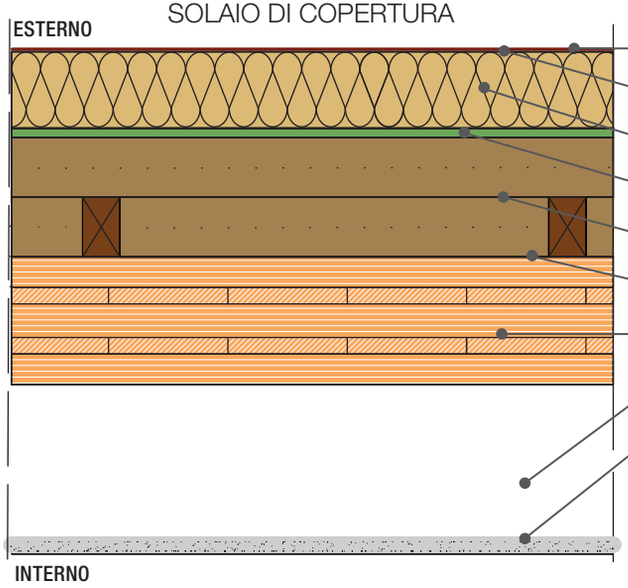


- PARQUET POSA FLOTTANTE (cm 15)
- MASSETTO PER IMPIANTI RADIANTI (mm 50)
- IMPIANTO RADIANTE (mm 30)
- LAMINA FONORESILIENTE (mm 8)
- PANNELLO OSB (mm15)
- MASSETTO A SECCO (mm 60)
- PANNELLO IN LANA DI LEGNO MINERALIZZATO (mm 30)
- PANNELLO MULTISTRATO STRUTTURALE (mm 178)
- INTERCAPEDINE PER IMPIANTI (mm 585)
- CONTROSOFFITTO (mm 15)

TOTALE STRUTTURE mm 178

TOTALE ARCHITETTONICO mm 986

SOLAIO DI COPERTURA

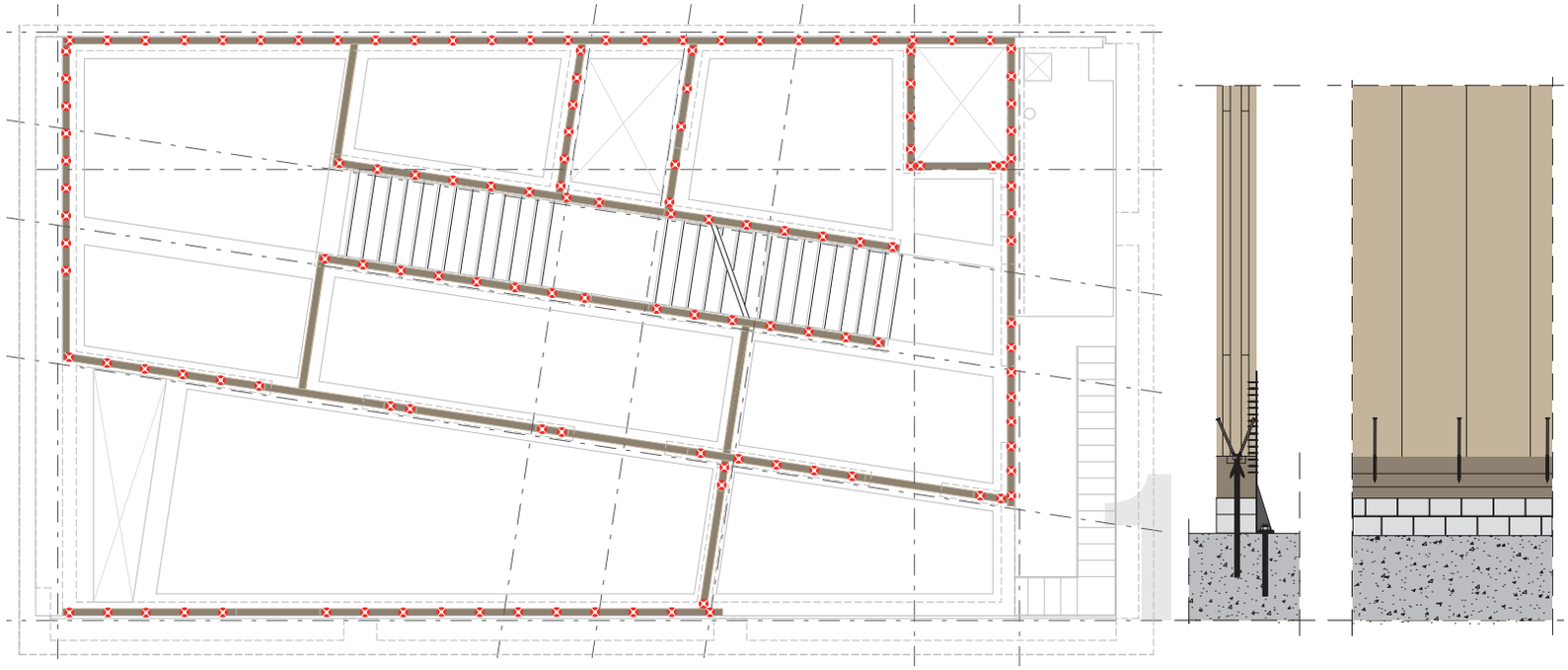


- TESSUTO NON TESSUTO (mm 0,1)
- MANTO IMPERMEABILE SINTETICO (mm 0,1)
- PANNELLO IN FIBRA DI LEGNO (mm 120)
- PANNELLO OSB (mm 15)
- PANNELLO IN FIBRA DI CANAPA (n°2 x mm 50)
- FRENO AL VAPORE
- PANNELLO MULTISTRATO STRUTTURALE (mm 147)
- INTERCAPEDINE (mm 575)
- PANNELLI DI CARTONGESSO (mm 15)

TOTALE STRUTTURE mm 147

TOTALE ARCHITETTONICO mm 972,2

Per piccoli edifici come la ludoteca "Il Castoro" l'interfaccia fra la sovrastruttura lignea ed il solaio di piano terra viene gestita realizzando un cordolo in cemento armato (il cui scopo è quello di allontanare le pareti x-lam dal solaio in c.a.) sovrastato da un cordolo in larice (che ha buone caratteristiche di resistenza all'aggressione dell'acqua). Tali cordoli sono inghisati nella fondazione o nelle travi in c.a. dell'impalcato sottostante.



1

Individuazione dei punti di ancoraggio del cordolo in larice alla fondazione con barra M16x390 e rondella

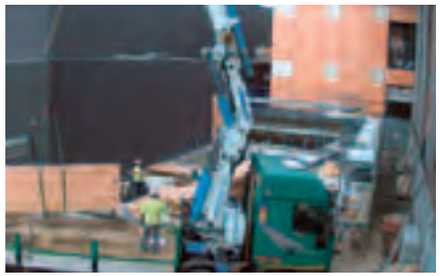
2/3

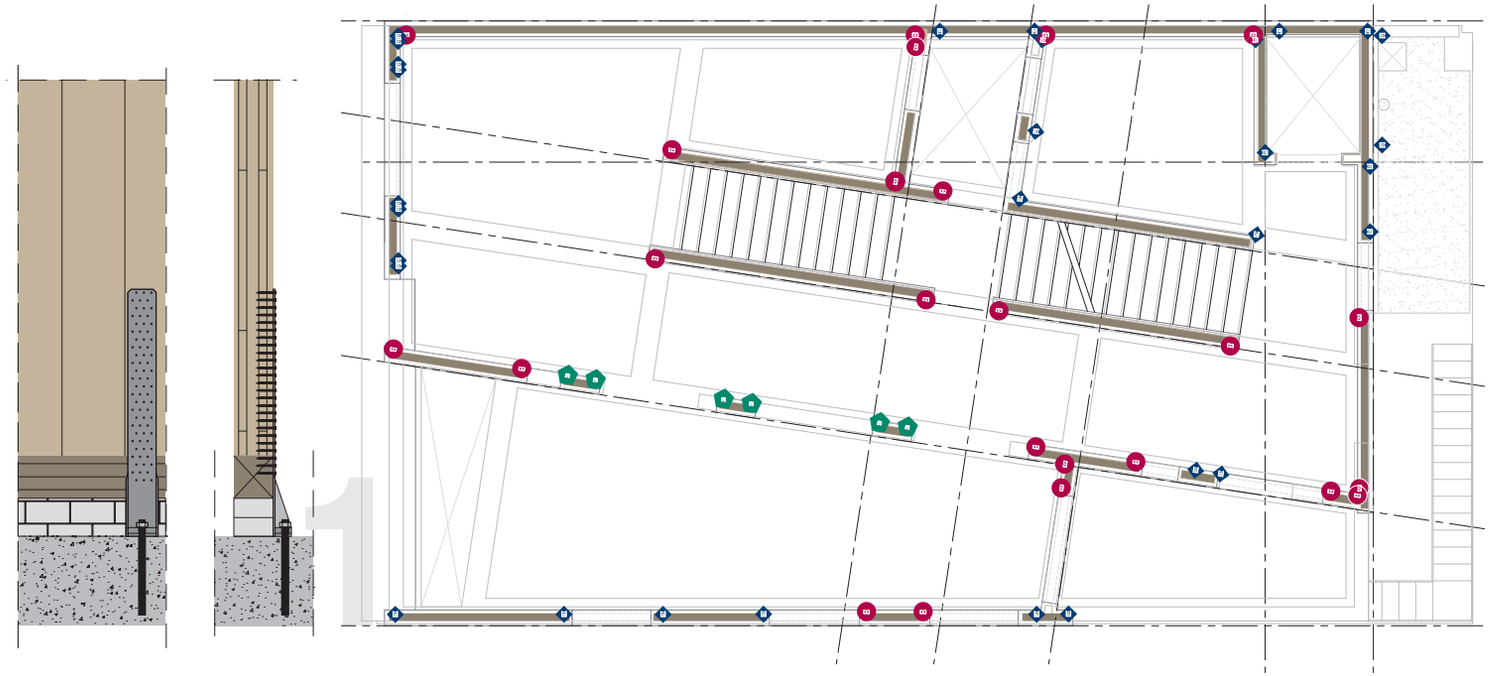
I cordoli in cemento armato

Preparazione e ancoraggio del cordolo in larice alla fondazione

2

3





Il presidio al sollevamento viene anche in questo caso garantito dagli hold down, che, per piccoli carichi possono essere inghisati direttamente alla piastra in cemento armato mediante perfori ed iniezione dia ncoraggi chimici; per carichi rilevanti è necessario posizionare una contropiastra all'intradosso del solaio.

Hold-down Fe01 di ancoraggio delle pareti al piano sottostante

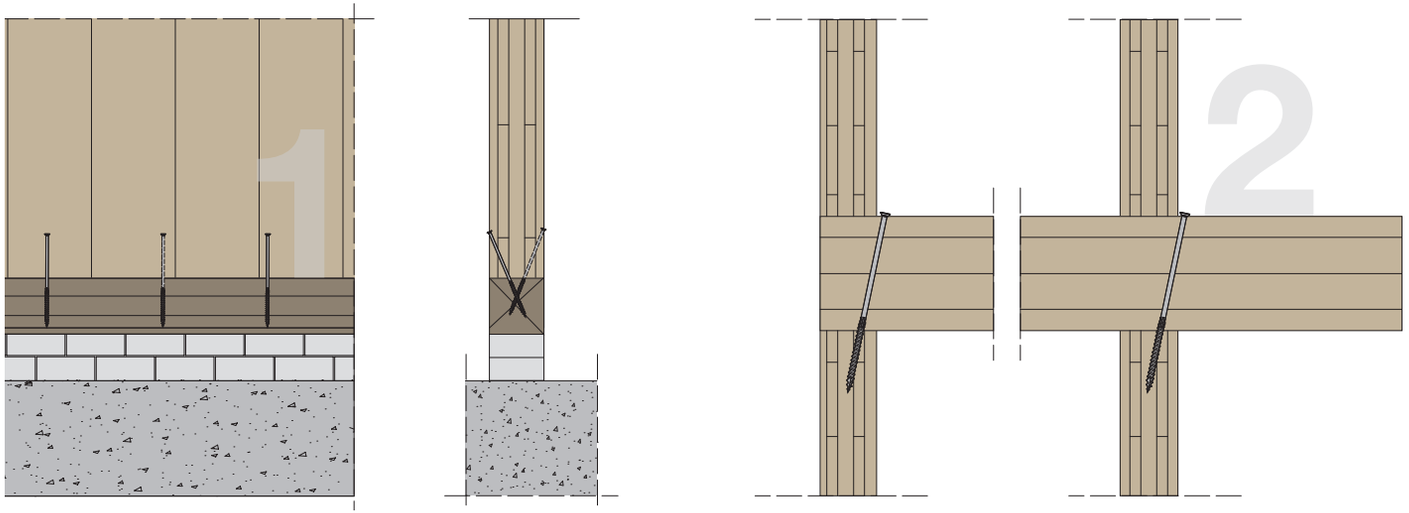
Hold-down Fe02 di ancoraggio delle pareti al piano sottostante

Hold-down Htt22 di ancoraggio delle pareti al piano sottostante

Una batteria di hold-down fissati al solaio

La parete ancorata agli Hold-down

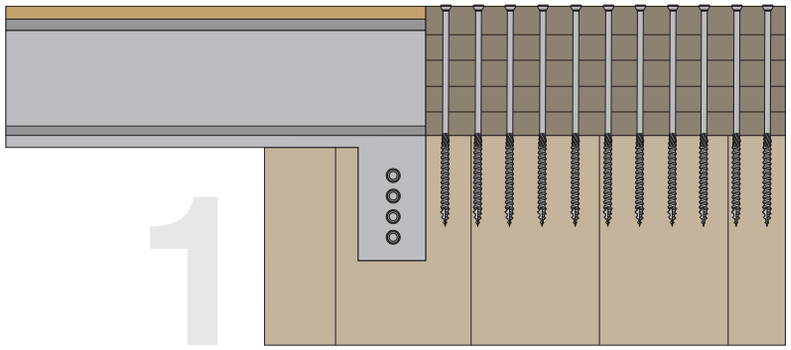
Il presidio allo scorrimento per azioni di taglio avviene o tramite angolari metallici (come nel caso del fabbricato di 6 piani, si veda la parte di questa pubblicazione ad esso dedicata) o tramite viti auto perforanti, come indicato nelle immagini di fianco. L'utilizzo della vite è senz'altro più econonico, ma rallenta le lavorazioni, in quanto prima del montaggio dei piani superiori occorre aver posto in opera tutte le viti necessarie al piano inferiore.

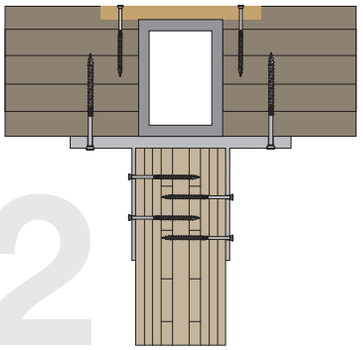


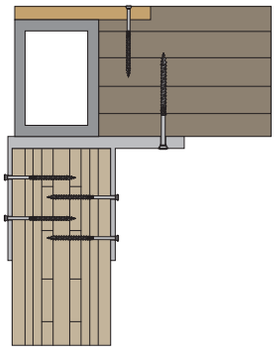
1/2

Schemi e fasi di fissaggio delle viti per presidio contro lo scorrimento

3/4







Le travi in spessore sono realizzate con scatolari metallici aventi un'altezza pari allo spessore del solaio, cui vengono saldate all'intradosso dei piatti metallici che forniscono l'appoggio per i pannelli di solaio afferenti

Collegamento di una trave in spessore alla parete sottostante e collegamento dei relativi solai

Travi in spessore durante il montaggio e a struttura finita

L'impianto termico è composto da un generatore di calore a condensazione, ad alto rendimento, alimentato a gas metano, posto all'interno del locale "centrale termica", situato nel piano interrato dell'edificio, con accesso dall'esterno.
L'impianto di acqua calda sanitaria è alimentato da un bollitore della capacità di 130 litri, situato in centrale termica, e integrato con un impianto solare posto sulla copertura dell'edificio.

Caldaia per produzione riscaldamento e acqua calda sanitaria di potenza pari a 35 kW, del tipo a basamento, con bollitore solare integrato da 130 litri.

Gruppo frigorifero per climatizzazione estiva di potenza pari a 33,4 kW.

Pannello solare piano posto sulla copertura dell'edificio per la produzione di acqua calda sanitaria.

L'impianto interno è del tipo a "pannelli radianti" posti a pavimento. Nei locali adibiti a servizio igienico è presente un radiatore a piastre in alluminio.
È presente anche un impianto di climatizzazione estiva con gruppo frigo posto esternamente; i terminali sono costituiti sempre dall'impianto radiante a pavimento.
L'edificio è provvisto anche di un'unità di trattamento aria per il controllo dei ricambi d'aria e dell'umidità ambiente.

1 **Unità di trattamento aria per il controllo dei ricambi aria e dell'umidità ambiente.**

2 **Impianto di distribuzione aria con canali posti nel controsoffitto e terminali ad alta diffusione elicoidali.**

3 **Impianto di climatizzazione interno ai locali con sistema radiante a pavimento del tipo a lastra isolante piana.**

1/2

Montaggio dell'isolamento a cappotto realilzzato con pannelli in fibra di legno di 8 cm.

3

L'isolamento interno è realizzato in fibra di canapa con spessonre 5 cm.

Edificio C, Ludoteca comunale "il castoro"

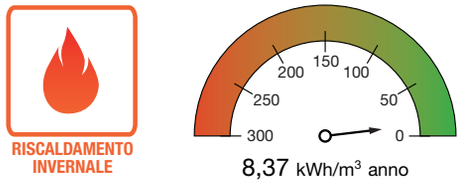
PARAMETRI ENERGETICI DI PROGETTO

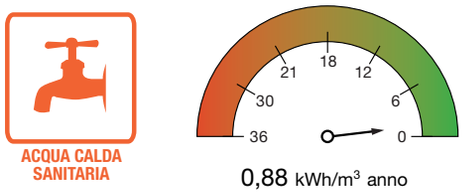
DATI CLIMATICI DI PARTENZA			
ZONA CLIMATICA	GRADI GIORNO	PERIODO DI RISCALDAMENTO	GIORNI DI RISCALDAMENTO
D	1821	DAL 01/11 AL 15/04	166 GG

VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA DEGLI ELEMENTI EDILIZI	
MURATURA ESTERNA	0.22 W/m²K
SOLAIO DI COPERTURA	0.14 W/m²K
SOLAIO INTERPIANO	0.24 W/m²K
SOLAIO SU INTERRATO	0.35 W/m²K
CHIUSURE TRASPARENTI (VETRO)	1.10 W/m²K
CHIUSURE TRASPARENTI (INFISSO)	1.80 W/m²K

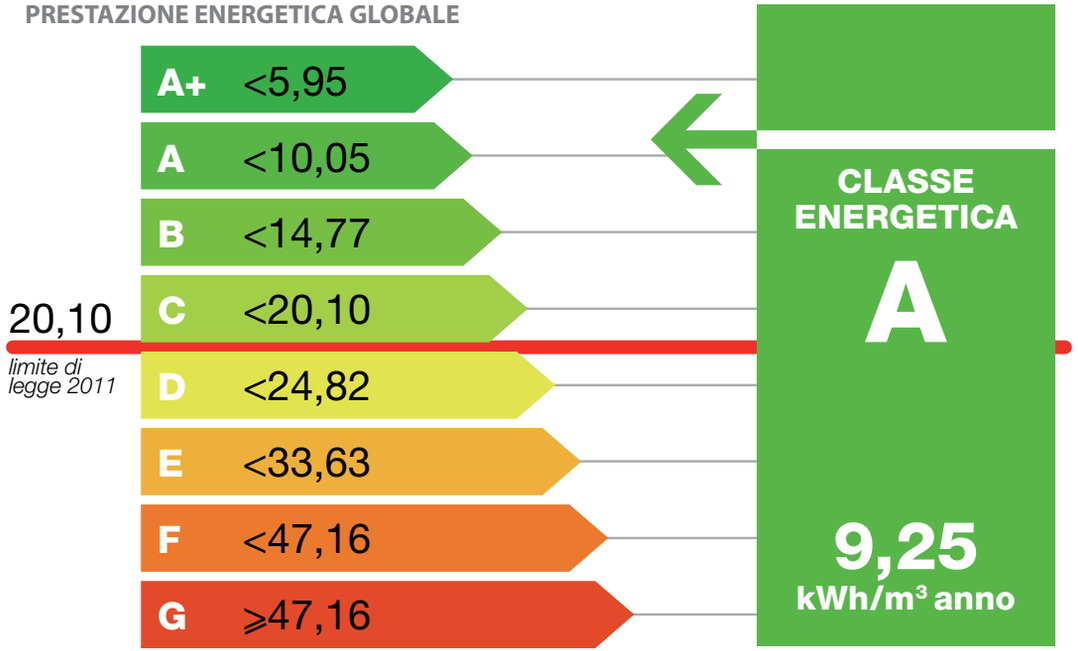
SINTESI ACE		
	SUPERFICIE UTILE	m² 242,34
	RAPPORTO DI FORMA S/V	0,67

PRESTAZIONI ENERGETICHE



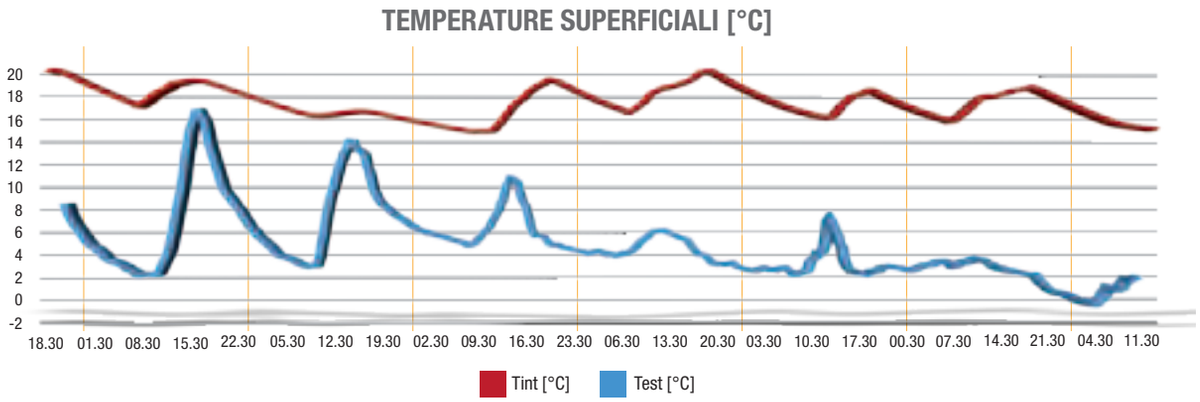


PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE



Misura della trasmittanza in opera

DATA INIZIO RILEVAMENTO	27 gennaio 2012
DATA FINE RILEVAMENTO	10 febbraio 2012
DURATA	163h 15’
TEMPERATURA INTERNA MEDIA	16,9°C
TEMPERATURA ESTERNA MEDIA	5,1°C
ΔT MEDIO	11,8°C
FLUSSO MEDIO	2,22 W/m²
TRASMITTANZA DA A.C.E.	0,22 W/m²
TRASMITTANZA RILEVATA	0,19 W/m²
DIFFERENZA	**+ 16%**

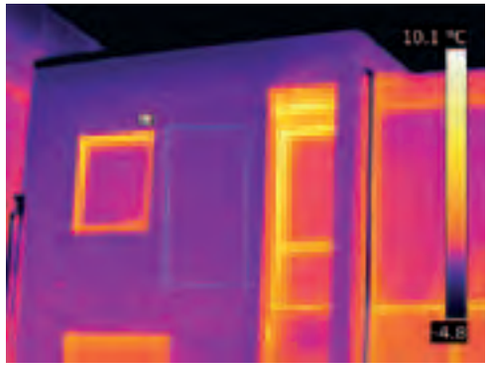


Indagine termografica

CONDIZIONI CLIMATICHE

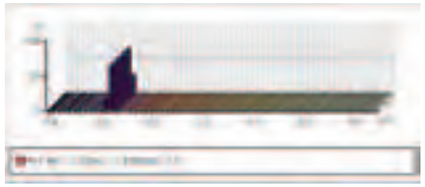
DATA	31/01/20112
T MEDIA [°C]	3
T MIN [°C]	1
T MAX [°C]	5
PUNTO DI RUGIADA [°C]	0
UMIDITÀ [%]	63
VENTO VELOCITÀ MEDIA [km/h]	11
VENTO VELOCITÀ MAX [km/h]	32
RAFFICA [km/h]	54
FENOMENI ATMOSFERICI	-

ESTERNO

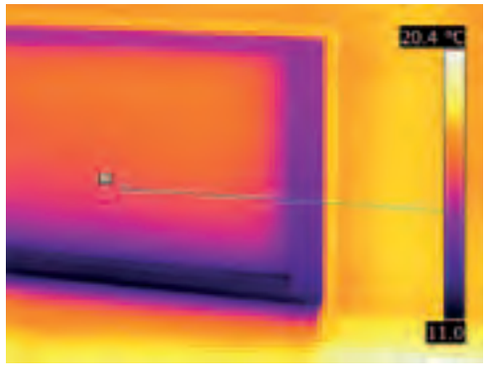


L'IMMAGINE TERMOGRAFICA METTE IN EVIDENZA L'OMOGENEITÀ DELLA TEMPERATURA SUPERFICIALE DELLA MURATURA PERIMETRALE, CON UN CAPPOTTO BEN POSATO NON EMERGONO DIFFERENZE DI TEMPERATURA.
IL GRAFICO METTE IN EVIDENZA LA DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DELLE TEMPERATURE SULLA SUPERFICIE EVIDENZIATA NEL TERMOGRAMMA E MOSTRA CHIARAMENTE COME SIANO CONCENTRATE SU POCHI VALORI, COMPRESI TRA -2,3°C E -1,4°C.

DISTRIBUZIONE PERCENTUALE
DELLE TEMPERATURE NELL'AREA EVIDENZIATA



INTERNO



IL GRAFICO A LINEA EVIDENZIA LA CONTINUITÀ TERMICA TRA SERRAMENTO E PARETE, CHE RISULTA ESSERE SUFFICIENTE A MANTENERE UNA RIDOTTA DIFFERENZA RADIANTE TRA GLI ELEMENTI CHE COMPONGONO IL NODO.
NON SI NOTANO INFILITRAZIONI D'ARIA O TEMPERATURE SUPERFICIALI PARTICOLARMENTE BASSE INTORNO AL TELAIO DELLA FINESTRA.

DISTRIBUZIONE DELLE TEMPERATURE LUNGO LA LINEA TRACCIATA

Abitare Temporaneo:

il prototipo dell'alloggio montabile e smontabile, prefabbricato in stabilimento, ecosostenibile ed efficiente, messo a disposizione degli inquilini per testarne la qualità

Perseguire concretamente la politica della riqualificazione urbanistica, che prevede la riqualificazione della città rimodulando "pezzi" di tessuto urbano non più funzionali, comporta anche la necessità di dare soluzione al problema del trasferimento, temporaneo, degli inquilini degli alloggi interessati dai lavori di ristrutturazione urbanistica e di riqualificazione urbana.

La risposta: costruire alloggi temporanei, prefabbricati in stabilimento, montabili e smontabili, su tipologia pluriplano per risparmiare al massimo l'impegno del suolo pubblico, realizzati in legno, di rapido montaggio, ecologici, energeticamente efficienti, piacevoli all'abitare e alla vista.

Più delle parole contano i fatti e quindi agli inquilini in trasferimento temporaneo dai loro alloggi per il periodo della cantierizzazione è stata data la possibilità di toccare con mano la qualità abitativa degli alloggi temporanei.

Con la collaborazione di un qualificato gruppo di aziende specializzate (l'associazione temporanea di imprese casaDlegno tra Legnopiù di Prato, TLF di Chiusi della Verna, Manetti Legnami di Impruneta, Morandini legnami di Pelago, la Shelbox di Castelfiorentino, la ALFA Electric di Certaldo, la Ondulit Italiana di Roma) che hanno creduto nell'idea, investendo in termini di lavoro e di materiali, a conclusione di un percorso di studio, ricerca e sperimentazione, è stato realizzato e montato un prototipo dei nuovi alloggi.

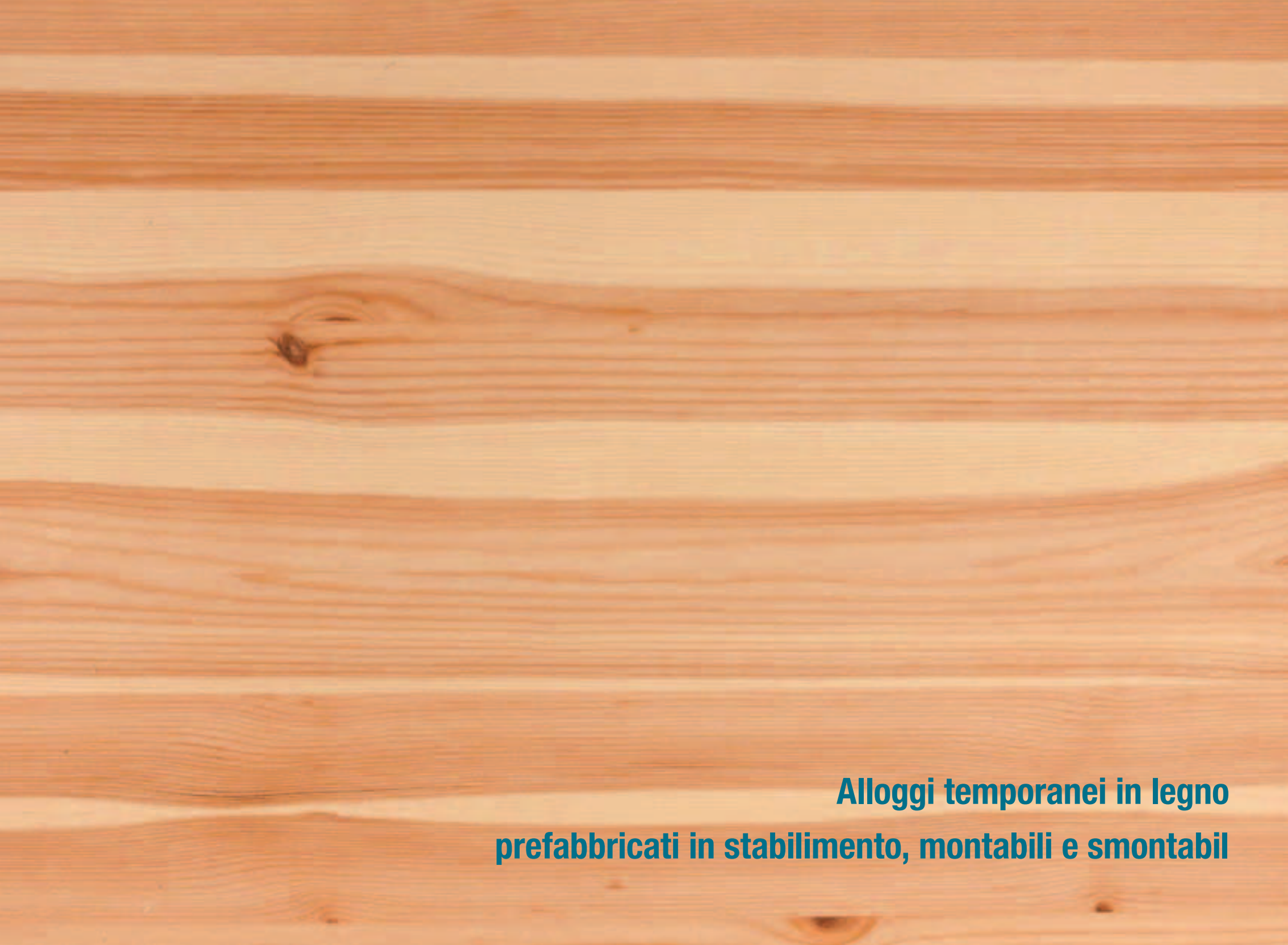
Il prototipo che è stato realizzato e montato nell'area adiacente il complesso edilizio di via Torre degli Agli 65-67, consiste in un singolo alloggio, finito di tutto punto, compresi gli arredi interni. con zona giorno, angolo cottura, camera doppia e camera singola, servizi igienici.

L'alloggio è costruito in legno, nel caso specifico si tratta di legno proveniente da piantagioni toscane, lavorato e assemblato da aziende toscane, in concreta attuazione della filiera produttiva del legno da costruzione toscano promossa e sostenuta dalla Regione Toscana. Anche i materiali di isolamento e coibentazione sono naturali ed ecologici (sughero e fibre naturali).

Le prestazioni base del modulo abitativo, in termini di coibentazione, acustica ed efficienza energetica sono più che buone, con una trasmittanza delle pareti esterne di 0,25 Wat su mq. Kelvin e un potere fono isolante fi 54 decibel. Ottimi anche gli infissi esterni, con una trasmittanza di 1,95 Wat su mq. Kelvin.

Il tetto, in corrispondenza di ciascun modulo abitativo, ospita un impianto fotovoltaico integrato nella copertura (prodotto dalla Ondulit Italiana) che produce 2,65 chilowat di picco (praticamente il consumo di elettricità di un alloggio).

Il prototipo è risultato una sorta di laboratorio delle idee e della capacità di soggetti diversi, pubblici e privati, di intraprendere, sperimentare e fare innovazione.



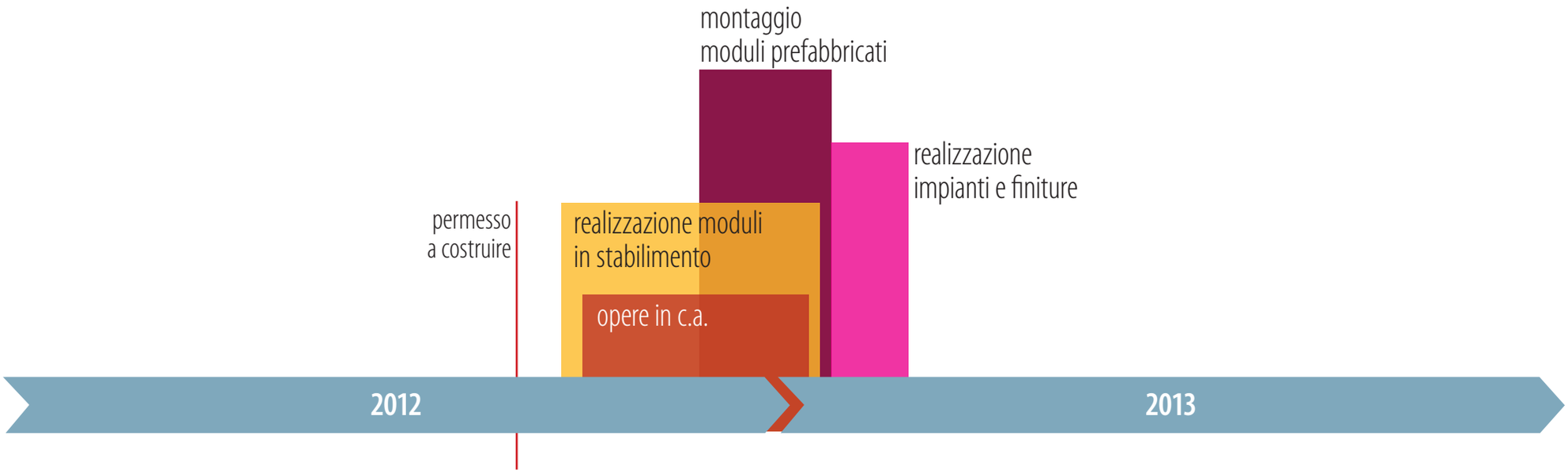
Alloggi temporanei in legno prefabbricati in stabilimento, montabili e smontabil

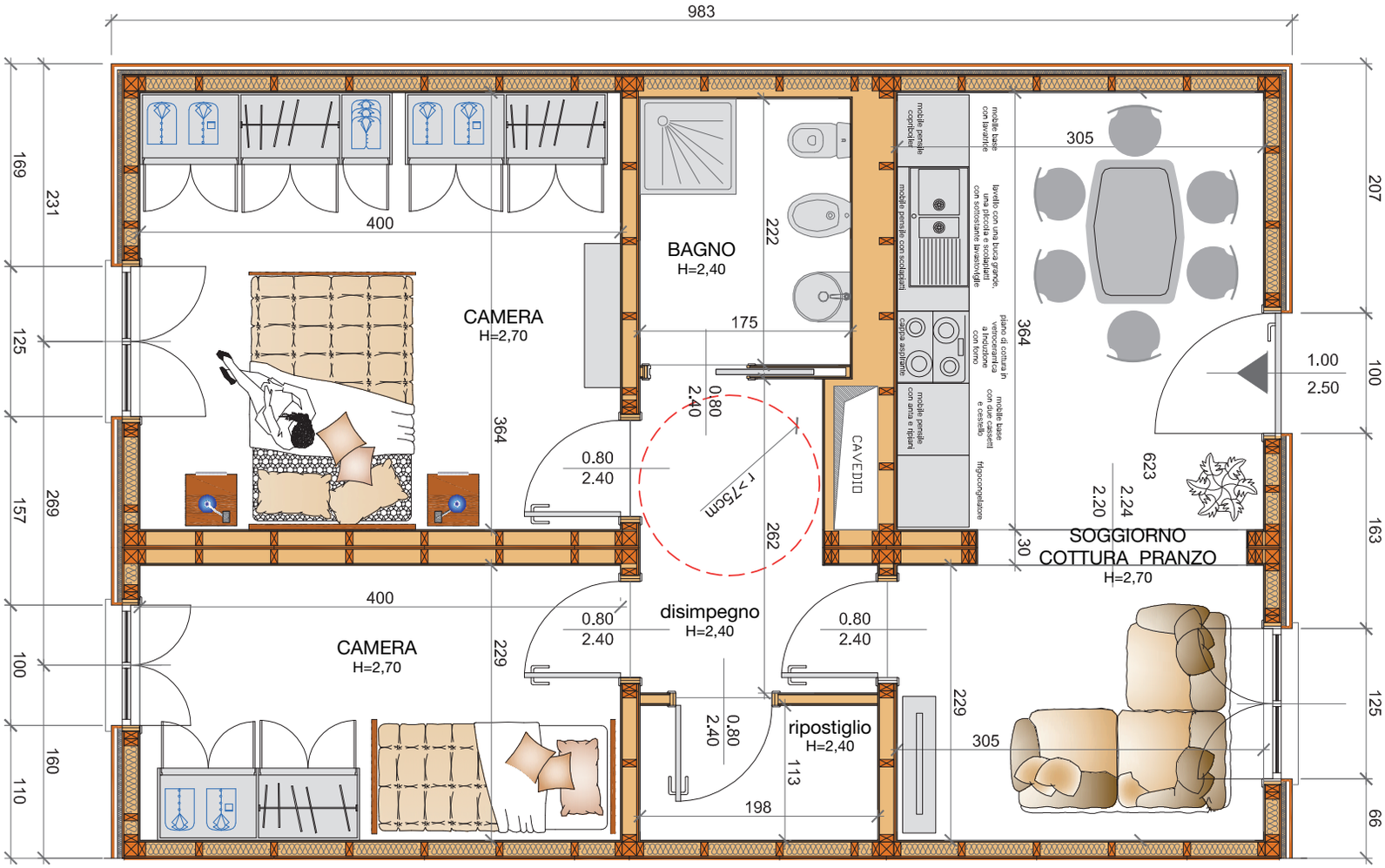
Moduli di e.r.p. montabili / smontabili
18 alloggi

I moduli abitativi in legno, prefabbricati in stabilimento e montati in cantiere, che ospitano temporaneamente gli inquilini durante la cantierizzazione dei nuovi alloggi che sorgeranno al posto di quelli demoliti, sono stati aggregati a costituire due condomini pluripiano con distribuzione a ballatoio di 9 alloggi ciascuno.
La caratterizzazione architettonica dei due edifici (che a fine utilizzo verranno smontati e rimontati altrove) è assicurata dalla griglia dei brise-soleil in legno che "avvolge" l'edificio, incastrandosi nel volume regolare del corpo di fabbrica principale, anch'esso con rivestimento in legno. La finitura esterna metallica della parete laterale cieca e della copertura, con impianto fotovoltaico integrato, assicurano la caratterizzazione tecnologica che è la cifra distintiva dell'intervento.

TEMPISTICA

LAVORAZIONE	INIZIO	FINE	DURATA
PERMESSO DI COSTRUIRE	agosto 2012		
OPERE IN CEMENTO ARMATO	settembre 2012	gennaio 2013	50 giorni
REALIZZAZIONE MODULI PREFABBRICATI IN STABILIMENTO	settembre 2012	gennaio 2013	120 giorni
MONTAGGIO MODULI PREFABBRICATI IN LEGNO	novembre 2012	gennaio 2013	50 giorni
FINITURE, SISTEMAZIONI ESTERNE	febbraio 2013	marzo 2013	40 giorni





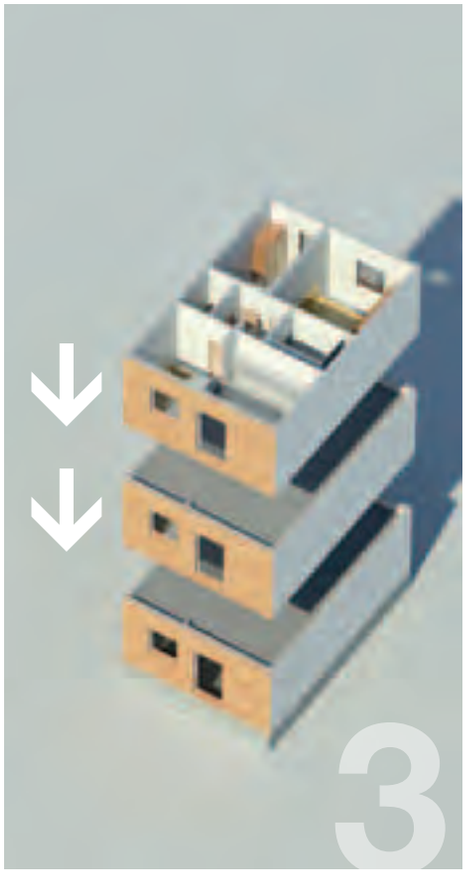
Modulo abitativo montabile/smontabile - **distribuzione interna**

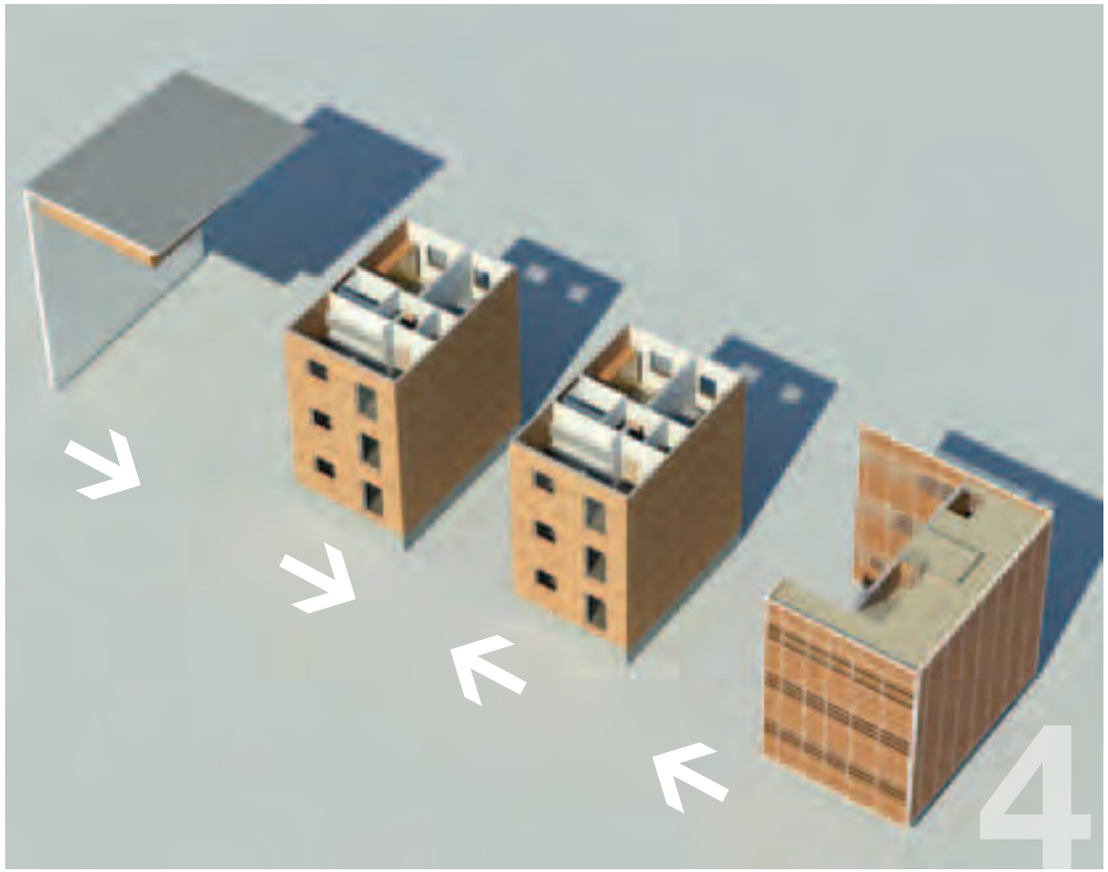
1

I due moduli prefabbricati, che uniti costituiscono l'alloggio tipo.

2

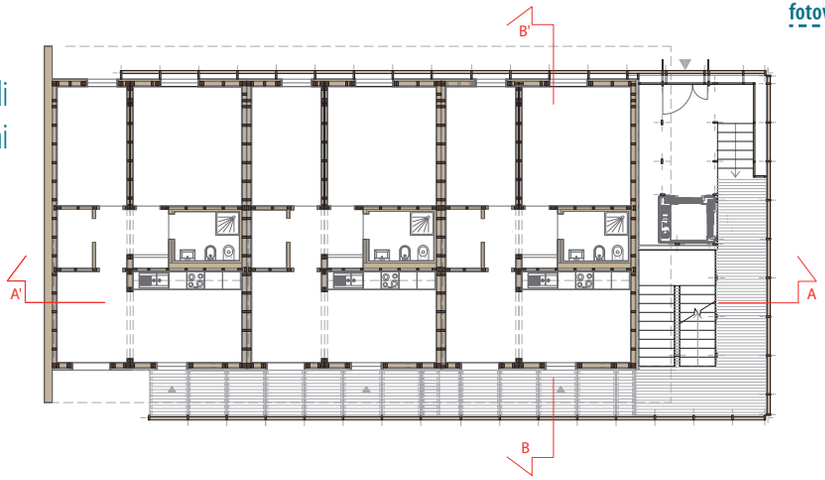
L'alloggio tipo



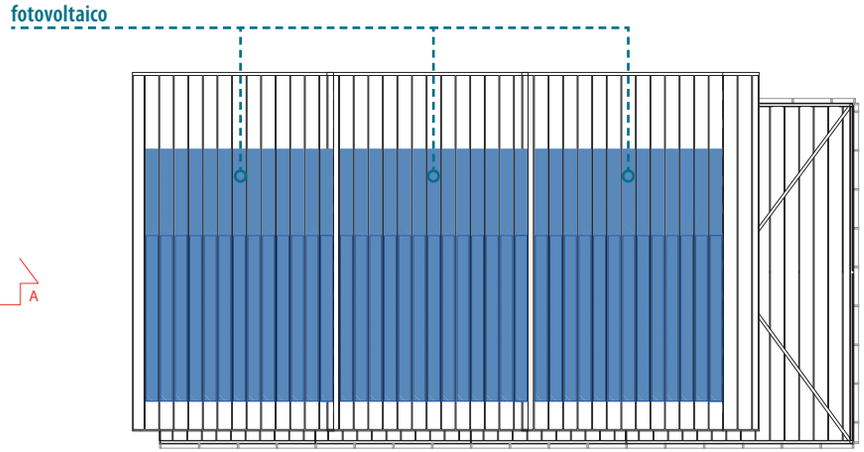


Aggregazione in verticale e in orizzontale dei moduli abitativi, completati con il vano scala/ascensore, la copertura, la "griglia" dei brise-soleil e il rivestimento metallico della parete laterale.

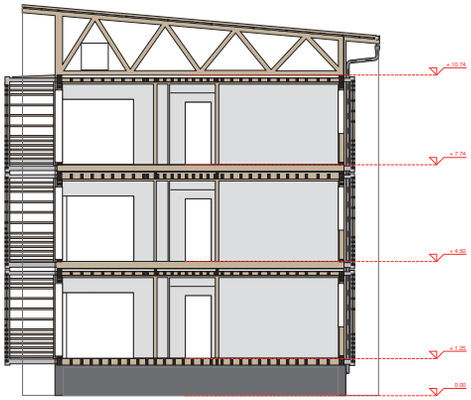
Aggregazione di
3 moduli per 3 piani



Alloggi montabile/smontabile - **pianta piano tipo**



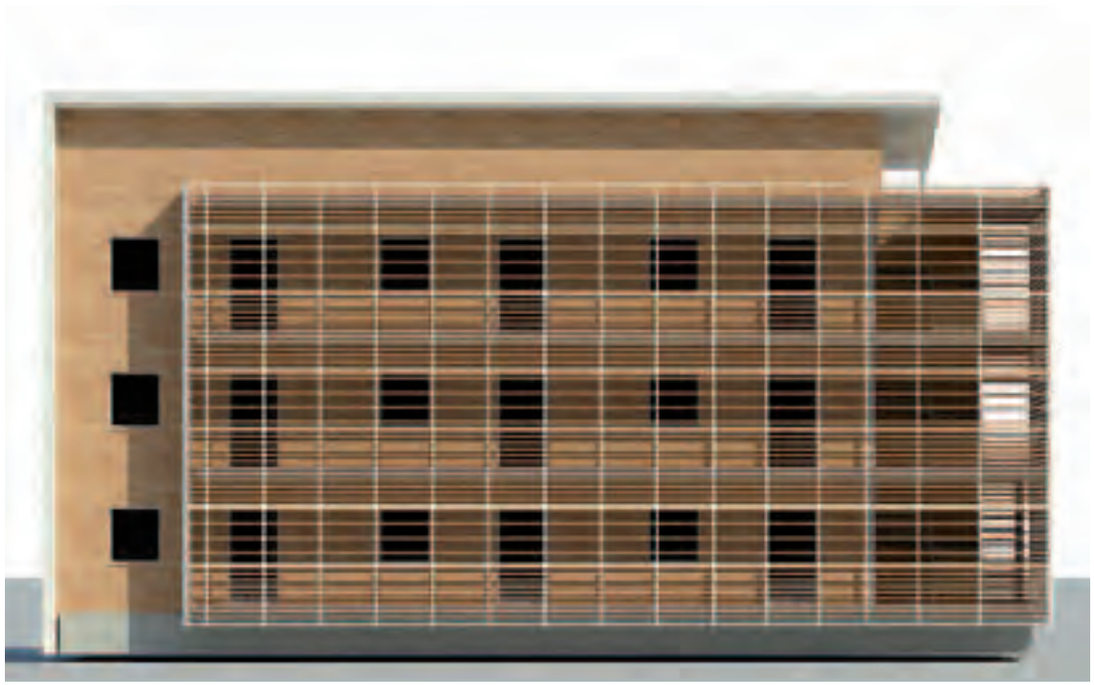
Alloggi montabile/smontabile - **pianta copertura**



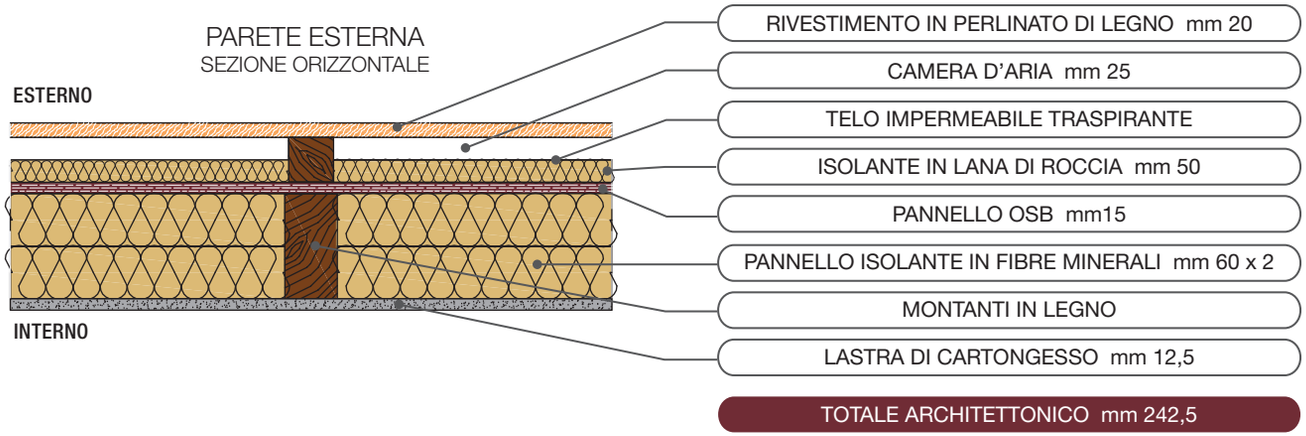
Alloggi montabile/smontabile - **sezione BB'**

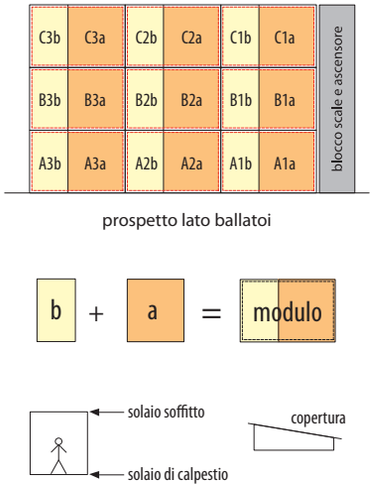
Alloggi montabile/smontabile - **sezione AA'**

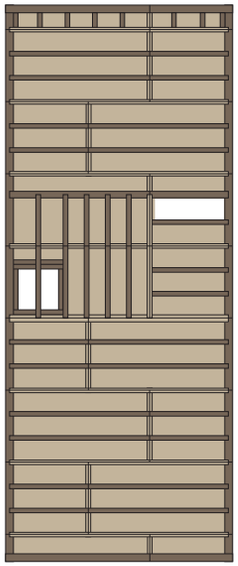
Alloggi montabile/smontabile - **prospetto laterale**

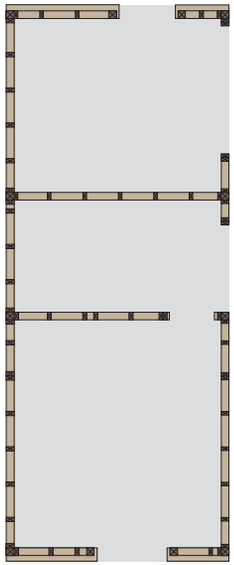


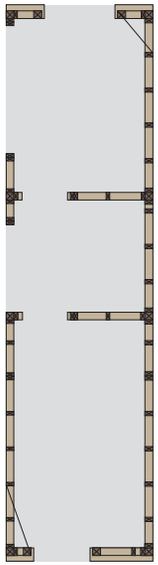
Alloggi montabile/smontabile - **prospetto frontale**


PARETE ESTERNA
SEZIONE ORIZZONTALE
ESTERNO
INTERNO
RIVESTIMENTO IN PERLINATO DI LEGNO mm 20
CAMERA D'ARIA mm 25
TELO IMPERMEABILE TRASPIRANTE
ISOLANTE IN LANA DI ROCCIA mm 50
PANNELLO OSB mm15
PANNELLO ISOLANTE IN FIBRE MINERALI mm 60 x 2
MONTANTI IN LEGNO
LASTRA DI CARTONGESSO mm 12,5
TOTALE ARCHITETTONICO mm 242,5









I moduli prefabbricati dell'intervento sono stati realizzati con il sistema costruttivo *Platform Frame*, un sistema molto diffuso in Nord America ed Europa settentrionale; si tratta di uno dei sistemi più antichi e consolidati nel campo delle costruzioni in legno. Gli edifici *Platform Frame* sono formati da pareti costituite da un telaio in morali di legno al cui interno è posto il coibente; i montanti di tale telaio hanno interasse di circa 60 cm e sono poi tamponati da ambo i lati con pannelli irrigidenti costituiti da scaglie di legno (pannelli OSB). Le connessioni, prevalentemente realizzate con chiodi, risultano essere molto duttili e pertanto si viene a creare un sistema costruttivo molto dissipativo e conseguentemente ideale per controbattere l'azione trasversale inferta dal sisma.

Rispetto al sistema costruttivo X-lam, questa tecnica consente l'utilizzo di un minor quantitativo di legno, con la conseguente riduzione dei costi ed una maggiore ecosostenibilità. I carichi verticali sono affidati ai montanti lignei, mentre la funzione controventante e la resistenza all'azione tagliante del sisma è affidata ai pannelli di OSB. In questo edificio la scelta è ricaduta su questo sistema per la leggerezza del materiale, in modo da privilegiare la trasportabilità dei moduli. I moduli sono stati pre-assemblati in stabilimento, suddividendo ciascun alloggio in due unità; la realizzazione in stabilimento ha velocizzato il processo poiché si è potuto lavorare in parallelo anziché in serie. Ciascun modulo è predisposto con i collegamenti metallici necessari per garantire il funzionamento dell'edificio nel suo complesso, una volta che esso sarà assemblato.

I moduli, una volta giunti in cantiere, sono sollevati dal camion che li ha trasportati e posati direttamente nel loro alloggiamento definitivo. Allo scopo di rispettare le tolleranze di montaggio, per posizionare i moduli sulla fondazione in cemento armato è stata realizzata una dima, sulla base della quale sono stati posizionati sia i collegamenti metallici sull'intradosso dei moduli sia i collegamento metallici sull'estradosso della fondazione, garantendo così il perfetto combaciare delle unioni ed il perfetto allineamento degli alloggi.

1/2 **Posizionamento della dima**

3>5 **Posizionamento di un modulo**

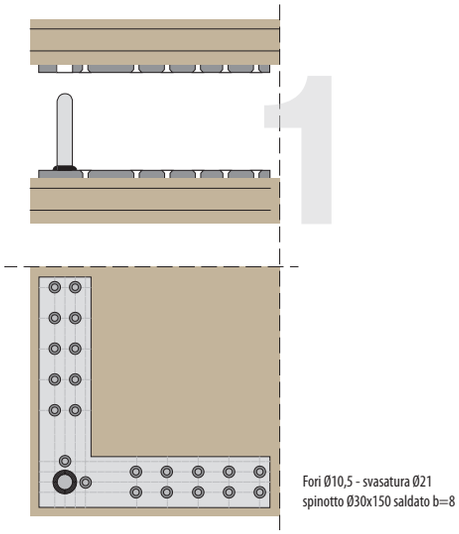
Il presidio allo scorrimento per taglio viene realizzato mediante piastre d'acciaio provviste di spinotti collegate all'estradosso del solaio superiore che si inseriscono in fori praticati in altre piastre d'acciaio fissate all'intradosso dei solai dei moduli superiori.

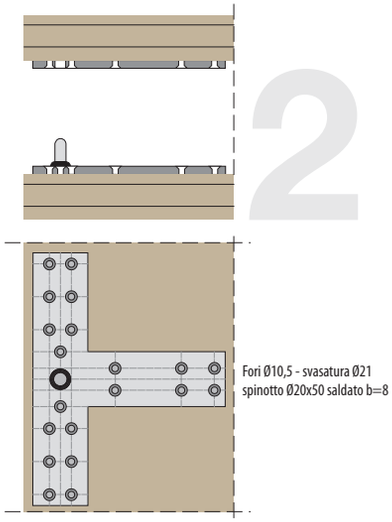
1 **Piastra tipo B**

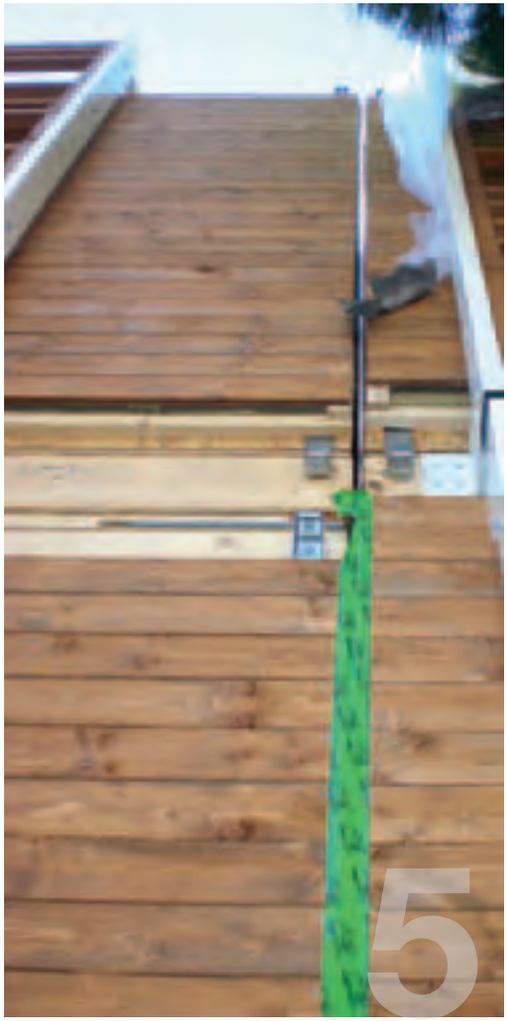
2 **Piastra tipo D**

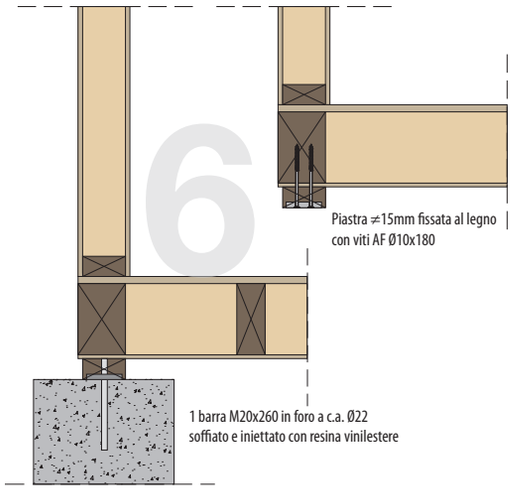
3 **Allineamento di un modulo base**

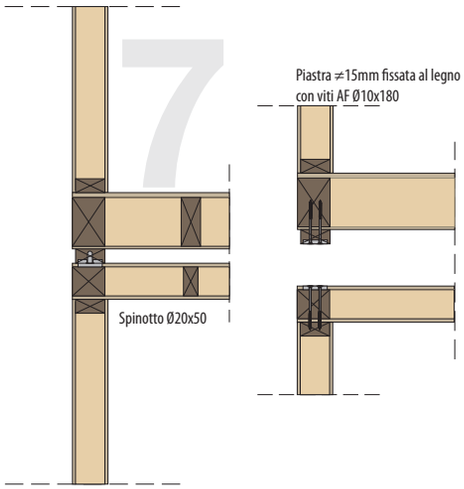
4 **Montaggio di una piastra in stabilimento**











Il collegamento di tali piastre ai solai avviene mediante viti autoforanti; per il collegamento alla fondazione si prevede l'inserimento di barre filettate al posto degli spinotti, inserite in fori sigillati con resina epossidica.

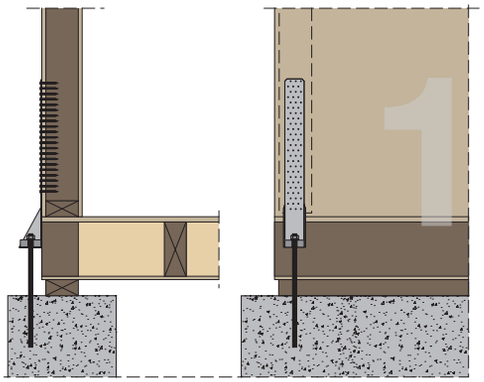
5 La giuntura di due moduli sovrapposti

6 Giunto a taglio alla fondazione

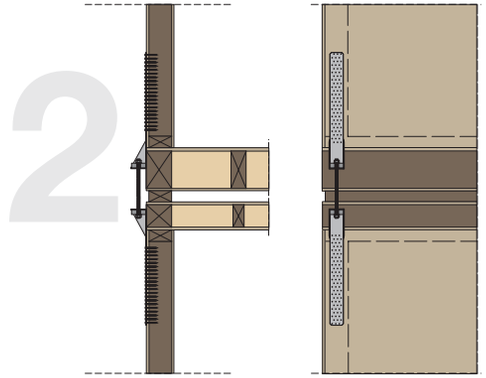
7 Giunto a taglio fra due elementi sovrapposti

8 L'inserimento in cantiere di un modulo su quello sottostante

Il presidio al sollevamento dei pannelli causato dalle azioni sismiche viene realizzato con gli ormai tradizionali hold-down, che sono collegati fra loro ai piani mediante barre filettate, ed alla fondazione mediante inghisaggi con resina epossidica.



Hold-down WHT 620
collegamento alla parete: 33 chiodi Anker Ø4x60
collegamento alla fondazione con 1 barra M16x480 classe 8.8
con rondella per ferro Ø30x3 sopra rondella quadrata h=20 in
ferro 18 soffiato e iniettato con resina vinilestere



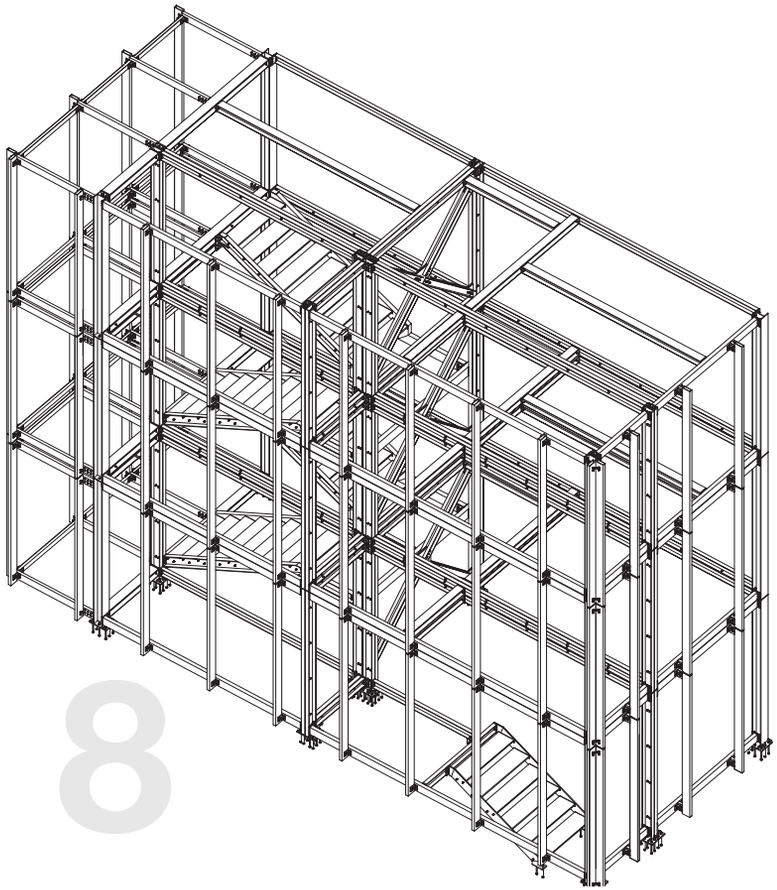
Hold-down WHT 620
collegamento alla parete: 38 chiodi Anker Ø4x60
collegamento all'hold-down inferiore con 1 barra M16x320
classe 8,8 con rondella per ferro Ø30x3 sopra
rondella quadrata h=20

1/4

Giunto a sollevamento alla fondazione

2/3

Collegamento a sollevamento fra due elementi sovrapposti: dall'esterno



Anche per il corpo scala, realizzato in acciaio, si è mantenuta la scelta della prefabbricazione: si tratta di moduli a forma di parallelepipedo in cui gli spigoli sono costituiti da profili metallici; tali parallelepipedi sono posati e collegati fra loro, e sui profili inferiori viene ordito l'assito che costituisce i pianerottoli.

Fasi di montaggio del corpo scala

La struttura in acciaio del corpo scala

Impianto di climatizzazione per ciascuno dei due fabbricati con pompa di calore a portata variabile di refrigerante con unità esterna condensata ad aria, ad espansione diretta, gas R410A.
Potenza nominale in raffrescamento: 39,2 kW
Potenza nominale in riscaldamento: 44,1 kW

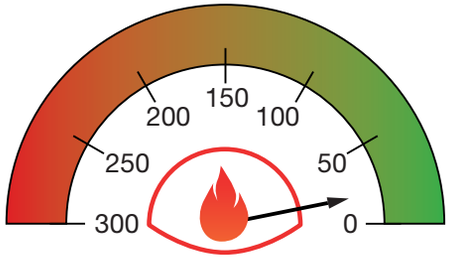
Gruppo di conversione statico (inverter) per impianto fotovoltaico da 7,5 kWp (per ciascun edificio) del tipo a pannelli in silicio amorfo.

Pannello multifunzione posto nel disimpegno di ciascun alloggio per comando e controllo dell'unità interna di climatizzazione.

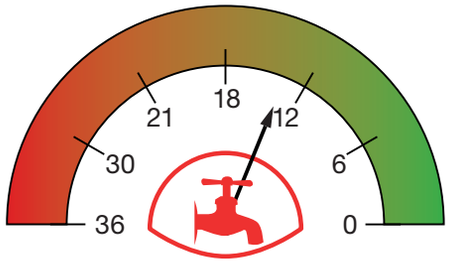
4 Produttore di acqua calda sanitaria autonomo per ciascun alloggio, del tipo a pompa di calore con resistenza integrativa, cap. 110 litri.

5/6 Unità interna a ciascun alloggio di tipo canalizzabile con motore ad inverter, posta nel controsoffitto del disimpegno, con griglie di mandata (S02) in ciascun locale e griglia di ripresa nel disimpegno (S03)

PRESTAZIONI ENERGETICHE

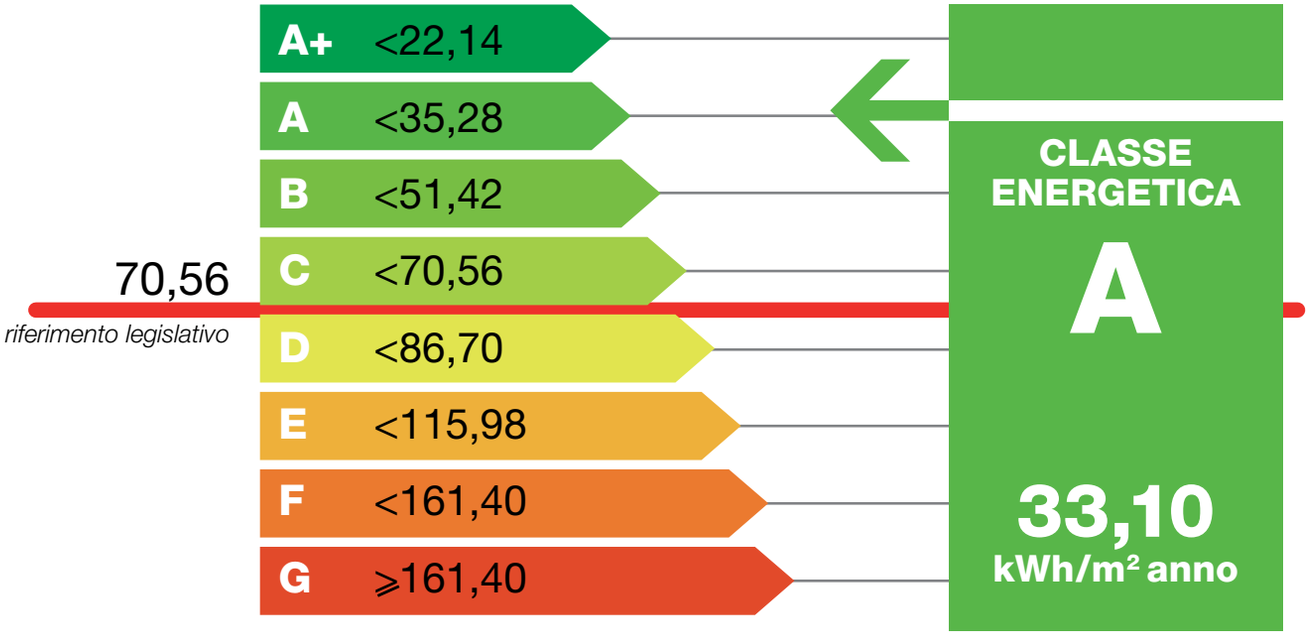


RISCALDAMENTO INVERNALE
19,17 kWh/m² anno



ACQUA CALDA SANITARIA
13,94 kWh/m² anno

PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE



Area ex Longinotti: edifici A e B

finanziamento: Delibera G.R.T. 43/2009 e Decreto Dirigenziale 5110/15.10.2009 e s.m. Decreto Ministero Infrastrutture 16.03.2006

r.u.p.: Arch. Vincenzo Esposito (Casa S.p.A.)

progetto architettonico:
Arch. Marco Barone (Casa S.p.A.); Prof. Carlo Canepari;
Arch. Matteo Canepari

progetto strutture in c.a.:
Ing. Lorenzo Panerai (Casa S.p.A.);
Ing. Maurizio Martinelli (Legno più s.r.l. PO)

progetto strutture in legno XLAM a base di gara:
Ing. Lorenzo Panerai (Casa S.p.A.); Ing. Maurizio Martinelli

consulenti per il progetto strutturale in legno XLAM:
Legno più s.r.l. società di ingegneria di Prato e
Studio tecnico associato Timber Engineering di Firenze

progetto impianti meccanici a base di gara:
Ing. Dimitri Celli (Casa S.p.A.)

progetto impianti elettrici a bse di gara: P.I. Alessio Diegoli C.M.A. S.r.l.

progetto acustico: Geom. Stefano Cappelli (Casa S.p.A.)

progetto sicurezza: Arch. Rosanna De Filippo (Casa S.p.A.)

direzione dei lavori: Geom. Andrea Masini (Casa S.p.A.)

direttore operativo: Geom. Giovanni Ricca (Casa S.p.A.)

direzione opere strutturali:
Ing. Lorenzo Panerai (Casa S.p.A.)
Ing. Maurizio Martinelli (Legno più s.r.l. PO)

direzione impianti meccanici:
Ing. Dimitri Celli (Casa S.p.A.)

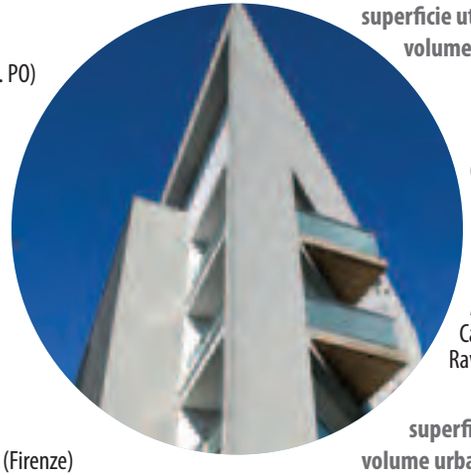
direzione impianti elettrici:
P.I. Mauro Bossoli (CASA SpA)

coordinatore della sicurezza in corso d'opera:
Ing. Pierfrancesco Bruschi

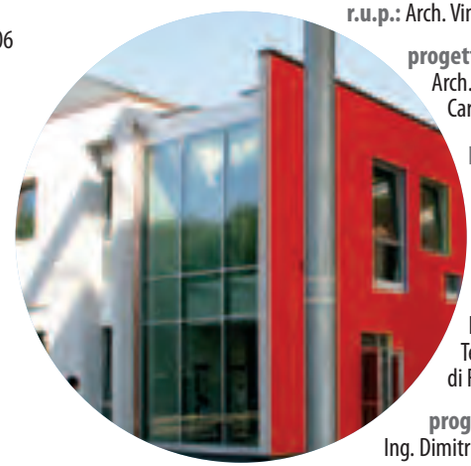
smontaggi: Teseco S.p.A. (PISA)

demolizioni:
Grazzini Cav.Fortunato S.p.A. (Firenze)

scavi e bonifica: Varvarito Lavori s.r.l. (Firenze)



Area ex Longinotti: edificio C - Ludoteca



r.u.p.: Arch. Vincenzo Esposito (Casa S.p.A.)

progetto architettonico:
Arch. Marco Barone (Casa S.p.A.); Prof. Carlo Canerpari, Arch. Matteo Canepari

progetto strutture:
Ing. Lorenzo Panerai (Casa S.p.A.); Ing. Maurizio Martinelli (Legnopiù s.r.l. PO); Ing. Maurizio Follesa (Timber Engineering FI)

consulenza strutture in legno:
Legnopiù S.r.l. di Prato; Studio Tecnico Associato Timber Engineering di Firenze

progetto Impianti:
Ing. Dimitri Celli (Casa S.p.A.)

direzione dei lavori: Ing. Lorenzo Panerai (Casa S.p.A.)
con Geom. Stefano Cappelli (Casa S.p.A.)

appaltatore: SudEdil S.r.l. di Prato

opere in XLAM, impianti e finiture: A.T.I. "CasaDiLegno" (Legnopiù s.r.l. di Prato; Manetti Legnami s.r.l. di Impruneta (FI); Morandini Legnami s.r.l. di Pelago (FI); TLF di Chiusi della Verna (AR))

superficie utile lorda: mq 517,00
volume urbanistico: 1704 mc

diaframmi:
Eurosol Palimodena s.r.l. (San Mauro Torinese);

opere in c.a: Novedil s.r.l. (Terni)

opere in XLAM e finiture:
A.T.I. fra imprese: Imola Legno S.p.A. - Imola (BO); Campigli Legnami s.a.s. - Empoli (FI); Elettra Impianti S.r.l. - Ravenna

superficie utile lorda: 3296 mq
volume urbanistico: 10877 mc

Alloggi in legno montabili e smontabili

finanziamento: L.R.T. 25 del 29/06/2011 art.22
Interventi speciali di recupero e incremento del patrimonio e.r.p.
Delibera G.R.T. 201 del 19/03/2012

r.u.p.: Arch. Vincenzo Esposito (Casa S.p.A.)

progetto architettonico:
Arch. Marco Barone (Casa S.p.A.), Arch. Rosanna De Filippo (Casa S.p.A.), Geom. Stefano Cappelli (Casa S.p.A.)

progetto definitivo strutture:
Ing. Lorenzo Panerai (Casa S.p.A.), con la consulenza della Soc. LegnoPiù di Prato (Ing. Maurizio Martinelli)

progetto definitivo impianti:
Ing. Dimitri Celli (Casa S.p.A.), P.I. Mauro Bossoli (Casa S.p.A.)

responsabile sicurezza in fase di progettazione:
Arch. Rosanna De Filippo (Casa S.p.A.)

responsabile sicurezza in fase di esecuzione: Ing. Silvio Spadi

direzione lavori: Ing. Lorenzo Panerai (Casa S.p.A.),
Geom. Stefano Cappelli (Casa S.p.A.)

realizzazione basamento, sistemazioni esterne e sicurezza:
Ediltecnica Srl, Ponte Buggianese (PT)

produzione e montaggio moduli abitativi:
Campigli Legnami s.a.s., Empoli (FI)