



Verso l'economia circolare: tracciabilità dei manufatti in Compositi Fibro Rinforzati  
Krožni ekonomiji naproti: sledljivost izdelkov iz kompozitov, ojačanih s steklenimi vlakni  
Towards the Circular Economy: The Traceability of Fibre Reinforced Composite Products

## Nuove applicazioni per materiali compositi rinforzati con fibre riciclate nel settore dell'edilizia

Giorgio Betteto<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Gees Recycling Srl - Via Monte Colombera 22 AVIANO Italy (geesretracking@gmail.com)

### SOMMARIO

Il settore dell'edilizia utilizza grandi quantità di pannelli per ponteggi e casseforme. Attualmente, questi pannelli sono realizzati principalmente in legno, legno-metallo, fibra di vetro-metallo o tutti i materiali metallici. Nessun materiale a contenuto riciclato viene utilizzato anche se la maggior parte dei paesi dell'UE ha adottato piani di approvvigionamento verde che privilegiano i prodotti a economia circolare. Nell'articolo mostriamo i vantaggi dell'utilizzo di materiali compositi rinforzati con fibre riciclate congiuntamente a un sistema di tracciamento incorporato, prodotti sviluppati da Gees Recycling Srl e Infodata Srl.

---

### INTRODUZIONE

---

Mezzo secolo di produzione di compositi rinforzati con fibre (FRC) ha generato 80 milioni di tonnellate di prodotti destinati a raggiungere la fine della loro vita di servizio senza soluzione di riciclaggio efficienti. Dall'inizio degli anni '60, la produzione di fibra di vetro è stata un fattore dominante nel campo della produzione di massa ed è stata utilizzata in vari settori industriali a causa dei suoi bassi costi di produzione. I FRC stanno ottenendo un'importante applicazione nei settori dell'edilizia, medico, automobilistico, aeronautico e marittimo sostituendo materiali tradizionali come alluminio e acciaio. Il riciclaggio di questi FRC nella fase di fine vita è un ulteriore passo avanti verso il raggiungimento della sostenibilità.

L'attività di costruzione viene sempre svolta in ambiente, dove acqua, eventi meteorologici, sporco e materiali da costruzione, come malte e cemento, creano corrosione chimica. La grande adozione del cemento armato richiede assolutamente l'uso di casseforme, da semplici come 4 assi di legno, inchiodate insieme, a complesse strutture autolivellanti. Tutte queste applicazioni hanno bisogno di pannelli che resistano alle forze, resistano all'acqua e alle condizioni meteorologiche e non arrugginiscono troppo presto o sono corrosi dai materiali da costruzione. I pannelli per passerelle e pavimenti sono necessari anche nei ponteggi. A volte vengono utilizzati gli stessi prodotti per la cassaforma, a volte vengono utilizzati prodotti specifici a basso costo.

In questo articolo vengono presentate nuove applicazioni di FRP riciclati in ponteggi e casseforme. Gees Recycling con una tecnologia innovativa può offrire un materiale in grado di risolvere i problemi, essere competitivo con i materiali vergini e offrire un futuro di economia circolare a questo.

L'impalcatura (Fig. 1) è definita come una struttura di pali di metallo e assi di legno appoggiati a un edificio su cui i lavoratori possono salire quando vogliono raggiungere le parti superiori dell'edificio (dizionario di Cambridge). I ponteggi richiedono pannelli con una buona resistenza alla flessione, capacità di sopportare forti urti e necessità di superficie antiscivolo. I prodotti ampiamente utilizzati sono profili in acciaio stampato e profili compositi pultrusi. Tavole di legno (Fig. 2), tavole di compensato e normali tavole di legno sono utilizzate in particolare nel nord Europa, dove gli aspetti della corrosione sono molto presenti.



Figura 1: ponteggi ([www.peri.com](http://www.peri.com))



Figura 2: impalcature di legno ([www.woodguide.org/](http://www.woodguide.org/))

Cassaforma (Fig. 3 e Fig. 4) è il termine usato per il processo di creazione di uno stampo temporaneo in cui viene versato e formato il calcestruzzo. La cassaforma tradizionale è fabbricata con legno, ma può anche essere costruita in acciaio, plastica rinforzata con fibra di vetro e altri materiali. La cassaforma è un'attività più complessa delle impalcature e il numero di diverse soluzioni industriali utilizzate in queste applicazioni è molto elevato, dalle semplici strutture in legno di assi alle casseforme metalliche modulari fino alle casseforme speciali progettate e costruite su misura. La maggior parte dell'uso è tuttavia condivisa tra casseforme modulari a base di legno, legno vergine laminato o compensato fenolico e strutture metalliche, con facce di fogli di metallo, compensato o fibra di vetro.



Figura 3: cassaforma in legno ([www.construire.it](http://www.construire.it))



Figura 4: Cassaforma in metallo compensato ([www.ceta.it](http://www.ceta.it))

I pannelli in legno e compensato utilizzati nelle impalcature e nelle casseforme sono più flessibili in uso, potrebbero essere tagliati e scanalati per adattarsi, fissati con viti o chiodi, ma questo significa un uso intenso della forza lavoro. I pannelli modulari in metallo sono più veloci da installare, utilizzando le loro attrezzature specifiche e proprietarie, questo non rende possibile adattarsi alle modifiche richieste dal cantiere.

I principali problemi di utilizzo nel tempo derivano dall'azione dell'acqua e degli agenti atmosferici che degradano il legno e i materiali a base di legno, la corrosione chimica da malte, sali e cemento. Esiste una richiesta sul mercato di prodotti alternativi, che potrebbero offrire proprietà di resistenza unite a durabilità e competitività.

---

### PROCESSO E RISULTATI

---

Dopo i test con cloruro di polivinile (PVC) e fogli di gomma riciclata (Fig. 5) che hanno mostrato buoni risultati che verranno sfruttati in diversi settori, è emersa un'interessante opportunità, quando una rinomata azienda di materiali compositi, Polmix Srl con sede a Busto Arsizio, pioniera nella produzione Sheet Molding Compound (SMC) e Bulk Molding Compound (BMC), ci hanno chiesto di trovare un'opzione di riciclaggio per SMC e BMC non induriti con specifiche fuori specifica. Questi materiali rinforzati con fibre potrebbero essere lavorati nella nostra linea di riciclaggio poiché i parametri di polimerizzazione, il calore e la pressione, non sono così diversi.



Figura 5: Materiale in fibra riciclata (RFM) co-stampato a sinistra e gomma riciclata, RFM e SMC co-stampato a destra (Gees Recycling, 2020)

Abbiamo scelto di realizzare un pannello medio-leggero, densità 550-600 kg / m<sup>3</sup> (paragonabile al compensato) utilizzando una miscela selezionata di rifiuti di fibra di vetro da laminato e schiuma espansa rigida da materiali di base, elaborati per ottenere pannelli di 2,3 x 1 m con diverso spessore, aggiungendo uno strato di SMC. Prove di co-stampaggio del foglio SMC su un lato, coprendo l'altro con granulato RFM, hanno mostrato una buona operatività, perfetta adesione con totale continuità tra i due materiali (Fig. 6).



Figura 6: strato di SMC (bianco) co-stampato su RFM (Gees Recycling, 2019)

La forza e le prestazioni del panel sono regolate da diverse norme, compresi i quaderni tecnici italiani per cantieri temporanei o mobili (Rossi et al., 2018). Le più ampie sono EN 12810-12811 1 e 2 (Tabella 1) in cui sono mostrate le classi di carico secondo EN-12811-1. In Fig. 7 sono mostrati i tipi di prove di carico richieste. Questi requisiti sono importanti, i prodotti in legno normalmente raggiungono la classe 2, le classi superiori richiedono pannelli in metallo o continuamente supportati con travi a I.

Tabella 1: Classi di carico secondo EN-12811-1 (Fonte: norme Euro)

Classe di carico	UDL (kN/m <sup>2</sup> )	Carico concentrato (500x500mm)	Carico concentrato (200x200mm)	Area di carico parziale (kN/m <sup>2</sup> )	Fattore di carico parziale
1	0.75	1.5	1	-	-
2	1.5	1.5	1	-	-
3	2.0	1.5	1	-	-
4	3.0	3.0	1	5.0	0.4
5	4.5	3.0	1	7.5	0.4
6	6.0	3.0	1	10.0	0.5

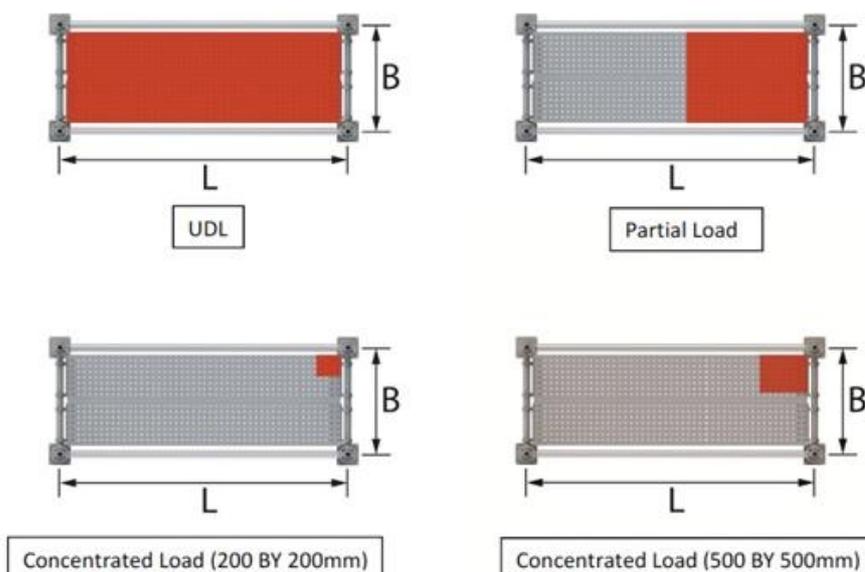


Figura 7: tipo di test di carico richiesto (Fonte: norme Euro)

I pannelli FRC riciclati RFM® Recomplax possono soddisfare questi requisiti (Fig. 8). Ma poiché è stata espressa la richiesta di una superficie continua, antiscivolo per ponteggi, lucida o gofrata per casseforme, è stata effettuata la ricerca per combinare in un unico passaggio di produzione materiali compositi riciclati con un film continuo, realizzato con materiali polimerici, per l'acqua e requisiti di resistenza alla corrosione.



Figura 8: nessuna deflessione con un uomo di 100 kg (Gees Recycling, 2019)

Le prove sono state fatte anche aggiungendo piccole strisce di SMC non polimerizzate alla miscela RFM, per sfruttare le elevate quantità di guarnizioni che derivano dallo stampaggio delle parti. I risultati sono molto promettenti. I pannelli possono avere una superficie liscia e lucida a scelta o potrebbero essere in rilievo per ottenere motivi decorativi (Fig. 9). Questo potrebbe essere ottenuto in modo semplice e veloce durante il co-stampaggio, potrebbe essere fatto anche per piccole serie di produzione.

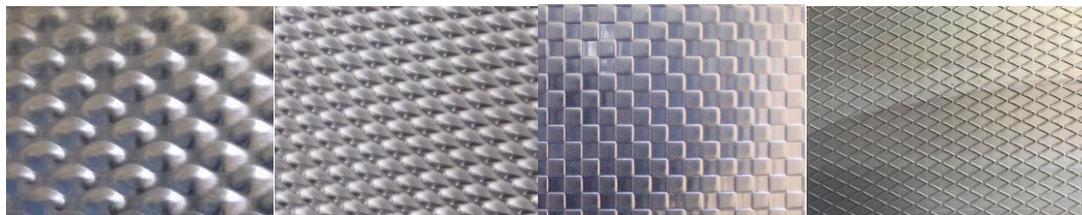


Figura 9: diversi tipi di superfici (Gees Recycling, 2019)

I test effettuati mostrano che i pannelli possono essere avvitati con ottime proprietà di ritenzione delle viti, i chiodi possono essere utilizzati su pannelli a densità inferiore. Questo non è comunque un metodo di fissaggio consigliato. I pannelli possono essere rapidamente tagliati con seghe rotanti o alternative, allo stesso modo dei pannelli di legno. Si consiglia di utilizzare lame in metallo duro.

Un altro problema è il furto di parti e pannelli. In passato i chip RFID erano già stati inseriti nei pannelli come test con la condizione che la superficie fosse piatta. Un'altra opzione utilizzata per il collegamento di RFID è stata l'avvitamento sul lato del pannello, il che ha creato problemi con la gestione del pannello. Il nostro sistema, in cui l'RFID è incorporato nel pannello, ha risolto la maggior parte di questi problemi. Le difficoltà di collegare i sistemi RFID sui pannelli o all'interno dei pannelli è uno dei motivi per cui questi sistemi di localizzazione non sono più utilizzati. Diverse aziende hanno provato e non sono riuscite a farlo.

---

## CONCLUSIONI

---

Il processo di co-stampaggio di compositi per stampaggio di fogli e materiali di fibre riciclate potrebbe portare a nuovi pannelli totalmente riciclati, offrendo nuove opportunità di riciclaggio ai composti

polimerici di stampaggio di fogli non stampati e di stampaggio sfuso. I pannelli sono in grado di testare, ma le prove empiriche hanno mostrato più che buone prestazioni. Un altro fatto importante è che è ancora possibile incorporare tag RFC e NFC nei pannelli, rendendo così l'inventario automatizzato e il controllo un'opportunità molto interessante nel campo dell'edilizia. La combinazione di compositi riciclati e poliestere / resina epossidica non indurita mostra uno sviluppo più che promettente per una costruzione di edifici più efficiente e sostenibile. Con l'installazione di chip RFID i pannelli verrebbero conteggiati in pochi secondi e il monitoraggio per i clienti diventa facile, riducendo le perdite per furti.

---

## RINGRAZIAMENTI

---

Vorremmo riconoscere il Dott. M. Rondanini e G.Landonio, di Polmix Srl in questa ricerca e sviluppo. L'articolo è stato preparato nell'ambito del progetto RETRACKING, cofinanziato nell'ambito del programma di cooperazione Interreg V-A Italia-Slovenia 2014-2020 del Fondo europeo di sviluppo regionale.

---

## LETTERATURA

---

European Standards EN 12810-1 EN 12810-2 EN 12810-3

Rossi, L., Fabiani, F.M. e Svampa, D.G. (2018). Quaderni Tecnici per i cantieri temporanei o mobile. Rome: Inail.

---

## DOVE TROVARCI

---

W: [www.ita-slo.eu/retracking](http://www.ita-slo.eu/retracking)

E: [retracking@gzs.si](mailto:retracking@gzs.si) (SI), [enrico.pusceddu@polo.pn.it](mailto:enrico.pusceddu@polo.pn.it) (IT)

Twitter: [twitter.com/RInterreg](https://twitter.com/RInterreg)

FB: [www.facebook.com/RetrackingInterreg](https://www.facebook.com/RetrackingInterreg)

LinkedIn Group: [www.linkedin.com/groups/12147013](https://www.linkedin.com/groups/12147013)

### Project partners:

