

A tutta paglia

Soluzioni per una diversa visione del costruire e dell'abitare contemporaneo

► di **Valentina Radi*** e **Pietromaria Davoli****

** Architetto, Dottore di Ricerca in Tecnologia dell'Architettura, afferisce alla sezione Architettura del Centro Architettura>Energia dell'Università degli Studi di Ferrara.*

*** Professore straordinario e Ph.D. di Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Ferrara. Direttore del Centro Ricerche Architettura>Energia.*

Fig. 1 – Tecnologia GREB. Parziale completamento delle pareti con in evidenza i dettagli d'inserimento delle componenti impiantistiche. Risulta ancora ben leggibile la modalità di formazione della muratura in filari orizzontali (© ing. G. Nardini e arch. M. Ricci)

The image shows the interior of a building under construction. The walls are made of grey, textured concrete blocks, with vertical wooden studs supporting the structure. The ceiling is made of light-colored wooden beams. On the floor, there is a pile of straw or hay in the lower-left corner. The lighting is warm and natural, coming from a window on the right side. The overall scene depicts a sustainable construction process using natural materials like straw bales.

L'uso di balle di paglia nella costruzione di nuovi edifici o nel campo del recupero introduce soluzioni tecniche che sono sinonimo di elevata prestazione energetica e di comfort. Nell'attuale situazione ambientale e di mercato si possono intravedere interessanti scenari di sviluppo, pensando soprattutto che la materia di base è reperibile a chilometro zero ed ha elevata durabilità, adattabilità, capacità di favorire i criteri antisismici e riciclabilità.

The choice of building straw bale constructions reflects a society that is moving ever closer to a sustainable attitude of living and designing, in terms of energy-usage and towards the environment. The high quality of indoor and outdoor comfort comes from the use of integrated building models which employ almost only natural raw materials. The straw is adopted and strongly characterizes the constructive system because it is low-cost, easily available and usable also in self-build constructions. Furthermore, the flexibility of this material, in synergy with the wood constructive system, provides an effective solution for renovations and extensions, as well as for new constructions, since this is a lightweight-technology, with durable and adaptable materials, suitable for earthquake-resistant constructions. Moreover these materials can have new life-cycles after their disposal. These choices are also encouraged by the current Italian regulation, which allows their application.

L'architettura in paglia è una nuova forma dell'abitare che sta gradualmente contagiando tutto il territorio italiano. Studi di progettazione del Centro e del Nord si stanno specializzando nella concezione e realizzazione di questa tipologia di edifici, spesso adibiti a residenza unifamiliare, camere per le vacanze, sedi di associazioni o aziende agricole generalmente votate alle colture biologiche e biodinamiche.

Si parla di complessi edilizi localizzati fuori dal centro urbano, in grandi zone agricole o in ampi spazi verdi prossimi alla città, contraddistinti da una bassa densità edilizia. Così accade anche in paesi virtuosi come la Spagna, in cui il fenomeno dell'autocostruzione con questa tecnologia, come si verifica anche in Italia, sta suscitando interesse.

Una certa tradizione costruttiva e di sperimentazione progettuale è radicata in Francia, Svizzera, Germania ed Austria. Uno dei più profondi conoscitori ed utilizzatori di questa tecnologia è certamente l'architetto Werner Schmidt ⁽¹⁾.

Vivere in un edificio di paglia è una scelta del committente che riflette la volontà di condividere una filosofia di vita sostenibile, raggiungendo un elevato comfort psico-fisico anche attraverso l'utilizzo di tecniche costruttive che impiegano materiali totalmente naturali e reperibili nell'immediate vicinanze del cantiere, a volte forniti dall'agricoltore delle campagne limitrofe o dal terreno delle proprie colture. La complessità del progetto è risolta in primo luogo indirizzando correttamente la concezione morfologica e tipologica dell'edificio che si dovrà realizzare.

Alcune tipologie edilizie

Gli edifici in oggetto sono di norma a uno o più piani fuori terra, in relazione alle possibilità tecniche che consente il sistema costruttivo.

Interessante il caso di un complesso di tre abitazioni a schiera che sono in corso di realizzazione a Fano (PU), nella regione Marche, dove l'articolazione dei volumi e le caratteristiche tipologiche si conformano in base alle caratteristiche del clima locale.

Le singole unità immobiliari hanno uno sviluppo a "L", con dimensioni interne del braccio principale pari a 4,30 m di larghezza e 11,80 m di lunghezza, con la muratura che incide complessivamente per circa 110 cm. L'organismo edilizio si sviluppa su tre livelli: il primo, interrato, con gli spazi di servizio (garage e cantina), costruito in calcestruzzo in modo da realizzare una buona base fondale; il secondo livello, fuori terra, in cui trovano collocazione soggiorno, cucina e sala da pranzo; all'ultimo livello vi sono tre camere. Le murature in elevazione e i solai fuori terra sono realizzati in legno e paglia.

Dal punto di vista del controllo delle condizioni ambientali, l'abitazione è orientata secondo l'asse Nord-Sud, con aperture ampie a Sud per favorire i guadagni termici gratuiti nella parte centrale e meridiana dei giorni invernali (ma con un'adeguata modulazione dell'ingresso della radiazione solare in periodo estivo), così come ad Est per un'esposizione mattutina. A Nord le aperture sono assenti, al fine di ridurre le dispersioni termiche (con locali di servizio al piano terra che svolgono un ruolo di filtro). La zona cu-



Fig. 2 – Viste virtuali di un complesso di case a schiera in corso di realizzazione a Fano (PU). Progetto: arch. Michele Ricci e ing. Giovanna Nardini. Dall'alto in basso: fronti Sud e Ovest, con lo spazio filtro della loggia e la pensilina a parziale ombreggiamento del solarium, cui sono integrati pannelli fotovoltaici; prospetto Nord-Est, dove si colloca l'ingresso alle residenze; vista generale con l'organizzazione del sistema degli spazi verdi e di tutti gli elementi per il controllo dell'irraggiamento solare (© ing. G. Nardini e arch. M. Ricci)

cina è perfettamente rivolta a sud in continuità con il soggiorno e riceve in periodo invernale una grande quantità di illuminazione naturale, proponendosi come spazio ampio e continuo della casa (grazie anche alla collocazione della scala a "C" in aderenza alla parete lunga). Spazi esterni o semiesterni forniscono un apporto coordinato per migliorare il controllo ambientale passivo: il solarium in copertura, con la zona d'ombra garantita dalla pensilina in legno, inter-



Fig. 3 – Tecnologia GREB. Le balle di paglia utilizzate come tamponamento presuppongono sempre la presenza di una struttura a telaio ligneo che le accoglie. In questo caso il sistema costruttivo si caratterizza per la conformazione a "cassaforma" composta da montanti esterni (immagine in alto) che saranno poi riempiti dalle balle di paglia e su cui si impostano il solaio interpiano e la struttura del successivo livello. La struttura in legno richiede la presenza di una controventatura metallica, composta da bande in acciaio forate e intrecciate, impostate a croce su entrambe le facce della stessa parete (© ing. G. Nardini e arch. M. Ricci)



Fig. 4 – Fornitura dei “blocchi” di paglia per il tamponamento delle pareti (© ing. G. Nardini e arch. M. Ricci)

grata con l'impianto fotovoltaico; la loggia prospiciente le camere da letto a Sud, chiudibile per diventare uno spazio filtro ombreggiato per la protezione solare estiva e capace di modulare adeguatamente aria e luce, perché dotata di frangisole mobili in legno, totalmente impacchettabili nelle giornate d'inverno; lo sporto orizzontale creato dalla precedente loggia, che ombreggia solo d'estate lo spazio antistante la cucina al piano sottostante; il terrazzo a Nord-Est, che funge invece da riparo per l'ingresso.

Queste soluzioni tecnico-morfologiche, che incentivano anche la ventilazione naturale interna degli ambienti, unitamente al sistema del verde dei giardini, creano un'efficace sequenza di spazi a differente temperatura e a differente livello di protezione dagli agenti atmosferici.

Gli effetti non sono solo quelli relativi alle condizioni di benessere interno agli edifici, ma diminuisce in estate l'impatto “isola di calore” (temperature superficiali e prossime all'edificio), soprattutto grazie agli spazi verdi termoregolatori. L'articolazione planivolumetrica ottimizza la conformazione dell'area di sedime, favorendo un elevato livello di *privacy* nei singoli alloggi.

La tecnica costruttiva utilizzata dai progettisti è il sistema GREB ⁽²⁾, che ha permesso di ottenere valori di trasmittanza termica (U) delle pareti pari a circa 0,13 W/m²K e che consente di raggiungere una classe energetica A+. In particolare, da Ovest ad Est, le unità abitative hanno rispettivamente un consumo di circa 11,3, 17,44 e 23,21 kWh/m²a. Il valore crescente dipende dalla differente “porosità geometri-

ca” e dal rapporto di forma su cui incide la continuità dei tre volumi. La compattezza volumetrica e la calibrazione della “porosità” hanno certamente contribuito a valorizzare il funzionamento energetico-ambientale passivo del complesso, coadiuvati efficacemente in tal senso, sia in regime estivo, sia invernale, dalla presenza della paglia.

Un altro significativo esempio è il progetto tipologico di una residenza a Garriguella (Girona, Spagna). La configurazione è molto compatta, a base quadrangolare di 9,5 x 8,8 m circa, con una loggia rivolta ad Ovest. La distribuzione interna prevede una zona giorno a livello terreno e la parte notte al livello superiore e permette di ospitare 6+2 persone. La soluzione costruttiva integra le balle di paglia con un sistema portante in X-Lam, con spessore finale delle murature pari a 45 cm,

con $U = 0,148 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $U = 0,129 \text{ W/m}^2\text{K}$. L'alloggio ha una superficie complessiva di 140 m² circa.

L'abitazione a Sant Pere de Vilamajor, Barcellona, Spagna, si articola invece su un unico livello, con pianta rettangolare orientata Est-Ovest, in cui gli ambienti sono organizzati per fasce orizzontali orientate sull'asse Nord-Sud. Lo spazio giorno e le camere da letto beneficiano appieno dell'irraggiamento solare proveniente da Sud, mentre gli ambienti di servizio collocati a Nord presentano aperture ridotte. La pensilina esterna sul lato Sud, staccata dalla casa, consente il controllo solare e la creazione di spazi a differente temperatura, in cui il gradiente di calore in estate si riduce e introduce all'ingresso dell'abitazione in una condizione microclimatica più confortevole. È in grado inoltre di mettere in relazione gli spa-



Fig. 5 – Nella tecnica GREB le balle di paglia vengono posate per file orizzontali (immagine a sinistra). La posa può essere affidata ad un'impresa, alla famiglia o allo stesso tecnico che ha progettato il complesso (come raffigurato nell'immagine a destra), poiché ogni elemento è facilmente movimentabile manualmente e perché, grazie alla sua origine completamente naturale, non rilascia sostanze nocive (© ing. G. Nardini e arch. M. Ricci)



Fig. 6 – Il solaio è composto dalla griglia di travi in legno lamellare, con chiusura inferiore in tavole di legno e con tamponamento in balle di paglia. La lavorabilità della paglia risulta piuttosto agevole poiché richiede solo uno strumento di taglio per sagomarla, in ragione degli spazi lasciati dalla struttura (© ing. G. Nardini e arch. M. Ricci)

zi esterni con l'interno, favorendo il raffrescamento naturale di questi ultimi, attraverso i moti convettivi che si instaurano naturalmente dalla zona più fresca a quella più calda. Il sistema di protezione esterno, ol-

tre al suo ruolo funzionale, collabora a dare maggior espressività ai volumi geometrici estremamente semplici dell'edificio, anche in ragione delle tecniche costruttive applicate.

La conformazione curva degli angoli dimostra la flessibilità di lavorazione delle balle di paglia.

Sistemi costruttivi e soluzioni tecniche di dettaglio

La paglia in balle non è un materiale edilizio proprio della tradizione italiana e la sua introduzione risale a circa 15 anni fa, come materiale di tamponamento o finanche strutturale.

Nel nostro Paese si sta diffondendo la tecnica GREB che consiste nell'impiego di balle di paglia con la funzione di tamponamento. L'involucro ha uno spessore di circa 45-55 cm e si compone di una struttura a doppio telaio in legno, internamente riempita da balle posate in corsi come mattoni. I profili lignei sono uniti tra loro da connessioni metalliche fissate con viti e bulloni e irrigiditi con controventature metalliche a croce sui due lati. La malta gettata in cantiere con apposita casseratura, applicata per fasce orizzontali (contestualmente alla posa della paglia) e denominata "malta GREB", viene utilizzata come chiusura e protezione del tamponamento. È costitu-



Fig. 7 – Composizione della muratura GREB. La stratificazione finale è formata in questo caso (immagine a sinistra) da malta GREB, balla di paglia e ancora malta GREB. Seguirà l'applicazione dell'intonaco. Di corso in corso la struttura dei montanti lignei è collegata con fascette metalliche. A destra, applicazione del getto di malta, dopo la predisposizione delle casserature (© ing. G. Nardini e arch. M. Ricci)



Fig. 8 – Dettagli dell'integrazione impiantistica. Inserimento di canalizzazioni di media dimensione (immagine a sinistra). Applicazione dei componenti dell'impianto elettrico sulla struttura lignea (in alto a destra). Scatola dell'impianto elettrico prima dell'applicazione finale dell'intonaco e della tinteggiatura (in basso a destra) (© Ing. G. Nardini e arch. M. Ricci)

ita da calce, sabbia, segatura ed una piccola parte di cemento, in grado di migliorare l'applicazione del composto (rapidità di presa e indurimento). Le *chiusure verticali* vengono finite con un intonaco a base di calce o di argilla, il primo generalmente applicato all'esterno e il secondo all'interno. Questa stratificazione tecnologica garantisce non solo elevate prestazioni di isolamento termo-acustico, ma anche di traspirabilità, resistenza al fuoco e durabilità. Un'interessante soluzione di integrazione impiantistica è rappresentata dall'inserimento di un impianto di riscaldamento radiante formato da serpentine annegate in pannelli di argilla. Pannelli che vengono collocati nelle pareti, fra montante e montante, al posto della malta.

Esternamente si potrà anche prevedere un'intercapedine ventilata, migliorando le prestazioni ambien-

li ed energetiche dell'involucro soprattutto in clima mediterraneo.

Nelle tecnologie costruttive POST AND BEAM (che si compone di un sistema strutturale in travi e pilastri) e IN FILL (composta da montanti più ravvicinati come nel *platform frame*) le balle di paglia vengono inserite come tamponamento fra un elemento ligneo e l'altro. Listelli di legno e cinghie provvedono a garantire la stabilità del muro nei confronti delle spinte orizzontali.

Le balle vengono posate a mano in filari successivi. Nel sistema travi-pilastri i giunti tra una e l'altra sono riempiti da paglia sfusa, applicata fino ad un congruo livello di densità affinché il sistema parete risulti omogeneo e poi fissata con malta. I giunti vengono successivamente inglobati nel rivestimento finale. Per consentire l'applicabilità dell'intonaco di finitu-



Fig. 9 – Planimetrie del piano terra e del piano primo (disegni concessi da: ing. G. Nardini e arch. M. Ricci; rielaborati da V. Radi)

ra in maniera uniforme, rispetto a superfici che vedono l'alternarsi di supporti diversificati di paglia e legno o paglia e derivati del legno, ed al fine di eliminare punti di discontinuità fra tamponamento e cordoli può essere successivamente steso uno strato di arelle di canne palustri. Tale soluzione è ad esempio adottata nel progetto di residenza realizzato a Saluggia, Vercelli, dove sono state risolte anche criticità derivanti dall'umidità di risalita capillare e da fenomeni di *splashback*, con l'uso basamentale di sughero (*berghisystem*). Questo materiale svolge il ruolo di strato drenante, pur garantendo un'ottima prestazione isolante, in perfetta coerenza con lo spirito ecologico dell'intera costruzione.

Le balle di paglia sono impiegate anche come isolante in copertura.

Nella soluzione adottata a Sant Pere de Vilamajor, un pannello ligneo di X-Lam di 70 mm di spessore, utilizzato come struttura portante, viene completato da un cappotto esterno. Questo rivestimento è formato da: intonaco esterno in malta di calce (spessore 30mm) con pittura a base silicea; pannelli con orditura verticale in bambù, assicurata al pannello strutturale con cavi in polietilene; balle di paglia con dimensione 35x45 cm; rete in fibra di juta.

Infine, nella tecnica LOAD BEARING le balle costituiscono la struttura portante. La parete ha uno spessore che arriva fino a 90-100 cm ed è composta da balle

di paglia pressata che vengono posate per sovrapposizione come una muratura tradizionale e legate con nastri tesi in polietilene. Un esempio emblematico, anche per il risultato espressivo del progetto, sono le case per vacanza a Lana, Bolzano (progetto: architetti Margareta Schwarz e Werner Schmidt; realizzazione 2006). Sono state qui impiegate *jumboballen* di dimensioni 80x220x80 cm. Le grandi dimensioni sono necessarie affinché la muratura sia adeguatamente pesante e resistente per garantire le opportune prestazioni strutturali.

Più in generale i sistemi con pareti portanti in balle di paglia sono composti da "mattoni *green*" di dimensioni comprese fra 40 e 90 cm.

Elementi distintivi di tutte le soluzioni sono la riduzione dei costi e dei tempi di realizzazione. Durante la posa delle balle di paglia è fondamentale monitorare il valore di umidità da mantenere, che sarà attorno al 16.5% misurato su base umida.

Le pareti divisorie interne maggiormente compatibili con questa tecnologia possono essere realizzate in cartongesso oppure, ancora più in armonia con il resto della struttura, in pannelli di paglia pressata e cartone o con blocchi di calce e canapa.

Riferimenti normativi

La normativa Italiana, attualmente, non fornisce indicazioni precise per l'utilizzo delle balle di paglia co-



Fig. 10 – Edificio residenziale a Saluggia, Vercelli (2013). Progetto: arch. Maurizio Macri e arch. Stefania Mancuso. Pianta piano terra e vista virtuale del fronte Sud, con il bow window-serra (© arch. M. Macri e arch. S. Mancuso; planimetria rielaborata da V. Radi)

me materiale da costruzione, sia esso impiegato come tamponamento, sia come sistema strutturale. Perciò gli adempimenti autorizzativi possono avere leggere variazioni caso per caso.

Ciò che risulta necessaria, in generale, è l'adeguatezza del materiale al d.P.R. 246/93 relativamente alla conformità agli indicatori richiesti per la marcatura CE ⁽³⁾, che viene soddisfatta con un'autocertificazione di conformità da parte del direttore dei lavori. Questo perché la paglia non è un materiale per cui esistono norme armonizzate. La dichiarazione da presentare si basa sui valori richiesti dalla norma e risultanti da test e certificazioni attuati in altri paesi o dichiarati in studi e pubblicazioni scientifiche ⁽⁴⁾.

Interviste a diversi studi di progettazione, specializzati nella realizzazione di edifici con balle di paglia con funzione di tamponamento ⁽⁵⁾, che operano nelle regioni Marche, Piemonte, Toscana e Umbria, confermano la semplicità di presentazione e approvazione di progetti con l'uso di questa tecnologia. Dal confronto con i progettisti che operano nella regione Marche è emerso inoltre che, in ragione delle elevate prestazioni che la paglia è in grado di garantire grazie al soddisfacimento di tutti i parametri di sostenibilità ed efficienza energetica, può essere interessante integrare alla richiesta del titolo abilitativo quanto ri-

chiesto nella l.r. n.14 del 17 giugno del 2008 *Norme per l'edilizia sostenibile* con l'applicazione del *protocollo Itaca regione Marche* nella sua versione integrale. Questo permette di scomputare il contributo sugli oneri di urbanizzazione secondaria e sul costo di costruzione fino al 100%, proporzionalmente al punteggio raggiunto dal progetto. Inoltre è concesso un incremento di volume. È ammessa deroga alla distanza dal confine, con l'applicazione dell'art. 11 del d.lgs. 115/2008 che permette una riduzione dello standard fino ad una quota minima di 4,75 m. La ragione è evidente, dal momento che non si tende a conteggiare lo spessore d'involucro esterno oltre i 30 cm per una quota di 25 cm, quando finalizzato al miglioramento delle prestazioni energetiche dell'edificio. Consentendo, come conseguenza, un incremento volumetrico nel conteggio a fini urbanistici. La tolleranza di 25 cm è prevista anche per le coperture, mentre è di 15 cm per i solai interpiano.

La paglia nella normativa vigente è dunque ammessa facilmente come materiale di tamponamento ⁽⁶⁾.

Solo con un *iter* lungo e oneroso che richiede l'acquisizione di un *Attestato di idoneità tecnica all'impiego* acquisibile presso il *Servizio tecnico centrale del consiglio superiore dei lavori pubblici* può essere tuttavia utilizzata anche come materiale con valenza struttu-

rale. Questo è necessario perché la normativa vigente (d.m. 14 gennaio 2008 *Norme tecniche sulle costruzioni*) non prevede la paglia fra i materiali a finalità strutturale, cioè impiegati ad esempio come avviene con le tecniche LOAD BEARING ⁽⁷⁾. In Spagna, invece, per questa tecnica sono ammesse soluzioni non normate, purché vengano assicurate le garanzie prestazionali di carattere strutturale del materiale, verificandole attraverso saggi di carico in cantiere. Si tratta però di processi più facilmente applicabili nella realizzazione di case private in autocostruzione ⁽⁸⁾.

Processi in autocostruzione

La possibilità di autocostruzione della propria abitazione è una delle prime prerogative che induce alla scelta dell'uso della paglia ⁽⁹⁾, soprattutto se si è attratti da uno stile di vita di totale sostenibilità, perché in grado di coinvolgere direttamente l'intero nucleo familiare nella creazione in autonomia della propria casa (ovviamente sempre con l'assistenza di tecnici specializzati nel coordinamento del cantiere e della sicurezza). Ciò avviene con facilità poiché tutti i materiali utilizzati si montano "a secco" e con componenti per lo più facilmente gestibili e lavorabili manualmente visti i loro ridotti pesi e dimensioni. A questo si unisce la salubrità di tutte le finiture che sono di origine naturale e non sono nocive al contatto diretto con il corpo, in tutte le diverse fasi di lavorazione.

Approfondimenti sul comportamento prestazionale

Come dimostrano i progetti qui documentati, i vantaggi nell'uso della tecnologia delle balle di paglia sono molteplici.

Consentono di raggiungere un ottimo isolamento termico, avendo la paglia un λ di 0,045 W/mK. Unitamente all'uso della terra cruda si realizzano così edifici freschi in estate e caldi in inverno. Questo grazie anche all'elevato livello di sfasamento che si raggiunge in virtù della massa termica che connota le fibre vegetali e di quella aggiunta dalla malta. Oltre a garantire una temperatura interna ideale in estate e in inverno, la traspirabilità propria dei materiali naturali e l'effetto igroregolatore dell'intonaco di argilla garantiscono anche un livello di umidità relativa interna compreso tra il 50 e il 70%. La continuità e lo spessore dell'isolamento unitamente alla sua capacità di respirare riducono drasticamente la formazione di ponti termici e la proliferazione di muffe.



Fig. 11 – La soluzione tecnica adottata unisce una struttura in travi-pilastri e platform frame a balle di paglia posate per filari orizzontali o verticali interposti alla struttura stessa. Le prestazioni energetiche delle pareti sono le seguenti: muri $U = 0,128 \text{ W/m}^2\text{K}$, pavimento $U = 0,143 \text{ W/m}^2\text{K}$, tetto $U = 0,141 \text{ W/m}^2\text{K}$, finestre $U = 0,850 \text{ W/m}^2\text{K}$, lucernai $U = 0,938 \text{ W/m}^2\text{K}$. Nel certificato di prestazione energetica della regione Piemonte, con un EPI pari a 13,66 kWh/m²a, la costruzione è classificata in classe energetica A+ (© arch. M. Macri e arch. S. Mancuso)



Fig. 12 – Applicazione di stuoie di canne palustri per uniformare i punti di discontinuità materica (immagine in alto) e soluzione tecnica con sughero (immagine in basso) per la protezione contro l'umidità di risalita delle balle di paglia che in corrispondenza dell'attacco a terra, vengono rialzate (© arch. M. Macri e arch. S. Mancuso)

Sotto il profilo energetico-ambientale, con le balle di paglia si realizzano *CO₂ zero emission building*, sia per la natura e la facile reperibilità del materiale, sia per le prestazioni energetiche conseguibili in esercizio.

Si ottengono facilmente sistemi costruttivi con una resistenza al fuoco pari a R90 e con un efficace comportamento acustico. La paglia, se correttamente utilizzata, protetta e mantenuta non deperisce e può avere un'elevata durabilità, anche oltre i 100 anni.

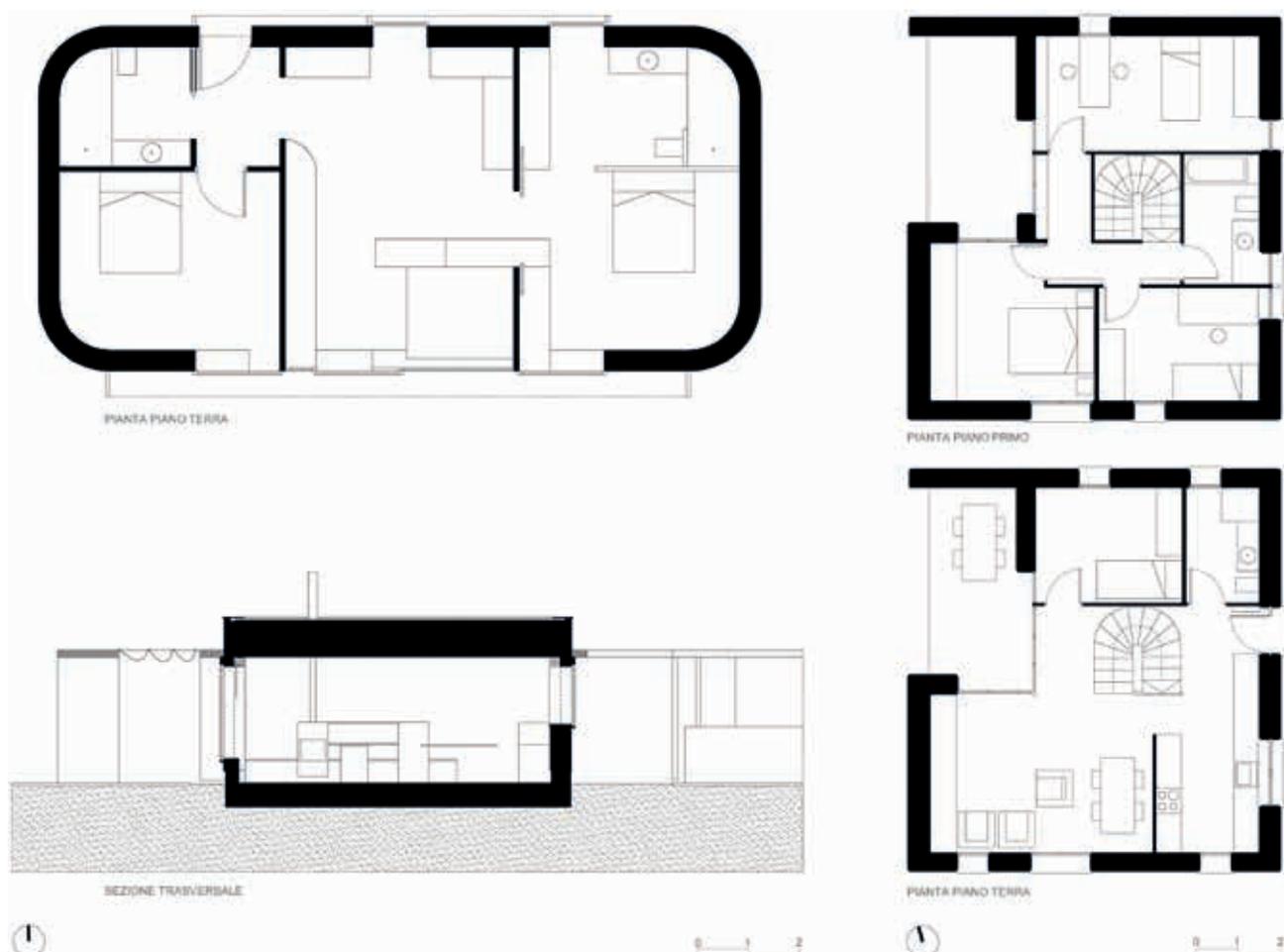


Fig. 13 – Edifici residenziali a Sant Pere de Vilamajor, Barcellona, Spagna (2014), pianta piano terra e sezione trasversale (immagini a sinistra), e a Gariguella, Girona, Spagna (2009), pianta piano terra e piano primo (immagini a destra). Progetto: arch. Valentina Maini (disegni concessi da: arch. V. Maini; rielaborati da V. Radi)

Una riflessione conclusiva

I sistemi costruttivi in balle di paglia potrebbero, come già ricordato, essere applicati diffusamente anche nel caso di ristrutturazioni ed ampliamenti, dal momento che si tratta di una tecnologia “leggera” (specialmente quella GREB) e per lo più “a secco” (quindi reversibile e poco invasiva), come pure particolarmente resistente al sisma se integrata con struttura portante in legno. Altrettanto idonei tali sistemi si dimostrano per opere di carattere temporaneo. In caso di dismissione e smontaggio, il processo di smaltimento o di riuso dei componenti è piuttosto agevolato ed ambientalmente sostenibile, viste le caratteristiche fisiche dei materiali e quelle di assemblaggio del sistema.

Note

⁽¹⁾ Cfr. BOCCO GUARNIERI A., *Werner Schmidt. Architekt. Ecology craft invention. Ökologie handwerk erfindung*, AMBRAIV, Vienna, Austria, 2013.

⁽²⁾ Acronimo di *Groupe de Recherches Ecologiques de la Baie*, una tecnica introdotta in Canada nei primi anni Novanta, in sostituzione della tecnica Gagnè, sviluppata sempre in Canada nel 1982 e dove la paglia e la malta in cemento (che forma un reticolo di giunti orizzontali e verticali) concorrono al ruolo strutturale del sistema. La tecnica GREB, invece, utilizza una struttura in legno cui affidare la resistenza statica, salvo lasciare alla malta un’azione controventante. Questa tecnica verrà introdotta in Italia con la variazione del sovradimensionamento del telaio ligneo integrato con controventi metallici, per evitare che vengano considerati collaboranti la paglia e la malta

ai fini dei calcoli statici, come prevederebbe invece la tecnica originaria, nel rispetto della normativa vigente.

⁽³⁾ Requisiti necessari per ricevere la marchiatura CE: resistenza meccanica e stabilità, sicurezza in caso di incendio, igiene, salute e ambiente, sicurezza nell'impiego, protezione contro il rumore, risparmio energetico e ritenzione di calore. Rispettivamente di competenza del Consiglio superiore dei Lavori pubblici, del Centro studi ed esperienze dei vigili del fuoco e del Ministero delle attività produttive per le altre quattro categorie. Fonte: associazione Edilpaglia, www.edilpaglia.it.

⁽⁴⁾ In particolare si certificano le caratteristiche di resistenza al fuoco della paglia affidandosi a test eseguiti in Germania e Francia. Infatti, in Germania le balle di paglia con una resistenza al fuoco di R90 (classe di costruzione DIN 4102-B2) certificato Z-23.11-1595 DIBT-DE. Dato fornito da: arch. Michele Ricci e ing. Giovanna Nardini.

⁽⁵⁾ Ci si riferisce in particolare a: arch. Michele Ricci e ing. Giovanna Nardini, arch. Maurizio Macrì e Stefania Mancuso e Studio Filo di paglia.

⁽⁶⁾ Dove siano verificati i fondamentali requisiti di isolamento acustico, di resistenza al fuoco e di staticità.

⁽⁷⁾ Fonte: associazione Edilpaglia, www.edilpaglia.it.

⁽⁸⁾ Questo perché per abitazioni in vendita, per edifici pubblici e per l'operato di tecnici e costruttori le assicurazioni non coprono il rischio d'investimento. Pertanto ne rimane più difficile l'utilizzo.

⁽⁹⁾ Maggiormente fattibile con le tecniche in cui vengono impiegate balle di piccole dimensioni, mentre in caso di adozione di *jumboballen* è strettamente necessario l'uso di attrezzature meccaniche di movimentazione.

Fig. 14 – Sezione costruttiva parete Nord e Sud. Legenda:

1) solaio di copertura: pannello multistrato X-LAM KLH 120 mm; pannello isolante in truciolato di legno Thermosafe 60 mm; pannello isolante in truciolato di legno Multiplex Top 20 mm; guaina impermeabilizzante Solitex 1,5 mm; doppia orditura in listelli di pino trattato classe 4 70 mm.

2) facciata Nord e Sud: intonaco esterno in malta di calce 30 mm minimo e pittura a base silicea; orditura verticale in bambù con diametro di 20 mm, fissata con cavi in polietilene al pannello strutturale; balle di paglia con densità 110 kg/m³ e dimensione 350x450 mm; pannello multistrato X-LAM KLH 70 mm; rete in fibra di juta fissata sui pannelli con orditura.

3) infissi esterni: serramenti in legno lamellare con scuri interni.

4) solaio piano primo: pannello multistrato X-LAM KLH 120 mm; isolamento Thermofloor 21 mm; pavimento in legno di larice 18 mm.

5) solaio piano terra: pannello multistrato X-LAM KLH 120 mm; isolamento Thermosafe 60 mm; isolamento Thermofloor 21 mm; pavimento in legno di larice 18 mm.

6) piano di ancoraggio alle fondazioni: l'intradosso del solaio in legno è sollevato di 30 cm dal terreno, con trattamento biocida; dormiente con sezione 100x220 mm classe C18 o superiore e tirafondi 7/180 ogni 15 cm.

7) pilastri di fondazione: palo in legno massello con diametro in punta di 20 cm; il legno è trattato per la Classe di rischio ed uso 4 e si utilizza pino silvestre o equivalente, escludendo specie tropicali o rare; l'ancoraggio tra il pilastro e la trave di sostegno superiore è effettuato mediante quattro viti 7/200 su ogni pilastro.

8) scavo di fondazione: ha un diametro minimo di 60 cm e viene scavato fino al terreno consolidato; in ogni caso la profondità minima dello scavo è di almeno un metro. L'ancoraggio tra il pilastro e le fondamenta di cemento è eseguito mediante dieci tirafondi 8/200 distribuiti uniformemente.

9) Magrone.

10) conclusione della facciata con profilato a "L" in alluminio 30 mm, per la protezione dell'intonaco (disegni concessi da: arch. V. Maini; rielaborati da V. Radi).

