

La nuova industria del costruire

Bruno Dal Lago, Alberto Dal Lago

Nel mondo delle costruzioni odierno diventa sempre più difficile rinunciare a quei vantaggi qualitativi e quantitativi che solo un'industrializzazione edilizia avanzata può offrire. Mentre nei campi delle costruzioni commerciali ed industriali questo concetto è già affermato con successo sul mercato, nel campo degli edifici residenziali, tipicamente caratterizzato da una più complessa interazione tra architettura, struttura ed impiantistica, la metodologia tradizionale di costruzione è ancora legata a metodi semiartigianali. L'articolo mostra una soluzione completa per interventi di urbanizzazione complessa caratterizzata da un elevato tasso di industrializzazione. L'ottimizzazione ingegneristica dei componenti e l'innovazione tecnologica delle metodologie di progettazione e di produzione conferiscono ai prodotti edilizi robustezza, velocità di realizzazione ed alta competitività.

Introduzione

La pratica delle costruzioni ha raggiunto oggi un livello notevole di sofisticazione necessaria per rispondere alle sempre più complesse esigenze prestazionali delle diverse discipline che concorrono all'attività progettuale, incluse architettura, ingegneria strutturale e geotecnica, fisica tecnica legata a termica, illuminotecnica e acustica ed elettromeccanica impiantistica. Inoltre, i tempi richiesti per la realizzazione delle opere sono sempre più stringenti.

L'attività di costruzione tradizionale in calcestruzzo armato gettato in opera, basandosi su una metodologia di lavoro semiartigianale, fatica a raggiungere questi obiettivi. Mentre le soluzioni industrializzate in calcestruzzo armato per edifici industriali e commerciali hanno praticamente guadagnato il monopolio del mercato italiano, nel campo ben più ampio delle costruzioni residenziali le soluzioni alternative vengono principalmente ricercate con diversi materiali, come costruzioni in legno o

in acciaio. In effetti, gli esperimenti passati di edilizia residenziale prefabbricata in Italia sono stati numerosi, ma non hanno avuto successo in virtù principalmente dell'offerta di singoli componenti strutturali ad imprese interessate alla sola logica del minor costo possibile, e con una visione ancora disaccoppiata tra struttura e altri componenti dell'edificio.

E' opinione degli autori che l'industrializzazione sempre più spinta sia il futuro prossimo di tutte le costruzioni, e in particolare di quelle con struttura in calcestruzzo armato, storicamente più competitive.

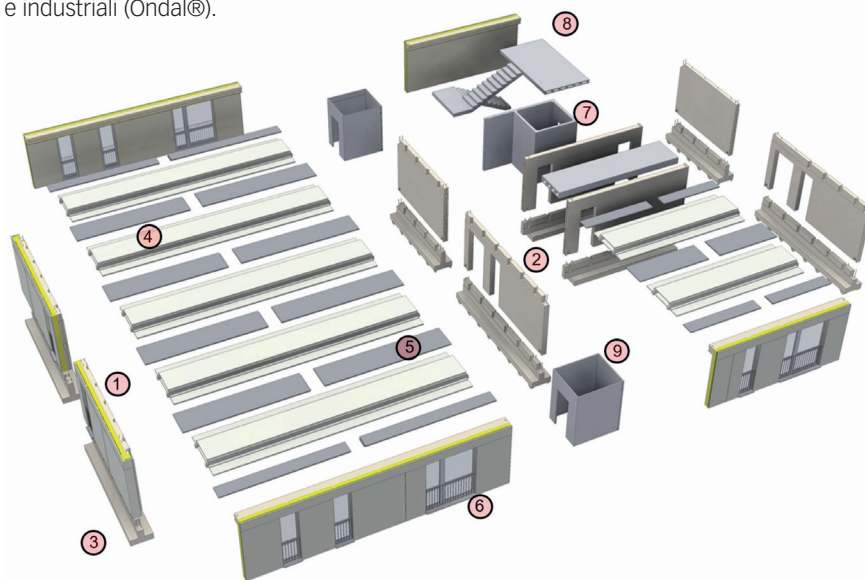
Sulla base dell'esperienza accumulata in più di 50 anni di costante contributo all'innovazione nel campo della prefabbricazione e dell'industrializzazione edilizia da parte della società DLC, è stata concepita e dettagliata una soluzione tecnologica unificata per la realizzazione di interventi sostenibili di urbanizzazione complessa in tempi rapidi e con costi competitivi.

L'offerta si basa sulla combinazione di tre sistemi di prefabbricazione ad alto grado di industrializzazione, ideati per realizzare edifici residenziali (Domus Dry®), commerciali (Pandal®) e industriali (Ondal®).

Componenti del Sistema Domus Dry®

LEGENDA

- 1 - Muro Master interno
- 2 - Muro Master esterno
- 3 - Fondazione
- 4 - Tegolo DOMUS
- 5 - Lastre nervate
- 6 - Pannello di facciata
- 7 - Nucleo ascensore
- 8 - Rampa
- 9 - Blocco bagno





Solaio in fase di assemblaggio sui muri

Edifici residenziali

Il sistema Domus Dry® è caratterizzato da elementi verticali portanti a parete denominati muri Master® interamente prefabbricati in c.a. con canne di alleggerimento con modulo di un piano e lunghezza fino a 12,60 m per ciascun elemento. I muri sono prodotti in casseri speciali ad alta precisione con anime estraibili, la continuità verticale è ottenuta con l'accoppiatore Kaptor® per elementi sovrapposti e la continuità orizzontale può essere ottenuta con connessioni rigide o dissipative per formare dei nuclei sismoresistenti. I muri possono anche essere disposti sul perimetro dell'edificio, ed in questo caso sono dotati di uno strato appeso esterno con funzione di isolamento termico, ventilazione e tenuta, con prestazioni analoghe a quelle del pannello di tamponamento.

Il solaio è realizzato con tegoli in c.a.p. a casone accostati con ali inferiori di larghezza standard pari a 2,4 m. La sua forma consente di ottenere elevate rigidità e resistenze sia flessionale che torsionale con spessori ridotti e conseguente grande leggerezza, e la precompressione permette un controllo completo delle deformazioni dalla produzione al servizio a

lungo termine. Viene utilizzato per creare impalcanti ad estradosso ed intradosso piani montati completamente a secco, con il collegamento di tegoli adiacenti. Lastre nervate in c.a. appoggiate su appositi recessi lasciati sui bordi superiori dell'elemento chiudono i vani impiantistici di pavimento, dove gli impianti possono essere sezionati e predisposti già in fabbrica, prima del trasporto, e assemblati durante il montaggio. Il pacchetto tecnologico di pavimento è stato studiato per poter essere anch'esso montato in fabbrica ed assemblato a secco. Il tegolo è prodotto con un'altezza fino a 35 cm e nelle parti terminali le nervature sono prolungate per l'alloggiamento nelle apposite tasche lasciate nei muri. Può coprire luci fino a 12 m. Ciò consente un'autentica rivoluzione nella progettazione architettonica e distributiva in virtù dell'assenza di muri e pilastri portanti interni al modulo di appartamento, che può essere lasciato a loft anche in un edificio a torre, oppure partizionato con pannelli leggeri non portanti e smontabili, assicurando una notevole flessibilità distributiva all'atto della costruzione e nel tempo.

I pannelli orizzontali di tamponamento sono in c.a. con isolamento passante posto tra lo strato

Solaio assemblato a secco con traverso centrale di irrigidimento e vani per il passaggio dell'impiantistica



TECNOLOGIA INDUSTRIALIZZAZIONE EDILIZIA

interno portante e quello esterno appeso con un pacchetto che permette di ottenere una trasmittanza globale U fino a 0,18 W/m²K. Tra la lastra esterna e l'isolante viene ricavata una camera di ventilazione naturale che permette la traspirazione e funge da volano igrometrico. Lo strato esterno dei pannelli di tamponamento e dei muri esterni può essere trattato con numerosi procedimenti (bocciardatura, lucidatura, pattern matriciali, piastrelle, pietra naturale, etc.), per ottenere le più diverse soluzioni estetiche.

Sono inoltre previsti degli elementi complementari (senza funzione strutturale principale) quali vani scale/ascensori e blocchi tecnologici bagno/cucina che vengono anch'essi realizzati in stabilimento e installati piano per piano durante l'assemblaggio, in modo da poter consegnare la casa alla fine del montaggio.

Il sistema Domus Dry® permette la realizzazione di una vasta gamma di edifici, da ville monofamiliari fino ad edifici a torre, caratterizzati da elevate leggerezza, economicità e sostenibilità, come desumibile da un rapporto m³ di calcestruzzo a m² riferito all'edificio finito che può raggiungere il valore di 0,26.

Complessi commerciali

Il sistema pluripiano Pandal® per edifici commerciali è caratterizzato da pilastri dotati ad ogni piano di collari sui quali sono montate travi a T rovescia o di capitelli a sostegno di travi a cassone. Vengono utilizzati accoppiatori meccanici per l'installazione dei pilastri sui plinti o sul grigliato di fondazione, come anche per l'eventuale unione di conci di pilastri sovrapposti. Le travi in c.a.p. che sostengono i tegoli hanno sezione a cassone o a T rovescia con luce massima di 10 m. Le travi a cassone, avendo una larghezza massima pari a 2,4 m, possono ridurre di tale misura la luce del solaio ottimizzando gli elementi strutturali. La parte terminale può essere dotata di sella per l'appoggio sul capitello del pilastro in spessore di solaio.

Il solaio è composto da tegoli in c.a.p. a cassone con ali inferiori per una larghezza standard pari a 2,4 m che in virtù del suo peso ridotto può coprire con altezza di 60 cm luci fino a 16 m. La sua forma consente di ottenere elevate rigidità e resistenze sia flessionale che torsionale con spessori ridotti e conseguente grande leggerezza. Viene normalmente utilizzato per creare impalcati ad estradosso ed intradosso piani con elementi distanziati da lastre tralicciate con un interasse massimo di 5 m, chiuso inferiormente con controsoffitto ispezionabile. In questa configurazione viene gettata una soletta di com-

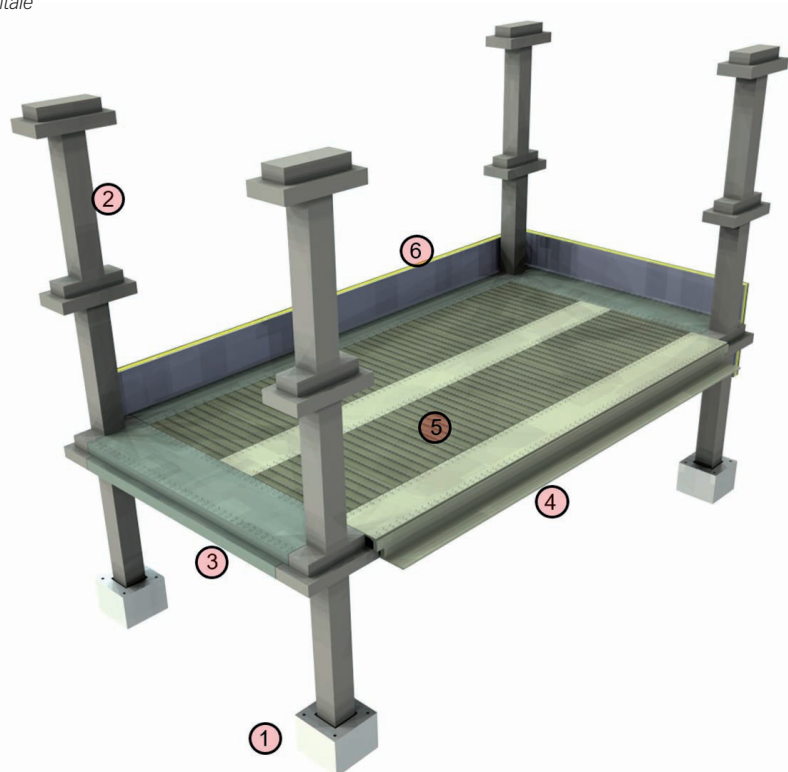


Particolare di un render di un edificio Domus Dry® (cortesia studio Favero)

Componenti del Sistema Pandal®

LEGENDA

- 1 - Plinto di fondazione
- 2 - Pilastro con capitelli
- 3 - Trave a T rovescia o a cassone
- 4 - Tegolo Domus
- 5 - Piastre tralicciate di solaio
- 6 - Pannello orizzontale



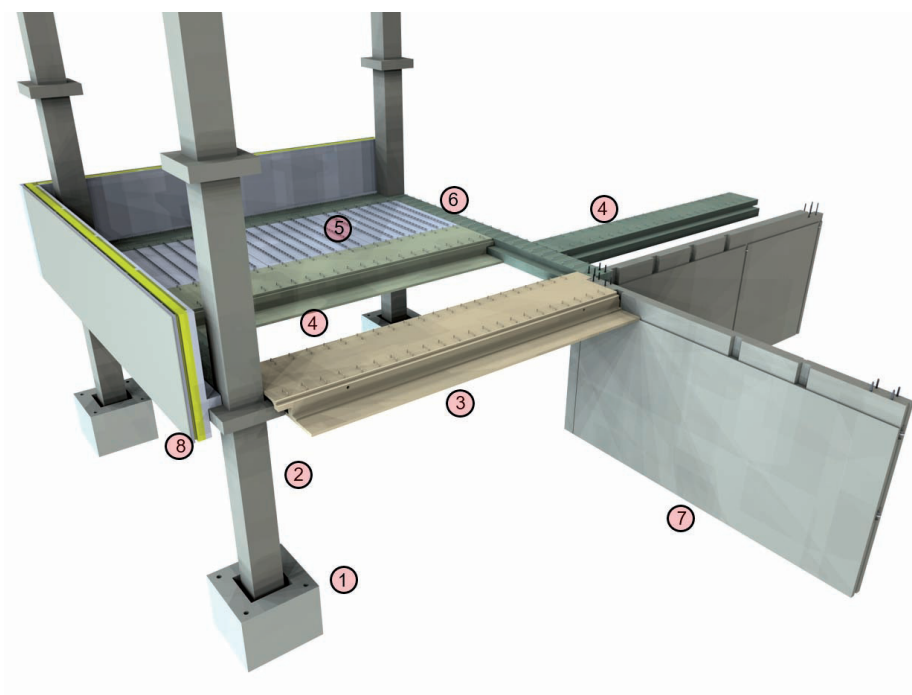


Edificio Pandal® in fase di assemblaggio (cortesia A. Basso)

Componenti del Sistema composto Domus Dry® + Pandal®

LEGENDA

- 1 - Plinto di fondazione
- 2 - Pilastro con capitelli
- 3 - Tragolo
- 4 - Tegolo Domus/Pandal
- 5 - Lastre tralicciate/nervate
- 6 - Trave a T rovescia o a cassone
- 7 - Muro Master
- 8 - Pannello orizzontale



pletamento in opera. In alternativa, i tegoli possono essere accostati e collegati assemblando l'impalcato completamente a secco. Il tegolo è prodotto con un'altezza variabile di 35, 50 e 60 cm e la parte terminale può essere dotata di sella d'appoggio. Un tegolo speciale rinforzato, chiamato Tragolo (TRAVE + teGOLO), funziona come trave di collegamento tra i pilastri in direzione ortogonale alle travi principali e sostiene la tamponatura perimetrale fungendo da trave di bordo. Gli elementi di tamponamento possono essere realizzati con molteplici tecnologie. I classici pannelli in c.a. sono tipicamente orizzontali poggianti su mensole tipo Girella®/Tirella®, con stratigrafie e prestazioni analoghe a quelle descritte per il sistema residenziale.

Il sistema Pandal® permette di raggiungere un rapporto m3 di calcestruzzo a m2 riferito all'edificio finito fino a 0,16. E' stata inoltre studiata e dettagliata una soluzione con nodi che possono essere adattati da cerniere ad incastri attraverso l'attivazione di apposite connessioni meccaniche Kaptor® che non pregiudicano il montaggio a secco della struttura.

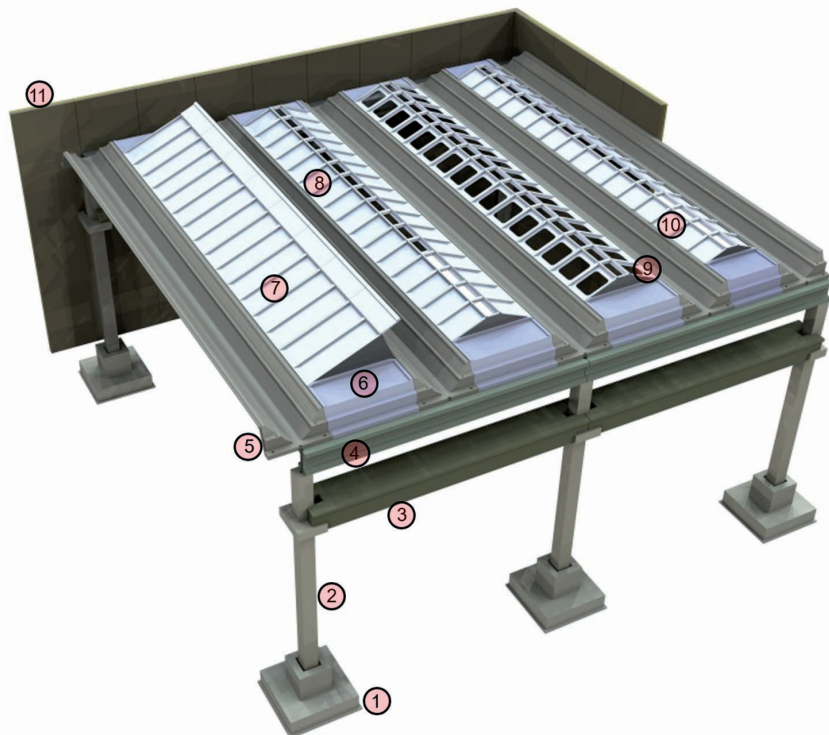
Per edifici dove sia richiesta la presenza di nuclei di controvento, come ad esempio edifici a torre, la struttura Pandal® può essere disposta in combinazione con la struttura Domus Dry® in modo da ottenere una struttura mista pareti-telaio. In questo caso, è possibile ottimizzare la produzione fino ad ottenere un rapporto m3 di calcestruzzo a m2 riferito all'edificio finito fino a 0,20.

Fabbricati industriali

Il sistema Ondal® è caratterizzato da tegoli alari con spessore medio pari a 7 cm e conseguente grande leggerezza. Vengono prodotti nelle altezze di 70, 100, 120 e 150 cm e sono montati ad interasse di 6 m interponendo tra tegolo e tegolo delle coppelle a botte o a shed che possono essere integrate con pannelli fotovoltaici. Le coppelle sostengono l'isolamento, la camera di ventilazione e le lastre metalliche di impermeabilizzazione realizzando una copertura ventilata.

Le travi in c.a.p. che sostengono i tegoli hanno in genere sezione ad I. E' inoltre prevista l'installazione di travi a sostegno di carriponte, di sezione a TT. Esse sono installate su pilastri di sezione tipicamente quadrata o rettangolare dotati di capitelli per l'appoggio ed il vincolo delle travi. I pannelli di tamponamento in c.a. sono tipicamente verticali a doppia lastra con pacchetto tecnologico interno isolante e ventilante. Possono essere collegati con connessioni scorrevoli Fisis® per il disaccoppiamento

TECNOLOGIA INDUSTRIALIZZAZIONE EDILIZIA



Componenti del Sistema Ondal®

LEGENDA

- 1 - Plinto di fondazione
- 2 - Pilastro con capitelli
- 3 - Trave carroponete doppia
- 4 - Trave ad I di banchina
- 5 - Tegolo ONDAL
- 6 - Elemento terminale
- 7 - Coppella a shed
- 8 - Coppella a botte cieca
- 9 - Coppella a botte con lucernari
- 10 - Coppella di bordo regolabile
- 11 - Pannello di tamponamento

sismico con la struttura. La soluzione speciale Strallo con funi metalliche tirantate è stata progettata per soddisfare richieste di campate fino a 30 x 75 m, tipiche dei padiglioni fieristici o dei grandi complessi industriali.

L'ottimizzazione strutturale del sistema ha portato al raggiungimento di un rapporto medio m3 di calcestruzzo a m2 riferito alla struttura completa pari a solo 0,12.

Attività di ricerca

Le soluzioni proposte sono state dettagliate con una lunga attività di ricerca e di sperimentazione coordinata con il Politecnico di Milano (dipartimento DICA lato strutturale e ABC lato architettonico/tecnico) e con Novatec per la cassetta, Marcantonini per le tecniche di produzione e trasporto del calcestruzzo, Antonio Basso, Manini, Foresi e Pizzarotti per la messa a punto della produzione e del montaggio di prototipi. I sistemi proposti e le innovazioni a loro connessi sono inoltre stati selezionati per la realizzazione del più grande edificio prefabbricato mai costruito al mondo per studi scientifici, che è stato sottoposto ad una campagna sperimentale di prove sismiche presso il laboratorio ELSA del CCR di Ispra (VA), nel contesto del progetto di ricerca Safecast finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del programma FP7-SME-2007-2 con Grant agreement n. 218417 del 2009, nel cui consorzio scientifico internazionale era incluso lo studio DLC. Inoltre, il sistema Domus Dry® è stato



Render di un edificio progettato con Sistema composto Domus Dry® + Panda® (cortesia del prof. E. Pizzi)

Montaggio di un edificio Ondal® con tegoli di 41 m (cortesia di A. Basso)



Copertura di un edificio Ondal®



oggetto di un progetto di ricerca finanziato da Regione Lombardia e Aler denominato: Ricerca di un innovativo processo di costruzione ad alta industrializzazione per la realizzazione di nuovi insediamenti urbani con il Sistema Domus®.

Progettazione e produzione

La produzione dei diversi elementi che compongono questi sistemi costruttivi è basata sulle complesse funzionalità di casseri sofisticati ad alta precisione. Ogni singolo cassero è però concepito per eseguire una serie ben definita di operazioni di modifica geometrica servoassistita in modo che le modifiche dei casseri non incidano sulla velocità di produzione. Pertanto, tali sistemi di prefabbricazione ben si adattano ad una progettazione tridimensionale parametrizzata (BIM), con famiglie programmabili per eseguire una serie di comandi secondo logiche automatiche. Anche le tavole esecutive possono essere generate con elevata automazione attraverso il dialogo con programmi di progettazione manufatti (PLM), il che comporta anche

la possibilità di trasmissione diretta dei dati alle macchine piegatrici dei ferri automatiche o a sistemi di posa delle sponde dei casseri a controllo numerico. Ciò consente il duplice beneficio di diminuire gli errori di progettazione, anche in virtù della complessità dell'insertistica associata a sistemi evoluti, e di diminuire drasticamente i tempi della progettazione.

Conclusioni

E' stata esposta una soluzione completa per la realizzazione di interventi urbanistici anche di notevoli estensione e complessità con sistemi di prefabbricazione in calcestruzzo armato ad elevata industrializzazione per realizzare edifici residenziali, commerciali ed industriali. Il cuore della concezione di questi sistemi è la massimizzazione della parte industrializzata e prodotta in fabbrica dell'edificio, e la conseguente minimizzazione delle opere di completamento da realizzare in situ. Tutti gli elementi sono concepiti con connessioni meccaniche a secco, sia strutturali che impiantistiche/tecnologiche. Questo, combinato alla movimentazione di pochi elementi di grande superficie, consente velocità di assemblaggio dei diversi elementi e tempi di consegna dell'edificio finito estremamente ridotti.

Associando poi l'automazione della progettazione alla flessibilità compositiva dei sistemi di prefabbricazione proposti, è possibile garantire una considerevole ricchezza di diversità degli interventi urbanistici, potendo contare su una progettazione diversificata che non infici la produttività dell'intervento, evitando quindi alcune tendenze alla standardizzazione estrema tipiche di alcune esperienze negative realizzate con le strutture a grandi pannelli in Europa in passato e ancora oggi prevalentemente in Asia

TECNOLOGIA INDUSTRIALIZZAZIONE EDILIZIA

(Russia, Cina, etc.). I sistemi sono concepiti per realizzare interventi di ampio respiro, che giustifichino l'investimento iniziale necessario per la costruzione dello stabilimento di produzione (ne sono stati progettati per produzioni fino a 2000 m²/giorno). Questo può giustificare il fatto che i soggetti maggiormente interessati a tale tipologia di attività siano quei paesi in via di sviluppo che necessitano di grandi interventi urbanistici, paesi distribuiti in tutto il globo ma tra i quali non figura l'Italia e, in generale, l'Europa occidentale.

Nel caso della nostra penisola, però, le soluzioni presentate nel presente articolo potrebbero costituire una scelta strategica di risposta a disastri naturali che comportino sfollati e distruzioni di ampia portata, ad esempio in conseguenza a gravi terremoti. Lo Stato avrebbe così a disposizione una metodologia di risposta estremamente rapida per poter fornire costruzioni definitive e resilienti con investimenti decisamente più ridotti di quelli che hanno caratterizzato e che stanno caratterizzando la risposta post-si-

smica ai più recenti terremoti, con spese elevate per l'alloggio temporaneo degli sfollati e per la costruzione di edifici temporanei o definitivi con tecnologie più precarie e costose di quelle proposte, spesso con materiali alternativi al calcestruzzo armato.

Inoltre, la nostra penisola dispone di un patrimonio unico al mondo di stabilimenti di prefabbricazione diffusi a macchia d'olio su tutto il territorio nazionale e caratterizzati da una notevole imprenditorialità, poichè tutti in concorrenza tra loro. La risposta congiunta di una serie di prefabbricatori disposti entro il raggio di un centinaio di Km dal luogo dell'intervento urbanistico designato potrebbe suddividere l'investimento necessario tra i diversi soggetti, e renderlo quindi più conveniente e sostenibile nell'ottica della pianificazione ante eventum.

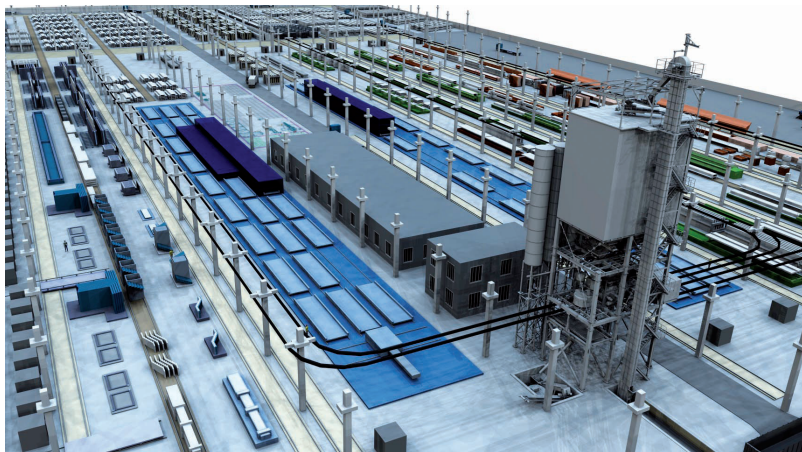
Ci auguriamo che lo Stato e la Protezione Civile attivino una visione strategica che possa indurre i produttori a lavorare congiuntamente e stimolare l'innovazione tecnologica del settore delle costruzioni anche in Italia.



Particolare di un insediamento urbano progettato con il sistema Domus Dry® (cortesia studio Cino Zucchi Architetti)



Struttura composta Domus dry® + Panda® sottoposta a campagna di prove sperimentali sismiche presso il laboratorio ELSA del CCR di Ispra (VA).



Impianto di prefabbricazione combinata con produzione massima di 2000 m²/giorno