POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale

in Architettura per il Progetto Sostenibile

Tesi di Laurea Magistrale

“MAST - Mattoni in Argilla con Scarti Tessili: eco-prodotti edilizi verso un' economia circolare”

Relatore
Prof. Elena Montacchini

Correlatore
Arch. Silvia Tedesco

Candidato
Laura Giusto

Anno Accademico
2017/ 2018

Ringrazio

La Prof. Elena Montacchini per avermi guidato con attenzione alla stesura della Tesi e per avermi fatto appassionare alla Tecnologia dell'Architettura.

L' Arch. Silvia Tedesco che ha saputo indirizzarmi e ispirarmi a nuove prospettive di ricerca con suggerimenti e validi consigli.

Il Dott. Pier Luigi Carena e il Sig. Bruno Chiara della Fornace Carena, e il Sig. Alessandro Avenati della FIDIVI Tessitura Vergnano, per la loro collaborazione, disponibilità e cortesia per la realizzazione della sperimentazione descritta nella Tesi.

I miei amici di sempre, Verdiana, Beatrice, Gabriele, Giulio, Emanuele, Davide e Riccardo, per la loro costante presenza durante il mio percorso di studi.

I miei genitori Rosella e Michele, mia sorella Cristina, i miei zii Loredana e Giorgio, a cui devo tutto il calore familiare che mi ha sempre sostenuto in ogni momento del mio percorso di studi.

INDICE

Abstract.....p.6

Introduzione.....p.8

A.1 - Il contesto dell'architettura sostenibile: inquadramento.....p.9
A.2 - Obiettivi e metodologia della ricerca.....p.10
A.3 - Lo sviluppo delle tematiche.....p.11

Parte I - Verso un'economia circolare.....p.16

1.1 - Introduzione.....p.17
1.2 - Dall'economia lineare all'economia circolare.....p.18
1.3 - Il nuovo modello dell'economia circolare: origini e potenzialità.....p.19
1.4 - Ricerca e definizione dell'economia circolare.....p.20
1.5 - Iniziative e incentivi.....p.22
  1.5.1 - Il contesto internazionale: norme e proposte.....p.22
  1.5.2 - Il contesto europeo: il nuovo concetto di rifiuto.....p.23
  1.5.3 - Il contesto italiano: nuovi obiettivi comuni.....p.24
1.6 - La simbiosi industriale.....p.26
1.7 - Ellen MacArthur Foundation: un progetto per le industrie tessili.....p.27
1.8 - La diffusione dell'economia circolare: l'impiego degli scarti tessili in edilizia.....p.30
1.9 - Impatti ambientali del settore edile: i benefici e lo sviluppo di un'economia circolare.....p.32
1.10 - Potenzialità e possibilità di ricerca e sviluppo in un territorio circoscritto.....p.34

Parte II - Il territorio dell' Altopiano di Poirino e le sue risorse.....p.35

2.1 - Chieri e la cultura del tessuto: inquadramento territoriale.....p.36
2.2 - Il tessile a Chieri: lo sviluppo storico.....p.37
  2.2.1 - Il XIII secolo.....p.37
  2.2.2 - Il XIV secolo.....p.38
  2.2.3 - Il XV secolo.....p.39
  2.2.4 - Il XVI secolo.....p.40
  2.2.5 - Il XVII secolo.....p.41
  2.2.6 - Il XVIII secolo.....p.42
  2.2.7 - Il XIX secolo.....p.43
  2.2.8 - Il XX secolo.....p.44
2.3 - Il museo del tessile di Chieri.....p.45

2.4 - La lavorazione del tessuto: oggi.....p.48
2.5 - Le industrie tessili sul territorio chierese.....p.52
2.6 - Altre industrie sul territorio Chierese e dell'Altopiano di Poirino.....p.57
2.7 - FIDIVI: una lavorazione innovativa del tessuto.....p.60
2.8 - La tradizione dell'argilla di Cambiano: inquadramento territoriale.....p.62
2.9 - La storia e la tradizione di Cambiano.....p.63
2.10 - L'impronta storica dell'argilla: la Fornace Carena.....p.64
2.11 - Fornace Carena: produzione e innovazione.....p.65
2.12 - Le Fornaci del Pianalto.....p.73

Parte III - Creare una simbiosi industriale.....p.76

3.1 - Origini e definizione della simbiosi industriale.....p.77
3.2 - I Distretti di Simbiosi Industriale: analisi e definizione.....p.78
3.3 - I parchi eco-industriali: una tipologia in evoluzione.....p.80
3.4 - Le reti di simbiosi industriale: NISP ed ENEA p.82
3.5 - La simbiosi industriale nel settore edilizio: la reintegrazione delle materie prime secondarie (MPS).....p.83

Parte IV - Ricerca sperimentale di blocchi di laterizio con scarti tessili: metodologia.....p.85

4.1 - Obiettivi, premesse e metodologia di ricerca.....p.86
4.2 - Ricerca preliminare: pubblicazioni di prodotti edilizi innovativi a livello internazionale.....p.90
4.2.1 - Una review sulla combinazione dei blocchi di argilla con materiali di scarto.....p.90
4.2.2 - Studio di un blocco con cotone e carta riciclati.....p.93
4.2.3 - La formazione di lesioni interne al blocco di argilla: rinforzo con le fibre in poliestere.....p.94
4.2.4 - Uno studio per l'argilla tenera e le fibre del poliestere.....p.96
4.2.5 - Sperimentazione sui blocchi di argilla: aggiunta dei tessuti sminuzzati.....p.98
4.2.6 - Lo sviluppo della ricerca sui mattoni con scarti industriali tessili.....p.101
4.2.7 - Lo sviluppo tecnologico di un pannello isolante termico in fibra di poliestere riciclato.....p.104

Parte V - Ricerca sperimentale di blocchi di laterizio con scarti tessili: elaborazione in Laboratorio.....p.107

5.1 - La sperimentazione del mattone con scarti di poliestere.....p.108
5.1.1 - I materiali impiegati.....p.109
5.1.2 - Fasi di Lavorazione.....p.116
5.1.3 - I risultati dei test di laboratorio.....p.130
5.1.4 - Osservazione e confronto dei valori ottenuti.....p.135
5.2 - Verifica dei risultati in relazione alla normativa.....p.137
5.2.1 - Dichiarazione dei Criteri Ambientali Minimi (CAM): definizione e dimostrazione.....p.137
5.2.2 - Verifica della normativa in relazione alla marcatura CE.....p.140

Conclusioni.....p.148

B.1 - Possibilità di sviluppo e problematiche da risolvere.....p.149
B.1.1. - Scenari e organizzazione della filiera industriale.....p.149
B.1.2. - Ipotesi per l'impiego di una macchina specializzata nello sminuzzamento dei rifiuti.....p.153
B.2 - Ipotesi per un progetto futuro.....p.155

Bibliografia.....p.156

Sitografia.....p.160

Normativa.....p.161

Abstract

La ricerca e lo sviluppo tecnologico nel settore edilizio hanno fatto enormi progressi negli ultimi decenni, allo scopo di organizzare e realizzare nuove strategie che rispettino i canoni dell'architettura sostenibile. Si tratta di incentivare soluzioni ottimali per risolvere le problematiche legate all'inquinamento ambientale: reperimento delle risorse, impiego di energia proveniente da fonti non rinnovabili, emissioni di gas e gestione dei rifiuti.
In questo contesto, la Tesi propone un'analisi preliminare sulle possibilità e le potenzialità che si possono ottenere dallo sviluppo del concetto di economia circolare nel settore edilizio industriale, partendo da una ricerca a livello internazionale, fino ad arrivare alla scala locale. Ciò che viene proposto è la realizzazione di una simbiosi industriale teorica, cioè una collaborazione tra aziende, caratterizzata dalla peculiarità di dare un valore aggiunto al rifiuto industriale e reimpiegarlo in un altro ciclo di produzione. La sperimentazione è stata sviluppata in un territorio circoscritto, in questo caso il Altopiano di Poirino - localizzato tra le province di Torino e Asti – in cui sono presenti due risorse che hanno un riscontro nel settore industriale: l'argilla e il tessuto. Con la collaborazione di due aziende produttrici, la *Fornace Carena* di Cambiano che realizza blocchi di laterizio forati e la *FIDIVI Tessitura Vergnano* di Poirino produttrice di tessuti tecnici in poliestere, è stato possibile ipotizzare la realizzazione di un blocco di argilla con l'aggiunta di scarti industriali tessili sminuzzati. La sperimentazione è stata svolta prevalentemente a mano e, utilizzando piccole quantità di materiale, tuttavia è stato possibile ottenere una campionatura sufficiente per trarre delle conclusioni fondate. Sono stati realizzati quaranta provini - mattoni pieni con dimensioni 120x60x30mm - con cinque miscelazioni diverse di impasto per valutare le sue prestazioni con differenti percentuali di concentrazione di tessuto sminuzzato: 0%, 1,5%, 3%, 4,5% e 6%, rispetto al peso dell'argilla umida. I provini sono stati realizzati seguendo il ciclo di produzione tradizionale della fornace e in seguito alla fase di cottura - 1050°C -, gli scarti dei tessuti vengono completamente bruciati, lasciando pori che potrebbero migliorare le prestazioni di isolamento termico. Successivamente sono stati svolti il test di resistenza a compressione e la misurazione della massa volumica, da cui è possibile ricavare il valore della conducibilità termica: tali dati sono stati posti a confronto per comprendere le possibilità di realizzazione del prodotto. A conclusione della sperimentazione si possono formulare alcune ipotesi per sviluppare una filiera in grado di impiegare gli scarti tessili nella lavorazione di un blocco di laterizio forato. Questo comporta una progettazione accurata di tutto il processo di lavorazione del blocco MAST (Mattone in Argilla con Scarti Tessili) in scala industriale, tenendo conto di tutte le fasi e dei macchinari aggiuntivi necessari alla produzione.

Abstract (english version)

Research and technological development in the building field have made enormous progress in the last decades, in order to organise and to implement new strategies which comply with the fees of sustainable architecture. It is necessary to promote the best solutions to solve the problems of environmental pollution: finding resources, use of energy from non-renewable sources, gas emissions and waste menagement.
In this context, the Thesis proposes a preliminary analysis about opportunities and potentialities may be obtained from development of concept of circular economy in the building-industry field, beginning from an international research, to a local level. What is being proposed is the realisation of a theorical industrial symbiosis, which is a cooperation between companies, chararacterised by particular properties to add value to industrial waste and reuse it in another production cycle. The experimentation was developed in a delimited area, in this case the Altopiano di Poirino – located between provinces of Turin and Asti – where there are two resources which are developed in industrial field: clay and textile. With the collaboration of the two companies, the *Fornace Carena* of Cambiano which produces hollow bricks and the *FIDIVI Tessitura Vergnano* of Poirino that produces a technical polyester textile, could be expected to make a clay brick with waste of textile industry. The experimentation was made mainly by hand and it was used a small quantity of materials, however could be obteined a sufficient sampling to draw conclusions. Fourty samples has been made – traditional bricks with dimensions of 120x60x30mm – with five different mixtures to understand thier performances with different concentrations of waste textile: 0%, 1,5%, 3%, 4,5% e 6%, related to weight of wet clay. Samples was realized following traditional production cycle of the furnace and after the firing stage – 1050°C -, the waste textile are fully burned, leaving pores which could improve the performances of thermal insulation. Then were performed the crush strenght test and the measurement of the density, from which is possible to have the value of thermal conductivity: these were compared to understand the possibilities of production. In conclusion it could elaborate a new hypothesis to develope an industrial production chian which uses waste textile in the production of hollow clay brick. This means a careful planning of the all production of the block MAST on industrial scale, taking into consideration all steps and all addictional machines for the new production.

INTRODUZIONE

Introduzione

A.1 - Il contesto dell'architettura sostenibile: inquadramento

La ricerca e l'acquisizione delle risorse impiegate nella realizzazione di materiali da costruzione, sono questioni che hanno origini antiche e ancora oggi sono oggetto di dibattiti. Lo sviluppo tecnologico ha fatto rapidi e notevoli progressi in un arco di tempo molto breve, grazie a innovazioni scientifiche e tecnologiche che pongono il benessere e il comfort umano tra gli obiettivi principali a cui fare riferimento. Nel corso degli ultimi anni vengono continuamente raffinati tali obiettivi per ottenere una progettazione edilizia che rispetti i canoni riguardanti l'*architettura sostenibile*. Questa tematica, ampiamente discussa si fonda su cinque *macro - argomenti* che la definiscono, dette anche *le cinque E*: *Etica, Estetica, Economia, Ecologia ed Energia*. Sono tutte componenti che devono essere messe in relazione per ottenere un equilibrio nella progettazione di un'*edilizia sostenibile*.

Lo sviluppo della tecnologia impiegata nell'edilizia, assume il ruolo di *strumento* in grado di controllare e prevedere gli impatti ambientali: la scienza dei materiali viene continuamente aggiornata, proponendo nuove ed innovative soluzioni per migliorare le prestazioni di un edificio, non solo in fase d'uso, ma anche in tutto il suo ciclo di vita, compresa la sua dismissione e/o demolizione. La necessità di avere un quadro completo delle emissioni di gas e degli impatti ambientali provocati dalla costruzione di un edificio, ha avviato lo sviluppo di nuove ricerche che valutano le possibilità per ridurre gli impatti ambientali.

Negli ultimi decenni il sistema di produzione di materiali edilizi, impiegato maggiormente, segue un modello economico di tipo *lineare*, che realizza prodotti edilizi in grandi quantità, producendo conseguentemente una notevole quantità di rifiuti, spesso dismessi in discarica o talvolta gettati in ambiente. Si tratta di un modello poco sostenibile in quanto aumenta lo spreco di materie prime e di energia; questa problematica dà l'opportunità di sviluppare un nuovo modello di economia, di tipo sostenibile, che possa coinvolgere gli enti a diverse scale, ovvero sia a livello globale sia locale.
L'indagine, condotta nella Tesi, è orientata a sviluppare l'idea di un nuovo modello di economia circolare, in cui sia possibile ipotizzare una simbiosi di tipo industriale. A livello internazionale e nazionale esistono già alcune iniziative volte a comprendere il maggior numero di aziende, nella prospettiva di ridurre gli impatti ambientali dovuti al processo di lavorazione dei prodotti edilizi e non edilizi. Si tratta di ideare una nuova strategia per utilizzare in modo efficiente le risorse reperibili sul territorio andando ad approfondire i concetti di recupero, riciclaggio e riuso, per regolare la produzione, la distribuzione e il consumo.

Il tema dell'economia circolare sarà analizzato in tutti i suoi aspetti, a partire dalle iniziative di alcune società internazionali che costituiscono un primo approccio per sensibilizzare la popolazione, fino ad una analisi più puntuale su un territorio specifico.

A.2 - Obiettivi e metodologia della ricerca

Le analisi, che vengono condotte sui cicli produttivi dei materiali, dimostrano l'importanza che ha la circolarità dei processi, in quanto viene incentivato il riciclaggio del rifiuto, fornendogli un valore aggiunto. In tal modo la ricerca sperimentale, non è solo orientata all'ottimizzazione delle prestazioni energetiche, ma si tratta anche di direzionare la ricerca verso la lavorazione di prodotti a basso impatto ambientale, che siano sostenibili sia per l'ambiente sia per l'uomo. L'economia circolare apre le porte a questa nuova tipologia di approccio, in cui la circolarità viene proposta nella catena produttiva industriale.

L'idea è di sviluppare la tematica dell'economia circolare su un territorio circoscritto: l'Altopiano di Poirino, situato a sud-est di Torino. In particolare verranno analizzate tre cittadine attive dal punto di vista industriale, ovvero Cambiano, Chieri e Poirino, in cui sono presenti due risorse che hanno un ampio riscontro nell'industria: il tessile e l'argilla. A partire dal loro sviluppo storico, saranno analizzate le risorse sopracitate per valutare la possibilità di organizzare una simbiosi industriale, che consiste nella collaborazione tra due aziende, in cui entrambe traggono un beneficio economico. (tale argomento sarà approfondito nei capitoli successivi).

La ricerca sviluppata nella Tesi propone di affrontare diversi obiettivi di carattere generale tra cui: la riduzione degli impatti ambientali dovuti alla produzione di rifiuti destinati alla discarica; trovare una strategia per unire le due risorse industriali del territorio per favorire la '*chiusura del cerchio*' dei processi produttivi; e raccogliere le informazioni necessarie per favorire il riuso e il riciclo delle Materie Prime Secondarie (dette MPS, sono i rifiuti industriali e non, che vengono reimpiegati in un nuovo processo produttivo, come materia prima). Da tutte le informazioni raccolte e le ricerche condotte a livello internazionale sugli elementi edilizi sperimentali, è stato possibile ideare un blocco di argilla con degli scarti industriali tessili.

La ricerca svolta per la stesura della Tesi, è stata suddivisa in tre parti:
- la ricerca preliminare delle informazioni riguardanti l'economia circolare e il suo sviluppo a livello internazionale e nazionale;
- la ricerca su una piattaforma *online* di articoli e *review* pubblicati su riviste internazionali, con le tematiche inerenti all'economia circolare, alla simbiosi industriale e successivamente allo sviluppo di blocchi sperimentali realizzati con diverse tipologie di rifiuto e diverse modalità;
- la realizzazione dei provini sperimentali dei Mattoni di Argilla con Scarti Industriali Tessili (MAST), con la gentile collaborazione di tre aziende (la *Fornace Carena* di Cambiano, la *Fornace Ballatore* di Villanova d'Asti e la *FIDIVI Tessitura Vergnano di Poirino*).

A.3 - Lo sviluppo delle tematiche

Attualmente il sistema economico è fondato su un modello lineare, in cui il prodotto, una volta realizzato e utilizzato dall'utenza, viene dismesso in discarica o smaltito in ambiente. Questo modello è controproducente poiché gli impatti negativi sull'ambiente e sull'uomo sono molteplici. Il passaggio ad un'economia di tipo circolare potrebbe risultare una soluzione strategica ottimale: il rifiuto verrebbe rivalutato e reintrodotto nel ciclo produttivo. Tuttavia per poter avviare questa transizione è necessario implementare la ricerca e l'innovazione tecnologica, in modo tale da favorire l'elaborazione di un nuovo *business* e la trasformazione del concetto di rifiuto in una risorsa di qualità.
L'*economia circolare* è un termine, definito nel 1990 dagli economisti ambientali David W. Pearce e R.Kerry Turner, [1] che nel corso del tempo ha subito trasformazioni e rinnovi, pur mantenendo due concetti fondamentali: la nuova funzione del rifiuto e la limitazione dell'uso delle risorse. Questa strategia è stata applicata da una fondazione privata, fondata in anni recenti, che si occupa della gestione dei sistemi di *business* delle industrie tessili, coinvolgendole nella strategia di sviluppo di un'economia circolare: la *Ellen MacArthur Foundation*.[2] La fondazione incentiva l'innovazione tecnologica per migliorare la fase di riciclaggio dei rifiuti tessili, per realizzare un prodotto di qualità, reimmettendoli nel processo produttivo. I benefici che si ottengo dallo sviluppo di un'economia circolare sono di carattere economico e ambientale, poiché essi rispondono agli obiettivi imposti dalla la stessa EMAF (*Ellen MacArthur Foundation)*: riduzione degli impatti ambientali, diminuzione delle emissioni di gas effetto serra, riduzione dell'uso di materiale vergine, diminuzione del quantitativo di sostanze pericolose per l'ambiente e per l'uomo, e la crescita economica.

Il reimpiego o il riciclo degli scarti del tessuto possono essere sviluppati anche nel settore edilizio: ci sono ricerche, molte delle quali pubblicate sulla rivista *Construction and Building Material*, [3] in cui questi scarti vengono utilizzati nella realizzazione di elementi edilizi, come ad esempio dei pannelli per l'isolamento termico a cappotto degli edifici. Queste sperimentazioni costituiscono un primo approccio all'economia circolare, per gettare le basi di una collaborazione tra aziende che operano in settori diversi: si tratta della realizzazione di una simbiosi industriale. Affinché quest'ultima sia potenzialmente realizzabile, è necessario condurre una ricerca approfondita delle risorse di un determinato territorio, comprendendone i valori, le tradizioni, ed in seguito trovare una soluzione che porti dei benefici e un valore aggiunto sia al territorio, sia alle aziende collaboratrici.

Come accennato nei capitoli precedenti, il territorio in cui verrà svolto un approfondimento con lo scopo di va-

---

[1] Institut Montaigne, *The circular economy: reconciling economic growth with the environment,* in «Policy paper», 2016, pp.7-9.
[2] Ellen MacArthur Foundation, *A new textiles economy: redesigning fashions'future,* 2017.
[3] Ana BRIGA-SÀ et al. , *Textile waste as an alternative thermal insulation building material solution,* in «Construction and Building Materials», 38 (2013), pp. 156-158.

lutare le possibilità di sviluppo di una simbiosi industriale, è il Altopiano di Poirino. La storia di questo territorio è stata economicamente influenzata da due risorse industriali: il tessuto l'argilla.

La tradizione della lavorazione del tessuto ha origine nel XIII secolo a Chieri, [4] il cui sviluppo economico ha permesso alla città di mantenere un certo privilegio nel corso dei secoli. La qualità delle stoffe era tale da poter rientrare nelle vie commerciali all'estero, in particolare in Francia. Con l'industrializzazione ci fu un periodo contrastato, in cui le grandi industrie tessili cominciarono a 'soffocare' le piccole aziende a conduzione familiare. In seguito ai due conflitti mondiali il tessuto chierese ha perso il 'titolo' di risorsa principale per l'economia della città. Tuttavia ancora oggi ci sono diverse industrie avviate, che producono del tessuto di ottima qualità, non solo a Chieri, ma anche nelle città confinanti, come ad esempio Poirino. Oggi il tessuto è un prodotto certificato e controllato in tutti i suoi aspetti, in particolare per le sue caratteristiche ignifughe, anti-abrasive e antibatteriche, per soddisfare i requisiti sanitari e di sicurezza. Tuttavia la problematica della produzione del tessuto è la dismissione dei rifiuti: non si tratta solo delle cimosse o degli sfridi, ma anche delle acque utilizzate nella fase di tintura.
Ci sono molte possibilità per reimpiegare gli scarti prodotti dalle industrie tessili, come viene proposto in un articolo di *Ecoscienza*,[5] dove vengono individuati alcuni scenari di destinazione finale: in tutti, il riciclaggio dipende dalla composizione stessa del rifiuto e da come si presenta. Infatti per poter progettare il riciclo degli scarti, bisogna assicurarsi che il materiale sia omogeneo; in caso contrario è necessario prevedere la raccolta e la divisione degli scarti.

L'azienda tessile coinvolta nella sperimentazione è la *FIDIVI Tessitura Vergnano* [6] di Poirino, specializzata nella realizzazione di tessuto tecnico monomaterico in poliestere. L'azienda pone già attenzione agli aspetti riguardanti la riduzione degli impatti ambientali, infatti in un' ottica di riuso dei rifiuti, alcuni scarti vengono acquistati da persone esterne, che li impiegano per altre lavorazioni industriali.

L'altra risorsa, che si è sviluppata dal punto di vista industriale, in questo territorio, poco più di un secolo fa, è l'argilla. È una risorsa che offre un'opportunità di sviluppo nel settore edilizio nella fabbricazione di blocchi da costruzione in laterizio. L'evoluzione storica sul territorio cambianese dell'argilla, è dovuta in larga parte alla presenza della *Fornace Carena*[7], la quale si è ampliata nel corso del secolo scorso, migliorando continuamente il processo produttivo. Perciò la tradizione dei fornaciai è piuttosto recente, in confronto alla cultura del tessuto, tuttavia oggi la fornace realizza blocchi di ottima fattura e qualità, proponendo nuove soluzioni tecniche. Il

[4] AA.VV., *Chieri e il tessile - Vicende storiche e di lavoro dal XIII al XX secolo*, a cura di Chieri Centro Arte Tessile, Chieri (TO), Edizioni “Corriere”, 2007.
[5] Alessandra VACCARI, Patrizia FERRI., *Il tessile riutilizzabile cerca nuova vita,* in «Ecoscienza», 2 (2017), p.30-33.
[6] *http://www.fidivi.com/*, consultato il 23/08/2018
[7] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.

processo produttivo è sostanzialmente il medesimo utilizzato nei decenni precedenti, ma le tecniche impiegate oggi, sono molto più efficienti e sono progettate in modo da avere una produzione costante durante l'anno, cosa che non era possibile in precedenza, in quanto bisognava attenersi alle stagioni. Le cave di estrazione dell' Altopiano sono caratterizzate da quattro tipologie di argilla rossa, che si distinguono per la consistenza granulometrica. L'argilla viene macinata, impastata, in seguito viene estrusa e tagliata con le dimensioni volute, ed infine i blocchi formati vengono essiccati e cotti.

La *Fornace Carena*, così come la *FIDIVI Tessitura Vergnano*, ha interesse per la ricerca e lo sviluppo che si pongono gli obiettivi proposti dall'economia circolare: il riuso dei rifiuti, la limitazione delle risorse impiegate, e la riduzione degli impatti ambientali. Infatti la fornace ha investito nella produzione di un particolare blocco di laterizio: il BIO-POR.[8] Quest'ultimo è realizzato con una percentuale di materiale di scarto agricolo, ovvero la lolla di riso: essa permette di ottenere mattoni con micropori che alleggeriscono il mattone e migliorano l'isolamento termico (questo avviene perché in fase di cottura la lolla brucia completamente). La realizzazione di questo prodotto costituisce un primo approccio ad una strategia di tipo circolare, in cui un rifiuto viene reimpiegato nel processo produttivo.

In questo contesto, tradizione e innovazione vanno di pari passo: da un lato c'è la volontà di rilanciare un prodotto tradizionalmente utilizzato come elemento da costruzione, e dall'altro l'impegno in investimenti sostenibili, guidati dalla ricerca e dall'innovazione tecnologica. Per proporre una strategia, attinente a questi due concetti, è necessario comprendere il funzionamento di una simbiosi industriale, in modo da poter definire gli obiettivi comuni, e valutare i benefici che si possono trarre.

La terminologia di *simbiosi industriale* ha origine attorno agli anni Novanta del secolo scorso, tuttavia la sua definizione attuale è il risultato di graduali cambiamenti che la delineano come «*un sistema eco-industriale, oltre a ridurre la produzione di rifiuti nei processi, dovrebbe massimizzare l'impiego efficiente dei materiali di scarto e dei prodotti a fine vita, come 'input' per altri processi produttivi*». [9] Vengono inoltre differenziati tre modelli di simbiosi industriale: i Distretti di simbiosi industriale, i Parchi Eco-Industriali e le reti di simbiosi industriali. Ciò che accomuna questi tre modelli sono le linee-guida a cui fanno riferimento[10]: l'uso di sottoprodotti o rifiuti provenienti da altre aziende come materia prima, la progettazione di nuovi prodotti per incentivare l'integrazione di scarti, e la definizione dei vantaggi della collaborazione tra aziende diverse.

Il passo successivo da fare, è la ricer-

[8] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.

[9] *http://www.simbiosiindustriale.it/Simbiosi-Industriale/*, consultato il 15/10/2018.

[10] AA. VV. , *The industrial symbiosis in the production development: an approach through the DFIS,* in «Procedia manufacturing», 21 (2018), pp. 864.

ca di un prodotto sperimentale che risponda agli obiettivi posti e che possa essere sviluppato all'interno di una simbiosi industriale. Con il supporto della piattaforma online *Science Direct*,[11] è stata svolta una prima ricerca sulle tipologie di prodotti, in particolare di elementi a blocchi impiegati in edilizia, che comprendessero nella propria lavorazione un materiale di scarto. La ricerca è stata svolta con un metodo rigoroso: le pubblicazioni scientifiche sono state suddivise per tematiche e per tipologia di articolo, per esempio *review*, sperimentale o argomentativo. Tra i molteplici articoli trovati, emergono due sperimentazioni di elementi a blocchi realizzati con scarti tessili di cotone, poliestere e misti. I due articoli che trattano la sperimentazione di blocchi in argilla con scarti tessili sono: «*Utilization of textile apparel waste in clay brick»*, pubblicato in *International Journal of Advanced Research in Engeneering and Technology* [12]; «*Experimental Investigation on the Effect of Textile Apparel Waste in Clay Bricks and Red Mud Bricks»*, sulla rivista scientifica *International Journal of Engineering Science and Computing*[13]. Questi due articoli costituiscono la base di confronto per la sperimentazione eseguita.

Una volta impostata la ricerca informativa sulle risorse fornite dal territorio, sul loro possibile impiego e potenzialità, è stata realizzata la sperimentazione vera e propria di un provino di blocco di laterizio con scarti industriali tessili, integrando le due risorse dell'Altopiano.

È stata svolta una campionatura degli scarti tessili forniti dalla *FIDIVI Tessitura Vergnano*, e una volta analizzati, è stato scelto il campione che più si adatta ad essere integrato nell'impasto argilloso: gli scarti di post-filatura.
Quest'ultimi sono stati sminuzzati fino a raggiungere una finezza compresa tra i 2mm e i 7mm: questo processo ai fini della Tesi, è stato eseguito manualmente. In seguito sono state preparate le miscele di argilla con gli scarti tessili sminuzzati con cinque diverse percentuali: 0%, 1,5%, 3,0%, 4,5% e 6,0%. Per ogni miscela sono stati preparati otto provini di dimensioni 120x60x30mm, per un totale di quaranta campioni: anche la fase di stampo è stata eseguita manualmente. Le miscele presentavano già alcune differenze immediatamente visibili: le miscele con una percentuale maggiore del 3% hanno un aspetto grumoso e poco compatto. Una volta riposti sul piano di cottura, i provini sono stati sottoposti al tradizionale processo di essiccazione e cottura.
Completato il processo produttivo è stato possibile svolgere il test a compressione, per valutarne la resistenza, e la misurazione della massa volumica da cui è stato possibile ricavare il valore della conducibilità termica. I test sono stati eseguiti presso la *Fornace Carena*, che ha dato la disponibilità di adoperare l'attrezzatura del loro laboratorio per la verifica della qualità. I risultati ottenuti sono stati

[11] *https://www.sciencedirect.com/,* consultato da 01/05/2018 a 30/11/2018.
[12] AA. VV. , *Utilization of textile apparel waste in clay brick,* in «International Journal of Advanced Research in Engeneering and Technology», 4 (2013), pp. 48-52.
[13] M. PREVISHA, V. ANANDHI, *Experimental investigation on the effect of textile apparel waste in clay bricks and red mud bricks,* in «International Journal of Engeneering Science and Computing», 6 (2016), pp. 4734-4738.

promettenti, in quanto alcuni provini hanno avuto un buon comportamento durante la prova di resistenza a compressione, e dalla misurazione della massa volumica si può osservare un buon risparmio delle risorse primarie, vale a dire dell'argilla. Inoltre grazie agli spazi vuoti lasciati dagli scarti tessili bruciati (in fase di cottura dei mattoni, gli scarti vengono totalmente bruciati), il valore di conducibilità termica migliora.

Infine per valutare l'effettiva bontà della sperimentazione, è stato svolto un confronto con le normative vigenti. Basandosi sulle informazioni fornite dall'ente *ANDIL* [14] è stata valutata l'attinenza della sperimentazione svolta con i CAM, ovvero i Criteri Ambientali Minimi.[15] Per i prodotti in laterizio viene richiesta una determinata percentuale di materiale riciclato proveniente dallo scarto di industrie. Questo strumento si pone, fra i molteplici obiettivi, di incentivare i produttori del settore edilizio a sviluppare dei prodotti ottenuti dalla collaborazione di due o più aziende, proprio per introdurre alla riduzione degli impatti negativi sull'ambiente dei rifiuti dismessi, e muovendo l'interesse verso la simbiosi industriale.

L'ente *ANDIL* fornisce anche molte informazioni relative alla marcatura CE, la quale definisce la qualità di un prodotto attenendosi ai requisiti di salute e sicurezza. Tale marcatura fa riferimento alle normative UNI dell'Unione Europea, che definiscono tutte le caratteristiche fisiche e meccaniche che un prodotto edilizio deve avere per soddisfare e per certificarne la qualità. In relazione alla sperimentazione svolta sono state prese in analisi le seguenti normative:

- UNI EN 771-1:2015, *Specifica per elementi per muratura - Parte 1: Elementi di laterizio per muratura.*

- UNI EN 772-1:2015, *Metodi di prova per elementi per muratura - Parte 1: Determinazione della resistenza a compressione.*

- UNI EN 772-3:2000, *Metodi di prova per elementi per muratura - Determinazione del volume netto e della percentuale dei vuoti degli elementi di muratura di laterizio mediante pesatura idrostatica*.

- UNI EN 772-13:2002, *Metodi di prova per elementi in muratura - Determinazione della massa volumica.*

- UNI EN 1745:2012, *Metodi per determinare le proprietà termiche.*

I metodi di prova descritti in queste normative sono stati eseguiti sui campioni del blocco MAST (Mattone in Argilla con Scarti Tessili) e i risultati ottenuti permettono di formulare alcune ipotesi interessanti che verranno approfondite nel corso della Tesi.

---

[14] *http://www.andil.it/tecnica/normativa-di-prodotto.html,* consultato il 19/11/2018.

[15] D.M. 11 ottobre 2017, n. 259, in materia di «*Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici*»

PARTE I

VERSO UN'ECONOMIA CIRCOLARE

Parte I - Verso un'economia circolare

1.1 - Introduzione

Il sistema economico degli ultimi decenni si fonda, e continua ancora oggi ad esserlo, seppur ci siano promettenti cambiamenti, sulla crescita illimitata dell'impiego delle risorse a disposizione, compromettendo i livelli minimi della salvaguardia dell'ambiente. Si tratta di un sistema che si è sviluppato all'inizio del Novecento[1] e che ha consentito l'utilizzo smisurato di risorse di energia da fonti non rinnovabili, rilasciando un quantitativo elevato di anidride carbonica (CO_2), e lo smaltimento in ambiente, sia sotto terra sia negli oceani, di quantità sempre maggiori di rifiuti. Con l'accumulo progressivo nel tempo dei gas inquinanti emessi dalle industrie e dei rifiuti non biodegradabili, il livello di inquinamento è aumentato e ad oggi, la situazione potrebbe diventare allarmante e pericolosamente irreversibile, causando difficoltà e problematiche ambientali, anche alle generazioni future.

Questa preoccupazione era già nota dopo gli anni del secondo dopoguerra, quando ci fu la crisi petrolifera ed energetica, e cominciarono ad esserci i primi provvedimenti. Il primo incontro internazionale avvenne nel 1972, con la *Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente umano* a Stoccolma. [2] Questo documento costituisce il primo passo orientato ad un modello di sviluppo diverso, in particolare contiene i principi legati allo sviluppo umano e alla protezione dell'ambiente, a cui i governi, partecipanti alla conferenza, devono attenersi. Alla *Dichiarazione di Stoccolma* segue il *Rapporto Brundtland "Our common future*"[3] del 1987 in cui vengono definiti i principi fondamentali orientati a definire un nuovo modello di sviluppo dichiarato sostenibile. Infatti in esso viene dichiarato che:

«*In essence, sustainable development is a process of change in which the exploitation of resources, the direction of investments, the orientation of technological development; and institutional change are all in harmony and enhance both current and future potential to meet human needs and aspirations*.» [4]

«Lo sviluppo sostenibile è un processo di cambiamento tale per cui lo sfruttamento delle risorse, la direzione degli investimenti, l'orientamento dello sviluppo tecnologico e i cambiamenti istituzionali siano resi coerenti e in armonia con i potenziali bisogni umani, attuali e futuri.»

- *Rapporto Brundtland " Our common future*", 1987

L'affermazione progressiva del concetto di *sviluppo sostenibile* ha reso possibile un nuovo approccio politico sull'ambiente, finalizzato alla definizione di strategie utili a relazionare lo sviluppo economico e sociale con l'ambiente stesso, evitando che

---

[1] Ercole SORI, *La città e i rifiuti: ecologia urbana dal Medioevo al primo Novecento,* Bologna, Il mulino, 2001.

[2] www.arpal.gov.it, Conferenza delle Nazioni Unite, *Dichiarazione delle nazioni unite sull'ambiente umano,* Stoccolma, 1972.

[3] Conferenza delle Nazioni Unite, *Report of the world Commission in Environment and Developement - Our common future,* 1987.

[4] Conferenza delle Nazioni Unite, op. cit.

quest'ultimo venga danneggiato. Al fine di armonizzare questa relazione è necessario fare un ulteriore passaggio per renderlo potenzialmente realizzabile: la transizione da un'economia di tipo lineare ad una circolare. È un cambiamento che deve seguire uno sviluppo continuo e progressivo, il cui strumento principale è l'innovazione. La ricerca e l'innovazione saranno gli elementi che permetteranno di fornire l' *input* giusto per avviare questa transizione, poiché significherebbe anche cambiare le modalità di produzione e di consumo: per esempio si potrebbero elaborare nuovi modelli di *business* sfruttando le nuove tecnologie per trasformare i rifiuti in risorse di alta qualità con un valore aggiunto.

L'economia circolare è un modello in cui il riciclo, il riuso e il recupero sono parte integrante del processo di produzione che permettono di ridurre i costi di produzione, dovuti al reperimento delle materie prime e alla loro lavorazione, e consentono di diminuire le emissioni di anidride carbonica e dei gas serra (GES: Gas Effetto Serra) oltre a ridurre il quantitativo di rifiuti gettati in discarica o inceneriti.

Si tratta di un approccio che promuove lo *sviluppo sostenibile* e che ha recentemente ottenuto un certo rilievo nei dibattiti dello sviluppo industriale sostenuti sia dalla *Commissione Europea* sia dalla *Ellen MacArthur Foundation.*[5] Si tratta di iniziative che promuovono il concetto di economia circolare, analizzandolo anche dal punto di vista politico e sociale, cercando le modalità migliori per proporre la trasformazione evitando effetti negativi.

1.2 - Dall'economia lineare all'economia circolare

Il modello economico impiegato nel contesto attuale, è quello lineare: il suo sistema di produzione e di consumo è la causa del deterioramento dell'ecosistema, provocando cambiamenti climatici dovuti all'inquinamento ambientale. Ci sono molte ricerche orientate a trovare una soluzione al problema, partendo dalla sua stessa definizione e capendo in quali termini intervenire. Concetti come il *carbon footprint*, *Life Cycle Assessment* (LCA), ed efficienza economica, sono stati la base da cui è stato possibile partire per analizzare il degrado ambientale. [6]

In un modello di tipo lineare la materia prima viene estratta dalla terra, trasformata in prodotto, utilizzata da consumatori e poi incenerita o gettata in discarica. Questo non è un modello che può essere definito sostenibile, tuttavia si può ipotizzare un suo miglioramento appoggiandosi ai concetti sviluppati attorno all'economia circolare. Nell'economia circolare il concetto di *rifiuto* viene trasformato, e viene considerato per le sue potenzialità nell'essere reintrodotto nel processo di lavorazione, che concettualmente crea un *anello chiuso* permettendo di dare nuova vita ai materiali di scarto.

[5] Aglaia FISHER, Stefano PASCUCCI, *Institutional incetives in circular economy transition: the case of material use in the Dutch textile industry,* in «Journal of Cleaner Production» , 155 (2017), pp.17-32.

[6] AA.VV., *Business models and supply chains for the circular economy,* in «Journal of Cleaner Production» , 190 (2018), pp.712-721.

In tal modo diventerebbe possibile trasformare ciò che viene comunemente percepito come negativo, ovvero gli scarti industriali molto impattanti sull'ambiente, in qualcosa di positivo e molto meno dannoso.

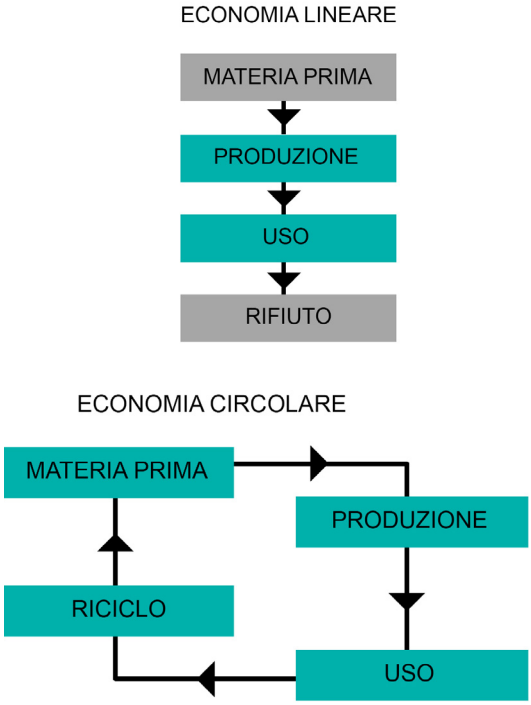


fig. 1 - schema concettuale dell' economia lineare e circolare

1.3 - Il nuovo modello dell'economia circolare: origini e potenzialità

Gli elementi chiave del concetto di economia circolare riguardano il reperimento sostenibile delle risorse primarie, l'impiego di energia proveniente da fonti rinnovabili, lo sviluppo di un sistema di lavorazione dei prodotti ecologici e a basso impatto ambientale, l'uso di modelli di consumo più sostenibili e l'incentivazione della produzione di materie prime secondarie.
Il passaggio dall'economia lineare a quella circolare richiede, oltre alla definizione delle strategie da impiegare, anche la tutela dei modelli di mercato e delle competitività industriali. In questo contesto l'innovazione tecnologica ha contribuito a ideare nuovi sistemi di rigenerazione, riparazione e riciclo dei beni, tali da migliorarne la durata della vita.
Per poter sviluppare questo cambiamento è necessario ottenere anche un riferimento normativo che renda più agevole l'attuazione e crei una coerenza delle diverse iniziative. In questo modo è possibile coordinare il coinvolgimento di più attori come le Pubbliche Amministrazioni, le imprese piccole e grandi, e gli istituti di ricerca tecnologica e scientifica.

Il termine *economia circolare* ha origine nel 1990 definito dai due economisti ambientali britannici, David W. Pearce e R.Kerry Turner in *Economics of Natural Resources and the Environment*. [7] Essi hanno espresso la loro prima definizione basandosi su due semplici idee: la prima riguarda il nuovo concetto di rifiuto, cioè di valutarlo come risorsa e non più come scarto inutilizzabile; la seconda è la necessità di limitare il reperimento, continuo e incontrollato, delle risorse naturali, poiché esse non sono illimitate.

A partire da queste due idee il termine ha subito diversi cambiamenti ed elaborazioni, pur mantenendo i due

[7] Institut Montaigne, *The circular economy: reconciling economic growth with the environment,* in «Policy paper», 2016, pp.7-9.

concetti basilari. È difficile dare una definizione precisa e indiscussa del termine, poiché è stato sviluppato in molti aspetti e in diverse modalità.

1.4 - Ricerca e definizione dell'economia circolare

Nel dicembre 2017 è stato pubblicato un articolo sulla rivista *Journal of Cleaner Production* in cui i ricercatori *J. Korhonen, C.Nuur, A.Feldmann e S.E. Birkie*[8], cercano di dare una definizione completa del concetto di economia circolare, osservando le ricerche che sono state svolte negli ultimi decenni, e identificando le definizioni che emergono tra gli articoli e le pubblicazioni scientifiche.

Fonte	n°	%
Journal of Cleaner Production	13	33
Resource Conservation & Recycling	5	13
Journal of Industrial Ecology	3	8
Environmental Science & Technology	2	5
Sustainability Science	2	5
Journal of Material Recycling & Waste Management	2	5
Altre riviste	13	33
Totale	40	100

tab 1 - Pubblicazioni di alcune note riviste sulla CE [9]

Fonte	n°	%
2007	4	10
2008	2	5
2009	3	8
2010	5	13
2011	3	8
2012	3	8
2013	1	3
2014	6	15
2015	8	20
2016	5	13
Totale	40	100

tab 2 - Pubblicazioni inerenti alla CE in relazione all'ultimo decennio: 2007-2016 [10]

Verranno riportati i risultati di questa ricerca per fornire una panoramica aggiornata sulla tematica discussa nella tesi. (tab.1 e tab.2)

La ricerca è stata motivata dal fatto che il concetto di economia circolare è da una parte un approccio che mitiga i cambiamenti economici e ambientali, e dall'altra risulta ancora come un vago concetto che necessita di un'analisi critica. La prima parte di ricerca identifica le più rilevanti indagini accademiche scientifiche che si appoggiano ai recenti temi politici e di sviluppo del business. Ci sono state molteplici riviste che hanno pubblicato articoli affrontando la tematica dell'economia circolare, come è riportato nella tabella 1.

In seguito è stato svolto un sondaggio sul numero di pubblicazioni che si sono susseguite tra il 2007 e il 2016. Dai dati, riportati nella tabella 2 è facilmente intuibile che il numero è notevolmente aumentato tra il 2014 e il 2016, periodo in cui si è maggiormente discussa la tematica, con il picco nel 2015, stesso anno in cui è stata stipulata l' *Agenda 2030.* [11]

Da questi dati della *tab.2* è possibile affermare che c'è una, sempre più diffusa, affermazione della possibilità di una trasformazione dell'economia, diventando concretamente sostenibile. (*fig.2*)

Le definizioni ritrovate negli articoli seguono due diversi *filoni*: il primo

[8] AA.VV. , *Circular economy as an essentially contest concept,* in «Journal of Cleaner Production» , 175 (2018), pp. 544-552.
[9] AA.VV. , op. cit. 546
[10] AA.VV. , op. cit. 546
[11] Conferenza delle Nazioni Unite, *Transforming our world: the 2030 Agenda for sustainable development,* 2015.

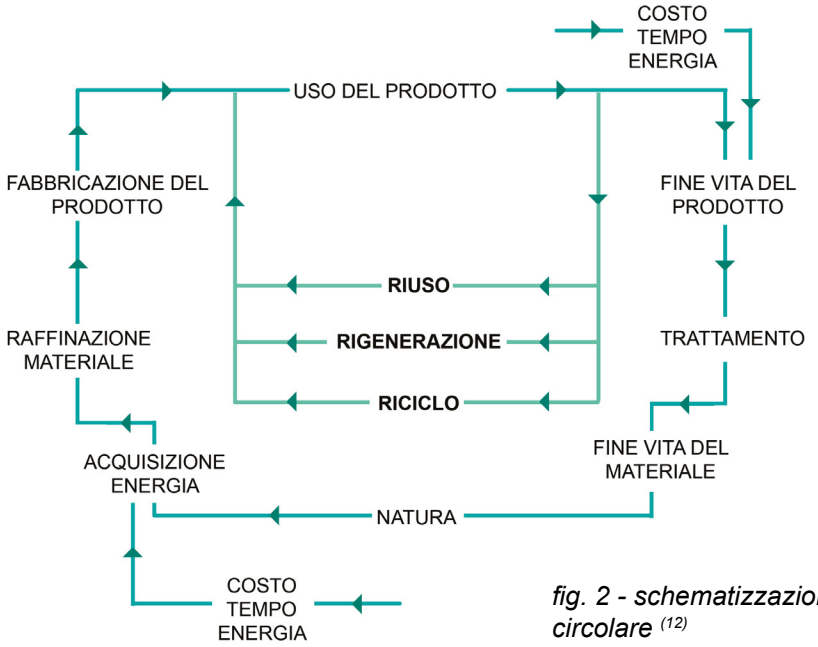


fig. 2 - schematizzazione dell'economia circolare [12]

fa riferimento alla definizione fornita dalla *Ellen MacArthur Foundation*, focalizzati sullo sviluppo delle agenzie di *business*; mentre il secondo sono il risultato di altri ricercatori.

Di seguito vengono riportate alcune delle definizioni, di entrambi i filoni ritenute particolarmente rilevanti.

Le definizioni che fanno riferimento alla *Ellen MacArthur Foundation* sono:

«*The CE has been defined as an industrial system that is restorative or regenerative [...]. It replaces the end-of-life concept with restoration, shifts towards the use of renewable energy, eliminates the use of toxic chemicals, which impair reuse and return to the biosphere, and aims for the elimination of waste through the superior design of materials, products, systems and business models.*» [13]

«L'economia circolare è stata definita come un sistema industriale ricostituente o rigenerativo [...]. Sostituisce il concetto di fine vita con il ripristino, si sposta verso l'uso di energia sostenibile, elimina l'uso di sostanze chimiche tossiche che compromettono il riuso e il ritorno alla biosfera, e mira all'eliminazione degli scarti attraverso una migliore progettazione di materiali, prodotti, sistemi e modelli di business.»

«*A circular economy is restorative and regenerative by design, and aims to keep products, components, and materials at their highest utility and value at all times. The concept [...] is a continuous positive development cycle that preserves and enhances natural capital, optimizes resource yields, and minimizes system risks by managing finite stocks and renewable flows.*»[14]

[12] AA.VV. , *Circular economy as an essentially contest concept,* in «Journal of Cleaner Production» , 175 (2018), pp. 544-552.

[13] Kersty Hobson, *Closing the loop or squaring the circle? Locating generative spaces for circular economy,* in «Progress in Houman Geography» , 40 (2016), pp. 88-104.

[14] Vincent MOREAU et al. , *Coming full cicle: why social and institutional dimensions matter for the circular economy,* in «Journal of Industrial Ecology» , 21 (2017), pp. 497-506.

«Un' economia circolare è ricostituente e rigenerativa sulla base della progettazione, e mira a mantenere i prodotti, i componenti e i materiali al loro massimo utilizzo e valore per tutta la durata di vita. Il concetto [...] è un ciclo di sviluppo positivo continuo che preserva e migliora i beni naturali, ottimizza i rendimenti delle risorse e riduce al minimo i rischi del sistema, gestendo le scorte finite e i flussi rinnovabili.»

Si tratta di definizioni molto specifiche che forniscono una chiara spiegazione della sua relazione con molteplici aspetti, quali il concetto di *fine vita* dei prodotti, il reperimento delle risorse, il rinnovo del concetto di *scarto* o ancora la progettazione dei materiali. Questi aspetti tengono conto di tutte le fasi di vita del prodotto, esprimendo indirettamente il concetto *cradle-to-cradle.*
Al contrario le definizioni che fanno riferimenti ad altri ricercatori, forniscono informazioni molto più generiche che tengono conto delle strategie da impiegare a livello globale.

«*The circular economy is a simple, but convincing, strategy, which aims at reducing both input of virgin materials and output of wastes by closing economic and ecological loops of resource flows*.» [15]

«L'economia circolare è una semplice, ma convincente, strategia, che mira a ridurre sia gli input dei materiali vergini, sia gli output dei rifiuti chiudendo i cicli economici ed ecologici del flusso dele risorse.»

«*A circular economy is a mode of economic development that aims to protect the environment and prevent pollution, thereby facilitating sustainable economic development*.» [16]

«Un'economia circolare è una modalità di sviluppo economico che mira a proteggere l'ambiente e prevenire l'inquinamento, facilitando in tal modo lo sviluppo economico sostenibile.»

«*The term "circular economy" as mentioned in these measures is a generic term for the reducing, reusing and recycling activities conducted in the process of production, circulation and consumption*.» [17]

«Il termine 'economia circolare' menzionato in queste misure, è un termine generico per le attività di riduzione, riuso e riciclo, condotte nel processo di produzione, diffusione e consumo.»

La logica del cambiamento da lineare a circolare ha fornito dei suggerimenti positivamente provocatori a livello settoriale, organizzativo, amministrativo e nazionale.

1.5 - Iniziative e incentivi

1.5.1 - Il contesto internazionale: norme e proposte

Stando ai dati attuali la crescita stimata della popolazione, potrebbe aumen-

---

[15] Willi HAAS et al. , *How circular is the global economy? an assessment of material flows, waste production, and recycling in th EU and the world in 2005,* in «Journal of Industrial Ecology» , 19 (2015), pp. 765-777.
[16] Willi HAAS et al. , *Mode of circular economy in China's iron and steel industry: a case study,* in «Journal of Cleaner Production» , 64 (2014), pp. 505-512.
[17] Jon NAUSTDALSLID , *Circular Economy in China - the environmental dimension of the harmonious society,* in «International Journal of Sustainable Development & World Ecology», 21 (2017), pp. 303-313.

tare in modo esponenziale nel 2050 e con il rapido sviluppo economico dei paesi in via di sviluppo, ci sarà una crescente domanda di materie prime, e potrebbe non essere più possibile soddisfare le esigenze di tutti gli abitanti. A questo ne consegue l'aumento dell'inquinamento ambientale e atmosferico, posto che non si provveda a promuovere politiche orientate all'uso efficiente delle risorse e alla riduzione degli impatti ambientali. La nuova possibilità di approccio al modello circolare potrebbe costituire l'elemento strategico per arrivare agli obiettivi globali di sostenibilità.
Nel contesto internazionale ci sono già stati dei tentativi di approccio alla sostenibilità tracciandone un primo percorso. La tematica è stata discussa e in parte definita durante il vertice G7 a Elmau nel 2015 [18] e ritrattato nel Summit a Ise-Shima nel 2016 [19]. In particolare sono stati definiti i rapporti di UNEP-IRP [20] e OCSE in cui vengono forniti dei «*suggerimenti in merito alle scelte politiche che si possono effettuare per facilitare la transizione verso un modello economico circolare*».[21]

L' UNEP-IRP (United Nations Environment Programme - Internanational Resourse Panel) ha redatto un rapporto dettagliato nel documento *Resource Efficiency: Potential and Economic Implications* sulle possibilità future, elencando i vantaggi e le opportunità di una transizione sotto il punto di vista economico e ambientale. L'obiettivo è di incentivare politiche che siano in grado di diminuire l'uso delle risorse a scala globale e promuovere la crescita economica con nuove figure professionali e allo stesso tempo riducendo le emissioni dei GES (Gas Effetto Serra).

L'approccio alla promozione dell'economia circolare e alla trasformazione della società ha avuto seguito nel 2016 quando il Giappone, in accordo con gli altri Paesi del G7, ha chiarificato: «*il nostro obiettivo comune è quello di realizzare una società che utilizzi risorse in modo efficiente e sostenibile per l'intero ciclo di vita, riducendo il consumo di risorse naturali e promuovendo i materiali riciclati e le risorse rinnovabili, in modo da rimanere entro i confini del pianeta, rispettando i rilevanti concetti e approcci. [...] Una tale società non solo fornisce soluzioni per le sfide relative ai rifiuti ed alle risorse, ma ne consegue anche una società sostenibile a basse emissioni di carbonio in armonia con la natura che può creare posti di lavoro, rafforzare la competitività e realizzare la crescita verde*». [22]

1.5.2 - Il contesto europeo: il nuovo concetto di rifiuto

In Europa ci sono stati recenti interessi orientati al cambiamento verso un'economia di tipo circolare; di particolare rilevanza è stato uno dei più recenti comunicati della Commissione Europea a Bruxelles il 2 dicembre 2015. Il documento *L'anello mancante - Piano d'azione dell'Unione europea*

[18] Summit G7, *Declaration of the Heads of State and Government,* Elmau, 2015.
[19] Summit G7, *Declaration of the Heads of State and Government,* Ise-Shima, 2016.
[20] UNEP, *Resource efficiency: potential and aconomic implications,* International Resource Panel Report, 2017.
[21] Ministero dello sviluppo economico, *Verso un modello di economia circolare per l'Italia - Documento di inquadramento e di posizionamento strategico,* 2017, pp 13.
[22] Ministero dello sviluppo economico, op.cit., pp.14

per l'economia circolare [23] contiene una minuziosa analisi del ciclo di produzione a partire dalla progettazione del prodotto fino al consumo e alla dismissione. L'obiettivo è di incentivare l'attività sostenibile nei settori fondamentali, come la produzione industriale e proponendo nuove possibilità imprenditoriali. Si tratta di un piano d'azione che comprende un arco di tempo lungo, in quanto l'impegno necessario affinché la transizione ad un'economia circolare si realizzi, deve essere esteso a tutte le scale: gli Stati membri dell'Unione, le regioni, le città, le piccole e grandi imprese e infine i cittadini.

I primi paragrafi del comunicato riguardano la progettazione ecocompatibile dei prodotti, i processi di produzione con particolare riferimento all'approvvigionamento sostenibile delle risorse, il consumo e la gestione dei rifiuti. Il documento prosegue con il paragrafo *Da rifiuti a risorse: stimolare il mercato delle materie prime secondarie e il riutilizzo dell'acqua* [24] , che evidenzia l'importanza della crescita del mercato di materie prime secondarie. La difficoltà maggiore in questo mercato, è la certezza della qualità del prodotto in seguito al riciclaggio, poiché non ci sono ancora delle norme vigenti che la definiscono o certificano. A tal proposito la Commissione ha dichiarato che «*intende lavorare all'elaborazione di norme di qualità per le materie prime secondarie laddove necessarie [...] e propone alcuni miglioramenti delle disposizioni in materia di cessazione della qualifica del rifiuto*». [25]

Oltre a fornire un dettagliata analisi delle strategie di riciclaggio e di smistamento per ogni tipologia di rifiuto (es. plastica, rifiuti alimentari, rifiuti di demolizione e costruzione...), focalizza l'attenzione sull'innovazione e gli investimenti. La Commissione Europea ritiene che l'innovazione sia l'elemento chiave per riorganizzare i metodi di produzione e di consumo, con l'ausilio di nuove tecnologie di riciclaggio per dare alla materia prima secondaria un valore aggiunto. Per raggiungere tale obiettivo, la Commissione Europea ha avviato già nel 2014 il finanziamento di un programma di ricerca: *Orizzonte 2020*. [26] All'interno di questo programma è presente l'iniziativa *Industria 2020 nell'economia circolare* [27] che ha operato nel biennio 2016-2017 e che ha sviluppato «*progetti di dimostrazione innovativi che sostengono gli obiettivi dell'economia circolare*». [28]

Il piano d'azione della Commissione Europea cerca di fornire una base concreta per avviare la trasformazione, coerentemente con i principi e gli obiettivi che essa stessa ha definito nel comunicato.

1.5.3 - Il contesto italiano: nuovi obiettivi comuni

L'Italia risulta essere un paese particolarmente avviato nell'ambito del riciclaggio dei rifiuti, in quanto l'in-

[23] Commissione Europea COM 2015, *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al consiglio, al Comitato economico e sociale Europeo e al Comitato delle Regioni - L'anello mancante: Piano d'azione dell'Unione europea per l'economia circolare,* Bruxelles, 2015.

[24] Commissione Europea COM 2015, *op.cit., p 12*

[25] Commissione Europea COM 2015, *op.cit., p 14*

[26] Commissione Europea, *Horizon 2020 - Il programma quadro dell'UE per la ricerca e l'innovazione,* Lussemburgo, 2014

[27] Commissione Europea COM 2015, *op.cit., pp 20-22*

[28] Commissione Europea COM 2015, *op.cit., p20*

novazione tecnologica orientata alla sostenibilità è molto incentivata e, grazie anche alle iniziative sostenute dalla Commissione Europea, ha gli strumenti necessari per sfruttare le opportunità che offre la transizione ad un'economia circolare. Uno strumento attualmente in vigore, è la *Legge 221* del 28/12/2015 [29] in cui vengono fornite disposizioni finalizzati alla promozione della *Green Economy* e ridurre l'uso eccessivo delle risorse naturali.

L' AISEC (Associazione Italiana per lo Sviluppo dell'Economia Circolare) ha redatto il *Quaderno italiano di economia circolare* [30] - maggio 2017 - in cui vengono fornite alcune proposte che possono agevolare il passaggio verso il modello di economia circolare:

a. svolgere un'attività di «*sensibilizzazione dell'opinione pubblica sul tema*»;[31]

b. promuovere la produzione ciclica delle materia prime secondarie con un «*approccio intersettoriale per garantire il contestuale raggiungimento degli obiettivi di tutela della salute e di salvaguardia dell'ambiente*»; [32]

c. disincentivare lo smaltimento dei rifiuti in discarica;

d. «*l'eliminazione graduale [...] dei prodotti chimici tossici e pericolosi*»;[33]

e. fare una distinzione chiara della differenza tra *sottoprodotto* e *rifiuto*

f. porre attenzione al mercato e alla domanda dei prodotti il cui materiale è riciclato;

g. proporre un'azione più definita dell'Unione Europea sul «*tema degli interventi economici a favore della domanda di materie prime secondarie*»[34], proponendo agevolazioni di tipo fiscale;

h. ottenere la massima valorizzazione dei prodotti riciclati a livello normativo;

i. «*assicurare l'attività di ricerca, sviluppo e innovazione sul recupero dei rifiuti*»; [35]

l. promozione di un approccio integrato per promuovere «*azioni più efficaci per sostenere e diffondere buone pratiche di prevenzione dello spreco*».[36]

Oltre a queste proposte, l'AISEC in collaborazione con l'ALTIS (Alta Scuola Impresa e Società), ha svolto un'indagine sul territorio italiano per comprendere la diffusione delle informazioni allo sviluppo dell'economia circolare.

È stato organizzato un campionamento delle aziende sul territorio in funzione dell'interessamento al questionario fornito, che rivolgeva domande specifiche su alcuni aspetti dell'economia circolare. Da questi dati risulta che c'è una risposta positiva alla transizione verso un modello di produzione circolare, ma questo necessita di una formazione specifica per introdurre

[29] Camera dei deputati e Senato della Repubblica, *Legge n. 221/2015 - Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali,* Roma, 2016.

[30] ALTIS e AISEC, *Quaderno italiano di economia circolare,* 2017.

[31] [32] [33] ALTIS e AISEC, *p.cit.*, p 19

[34] [35] [36] ALTIS e AISEC, *op. cit.*, p 20

questo nuovo metodo. Le aziende coinvolte hanno già organizzato delle pratiche per attuare lo sviluppo di questo modello, come l'estensione di vita del prodotto, il riciclo del prodotto, l'utilizzo di materie prime riciclate o l'uso di energia da fonti rinnovabili.

Di seguito vengono riportate alcune tabelle esemplificative dei risultati ottenuti dall'indagine dell' AISEC. [37]
Quest'indagine fornisce dei dati interessanti per comprendere la diffusione del concetto di economia circolare sul territorio italiano, tuttavia ci sono ancora diverse limitazioni e quella più rilevante riguarda la necessità di rendere omogenea la progettazione delle filiere produttive, valorizzando le connessioni territoriali.

Regione d'Italia	n° aziende	%
Abruzzo	2	1,79
Basilicata	2	1,79
Calabria	2	1,79
Campania	4	3,57
Emilia Romagna	9	8,04
Friuli Venezia Giulia	3	2,68
Lazio	14	12,5
Liguria	5	4,46
Lombardia	38	33,93
Marche	6	5,36
Molise	1	0,89
Piemonte	4	3,57
Puglia	4	3,57
San Marino	1	0,89
Sardegna	2	1,79
Sicilia	2	1,79
Toscana	5	4,46
Trentino	1	0,89
Umbria	3	2,68
Veneto	4	3,57
Totale	112	100

tab 3 - distribuzione geografica delle aziende interessate a completare le domande poste dal sondaggio sull'economia circolare[38]

Azioni	n° aziende	%
Estensione della vita del prodotto	26	8,8
Riuso del prodotto	35	11,9
Rinnovo, rigenerazione e ricondizionamento del prodotto	34	11,5
Riciclo del prodotto	33	11,2
Utilizzzo di materie prime riciclate	50	16,9
Fonti rinnovabili	45	15,3
Progettazione di prodoti modulari	9	3,1
Prodotto come servizio	20	6,8
Digitalizzazione	38	12,9
Altro	5	1,7
Totale	295	100

tab 4 - pratiche di economia circolare attuate dalle aziende del campione, che sono già state implementate al momento del sondaggio[39]

Tipologia di limitazione	n° aziende	%
Mancanza di reti	47	8,8
Mancanza di tenologia	24	12
Mancanza di fondi	40	12
Impedimenti legislativi	35	11
Impedimenti legati al prodotto specifico	33	17
Altro	12	1,7
Totale	191	100

tab 5 - barriere all'impegno nell'economia circolare percepite dalle aziende del campione; gli intervistati hanno indicato quali fattori limitano il coinvolgimento nell'economia circolare [40]

1.6 - La simbiosi industriale

Gli impatti ambientali negativi e il consumo nella fase di lavorazione di un prodotto, ha orientato l'interesse della ricerca a sviluppare le reti intersettoriali che tagliano trasversalmente le catene di produzione, in modo che gli scarti possano essere reimmessi nel-

[37] ALTIS e AISEC, *Quaderno italiano di economia circolare,* 2017, pp. 22-40
[38] ALTIS e AISEC, o*p.cit.*, p 17
[39] ALTIS e AISEC, *op. cit.*, p 26
[40] ALTIS e AISEC, *op. cit.*, p 27

la produzione stessa. I primi approcci al modello di economia circolare, si stanno sviluppando insieme al concetto di simbiosi industriale. Tuttavia la sua attuazione richiede che diversi settori entrino in relazione, possibilmente di un territorio circoscritto, creando una rete di filiere interconnesse. Con il coinvolgimento delle industrie che tradizionalmente lavorano separate, è possibile coinvolgere «*una pluralità di attori pubblici e privati*» e stimolare «*processi virtuosi di cooperazione e nuovi modelli di business*» [(41)]. Bisogna valutare i vantaggi e i benefici di queste collaborazioni, in quanto si svilupperebbe una rete di condivisione di risorse, grazie allo scambio di sottoprodotti e rifiuti.

L'ente ENEA (Ente Nuove tecnologie per l'Energia e l'Ambiente) ha pubblicato nel 2012 sulla rivista EAI (Energia, Ambiente e Innovazione) un articolo che promuove lo sviluppo della simbiosi industriale sul territorio. Si tratta di implementare «*una rete di scambi di materie seconde, scarti di produzione e forme residue di energia che incrementano l'efficienza dei singoli processi produttivi e che riducono fortemente l'impatto ambientale e i costi di produzione*» [(42)].

ENEA ha sviluppato una Piattaforma di simbiosi industriale in Sicilia, che consiste nel fornire «*strumenti informativi e di analisi in grado di supportare le imprese nelle scelte tecnologiche, strategiche ed ambientali per il miglioramento e l'ottimizzazione nell'utilizzo delle risorse, ma anche di offrire supporto alle imprese con altri strumenti tra cui: innovazione dei processi tecnologici, eco-innovazione dei prodotti, supporto amministrativo e normativo sulle tematiche ambientali*»[(43)].

1.7 - Ellen MacArthur Foundation: un progetto per le industrie tessili.

La *Ellen MacArthur Foundation* è una fondazione privata che ha sede a Chicago e sostiene « *sovvenzioni e investimenti relativi al programma Economia Circolare* ».[(44)] In particolare intende incentivare l'economia circolare nell'industria tessile, reinventando il sistema, e sviluppando nuovi modelli di *business*, non senza promuovere positivamente l'innovazione tecnologica.
Il settore tessile è diventato fondamentale, per l'uso quotidiano che i consumatori ne fanno: basti pensare ai capi di abbigliamento, ai tessuti di arredo di mobili o interni delle automobili, o al design dell'alta moda. Ad un uso così diffuso dei prodotti tessili, corrisponde un enorme quantitativo di rifiuti che a fine vita, vengono dismessi nelle discariche o inceneriti e di scarti di lavorazione delle industrie tessili. La domanda è in continua crescita e « *le vendite totali dell'abbigliamento potrebbe raggiungere 160 milioni di tonnellate nel 2050, tre volte la quantità odierna* » [(45)] come viene rappresentato nella figura 3.

Negli ultimi anni c'è una crescen-

[(41)] Ministero dello sviluppo economico, *Verso un modello di economia circolare per l'Italia - Documento di inquadramento e di posizionamento strategico,* 2017, pp 29.
[(42)] Laura CUTAIA, Roberto MORABITO, *Ruolo della Simbiosi industriale per la green economy - Uno strumento innovativo per la chiusura dei cicli delle risorse,* in «EAI» , Speciale I (2012), p.46.
[(43)] Laura CUTAIA, Roberto MORABITO,*op.cit.*, p 48
[(44)] *https://www.wikipedia.org*, consultato il 01/08/2018
[(45)] Ellen MacArthur Foundation, *A new textiles economy: redesigning fashions'future,* 2017, pp 21.

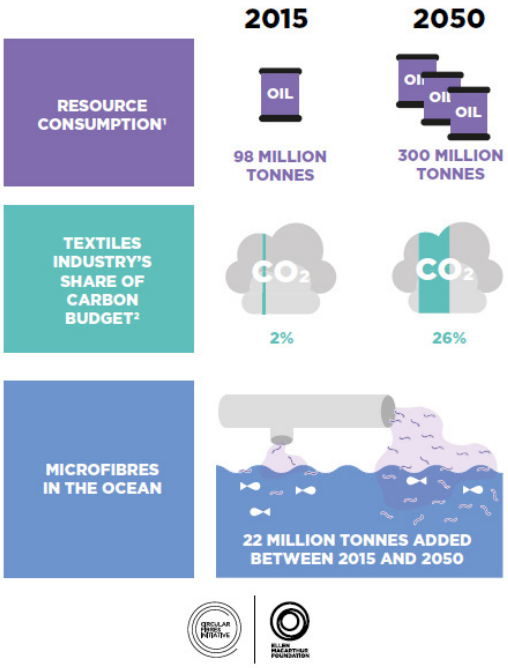


fig 3 - Schema: confronto del quantitativo di uso del petrolio, emissioni di CO2 e di rilascio di rifiuti in oceano attuali e previsti nel 2050[(46)]

te attenzione agli impatti ambientali che questi rifiuti provocano, e viene proposta una nuova linea di principi, orientata a rigenerare e riciclare i tessuti senza compromettere la qualità del prodotto.
Idealmente il nuovo modello economico dell'industria tessile potrebbe svilupparsi attorno a quattro fasi, come

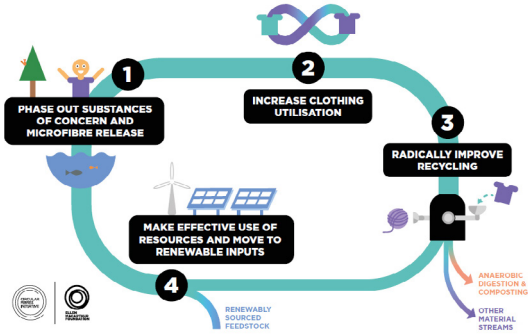


fig 4 - Schema: potenziale soluzione per l'avvio ad un'economia circolare nel tessile [(47)]

schematizzato nella figura 4.
La prima fase riguarda l'eliminazione di sostanze potenzialmente pericolose, prodotte durante la lavorazione dei tessuti, e il controllo dello smaltimento di tali sostanze inquinanti che possono essere inavvertitamente smaltite nell'ambiente o negli oceani. Come fase successiva è necessario trasformare l'attuale modalità di consumo dell'abbigliamento, ovvero quella *usa e getta*, aumentandone la durabilità e incentivando il riuso. È necessario un miglioramento nella fase di riciclaggio, perseguendo l'innovazione tecnologica: questo rappresenta un'opportunità per l'industria per arrivare ad un'alta qualità di riciclo. A tutto ciò segue la fase orientata all'uso efficiente delle risorse e al rifornimento di energia proveniente da fonti rinnovabili.

I benefici per lo sviluppo di un'economia circolare nel settore tessile sono molteplici, secondo la relazione pubblicata dalla *Ellen MacArthur Foundation* in *A new textile economy: redesigning fashion's future*. [(48)]

1. <u>Risparmio sui costi dei materiali e ridurre la mutevolezza del prezzo delle risorse.</u> Un nuovo modello di economia tessile potrebbe ridurre i costi delle imprese che impiegano materiali vergini e di conseguenza ridurrebbe l'esposizione delle imprese stesse ai cambiamenti di costo delle risorse.

2. <u>Nuove opportunità di guadagno attraverso nuovi servizi</u>. Se si incentivasse il noleggio dell'abbigliamento,

(46) Ellen MacArthur Foundation, *op. cit.,* 2017, pp 21.
(47) Ellen MacArthur Foundation, *op. cit.,* 2017, pp 23.
(48) Ellen MacArthur Foundation, *op. cit.,* 2017, pp 46-47.

si potrebbero creare relazioni con i clienti a lungo termine. In tal modo il modello di vendita tradizionale potrebbe cambiare, rivolgendo l'attenzione a nuove opportunità di *business*.

3. Opportunità di gestire i rischi in accordo con le priorità politiche. Gli impatti ambientali negativi del settore industriale stanno portando ad un maggior numero di rischi per i marchi, che potrebbero essere ridotti attraverso una collaborazione politica con obiettivi comuni.

4. Una nuova fonte di innovazione. Una nuova economia tessile è uno stimolo per nuove idee, aprendo la strada per lo sviluppo di materiali, di processi produttivi e di servizi.

5. Crescita economica. Si intende una crescita delle parti rigeneratrici nel processo produttivo, aumentando gli *input* delle entrate dei materiali. A differenza di altri settori in cui ci si potrebbe aspettare una riduzione delle entrate, in questo caso in particolare si può ipotizzare un aumento del reddito complessivo che potrebbe stimolare la crescita economica.

6. Diminuzione delle emissioni di GES. Con il riciclaggio delle materie prime, si ridurrebbe notevolmente il quantitativo dei gas serra emessi durante i processi di lavorazione e produzione. [49]

7. Riduzione del consumo di materiale vergine e di energia da fonti non rinnovabili. L'estrazione del materiale vergine, comporta l'uso di pesticidi e di fertilizzanti che hanno un impatto significativamente negativo sull'ambiente.

8. Aumento della produttività e del controllo dello sfruttamento del suolo. Si intende un miglioramento nella fase della produzione agricola, per esempio del cotone, incrementandone la produzione, facendo in modo che i nutrienti ritornino al suolo.

9. Minor presenza della plastica negli oceani. La plastica accumulata negli oceani è una delle problematiche maggiormente diffuse, e con il nuovo metodo di economia circolare anche il settore tessile può contribuire alla riduzione di tale quantitativo, incentivando il riciclo.

10. Nessuna perdita di sostanze pericolose per l'ambiente. Per ridurre la dispersione di sostanze pericolose in ambiente o negli oceani è necessario trattare l'acqua utilizzata nella fase di colorazione dei tessuti che contiene diversi agenti chimici inquinanti.

La *Ellen MacArthur Foundation* promuove l'economia circolare, non solo nell'ambito del settore tessile, ma anche in ambiti più generici come la produzione di tutti i materiali edili, incentivando l'innovazione tecnologica.

[49] Ellen MacArthur Foundation, *op. cit.,* 2017, pp 47.

1.8 - La diffusione dell'economia circolare: l'impiego degli scarti tessili in edilizia

La necessità di razionare il più possibile le risorse e di utilizzare fonti rinnovabili, costituiscono un ottimo punto di partenza per sviluppare idee innovative e trovare nuove strategie per incrementare la sostenibilità. Il settore dell'edilizia costituisce uno degli ambiti produttivi con elevati quantitativi di scarti e «*per pratica comune, gli scarti derivanti da questo settore spesso vengono destinati allo smaltimento in discarica, non riconoscendone il potenziale reimpiego in altre filiere produttive*» . [(50)] In tale contesto, l'economia circolare potrebbe rivelare molteplici benefici nel settore edile, a partire dalla nuova definizione del concetto di rifiuto considerato come una potenziale risorsa.
A livello internazionale, in particolare nell'ambito della ricerca e dello sviluppo, sono state elaborate e proposte delle idee per realizzare alcuni prodotti edili sperimentali nella cui lavorazione vengono impiegati degli scarti tessili, altrimenti destinati alla discarica. La scelta di impiegare gli scarti di lavorazione delle industrie tessili è dovuta a diversi fattori che lo rendono adatto a sperimentazioni nell'ambito edilizio; uno fra questi è che tali rifiuti sono piuttosto versatili, cioè possono subire ulteriori lavorazioni senza perdere totalmente le loro proprietà fisiche. Inoltre il settore tessile è, nell'ambito produttivo, uno dei maggiori produttori di rifiuti che risultano difficili da smaltire o da reintegrare in qualche catena di produzione. Tuttavia i rifiuti tessili hanno possibilità interessanti nel settore della produzione edilizia in quanto può essere un materiale integrante: per esempio può essere inserito nella lavorazione di mattoni o di blocchi in calcestruzzo, per migliorare le proprietà meccaniche, oppure potrebbe essere impiegato per realizzare dei pannelli isolanti termici o acustici a seconda delle proprietà e della consistenza del tessuto.

Negli ultimi decenni si sono susseguiti molti studi orientati a sviluppare questo tipo di approccio, sfruttando le potenzialità degli scarti tessili. Nel 2012, per esempio, è stato condotto uno studio sperimentale da alcuni ricercatori portoghesi in cui viene sviluppato un pannello isolante, molto prestante dal punto di vista termico impiegabile come isolamento a cappotto delle pareti verticali opache. La ricerca è partita dall'analisi delle tipologie di scarti tessili, valutandone la composizione materica, come il cotone, il lino, la seta o l'acrilico, e anche la struttura del tessuto stesso, ovvero la finezza e l'intreccio del filo. Per questo studio in particolare sono stati presi in considerazione due tipologie di scarti tessili con struttura differente, ma con la stessa composizione materica, ovvero con l'acrilico. [(51)]
La prima tipologia (*fig.5*) è tessuto di scarto intrecciato, mentre la seconda tipologia è uno 'sub-rifiuto', cioè ottenuto da una lavorazione successiva alla semplice fase di separazione dei

[(50)] A. CAMPIOLI et al. , *Eco innovazione: la valorizzazione di scarti e rifiuti industriali pre-consumo. Le potenzialità per 'edilizia in una ricerca del Politecnico di Milano,* in «Modulo: progetto, tecnologia, prodotto» , 391 (2014), pp. 476.

[(51)] Ana BRIGA-SÀ et al. , *Textile waste as an alternative thermal insulation building material solution,* in «Construction and Building Materials», 38 (2013), pp. 156.

fig 5 - Immagine di scarti tessili post-tessitura, senza lavorazione successiva. [52]

fig 6 - Immagine di scarti tessili post-tessitura, con sminuzzamento successivo. [53]

tessuti compatti.(*fig.6*)
I test svolti su questo pannello sono stati realizzati su un modello di doppia parete verticale opaca tradizionale realizzata con blocchi di laterizio e blocchi in calcestruzzo separati da un'intercapedine d'aria. I risultati ottenuti dimostrano che la resistenza termica della parete viene incrementata del 56%, con la prima tipologia di pannello (*fig.5*) , invece con la seconda l'incremento è del 30%. I valori ottenuti sono molto vicini a quelli di un ordinario pannello isolante di prima lavorazione in XPS o EPS, tuttavia non vengono affrontati altri aspetti che caratterizzano e qualificano un prodotto edilizio, come la resistenza a compressione, la resistenza al vapore, il comportamento al fuoco o l'isolamento acustico.

Esistono altre ricerche sperimentali che vedono coinvolti gli scarti dei tessuti per sviluppare e sfruttare la possibilità di migliorare le prestazioni meccaniche. Tra i più recenti vi è uno studio condotto in Italia sull'impiego del tessuto come elemento rinforzante della malta. L'articolo pubblicato nel 2017 sulla rivista *Composites Part B: engeneering*, [54] elabora uno studio sul miglioramento delle prestazioni meccaniche della malta rinforzata con le fibre tessili. Sono stati svolti dei test sulla malta su provini di diverse tipologie di parete, in modo da valutarne la resistenza alle sollecitazioni imposte. I risultati ottenuti sono promettenti e il suo sviluppo potrebbe condurre ad un nuovo prodotto tecnologico, impiegabile in edilizia sostenibile.

I concetti di riciclo e reintegrazione di materiali di scarto, in questo caso di tessuti, stanno cominciando ad essere presi in considerazione nelle aziende che si stanno muovendo verso una strategia economica di simbiosi industriale. L'integrazione del tessuto nel settore produttivo edilizio ha delle grandi potenzialità e permette di

[52] Ana BRIGA-SÀ et al. , *Textile waste as an alternative thermal insulation building material solution,* in «Construction and Building Materials», 38 (2013), pp. 157.

[53] Ana BRIGA-SÀ et al. , *op.cit.*, pp. 157.

[54] Stefano DE SANTIS et al. , *Test methods for textile reinforced mortar systems,* in «Composites Part B», 127 (2017), pp. 121-132.

ampliare le prospettive economiche traendone tutti i vantaggi del reperimento delle risorse 'primarie' da ciò che in precedenza veniva considerato un comune rifiuto da smaltire in discarica.

1.9 - Impatti ambientali del settore edile: i benefici e lo sviluppo di un'economia circolare

Gli impatti ambientali, riconducibili alla catena del ciclo produttivo del settore edile, sono significativi e la quantità di energia, di risorse impiegate e di rifiuti prodotti, è notevole. È necessario tener conto di alcuni fattori che provocano maggiori impatti ambientali:

- «*consumo di energia per l'estrazione e raccolta, la produzione fuori opera e in opera e trasporto*»; [55]

-«*inquinamento atmosferico dovuto [...] alle emissioni di gas serra associate ai processi produttivi e al trasporto*»; [56]

- «*consumo di risorse naturali non rinnovabili*»,[57] ovvero le materie prime;

- produzione di rifiuti dovuti alla demolizione e costruzione;

- «*consumo del suolo dovuto all'apertura di cave e discariche*»[58] che in alcuni casi provocano la deforestazione.

Per avere una visione completa delle cause che provocano impatti ambientali, bisogna tenere in considerazione anche il ciclo produttivo dei prodotti edilizi impiegati nella costruzione o nella rigenerazione di un edificio. Tuttavia il consumo energetico e le emissioni di CO_2 maggiori sono legati al periodo di uso degli edifici e l'attenzione si è concentrata sul miglioramento delle prestazioni energetiche degli elementi che compongono l'edificio. Infatti sono sempre più diffusi gli incentivi per ottenere una certificazione energetica che attesti la sostenibilità dell'edificio, ovvero che durante la sua fase di esercizio abbia un basso impatto ambientale. Infatti in Italia «*le iniziative rivolte alla realizzazione di edifici energeticamente efficienti*»[59] si sono diffusi nel corso degli ultimi decenni e «*i progettisti [...] sono spinti a puntare l'attenzione sulla scelta di materiali e prodotti ad alta efficienza termica per l'involucro edilizio*» [60] e «*le scelte tecnico-costruttive mirano prevalentemente all'incremento dell'isolamento e all'ottimizzazione dell'inerzia termica con l'obiettivo di abbattere il fabbisogno energetico e le emissioni di CO_2 dovute a riscaldamento e raffrescamento*». [61]

Se da un lato viene incentivata la progettazione di un edificio sempre più efficiente dal punto di vista energetico, dall'altro lato per far fronte agli impatti ambientali dovuti alla produzione e lavorazione dei materiali da costruzione, bisogna fare ricorso alle nuove strategie tecnologiche di riuso e riciclo. Per poter arrivare a questo obiettivo, è necessario avere una

---

[55] P. ALTAMURA, *Gestione eco-efficacie dei materiali da costruzione nel ciclo di vita dell'edificio,* tesi di dottorato, Università degli Studi di Roma "Sapienza", a.a. 2012-2013, relatore E.Cangelli pp. 67.

[55] [56] [57] [58] P. ALTAMURA, *op.cit.,* pp. 67.

[59] [60] [61] P. ALTAMURA, *op.cit.,* pp. 69.

chiara visione del ciclo di produzione dell'edificio: la tipologia di analisi che tiene conto di tutti questi aspetti è basata sul metodo *LCA (Life Cycle Assessment).*

« *L'Analisi del Ciclo di Vita è uno strumento scientifico che permette al progettista di scegliere, durante la fase di progettazione [...] la soluzione meno impattante a livello ambientale per ogni elemento tecnico e sub-sistema tecnologico*». [62]

L'LCA è uno strumento di valutazione oggettivo che quantifica l'energia consumata, la materia prima impiegata e la quantità di emissioni rilasciate in ambiente, relativo all'intero ciclo di vita di un prodotto (estrazione, lavorazione, uso, manutenzione e dismissione). La sua procedura di analisi è regolata dalla norma UNI EN 15978:2011 [63] e racchiude tre indicatori fondamentali:

- l'energia incorporata, detta *embadied energy*, che indica l'energia impiegata durante il ciclo di produzione dei materiali fino alla loro dismissione o riciclo;

- l'*embadied carbon* « *viene definita come la quantità di emissioni di CO2 dovute all'estrazione delle materie prime, al trasporto, alla lavorazione, produzione ed altre attività connesse*»[64]

- il *carbon footprint* indica l'impatto ambientale causata dalle attività umane, in particolare «*gli effetti prodotti da parte dei gas serra in termini di anidride carbonica equivalente*».[65]

La definizione degli impatti ambientali è di fondamentale importanza, poiché da queste analisi è possibile attuare delle strategie efficaci per ridurli. Come già evidenziato, il riuso e il riciclo dei materiali, contestualizzati in un'economia di tipo circolare, sono vantaggiosi per ridurre il quantitativo di energia impiegato nella produzione di materiali, tuttavia le potenzialità e le possibilità variano da caso a caso: non tutti i materiali possono essere riciclati allo stesso modo e con la stessa raffinatezza. Di conseguenza diventa indispensabile una progettazione accurata dei materiali, tenendo conto della vita utile in modo da «*progettare prodotti affidabili, aggiornabili e adattabili, facilmente manutenibili, riparabili e riusabili*». [66] Questo significa che la scelta dei materiali da reintegrare nel ciclo di produzione deve tener conto della compatibilità tra due materiali diversi, e che la loro progettazione conduca ad un prodotto con prestazioni e proprietà migliorative, tali da creare una simbiosi industriale.

---

[62] [63] P. ALTAMURA, *Gestione eco-efficacie dei materiali da costruzione nel ciclo di vita dell'edificio,* tesi di dottorato, Università degli Studi di Roma "Sapienza", a.a. 2012-2013, relatore E.Cangelli pp. 70.

[64] [65] P. ALTAMURA, *op.cit.,* pp. 77.

[66] Consiglio Nazionale della Green Economy*, L'ecoinnovazione nell'economia circolare,* 2017,pp. 15.

1.10 - Potenzialità e possibilità di ricerca e sviluppo in un territorio circoscritto

La ricerca argomentata finora ha messo in luce l'economia circolare nei suoi molteplici aspetti, a partire dalla sua stessa definizione e come viene percepita nei tre contesti differenti, internazionale, europeo e nazionale, fino ad arrivare ad una strategia più localizzata ovvero della simbiosi industriale e quanto sia possibile ridurre gli impatti ambientali. Questa strategia in via di sviluppo ed in continua crescita, ha ottenuto la possibilità di essere incentivata dalla *Ellen MacArthur Foundation,*[67] che pone particolare attenzione al settore tessile e ai suoi possibili impieghi nella produzione di materiali edilizi.

La possibilità di realizzare una simbiosi industriale dipende dalle caratteristiche del territorio, dalle risorse reperibili, dalla storia, dalla tradizione economica e dal suo sviluppo industriale. Perciò per poter sviluppare questa strategia è necessario trovare su uno stesso territorio una o più risorse legate alla produzione industriale, che siano compatibili tra loro. L'idea fondamentale, che indirettamente viene posto come obiettivo, è di cambiare in positivo il concetto di rifiuto da dismettere in discarica e trasformarlo in una nuova risorsa.

Il territorio su cui verrà ipotizzata l'applicazione di una simbiosi industriale è l'Altopiano di Poirino, situato nella regione Piemonte, a sud-est di Torino. In quest'area si ritrovano due risorse particolarmente interessanti: il tessuto e l'argilla. In questo territorio la lavorazione del tessuto si è sviluppata principalmente a Chieri che porta con sé una tradizione secolare e ad oggi si è estesa fino a Poirino, un paese limitrofo. Nelle vicinanze di questi paesi le cave di argilla sono abbondanti nei paesi di Cambiano, Santena e Villanova d'Asti accanto alle quali sorgono tre fornaci in collaborazione tra loro.

Da numerose ricerche portate avanti a livello nazionale e internazionale, vengono spesso proposti gli scarti industriali tessili come possibile risorsa impiegabile come MPS, ovvero materia prima secondaria, impiegabile in una nuova catena di lavorazione. Da questi studi emerge la possibilità di integrare gli scarti industriali tessili nell'impasto di argilla utilizzato per realizzare i blocchi tradizionali di laterizio. L'unione di questi due materiali presenti sul territorio permettono di ipotizzare una piccola simbiosi industriale mettendo in relazione le aziende produttrici, che potrebbero trarne un beneficio reciproco. Tuttavia sono necessarie delle verifiche e dei test per valutare il miglioramento o il peggioramento delle proprietà fisiche e meccaniche del nuovo prodotto edilizio.

---

[67] Ellen MacArthur Foundation, A new textiles economy: redesigning fashions'future, 2017.

PARTE II

IL TERRITORIO DELL'ALTOPIANO DI POIRINO E LE SUE RISORSE

Parte II - Il territorio dell'Altopiano di Poirino e le sue risorse

2.1 - Chieri e la cultura del tessuto: inquadramento territoriale

Il territorio Chierese si presenta prevalentemente collinare ed è situato a sud-est di Torino, definito nell'ambito 66 della Regione Piemonte. Questo territorio è integrato nell'Altopiano di Poirino che comprende: Chieri, Cambiano, Santena, Poirino, Pralormo, Cellaregno, Valfenera, Isolabella, Villanova d'Asti, Riva presso Chieri e altri centri che sono a cavallo di quest'ambito e un altro confinante. Storicamente Chieri è il centro di riferimento di maggior rilevanza, in quanto con il suo sviluppo economico, ha influenzato il territorio circostante nel corso dei secoli. A partire dalla seconda metà del XII secolo Chieri assunse il ruolo di punto di snodo commerciale verso la Francia e verso Asti. [1]

Dal punto di vista dell'organizzazione territoriale, il territorio chierese ha subito l'influenza di altre culture che

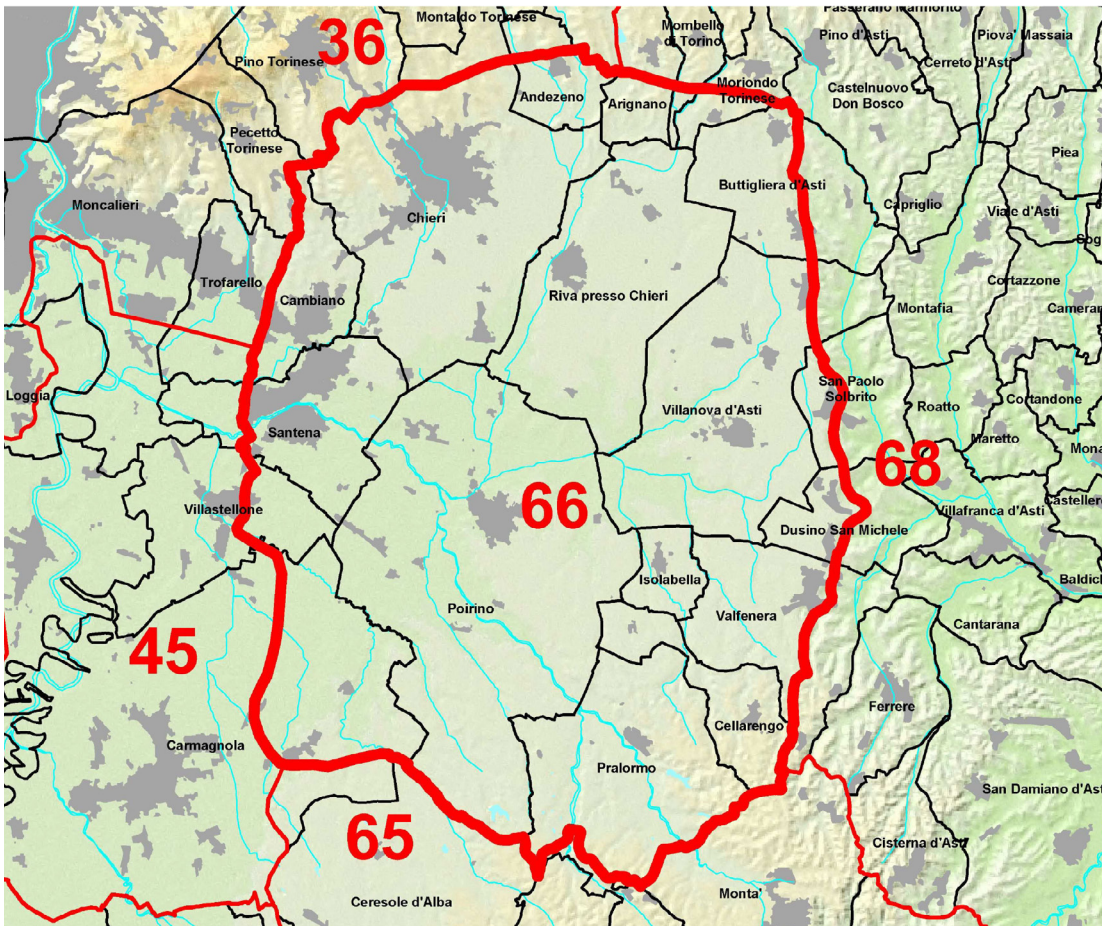


fig 5 - Planimetria, fuori scala. Delimitazione del territorio dell'ambito 66 della Regione Piemonte del Chierese e Altopiano di Poirino [2]

[1] Regione Piemonte, *Scheda ambito territoriale*, 2017, pp.1.

[2] *https://www.regione.piemonte.it/territorio*, consultato il 03/08/2018

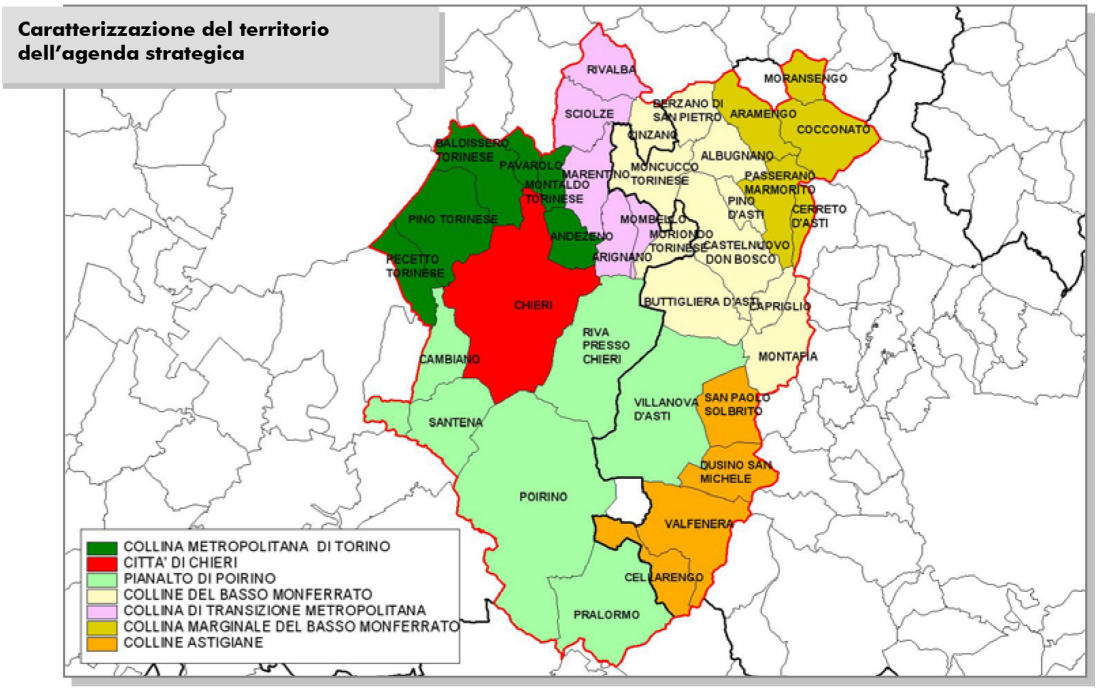


fig 6 - Planimetria, fuori scala. Definizione del territorio dell'ambito 66 [3]

hanno decretato le caratteristiche che si distinguono ancora oggi, sin dalla trasformazione delle aree boschive in aree agricole durante la *centuratio* romana. Il suo sviluppo nel corso dei secoli è dovuto alla posizione strategica sulle rotte commerciali che hanno permesso progressivamente di sviluppare il commercio nel settore tessile, e di incentivare l'agricoltura.

Ad oggi il settore tessile è riconducibile al commercio al dettaglio e non costituisce più il pilastro fondamentale per l'economia di Chieri, come era nei secoli precedenti. Seguirà un breve *excursus* storico sullo sviluppo della tessitura, che comprende tutto il territorio del chierese.

2.2 - Il tessile a Chieri: lo sviluppo storico

2.2.1 - Il XIII secolo

I primi documenti che emergono sulla produzione locale di fibre tessili e la loro lavorazione, risalgono al XIII secolo, in cui Chieri dimostra di essere dal punto di vista economico un centro vivace e ben organizzato nell'attività mercantile del tessuto. Uno dei primi documenti che lo testimonia è il Libro Rosso [4] del Comune di Chieri che nel 1261 vengono riportati degli accordi tra il Comune e il conte di Biandrate[5] per concedere banchi e luoghi attrezzati per il deposito della merce e il cambio delle monete, per il consueto

[3] Comune di Chieri, *Il Chierese e la sua agenda strategica: documento strategico*, dicembre 2017, pp.26.

[4] AA.VV., *Chieri e il tessile - Vicende storiche e di lavoro dal XIII al XX secolo*, a cura di Chieri Centro Arte Tessile, Chieri (TO), Edizioni "Corriere", 2007, p. 27

[5] *https://it.wikipedia.org/wiki/*, consultato il 07/08/2018

mercato del tessuto. Oltre al mercato c'erano anche negozi, botteghe e magazzini di privati che commerciavano prodotti tessili; molti di questi erano a conduzione familiare e la tradizione del tessuto viene tramandata per molte generazioni successive.
Di particolare interesse erano i rapporti commerciali tra la città e le istituzioni religiose di frati tessitori: i panni dell' Ordine dei Frati Umiliati, di Milano, erano rinomati per la competenza con la quale erano stati tessuti più che per la qualità della lana impiegata, poiché si trattava della lana comune locale. L'esportazione dei prodotti tessili costituiva un traguardo importante per il marcato chierese, che divenne sempre più di prestigio proponendo panni, fustagni e tele. La documentazione sui quantitativi delle produzioni tessili è mancante o non ci sono fonti complete per stabilirne un numero preciso, anche se buona parte della produzione si può attribuire all'uso familiare quotidiano.[6] Inoltre è difficile distinguere i mestieri di imprenditore, commerciante, mercante o produttore diretto, ma è certo che la lavorazione era finalizzata allo smercio dei panni di lana, della tela, della canapa o del lino.
In questo secolo è interessante notare anche l'attività agricola connessa alla lavorazione del tessuto, come ad esempio la produzione di canapa e il lino, partendo dalla semina sul territorio chierese. Erano diffuse «*le produzioni familiari di semilavorati, filato di canapa, destinato alla tela, ma anche al filato di lana per panni, attività [...] sostenuta dalla disponibilità di lana derivante dagli allevanti ovini*». [7]
Dal punto di vista della costituzione di corporazioni per il tessuto è stato sancito dalla Società di San Giorgio il «*diritto di essere l'unica associazione comune per il popolo grasso e il popolo minuto senza distinzioni*».[8]

2.2.2 - Il XIV secolo

Il XIV secolo è caratterizzato da due importanti novità: la prima è l'introduzione del fustagno, una scelta imprenditoriale che influenzerà positivamente tutti i secoli successivi, e la seconda è il riconoscimento del diritti a riunirsi in associazioni di mestieri o arti. In particolare, compare la figura del maestro fustaniere ed è «*colui che fa lavorare [...] chi è in grado di sorvegliare tutte le fasi della lavorazione in modo da consegnare un prodotto finito secondo le regole dell'arte*». [9] Inoltre era solito accogliere degli apprendisti nella sua bottega per insegnare le tecniche e le abilità di lavorazione del fustagno. I maestri del fustagno provenivano da Milano, luogo in cui la tradizione di questa lavorazione aveva radici più antiche, ed erano molto rinomati, tanto che, in un documento ritrovato, il Comune di Chieri mandò due fustanieri milanesi a Torino con i rispettivi familiari e lavoratori.
La prosperità di Chieri, in questo secolo, non è solo dovuta al fustagno, ma anche dalla diffusione del cotone. Il cotone è stato importato sulle coste siciliane dagli Arabi tra il IX e il X secolo, e si diffuse in seguito nel Me-

[6] AA.VV., *Chieri e il tessile - Vicende storiche e di lavoro dal XIII al XX secolo*, a cura di Chieri Centro Arte Tessile, Chieri (TO), Edizioni "Corriere", 2007, p. 30
[7] AA.VV., *op.cit* , p. 31
[8] AA.VV., *op.cit* , p. 32
[9] AA.VV., *op.cit* , p. 49

fig 7 - Immagine di un fiocco di cotone, introdotto nel commercio Mediterraneo dagli Arabi tra il IX e il X secolo [10]

diterraneo, fino a Genova e da qui si diffuse nell'Italia settentrionale.
Nella tradizione chierese *«il fustagno si caratterizza per la qualità della fibra e per il metodo di tessitura, è un tessuto di cotone con tessimento diagonale»* [11] ed aveva caratteristiche tali da essere utilizzato anche per le tende da accampamento militare, grazie a quella sua trama fittamente tessuta.

2.2.3 - Il XV secolo

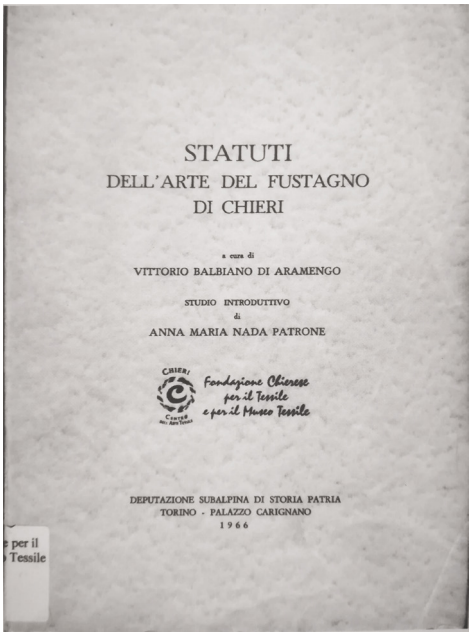
In questo secolo la lavorazione del fustagno continua a diffondersi e a presentarsi come prodotto di qualità e fondamentale nell'economia chierese, tanto che nel 1482 venne fondata l'Università del Fustagno. Già intorno alla metà del secolo, nello specifico nel 1460 è stato necessario riorganizzare la comunità dei tessitori, fornendo regole omogenee, in modo da rispettare i canoni del commercio e, sotto il suggerimento della Società San Giorgio, venne creata «*un'Arte, o Corporazione, di carattere protezionistico che fissasse in modo definitivo le caratteristiche della produzione del fustagno»*. [12]
Oltre all'ampia diffusione del fustagno, deve essere menzionata anche l'Arte della Lana, che nonostante non fosse una lavorazione fondamentale nel commercio, venne potenziata per decisione dei duchi sabaudi testimoniato da una regolamentazione giuridica del 1424. [13]
Le maestranze milanesi del fustagno si stabilirono a Chieri per esercitare la loro attività e divennero tanto rinomati da causare qualche difficoltà ai concorrenti nei dintorni, compresa Torino; infatti il Consiglio comunale, preso atto delle problematiche nel reperimento di manodopera, aumentò il salario, anche se non ottenne risultati.
Verso la metà del XV secolo cominciarono ad essere avvertiti a Chieri i primi segni della crisi del mercato, dovuto alla concorrenza limitrofa come Asti, perciò era necessario «*ottimizzare la qualità per renderli più concorrenziali e nello stesso tempo costituire un polo monopolistico in grado di essere più aggressivo, presentandosi in modo più compatto sui mercati e riuscire ad ottenere dal governo ducale esenzioni da imposte e pedaggi che favorissero la vendita»*, [14] esenzioni che furono approvate dopo diverse traversie dal duca Filiberto I.
Nel decennio successivo nacque l' Arte del Fustagno che segnò il passaggio da manifattura tessile artigianale ad una forma con maggior

[10] AA.VV., *Chieri e il tessile - Vicende storiche e di lavoro dal XIII al XX secolo*, a cura di Chieri Centro Arte Tessile, Chieri (TO), Edizioni "Corriere", 2007, p. 51
[11] AA.VV., *op.cit* , p. 53
[12] AA.VV., *op.cit* , p. 64
[13] AA.VV., *op.cit* , p. 65
[14] AA.VV., *op.cit* , p. 66

carattere e più evoluta. Infatti la sua attività produttiva è completa, partendo dall'acquisto del cotone greggio, provenienti dai porti di Genova, Venezia o Savona, proseguendo con le consuete fasi di lavorazione, comprensivi di filatura e la tintura con coloranti vegetali di provenienza chierese, e si concludeva con la vendita dei prodotti finiti sui mercati interni e internazionali. [15] I mercati internazionali si sono sviluppati in virtù dell'ottima posizione geografica della città: essendo a ridosso delle vie commerciali che univano il Mediterraneo all'Europa, stato possibile ai prodotti chieresi farsi strada fino all'Europa settentrionale, come nelle fiere di Champagne o delle Fiandre.

2.2.4 - Il XVI secolo

Durante il Cinquecento ci fu una crisi dell'economia che comprese il Piemonte, ma Chieri riuscì a contrastare questa crisi grazie al settore tessile e quello agricolo. Il commercio del cotone greggio ha avuto delle ripercussioni positive sull'occupazione locale, poiché in «*questa attività manifatturiera lavora la maggior parte del popolo e anche i più miserabili*». [16] Tuttavia la crisi è stata percepita soprattutto tra il 1515 e il 1532 in cui, oltre alla svalutazione monetaria dello Stato Sabaudo rispetto ad altri paesi, ci furono anche epidemie, carestie e razzie, conseguenze delle guerre.
Tra il 1551 e il 1562 ci fu l'occupazione e l'annessione francese e fu un periodo particolarmente difficile per i tessitori e i fustanieri, poiché, essendo il settore trainante dell'economia, erano maggiormente tassati e ci sono testimonianze di un prestito di 5000 lire al Re di Francia. Quest'occupazione straniera lasciò il segno, in quanto «*a causa della guerra certi di Chieri introdussero la lavorazione del fustagno a Chambery con grande danno per Chieri»*. [17] La ripresa fu in seguito possibile quando Emanuele Filiberto confermò nuovamente gli antichi privilegi, consentendo esenzioni dai dazi.
La seconda metà del Cinquecento è caratterizzato da lotte e discussioni, testimoniati da verbali e documenti, sulla gestione del potere dei gruppi dirigenti del settore tessile e sull'affermazione sociale dei fustanieri. Infatti,


STATUTI
DELL'ARTE DEL FUSTAGNO
DI CHIERI

a cura di
VITTORIO BALBIANO DI ARAMENGO

STUDIO INTRODUTTIVO
di
ANNA MARIA NADA PATRONE

Fondazione Chierese per il Tessile e per il Museo Tessile

DEPUTAZIONE SUBALPINA DI STORIA PATRIA
TORINO - PALAZZO CARIGNANO
1966

per il
Tessile

fig 8 - Il volume contiene la trascrizione del manoscritto rinvenuto nel 1945 in cui sono riportati i verbali delle sedute della Corporazione della sua costituzione nel 1591.[18]

[15] AA.VV., *Chieri e il tessile - Vicende storiche e di lavoro dal XIII al XX secolo*, a cura di Chieri Centro Arte Tessile, Chieri (TO), Edizioni "Corriere", 2007, p. 67
[16] AA.VV., *op.cit* , p. 96
[17] AA.VV., *op.cit* , p. 99
[18] AA.VV., *op.cit* , p. 97

verso la fine del secolo, ci fu un'ascesa sociale delle famiglie che avevano l'attività mercantile di tipo cotoniero.

2.2.5 - Il XVII secolo

Nel Seicento lo slancio economico chierese subisce un forte calo: la produzione cotoniera entra in crisi sia a causa di pestilenze e guerre, ma soprattutto per la forte competitività economica estera con l'apertura di fabbriche in Francia e in Spagna. Vista la situazione, intorno alla metà del secolo, la corporazione si rivolse al Duca di Savoia per prendere provvedimento e fornire delle agevolazioni che in passato avevano permesso di mantenere viva l'attività di cotoniera. Tra il 1660 e il 1680 viene portato avanti dal Duca di Savoia, Carlo Emanuele II, un «*programma di risanamento economico e finanziario con progetti di vario genere il cui fine ultimo è [...] sviluppare gli scambi commerciali e valorizzare le risorse economiche dello Stato*". [19] In questo periodo il settore tessile rivolge la sua attenzione anche alla lavorazione della seta, già in via di sviluppo, ma con «*momentanei problemi di tenuta sui mercati di esportazione legati alla qualità del filato, e poi all'antica attività cotoniera chierese quasi travolta dalle mutate forme della concorrenza internazionale*». [20]
Ci sono diverse testimonianze dell'organizzazione lavorativa a conduzione familiare: in queste case solitamente si trovano dai cinque ai sei telai, in una stanza separata e si produceva il «*cotone già filato, mezzano e fino, ma vi è anche il cotone 'in lana' [...] vi sono poi le pezze da stoffa di Chieri; poche quelle da fustagno semplice, numerose invece le pezze di opera, ovvero il tessuto operato, di bandera, di righetto e poi gamaleotti colorati, tridaina, che è una stoffa di lana e cotone*»; [21] tale stanza era detta *dell'arte*.
Tuttavia il Seicento è il secolo caratterizzato dalla seta, anche per Chieri, si trattava di una produzione di lusso, molto redditizia. In questo commercio però è necessario aprire le vie all'importazione spagnola del baco da

fig 9 - Immagine baco da seta.[22]

seta, il cui seme venne impiantato nel territorio chierese e la loro attività di allevamento veniva gestita da molte donne che divennero abili filatrici di seta. Inoltre l'introduzione nel 1669 dell'innovativo mulino da seta alla bolognese, permise di migliorare la qualità della lavorazione della seta.
Nella seconda metà del secolo ci furono molti investimenti che procurarono un buon slancio economico sia per Chieri sia per Stato Sabaudo: una parte della produzione del tessuto chierese si specializza nel settore militare, in particolare nelle caserme dei soldati della Guardia del Corpo di Sua

[19] AA.VV., *Chieri e il tessile - Vicende storiche e di lavoro dal XIII al XX secolo*, a cura di Chieri Centro Arte Tessile, Chieri (TO), Edizioni "Corriere", 2007, p. 125
[20] AA.VV., *op.cit* , p. 125
[21] AA.VV., *op.cit* , p. 128
[22] AA.VV., *op.cit* , p. 128

Altezza, che richiedeva regole molto specifiche. Si investì molto nell'esportazione del tessuto, una di queste era verso i porti franchi di Genova e Livorno, fino a raggiungere Roma; inoltre l'importazione da Marsiglia del cotone filato, e i legami che arrivavano fino in Olanda ad Amsterdam, fecero risaltare la qualità del prodotto tessile chierese. In tal modo Torino, essendo centro di riferimento dello Stato Sabaudo, concede la possibilità di ottenere investimenti diversificati e ugualmente proficui, e *«nella diversificazione degli investimenti bisogna ricordare le cariche dei vari campi nella magistratura, dell'esercito, della burocrazia statale e quelle presso la corte, cariche che erano sostenute da un meccanismo finanziario e onorifico insieme»*.[23]
Verso la fine del XVII secolo Chieri dovette subire dei cambiamenti riguardo la suddivisione feudale dei terreni, infatti nel 1694 gli abitanti di Pino e Baldissero formarono una nuova unità amministrativa. Inoltre ci fu uno spostamento massivo di diverse famiglie nobili verso la corte torinese o le corti europee, che permise ai fustanieri di avere una maggiore affermazione sociale e viene documentata la fondazione dell'Università degli Operatori del Cotone.

2.2.6 - Il XVIII secolo

Il Settecento è il secolo in cui Chieri perde i suoi privilegi, in quanto l'apertura di nuove fabbriche in diversi punti del Regno, provoca un calo nel mercato del cotone chierese e cambiano gli equilibri della Corporazione dei Fustanieri, con il nuovo clima culturale e politico illuminista. Tuttavia, trattandosi di una corporazione eterogenea, resta il punto di riferimento degli imprenditori locali, permettendo ai fustanieri di mantenere un ruolo rilevante dal punto di vista sociale, amministrativo ed economico.
All'inizio del secolo ci furono nuovi statuti che fornivano delle linee guida che riguardano la salvaguardia della tradizione e la valorizzazione delle risorse locali; inoltre definiscono e codificano le diverse *stoffe di Chieri*. Le norme di abilitazione all'esercizio lavorativo prevedeva un periodo di apprendistato, seguito da uno di tes-

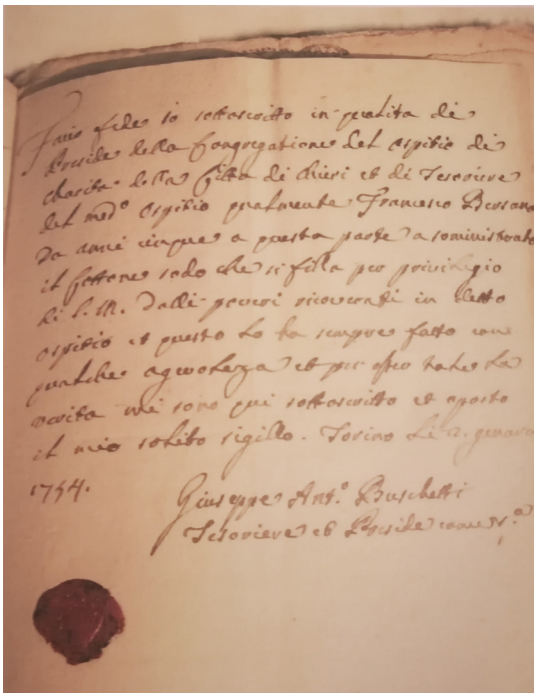


fig 10 - Dichiarazione della Congregazione di Carità sull'attività di filatura svolta nell'Ospizio e sui rapporti commerciali. Il documento è conservato nell'Archivio Storico di Chieri [24]

[23] AA.VV., *Chieri e il tessile - Vicende storiche e di lavoro dal XIII al XX secolo*, a cura di Chieri Centro Arte Tessile, Chieri (TO), Edizioni "Corriere", 2007, p. 132

[24] AA.VV., *op.cit* , p. 177

situra sotto la guida di un maestro, e dopo aver svolto l'esecuzione del capolavoro e aver fatto l'esame all'iscrizione dell'arte, potevano considerarsi dei tessitori qualificati.
Intorno agli anni Trenta sorge, poco lontano da Chieri, l'Ospizio di Carità che «*portano avanti il progetto di acquisire tecnologie nuove di filatura del cotone e di formare persone qualificate ed esperte*». [25]
L'iniziativa adeguava alle finalità di un'istituzione caritativa e alla situazione di un centro tessile cotoniero, il cui prodotto si ispirava ai tessuti svizzeri, sperimentando fili di cotone molto sottili.
La seconda metà del secolo è caratterizzata da un ulteriore sviluppo delle manifatture del cotone specialmente nei pressi di Novara, ma tale concorrenza non preoccupa l'economia chierese, in quanto continuano ad essere svolte tutte le lavorazioni annesse alla tessitura, come la tintura o la sgrassatura. In questo stesso periodo ci fu un dibattito tra il Comune e la Corporazione in cui viene rivalutato il privilegio dedicato ai membri della Corporazione, pensando di ampliarlo a tutti i cittadini. Si trattava dell'agevolazione per importare la materia prima del cotone, senza la necessità di pagare la dogana, - per coloro che facevano parte del gruppo dell'Arte - e nel 1754 dopo molteplici discussioni, il Comune concluse con l'estensione di questo privilegio a tutti i cittadini.
La crescita economica nel settore tessile proseguì fino agli anni Novanta del XVIII secolo in cui arrivarono i primi imprenditori ebrei nell'attività produttiva cotoniera. Ci furono attriti con la Corporazione per avviare la loro attività, e l'ostacolo più grande erano le norme giuridiche e religiose, oltre al fatto che si presentavano come potenziali concorrenti nell'importazione del cotone. In questa situazione si è reso necessario l'intervento dei consiglieri del Re per tentare una conciliazione, poiché non era accettabile mettere a rischio gli ingressi finanziari dovuti al settore tessile. In tal modo verrebbero a meno i delicati equilibri, siccome si favorisce anche la confinante agricoltura di Poirino che si impiega per gli orditi, in particolare il lino che viene coltivato e raccolto in quel territorio.[26]
Il secolo si chiude con alcune difficoltà economiche dovute anche ad un anno particolarmente difficile in cui non c'è stata la raccolta di grani nel territorio e nell'erario non c'erano fondi a sufficienza per acquistarli altrove.

2.2.7 - Il XIX secolo

Durante la prima metà del XIX secolo le manifatture seguono le regole dettate dall'Università del Fustagno, tuttavia molti fustanieri preferivano seguire il metodo impiegato nel passato, preferendo essere *mercanti-imprenditori*, acquistando la materia prima e facendola tessere a lavoratori a domicilio, soprattutto a contadini con il telaio a casa.
All'inizio del secolo esistevano pochi imprenditori che possedevano macchine di preparazione e di filatura, ma

[25] AA.VV., *Chieri e il tessile - Vicende storiche e di lavoro dal XIII al XX secolo*, a cura di Chieri Centro Arte Tessile, Chieri (TO), Edizioni "Corriere", 2007, p. 176

[26] AA.VV., *op.cit* , p. 181

pian piano cominciarono a diffondersi anche nelle imprese di piccole dimensioni. Inoltre l'introduzione del telaio *Jacquard* migliorò notevolmente la qualità del prodotto tessile, in quanto permetteva di produrre *piquet*, i rigati inglesi in spiga, i *meraviglias* e i percalli.
Dopo il 1850 l'industrializzazione comincia a crescere e vennero fondate nuove aziende, e si osserva un fenomeno di crescita costante dei prodotti tessili chieresi anche se ci furono alcune difficoltà. Prima fra queste è la mancanza d'acqua da impiegare come forza motrice e in seguito, la crisi cotoniera americana portò delle ripercussioni negative anche sul commercio in entrata di Chieri. Tuttavia i chieresi riuscirono ad allargare il commercio con le filature inglesi, belghe, austriache e tedesche e avviarono «*trasformazioni nei vari tipi di produzione, con copri-letti, coperte, tendaggi e stoffe per arredamento in cotone puro o misto con canapa, lino e seta*»[(27)].
Le scelte degli imprenditori e le condizioni di vita dei lavoratori furono influenzate dalla crisi economica di fine secolo e dal protezionismo doganale, e il salario rimase molto basso fino alla metà del Novecento, poiché in questo secolo le donne e i minori non erano retribuiti e costituivano la maggioranza dei lavoratori in questo settore.
Verso la metà del secolo quando ci furono le prime lotte per il miglioramento delle condizioni operaie; nel chierese, nonostante fosse ricca di operai, non furono molti i cotonieri che facevano parte della Società Operaia, d'altronde, prima dell'Unificazione dell'Italia, il Governo Sabaudo vietò la creazione di organismi a difesa degli interessi degli operai. In seguito nel 1869 la nascente Società Operaia dei Tessitori di Chieri, assieme alla Società dei Calzolai e il Comune, attivarono una scuola serale per gli adulti, divenuta statale nel 1877.
È attorno agli anni Ottanta e Novanta di questo secolo che a Chieri ci furono le prime agitazioni operaie, con scioperi e manifestazioni, in cui venne richiesto: l'aumento del salario, la diminuzione delle ore di lavoro giornaliere e l'abolizione del lavoro domenicale. Il rifiuto ottenuto riguardo l'aumento dei salari, costringe le famiglie più numerose a lavorare ugualmente il tessuto nelle proprie case, anche se la concorrenza del telaio meccanico divenne sempre più forte.

2.2.8 - Il XX secolo

Questo secolo si apre con l'introduzione dell'energia elettrica che permise di migliorare l'efficienza del settore industriale. Nel 1903 vennero introdotti i telai meccanici in quattro ditte: Fasano, Fratelli Tabasso, Lazzero e Gallina; presto aumentò il numero degli operai che lavoravano sul telaio meccanico , ma senza lasciare indietro la tradizione della lavorazione del telaio manuale in casa.
Ci fu una breve ma pesante crisi dell'economia mondiale tra il 1907 e il 1908, tuttavia l'industria cotoniera piemontese riuscì a riprendersi velo-

[(27)] AA.VV., *Chieri e il tessile - Vicende storiche e di lavoro dal XIII al XX secolo*, a cura di Chieri Centro Arte Tessile, Chieri (TO), Edizioni "Corriere", 2007, p. 209

cemente.
« *Nel 1915 i cotonifici locali sono saliti a 35, con 550 telai meccanici per pezze e 3500 a mano per tessitura anche a Jacquard che producono catalogne, piquet, bandere, basini, terlizzi»* [27] e durante gli anni delle guerre mondiali la produzione tessile venne convertita al servizio dell'esercito, realizzando teli per le tende, copriletti per ospedali, teli per lenzuola e altro corredo.
Nel 1929 ci fu una crisi del settore tessile soprattutto nel settore delle esportazioni che provocò la chiusura di qualche azienda; fortunatamente anche in quest'occasione Chieri riesce a superarla e negli anni Trenta l'industria chierese si concentrò sulla produzione di fibre tessili nazionali come la seta, il lino, la canapa o la canapa cotonizzata.
Con l'arrivo della Seconda Guerra Mondiale, per sopravvivenza, l'industria tessile chierese dovette riconvertire i prodotti per l'esercito. Il Governo però limita e regola la produzione attuando un «*blocco immediato della vendita dei tessuti di lana e cotone, concernente la fabbricazione dei prodotti tipo dell'industria tessile, della maglieria, della calzetteria anche in relazione alle necessità dell'esportazione»*. [29] Nel 1942 lo Stato interviene anche sugli orari di lavoro degli operai in fabbrica, imponendo un massimo di 32 ore settimanale in modo da ridurre il quantitativo di consumo energetico, poiché il combustibile doveva essere impiegato nelle forniture belliche.
La seconda metà del secolo è caratterizzata dalla ripresa economica delle industrie e dall'innovazione tecnologica.

2.3 - Il museo del tessile di Chieri

Il centro storico di Chieri si avvale di avere un ricco patrimonio museale che ripercorre nel tempo l'evoluzione tecnica del settore tessile, il cui merito si deve ad Amando Brunetti presidente della *Fondazione Chierese per il Tessile e per il Museo del Tessile*, che privatamente raccolse telai, orditori, campioni di tessuto, fino alla fondazione del Museo del Tessile nel 1996. Fra i musei sul territorio, quello del tessile di Chieri ha una collezione molto prestigiosa, anche a livello internazionale, e viene considerato un museo *vivo* in quanto le macchine e i

CHIERI
CENTRO ARTE TESSILE
Fondazione Chierese per il Tessile e per il Museo del Tessile

fig 11 - Il logo della Fondazione Chierese per il tessile e per il Museo del Tessile [30]

[28] AA.VV., *op.cit* , p. 241
[29] AA.VV., *Chieri e il tessile - Vicende storiche e di lavoro dal XIII al XX secolo*, a cura di Chieri Centro Arte Tessile, Chieri (TO), Edizioni "Corriere", 2007, p. 246
[30] AA.VV., *op.cit* , p. 284

telai esposti sono perfettamente funzionanti e controllati periodicamente.
La prima parte del museo è dedicata alla filatura e alle tipologie di fibre naturali. Le fibre tessili vengono trattate a partire dalla pulitura delle fibre, proseguendo con la cardatura e la pettinatura, poi l'accoppiamento e lo stiro, fino alla formazione del filato.
Tra gli strumenti per la filatura manuale vi era la conocchia, un bastone in canna di bambù, impiegata per raccogliere la fibra per poi essere filata con il fuso. La filatrice «*prelevava una certa quantità di fibre e, torcendole con le dita inumidite di saliva dava inizio al filo che veniva fissato con un nodo alla cocca del fuso*» [32]; il filo veniva poi fatto girare velocemente per farlo allungare. L'arcolaio invece serviva a ridurre le matasse di filo e lavorava in abbinamento al mulinello per ottenere spole e rocchetti.
Nella fase dell'orditura viene preparato l'ordito, cioè un complesso di fili che andranno a formare la parte longitudinale del tessuto; è in questa fase che si stabilisce la qualità pregiata o meno del prodotto, il lavoro deve essere accurato e preciso. Vengono formati delle *portate* o *sezioni,* vale a dire

fig 12 - Foto scattata sul posto, Museo del Tessile di Chieri; fibre di canapa e bozzoli catalogati nei barattoli.

fig 13 - Foto scattata sul posto, Museo del Tessile di Chieri; fiocchi di cotone.

fig 14 - Museo del Tessile di Chieri, a sinistra l'arcolaio e a destra il mulinello per preparare spole e rocchetti. [31]

[31] AA.VV., *Chieri e il tessile - Vicende storiche e di lavoro dal XIII al XX secolo*, a cura di Chieri Centro Arte Tessile, Chieri (TO), Edizioni "Corriere", 2007, p. 288

[32] AA.VV., *op.cit* , p. 288

fig 15 - Foto scattata sul posto, Museo del Tessile di Chieri; orditoio verticale alto circa 3,30 metri con un diametro di 2,40 metri.

fig 16 - Museo del Tessile di Chieri; orditoio orizzontale in legno di fattura artigianale[33]

dei raggruppamenti dei fili avvolti su una struttura detta orditoio. Le portate vengono poi posizionate una accanto all'altra in base alle dimensioni previste e alla fine l'ordito viene sul subbio destinato al telaio. L'orditoio verticale è alto circa 3,30 metri ed è formato da due coppie di montanti e traverse perpendicolari, e il meccanismo viene messo in movimento manualmente da una manovella posizionata su un sediolo con girella. Nell'orditoio orizzontale invece i fili vengono fatti passare da un lato all'altro dell'intelaiatura in posizione alternata e facendoli ruotare attorno ai pioli; si tratta di un orditoio di invenzione più antica e il tempo impiegato per realizzare l'orditura era decisamente maggiore.
La fase della tessitura consiste nell'intrecciare i fili in modo da realizzare un tessuto, utilizzando un telaio orizzontale, che sostituì quello verticale con origini più antiche. Ci sono tre tipi di telaio manuale che si sono susseguiti nei secoli di sviluppo tecnologico:
- telaio a porgifilo
- telai con navetta volante
- telai *Jacquard*

Di particolare rilevanza è anche la fase di tintura in cui venivano impiegati molti coloranti vegetali; i più conosciuti e impiegati sono: [34]
- *agarico*, impiegato come additivo per rendere più accesi i colori;
- *campeggio*, è un albero da cui si ricava l'ematossilina che è una sostanza colorante viola, utilizzata per la seta;
- *cartamo*, un'erba che consente di ottenere le colorazioni del rosato;
- *crespino*, un arbusto da cui si ottiene il colore giallo;
- *curcuma*, una pianta da cui si ricava

[33] AA.VV., *Chieri e il tessile - Vicende storiche e di lavoro dal XIII al XX secolo*, a cura di Chieri Centro Arte Tessile, Chieri (TO), Edizioni "Corriere", 2007, p. 291

[34] AA.VV., *op.cit* , p. 302

un'altra tonalità di giallo;
- *gualdo o guado*, da cui è possibile ottenere le tonalità dell'azzurro,
- *legno brasiliano*, per la colorazione rossa;
- *rubia*, dalle sue radici è possibile ricavare il rosso.

In seguito i tessuti venivano campionati e catalogati in un libro *campionario*, per tonalità di colore, orditura e tipologia di tessuto. Inoltre sui tessuti veniva svolto un controllo della qualità: venivano prese le misure dimensionali e si svolgeva un test di resistenza alla rottura del filato con in dinamometro, e si effettuava anche il calcolo del numero di torsioni del filo per accertarne la resistenza utilizzando il torsiometro.

fig 17 - Foto scattata sul posto, Museo del Tessile di Chieri; caldaia per la tintura delle fibre tessili.

fig 18 - Museo del Tessile di Chieri; dinamometro, strumento utilizzato per la misurazione della resistenza del filo, sottoposto a rottura. [35]

2.4 - La lavorazione del tessuto: oggi

L'innovazione tecnologica si è estesa anche nel settore tessile, il prodotto deve rientrare in determinati requisiti per soddisfare determinate esigenze. Con il termine *filiera tessile* si comprende tutta la complessa sequenza della sua lavorazione a partire dal reperimento delle materie prime fino alla distribuzione del prodotto finito.
La lavorazione segue uno specifico schema consequenziale: [36]

1. la pettinatura delle lane consiste nell'ordinare le fibre tessili in una direzione, e selezionarle, eliminando quelle più corte.

2. la filatura è suddivisa in altre due fasi, la filatura chimica e meccanica.

3. la tessitura viene articolata in due modalità, la tessitura ortogonale e *a maglia*.

[35] AA.VV., *Chieri e il tessile - Vicende storiche e di lavoro dal XIII al XX secolo*, a cura di Chieri Centro Arte Tessile, Chieri (TO), Edizioni "Corriere", 2007, p. 305

[36] AA.VV., *Tessere la vita - Telai e arte della tessitura a 360° per un percorso interattivo interdisciplinare*, a cura di C.F. GÜTERMANN, M.G. Imaririo, D. Surace, Stamperia Artistica Nazionale, Trofarello (TO),2009, pp 112-122.

4. la preparazione della tessitura avviene in tre momenti differenti: il primo è l'imbozzimatura che «*consiste nel trattare l'ordito con particolari sostanze collanti allo scopo di aumentare la resistenza del filato e eliminare la peluria»*.[37] In seguito si procede con l'incollaggio delle fibre e infine avviene la paraffinatura in cui l'ordito viene fatto passare in un dispositivo paraffinatore per renderli meno pelosi e più scorrevoli per agevolare la lavorazione a macchina.

5. la nobilitazione, per accrescere il valore o la qualità del prodotto, è suddivisa in cinque passaggi differenti. Inizialmente si svolgono dei pretrattamenti per rendere irrestringibile un tessuto, cioè evitare che questo si restringa a contatto con l'acqua, e segue poi un passaggio nella candeggina seguito da una fase di mercerizzazione e saldatura. Dopo il pretrattamento, si prosegue con la tintura del tessuto la cui modalità di applicazione varia a seconda della tipologia di fibra da lavorare, se è a base proteica, cellulosa o sintetica. La fase di stampa può essere anch'essa svolta con diverse modalità: diretta, a corrosione, a riserva, *ink-jet* e speciale. Infine si effettua il finissaggio che può essere chimico speciale o chimico *coating*, per migliorare la qualità del prodotto tessile.

Il prodotto finale sarà il risultato di un'attenta lavorazione che garantisce la qualità del prodotto stesso. Tuttavia non si intende solamente la qualità intrinseca del prodotto, ma anche come «*sicurezza del processo stesso e sostenibilità etico-sociale-ambientale del processo produttivo»*, [38] e la presenza di tutte queste caratteristiche definisce il valore del prodotto.
La certificazione di sicurezza di un prodotto tessile comprende anche la sicurezza sanitaria in quanto ci sono dei possibili rischi nel consumo dei prodotti che apparentemente sono inerti. Infatti sono stati registrati rarissimi casi di reazioni allergiche e irritative della cute dovuta alla presenza di sostanze tossiche. Attualmente sono in vigore delle leggi che vietano l'utilizzo di alcune sostanze classificate pericolose, tuttavia esiste una nuova legge europea denominata il *Regolamento Reach*. Questa legge regola l'uso di qualsiasi sostanza chimica che però comporta una certa competizione tra i produttori che sono soggetti a nuovi vincoli e costi supplementari.
I prodotti tessili realizzati con particolari sostanze chimiche devono seguire determinate restrizioni per non superare il limite imposto per la salute umana. Le sostanze maggiormente impiegate sono:

- coloranti azoici; «*possono scindersi generando ammine aromatiche cancerogene»* [39]

- coloranti dispersi; «*caratterizzati da proprietà allergizzanti per contatto con la cute»* [40]

- formaldeide; «*agente tossico, irritante per le mucose e cancerogeno per l'apparato naso-faringeo»* [41]

- biocidi, come pesticidi, erbicidi o in-

[37] *http://www.treccani.it/*, consultato il 10/08/2018
[38] AA.VV., *Tessere la vita - Telai e arte della tessitura a 360° per un percorso interattivo interdisciplinare*, a cura di C.F. GÜTERMANN, M.G. Imaririo, D. Surace, Stamperia Artistica Nazionale, Trofarello (TO),2009, pp 112.
[39] AA.VV., *op.cit.*, pp 116.
[40] AA.VV., *op.cit.*, pp 116.
[41] AA.VV., *op.cit.*, pp 116.

setticidi; «*il loro accumulo nel corpo umano può portare ad effetti negativi sul sistema nervoso centrale mentre per contatto possono portare a fenomeni irritativi della pelle, delle mucose e delle vie respiratorie*» [42]

- policlorofenoli; «*se assorbiti attraverso il contatto prolungato con la pelle possono provocare alterazioni nella riproduzione e danni a carico del fegato e dei reni*» [43]

- metalli pesanti; «*quali antimonio, cadmio, cobalto, cromo, mercurio, nichel, piombo, potenzialmente pericolosi per la salute e per l'ambiente*» [44]

-ftalati; «*sospetti agenti cancerogeni e tossici per il fegato e i reni*» [45]

Inoltre per garantire la sicurezza ai consumatori, i tessuti vengono sottoposti a dei test in cui si determina l'indice del ph, vale a dire l'acidità o la basicità.
Attualmente l'industria ha il compito di proporre contenuti innovativi e offrire nuovi stimoli per rilanciare in Italia il settore tessile. Infatti ci sono dei progetti di ricerca «*relativi a nuove fibre speciali e a nuovi compositi fibrosi finalizzati alla produzione di innovative famiglie di prodotti tessili*». [46]
Le nuove fibre sperimentate devono essere dotate di proprietà innovative come, ad esempio, la capacità auto-ripulente, la resistenza al fuoco, essere antibatterico e antimicrobico, avere la possibilità di schermare le radiazioni, avere la resistenza all'impatto e all'abrasione. Queste nuove proprietà sono rese possibili dallo studio della nanotecnologia, inserendo nei materiali, ad una dimensione infinitesimale, nanoparticelle di carbonio o di ceramica o ancora ossidi di metallo. La possibilità di ottenere delle fibre plurifunzionali, provenienti da materie prime rinnovabili, è dovuta alla composizione polimerica delle fibre tessili che permette di accoppiare altri polimeri sostenibili. Per esempio è possibile produrre delle fibre provenienti da scarti di lavorazione agricola, come il mais: è un modo per reimpiegare degli scarti che sarebbero rimasti inutilizzati. In questo modo si può osservare come ci sia, sempre di più, un'attenzione al riciclo di materiale di scarto, sviluppando dei polimeri biodegradabili. Questo tipo di innovazione è esteso a tutte le tipologie di tessuto: abbigliamento, arredamento, *automotive*, medicali, militari e dispositivi di protezione.

Il settore del tessile è orientato ad un percorso di ricerca strategico per diminuire la quantità dei rifiuti e reimpiegare gli scarti, introducendoli nuovamente nel ciclo di produzione. In Italia l'impresa *Assosistema* opera nel settore «*della produzione di beni e servizi per la sicurezza igienica dei prodotti tessili e chirurgici utilizzati in ambito sanitario , ospedaliero, assistenziale e nel settore della produzione, distribuzione e manutenzione degli indumenti da lavoro e dispositivi di protezione individuale e collettiva, nonché nel settore del ricondizionamento dei corredi tessili utilizzati in ambito alberghiero e della ristorazione*». [47] Il processo di lavorazione deve assicurare al consu-

[42] AA.VV., *Tessere la vita - Telai e arte della tessitura a 360° per un percorso interattivo interdisciplinare*, a cura di C.F. GÜTERMANN, M.G. Imaririo, D. Surace, Stamperia Artistica Nazionale, Trofarello (TO),2009, pp 116.

[43] [44] [45] AA.VV., *op.cit.*, pp 116.

[46] AA.VV., *op.cit.*, pp 119.

[47] Alessandra VACCARI, Patrizia FERRI., *Il tessile riutilizzabile cerca nuova vita,* in «Ecoscienza», 2 (2017), p.31.

matore un prodotto pulito, gradevole al contatto, privi di odori sgradevoli e con un'elevata qualità microbiologica il cui controllo si basa sulla norma UNI EN 14065:2004 che compie un'analisi dei rischi e svolge un controllo della biocontaminazione.
In questo contesto le aziende che si occupano di produrre i tessuti impiegati in ambito sanitario o alberghiero, cercano di valutare l'effettiva sostenibilità dei propri servizi e delle proprie attività. Attraverso *Assosistema* le aziende stanno orientando il proprio sviluppo verso un nuovo inquadramento strategico, in particolare ad entrare in una logica di economia circolare.
«Ogni anno l'1,5% dei tessili processati esce dal ciclo di produzione, dando luogo a 25.000 tonnellate di tessili sanificati dismessi e avviati prevalentemente in discarica».[48] Questi rifiuti costituiscono un costo per le aziende e per l'ambiente. Per tal motivo i prodotti tessili delle aziende accomunate con *Assosistema* sono tracciabili con un'etichettatura che garantisce la qualità ed è anche possibile mappare i singoli capi nel loro fasi del processo attraverso un microchip.
La durata di vita dei prodotti tessili riutilizzati dipendono da un lato dall'usura nel tempo del prodotto e dall'altro lato dal numero dei processi che ha subito nella fase di sanificazione. Infatti per valutarne la qualità nel tempo, viene calcolato il numero di cicli di lavaggio possibili prima che il tessuto perda tutte le sue caratteristiche fisiche e meccaniche. Tuttavia tali rifiuti possono essere classificati come rifiuti speciali non pericolosi per la salute umana.

«La destinazione finale del prodotto tessile riutilizzabile dipende in particolar modo dalla composizione dello stesso:
- 100% poliestere, che viene smaltito come rifiuto, in parte anche a causa dei volumi ridotti che attualmente non consentono all'azienda di generare economie di scala;
- 100% cotone, per cui la destinazione prevalente oltre allo smaltimento come rifiuto e la produzione del pezzame, fatta internamente all'azienda a livello manuale e da aziende specializzate a livello industriale;
- materiale misto, principalmente costituito da tute da lavoro dismesse, destinate in parte allo smaltimento come rifiuto e in parte alla produzione di pezzame». [49]
Tra gli scenari proposti da *Assosistema* per una possibile circolarità del proprio *business*, vi è la produzione di materia prima seconda, la quale comincia a farsi strada nell'economia con buone pratiche e nuovi modelli operativi. I tessuti di cotone, poliestere o misti possono essere riciclati per essere impiegati come materia prima seconda, ma prima di procedere è necessario fare un lavoro di raccolta e di selezione, seguiti da una fase di trattamento e imballaggio dei rifiuti. Esistono diverse possibilità di riuso delle MPS (Materie Prime Seconde): uno fra queste è l'impiego di questo materiale nell'imbottitura di materassi o divani, oppure possono essere impiegati nella realizzazione di feltri per l'isolamento termico o acustico. Altre

[48] Alessandra VACCARI, Patrizia FERRI., *Il tessile riutilizzabile cerca nuova vita,* in «Ecoscienza», 2 (2017), p.30.

[49] Alessandra VACCARI, Patrizia FERRI., op. cit., p.30.

opzioni sono la produzione di tessuti realizzati per l'agricoltura, quindi in teli utili a coprire il terreno delle colture, e la produzione di tessuti medicali a base di polimeri assorbenti o anche per la produzione di carta da disegno bianca. In tal modo la filiera potrebbe mettere in atto la circolarità della reintegrazione nel ciclo produttivo.

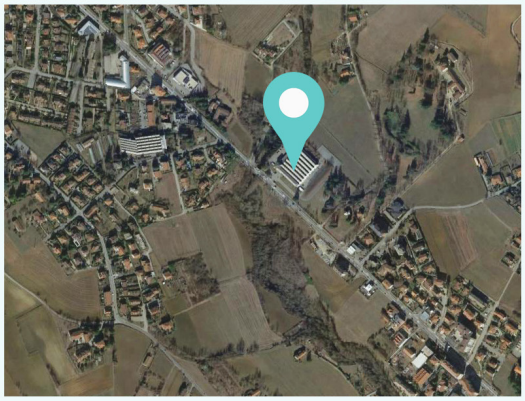
2.5 - Le industrie tessili sul territorio chierese

Attualmente sono presenti sul territorio chierese dieci industrie che esercitano l'attività nel settore tessile. La maggior parte di queste aziende ha sviluppato negli ultimi cinquant'anni la lavorazione del corredo per la camera da letto, il corredo per la biancheria del bagno, rivestimento degli arredi e soprattutto tendaggi. Ogni ditta si è specializzata, osservando le norme di sicurezza, adoperando mezzi per verificare la resistenza al fuoco e per migliorare la qualità del tessuto. Tuttavia ogni azienda ancora in attività ha mantenuto la sua tradizione artigianale, proveniente dalle generazioni precedenti che ne hanno segnato lo sviluppo.
Di seguito verranno elencate e riportate brevemente le aziende tessili in attività.

fig 19 - Planimetria, fuori scala. Città di Chieri (TO). Distribuzione delle industrie tessili [50]

[50] *https://www.google.com/maps*, consultato il 16/08/2018

VASINO [51] 1



Corso Torino 62, Chieri TO

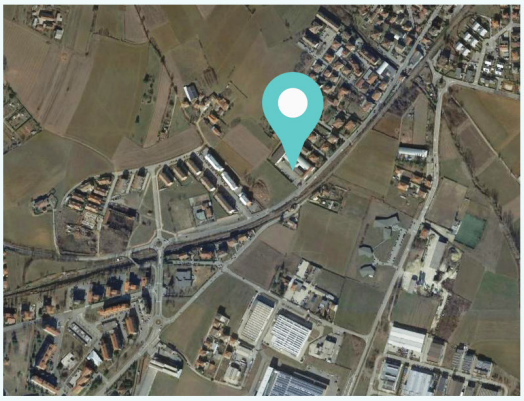
Descrizione:
L'azienda nasce nel 1955 come una piccola attività di tessitura con due telai e un orditoio. La sua crescita arriva a promuovere l'interesse per la ricerca qualitativa e l'innovazione nel 1990. Nel 2011 l'azienda affianca la produzione di tessuti per arredamento ai tessuti per la moda.

Prodotti e tessuti:
Tessuti per la **casa**: tessuti per l'industria del mobile, decorazione e imbottitura; tendaggi per arredo; tessuti *jacquard* tinti filo; tessuti customizzati.
Tessuti per la **moda**: specializzati nella produzione di teloni in viscosa e lino stretch; tessuti a licci e jacquard, uniti, stampati, tinti in filo.

<< moda

arredo >>

QUAGLIOTTI [52] 2



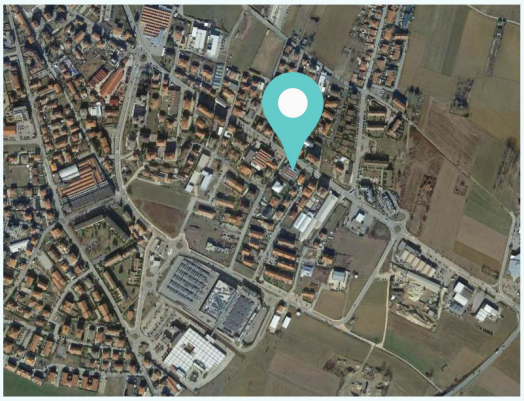
Strada Cambiano 58, Chieri TO

Descrizione:
L'azienda venne creata da Vincenzo Quagliotti e figli tra il 1955 e il 1960. Nacquero nuovi articoli che caratterizzarono l'azienda come i copriletti in damasco e le tovaglie *jacquard*. A partire dagli anni '80 fino ad oggi esporta all'estero un prodotto qualificato e ricercato, partecipando a fiere internazionali.

Prodotti e tessuti:
Tessuti per la camera da **letto**: piumini, copriletti, lenzuola e coperte.
Tessuti per la **tavola**: tovaglie, tovaglioli, sottopiatti.
Tessuti per il **bagno**: accappatoi, asciugamani.
Tessuti per **neonati**: lenzuola, coperte, asciugamani

<< baby

tovaglia >>



Via Padana inferiore 48, Chieri TO

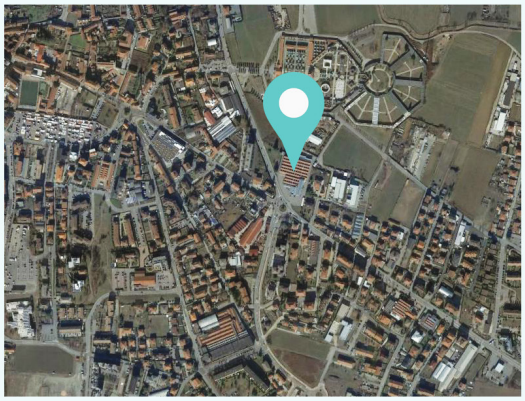
Spaccio tessitura E. STELLA [53] 3

Descrizione:
A partire dal 1959 la Tessitura Enzo Stella diventò un riferimento per la produzione di tendaggi di ottima qualità. Negli anni a seguire l'azienda si è munita di un laboratorio interno in grado di realizzare un'elevato numero di tipologie di tendaggi, mantenendo le tradizioni del Made in Italy.

Prodotti e tessuti:
Tendaggi per **vendita all'ingrosso**: tendine a metraggio per interni, tendoni per interno, tessuti d'arredo
Tendaggi di pregio **per la casa**: prodotti confezionati, zanzariere, tendine

<< tessuto in lavorazione

tende interne >>



Corso Metteotti 81, Chieri TO

VAY S.p.a. [54] 4

Descrizione:
L'azienda è entrata nel mercato del tessile attorno al 1936 ed è cresciuta in 80 anni di esperienza. Vengono proposte soluzioni innovative ed equilibraate nel rapporto qualità e prezzo. La sua storia è legata alla professionalità e originalità dei tessuti, che si fa strada non solo nel mercato nazionale, ma internazionale.

Prodotti e tessuti:
Tendaggi **leggeri**: tessuti trasparenti o semitrasparenti.
Tendaggi di **medio peso**: tessuti naturali e sintetici, tessuti in raso, teffettà,o organza, velluto.
Tessuti di **arredamento**: tessuti con pesi maggiori oscuranti, ma anche per rivestimento
Tessuti **ignifughi**: resistenti al fuoco seguendo la normativa europea.

<< tende medio peso

tessuto arredo >>

Via Galatea 14, Chieri TO

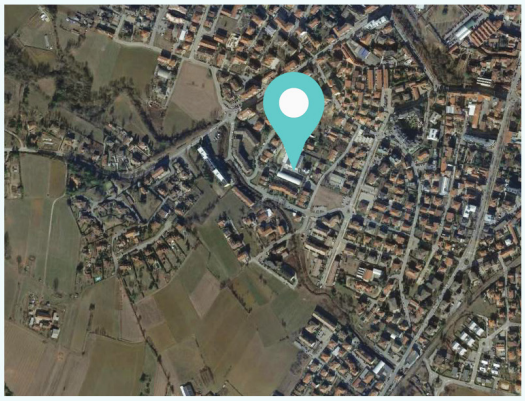
CASALEGNO TENDAGGI S.p.a[55] 5

Descrizione:
La storia dell'azienda ha origine 60 anni fa: la sua crescita è stata rapida e nel 1960 iniziò ad esportare i prodotti all'estero. Durante il suo sviluppo l'azienda si avvale di macchinari all'avanguardia e si è specializzata nella tessitura di tendaggi leggeri.

Prodotti e tessuti:
Tessuti **multipurpose**: tessuti con disegni jacquard.
Tessuti per **tendaggi**: in lino puro o misto lino.
Tessuti per **confezione**: prodotti per essere trasformati da altre aziende in trapunte, copriletti, tovaglie.
Tendaggio **ignifugo**: segue le normative europee.

<< arredo

tende leggere >>



Via A. Gastaldi 24, Chieri TO

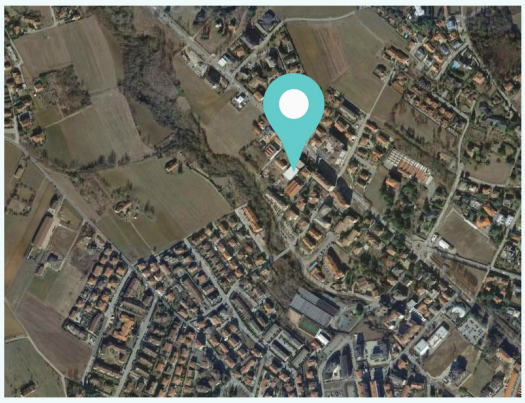
Tessitura PERTILE [56] 6

Descrizione:
Azienda fondata nel 1954 dal recupero di un'antica tradizione. Ha sviluppato negli anni un'attenzione alla manutenzione degli aspetti artigianali della tessitura utilizzanto le fibre naturali di qualità. L'azienda ottiene il certificato del Cotone Organico certificato dalla ICEA, poichè in linea con le restizioni per la salvaguardia ambientale

Prodotti e tessuti:
Biancheria per il letto: in cotone egiziano, lino, seta e cashmere; produzione di copripiumini, copriletto e federe.
Tessuti per **arredo**: in trevira, cotone e seta; tessuti in cotone organico e misti per tendaggi e rivestimenti; tessuti in nylon e misti per rivestimenti da seduta.

<< biancheria letto

tessuto arredo>>



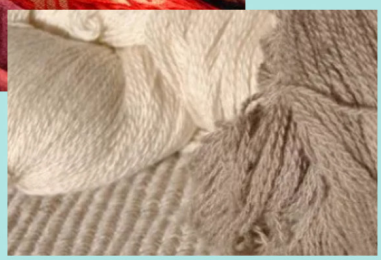
Corso Torino 31, Chieri TO

Tessitura CORTE [57] 7

Descrizione:
Nata nel 1951 la tessitura Corte specializzata nella produzione di tessuti con fibre naturali. Il suo sviluppo nei prodotti di biancheria come lenzuola e copriletti, l'ha resa nota sia livello nazionale sia internazionale, grazie anche al forte legame con la tradizione artigianale.

Prodotti e tessuti:
Fibre naturali: cashmere, cotone, lino, canapa, lana,seta.
Tessuti: fiandra, lampasso, broccatello, piquet, tela vaticana.
Produzione: lenzuola, copriletti, federe, coperte, corredo da bagno per alberghi.

<< orditura tessuti



fibre naturali>>

Via S.Giuseppe Cafasso 6, Chieri TO

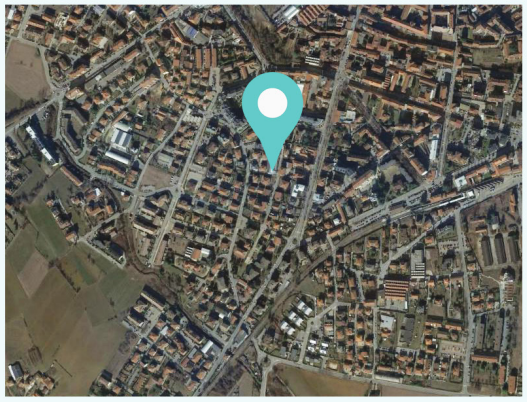
Tessitura G. BRUNETTI [58] 8

Descrizione:
Impresa tessile nella cui lavorazione vengono impiegati fibre naturali, sintetiche o artificiali. I suoi prodotti sono prevalentemente tende e tendoni impermeabilizzati, articoli di abbigliamento affini.

9 Tessitura RIGO [59]

Descrizione:
Azienda specializzata nella produzione di nastri di carta, tessuto e plastica.

Via G.Vasino 25, Chieri TO



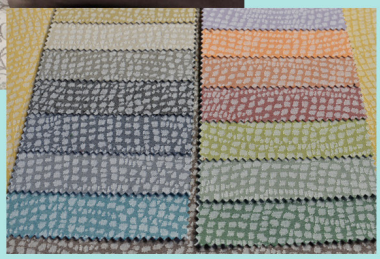
Via Casimiro Zalli 14, Chieri TO

Tessitura Gi.Bi.Ci. [60] **10**

Descrizione:
Azienda da 40 anni specializzata nella produzione di tessuti pregiati per l'arredo della casa, negli ultimi anni ha investito nella produzione del tessuto ignifugo. La fitta dispone di un laboratorio in cui è possibile controllare la qualità e le esigenze normate.

Prodotti e tessuti:
Tessuti per la **biancheria a letto**: coperte trapunte, copriletti, federe.
I prodotti sono ignifughi e certificati.

<< trapunta



campionatura tessuto copriletti>>

2.6 - Altre industrie sul territorio Chierese e dell'Altopiano di Poirino

Il territorio dell'Altopiano di Poirino propone un mercato industriale basato maggiormente sull'estrazione e lavorazione dell'argilla, poiché sono presenti delle ricche cave. Tuttavia attorno a Poirino sono sorte alcune industrie tessili, legate in parte alla secolare tradizione chierese. In realtà una tra queste industrie è relazionata ad una multinazionale tedesca che ha stabilito una sua filiale in Italia.
Le industrie tessili sul territorio a sud-est di Chieri non sono numerose, ma si sono all'avanguardia sulle novità che si susseguono in questi anni. I concetti di risparmio energetico, di sostenibilità ambientale, di economia circolare, di energia proveniente da fonti rinnovabili, di riduzione dell'impatto ambientale, sono tutti presi in considerazione nella lavorazione dei prodotti tessili.

Di seguito vengono riportare le informazioni principali delle industrie tessili sul territorio i Poirino.

(51) *http://www.vasino.it/index.php/it/azienda*, consultato il 18/08/2018
(52) *http://www.quagliotti1933.it/it/*, consultato il 18/08/2018
(53) *http://www.tessituraenzostella.com/index.php*, consultato il 18/08/2018
(54) *http://www.vay.com/it/*, consultato il 18/08/2018
(55) *http://www.casalegno.it/*, consultato il 18/08/2018
(56) *http://www.pertile.com/home.html*, consultato il 18/08/2018
(57) *http://tessituracorte.it/*, consultato il 19/08/2018
(58) *http://www.comune.chieri.to.it/area-industriale/brunetti-tessitura*,consultato il 19/08/2018
(59) *http://www.comune.chieri.to.it/area-industriale/brunetti-tessitura*, consultato il 19/08/2018
(60) *http://www.tessituragibici.it/produzione-tessuti/*, consultato il 19/08/2018

fig 20 - Planimetria, fuori scala. Città di Poirino (TO). Distribuzione delle industrie tessili [61]

Regione Masio 19bis, Poirino TO

FIDIVI - Tessitura Vergnano [62] 1

Descrizione:

L'azienda è stata fondata nel 1941 e inizialmente produceva tendaggi e biancheria per la camera da letto. In seguito ha sviluppato tessuti per l'abbigliamento e tessuti tecnici per l'auto, per valigeria, rivestimento per l'arredo di uffici e treni. È stata per diversi anni fornitrice per il gruppo Fiat, producendo tessuti per auto,autobus e camion.

Prodotti e tessuti:

Tessuti per **ufficio**: tessuti tecnici ad alta resistenza, antimacchia e anti batteri.

Tessuti da **arredamento** e contract: resistenza al fuoco, ai fumi, alla luce, all'usura, e alla macchia per arredo di cinema, teatri, sale conferenza.

Tessuti per **valigerie**:tessuti ad alta resistenza.

Tessuti per i **trasporti**: resistenza al fuoco, alla macchia, alla lucee all'usura.

<< tessuto tecnico

tessuto arredo >>

Regione Masio 19bis, Poirino TO

AUNDE Italia S.p.a. [63] 2

Descrizione:
Fondata nel 1899 in Germania e nel 1922 specializzata nel settore tessile specializzato nell'ambito automobilistico. Vengono realizzati tessuti tecnici e materiali per la tappezzeria certificati e innovativi.

Frazione Masio 73, Poirino TO

Tex - Ind S.p.a. [64] 3

Descrizione:
L'azienda è nata nel 1965 ed è subito diventata un'importante realtà tessile sul territorio. Specializzata nella produzione di tendaggi e tessuti per l'arredamento di alta qualità.

Prodotti e tessuti:
Tessuti **stampati**: varietà cromatica dei disegni con diverse tipologie di tessuto come cotone o panama.
Tessuti per **tendaggi**: fondo in lino o mistolino.

<< tessuto arredo

tessuto stampato >>

(61) *https://www.google.com/maps*, consultato il 20/08/2018
(62) *https://www.fidivi.com/,* consultato il 20/08/2018
(63) https://interimsseite.aundedata.de/en/, consultato io 20/08/2018
(64) http://www.tex-ind.com/home_ita.html, consultato il 20/08/2018

2.7 - FIDIVI: una lavorazione innovativa del tessuto.

L'azienda *FIDIVI Tessitura Vergnano* è stata fondata nel 1941 ed è amministrata per la terza generazione dalla famiglia Vergnano. Sin dall'inizio la sua specializzazione riguardava le coperte e i tendaggi per la casa, ma nel corso degli anni ha ampliato la sua produzione a tessuti tecnici per auto, il *contract*, la valigeria, rivestimento per uffici e treni. Per diversi anni è stata una delle fabbriche fornitrici per il gruppo Fiat, producendo molti tessuti per autobus, camion e automobili. [65] Negli ultimi anni ha stabilito un rapporto con l'adiacente multinazionale della tessitura *AUNDE Italia*, specializzata nel tessuto tecnico per autovetture. Questo ha permesso alla *FIDIVI* di aggiornarsi e svilupparsi nella tecnologia e nella ricerca che sono alla base dell'attuale organizzazione della fabbrica.
Il suo processo di produzione è quasi completo, poiché il filo viene acquistato dall'azienda *Trevira CS,* specializzata nella realizzazione di fibra in poliestere. Si tratta di un filo con un'elevata resistenza all'abrasione e alla luce, impiegabile nella realizzazione di molteplici prodotti.
Il filo una volta giunto alla *FIDIVI,* viene lavorato partendo dal reparto di tintoria, proseguendo in quelli di orditura e tessitura che può essere realizzata in diverse modalità: ratiera, *jacquard*, a magli circolare e rettilinea. [66] Infine vengono svolte delle lavorazioni di finissaggio, come la resinatura, l'antifiamma e i trattamenti idrorepellenti, e

fig 21 - Immagine produzione delle rocche in fibra di poliestere bianco, forniti dall'industria Trevira [67].

vengono eseguiti anche delle lavorazioni di accoppiatura, di elettrosaldatura, termoformatura e cucitura.

La ricerca e lo sviluppo sono due elemento fondamentali nel *business* del settore industriale tessile, in quanto il tessuto viene studiato in tutti i suoi aspetti per garantirne la qualità. Se ne osserva la grafica, le varianti di colore e i finissaggi più adeguati all'uso previsto per il tessuto. Infatti la *FIDIVI* ha un laboratorio interno che svolge le attività di controllo sulla qualità della produzione, raggiungendo la certificazione ISO 9001-2008.

Parallelamente trova un suo ruolo importante il concetto della tutela ambientale e la ricerca di soluzioni eco compatibili nella lavorazione dei tessuti. La progettazione dei tessuti deve tener conto anche lo smaltimento degli scarti o dei rifiuti o dei prodotti che hanno una piccola malformazione o macchia. L'azienda «*ha saputo organizzare un sistema di gestione dei ri-*

[65] *http://www.fidivi.com/*, consultato il 23/08/2018
[66] *http://www.fidivi.com/*, consultato il 23/08/2018
[67] *http://tfsspa.com/ita/prodotti/trevira-cs/*, consultato il 23/08/2018

fiuti interni, pianificando miglioramenti di consumo energetico, adottando fornitori e materie prime in linea con le normative Italiane ed Europee e realizzando un impianto fotovoltaico in grado di azzerare i costi derivanti dal consumo di energia elettrica». [68]
La gestione dei rifiuti è stata organizzata a partire dalla raccolta differenziata all'interno degli uffici e attualmente l'azienda ha identificato degli utilizzatori che acquistano alcuni scarti di lavorazione come i cascami di tessitura, i nylon o il cartone di imballaggio, ferro e vetro per altre lavorazioni industriali. Per esempio le scatole provenienti dal fornitore *Trevira CS*, che contengono le rocche dei fili bianchi, vengono, ad ogni consegna, ripiegate e mandate al fornitore per essere nuovamente impiegate per il trasporto successivo; solo dopo diversi viaggi, le scatole di cartone vengono riciclate.
Inoltre in previsione di una completa riciclabilità del materiale, vengono proposte le ovatte in sostituzione delle imbottiture in gomma, per non rendere necessaria la separazione dei materiali accoppiati.

La produzione della *FIDIVI* è suddivisa in quattro principali categorie: i tessuti per ufficio, i tessuti per arredamento e *contract*, tessuti per valigeria e tessuti per trasporti. La prima categoria dei tessuti per l'ufficio, include tipologie di tessuto tecnico, con un'elevata resistenza all'abrasione e con la possibilità di effettuare trattamenti antimacchia e antibatteri. Invece i tessuti della seconda categoria, per l'arredamento, sono i tessuti studiati per gli ambienti

fig 22 - Immagine campionatura dei tessuti tecnici di arredamento prodotti dall'industria tessile FIDIVI [69]

pubblici come teatri, alberghi, cinema o sale conferenze. Questi ambienti richiedono dei prodotti con buona resistenza al fuoco, all'usura, alla macchia, alla luce e ai fumi, facilitandone inoltre la manutenzione. I tessuti per la valigeria subiscono un trattamento diverso nella lavorazione per amplificare le caratteristiche di resistenza. Infine i tessuti dedicati ai mezzi di trasporto devono avere delle ottime caratteristiche di resistenza all'usura, alla luce, ai batteri e agli atti vandalici, e devono assicurare una facile manutenzione.

Negli ultimi anni la *FIDIVI* ha ottenuto alcuni riconoscimenti importanti: [70]
- *07/05/2015*: premio innovazione digitale *Smaut Torino 2015;*
- *07/09/2015*: secondo premio tra i tessuti più innovativi al *Blue Drop di Bruxelles;*
- *03/01/2017*: confermato come il *GOLD Member.*

[68] *http://www.fidivi.com/*, consultato il 23/08/2018
[69] *http://www.fidivi.com/*, consultato il 23/08/2018
[70] *http://www.fidivi.com/*, consultato il 23/08/2018

2.8 - La tradizione dell'argilla di Cambiano: inquadramento territoriale

La cittadina di Cambiano è situata a sud-ovest di Chieri ed è compresa nel territorio delimitato dall'ambito 66 del Chierese e Altopiano di Poirino. Il territorio Cambianese si presenta prevalentemente pianeggiante, benché ai piedi delle colline, e non molto lontano dal fiume Banna che attraversa Santena, il paese confinante. Dal punto di vista agricolo il territorio Cambianese è molto produttivo in particolare nella coltivazione di vino, asparagi, cereali e a partire dal Novecento di pomodori.

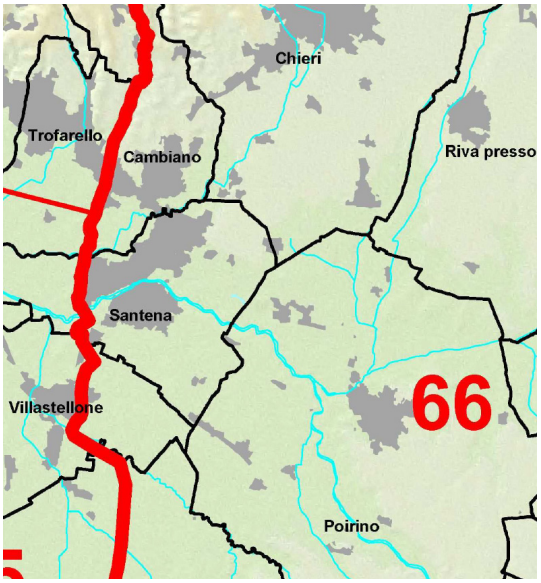


fig 23 - Planimetria, fuori scala. Delimitazione del territorio dell'ambito 66 della Regione Piemonte del Chierese e Altopiano di Poirino [71]

fig 24 - Planimetria, fuori scala. Città di Cambiano (TO). [72]

[71] *https://www.regione.piemonte.it/territorio*, consultato il 03/08/2018

[72] *https://www.google.com/maps*, consultato il 27/08/2018

2.9 - La storia e la tradizione di Cambiano

La storia di Cambiano ha origini antiche, la sua prima testimonianza risale al X secolo in un documento di vendita delle terre e dei possedimenti che sono attorno al piccolo centro cambianese. Il suo sviluppo storico è fortemente legato alla città di Chieri, infatti per due secoli restò di proprietà della famiglia Biandrate, fino a quando Chieri diventò libero Comune e il legame tra i due centri divenne più solido, tanto che per un lungo periodo gli abitanti di Cambiano erano definiti *chieresi*. Intorno alla metà del XIII secolo Cambiano giurò fedeltà a Chieri «*impegnandosi a mandare un certo numero di cavalli in occasione di guerre, a portare armi, a fortificare e provvedere alla manutenzione di castelli e fortezze e a segnalare a Chieri, i movimenti dei nemici in caso di guerra*».[74] Il muro che circondava Cambiano era delimitato dalle attuali Vie Onorio Mosso, Cavour, Borgarelli e Piazza Vittorio Veneto. Cambiano venne fortificata a difesa della collettività da scorrerie e saccheggi, grazie all'aiuto chierese.
Verso la metà del XIV secolo Cambiano entrò a far parte dello stato sabaudo e seguì un periodo di invasioni francesi, epidemie e carestie. I conflitti francesi furono accesi fino alla metà del XVII secolo, costringendo la comunità a riavviare le proprie attività diverse volte. Nel periodo Napoleonico Cambiano entrò a far parte della Francia, ma con il ritorno dei Duchi di Savoia, ritrovò un secolo di sviluppo e modernizzazione, e infine entrò a far parte del Regno d'Italia.

fig 25 - Planimetria del Centro di Cambiano, fuori scala. Delimitazione delle antiche mura di cinta [73]

«*L'economia di Cambiano [...] sembra sia stata relativamente florida sin dagli albori: la fertilità dei terreni, la ricchezza delle acque, il clima favorevole e molte coltivazioni, la posizione lungo alcune direttrici importanti di traffico e commercio furono alla base del suo sviluppo*».[75] L'agricoltura ha avuto un ruolo fondamentale in quanto era promotrice di prodotti di qualità come canapa, gelso, cereali, asparagi e vino. Nonostante i vigneti fossero la fonte del maggior reddito cambianese, ad oggi sono del tutto scomparsi, poiché le numerose grandinate rovinarono il raccolto per diverso tempo, fino a quando la coltivazione dei vigneti venne sostituita. Nel Novecento venne introdotta la coltivazione del pomodoro

[73] *https://www.google.com/maps*, consultato il 27/08/2018

[74] Emma MARIOTTO, Roberta MAROCCO, *Cambiano - Immagini e voci sotterrate nel tempo*, Cambiano (TO), Araba Fenice Edizioni, 2005, p. 12

[75] Emma MARIOTTO, Roberta MAROCCO, *op.cit.*, p. 105.

e ancora oggi viene considerato un alimento tipico cambianese.

È interessante come nei secoli si possa osservare il legame commerciale tra Chieri e Cambiano. Infatti nel XVIII secolo, e forse anche prima, ci fu un aumento della produzione della canapa che veniva coltivata a Cambiano grazie all'abbondanza di acqua. «*Il fusto veniva fatto macerare in vasche naturali pubbliche [...] per 15 giorni, poi lo si faceva essiccare al sole; infine si sfilava dal legno la fibra che era utilizzata per fabbricare cordame»*.[76]
Oltre alla canapa, Cambiano sviluppò la produzione della seta: venivano allevati i bachi da seta e in seguito cotti, essiccati e filati. L'allevamento del baco da seta fu la fonte del reddito agricolo fornendo mezzi di lavoro e di trasporto.
Lo sviluppo economico di Cambiano è dovuto in parte al forte legame con la città di Chieri, che permise a Cambiano di farsi strada nell'economia e nel commercio, sia agricolo sia industriale.

2.10 - L'impronta storica dell'argilla: la Fornace Carena

Le fonti storiche confermano l'esistenza di una cava di argilla nelle vicinanza di Cambiano già nel Settecento che fu impiegata per realizzare coppi e mattoni per la ristrutturazione della Chiesa Parrocchiale. Oggi nei pressi della cava si trova la *Fornace Carena* la cui origine risale al 1907, quando Anna Dughera ved. Carena insieme ai tre figli Battista, Michele e Luigi trasformarono la preesistente impresa edile nella prima fornace. Inizialmente le attrezzature impiegate erano essenziali: «*un pozzo per l'acqua, fosse circolari per impastare l'argilla a piedi nudi, matrici a cassetta di legno per la formatura dei mattoni, l'aia al sole per l'essiccazione e forno a pignone»*. [77]
Il procedimento nella lavorazione del mattone dipendeva dai cambiamenti climatici stagionali, infatti in inverno la terra veniva lasciata all'esterno per migliorarne la plasticità, in primavera e in estate l'argilla veniva unita all'acqua creando un impasto che poi veniva deposto in stampi in legno, e lasciato ad essiccare al sole fino al momento della cottura.
Venne impiegato questo metodo fino al 1912 quando venne introdotto il forno *Hoffmann* con il funzionamento di cottura a legna, che permetteva di migliorare la qualità dei mattoni, riducendone i tempi di produzione.
Durante la Prima Guerra Mondiale la fabbrica dovette congelare la sua produzione e riprese l'attività nel 1919 , e grazie all'energia elettrica e a nuove tecnologie per migliorare il metodo di lavorazione, vennero introdotti nuovi macchinari tra cui un distributore rompizolle, un laminatoio, una mattoniera e una tegoliera; in tal modo la produzione si sviluppò, proponendo anche laterizi da muro, da solaio e tegole marsigliesi.
Tra il 1925 e il 1926 i fratelli Carena ampliarono lo stabilimento aprendo una nuova cava servita da una linea di piccoli carrelli ferroviari e vennero

[76] Emma MARIOTTO, Roberta MAROCCO, *Cambiano - Immagini e voci sotterrate nel tempo*, Cambiano (TO), Araba Fenice Edizioni, 2005, p. 109

[77] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.

fig 26 - Immagine dall'alto. Estensione dello stabilimento della Fornace Laterizi Carena Srl, a Cambiano (TO) [78]

impiegati i primi autocarri a benzina per soddisfare le esigenze di mercato. La Fornace si specializzò anche nella realizzazione di «*mattoni speciali sagomati da pozzo, forati da muro e da tramezzo, tavelloni e tegole di vario tipo*», [79] maggiormente richiesti ed impiegati nella costruzione edilizia.
Per il periodo della Seconda Guerra Mondiale i cicli produttivi non furono interrotti e continuarono ad essere stagionali. Al termine dei conflitti ci fu un picco nella produzione dei laterizi poiché veniva impiegato nella ricostruzione degli edifici distrutti dai bombardamenti; inoltre furono fatti nuovi investimenti per rinnovare gli impianti, permettendo di avere una produzione annuale continua, grazie all'introduzione del metodo di essiccazione ad aria calda.
Attorno agli anni '70 del Novecento lo stabilimento venne riprogettato e ampliato per essere autosufficiente nella produzione di 500 tonnellate giornaliere di laterizi forati cotti in forno a tunnel. [80] L'esperienza maturata in tre generazioni di fornaciai ha permesso di impiegare al meglio le risorse, proponendo soluzioni tecniche e moderne.
Oggi *la Fornace Carena* è riuscita a sviluppare un prodotto di alta qualità ottenendo, a partire dal 2006, la marcatura CE con il controllo verificato da un ente esterno. Annualmente l'*Istituto Giordano* svolge le verifiche del ciclo produttivo dei laterizi certificandone la qualità.

2.11 - Fornace Carena: produzione e innovazione

L'obiettivo della Direzione della *Fornace Laterizi Carena* è l'attuazione di strategie per sviluppare la produzione, attenendosi ad alcuni principi:

- «*ottenere la massima soddisfazione dei propri clienti*»; [81]

- «*ottimizzare il processo di produzione*»; [82]

[78] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.
[79] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.
[80] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.
[81] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.
[82] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.

- «*mantenere un parco macchine tecnologicamente adeguato*»; [83]

- «*garantire la qualità del prodotto fornito*»; [84]

- «*responsabilizzare, motivare e qualificare professionalmente il proprio personale*»; [85]

- «*garantire la sicurezza sul luogo di lavoro*»; [86]

- «*analizzare, prevenire e ridurre i rischi legati ai propri processi*». [87]

La qualità dei prodotti in laterizio dipende anche dal rispetto delle strategie imposte, in modo da «*garantire le necessarie risorse, sostenere gli sforzi organizzativi, verificare la coerenza dei risultati*» [88] con rifermento ai requisiti imposti dalla norma UNI EN ISO 9001:2015.
I prodotti realizzati sono molteplici a partire dai laterizi tradizionali ai blocchi per il solaio, o ancora dai blocchi da muro portante ai muri interni. Dal punto di vista tecnologico e innovativo, l'azienda ha sviluppato un blocco tramezzo BIO-POR, realizzato con la lolla di riso, che promuove dei nuovi orizzonti verso la sostenibilità ambientale, riutilizzando materiale di scarto.

Blocchi in laterizio a fori verticali, BIO-POR e DoppioUni per muratura portante con foratura ≤ 45%

(*) a causa della continua ricerca in innovazione di prodotto l'azienda si riserva di variare in qualsiasi momento le caratteristiche dei propri prodotti

denominazione		Muro Portante BIO-POR da 12	Muro Portante BIO-POR da 14	Muro Portante BIO-POR da 20
codice		MP12	MP14	MP20
CARATTERISTICHE TECNICHE				
dimensioni nominali (lar x h x lun)	mm	120x190x300	140x190x300	200x190x300
peso indicativo	Kg	6,7	7,8	10,5
percentuale di foratura	%	45	45	45
massa volumica lorda	Kg/m^3	969	957	935
resistenza a compressione f_{bm}	N/mm^2	17,5	16,6	17,8
condutt. termica equival. λequ	W/(m·k)	0,260	0,263	0,251(s20) - 0,219(s30)
DATI DELLA PARETE INTONACATA				
trasmittanza termica U	W/(m^2·k)	1,533	1,382	1,058(s20) - 0,723(s30)
potere fonoisolante Rw	db	46,5	48,1	51,2(s20)
resistenza al fuoco REI	minuti	180	180	180
quantità per m^2 di parete	n°	16,1	16,1	16,1(s20) - 23,8(s30)
DATI DEL PACCO IMBALLATO				
pezzi per pacco	n°	120	105	75
peso indicativo	Kg	820	840	810
dimensioni (lun x lar x h)	cm	97x97x106	96x96x108	98x98x107

tab 1 - Tabella blocchi di laterizio a fori verticali. Prodotti Fornace Laterizi Carena [89]

[83] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.
[84] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.
[85] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.
[86] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.
[87] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.
[88] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.
[89] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 29/08/2018.

denominazione		Muro Portante BIO-POR da 25	Muro Portante BIO-POR da 38	Muro Portante BIO-POR da 43
codice		MP25	MP38	MP43
CARATTERISTICHE TECNICHE				
dimensioni nominali (lar x h x lun)	mm	250x190x300	250x190x380	200x190x430
peso indicativo	Kg	14,2	18,2	15,8
percentuale di foratura	%	45	45	45
massa volumica lorda	Kg/m³	1004	994	963
resistenza a compressione f_{bm}	N/mm²	19	13,5	17
condutt. termica equival. λequ	W/(m·k)	0,235(s30) - 0,275(s25)	0,195(s38)	0,176(s43)
DATI DELLA PARETE INTONACATA				
trasmittanza termica U	W/(m²·k)	0,738(s30) - 0,955(s25)	0,544(s38)	0,462(s43)
potere fonoisolante Rw	db	51,2(s25)	51,2(s38)	51,2(s43)
resistenza al fuoco REI	minuti	180	180	180
quantità per m² di parete	n°	16,1(s25) - 19,2(s30)	19,2(s38) - 12,8(s25)	23,8(s43) - 11,4(s20)
DATI DEL PACCO IMBALLATO				
pezzi per pacco	n°	60	40	50
peso indicativo	Kg	870	750	810
dimensioni (lun x lar x h)	cm	97x97x105	97x97x105	98x98x107

tab 2 - Tabella blocchi di laterizio a fori verticali. [90]

denominazione		Doppio UNI da 12	Doppio UNI da 15
codice		DU12	DU15
CARATTERISTICHE TECNICHE			
dimensioni nominali (lar x h x lun)	mm	110X120X230	110x150x230
peso indicativo	Kg	3,1	3,9
percentuale di foratura	%	45	45
massa volumica lorda	Kg/m³	997	999
resistenza a compressione f_{bm}	N/mm²	19,6	18,2
condutt. termica equival. λequ	W/(m·k)	0,260	0,260
DATI DELLA PARETE INTONACATA			
trasmittanza termica U	W/(m²·k)	1,859	1,829
potere fonoisolante Rw	db	48,5	48,5
resistenza al fuoco REI	minuti	120	120
quantità per m² di parete	n°	32	26
DATI DEL PACCO IMBALLATO			
pezzi per pacco	n°	252	216
peso indicativo	Kg	800	860
dimensioni (lun x lar x h)	cm	95x93x107	95x93x107

tab 3 - Tabella blocchi di laterizio a fori verticali. Prodotti Fornace Laterizi Carena [91]

[90] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.

[91] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.

Blocchi in laterizio BIO-POR, a fori verticali, per muratura non portante, da tamponamento e tramezzature

(*) *a causa della continua ricerca in innovazione di prodotto l'azienda si riserva di variare in qualsiasi momento le caratteristiche dei propri prodotti*

denominazione		Tramezza BIO-POR da 8	Tramezza BIO-POR da 10	Tramezza BIO-POR da 12
codice		TR8	TR10	TR12
CARATTERISTICHE TECNICHE				
dimensioni nominali (lar x h x lun)	mm	80x190x450	100x190x450	120x190x450
peso indicativo	Kg	6,4	6,6	8,7
percentuale di foratura	%	50	59	55
massa volumica lorda	Kg/m³	928	775	855
resistenza a compressione f_{bm}	N/mm²	19,3	16,3	15,8
condutt. termica equival. λequ	W/(m·k)	0,269	0,226	0,249
DATI DELLA PARETE INTONACATA				
trasmittanza termica U	W/(m²·k)	2,151	1,760	1,624
potere fonoisolante Rw	db	42,2	42,2	46
resistenza al fuoco EI	minuti	120	120	180
quantità per m² di parete	n°	10,9	10,9	10,9
DATI DEL PACCO IMBALLATO				
pezzi per pacco	n°	120	100	80
peso indicativo	Kg	790	680	710
dimensioni (lun x lar x h)	cm	99x99x103	99x99x106	99x99x102

tab 4 - Tabella blocchi di laterizio a fori verticali. [92]

denominazione		Muro Leggero BIO-POR da 12	Muro Leggero BIO-POR da 20
codice		ML12	ML20
CARATTERISTICHE TECNICHE			
dimensioni nominali (lar x h x lun)	mm	120x190x300	200x190x300
peso indicativo	Kg	5,4	9,6
percentuale di foratura	%	58	55
massa volumica lorda	Kg/m³	784	831
resistenza a compressione f_{bm}	N/mm²	16,6	18,9
condutt. termica equival. λequ	W/(m·k)	0,242	0,249(s20) - 0,250(s30)
DATI DELLA PARETE INTONACATA			
trasmittanza termica U	W/(m²·k)	1,467	1,052(s20) - 0,783(s30)
potere fonoisolante Rw	db	45,5	50,5(s20)
resistenza al fuoco EI	minuti	180	180
quantità per m² di parete	n°	16,1	16,1(s20) - 23,8(s30)
DATI DEL PACCO IMBALLATO			
pezzi per pacco	n°	120	75
peso indicativo	Kg	670	740
dimensioni (lun x lar x h)	cm	96x96x103	97x97x106

tab 5 - Tabella blocchi di laterizio a fori verticali. Prodotti Fornace Laterizi Carena [93]

[92] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.

[93] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.

denominazione		Muro Leggero BIO-POR da 25	Muro Leggero BIO-POR da 38
codice		ML25	ML38
CARATTERISTICHE TECNICHE			
dimensioni nominali (lar x h x lun)	mm	250x190x300	250x190x380
peso indicativo	Kg	11,3	13,1
percentuale di foratura	%	58	60
massa volumica lorda	Kg/m^3	795	734
resistenza a compressione f_{bm}	N/mm^2	13,5	12,3
condutt. termica equival. λequ	W/(m·k)	0,200(s30) - 0,291(s25)	0,167(s38) - 0,284(s25)
DATI DELLA PARETE INTONACATA			
trasmittanza termica U	$W/(m^2 \cdot k)$	0,663(s30) - 0,989(s25)	0,480(s38) - 0,973(s25)
potere fonoisolante Rw	db	46,1(s25)	49,3(s38)
resistenza al fuoco EI	minuti	180	180
quantità per m^2 di parete	n°	16,1(s25) - 19,2(s30)	19,2(s38) - 12,8(s25)
DATI DEL PACCO IMBALLATO			
pezzi per pacco	n°	60	40
peso indicativo	Kg	700	550
dimensioni (lun x lar x h)	cm	97x97x105	97x97x105

tab 6 - Tabella blocchi di laterizio a fori verticali. Prodotti Fornace Laterizi Carena [94]

Mattoni a fori orizzontali per tamponamenti e divisori

(*) a causa della continua ricerca in innovazione di prodotto l'azienda si riserva di variare in qualsiasi momento le caratteristiche dei propri prodotti

denominazione		Forato 6 fori semipieno piemontese	Forato 9 fori blocchetto	Forato 12 fori doppio semipieno
codice		FO6	FO9	FO12
CARATTERISTICHE TECNICHE				
dimensioni nominali (lar x h x lun)	mm	68x110x230	110 x 110 x 230	135 x 110 x 230
peso indicativo	Kg	1,6	2,4	2,8
percentuale di foratura	%	48	53	55
massa volumica lorda	Kg/m^3	983	894	881
resistenza a compressione f_{bm}	N/mm^2	7,1	6,2	5,03
condutt. termica equival. λequ	W/(m·k)	0,239	0,247	0,236
DATI DELLA PARETE INTONACATA				
trasmittanza termica U	$W/(m^2 \cdot k)$	2,425	1,855	1,615
potere fonoisolante Rw	db	39,5	42,5	43
resistenza al fuoco EI	minuti	60	120	120
quantità per m^2 di parete	n°	35	35	35
DATI DEL PACCO IMBALLATO				
pezzi per pacco	n°	468	288	252
peso indicativo	Kg	780	710	730
dimensioni (lun x lar x h)	cm	94x94x106	94x94x106	94x94x106

tab 7 - Tabella blocchi di laterizio a fori orizzontali. Prodotti Fornace Laterizi Carena [95]

[94] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.

[95] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.

denominazione		**6 fori pesante** semipieno a fori tondi	**9 fori pesante** blocchetto a fori tondi
codice		6FP	9FP
CARATTERISTICHE TECNICHE			
dimensioni nominali (lar x h x lun)	mm	80x110x230	110x110x230
peso indicativo	Kg	2,2	2,9
percentuale di foratura	%	42	45
massa volumica lorda	Kg/m^3	1101	1046
resistenza a compressione f_{bm}	N/mm^2	5,8	5,8
condutt. termica equival. λequ	W/(m·k)	0,274	0,281
DATI DELLA PARETE INTONACATA			
trasmittanza termica U	$W/(m^2 \cdot k)$	2,321	1,957
potere fonoisolante Rw	db	44,2	45,4
resistenza al fuoco EI	minuti	120	120
quantità per m^2 di parete	n°	35	35
DATI DEL PACCO IMBALLATO			
pezzi per pacco	n°	396	288
peso indicativo	Kg	890	850
dimensioni (lun x lar x h)	cm	94x94x106	94x94x106

tab 8 -Tabella blocchi di laterizio a fori orizzontali. Prodotti Fornace Laterizi Carena [96]

denominazione		**Tavella 6 fori** ex 8-15-30	**Tavella 9 fori** ex 12-15-30
codice		TA6	TA9
CARATTERISTICHE TECNICHE			
dimensioni nominali (lar x h x lun)	mm	80x140x300	110x140x300
peso indicativo	Kg	2,8	3,6
percentuale di foratura	%	56	58
massa volumica lorda	Kg/m^3	852	789
resistenza a compressione f_{bm}	N/mm^2	5,6	5,00
condutt. termica equival. λequ	W/(m·k)	0,241	0,229
DATI DELLA PARETE INTONACATA			
trasmittanza termica U	$W/(m^2 \cdot k)$	2,150	1,735
potere fonoisolante Rw	db	43	43
resistenza al fuoco EI	minuti	90	90
quantità per m^2 di parete	n°	22	22
DATI DEL PACCO IMBALLATO			
pezzi per pacco	n°	228	168
peso indicativo	Kg	660	620
dimensioni (lun x lar x h)	cm	91x91x105	91x91x105

tab 9 - Tabella blocchi di laterizio a fori orizzontali. Prodotti Fornace Laterizi Carena [97]

[96] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.

[97] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.

Blocchi da solaio con aletta per getto in opera

(*) *a causa della continua ricerca in innovazione di prodotto l'azienda si riserva di variare in qualsiasi momento le caratteristiche dei propri prodotti*

denominazione		Blocco solaio con aletta 12 x 50	Blocco solaio con aletta 16 x 50	Blocco solaio con aletta 18 x 50
codice		SA12	SA16	SA18
CARATTERISTICHE TECNICHE				
dimensioni nominali (lar x h x lun)	mm	120x500x250	160x500x250	180x500x250
peso indicativo	Kg	8,30	11,80	12,50
quantità per m² di solaio	n°	8	8	8
percentuale di foratura	%	62	61	63
resistenza a compressione f_{bm} direzione foro	N/mm²	28,3	25,8	26,2
resistenza a compressione f_{bm} ortogonale ai fori	N/mm²	8,6	8,9	10,5
modulo elastico	N/mm²	4348	4165	3829
DATI DEL PACCO IMBALLATO				
pezzi per pacco	n°	80	60	50
peso indicativo	Kg	680	720	640
dimensioni (lun x lar x h)	cm	96x100x107	96x100x107	90x100x107

tab 10 - Tabella blocchi da solaio. Prodotti Fornace Laterizi Carena [98]

denominazione		Blocco solaio con aletta 20 x 50	Blocco solaio con aletta 22 x 50
codice		SA20	SA22
CARATTERISTICHE TECNICHE			
dimensioni nominali (lar x h x lun)	mm	200x500x250	220x500x250
peso indicativo	Kg	13,80	12,20
quantità per m² di solaio	n°	8	8
percentuale di foratura	%	62	68
resistenza a compressione f_{bm} direzione foro	N/mm²	23,5	28,9
resistenza a compressione f_{bm} ortogonale ai fori	N/mm²	7,9	11,5
modulo elastico	N/mm²	3790	4160
DATI DEL PACCO IMBALLATO			
pezzi per pacco	n°	50	40
peso indicativo	Kg	710	500
dimensioni (lun x lar x h)	cm	100x100x107	88x100x107

tab 11 - Tabella blocchi da solaio. Prodotti Fornace Laterizi Carena [99]

[98] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.

[99] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.

Mattone pieno	cm 5 x 11 x 23
Tavelle perret	cm 3 x 25 x 40
Tavelle perret spaccabili	cm 3 x 25 x 40
Tavelline da cm 4,5	cm 4,5 x 15 x 30
Architravi cm 8 x 12	da cm 100 a 300
Tralicci da muratura cm15x300	Ø 4mm
Tralicci da muratura cm20x300	Ø 5mm
Blocchi da solaio interposti	da h 12 a h 22
Polvere d'argilla per intonaci	big bag da 750 kg
Polvere d'argilla per intonaci	sacco da 25 kg
Argilla umida lavorata	panetto da 8 kg

tab 12 - Tabella dimensionale di altri prodotti commercializzati dalla Fornace Laterizi Carena di Cambiano. [100]

L'attuale cava di estrazione è esattamente quella che è stata aperta dai fondatori della fornace, che preleva quattro tipi diverse di argilla rossa, differenziate dalla consistenza granulometrica. La coltivazione dell'argilla avviene per diverse fasi, innanzitutto l'argilla viene miscelata con delle macchine dette *motor sceper*: queste passano e raccolgono l'argilla alternando le quattro tipologie di argilla. Una volta miscelate l'argilla viene accumulata in depositi stagionali al riparo da piogge e in un secondo momento viene prelevata e spostata nell'area di prelavorazione su dei nastri trasportatori. Si prosegue con la fase di frantumazione dell'argilla, ed è in questo momento del processo che viene aggiunto un elemento particolare: la lolla di riso. Quest'ultima è facilmente reperibile dai territori circostanti, poiché derivano dagli scarti di produzione delle risaie vercellesi. L'aggiunta di questo *ingrediente* permette di ottenere un prodotto nuovo e innovativo. Infatti nella gamma dei prodotti della Fornace vengono commercializzati i prodotti BIO-POR, che sono blocchi di laterizio a foro verticale. Vengono realizzati due tipologie di blocco BIO-POR: il primo è per la muratura portante in cui la foratura è del 45% e la seconda è per la tramezzatura e i muri di tamponamento il cui valore di foratura è tra il 55% e il 60%. Quindi la lolla di riso, grazie alla sua granulometria uniforme ed essendo biologica e priva di impurità, viene facilmente aggiunta all'argilla per porizzare e migliorare le sue prestazioni di isolamento termico.
Proseguendo nella fase di impasto, viene immesso nella mattoniera il vapore prodotto da una caldaia [101] in modo da migliorare la lavorabilità nella fase di estrusione; in questa stessa fase l'impasto viene fatto passare in un macchinario la cui pompa estrae l'aria residua. Usciti dalla mattoniera, i filoni di argilla vengono tagliati in modo preciso da una macchina a seconda delle dimensioni richieste.
Successivamente avviene la fase di essiccazione in cui i blocchi, su dei nastri trasportatori, passano all'interno di un forno lungo 70 metri e restano all'interno per 26 ore ad una temperatura di 70°C, passando in quattro gallerie ventilate di aria calda, per eliminare l'acqua presente all'interno dei manufatti. [102] In seguito i blocchi vengono impilati e trasportati sui carrelli per entrare nel forno di cottura lungo 110 metri: qui restano per 30 ore per ottenere una cottura corretta e uniforme. Grazie alla lunghezza

[100] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.
[101] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 30/08/2018.
[102] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 30/08/2018.

del forno i blocchi attraversano le tre fasi di cottura: preriscaldamento, cottura a 850°C e raffreddamento. Infine i prodotti finiti vengono imballati con un film di polietilene plastico per proteggere i blocchi, e poi trasportati in cantiere.
La Fornace Carena è dotata di un laboratorio interno in cui vengono svolti i test per la resistenza a compressione e viene verificata la trasmittanza termica. La resistenza al fuoco e il potere fonoisolante sono verificati da certificatori esterni come l'Istituto Giordano.

Dal punto di vista della cultura ambientale, l'azienda cura alcuni aspetti legati alla sostenibilità dell'ambiente:

- l'area naturalistica caratterizzata dalla cava di argilla è parte integrante di un «p*rogetto di architettura ambientale»* ; [103]

- la realizzazione, nel vecchio stabilimento, di un Ecomuseo dell'argilla e della terra cotta;

- l'impiego dell'impianto fotovoltaico sulle coperture dello stabilimento permette di produrre energia elettrica solare;

- l'investimento nella fornitura di un prodotto a Km 0, derivato dalla miscela materie prime naturali quali l'argilla, l'acqua e, per la gamma BIO-POR, la lolla di riso.

2.12 - Le Fornaci del Pianalto

Il sito archeologico dell'Altopiano di Poirino è caratterizzato da ricchi giacimenti di argilla rossa che sono i risultati di un lungo periodo di deposito fluvio-lacustri in epoca *pliocenica* e *medio pleistocenico*. [104] La definizione fornita dal vocabolario Treccani per *pianalto* afferma che si tratta di un'area «*residua di una pianura pedemontana formatasi per disposizione di materiale fluvioglaciale, sul quale, nei periodi che seguirono le due prime fasi glaciali, divagarono a lungo le correnti fluviali incidendovi dei solchi»*.[105] Questo bacino estrattivo è di particolare interesse nel territorio piemontese, in quanto fornisce una qualità elevata dell'argilla. L'argilla estratta ha un elevato contenuto di minerali che permette di avere un'ottima plasticità degli impasti e una buona compattezza dei prodotti finiti. La qualità dell'argilla dipende anche dalla miscela di ossidi di Silice, Allumina e Ferro che «*conferisce al prodotto, una volta cotto, particolari doti di robustezza, colore rosso e resistenza al gelo»*.[106]

In questo contesto territoriale si inserisce il progetto delle Fornaci del Pianalto che comprende tre fornaci attive, specializzati in diversi prodotti, ma tra loro complementari. L'idea è di creare una rete di sviluppo armonico sul territorio, in modo da fornire prodotti di qualità, a basso impatto ambientale, a Km 0. Le tre fornaci hanno definito alcuni obiettivi comuni per concretiz-

[103] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 30/08/2018.
[104] *http://www.fornacidelpianalto.it/about/*, consultato il 31/08/2018
[105] *http://www.treccani.it/*, consultato il 31/08/2018
[106] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 30/08/2018.

zare il progetto, offrendo diverse opportunità e tipologie di prodotto:

- le risorse impiegate vengono selezionate sul territorio circostante;

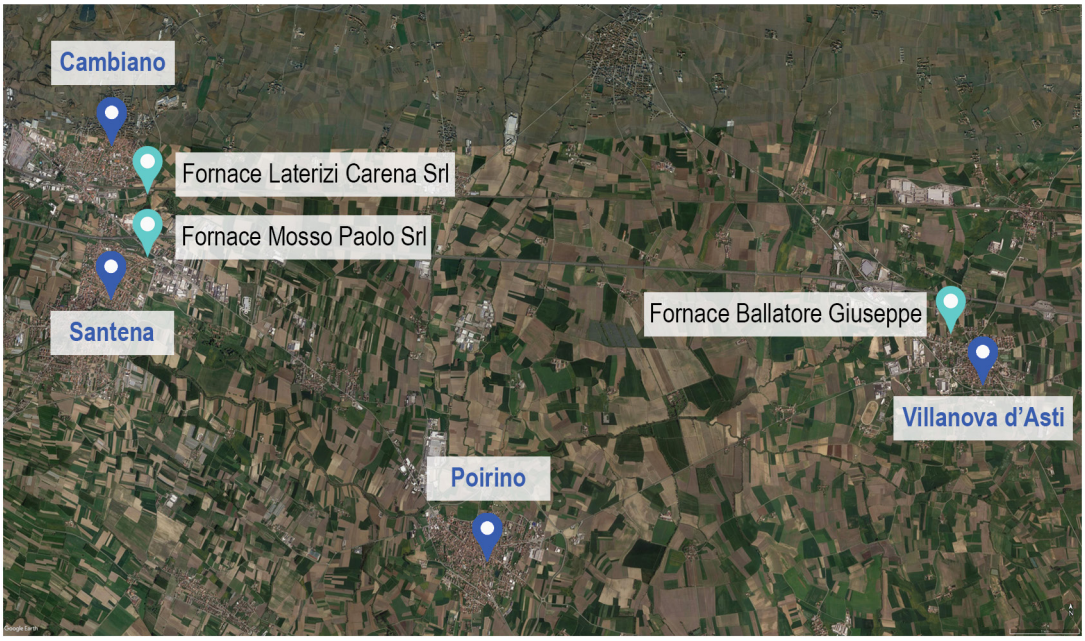
- la realizzazione della terracotta di alta qualità avviene con processi produttivi innovativi ed ecocompatibili;

- per ogni esigenza qualitativa o estetica vengono considerate le migliori opzioni;

- i prodotti che vengono impiegati sono per la maggior parte di origine naturale.

Le tre Fornaci sono equamente distribuite sul territorio in funzione del sito di estrazione e coltivazione delle cave di argilla.

La *Fornace Laterizi Carena Srl* si occupa della produzione di mattoni forati e blocchi da muro BIO-POR, come spiegato nel capitolo *3.4 - Fornace Carena: produzione e innovazione* dedicato all'approfondimento delle tipologie e i metodi di produzione. Le altre due fornaci commercializzano prodotti in laterizio differenti e complementari in modo tale da fornire un'am-



Fornace Laterizi Carena Srl
Via Camporelle, 50
10020 Cambiano (TO)
www.carenaspa.com

Fornace Mosso Paolo Srl
Via Asti, 15
10026 Santena (TO)
www.fornacemosso.it

Fornace Ballatore Giuseppe
di Ballatore Mauro&C, Snc
Strada Vecchia per Chieri, 65
14019 Villanova d'Asti (AT)
www.ballatore.it

fig 27 - Planimetria, fuori scala. Distribuzione delle fornaci sul territorio del Pianalto. (107)

(107) *https://www.google.com/maps*, consultato il 30/08/2018.

pia gamma di prodotti sul territorio.
La *Fornace Mosso Paolo Srl* di Santena (TO)[108] si è specializzata nella lavorazione e produzione di tegole e coppi in laterizio, offrendo molte tipologie: tegola portoghese sinistra e destra, tegola marsigliese, tegola marsigliese cuore, tegola doppiocoppo, coppi e coppi con aggancio. Inoltre offrono anche pezzi speciali come aeratori, camini, colmi e finicolmi, per la realizzazione completa di una copertura con tutti i suoi elementi costruttivi.

Infine la *Fornace Ballatore Giuseppe di Ballatore Mauro&C Snc* di Villanova d'Asti (AT) [109] ha sviluppato la produzione di mattoni tradizionali pieni per le finiture esterne. Si tratta di elementi costruttivi che vengono maggiormente impiegati all'esterno, come gocciolatoi, blocchi circolari per pozzo, blocchi circolari per colonna, gradini e davanzali, aiuole, comignoli, archi, voltini, cunei,angolari e sagomati. Vengono offerti circa 500 profili diversi, con differenti misure a seconda delle necessità e ottenendo prodotti di alta qualità e molto durevoli nel tempo.

La rete realizzata dalle Fornaci del Pianalto permette di associare la tradizione e l'innovazione del prodotto in laterizio. L'obiettivo è di arrivare a proporre delle soluzioni tecniche in grado di sviluppare tutti i nodi costruttivi fondamentali dell'edificio ed essere conformi ai criteri NZEB (Nearly Zero Energy Building) della classe energetica. Infatti «*costruire un edificio secondo i criteri NZEB, che consentono di raggiungere la certificazione Casaclima, è ormai da anni una garanzia di qualità del costruito e di elevati livelli di efficienza energetica, grazie ad un progettazione accurata ed ai controlli in cantiere che garantiscono la conguità tra quanto progettato e quanto effettivamente realizzato*». [110]

Il vantaggio di sviluppare una produzione a Km 0 è di ottenere dei manufatti di alta qualità senza rinunciare alle esigenze del cliente e al rispetto dell'ambiente. Infatti il loro ciclo di vita è strutturato, a partire dall'estrazione in cava della materia prima fino ad arrivare allo smaltimento delle macerie in cantiere, in modo tale da ridurre al minimo gli impatti ambientali.

[108] *https://www.fornacemosso.it/*, consultato il 31/08/2018.
[109] *http://www.ballatore.it/default.aspx*, consultato il 31/08/2018.
[110] *http://www.fornacidelpianalto.it/about/*, consultato il 31/08/2018.

PARTE III

CREARE UNA SIMBIOSI INDUSTRIALE

Parte III - Creare una simbiosi industriale

3.1 - Origini e definizione della simbiosi industriale

La possibilità di ottenere uno scenario totalmente sostenibile in cui i rifiuti non siano presenti è lontano dalle prospettive attuali. È però possibile trovare nuove strategie, in particolare lo sviluppo di una simbiosi industriale, per ottimizzare il quantitativo di rifiuti inutilizzati, o meglio, gettati in discarica e in attesa di una naturale decomposizione, e per migliorare il potenziale che potrebbero offrire alla catena produttiva. Al fine di identificare le opportunità che la simbiosi industriale può fornire è necessario comprendere il contesto in cui è inserito, le sue origini e la sua definizione continuamente modificata e aggiornata.

Non è semplice determinare il preciso momento in cui ha avuto origine il termine di *simbiosi industriale*, poiché è il risultato di uno sviluppo graduale che deriva da altre strategie che hanno preso forma attorno agli anni '90 del Novecento. Il concetto parte dalla definizione di '*ecologia industriale*' fornita dal fisico Robert Frosch nel 1992 in cui ipotizza la connessione tra ecosistema naturale e industriale, affermando che «*un sistema eco-industriale, oltre a ridurre la produzione di rifiuti nei processi, dovrebbe massimizzare l'impiego efficiente dei materiali di scarto e dei prodotti a fine vita, come 'input' per altri processi produttivi*». [1] Si tratta di un' idea molto vicina alle proposte attuali per organizzare una simbiosi industriale, infatti emerge il concetto del nuovo impiego degli scarti in altre catene di produzione per chiudere i cicli di vita dei materiali.

Nella rivista *Journal of Industrial Ecology* [2] viene pubblicata nel 2012 un articolo scientifico in cui viene fornita una definizione completa e chiara dai due ricercatori *D.Rachel Lombardi* e *Peter Laybourn*.

«Industrial Symbiosis engages diverse organizations in a network to foster ecoinnovation and long-term culture change. Creating and sharing knowledge through the network yields mutually profitable transactions for novel sourcing of required inputs, value-added destinations for non-product outputs, and improved business and technical processes» [3]

«La simbiosi industriale coinvolge diverse organizzazioni in una rete per promuovere l'ecoinnovazione e il cambiamento culturale a lungo termine. La creazione e la condivisione di conoscenza attraverso la rete produce transazioni reciprocamente vantaggiose per l'acquisizione di nuovi input richiesti, un valore aggiunto per i prodotti di output e valorizzazione del business e dei procedimenti tecnici».

Anche in questa definizione rimane evidente il nuovo concetto di rifiuto come risorsa. I vantaggi che si possono trarre da questo sono di tipo

---

[1] *http://www.simbiosiindustriale.it/Simbiosi-Industriale/*, consultato il 15/10/2018.

[2] AA. VV. , *The industrial symbiosis in the production development: an approach through the DFIS,* in «Procedia manufacturing», 21 (2018), pp. 863.

[3] D.R. LOMBARDI, P. LAYBOURN , *Redefining industrial symbiosis,* in «Journal of Industrial Ecology», 16 (2012), pp. 28.

ambientale, economico e sociale: il potenziale ottenuto dalla riduzione di rifiuti, emissioni di gas, energia e risorse primarie, porta al beneficio ambientale, alla riduzione dei costi, allo sviluppo di nuove imprese e a nuovi posti di lavoro, e alla riduzione dei rifiuti smaltiti. I benefici sono molteplici e promettenti, e vengono incentivati fino a sviluppare tre diverse tipologie di simbiosi industriale, in continua evoluzione.

I tre modelli di simbiosi industriale sono:

- i Distretti di Simbiosi Industriale, si tratta di meccanismi che avvengono tra diverse realtà in territori più o meno estesi, il cui obiettivo è di chiudere e ottimizzare i cicli;

- i Parchi Eco-Industriali, si sono sviluppati nell'ambito statunitense in cui tali '*parchi*' vengono progettati seguendo le regole dettate dall'ecologia;

- le reti della Simbiosi Industriale, sono organizzate in modo tale da essere uno strumento a cui fare riferimento per migliorare l'attività economica e sociale (in questo gruppo rientrano anche la *NISP* della Gran Bretagna e la *Piattaforma di Simbiosi Industriale* della Regione Sicilia). [4]

3.2 - I Distretti di Simbiosi Industriale: analisi e definizione

Con il termine Distretti di Simbiosi industriale, detto anche *Design for Industrial Symbiosis* (*DFIS*), si intende un metodo basato su determinate linee guida che delineano un preciso procedimento affinché il metodo possa dare risultati positivi. Di seguito vengono proposte le tre linee-guida a cui far riferimento:[5]

1. Uso di sottoprodotti o rifiuti, provenienti da altre aziende, come materia prima.[6] È necessario avere una conoscenza approfondita dei sottoprodotti e/o degli scarti prodotti da altre aziende ed è importante che esse siano piuttosto vicine per ridurre i costi e l'energia impiegata per il trasporto dei materiali.

2. Generare sottoprodotti o rifiuti che possono essere riutilizzati come materia prima da altre aziende.[7] Questa linea-guida è rivolta ad incentivare la progettazione di nuovi prodotti che possano integrare gli scarti di altre aziende. Inoltre bisogna tener conto della possibilità di lavorazione di materiali di scarto provenienti da altre catene produttive.

3. Definire i vantaggi della collaborazione tra diverse aziende nel processo produttivo.[8] Si tratta di creare una rete di condivisione tra le aziende in modo da verificare la possibilità di impiegare gli scarti in eccesso.

[4] *http://www.simbiosiindustriale.it/Simbiosi-Industriale/*, consultato il 15/10/2018.

[5] AA. VV. , *The industrial symbiosis in the production development: an approach through the DFIS,* in «Procedia manufacturing», 21 (2018), pp. 864.

[6] [7] [8] AA. VV. , *The industrial symbiosis in the production development: an approach through the DFIS,* in «Procedia manufacturing», 21 (2018), pp. 864.

Per definire il DFIS è stato preso come riferimento uno schema che riassume i diversi passaggi, seguendo le linee-guida spiegate precedentemente. (*fig.28*) Il primo passaggio fondamentale è di determinare tutti i rifiuti e i sottoprodotti realizzati dalle aziende circoscritte in un determinato territorio e quali tra queste aziende può ospitare, o meglio riutilizzare, gli scarti di altre aziende circostanti per integrarlo nel proprio ciclo di produzione. In seguito segue una fase più complessa, che comprende diverse variabili di cui tener conto. Infatti si tratta di trovare soluzioni che possano portare alla realizzazione di un prodotto funzionante e di qualità: i rifiuti o i sottoprodotti devono essere analizzati per accertarsi che siano materia prima di qualità per procedere alla lavorazione. Si tratta di costruire una matrice morfologica, ovvero trovare l'opzione ottimale con un metodo tabellare. (*fig.29*) Per comporre la tabella è necessario inserire nelle righe orizzontali le funzioni del prodotto, mentre le colonne verticali contengono le principali soluzioni che hanno come obiettivo di mettere in relazione i sottoprodotti e i rifiuti con le funzioni stesse. L'ultimo passaggio si concentra sulla valutazione delle solu-

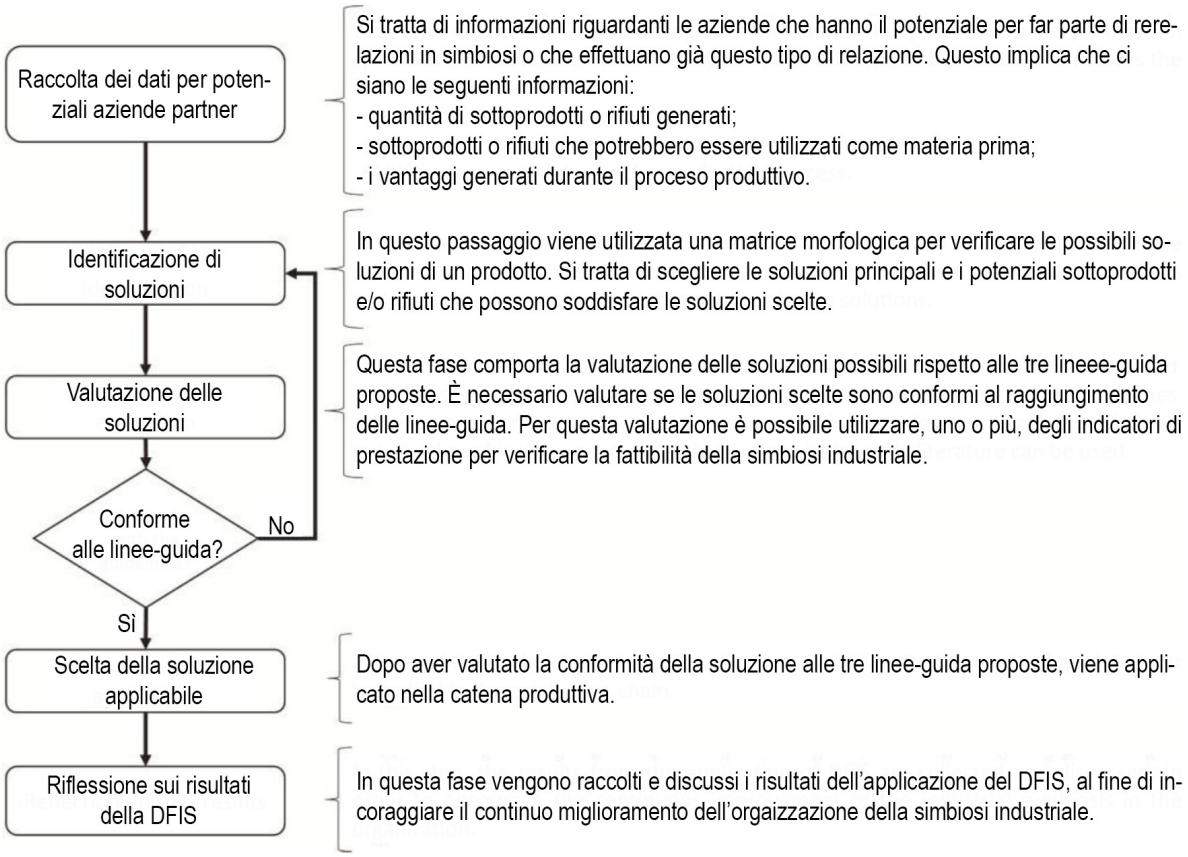


fig 28 - Schema rappresentativo del Design for Industrial Symbiosis (DFIS) (9)

(9) AA. VV. , *The industrial symbiosis in the production development: an approach through the DFIS,* in «Procedia manufacturing», 21 (2018), pp. 865.

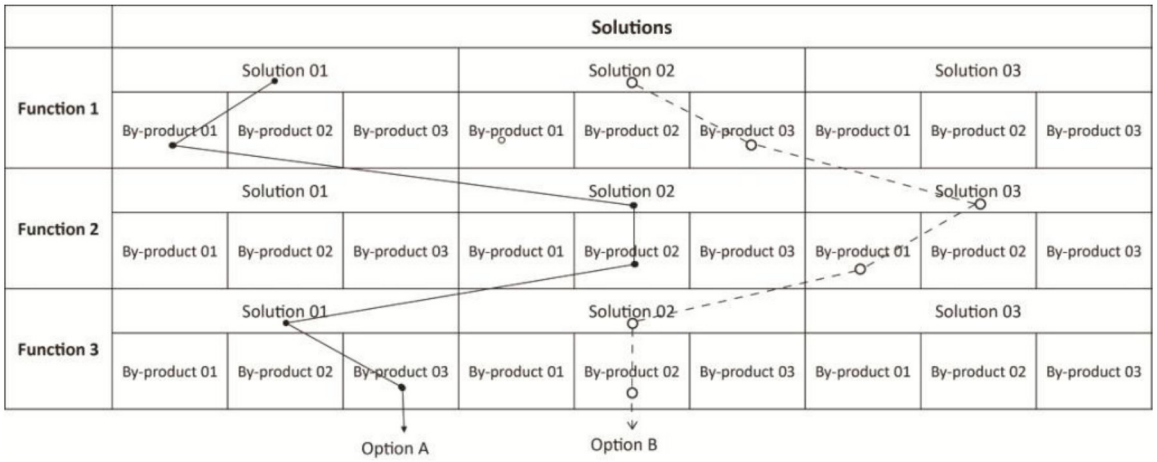


fig 29 - Tabella rappresentativa della matrice morfologica per l'applicazione del Design for Industrial Symbiosis (DFIS) [10]

zioni in relazione alle tre linee-guida. Dopodiché si prosegue con l'applicazione della soluzione, ovvero la produzione del nuovo prodotto. Tuttavia questo metodo è in continua crescita, poiché i processi possono essere migliorati pur mantenendo gli indicatori di simbiosi industriale in modo da rendere possibile un confronto con le situazioni precedenti all'applicazione della DFIS.

3.3 - I parchi eco-industriali: una tipologia in evoluzione

I parchi eco-industriali sono definiti come comunità di aziende localizzate in un'area circoscritta il cui obiettivo è il miglioramento ambientale, economico e sociale attraverso la cooperazione.[11] Come viene affermato nel 1997 dall'economista britannico *Ernest A. Lowe* all'interno di un parco eco-industriale (*Eco-Industrial park*) le aziende «*possono ottenere dei risparmi sui costi di produzione attraverso un uso efficiente e sostenibile di materiali, energia e rifiuti»*.[12]
Questi parchi possono essere considerati come un modello funzionante che permette di avere una riduzione dell'inquinamento, di sostanze nocive e di rifiuti; inoltre le aziende vengono incoraggiate a beneficiare di questi effetti applicando i principi dello sviluppo sostenibile.

L'approccio strategico EIP (*Eco-Industrial park*) può essere riassunto nelle seguenti fasi:

- «*trasformare gli obiettivi di sviluppo sostenibile in obiettivi di marketing»*;[13]

- «*analisi della domanda EIP e dei concorrenti»*;[14]

- «*analisi comparativa dell'offerta EIP»*;[15]

[10] AA. VV. , *The industrial symbiosis in the production development: an approach through the DFIS,* in «Procedia manufacturing», 21 (2018), pp. 865.
[11] AA. VV. , *The industrial symbiosis in the production development: an approach through the DFIS,* in «Procedia manufacturing», 21 (2018), pp. 865.
[12] AA. VV. , *Eco-Industrial Parks: a green and place marketing approach,*, a cura di Luiss University Press, Roma (RO), Luiss Academy, 2015, p. 21
[13] [14] [15] AA. VV. , *op. cit* , p. 72.

- «*identificazione del target delle domande*»; [16]

- «*posizionamento strategico*»; [17]

- «*definizione del valore della proposta di EIP*»; [18]

- «*definizione delle azioni proposte di marketing*». [19]

Le prime tre fasi fanno riferimento agli obiettivi del EIP in termini di sviluppo sostenibile e all'analisi approfondita delle domande e offerte del EIP. Le fasi successive sono strettamente legate alla strategia di approccio del marketing, in cui vengono valutati tutti i vantaggi economici e finanziari del EIP.

Come anche le altre tipologie, i parchi eco-industriali, seguono l'obiettivo di chiudere il più possibile i cicli produttivi e massimizzare l'efficienza dei materiali impiegati nel processo produttivo. In questa metodologia si tratta di utilizzare gli stessi principi di riuso dei rifiuti, considerandoli come risorsa primaria, ma in questo caso le aziende sono in una determinata area che consente di operare anche sul risparmio dell'energia. Esistono dei «*sistemi di programmazione che consentono di bilanciare il picco di domanda di energia distribuendolo tra le varie unità produttive e creando reti intelligenti*» [20]

Per valutare i benefici dell'applicazione della strategia EIP, «*è stata svolta un'indagine internazionale che ha messo a confronto 168 parchi di eco-innovazione in 27 paesi*» [21], analizzandoli nei minimi dettagli; i vantaggi di maggior rilevanza possono essere sintetizzati nei seguenti punti:

- «*interessi commerciali delle aziende nella riduzione delle spese e nell'incremento del profitto, grazie alla maggiore sinergia*»; [22]

- «*forte coinvolgimento delle autorità locali, grazie al quadro normativo e ai relativi incentivi*»; [23]

- «*organo di coordinamento efficace: la comunicazione e la fiducia sono di fondamentale importanza per la collaborazione tra le aziende*»; [24]

- «*accesso alle tecnologie e conoscenze avanzate attraverso la cooperazione con il mondo accademico e gli istituti di ricerca*»; [25]

- «*ubicazione e infrastrutture: la vicinanza ai principali agglomerati urbani o a punti di estrazione è molto vantaggioso*»; [26]

- «*la diversità delle attività economiche locali aumenta la possibilità di creare nuove serie di flussi di feedback*»; [27]

- «*impegno e definizione chiari, e distinzione dagli altri parchi riguardo agli standard di marketing e comunicazione*». [28]

---

[16] [17] [18] [19] AA. VV. , *Eco-Industrial Parks: a green and place marketing approach,*, a cura di Luiss University Press, Roma (RO), Luiss Academy, 2015, p. 72.

[20] AA. VV. , *Eco-Industrial Parks: a green and place marketing approach,*, a cura di Luiss University Press, Roma (RO), Luiss Academy, 2015, p. 60.

[21] [22] [23] [24] AA. VV. , *op. cit* , p. 60.

[25] [26] [27] [28] AA. VV. , *op. cit* , p. 60.

3.4 - Le reti di simbiosi industriale: NISP ed ENEA

Le reti di simbiosi industriale sono uno strumento che permette di sviluppare una strategia di collaborazione tra le aziende attraverso le piattaforme online. In questo modo la tecnologia si rende fondamentale per permettere lo scambio delle informazioni e per facilitare la comunicazione e la condivisione: per esempio dati sulla tipologia e la quantità delle risorse prodotte e/o richieste o informazioni sulla disponibilità a interagire per creare una relazione di interscambio.

Nel 2018 nell'articolo '*The role of online information-sharing platforms on the performance of industrial symbiosis netwoeks',* scritto da L.Fraccascia e D.M. Yazan e pubblicato su *Resources, Conservation & Recycling,* vengono analizzate le reti di simbiosi industriale tenendo conto del *backgroud* e dei suoi benefici e possibilità di sviluppo future.
Una parte della letteratura, che tratta questo argomento, considera le reti di simbiosi industriale come '*complessi sistemi adattivi*'. Con questa terminologia si intende «*un instabile aggregato di agenti e connessioni, auto-organizzati per garantirsi l'adattamento, [...] un CAS è un sistema che emerge nel tempo in forma coerente, e si adatta ed organizza senza una qualche entità singolare atta a gestirlo o controllarlo deliberatamente. L'adattamento è raggiunto mediante la costante ridefinizione del rapporto tra il sistema e il suo ambiente*». [29] È da osservare che definire la rete di simbiosi industriale come CAS, significherebbe che le reti sono il risultato di un processo automatizzato, in cui ogni azienda possa stabilire in tutta autonomia relazioni con altre imprese, senza il supporto di una pianificazione intenzionale gestita da un'entità centrale.[30] In questo modo diventerebbe più semplice effettuare uno scambio di rifiuti trasformati in risorse, migliorando l'efficienza produttiva, e ridurre gli sprechi, i costi di smaltimento e di acquisto delle risorse. Dall'altro lato è ugualmente importante valutare i costi di trasporto e di trattamento dei rifiuti che dipendono dalle caratteristiche fisiche e chimiche dei rifiuti e dalla loro capacità di essere riciclati, mantenendo buone proprietà prestazionali.

L'utilizzo delle piattaforme online ha permesso di agevolare e semplificare la condivisione delle aziende di potenziali forniture di rifiuti. [31] I vantaggi che emergono dall'uso di questo strumento sono:

- per ogni impresa le piattaforme permettono di focalizzare tutte le relazioni tecnicamente realizzabili; [32]

- la ricerca di un'impresa con cui instaurare una collaborazione è molto veloce grazie alla condivisione delle informazioni in tempo reale; [33]

- ogni azienda ha la possibilità di scegliere tra le potenziali imprese, quella che a suo giudizio consente un mag-

[29] *https://it.wikipedia.org/wiki/Sistema_complesso*, consultato il 18/10/2018.
[30] L. FRACCASCIA, D.M. YAZAN , *The role of online information-sharing platforms on the performance of industrial symbiosis networks,* in «Resources, Conservation & Recycling», 136 (2018), pp. 473-485.

[31] [32] [33] L. FRACCASCIA, D.M. YAZAN , *The role of online information-sharing platforms on the performance of industrial symbiosis networks,* in «Resources, Conservation & Recycling», 136 (2018), pp. 473-485.

gior beneficio economico; [34]

- permettono anche alle aziende che geograficamente non sono vicine di trarre un egual beneficio. [35]

Un'iniziativa di particolare interesse è stata sviluppata in Gran Bretagna sostenuta da governo per incentivare il passaggio da economia lineare a economia circolare. La NIPS, *National Industrial Symbiosis Programme*, è un progetto che ha operato a partire dal 2005 e ha avuto dei risultati notevoli, coinvolgendo attivamente «*15.000 aziende nel Regno Unito, generando 1 miliardo di sterline in vendite e riduzioni di costo pari a £ 1.1 miliardi per le società partecipanti»* [36] e «*ha ridotto le emissioni di carbonio di 39 Mt»*. [37]

Il suo funzionamento si basa sul concetto di equilibrio tra le aziende: ricercarlo è fondamentale per la promozione di particolari progetti e per rispettare le singole esigenze delle aziende o imprese. Il metodo impiegato ha permesso di ridurre di una notevole quantità i rifiuti industriali, portando un risultato positivo per le aziende, agevolando l'integrazione della simbiosi industriale.

Come viene già accennato nel capitolo *1.6 - La simbiosi industriale* anche in Italia è presente una piattaforma di una rete di simbiosi industriale in Sicilia denominato ENEA (*Ente Nuove tecnologie per l'Energia e l'Ambiente*). Si tratta della prima piattaforma approvata e incentivata dalla Commissione Europea il cui obiettivo è chiaramente, «*l'implementazione della simbiosi industriale»*.[38] Le strategie, i metodi, e gli obiettivi sono gli stessi che definiscono la tipologia delle reti di simbiosi industriale, in cui vengono seguiti i principi di eco-innovazione e dello scambio di informazioni e di risorse primarie, precedentemente considerati scarti da smaltire.

3.5 - La simbiosi industriale nel settore edilizio: la reintegrazione delle materie prime secondarie (MPS)

Per sviluppare una simbiosi industriale, qualunque sia la sua tipologia, è necessario far riferimento alle tre linee-guida riportate nel capitolo *3.2 - I Distretti di Simbiosi Industriale: analisi e definizione* a pagina 64. Esse sono un punto di partenza a cui far riferimento, tuttavia nel settore edilizio i principi, le linee-guida e le potenzialità degli scarti, assumono un ruolo di particolare interesse. In questo settore infatti bisogna andare un po' oltre al meccanismo dello scambio dei rifiuti, trasformati in risorse, tra le aziende dello stesso territorio per avere un reciproco vantaggio. Si tratta di pensare ad un prodotto che verrà impiegato nella costruzione e realizzazione degli edifici, ed essi richiedono una certa precisione e accuratezza nella definizione delle proprietà: per tal motivo si trova supporto nell'ambito della ricerca e sviluppo della tecnologia.
Le variabili di cui tener conto per realizzare un prodotto edilizio, sono mol-

---

[34] [35] L. FRACCASCIA, D.M. YAZAN , *The role of online information-sharing platforms on the performance of industrial symbiosis networks,* in «Resources, Conservation & Recycling», 136 (2018), pp. 473-485.

[36] [37] Ministero dello sviluppo economico, *Verso un modello di economia circolare per l'Italia - Documento di inquadramento e di posizionamento strategico,* 2017, pp 16.

[38] *http://www.enea.it/it/Stampa/news/economia-circolare-commissione-ue-enea-hub-nazionale-della-piattaforma-europea*, consultato il 19/10/2018.

tissime e nessuna di esse può essere trascurata, soprattutto per le questioni che interessano la sicurezza degli utenti finali. La qualità del rifiuto o del sottoprodotto deve essere garantita e definita da una normativa di riferimento: essi vengono definiti MPS, ovvero Materie Prime Secondarie.

Il Decreto Legge 9 settembre 1988 n°397, Art.2 afferma che «*sono materie prime secondarie i residui derivanti da processi produttivi e che sono suscettibili, eventualmente previ idonei trattamenti, di essere utilizzati come materie prime in altri processi produttivi della stessa o di altra natura*»;[39] inoltre «*la legge regionale [prevede] le condizioni e le modalità per la esclusione delle materie prime secondarie dall'ambito di applicazione della normativa in tema di smaltimento rifiuti*»[40] Quindi le MPS vengono considerate come risorse e sono escluse dalle normative inerenti ai rifiuti. Tuttavia devono superare determinati controlli affinché risultino materiali inerti o non inquinanti. Infatti durante la loro seconda lavorazione non devono provocare danni o eccessive emissioni di agenti inquinanti: in tal caso cadrebbe tutta l'argomentazione sulla sostenibilità del riuso e riciclo dei materiali di scarto. Esistono strumenti per poter valutare la sostenibilità di un sottoprodotto come l'analisi LCA che considera tutto il ciclo di vita di un materiale. (*vedi p. 21*)

Nell'ambito edilizio ci sono molte possibilità di riutilizzo degli scarti, come ad esempio pannelli isolanti termici e acustici, blocchi di cemento o laterizio con particolari aggiunte come la lolla di riso, fibre tessili o polvere di calce, intonaci e malte rinforzati con materiali di scarto, o ancora elementi realizzati con plastica riciclata. In questo ambito è l'innovazione tecnologica che sta sviluppando prodotti edilizi che hanno prestazioni pari ai prodotti edilizi '*di prima lavorazione*', o molto spesso con prestazioni migliori.
Nel settore edilizio si incontrano tutti i concetti di efficienza energetica, di risparmio di energia e delle fonti, di simbiosi industriale, di riuso del materiale di scarto, aprendo la strada alla sostenibilità e alla riduzione degli impatti ambientali.

---

[39] [40] Decreto Legge 9 settembre 1988, *Disposizioni urgenti in materia di smaltimento dei rifiuti industriali,* art.2, 1988, p. 2.

PARTE IV

RICERCA SPERIMENTALE DI BLOCCHI DI LATERIZIO CON SCARTI TESSILI: METODOLOGIA

Parte IV - Ricerca sperimentale di blocchi di laterizio con scarti tessili: metodologia

4.1 - Obiettivi, premesse e metodologia di ricerca

La ricerca sperimentale, argomentata nella Tesi, affronta e racchiude le tematiche inerenti alla simbiosi industriale e alla possibilità di realizzare un prodotto edilizio nuovo e performante. Partendo dagli obiettivi generali, strettamente legati alla piccola realtà del territorio in cui si sviluppa la ricerca, si proseguirà all'organizzazione di un preciso metodo di ricerca, fino ad arrivare alla realizzazione e ai risultati preliminari di un prodotto edilizio.
Il contesto in cui viene ipotizzato il prodotto edilizio è localizzato in Piemonte a sud-est di Torino e comprende i territori definiti tra Chieri, Cambiano, Santena, Poirino e Villanova d'Asti; questa fascia territoriale viene definito il Pianalto di Poirino. (*vedi p.23*)
In quest'area ci sono due risorse il cui processo produttivo risulta ben avviato: il tessuto e l'argilla. Le storie e le origini di tali risorse sono state argomentate nella *Parte II - Il territorio del Pianalto di Poirino e le sue risorse.*
Per poter ottenere una panoramica dettagliata, è necessario raccogliere tutte le informazioni possibili per procedere alla ricerca, come viene suggerito anche dalla prima delle tre linee-guida per approcciarsi alla simbiosi industriale.

L'idea di partenza è stata quella di trovare una soluzione in grado di soddisfare gli obiettivi posti alla base della sperimentazione. Basandosi su altre ricerche, sviluppate a livello internazionale [(1)] e con presupposti simili, è emersa una possibilità di unire queste due risorse del territorio del Altopiano di Poirino, in un unico prodotto edilizio: un Mattone in Argilla con Scarti Tessili (MAST). Questo potrebbe costituire una forma di coesione tra aziende, tale da permettere di ipotizzare una simbiosi industriale.

A monte della ricerca sono state poste delle domande di massima, le quali sono diventate gli obiettivi generali della ricerca che la tesi si propone di affrontare:

- diminuire il quantitativo di impatti ambientali dovuti ai rifiuti destinati alla discarica, in questo caso degli scarti industriali tessili;

- ridurre il consumo di energia e di costi dovuto allo smaltimento dei rifiuti;

- favorire la chiusura del '*cerchio*' dei processi produttivi, introducendo gli scarti in un altro processo di lavorazione;

- valutare le potenzialità di riuso e di riciclo dei materiali di scarto per portare un valore aggiunto ad un potenziale prodotto edilizio;

- raccogliere tutte le informazioni possibili a favore dell'impiego delle MPS, in questo caso degli scarti tessili uniti al mattone in argilla.

[(1)] S.N. MONTEIRO, C.M. FONTES VIEIRA, *On the production of fire clay bricks from waste materials: a critical update,* in «Construction and Building Materials», 68 (2014), pp. 599-610.

Oltre a quelli appena elencati, sono presenti anche degli obiettivi più specifici, legati al prodotto edilizio stesso:

- individuare il processo di lavorazione ottimale per l'integrazione del scarti tessili nell'impasto di argilla;

- valutare la sostenibilità e le possibilità di sviluppo del prodotto;

- identificare gli aspetti migliorativi del mattone con gli scarti tessili rispetto ad un blocco tradizionale.

Come già accennato, la ricerca è partita dal reperimento di un numero sufficiente di articoli internazionali, pubblicati negli ultimi 15 anni. La ricerca è stata svolta sulla piattaforma online *ScienceDirect* [(2)] che raccoglie tutte le pubblicazioni scientifiche, in cui è possibile circoscrivere gli argomenti interessati. In questo caso sono stati ricercati tutti gli articoli che avessero un'attinenza con il riciclo di materiale di scarto di tessuti, impiegato in nuove lavorazioni e integrati in altre filiere. A questo si affianca la ricerca di articoli che trattano gli argomenti della simbiosi industriale e dell'economia circolare, in modo da ottenere una panoramica generale, e allo stesso tempo specifica, della situazione attuale e il suo stato di sviluppo.

Gli articoli sono stati catalogati e ordinati seguendo la data in cui sono stati reperiti e l'argomento trattato:

- la sezione A raggruppa tutti gli articoli che trattano il riciclo del tessuto in tutte le sue possibilità: non solo i tessuti sminuzzati, ma anche l'acqua usata per la tintura;

- gli articoli contrassegnati con la B sono più specifici sulla possibilità di riciclate o creare un blocco di argilla con materiali di scarto; (non esclusivamente il tessuto)

- la sezione C mette insieme gli articoli in cui vengono pubblicate le sperimentazioni effettuate con le fibre di tessuto in poliestere, materiale impiegato nella sperimentazione della Tesi;

- la sezione D raggruppa gli articoli più recenti sull'economia circolare e su come essa si sia sviluppata negli ultimi anni, grazie anche agli incentivi e all'innovazione tecnologica;

- gli articoli della sezione E trattano di alcune sperimentazioni svolte sui mattoni forati;

- la sezione F, infine, raggruppa gli articoli riguardanti la simbiosi industriale: in particolare le sue tipologie, i concetti su cui si fonda e sulle possibilità di sviluppo future.

Le seguenti tabelle riportano l'elenco degli articoli consultati che hanno fornito informazioni fondamentali per poter avviare la sperimentazione proposta nella Tesi, la quale trae spunto dalle conclusioni ottenute dalla ricerca preliminare.

[(2)] *https://www.sciencedirect.com/,* consultato da 01/05/2018 a 30/11/2018.

Informazioni		Motore di ricerca	Articolo	
Data	Fonte	Parola chiave	Codice archivio	Titolo
20.02	ScienceDirect	recycled cotton brick	A-001	Sustainability assessment of brick work for low-cost housing: a comparison between waste based bricks and burnt clay bricks.
			A-002	Reuse of cotton and recycle paper mill waste as building material
			A-003	Textile waste as an alternative thermal insulation building material solution
	ScienceDirect	clay textile brick	A-004	Characterization of ceramic bricks incorporated with textile laundry sludge
			A-005	Fired clay bricks manufactured by adding wastes as sustainable material - a review
			A-006	Test methods for Textile reinforced mortar system
			A-007	Earth eco-building: textile-reinforced earth block constrution
			A-008	Removal of a basic textile dye from aqueous solution by adsorption on regenerated clay
			A-009	Study on feasibility of reutilizing textile effluent sludge for producing concrete blocks
			A-010	Hydrological proprieties and solar evaporative cooling performance of porous clay tiles
			A-011	Textile-reinforced rammed earth: exparimental characterisation of flexural strenght and thoughness
			A-012	Evaluation of briquettes made from textile industry solid waste
			A-013	Mechanical characterisation of textile ceramic plates. Testing on lastic foundation
			A-014	Development of sustainable construction material using industrial and agricultural solid waste: a review of waste-create bricks
			A-015	Evaluation of physical stability nd leachability of Portland Pozzolana Cement (PPC) solidified chemical sludge generated from textile wastewater treatment plants
			A-016	Evaluation of the performance of recycled textile fibres in the mechanical behavior of a gypsum and cork composite material
			A-017	Three different clay-supported nanoscale zero-valent iron materials for industrial azo dye degradation: a comparative study
			A-018	Investigation of fibre reinforced mud brick as a building material
	ScienceDirect	waste textile	A-019	Valorisation of textile waste by fungal solid state fermentation: an example of circular waste-based biorefinery
			A-020	Sodium alginate adhesives as binders in wood fibers/textile waste fibers biocomposites for building insulation
			A-021	Green concrete mix using solid waste and nanoparticles as alternatives - a review
	ScienceDirect	waste textile brick	A-022	On the production of fired clay bricks from waste materials: a critical update - a review
			A-023	Production of bricks from waste materials - a review
			A-024	Development of eco-friendly porous fired clay bricks using pore-forming agents - a review
1.03	Research Gate		A-025	Recycling of industrial and urban wastes in brick production - a review
			A-026	The use of waste material in the manufcturing of clay brick
			A-027	Utilization of textile apparel waste in clay brick

Informazioni		Motore di ricerca	Articolo				
Data	Fonte	Parola chiave	Codice archivio	Rivista	Anno di pubblicazione	Volume	Pagina
20.02	ScienceDirect	recycled cotton brick	A-001	Sustainible Cities and Society	febbraio-18	37	396-406
			A-002	Construction and Building Materials	settembre-12	34	470-475
			A-003	Construction and Building Materials	gennaio-13	38	155-160
	ScienceDirect	clay textile brick	A-004	Ceramics International	marzo-12	38	951-959
			A-005	Construction and Building Materials	giugno-14	63	97-107
			A-006	Composites part B	ottobre-17	127	121-132
			A-007	Energy Procedia	settembre-17	122	757-762
			A-008	Procedia Engineering	luglio-15	33	303-312
			A-009	Journal of cleaner production	agosto-15	101	174-179
			A-010	Construction and Building Materials	ottobre-17	151	set-17
			A-011	Construction and Building Materials	marzo-16	106	470-479
			A-012	Renewacle Energy	giugno-16	91	417-424
			A-013	Engeneering Structures	settembre-14	74	193-204
			A-014	Construction and Building Materials	ottobre-11	25	4037-4042
			A-015	Journal od Hazardous Materials	marzo-12	207-208	56-64
			A-016	Cement and Concrete Composites	aprile-15	58	29-39
			A-017	Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engeneers	settembre-14	45	2451-2461
			A-018	Construction and Building Materials	maggio-05	19	313-318
	ScienceDirect	waste textile	A-019	Resources, Conservation and Recycling	febbraio-18	129	27-35
			A-020	Carbohydrate Polymers	marzo-18	184	1 - 8
			A-021	Construction and Building Materials	febbraio-18	162	96-103
	ScienceDirect	waste textile brick	A-022	Construction and Building Materials	ottobre-14	68	599-610
			A-023	Construction and Building Materials	giugno-13	47	643-655
			A-024	Journal of Environmental Management	ottobre-14	143	186-196
1.03	Research Gate		A-025	Tile & Brick Int.	gennaio-97	13	218-309
			A-026	Canadian Masonry Symposium	giugno-05		
			A-027	International journal of advanced research in Engeneering and technology	dicembre-13	4	48-52

15.03	ScienceDirect		B-001	Cotton and limestone powder wastes as brick material
	Research Gate	textile waste clay	B-002	Evaluation of solidification/stabilization process in the treatment of textile wastes - production of ceramic blocks
			B-003	Clean-up of wastes from the textile industry using anionic clays
	Research Gate	clay cotton fabric	B-004	Local clay mineral in flame retaedant finishing of cotton fabric
			B-005	Antibacterical proprieties of clay layers silicate: a special study of montmorillonite on cotton fiber
5,07	ScienceDirect	polyester clay fiber	C-001	A study on desiccation cracking behavior of polyester fiber-reinforced expansive clay
			C-002	Comparison of the Mechanical Performance between Nano Clay and Molybdic Acid Filled Banana (Empty Fruit Bunch) Fiber Reinforced Polyester Composites
			C-003	Strength properties of soft clay treated with mixture of nano-SiO2 and recycled polyester fiber
			C-004	Modeling and analysis of nonlinear elastoplastic behavior of compatibilized polyolefin/polyester/clay nanocomposites with emphasis on interfacial interaction exploration
			C-005	Performance Evaluation and Research of Alternative Thermal Insulation Based on Waste Polyester Fibers
15.07	ScienceDirect	circular economy industry	D-001	Business models and supply chains for the circular economy
			D-002	Institutional incentives in circular economy transition: The case of material use in the Dutch textile industry
			D-003	Circular economy as an essentially contested concept
			D-004	Circular Economy through Objectives – Development of a Proceeding to Understand and Shape a Circular Economy Using Value-focused Thinking
			D-005	Circular economy meets industry 4.0: Can big data drive industrial symbiosis?
			D-006	Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools
			D-007	Ease of disassembly of products to support circular economy strategies
			D-008	Circular Economy: The Concept and its Limitations
21.09	Google	Textile waste clay brick	E-001	Experimental Investigation on the Effect of Textile Apparel Waste in Clay Bricks and Red Mud Bricks
	ScienceDirect	Holed brick integrate insulation	E-002	Effect of the insulation materials filling on the thermal performance of sintered hollow bricks
			E-003	Effect of the insulation materials filling on the thermal performance of sintered hollow bricks under the air-conditioning intermittent operation
18.10	ScienceDirect	industrial symbiosis	F-001	The industrial symbiosis in the product development: an approach through the DFIS
			F-002	Industrial symbiosis implementation by leveraging on process efficiency methodologies
			F-003	The role of inline information-sharing platforms on the performance of industrial symbiosis networks
			F-004	Industrial symbiosis for sustainable city: technical, economical and organization issues
			F-005	Quantifyng 'geographic proximity': experiences from UK's National Industrial Symbiosis Programme
			F-006	Facilitating Regional industrial symbiosis: network growth in the UK's National Industrial Symbiosis Programme

15.03	ScienceDirect		B-001	Construction and Building Materials	aprile-07	22	1074-1080
	Research Gate	textile waste clay	B-002	Ceramica	dicembre-09	55	408-414
			B-003	Clays and Clay Material	giugno-11	59	204-249
	Research Gate	clay cotton fabric	B-004	Chemical and Materials Engeneering	gennaio-15	3	6 - 15
			B-005	Asian Journal of Chemestry	gennaio-13	25	2889-2892
5,07	ScienceDirect	polyester clay fiber	C-001	Applied Clay Science	giugno-17	142	163-172
			C-002	Materialstoday: proceeding	2017	4	3861-3866
			C-003	Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering	agosto-15	7	367-378
			C-004	Composites Science and Technology	gennaio-18	154	92-103
			C-005	Procedia Engineering	2017	195	236-243
15.07	ScienceDirect	circular economy industry	D-001	Journal of cleaner production	luglio-18	190	712-721
			D-002	Journal of cleaner production	luglio-17	155	17-32
			D-003	Journal of cleaner production	febbraio-18	175	544-552
			D-004	Procedia CIRP	maggio-18	69	775-780
			D-005	Resources, Conservation and Recycling	aprile-18	131	146-147
			D-006	Resources, Conservation and Recycling	2018	135	190-201
			D-007	Resources, Conservation and Recycling	2018	135	323-334
			D-008	Ecological economics	gennaio-18	143	37-46
21.09	Google	Textile waste clay brick	E-001	International Journal of Engineering Science and Computing,	aprile-16	6	4734-4738
	ScienceDirect	Holed brick integrate insulation	E-002	Case Studies in Thermal Engineering	2018	11	62-70
			E-003	Case Studies in Construction Materials	2018	8	217-225
18.10	ScienceDirect	industrial symbiosis	F-001	Procedia Manufacturing	2018	21	862-869
			F-002	Procerdia CIRP	2018	69	872-877
			F-003	Resources, Conservation and Recycling	2018	136	473-485
			F-004	Proceedia Engeneering	2015	118	950-957
			F-005	Resources, Conservation and Recycling	2018	55	703-712
			F-006	The social embeddedness of Industrial Ecology	2009	5	da 1 a 33

4.2 - Ricerca preliminare: pubblicazioni di prodotti edilizi innovativi a livello internazionale

Come detto in precedenza, gli articoli sono stati suddivisi per argomento, tuttavia solo quelli delle sezioni A, B, C ed E hanno informazioni che sono legate o sono focalizzate sulla sperimentazione di prodotti edilizi innovativi. Tutte le sperimentazioni hanno in comune lo scopo di ricercare una soluzione pratica per riuscire ad arginare, seppur in piccola parte, l'inquinamento dovuto ai rifiuti tessili. [3] Quest'ultimi costituiscono un'elevata percentuale dei rifiuti, come conferma un articolo della *Ellen MacArthur Foundation*,[4] e questo incentiva i ricercatori a trovare nuove risposte a questo problema.
Dall'altro lato c'è anche la necessità di conservare i materiali da costruzione tradizionali e rielaborarli con una chiave innovativa, rendendoli sostenibile. Ed è in questo contesto che cominciano a intrecciarsi i concetti di MPS (Materie Prime Secondarie), di simbiosi industriale ed economia circolare.[5] Nella maggior parte delle sperimentazioni si sviluppano *'eco-prodotti'* edilizi che abbiano delle prestazioni al pari o migliori di un prodotto privo di aggiunte di MPS. In particolare si cerca il miglioramento delle caratteristiche termiche per garantire l'efficienza energetica dell'edificio, legato alla tematica del risparmio energetico. [6]

Di seguito verranno riportati gli articoli sperimentali che trattano lo sviluppo di blocchi di argilla con scarti industriali tessili o con materiali simili.

4.2.1 - Una review sulla combinazione dei blocchi di argilla con materiali di scarto

L'accurata ricerca svolta da Lianyang Zhang, pubblicata a giugno 2013 sulla rivista *Construction and Building Materials*, fornisce un contributo fondamentale per comprendere le reali potenzialità del prodotto edilizio tradizionale per eccellenza: il mattone di argilla. Nell'ultimo periodo viene considerato come un prodotto edilizio poco sostenibile, ma in realtà per ogni mattone viene impiegata una «*Embodied Energy di circa 2.0kWh e rilascia circa 0,41 kg di Diossido di Carbonio»*[7]; da questi valori si può facilmente intuire che non sono peggiori rispetto ad altri prodotti edilizi che dispongono di valori maggiori. Il ritorno ai materiali tradizionali, che derivano dalla terra, è anche conseguenza della ricerca di una soluzione, al problema della diminuzione delle risorse reperibili. Seguendo questi concetti, Zhang valuta le potenzialità di un'integrazione del mattone con materiali di scarto, elencando tutte le sperimentazioni che sono state svolte, classificandoli in base al metodo di produzione: cottura, cementificazione e geopolimerizzazione.

Il primo metodo di produzione è attraverso la cottura, ed è il sistema tradizionale per realizzare un mattone semplice ma con l'aggiunta nell'im-

---

[3] S.N. MONTEIRO, C.M. FONTES VIEIRA, *On the production of fire clay bricks from waste materials: a critical update,* in «Construction and Building Materials», 68 (2014), pp. 599-610.
[4] Ellen MacArthur Foundation, *op.cit.,* pp 21.
[5] AA. VV., *Utilization of textile apparel waste in clay brick,* in «International Journal of Advanced Research in Engeneering and Technology», 4 (2013), pp. 48-52.
[6] AA. VV. , *Development of sustainable construction material using industrial and agricultural solid waste: a review of waste-create bricks,* in «Construction and Building Materials», 25 (2011), pp. 4037-4042.
[7] Lianyang ZHANG, *Production of brincks from waste materials,* in «Construction and Building Materials», 47 (2013), pp. 644.

pasto di argilla di materiali di scarto di diverse tipologie. [8] Nell'articolo di Zhang sono riportate 24 sperimentazioni ognuna con miscelazioni e percentuali differenti:

- residui di ematite e di polvere; [9]

- residui di polvere; (0%, 20%, 40%, 60%) [10]

- rifiuti di segatura e di granito; [11]

- scorie derivati dall'incenerimento di rifiuti solidi urbani;[12]

- scarti inerti di oro; [13]

- residui di cava di caolino, di granito-basalto; [14]

- residui dalla produzione di carta; [15]

- mozziconi di sigarette;[16]

- cenere di lolla di riso; [17]

- fanghi provenienti da impianti di trattamento degli effluenti di petrolio; [18]

- residuo di produzione di poltiglia carta; [19]

- scarti di tè; [20]

- sedimenti fluviali; [21]

- rifiuti vetrosi di PC e TV; [22]

- scarti di segatura; [23]

- sottoprodotti di fonderia; [24]

- rifiuti di polvere di marmo; [25]

- scorie e rifiuti di sabbia provenienti da fonderia; [26]

- ceneri di canna da zucchero. [27]

Il secondo metodo è quello della cementificazione in cui non viene effettuata la fase della cottura, ma nel blocco si aggiungono materiali di scarto cementati. Anche in questo caso ci sono 25 casi in cui vengono aggiunti materiali di scarto nell'impasto dell'argilla e fra i più interessanti ci sono:

- aggregati riciclati; [28]

- segatura di legno e polvere calcarea; [29]

- scarti di cotone e polvere di calce; [30]

- fanghi derivati dalla coagulazione delle acque di scarti dei coloranti; [31]

- rifiuti di carta riciclata; [32]

- residui dalla combustione di carbone. [33]

L'ultimo metodo, quello della geopolimerizzazione, è una «*tecnica particolare basata sulla reazione chimica della silice amorfa e dei solidi ricchi di allumina con una soluzione alcalina*.»[34] Trattandosi di una tecnica molto specifica sono pochi i materiali di scarto che possono essere impiegati

---

[8] [9] [10] [11] Lianyang ZHANG, *Production of brincks from waste materials,* in «Construction and Building Materials», 47 (2013), pp. 644.
[12] [13] [14] [15] Lianyang ZHANG, *op.cit,* pp. 644.
[16] [17] [18] [19] Lianyang ZHANG, *op.cit,* pp. 644.
[20] [21] [22] [23] Lianyang ZHANG, *op.cit,* pp. 644.
[24] [25] [26] [27] Lianyang ZHANG, *op.cit,* pp. 644.
[28] [29] [30] [31] Lianyang ZHANG, *op.cit,* pp. 644.
[32] [33] Lianyang ZHANG, *op.cit,* pp. 644.
[34] Lianyang ZHANG, *op.cit,* pp. 651.

come ad esempio i residui delle miniere di rame.

Tra tutte queste tipologie di scarti ne sono state selezionate alcune che possono essere eventualmente confrontante con la sperimentazione del mattone di argilla con gli scarti industriali tessili. I dati significativi e i risultati dei test svolti sono riportati nella fig.30. Le tipologie di scarto selezionati (polvere di calce, segatura, cotone, lolla di riso e residui di carta) hanno la peculiarità di essere rifiuti, industriali o agricoli, facilmente reperibili e lavorabili. La loro miscelazione con l'argilla per realizzare i blocchi ha dato risultati differenti a seconda delle caratteristiche dello scarto: migliore resistenza a compressione, migliori prestazioni termiche o capacità di assorbimento dell'acqua.

L'articolo che raccoglie tutte le produzioni possibili di blocchi di argilla con scarti, propone le seguenti conclusioni:

- per sviluppare queste produzioni è necessario valutare, oltre « *agli aspetti economici, tecnici e ambientali, anche la standardizzazione, la politica dei governi e l'educazione dell'utenza»* [35]

- i primi due metodi di lavorazione pro-

Materiale (blocco di argilla)	Dimensioni Blocco (mm)	Test svolti	Risultati ottenuti
Blocco con residui di polvere (fly ash) (0%, 20%, 40%, 60%)	95x45x45	Resistenza a compressione, assorbimento all'acqua	Aumenta la resistenza a compressione e anche l'assorbimento all'acqua dei mattoni. Con un contenuto del 40% di residui di polvere sono stati ottenuti dei valori di 12,4MPa (compressione) e 13,8% (acqua)
Blocco con residui di produzione di carta (0%, 10%, 20%, 30%)	85x85x10	Resistenza a compressione, assorbimento all'acqua,porosità, conducibilità termica, densità	I residui di carta possono essere impiegati nei blocchi in cui è richiesta maggiore porosità con una bassa conducibilità termica e un'accettabile resistenza a compressione
Blocco con cenere di lolla di riso	50x50x50	Resistenza a compressione, assorbimento all'acqua e densità	L'aggiunta della cenere di lolla di riso permette di ridurre i tempi di cottura e aumenta la resistenza a compressione; può essere impiegato nei blocchi di muratura portante
Blocco con poltiglia di carta (residui di produzione)	33x40 (cilindro)	Resistenza a compressione, assorbimento all'acqua e densità	L'aggiunta della carta (2,5 - 5%) può formare un blocco di argilla poroso e con un'accettabile resistenza alla compressione
Blocco con segatura di legno e polvere di calce	105x95x75	Resistenza a compressione, assorbimento all'acqua resistanza a flessione, unità di peso	Aumenta la capacità di assorbimento e riduce molto la densità (non produce un miglioramento significativo di resistenza ai carichi)
Blocco con scarti di cotone e polvere di calce	105x95x75	Resistenza a compressione, assorbimento all'acqua resistanza a flessione, unità di peso, condicibilità termica	Aumenta la capacità di assorbimento e riduce molto la densità (non produce un miglioramento significativo di resistenza ai carichi)

fig 30 - Tabella riassuntiva delle sei sperimentazioni che sono simili alla ricerca proposta nella tesi che costituiscono una base scientifica da cui avviare la ricerca. La review raccoglie molte sperimentazioni, ognuna di queste con differenti materiali di scarto.

[35] Lianyang ZHANG, *Production of brincks from waste materials,* in «Construction and Building Materials», 47 (2013), pp. 654.

ducono un consumo di energia pari a quello di una produzione tradizionale, mentre il metodo della geopolimerizzazione, potrebbe avere elevati consumi energetici e sollevare preoccupazioni ambientali. [36]

4.2.2 - Studio di un blocco con cotone e carta riciclati

Tra le molteplici possibilità di realizzazione di un blocco con dei rifiuti industriali, emerge un particolare articolo pubblicato nel 2012 nella rivista *Construction and Building Materials*, in cui ad un blocco di cemento vengono aggiunti residui di carta riciclata e scarti di cotone. La sperimentazione parte dalla problematica dell'esaurimento delle risorse e propone la ricerca di materiali alternativi incorporati in quelli da costruzione tradizionali e allo stesso tempo ridurre l'inquinamento. Per realizzare questi blocchi sono state realizzate le macchine per la miscelazione e per lo stampaggio, utilizzate per i mattoni tradizionali.

Sono state realizzate tre miscele differenti per fare un confronto e per capire per quali percentuali il blocco ha prestazioni migliori. (*fig.31*) Sono stati svolti i test principali per valutare le caratteristiche principali, come la resistenza a compressione, l'assorbimento all'acqua e la valutazione delle efflorescenze. Oltre a queste verifiche sono state definite anche le caratteristiche fisiche dei blocchi come il peso specifico, conducibilità termica e le dimensioni cambiate dopo la fase di asciugatura. (*fig.32*)

I risultati ottenuti dimostrano che la miscela ottenuta dalla combinazione di carta riciclata, cotone di scarto e cemento potrebbe essere considerato come un prodotto edilizio adatto alle pareti verticali interne.[37] «*Le osservazioni durante il test mostrano che i blocchi con 1-5% di cotone di scarto e il 10% di cemento hanno un valore di resistenza a compressione di 21-23 MPa, che è migliore di un convenzionale blocco e soddisfa i requisiti come materiale da costruzione per essere impiegato nelle pareti interne*».[38]

Materiale		Combinazioni miscele: Carta riciclata	Cotone di scarto	Cemento	Test svolti	Risultati ottenuti
Blocco con carta riciclata macinata, scarti di cotone e cemento con differenti combinazioni di miscelazione	A	85%	5%	10%	vedi tabella	I risultati mostrano che la combinazione può essere potenzialmente impiegata come materiale edilizio economico, utilizzato per pareti interne
	B	87%	3%	10%		
	C	89%	1%	10%		

fig 31 - Tabella riassuntiva delle tre miscele svolte nella sperimentazione con la carta riciclata, scarti di cotone e cemento.

[36] Lianyang ZHANG, *Production of brincks from waste materials,* in «Construction and Building Materials», 47 (2013), pp. 654.

[37] AA.VV. , *Reuse of cotton and recycle paper mill waste as building material,* in «Construction and Building Materials», 34 (2012), pp. 474.

[38] AA.VV. , *Reuse of cotton and recycle paper mill waste as building material,* in «Construction and Building Materials», 34 (2012), pp. 474.

Sample	A	B	C
Volume of PW, cc	1197.3	1170.4	1143.5
Volume of cement, cc	28.44	28.44	28.44
Volume of cotton waste, cc	17.92	53.76	89.6
Volume of solid, cc	1243.66	1252.6	1261.54
Voidage	0.29 ± 0.01	0.19 ± 0.01	0.18 ± 0.01
Specific wt., gm/cc	0.56 ± 0.02	0.65 ± 0.02	0.67 ± 0.02
Dimension change on drying, %	8 ± 1	7.5 ± 1	8 ± 1
gm cement/gm dry PW	0.112	0.114	0.117
gm cotton waste/gm dry PW	0.011	0.034	0.058
Equilibrium moisture content, %	8.85 ± 2	8.1 ± 2	5.4 ± 2
Compressive strength, MPa	23.64 ± 0.5	22.27 ± 0.5	21.14 ± 0.5
Shrinkage on compression, %	30 ± 1	30 ± 1	30 ± 1
Water absorption, %	105 ± 5	101.6 ± 5	99.3 ± 5
Dimension change on water absorption, %	6 ± 1	7.5 ± 1	8 ± 1
Density gm/cc	0.598 ± 0.01	0.555 ± 0.01	0.585 ± 0.01
Efflorescence	NIL	NIL	NIL
Thermal conductivity (W/mK)	0.25 ± 0.03	0.30 ± 0.02	0.32 ± 0.02

fig 32 - Tabella riassuntiva di tutti i valori che caratterizzano le proprietà di ogni miscela sperimentata. I valori di maggior rilievo sono la resistenza a compressione, l'assorbimento all'acqua, la densità e la conducibilità termica. [39]

4.2.3 - La formazione di lesioni interne al blocco di argilla: rinforzo con le fibre in poliestere

È stato svolto uno studio sul comportamento di un blocco di argilla espansa durante la fase di essiccazione che provoca delle crepe, dovute a tensioni interne. Diversi ricercatori hanno dimostrato che l'integrazione di fibre, naturali o sintetiche, aumenta la capacità di resistenza al taglio del blocco di argilla.[40] Partendo da questo presupposto la sperimentazione prevede l'aggiunta di fibre di poliestere «*che aiutano a prevenire la formazione di crepe dovute a tensioni, riducono eventuali rigonfiamenti, migliora la conduttività termica e il comportamento fragile del materiale*».[41]

L'argilla impiegata per la realizzazione del blocco ha delle componenti di sabbia e pietra, i cui dati specifici sono riportati nella figura 33. Invece le fibre di poliestere sono caratterizzate da proprietà meccaniche (specificate nella figura 34) come la tenacità o la densità lineare e il punto di fusione, riferiti al singolo filamento; tali valori sono entro i limiti richiesti dalla normativa. [42]

I ricercatori hanno adottato il metodo manuale per effettuare la miscelazione dell'argilla aggiungendo la quantità di fibre di poliestere necessaria. Sono state eseguite miscelazioni con diverse percentuali di concentrazione: 0%, 0.25%, 0.5%, 0.75%, rispetto al peso del terreno asciutto. I filamenti utilizzati hanno una lunghezza che varia tra 15mm e 50mm, come viene specificato nella tabella illustrata dalla *fig.35*. Quindi vengono preparate le quantità volute e durante la fase di miscelazione, che dura circa 10min, viene aggiunta gradualmente una piccola quantità di acqua. L'impasto viene versato in piccoli cilindri di vetro con un diametro di 10cm [43] e con un'altezza di 1.5cm, per permettere di

[39] AA.VV. , *Reuse of cotton and recycle paper mill waste as building material,* in «Construction and Building Materials», 34 (2012), pp. 474.
[40] AA.VV. , *A study on desiccation cracking behavior of polyester fiber-reinforced expansive clay,* in «Applied Clay Science», 142 (2017), pp. 163.
[41] [42] AA.VV. , *op.cit,* pp. 164.
[43] AA.VV. , *op.cit,* pp. 165.

PROPRIETÀ FISICHE DEL TERRENO IMPIEGATO NEL BLOCCO

Soil properties	Value
Specific gravity	2.58
Size fraction	
Gravel (%)	1
Sand (%)	5
Silty (%)	34
Clay (%)	60
Atterberg limits	
Liquid limit (%)	87
Plastic limit (%)	38
Shrinkage limit (%)	20
Free swell index (%)	120
Soil classification	CH

Note: CH, high plasticity clay; According to USCS (Unified Soil Classification System).

fig 33 - Tabella delle proprietà del terreno utilizzate nello studio [44]

PROPRIETÀ MECCANICHE DI UN SINGOLO FILAMENTO DI FIBRA DI POLIESTERE

Properties	Value
Specific gravity	1.35
Effective diameter (μm)	40
Linear density (tex)	0.331
Breaking force for single filament (mN)	112.72
Tenacity (mN/tex)	340.56
Strain at break (%)	45.53
Fusion point (°C)	165

fig 34 - Tabella delle proprietà del filamento di fibra di poliestere, utilizzate nello studio [45]

DETTAGLI DEI TEST SVOLTI
***f* = umidità delle fibre *l* = lunghezza delle fibre**

Test legend	*f* (%)	*l* (mm)
T1	–	–
T2	0.25	15
T3	0.50	15
T4	0.75	15
T5	0.25	30
T6	0.50	30
T7	0.75	30
T8	0.25	50
T9	0.50	50
T10	0.75	50

fig 35 - Dettagli riguardanti ai provini impiegati per i test. [46]

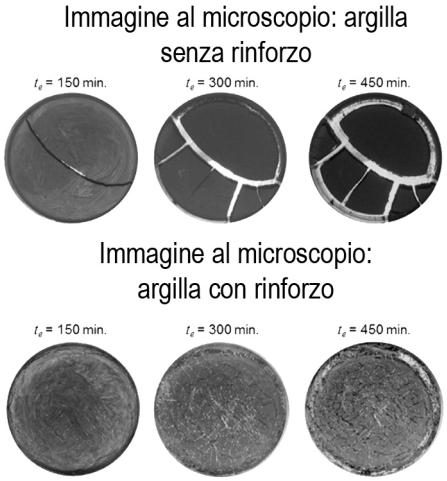


fig 36 - Immagini al microscopio dei provini con e senza il rinforzo delle fibre. [47]

effettuare un'osservazione al microscopio dell'impasto. I contenitori cilindrici vengono vibrati delicatamente su una piattaforma per rimuovere le bolle d'aria interne. [48] I campioni vengono coperti con un film plastico e in seguito vengono lasciati per 17 ore in un essiccatore.

Viene eseguita un'analisi digitale delle immagini, ottenute con il microscopio, per poter osservare, quantificare e misurare le crepe sulle superfici dei campioni. Le immagini vengono studiate attraverso l'analisi svolta da un programma che misura le crepe, dividendo le immagini in celle quadrate, per avere una scansione precisa. Vengono riportate nella *fig.36*, sei immagini circolari:

- le prime tre rappresentano l'argilla senza l'aggiunta delle fibre di poliestere, in tre momenti differenti: per-

[44] AA.VV. , *A study on desiccation cracking behavior of polyester fiber-reinforced expansive clay,* in «Applied Clay Science», 142 (2017), pp. 165.

[45] [46] AA.VV. , *op.cit,* pp. 165.

[47] [48] AA.VV. , *op.cit,* pp. 165.

mettono di analizzare l'espansione del fenomeno man mano che prosegue l'essiccazione;

- le tre immagini circolari subito sottostanti sono quelle dell'argilla con una miscelazione di 0.5% delle fibre, lunghe 15mm; anche in questo caso per osservare il fenomeno della formazione delle crepe durante l'essiccazione sono state messe a confronto i tre momenti differenti: 150 min., 300min., 450min. [49]

In conclusione da questa sperimentazione si può osservare che la presenza delle fibre di poliestere riduce il numero e la lunghezza delle crepe dovute all'essiccazione e la rete di incrinature risulta più contenuta.

4.2.4 - Uno studio per l'argilla tenera e le fibre del poliestere

Il seguente studio è stato pubblicato nel 2015 nella rivista J*ournal of Rock Mechanics and Geotechnical Engeneering,* in cui viene «*investigato l'effetto delle fibre di poliestere riciclato prodotto dal polietilene delle bottiglie, in combinazione con le nano particelle di SiO_2 come nuovo stabilizzatore delle proprietà meccaniche del terreno argilloso»*. [50]
Il terreno utilizzato per l'impasto dei mattoni è composto da 22% di sabbia fine, 29% di limo e 49% da argilla e le fibre di poliestere riciclato hanno una lunghezza di 20mm. Le caratteristiche fisiche delle fibre di poliestere sono: la tenacia delle fibre tra 200 e 400MPa,

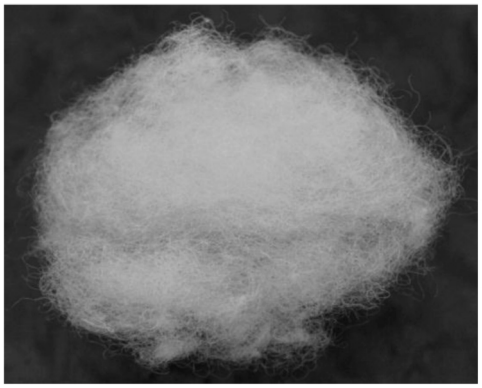


fig 37 - Immagine della fibra di poliestere riciclata. [51]

il valore di umidità interna è di 0.4% e la sua densità relativa [52] è di 1.22. [53]

In questo studio sono state svolte tre diverse miscelazioni: la prima contenente solo le fibre di poliestere, la seconda con la nano-SiO_2 , e la terza con entrambe le componenti. Di seguito verrà analizzato nello specifico la prima miscelazione poiché ha maggior attinenza alla sperimentazione proposta dalla Tesi.
Per ogni tipologia sono state realizzate quattro miscelazioni di fibre di poliestere nell'impasto per formare il mattone: 0%, 0.1%, 0.3%, 0.5%. Anche in questo caso sono stati prodotti tre campioni per ogni percentuale di miscelazione, di dimensioni 60x60x25mm, per effettuare in seguito i test di resistenza a compressione e resistenza a taglio. Da questi valori è stato possibile individuare anche il modulo elastico e il punto di rottura.

I dati vengono riassunti e riportati nei diagrammi seguenti, in cui salta subito

[49] AA.VV. , *A study on desiccation cracking behavior of polyester fiber-reinforced expansive clay,* in «Applied Clay Science», 142 (2017), pp. 166.
[50] F. CHANGIZI, A. HADDAD , *Strength properties of soft clay treated with mixture of nano-SiO_2 and recycled polyester fiber,* in «Journal of Rock Mechanics and Geothechnical Engeneering», 7 (2015), pp. 367.

[51] F. CHANGIZI, A. HADDAD , *op.cit.* , pp. 368.
[52] La densità relativa viene calcolata con il rapporto tra la densità del materiale e la densità dell'acqua.
[53] F. CHANGIZI, A. HADDAD , *op.cit.* , pp. 368.

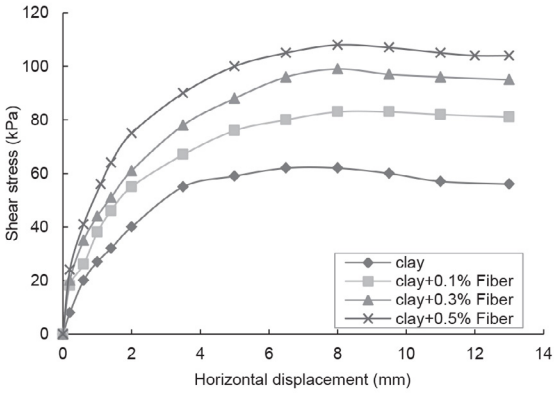


fig.38 - Grafico della resistenza a taglio 100KPa. Sono riportate le curve per ogni miscela. [54]

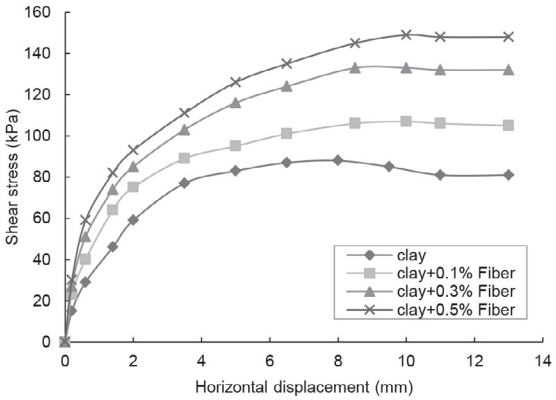


fig 39 - Grafico della resistenza a taglio 200KPa. Sono riportate le curve per ogni miscela. [55]

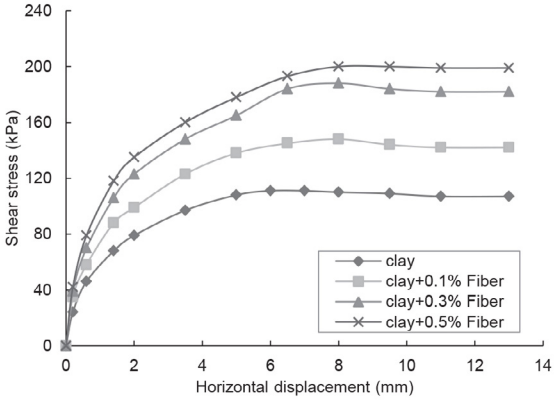


fig 40 - Grafico della resistenza a taglio 300KPa. Sono riportate le curve per ogni miscela. [56]

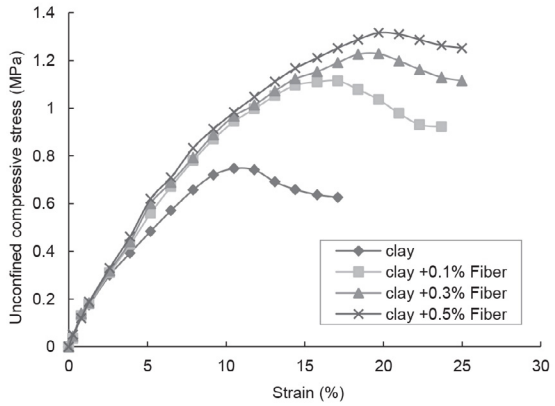


fig 41 - Grafico della resistenza a compressione. Sono riportate le curve per ogni miscela. [57]

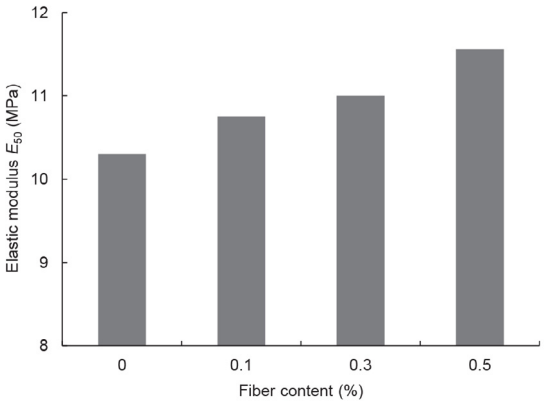


fig 42 - Grafico del modulo elastico. Sono riportati i valori per ogni miscela. [58]

all'occhio i valori di resistenza, a compressione e a taglio, che aumentano con l'aumentare della concentrazione della fibra di poliestere riciclata.

Le conclusioni tratte dagli stessi ricercatori possono essere così riassunte:

- l'argilla contente una quantità di 0.5% di fibra di poliestere riciclata ha una resistenza al taglio superiore del 10% rispetto alla miscelazione con 0.3% di fibra;

[54] [55] [56] F. CHANGIZI, A. HADDAD , *Strength properties of soft clay treated with mixture of nano-SiO_2 and recycled polyester fiber,* in «Journal of Rock Mechanics and Geothechnical Engeneering», 7 (2015), pp. 370.

[57] F. CHANGIZI, A. HADDAD , *op.cit.* , pp. 374.

[58] F. CHANGIZI, A. HADDAD , *op.cit.* , pp. 374.

- se si pone a confronto con l'argilla miscelata con le nano-SiO2, la rigidezza è maggiore rispetto alla miscela con le fibre di poliestere riciclato;

- anche in questo studio le crepe superficiali sono notevolmente ridotte poiché le fibre di poliestere rinforzano l'argilla, fornendo una maggiore resistenza alla propagazione delle lesioni;

- il miglioramento meccanico permette di ottenere una maggiore stabilità delle strutture e questo potrebbe essere un passo avanti nella ricerca del miglioramento delle prestazioni meccaniche dell'argilla. (59)

4.2.5 - Sperimentazione sui blocchi di argilla: aggiunta dei tessuti sminuzzati

La sperimentazione effettuata e pubblicata nel 2013 in *International Journal of Advanced Reasearch in Engeneering and Technology,* propone l'utilizzo di tessuti, proveniente da vestiti smaltiti, che vengono sminuzzati per poter essere integrati nella lavorazione di un mattone di argilla pieno. Il concetto che spinge i ricercatori a sviluppare questo studio, è la possibilità di reindirizzare i rifiuti tessili in un nuovo ciclo produttivo, in particolare nel settore dell'innovazione tecnologica dei prodotti edilizi. (60)

Il programma sperimentale prevede l'impiego di tessuti misti, già uniti nella fase di prima lavorazione, per bilanciare le loro proprietà fisiche, chimiche e termiche. I tessuti però vengono raggruppati per tipologia di mistura:

- poliestere 100%;

- poliestere (85%) e cotone (15%);

- poliestere (65%) e viscosa (35%).

I tessuti vengono campionati e sminuzzati finemente, fino ad ottenere delle strisce molto sottili, di una lunghezza non superiore a 30mm, come si può osservare nelle immagini seguenti. (*fig. 43, fig. 44, fig. 45*) Le proprietà del tessuto sono riportate nella

TIPOLOGIE DI TESSUTO UTILIZZATO NELLA SPERIMENTAZIONE DEL NUOVO BLOCCO

fig 43 - Immagine tessuto sminuzzato in poliestere 100%.(61)

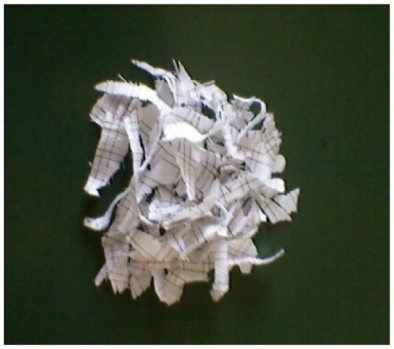


fig 44 - Immagine tessuto sminuzzato in poliestere 85% e cotone 15%.(62)

fig 45 - Immagine tessuto sminuzzato in poliestere 65% e viscosa 35%.(63)

(59) F. CHANGIZI, A. HADDAD , *Strength properties of soft clay treated with mixture of nano-SiO_2 and recycled polyester fiber,* in «Journal of Rock Mechanics and Geothechnical Engeneering», 7 (2015), pp. 377.

(60) AA. VV. , *Utilization of textile apparel waste in clay brick,* in «International Journal of Advanced Research in Engeneering and Technology», 4 (2013), pp. 48.

(61) (62) (63) AA. VV. , *op.cit.* , pp. 49.

Prodotto realizzato/studiato	Materiale	Caratteristiche fisiche			Test svolti	Risultati ottenuti
		Densità relativa	Tenacia delle fibre	Umidità interna (%)		
Mattone pieno in argilla e scarti di tessuti sminuzzati (sono stati testati 12 mattoni con differenti pesi)	Blocco con tessuto in poliestere	1,38	2,5-8,9 gdp	0,4	Resistenza a compressione	Rispetto ad un blocco tradizionale i valori di resistenza a compressione di densità sono maggiori, ma non migliora l'assorbimento all'acqua
	Blocco con tessuto in poliestere (85%) e cotone (15%)	1,5	3,0-5,0 gdp	7	Assorbimento all'acqua	
	Blocco con tessuto in poliestere (65%) e viscosa (35%)	1,52	1,5-2,4 gdp	11	Densittà	

fig 46 - Tabella riassuntiva della sperimentazione svolta, in particolare delle proprietà fisiche dei tessuti sminuzzati impiegati.

LAVORAZIONE DEL MATTONE PIENO CON SCARTI DI TESSUTO SMINUZZATI

fig 47 - Fase 1: preparazione della miscela di argilla e tessuto sminuzzato. (64)

fig 48 - Fase 2: miscelazione dell'impasto in modo che sia omogeneo (65)

fig 49 - Fase 3: l'impasto viene riposto in uno stampo delle dimensioni volute. (66)

tabella rappresentata (*fig. 46*) in cui vengono riportati la densità relativa, la tenacia delle fibre e l'umidità interna: i risultati dei test applicati al mattone pieno, alla fine della sperimentazione dipenderanno da questi valori tabellari.

Per ottenere una campionatura sufficiente, sono stati realizzati dodici mattoni ognuno con una tipologia diversa di tessuto sminuzzato e con una quantità differente, in percentuale di concentrazione crescente. I tessuti sminuzzati sono stati miscelati insieme all'argilla e, una volta omogeneizzato l'impasto, viene riposto in uno stampo per realizzare un mattone pieno. I mattoni '*miscelati*' vengono cotti e una volta pronti, vengono trasportati in laboratorio per effettuare i test: resistenza a compressione, assorbimento all'acqua e densità.
I risultati ottenuti sono riassunti nella tabella (*fig. 50*) suddivisi per tipologia di tessuto e quantità di tessuto (20gr, 40gr, 60gr.) Tali valori sono posti a confronto con i valori di un mattone pieno standard, senza l'aggiunta di tessuti: si osserva che i valori di resistenza a compressione di un mattone standard sono leggermente più bassi rispetto ai mattoni miscelati, mentre si nota una notevole differenza con i valori di concentrazione di acqua (il mattone tradizionale ha un valore mag-

(64) (65) (66) AA. VV. , *Utilization of textile apparel waste in clay brick,* in «International Journal of Advanced Research in Engeneering and Technology», 4 (2013), pp. 50.

RISULTATI OTTENUTI

Sample No.	Compressive Strength (N/mm^2)	Water absorption (%)	Density (kN/m^3)	Weight Gms	
A1	4.89	14.01	16.18	20	Cotone e poliestere
A2	3.895	15.84	15.43	40	
A3	3.99	17.245	14.37	60	
B1	4.705	14.71	15.07	20	Viscosa e poliestere
B2	3.7	16	14.81	40	
B3	3.005	16.19	14.37	60	
P1	3.83	16.1	14.9	20	Poliestere
P2	3.55	15.38	15.12	40	
P3	3.96	15.56	15.78	60	
M1	3.75	15.38	14.55	40	Misto
M2	3.68	16.805	15.295	60	
Regular	3.5	20.435	13.135	---	

fig 50 - Tabella riassuntiva dei valori ottenuti durante le prove di resistenza a compressione, assorbimento all'acqua e densità, per ogni tipologia di miscela. [67]

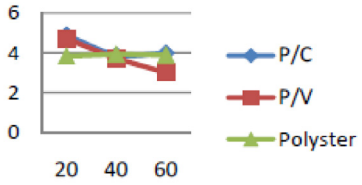


fig 51 - Grafico dei valori di resistenza a compressione. [68]

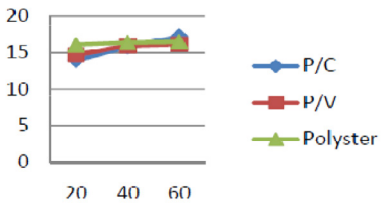


fig 52 - Grafico dei valori di assorbimento all'acqua. [69]

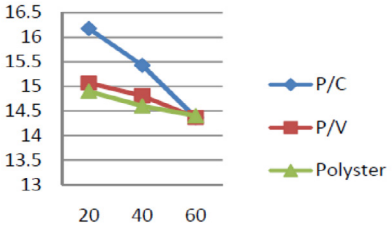


fig 53 - Grafico dei valori di densità. [70]

giore) e densità (il mattone tradizione ha densità minore di quelli miscelati).

Le osservazioni conclusive della sperimentazione possono essere sintetizzati nei seguenti punti:

- al di sopra dei 20gr di tessuto sminuzzato, composto da PV e PC, la resistenza a compressione subisce una decrescita, tuttavia i suoi valori sono maggiori rispetto al mattone tradizionale; invece nel caso del poliestere e nel mix dei tre tessuti i valori rimangono quasi invariati;

- i valori di assorbimento all'acqua sono tutto compresi tra 14% e 17%, e sono tutti valori minori di un blocco tradizionale: questo è possibile poiché il tessuto assorbe una percentuale di acqua presente nell'argilla;

- la densità oscilla tra valori di poco superiori o inferiori rispetto ad un mattone tradizionale.

In conclusione i risultati della sperimentazione sono accettabili, anche se questo tipo di prodotto edilizio deve essere perfezionato, svolgendo ulteriori ricerche.

[67] AA. VV. , *Utilization of textile apparel waste in clay brick,* in «International Journal of Advanced Research in Engeneering and Technology», 4 (2013), pp. 50.

[68] [69] [70] AA. VV. , *op.cit.* , pp. 51.

4.2.6 - Lo sviluppo della ricerca sui mattoni con scarti industriali tessili

Pubblicato nel 2016 in *International Journal of Engeneering Science and Computing*, l'articolo di M. Pravisha e V. Anandhi, descrive una sperimentazione simile a quella pubblicata nel 2013 (descritta nel capitolo 4.2.5). In questo caso i dati sono più precisi e la campionatura è organizzata in modo differente.

I materiali utilizzati per realizzare i campioni sono stati l'argilla o la terra rossa, tessuti di tre composizioni differenti e una piccola quantità di polvere di calce. La tabella sottostante (*fig.54*) evidenzia le caratteristiche principali dei materiali impiegati, che sono suddivisi allo stesso modo:

- poliestere 100%;

- poliestere (85%) e cotone (15%);

- poliestere (65%) e viscosa (35%).

Anche in questo studio sono stati svolti gli stessi passaggi per preparare l'impasto di argilla o di terra rossa con i tessuti sminuzzati finemente (*fig.52*) e in seguito il composte è stato stampato su blocchi con dimensioni 230x110x75mm. (*fig.53*)

fig 52 - Immagini delle tre tipologie di tessuto sminuzzato: (da sinistra) poliestere, poliestere e cotone, poliestere e viscosa. [71]

fig 53 - Immagine dei provini di mattone con gli scarti tessili [72]

Prodotto realizzato/studiato	Materiale	Densità relativa	Test svolti
Mattone pieno in argilla e scarti di tessuti sminuzzati (di tre diverse tipologie) (aggiunta di fly ash)	Blocco con tessuto in poliestere	1,37	Resistenza a compressione, assorbimento acqua, densità, test per l'efflorescenza e test sonoro
	Blocco con tessuto in poliestere (85%) e cotone (15%)	1,51	
	Blocco con tessuto in poliestere (65%) e viscosa (35%)	1,53	

fig 51 - Tabella riassuntiva della sperimentazione. I valori della densità relativa dei blocchi sono riconducibili alla sperimentazione del 2013 (cap.4.2.5).

[71] [72] M. PREVISHA, V. ANANDHI, *Experimental investigation on the effect of textile apparel waste in clay bricks and red mud bricks,* in «International Journal of Engeneering Science and Computing», 6 (2016), pp. 4734.

Quantità di materiale				
Materiale		Quantità (%)	Ceneri (fly ash)	Argilla/ terra rossa
Poliestere + cotone	20gm	0,67	15	84,33
	40gm	1,33		83,67
Poliestere + viscosa	20gm	0,67	15	84,33
	40gm	1,33		83,67
Poliestere	20gm	0,67	15	84,33
	40gm	1,33		83,67
Poliestere + PC + PV	20gm	0,67	15	84,33
	40gm	1,33		83,67

fig 54 - Tabella delle miscele impiegate per ogni tipologia di tessuto sminuzzato; le quantità sono riportate in valore percentuale. [73]

La tabella raffigurata (*fig.54*) riassume le percentuali delle miscelazioni, prendendo come riferimento il peso del tessuto sminuzzato (20gr. o 40gr.) e poi ricalcolando la quantità di argilla o terra rossa da impiegare per ottenere il blocco delle dimensioni predefinite.

fig 55 - Immagine dello svolgimento del test di prova a compressione sui provini sperimentali. [74]

I test a cui i blocchi campionati sono stati sottoposti sono resistenza a compressione, assorbimento all'acqua, densità, la formazione dell'efflorescenza e il test sonoro. Di seguito verranno riportate le tabelle e i grafici che sintetizzano i risultati ottenuti dai test di laboratorio. (*pag. successive*)

fig 56 - Misurazione del peso a secco del provino per ricavare la densità [75]

Il test per valutare la presenza di efflorescenza viene svolto sui campioni osservando la presenza o meno di macchie bianche sulla superficie del mattone: se non vi si presentano, il mattone ha una buona resistenza al degrado. Invece durante il test sonoro viene valutato la chiarezza del suono all'interno dell'ambiente in cui viene svolto il test. [76]

[73] [74] [75] M. PREVISHA, V. ANANDHI, *Experimental investigation on the effect of textile apparel waste in clay bricks and red mud bricks,* in «International Journal of Engeneering Science and Computing», 6 (2016), pp. 4735.

[76] M. PREVISHA, V. ANANDHI, *op.cit.*, pp. 4734-4738.

Resistenza a compressione in N/mm²			
Materiale		Mattone in terra rossa	Mattone in argilla
Poliestere + cotone	20gm	4,87	3,18
	40gm	3,81	3,54
Poliestere + viscosa	20gm	4,74	2,81
	40gm	3,58	3,19
Poliestere	20gm	3,71	3,61
	40gm	3,5	3,06
Poliestere + PC + PV	20gm	2,84	3,31
	40gm	3,57	3,3

fig 57 - Tabella dei valori di resistenza a compressione. [77]

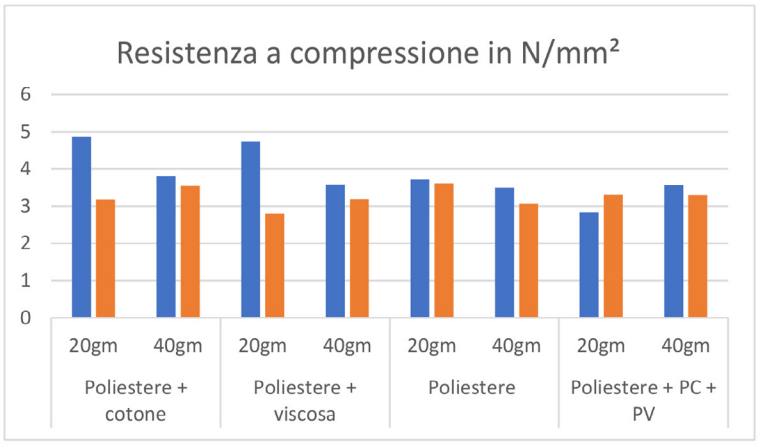


fig 58 - Istogramma della tabella (fig.57) che riporta visivamente i valori ottenuti sulla resistenza a compressione.

Densità in Kg/m³			
Materiale		Densità di mattone in terra rossa	Densità di mattone in argilla
Poliestere + cotone	20gm	1953	1981
	40gm	1879	1744
Poliestere + viscosa	20gm	1890	1715
	40gm	1890	1713
Poliestere	20gm	1861	1706
	40gm	1808	1746
Poliestere + PC + PV	20gm	1889	1699
	40gm	1838	1720

fig 59 - Tabella dei valori di densità dei provini sperimentati. [78]

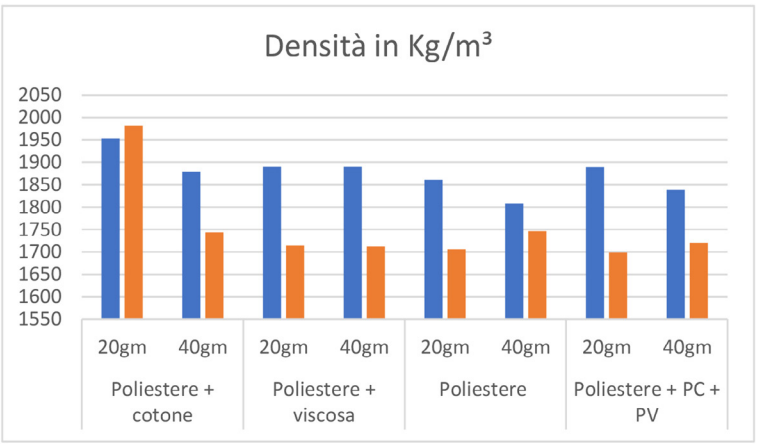


fig 60 - Istogramma della tabella (fig.59) che riporta visivamente i valori ottenuti sulla densità.

Assorbimento all'acqua (%)							
Materiale		Peso a secco mattone in terra rossa	Peso a umido mattone in terra rossa	% mattone in terra rossa	Peso a secco mattone in argilla	Peso a umido mattone in argilla	% mattone in argilla
Poliestere + cotone	20gm	2,99	3,3	10,34	3,44	3,7	7,38
	40gm	3,12	3,4	9,47	3,25	3,48	7,17
Poliestere + viscosa	20gm	2,96	3,25	11,02	3,19	3,54	10,55
	40gm	3,06	3,37	10,44	3,44	3,76	9,51
Poliestere	20gm	3,11	3,47	12,01	3,38	3,77	11,51
	40gm	3,21	3,56	10,74	3,15	3,49	12,38
Poliestere + PC + PV	20gm	3,02	3,37	12,3	3,35	3,74	13,28
	40gm	3,02	3,39	12,23	3,18	3,52	14,92

fig 61 - Tabella dei valori di assorbimento all'acqua, ottenuto con il rapporto tra la differenza del peso a secco e del peso a umido, e il peso a secco stesso. [79]

[77] [78] [79] M. PREVISHA, V. ANANDHI, *Experimental investigation on the effect of textile apparel waste in clay bricks and red mud bricks,* in «International Journal of Engeneering Science and Computing», 6 (2016), pp. 4736-4737.

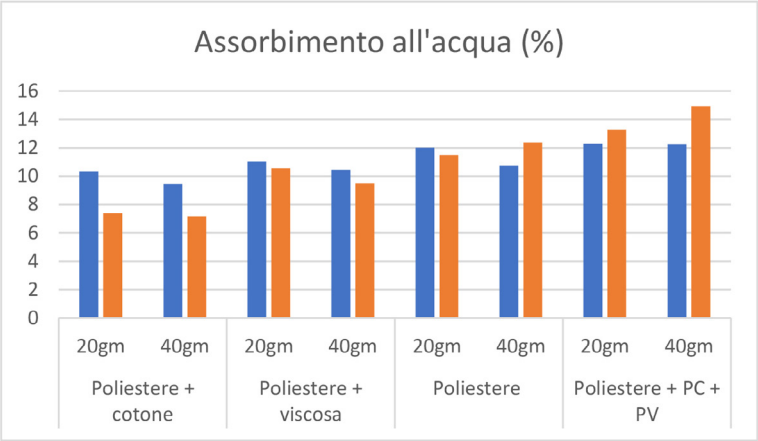


fig 62 - Istogramma della tabella (fig.51) che riporta visivamente i valori ottenuti sull'assorbimento all'acqua.

Dai risultati ottenuti risulta che i valori di resistenza a compressione dei blocchi sperimentali sono in media migliori rispetto ad un blocco tradizionale. Tuttavia c'è una differenza notevole tra i blocchi sperimentali: i valori della resistenza a compressione dei blocchi con la terra rossa che sono minori di quelli con l'argilla. (vedi *fig.57* e *fig.58*) Un confronto simile si può effettuare osservando i valori della densità: anche in questo caso i valori sono maggiori nei blocchi di argilla. (vedi *fig.59* e *fig.60*) Invece i risultati dell'assorbimento all'acqua sono molto vari, in quanto in alcuni casi i blocchi con la terra rossa sembrano avere una percentuale di assorbimento maggiore rispetto all'argilla, ma varia anche insieme alla tipologia di tessuto del campione: all'aumentare della quantità di tessuto sminuzzato, il valore tende ad aumentare proporzionalmente (vedi *fig.61* e *fig.62*).

4.2.7 - Lo sviluppo tecnologico di un pannello isolante termico in fibra di poliestere riciclato

Sulla rivista *Procedia Engeneering* è stato pubblicato nel 2017 un'interessante articolo [80] in cui viene proposto come prodotto edilizio riciclato un pannello isolante realizzato con le fibre di poliestere destinati alla dismissione in discarica.
Quest'articolo è stato studiato poiché viene svolta un'accurata analisi del materiale in questione, osservandolo microscopicamente e dal punto di vista delle proprietà termiche, ed è quest'ultimo l'aspetto di maggior interesse ai fini della Tesi.

Lo studio si basa su sperimentazioni preliminari condotti in diversi laboratori che «*testano le potenzialità termiche e acustiche degli scarti industriali, per utilizzarli nel settore edilizio, come elementi isolanti*». [81] L'obiettivo a cui mira è di fornire un contributo alle ricerche e determinare le caratteristi-

[80] AA.VV. , *Performance evaluation and research of alternative thermal insulation based on waste polyester fibers,* in «Procedia Engeneering», 195 (2017), pp. 236-243.

[81] AA.VV. , *op.cit.* pp. 237.

fig 63 - Immagine della fibra di poliestere riciclato. [82]

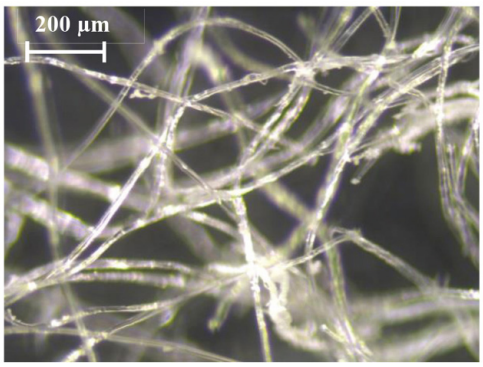


fig 64 - Immagine della fibra di poliestere riciclata al microscopio. [83]

che fisiche fondamentali delle fibre di poliestere.

L'origine inorganica del poliestere permette di *avere un'elevata resistenza «all'umidità e agli attacchi biotici, in quanto le fibre sintetiche tendono a rallentare il degrado anche ad alta umidità»*. [84] Tuttavia hanno un'elevata tenacità, ma un valore basso di assorbimento all'acqua e la sua contrazione è minima rispetto ad altre fibre industriali; dal punto di vista della resistenza, non ha valori ottimali, in quanto durante la fase di riciclaggio e separazione, le fibre vengono danneggiate, tanto da non essere più usate come elemento rinforzante [85].
La realizzazione del pannello in fibre di poliestere è stata svolta in laboratorio con la seguente procedura:

- «*sfilacciamento manuale delle fibre di poliestere riciclate»*; [86]

- «*separazione del granulato in PVC-P»*;[87]

- «*sfilacciamento manuale delle fibre bi-componenti»*; [88]

- «*omogeneizzazione manuale delle fibre di poliestere e bi-componenti»*;[89]

- «*formazione del pannello isolante»*;[90]

- «*indurimento termico alla temperatura di 90°C: il materiale fibroso viene pressato tra due rulli nella camera riscaldata»*; [91]

- «*raffreddamento del pannello isolante»*. [92]

Le dimensioni dei pannelli isolanti sono 300x300x50mm e 200x200x30mm e i campioni sono stati miscelati con le fibre bi-componenti in diverse percentuali: 5%, 7.5%, 10%, 15%, 20%.

Per poter determinare il comportamento isolante del pannello è necessario definire con precisione la densità, il valore della conducibilità termica, e il coefficiente di assorbimento sono-

[82] [83] AA.VV. , *Performance evaluation and research of alternative thermal insulation based on waste polyester fibers,* in «Procedia Engeneering», 195 (2017), pp. 237.
[84] [85] AA.VV. , *op.cit.* pp. 238.
[86] [87] [88] AA.VV. , *op.cit.* pp. 239.
[89] [90] [91] [92] AA.VV. , *op.cit.* pp. 239.

fig 65 - Immagine di un pannello isolante in fibra di poliestere riciclato 85% e fibre bicomponenti 15%. (93)

Sample *n*	Bulk density [kg.m^{-3}]	Thermal conductivity λ [W.m^{-1}.K^{-1}]	Mean temperature [°C]
1	65 kg.m^{-3}	0.04823	10
		0.05065	20
		0.05343	30
		0.05598	40
2	80 kg.m^{-3}	0.04461	10
		0.04672	20
		0.04876	30
		0.05095	40
3	95 kg.m^{-3}	0.04319	10
		0.04469	20
		0.04667	30
		0.04870	40

fig 66 - Tabella dei valori di conducibilità termica rispetto alle temperature. (94)

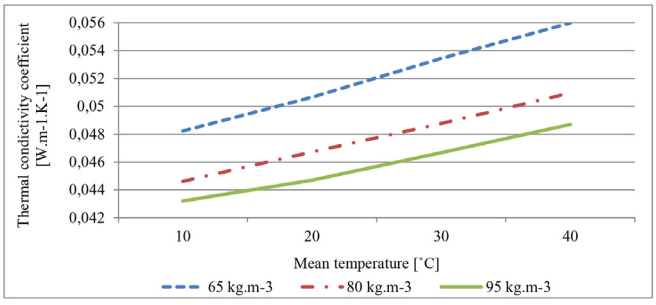


fig 67 - Grafico dei valori della conducibilità termica dei pannelli sperimentati. (95)

ro, facendo riferimento alle normative; di seguito sono riportati la tabella e il grafico relativo al comportamento termico.
I risultati ottenuti dal laboratorio dimostrano che «*le fibre di poliestere perdono parte del loro capacità di isolante al diminuire della temperatura*»(96).
In conclusione le caratteristiche relative al pannello in fibra di poliestere, rilevate da questa sperimentazione sono:

- «*elevata resistenza all'umidità e agli attacchi biotici*»; (97)

- «*le prestazioni termiche non sono compromesse dopo l'asciugatura del pannello*»; (98)

- «*non è un materiale tossico, in quanto le fibre sono esenti da insetticidi e colle, anche nella fase di compressione del pannello*»; (98)

- «*il pannello permette di avere anche buone prestazioni acustiche, rendendo più silenzioso l'ambiente interno, rispetto ai rumori esterni*»; (99)

- «*il pannello è applicabile ai nuovi edifici ma anche in ricostruzioni, in forma di lastra o insufflato*»; (100)

- «*le sue proprietà termiche sono simili ai materiali usati tradizionalmente, quindi comparabili*». (101)

(93) (94) (95) AA.VV. , *Performance evaluation and research of alternative thermal insulation based on waste polyester fibers,* in «Procedia Engeneering», 195 (2017), pp. 240.

(96) (97) (98) AA.VV. , *op.cit.* pp. 242.
(99) (100) (101) AA.VV. , *op.cit.* pp. 242.

PARTE V

RICERCA SPERIMENTALE DI BLOCCHI DI LATERIZIO CON SCARTI TESSILI: ELABORAZIONE IN LABORATORIO

Parte V - Ricerca sperimentale di blocchi di laterizio con scarti tessili: elaborazione in Laboratorio

5.1 - La sperimentazione del mattone con fibre di poliestere

La ricerca, che viene sviluppata nella Tesi, si pone come principale obiettivo (oltre a rispettare quelli descritti nel capitolo *4.1 - Obiettivi, premesse e metodologia di ricerca*) di realizzare un prodotto edilizio sostenibile, che abbia un legame con le risorse del territorio e che permetta di sperimentare una relazione di simbiosi industriale. Il territorio circoscritto in cui trova fondamento la ricerca è l'Altopiano di Poirino e vede coinvolte in particolare la *Fornace Carena* di Cambiano e la *FIDIVI Tessitura Vergnano* di Poirino, due aziende in cui vengono impiegate due risorse di rilievo: l'argilla e il tessuto. La possibilità di sviluppare un prodotto edilizio, potenzialmente prestante, permette di valorizzare da un lato il tradizionale mattone in argilla, che spesso viene sostituito da nuovi materiali da costruzione, e dall'altro gli scarti industriali tessili, che sono molto inquinanti per l'ambiente e talvolta catalogati come rifiuti speciali, rendendo difficoltoso lo smaltimento[1]

La sperimentazione è stata realizzata grazie anche alla collaborazione e all'interesse delle aziende coinvolte, che hanno fornito il materiale, sia i campioni di tessuti di scarti provenienti da diverse fasi di lavorazione, sia l'argilla, e reso disponibile l'altoforno per l'essiccazione e la cottura dei campioni di mattone, con la gentile collaborazione della *Fornace Ballatore* di Villanova d'Asti.
Per realizzare questo progetto è stato necessario svolgere una ricerca preliminare a livello internazionale per rendersi conto delle possibilità di sviluppo e se esistessero sperimentazioni simili a cui far riferimento. Come è stato esplicitato nel capitolo *4.2 - Ricerca preliminare: pubblicazioni di prodotti edilizi innovativi a livello internazionale,* la ricerca si è appoggiata alla piattaforma di informazioni online *ScienceDirect*[2], che raccoglie tutte le pubblicazioni scientifiche e tecnologiche. Da questa ricerca minuziosa su vasta scala sono stati presi in analisi sette articoli che potevano essere riconducibili alla sperimentazione della Tesi. (vedi sottocapitoli 4.2)

Tuttavia sono due gli articoli che costituiscono una base a cui può fare riferimento la sperimentazione in questione e sono:

- AA. VV., *Utilization of textile apparel waste in clay brick*, in «International Journal of Advanced Research in Engeneering and Technology*»*, 4(2013), pp.48-52

- M. PREVISHA, V. ANANDHI, *Experimental Investigation on the Effect of Textile Apparel Waste in Clay Bricks and Red Mud Bricks*, in «International Journal of Engineering Science and Computing*»*, 6(2016), pp.4734-4738.

---

[1] Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, *Rapporto Rifiuti Speciali*, 2015, pp. 362-363.
[2] *https://www.sciencedirect.com/,* consultato da 01/05/2018 a 30/11/2018.

In entrambi gli articoli vengono svolte delle prove per realizzare un mattone di argilla con degli scarti tessili sminuzzati, aggiunti all'impasto. Bisogna però porre in evidenza che nella sperimentazione, svolta e descritta nella Tesi, verranno utilizzati i materiali provenienti da territorio del Altopiano di Poirino, e la scelta delle miscelazioni e delle dimensioni dei provini dipendono dalla quantità di materiale a disposizione, nonché dalla possibilità di ottenere una campionatura accettabile.

5.1.1 - I materiali impiegati

Gli scarti tessili

Prima di avviare al processo di realizzazione è stato necessario campionare e analizzare i materiali utili alla sperimentazione. L'azienda *FIDIVI Tessitura Vergnano*, ha fornito una vasta gamma di scarti di diversa forma, provenienza e composizione; alcuni di questi scarti provengono dall'azienda multinazionale adiacente *AUNDE Italia*, specializzata nel tessuto tecnico per autovetture.
Il poliestere utilizzato è un materiale molto resistente e il tessuto, una volta lavorato, ha ottime capacità di resistenza all'abrasione, come descritto nel capitolo *2.7 - FIDIVI: una lavorazione innovativa del tessuto.* Queste sue caratteristiche lo rendono un materiale con potenzialità migliorative nell'impasto di argilla di un mattone.

Tuttavia è necessario porre in evidenza che la FIDIVI produce tessuti solo in poliestere: la caratteristica di essere un'azienda che tratta un prodotto mono-materico costituisce un vantaggio, poiché i materiali di scarto possono essere considerati omogenei.

Gli scarti di tessuto sono stati catalogati e campionati: di seguito verranno elencati e descritti tutti i campioni di scarti di tessuti e le loro caratteristiche principali.

Campionatura degli scarti industriali tessili

fig 68 - Campione di cimossa di scarto in poliestere.

Campione 1

Materiale: poliestere con filo di cotone bianco, aggiunta in fase di tessitura

Tipologia scarto: scarto di cimossa, successiva alla fase di tessitura; sono le parti terminale del tessuto che vengono tagliate

Descrizione: lo scarto di cimossa presenta una porzione tessuta e una parte non tessuta; i fili al tatto si sfilacciano e sono piuttosto morbidi

Azienda: FIDIVI Tessitura Vergnano

fig 69 - Campione di cimossa di scarto in poliestere.

Campione 2

Materiale: poliestere con filo di cotone bianco, aggiunta in fase di tessitura

Tipologia scarto: scarto di cimossa, successiva alla fase di tessitura, parte terminale del tessuto tagliato

Descrizione: lo scarto di cimossa presenta una porzione tessuta e una parte non tessuta; i fili al tatto si sfilacciano e sono piuttosto morbidi

Azienda: FIDIVI Tessitura Vergnano

fig 70 - Campione di cimossa di scarto in poliestere e nylon: tessuto bi-materico.

Campione 3

Materiale: filo bianco in nylon elastico e filo grigio composto da un filo interno in poliestere e rivestito di polvere di poliestere compresso

Tipologia scarto: scarto di cimossa, successiva alla fase di tessitura, parte terminale del tessuto tagliato

Descrizione: lo scarto di cimossa presenta una porzione tessuta e una parte non tessuta; i fili al tatto sono molto rigidi ed elastici

Azienda: FIDIVI Tessitura Vergnano

fig 71 - Campione di cimossa di scarto in poliestere e nylon: tessuto bi-materico.

Campione 4

Materiale: filo bianco in nylon elastico e filo nero composto da un filo interno in poliestere e rivestito di polvere di poliestere compresso

Tipologia scarto: scarto di cimossa, successiva alla fase di tessitura, parte terminale del tessuto tagliato

Descrizione: lo scarto di cimossa presenta una porzione tessuta e una parte non tessuta; i fili al tatto sono molto rigidi ed elastici

Azienda: FIDIVI Tessitura Vergnano

fig 72 - Scarti post-filatura in poliestere.

Campione 5

Materiale: fili in poliestere

Tipologia scarto: scarto di filatura, precedente alla fase di tessitura; sono raggruppati in matasse lunghe diversi metri e sono molto voluminosi

Descrizione: lo scarto di filatura si presenta in matasse, più o meno aggrovigliate; al tatto i fili sono piuttosto rigidi poiché sono appena stati tinti e non hanno subito altre lavorazioni

Azienda: FIDIVI Tessitura Vergnano

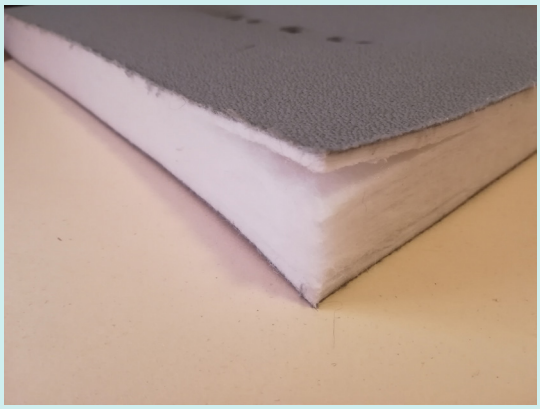


fig 73 - Pannello fonoassorbente di scarto.

Campione 6

Materiale: pannello fonoassorbente in poliestere; la parte grigia è in poliestere pressato con una temperatura maggiore rispetto alla fibra di poliestere pressato all'interno (parte bianca)

Tipologia scarto: pannello scartato poiché macchinato o con leggeri difetti di lavorazione

Descrizione: lo scarto si presenta con pezzi unici o ritagliati per essere smaltiti interamente

Azienda: FIDIVI Tessitura Vergnano

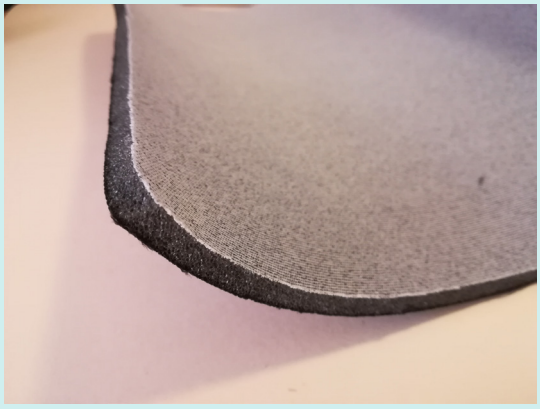


fig 74 - Scarto di tessuto tecnico: schiuma e tessuto in poliestere.

Campione 7

Materiale: schiuma in poliuretano accoppiato con un tessuto di poliestere

Tipologia scarto: scarto di lavorazione di tessuto tecnico

Descrizione: lo scarto si presenta con pezzi unici o ritagliati per essere smaltiti interamente

Azienda: AUNDE Italia

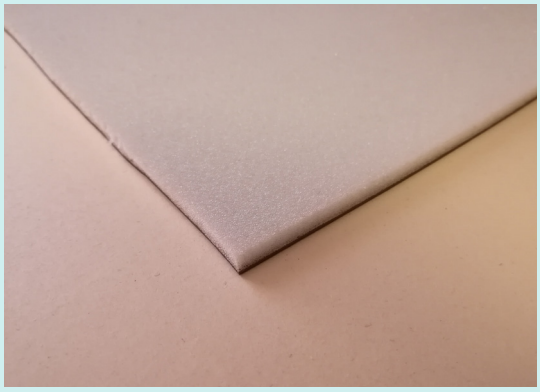


fig 75 - Scarto di tessuto tecnico: similpelle e schiuma di polietilene.

Campione 8

Materiale: schiuma in poliuretano accoppiato con un tessuto similpelle

Tipologia scarto: scarto di lavorazione di tessuto tecnico

Descrizione: lo scarto si presenta con pezzi unici o ritagliati per essere smaltiti interamente

Azienda: AUNDE Italia

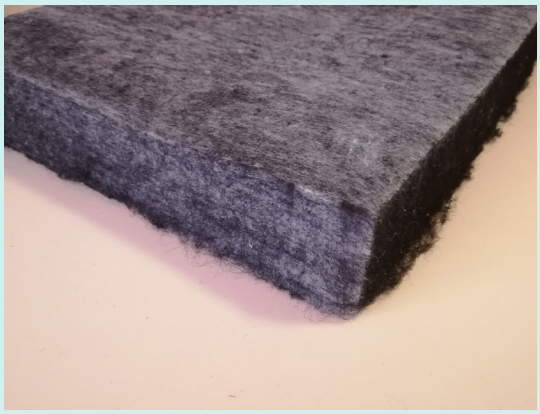


fig 76 - Scarto di lavorazione di un pannello fonoassorbente in poliestere.

Campione 9

Materiale: pannello mono-materico in poliestere bassofondente

Tipologia scarto: pannello scartato per lievi difetti

Descrizione: lo scarto si presenta con pezzi unici o ritagliati per essere smaltiti interamente; sono pezzi molto voluminosi e sono difficili da smaltire

Azienda: FIDIVI Tessitura Vergnano

fig 77 - Scarto di tessuto tecnico: schiuma in poliuretano e poliestere.

Campione 10

Materiale: schiuma in poliuretano accoppiato con un tessuto in poliestere

Tipologia scarto: scarto di lavorazione di tessuto tecnico

Descrizione: lo scarto si presenta con pezzi unici o ritagliati per essere smaltiti interamente

Azienda: AUNDE Italia

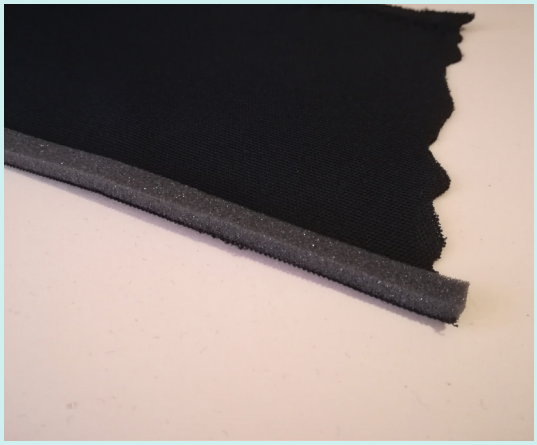


fig 78 - Scarto di tessuto tecnico: poliestere e schiuma di poliuretano.

Campione 11

Materiale: schiuma in poliuretano accoppiato con un tessuto in poliestere

Tipologia scarto: scarto di lavorazione di tessuto tecnico

Descrizione: lo scarto si presenta con pezzi unici o ritagliati per essere smaltiti interamente

Azienda: AUNDE Italia

fig 79 - Campionatura di tessuti di scarto di "fine-rotolo" in poliestere.

Campione 12

Materiale: campioni di tessuti mono-materici in poliestere

Tipologia scarto: tessuti di avanzo di "fine-rotolo"

Descrizione: lo scarto si presenta con pezzi unici o ritagliati per essere smaltiti interamente

Azienda: FIDIVI Tessitura Vergnano

L'azienda *FIDIVI Tessitura Vergnano* svolge periodicamente dei controlli qualitativi del tessuto, poiché la loro produzione prevede tessuti tecnici utilizzati per i trasporti. Per tale motivo viene svolta la verifica della resistenza all'abrasione e al fuoco: vengono calcolati dei parametri specifici per valutare le emissioni del fumo, il tempo di disgregazione impiegato e la tossicità del fumo prodotto.
Per ottenere il valore dell'opacità del fumo è necessario calcolare la densità specifica ottica massima: è ottenuto in scala logaritmica ed è direttamente proporzionale alla concentrazione del fumo. [3] Inoltre viene calcolato il valore della densità specifica ottica dopo 4 minuti dall'inizio della prova: si tratta di un valore adimensionale. Svolgendo una sommatoria delle densità in relazione al tempo, si ottiene il VOF4, ovvero il Valore di Opacità dei Fumi, ed è espresso in minuti.
Un altro valore fondamentale è il CIT, *Conventional Index of Toxicity* ottenuto dalla sommatoria della concentrazione media dei gas generati dal fumo, diviso il valore IDHL. Quest'ultimo dato è la concentrazione di fumi a cui una persona viene esposta fino a 30 minuti, che è il limite oltre cui i danni alla salute umana non sono reversibili. [4] Il valore ottenuto da questo rapporto, costituisce l'indice di tossicità di gas.

Il tessuto di poliestere in questione, rientra in tutti i parametri accettabili, definiti dalla normativa, compresa la verifica delle emissioni dei VOC (Componenti Organici Volatili, molto dannosi per la salute umana) che risultano nulli.

I dati specifici di queste verifiche non saranno riportati nella Tesi, per rispettare la gentile richiesta dell'azienda *FIDIVI Tessitura Vergnano*, di non divulgazione dei dati sensibili; tuttavia la lettura di tali dati ha permesso di accertarsi, che la cottura nell'altoforno della fornace delle fibre in poliestere non provocherà emissioni eccessive di gas e fumi inquinanti, poiché la temperatura di cottura nell'altoforno è molto inferiore rispetto alle temperature raggiunte durante i test con la fiamma viva.

Affinché l'idea della simbiosi industriale sia fattibile, è necessario conoscere il quantitativo di scarti prodotti dall'industria tessile FIDIVI. L'azienda tiene il conteggio giornaliero dei rifiuti, sia quelli che riguardano il prodotto stesso, sia gli imballaggi. L'immagine seguente (*fig.80*) mostra una delle casse che contengono gli scarti di pro-

fig 80 - Contenitore degli scarti di poliestere dell'industria, di dimensioni 60x100x100cm

[3] [4] Istituto Superficie Antincendi, *Studio sulla tossicità degli agenti chimici,* a cura di A. MAGGI, in «Quaderni di Scienza & Tecnica», 2015, pp. 20-32.

duzione post-filatura, post-tintura e le cimosse: i contenitori hanno dimensioni di 60x100x100cm e vengono regolarmente riempiti e svuotati ogni due giorni. Approssimativamente vengono prodotti circa 50m^3 al mese di questa tipologia di scarti tessili.

L'argilla

Secondo le informazioni fornite dalla Fornace Carena l'argilla utilizzata proviene dalla cava adiacente alla fornace da cui vengono estratte quattro tipologie di argilla rossa. Come già esplicitato nel capitolo *2.11 - Fornace Carena: produzione e innovazione,* il processo di lavorazione prevede una fase di miscelazione, essiccazione e cottura dei mattoni. La fornace è specializzata in mattoni forati per pareti perimetrali e portanti, per i solai e per la tramezzatura interna. [5] La sua peculiarità è la possibilità di sviluppare la ricerca e la tecnologia, aprendosi ad una visione orientata alla sostenibilità. È già stato accennato in precedenza, l'impiego della lolla di riso per migliorare le capacità di isolamento e per ridurre il peso del blocco in laterizio.
L'introduzione delle fibre tessili sminuzzate nell'impasto di argilla potrebbe costituire un potenziale materiale da affiancare.

L'argilla utilizzata nella sperimentazione è quella proveniente da quella estratta dalla *Fornace Ballatore*, che ha sede a Villanova d'Asti. Quest'ultima è specializzata nella produzione di mattoni pieni, e per questa prima sperimentazione è stato deciso di svolgere i test su mattoni tradizionali pieni. La composizione dell'argilla è la stessa, poiché in tutto il Altopiano di Poirino sedimentano le quattro argille rosse, e la lavorazione è pari a quella eseguita alla Fornace Carena.

Preparazione del materiale e ipotesi di procedimento

La scelta del materiale da impiegare è stata svolta tenendo conto delle possibilità di produzione e della disponibilità delle aziende. Tra i campioni di tessuto descritti in precedenza sono stati esclusi i campioni provenienti dall'azienda AUNDE Italia poiché si tratta di materiali bi-componenti, in particolare schiuma di poliuretano e tessuto di poliestere o similpelle, materiali molto difficili da separare o da macinare e reimpiegare nell'impasto argilloso.
Tra gli scarti di cimosse sono state escluse quelle contenenti il nylon e il poliestere compresso, sempre per la problematica della separazione tra le due componenti.
I campioni 6 e 9, ovvero i ritagli dei pannelli fonoassorbenti non rientrano tra i materiali da poter sminuzzare con facilità, poiché il meccanismo di sminuzzamento, creando calore, fonde la fibra di poliestere, rischiando di bloccare il macchinario. L'idea che potrebbe essere attribuita a questa tipologia di scarti, potrebbe essere un accoppiamento, con incollaggio o pressato a caldo, a blocchi di laterizi usati per le tramezzatura interne. Un'altra possibilità viene suggerita anche dall'articolo pubblicato nel 2018, in *Case Study in thermal engeneering*, in cui viene sug-

[5] *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018.

gerita la possibilità di inserire l'isolante all'interno dei fori. [6] Tuttavia potrebbero sorgere difficoltà nell'immissione di tale pannello fonoassorbente, poiché richiederebbe la creazione di una macchinario con un taglio di precisione a seconda della foratura del blocco di laterizio.

I campioni rimasti (1, 2 e 5) costituiscono la tipologia di scarto più adatta a questa sperimentazione, ma la scelta finale è ricaduta sul campione 5 (scarti in poliestere post-filatura), poiché la fase di taglio e sminuzzamento è stata ritenuta più agevole da effettuare manualmente.

5.1.2 - Fasi di lavorazione

Sminuzzamento degli scarti tessili

Prendendo spunto dagli articoli descritti precedentemente nei sottocapitoli *4.2.5* e *4.2.6*, è stato pensato di impiegare la tipologia di scarti del campione 5, per poterli sminuzzare con dimensioni molto ridotte, tra i 2 e i 7 mm di lunghezza. L'idea è che i fili si possano miscelare in modo omogeneo nell'impasto di argilla, senza creare grovigli o matasse che potrebbero compromettere l'integrità del mattone. Al tatto questi fili sono sottili, piuttosto rigidi che non si sfilacciano, ma molto leggeri. Quest'ultima caratteristica è quella che deve essere controllata con maggiore attenzione, poiché essendo molto leggero, per raggiungere un peso ottimale, quando verrà aggiunta all'argilla occuperà molta volumetria.
Per poter effettuare una campionatura

fig 81 - Tipologia di scarto utilizzato per la sperimentazione: fili post-filatura che non vengono tessuti.

fig 82 - Fili di scarto post-filatura in poliestere, sminuzzati manualmente.

[6] AA. VV. , *Effect of the insulation materials filling on the thermal performance of sintered hollow bricks* in «Case Studies in Thermal Engeneering», 11 (2018), pp. 62-70.

di provini sufficiente, è stato necessario avere una buona quantità di fili di poliestere sminuzzati.
Sono stati forniti dall'azienda *FIDIVI Tessitura Vergnano* circa 16kg di scarti post-filatura e sono stati tagliati delle dimensioni volute, 1024g di fili di scarti di lavorazione. Una volta ottenuta la quantità sufficiente è stato possibile passare alla fase successiva.

fig 83 - Scarti post-filatura sminuzzati. Il volume occupato dagli scarti è molto maggiore rispetto al peso.

fig 84 - Fili di poliestere sminuzzati manualmente di dimensioni comprese tra 2 e 7mm.

Preparazione delle miscele

La fase di miscelazione è stata svolta presso la *Fornace Ballatore* a Villanova d'Asti, in accordo con la *Fornace Carena* di Cambiano. Prima di procedere con la sperimentazione sono state calcolate le quantità di argilla e di tessuto sminuzzato, affinché ci fosse una varietà sufficiente di provini con concentrazioni differenti. (*fig.85*)

PESO			
Argilla [Kg]	Tessuto sminuzzato [kg]	Miscela [%]	n°mattoni [-]
5,00	0,00	0,0	7
5,00	0,075	1,5	8
5,00	0,15	3,0	9
5,00	0,23	4,5	8
5,00	0,30	6,0	8

fig 85 - Tabella riassuntiva delle miscele

Ogni miscela è stata pesata su una pesa elettronica tarata sulle misure in Kg: è stato deciso di utilizzare 5Kg di argilla per tutte le miscele in modo da stampare un numero maggiore di mattoni di dimensioni 120x60x30mm. (*fig.86*)

fig 86 - Preparazione dell'impasto e misurazione del peso di ogni miscela. La bilancia effettua una misurazione in Kg.

In seguito ogni impasto con le 5 diverse percentuali è stato miscelato da un macchina che rende omogeneo e distribuisce i fili sminuzzati. (*fig.87*)

fig 87 - Macchina impastatrice, che roteando lavora l'impasto argilloso in modo da renderlo malleabile.

Di seguito vengono riportare le immagini delle cinque miscelazioni ottenute. Si può facilmente osservare che all'aumentare del quantitativo di filo di poliestere sminuzzato, l'impasto appare più granuloso e meno amalgamato. Questo è dovuto alla capacità del tessuto di assorbire l'acqua contenuta nell'argilla: maggiore è la quantità di tessuto sminuzzato, maggiore sarà l'acqua assorbita, rendendo l'impasto meno malleabile e difficile da lavorare. La miscela al 6%, calcolata rispetto al peso dell'argilla bagnata, sembra essere molto grumosa, mentre le miscele al di sotto del 3,0% presentano un impasto molto più compatto e omogeneo. La miscelazione con una lavorabilità maggiore è quella con 1,5% di tessuto. (*fig.89*)

fig 88 - Miscela 1. Impasto di argilla con una concentrazione di 0% di tessuti sminuzzati.

fig 89 - Miscela 2. Impasto di argilla con una concentrazione di 1,5% di tessuti sminuzzati.

fig 90 - Miscela 3. Impasto di argilla con una concentrazione di 3,0% di tessuti sminuzzati.

fig 91 - Miscela 4. Impasto di argilla con una concentrazione di 4,5% di tessuti sminuzzati.

fig 92 - Miscela 5. Impasto di argilla con una concentrazione di 6,0% di tessuti sminuzzati.

Stampo dei mattoni

Dopo questa prima fase si prosegue con lo stampo dei mattoni, nel caso di questa sperimentazione è stato scelto uno stampo di un mattone pieno 120x60x30mm. Per stampare il mattone bisogna immergere lo stampo in un po' d'acqua e mettere della sabbia per permette all'impasto di prendere la forma e poi scivolare facilmente sul piano di lavoro, dopo aver rimosso con un pezzo di compensato l'impasto in eccesso. Nelle miscele con 4,5% e 6% di poliestere sminuzzato è stato necessario aggiungere una piccola quantità di acqua per rendere meno grumoso e più compatto l'impasto.
Di seguito vengono proposte alcune immagini delle fasi di stampo, in cui si può osservare il metodo manuale con cui è stato svolto questo passaggio.

fig 93 - Preparazione dell'impasto da inserire all'interno dello stampo.

fig 94 - Rimozione dell'impasto in eccesso.

fig 95 - Posa sul piano di cottura.

Le immagini successive mostrano gli impasti delle cinque miscele sperimentate: si può osservare come la consistenza, grumosa o compatta, cambia all'aumentare del contenuto dei fili sminuzzati.

fig 96 - Miscela 1. Impasto con lo 0% di fili in poliestere sminuzzato.

fig 97 - Miscela 2. Impasto con il 1,5% di fili in poliestere sminuzzato.

fig 98 - Miscela 3. Impasto con il 3,0% di fili in poliestere sminuzzato.

fig 99 - Miscela 4. Impasto con il 4,5% di fili in poliestere sminuzzato.

fig 100 - Miscela 5. Impasto con il 6,0% di fili in poliestere sminuzzato.

fig 101 - Stampo per il mattone pieno 120x60x30mm utilizzato per la sperimentazione.

fig 102 - Mattoni sperimentali stampati e riposti sul piano di cottura, per essere immessi nel forno di essiccazione.

fig 103 - Il piano di cottura con i mattoni sperimentali stampati viene spostato, tramite un sistema automatico, per essere inserito nel forno di essiccazione.

Sulla faccia superiore è stato riportato il numero corrispondente della percentuale di tessuto sminuzzato inserito nell'impasto. I mattoni stampati vengono riposti su un piano di cottura e vengono spostati, con un sistema automatizzato, all'interno del forno di essiccazione. Da mettere in evidenza è la forma poco regolare dei mattoni con le miscele di 4,5% e 6%, poiché l'impasto non si è ben distribuito a causa della poca lavorabilità dell'impasto. Quindi si potrebbe prevedere la possibilità di rottura o la formazione di crepe per i provini con queste due miscele.

Essiccazione e cottura

La sperimentazione procede con la prima fase di essiccazione, in cui i mattoni vengono fatti passare attraverso un tunnel di 70m, in cui la temperatura viene controllata nelle diverse camere, alla temperatura di 60°C. In questo modo l'acqua immagazzinata dentro l'argilla, viene fatta evaporare, asciugando il mattone. Dopo circa 36 ore i mattoni escono dal forno essiccatore e vengono spostati per entrare nel forno di cottura in un tunnel in cui vengono raggiunti i 1050°C. La cottura deve essere uniforme e omogenea: ed è in questa fase che probabilmente i fili di poliestere sminuzzati vengono completamente bruciati, lasciando dei pori vuoti, che potrebbero apportare ad un miglioramento termico.
Questo è il procedimento adottato dalla Fornace Ballatore, ed è poco diverso dal metodo impiegato nella Fornace Carena.

fig 104 - Lavaggio dei mattoni per rimuovere la sabbia in eccesso.

I mattoni hanno poi subito un lavaggio in acqua per rimuovere la sabbia in eccesso, come si vede in *fig.104*, e vengono nuovamente lasciati asciugare.

fig 105 - Mattoni cotti dopo aver subito la fase di lavaggio con l'acqua per rimuovere la sabbia.

fig 108 - Mattoni cotti dopo la fase di lavaggio: si possono osservare delle crepe evidenti nei provini con la miscelazione al 6%

Misurazione dimensione e peso

Per poter svolgere le prove successive sui mattoni è necessario effettuare una verifica delle dimensioni e del peso, per valutare le ipotesi formulate in precedenza. Sono state misurate le tre dimensioni di ogni provino e, per ogni tipologia di miscela, è stata fatta una media di lunghezza, larghezza e altezza. Dopodiché sono stati pesati tutti i provini e, anche in questo caso, è stata calcolata la media per ogni miscela. La scelta di fare una media matematica deriva dalla necessità di avere un valore medio attendibile, poiché non tutti i mattoni sono perfettamente livellati. Per esempio nel caso delle miscele al 6% non hanno mantenuto tutti gli spigoli integri e si sono leggermente sgretolati.
Nelle pagine seguenti verranno riportate delle immagini dettagliate dei mattoni sperimentali.

fig 106 - Misurazione delle dimensioni dei mattoni con l'ausilio di un calibro, per ottenere un risultato preciso.

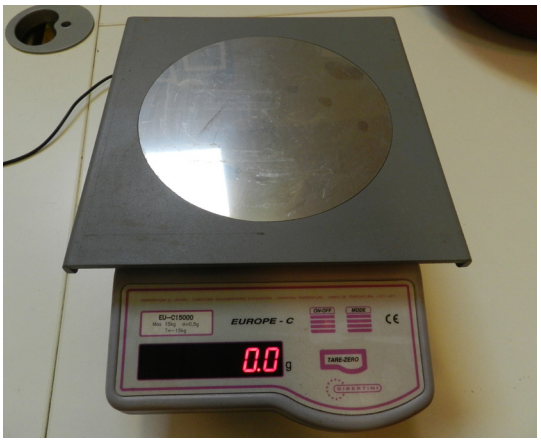


fig 107 - Misurazione del peso dei mattoni con una pesa elettrica, calibrata sui grammi.

Miscela 0%

fig 108 - Mattone cotto, miscela 0%, dimensioni di massima: 124x65x32

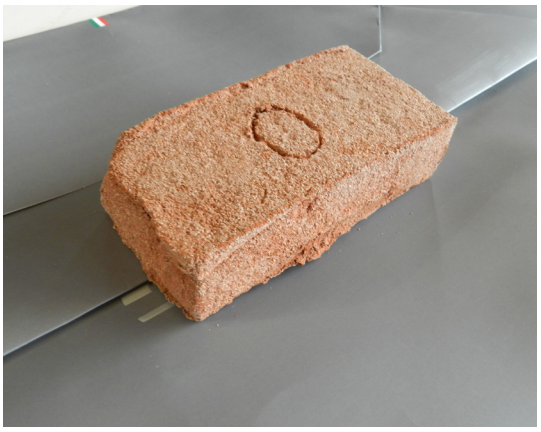


fig 109 - Mattone cotto, miscela 0%; gli spigoli del mattoni sono abbastanza regolari; non ci sono crepe visibili.

fig 110 - Mattone cotto, miscela 0%; gli spigoli del mattoni sono abbastanza regolari. Faccia inferiore.

fig 111- Mattone cotto, miscela 0%; la faccia inferiore non presenta forature o crepe visibili.

fig 112 - Mattone cotto, miscela 0%; dettaglio del mattone.

fig 113 - Mattone cotto, miscela 0%; misurazione del peso.

Miscela 1,5%

fig 114 - Mattone cotto, miscela 1,5%, dimensioni di massima: 127x67x32

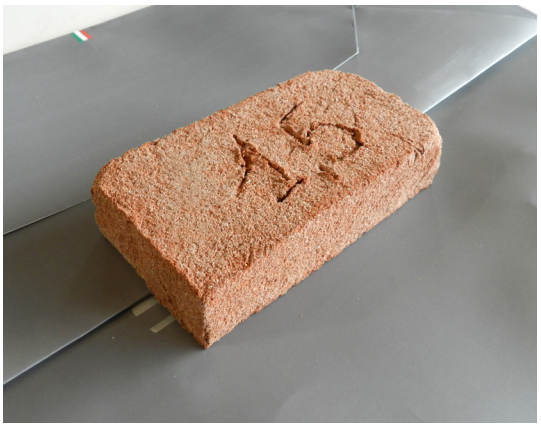


fig 115 - Mattone cotto, miscela 1,5%; gli spigoli del mattoni sono abbastanza regolari; non ci sono crepe visibili.

fig 116 - Mattone cotto, miscela 1,5%; faccia inferiore.

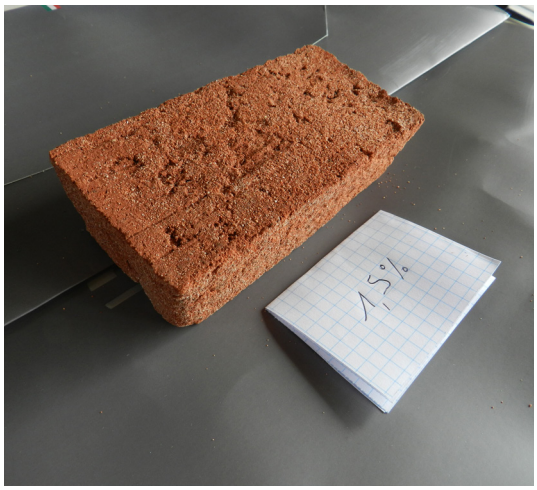


fig 117 - Mattone cotto, miscela 1,5%; la faccia inferiore presenta piccole forature, ma non ci sono crepe visibili.

fig 118 - Mattone cotto, miscela 1,5%; dettaglio del mattone.

fig 119 - Mattone cotto, miscela 1,5%; misurazione del peso.

Miscela 3,0%

fig 120 - Mattone cotto, miscela 3,0%, dimensioni di massima: 128x67x32

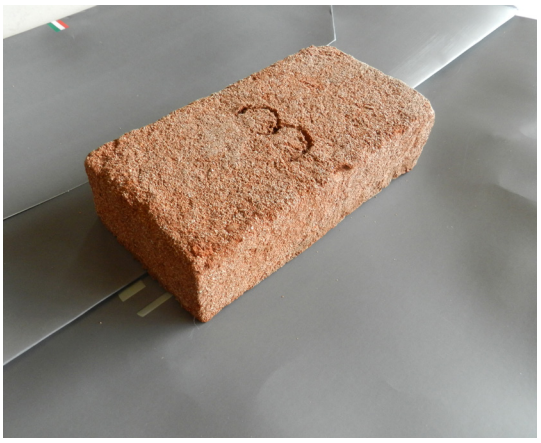


fig 121 - Mattone cotto, miscela 3,0%; gli spigoli del mattoni sono meno regolari; non ci sono crepe visibili.

fig 122 - Mattone cotto, miscela 3,0%; faccia inferiore.

fig 123 - Mattone cotto, miscela 3,0%; la faccia inferiore presenta forature ben visibili con piccole crepe sulla faccia laterale.

fig 124 - Mattone cotto, miscela 3,0%; dettaglio del mattone.

fig 125 - Mattone cotto, miscela 3,0%; misurazione del peso.

Miscela 4,5%

fig 126 - Mattone cotto, miscela 4,5%, dimensioni di massima: 130x68x32

fig 127 - Mattone cotto, miscela 4,5%; gli spigoli del mattoni sono più irregolari e visibilmente deformati.

fig 128 - Mattone cotto, miscela 4,5%; faccia inferiore.

fig 129 - Mattone cotto, miscela 4,5%; la faccia inferiore presenta forature ben visibili con piccole crepe sulla faccia laterale.

fig 130 - Mattone cotto, miscela 4,5%; dettaglio del mattone.

fig 131 - Mattone cotto, miscela 4,5%; misurazione del peso.

Miscela 6,0%

fig 132 - Mattone cotto, miscela 6,0%, dimensioni di massima: 130x68x32

fig 133 - Mattone cotto, miscela 6,0%; gli spigoli del mattoni sono irregolari e visibilmente deformati.

fig 134 - Mattone cotto, miscela 6,0%; faccia inferiore.

fig 135 - Mattone cotto, miscela 6,0%; la faccia inferiore presenta forature ben visibili con crepe sulla faccia laterale.

fig 136 - Mattone cotto, miscela 6,0%; dettaglio del mattone.

fig 137 - Mattone cotto, miscela 6,0%; misurazione del peso.

Le seguenti tabelle riassumono le misurazioni effettuate e le medie ottenute: si può osservare che i valori dimensionali e di superficie aumentano, all'aumentare della percentuale di miscelazione. Viceversa il peso diminuisce, all'aumentare della percentuale di concentrazione di fili in poliestere sminuzzati: maggiore è la quantità di quest'ultimi, maggiore sarà il numero di pori vuoti.

Miscela tessuto/argilla	Campione	Lunghezza [cm]	Larghezza [cm]	Altezza [cm]	Peso [g]	
0%	1	12,50	6,50	3,15	475,0	
	2	12,40	6,55	3,20	462,0	
	3	12,35	6,55	3,15	462,5	
	4	12,45	6,50	3,20	484,5	
	5	12,50	6,50	3,15	481,0	
	6	12,40	6,60	3,20	474,5	
	7	12,35	6,50	3,20	475,0	
media [cm]		12,42	6,53	3,18	473,50	
superficie [cm²]		81,09				
1,5%	1	12,75	6,70	3,25	461,5	
	2	12,75	6,75	3,10	459,5	
	3	12,70	6,65	3,10	443,0	
	4	12,70	6,65	3,20	449,5	
	5	12,70	6,65	3,15	465,0	
	6	12,75	6,65	3,20	449,0	
	7	12,80	6,75	3,20	464,5	
	8	12,80	6,65	3,20	425,0	
media [cm]		12,74	6,68	3,18	452,13	456,00
superficie [cm²]		85,14				
3,0%	1	12,70	6,55	3,15	440,0	
	2	12,95	6,80	3,20	474,0	
	3	12,80	6,85	3,15	452,0	
	4	12,95	6,75	3,25	461,5	
	5	12,80	6,70	3,20	437,5	
	6	12,85	6,70	3,20	443,5	
	7	12,80	6,70	3,20	457,5	
	8	12,80	6,70	3,25	470,5	
	9	12,90	6,70	3,25	467,0	
media [cm]		12,84	6,72	3,21	455,94	460,86
superficie [cm²]		86,23				

fig 138 - Tabella riassuntiva delle misurazioni delle dimensioni dei provini e del peso. Per avere un valore medio di ogni miscela è stata svolta una semplice media aritmetica.

Miscela tessuto/argilla	Campione	Lunghezza [cm]	Larghezza [cm]	Altezza [cm]	Peso [g]	
4,5%	1	13,00	6,90	3,30	446,50	
	2	13,05	6,80	3,25	450,50	
	3	12,85	6,85	3,30	458,00	
	4	13,05	6,75	3,25	445,00	
	5	12,95	6,75	3,25	427,50	
	6	13,10	6,80	3,20	455,00	
	7	13,00	6,75	3,30	439,50	
	8	13,05	6,80	3,25	454,00	
media [cm]		13,01	6,80	3,26	447,00	449,79
superficie [cm²]		88,44				
6,0%	1	12,95	6,75	3,30	443,50	
	2	13,10	6,70	3,20	453,00	
	3	13,00	6,85	3,10	442,50	
	4	13,05	6,85	3,20	450,00	
	5	13,05	6,80	3,15	443,00	
	6	13,00	6,85	3,20	436,00	
	7	13,00	6,75	3,20	437,50	
	8	12,95	6,90	3,25	425,00	
media [cm]		13,01	6,81	3,20	441,31	443,64
superficie [cm²]		88,57				

fig 139 - Tabella riassuntiva delle misurazioni delle dimensioni dei provini e del peso. Per avere un valore medio di ogni miscela è stata svolta una semplice media aritmetica. I valori in rosso sono quelli esclusi dalla media poiché troppo bassi rispetto agli altri provini.

5.1.3 - I risultati dei test di laboratorio

Prova di resistenza a compressione: preparazione dei provini

Per poter svolgere il test di resistenza a compressione occorre scegliere, tra tutti i provini realizzati, quelli che presentano una superficie regolare e allineata. Dal momento che i provini sono stati eseguiti manualmente, l'allineamento non sarà preciso, per tal motivo sulla faccia inferiore e superiore dei provini sono stati aggiunti degli spessori rigidi e compatti. Sono stati utilizzati dei ritagli di cartoncino vegetale grigio con spessore di 3mm, come si può vedere dall'immagine seguente. (*fig.140*)

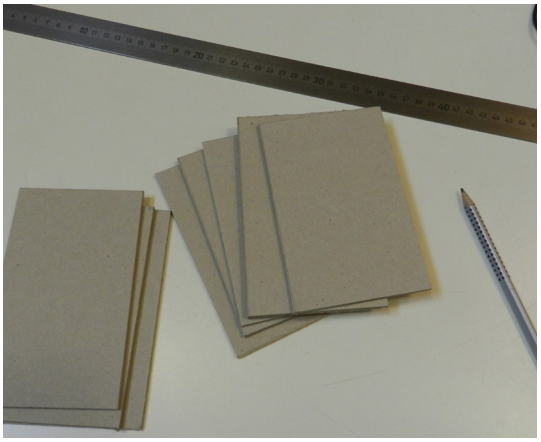


fig 140 - Ritagli di cartoncino vegetale impiegati per livellare i provini durante la prova a compressione.

fig 141 - Macchina utilizzata per la prova a compressione dei provini.

La prova è stata svolta con la macchina a compressione utilizzata anche per i calcestruzzi: la misurazione della resistenza viene svolta immettendo i dati dimensionali della superficie su cui avverrà la compressione. La macchina è composta da due piastre che comprimono il mattone, fino al momento della rottura, a quel punto la macchina si ferma e il test termina fornendo i risultati in N/mm^2.

Prova di resistenza a compressione: svolgimento del test

Sono stati svolti i test a compressione sui provini, uno o due per ogni tipologia di miscela, partendo da quella con il 6% del peso del mattone e proseguendo con 4,5%, 3,0%, 1,5% e 0%. Osservando il comportamento dei provini a compressione è stato diverso da quello previsto: infatti i provini si sono sgretolati anziché spaccarsi in modo netto. Questo è dovuto al fatto che i provini sono stati impastati, pressati e stampati manualmente: probabilmente la pressatura manuale non è stata sufficiente per compattare bene l'impasto. Tuttavia si è potuto osservare come questo comportamento migliorava al diminuire della concentrazione di tessuti: a partire dal 3% a scendere, il mattone è rimasto più compatto, creando delle crepe centrali. Di seguito verranno riportate le immagini dei provini immediatamente dopo lo svolgimento della prova a compressione.

fig 142 - Prova a compressione. Miscela 6,0%. Si tratta dell'unico caso di una disgregazione completa: i fori lasciati dalle fibre di poliestere bruciate non permettono di avere una buona resistenza.

fig 143 - Prova a compressione. Miscela 4,5%. In questo provino la disgregazione non è avvenuta completamente,poiché la macchina è stata fermata poco prima si frantumasse, tuttavia si potrebbe prevedere un comportamento molto simile alla miscela del 6%.

fig 144 - Prova a compressione. Miscela 3,0%. In questo provino la disgregazione è avvenuta lateralmente, ma la porzione centrale è rimasta più compatta.

fig 145 - Prova a compressione. Miscela 1,5%. In questo provino la disgregazione è avvenuta parzialmente sulle facce laterali, ma la porzione centrale è rimasta più compatta.

fig 146 - Prova a compressione. Miscela 0%. In questo provino la disgregazione non è avvenuta, ma si sono create delle crepe, lungo gli spigoli.

I risultati ottenuti dalla prova, sono riassunti nella tabella (*fig.147*): i dati sono coerenti tra loro, e dimostrano che i mattoni possono avere delle potenzialità di sviluppo futuro nel caso delle miscele comprese tra lo 0% e il 3%.

Superficie media provini [mm²]	Miscela [%]	Resistenza a compressione [N/mm²]
8110	0,0	19,6
8510	1,5	12,5
8615	3,0	10,3
8840	4,5	5,6
8850	6,0	5,0

fig 147 - Tabella in cui vengono riportati i valori medi ottenuti per ogni tipologia di miscela.

Il grafico, ricavato dai dati tabellari, definisce una curva con un andamento piuttosto regolare, ma i valori per essere completamente attendibili, dovrebbero essere ricavati su un numero maggiore di prove.

I dati ottenuti sono anche in accordo con il comportamento osservato in precedenza: il valore della resistenza a compressione aumenta al diminuire del numero dei vuoti creato dai fili di tessuto sminuzzati, in fase di cottura.

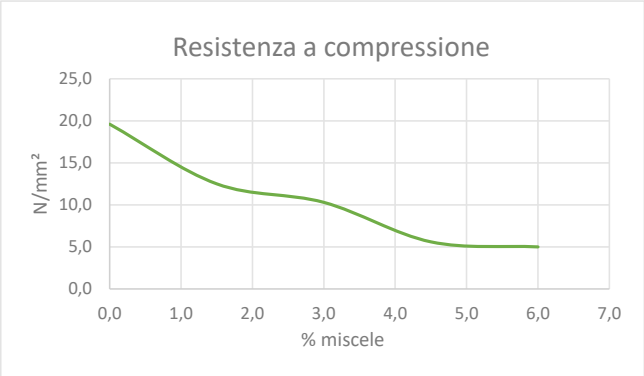


fig 148 - Grafico che mette in relazione la resistenza a compressione con la quantità di scarti tessili nei provini.

Determinazione della massa volumica

In seguito alla misurazione del peso a secco dei provini realizzati è stata fatta una media del peso per ogni miscela di tessuto sminuzzato. (*vedi p. 114 e p.115*) Al fine di determinare la massa volumica apparente, sono state effettuate al due misurazioni,utili al calcolo:

- la prima è stata svolta dopo aver immerso totalmente il provino in acqua e lasciato per qualche secondo, per permettere all'acqua di penetrare in modo uniforme in tutti i pori che sono stati lasciati dagli scarti tessili bruciati. Dopodiché il provino è stato rimosso dall'acqua ed è stata rimossa l'acqua superficiale in eccesso: in seguito a questo passaggio si può procedere con la pesata sulla bilancia.

- La seconda invece è stata effettuata con il provino totalmente immerso nell'acqua, facendo attenzione a sottrarre correttamente la tara del peso della struttura di sostegno della bilancia. Per poter effettuare la pesata, il provino viene riposto nella parte inferiore della struttura metallica (*fig. 149*), che è direttamente connessa al piatto della bilancia che effettua la misurazione. Al fine di ottenere dei dati con la stessa cifra significativa delle pesate svolte precedentemente è stata utilizzata la medesima bilancia.

fig 149 - Vasca di immersione per effettuare le pesate dei provini, sia con il provino impregnato d'acqua, sia con il provino totalmente immerso.

Le pesate sono state confrontate, e sono state tratte alcune interessanti osservazioni. Il procedimento utilizzato per effettuare il calcolo della massa volumica apparente è quella definita dalle normative UNI EN 772-3 e UNI EN 772-13.

Di seguito vengono riportate sinteticamente le dimensioni dei provini utilizzati per effettuare il calcolo della massa volumica: i provini utilizzati sono quelli con le miscele di 0%, 1,5% e 3%.

Infine vengono proposti i dati rilevati dei provini: lo svolgimento dei calcoli effettuati verranno esplicitati nel sottocapitolo 5.2.2, in cui viene approfondito il riferimento alle normative.

Provino n.	Miscela	Lunghezza [mm]	Larghezza [mm]	Altezza [mm]
1	0%	125,8	65,3	30,4
2	1.5%	128,2	31,2	66,3
3	3%	129,2	31,3	67,0

fig 150 - Tabella riassuntiva dei valori dimensionali dei provini impiegati nella prova per ricavare la massa volumica

Denominazione prodotto : Mattonelle con scarti tessili

Provino n°	Volume lordo Vgu cm^3	Volume netto Vnu cm^3	Volume dei vuoti Vvu cm^3	% dei vuoti Vvu / Vgu %
1 (0 %)	*250*	*239*	*11*	4,4
2 (1,5 %)	*265*	*245*	20	7,5
3 (3 %)	*271*	*246*	25	9,2

fig 151 - Determinazione del volume netto e della percentuale dei vuoti mediante pesatura idrostatica (UNI EN 772-3)

Provino n°	M_{dry} (gr)	M_{au} (gr)	M_{wu} (gr)	Massa volumica a secco apparente Kg /m^3
1	*432*	*486*	*247*	1728
2	*401,5*	*470*	*225*	1515
3	*403*	*475*	*229*	1487

fig 152 - Determinazione della massa a secco apparente (UNI EN 772-13)

Provino n°	M_{dry} (gr)	M_{au} (gr)	M_{wu} (gr)	Massa volumica a secco assoluta Kg /m^3
1	*432*	*486*	*247*	1807
2	*401,5*	*470*	*225*	1639
3	*403*	*475*	*229*	1638

fig 153 - Determinazione della massa volumica a secco assoluta (UNI EN 772-13)

5.1.4 - Osservazione e confronto dei valori ottenuti

La sperimentazione svolta, ha permesso di aprire la strada all'ipotesi di realizzare un blocco di mattone in argilla con scarti industriali tessili, inserendolo in una nuova filiera industriale. Tuttavia prima di arrivare a questo punto, è necessario valutare tutti gli aspetti che si sono osservati durante questo studio, sia di carattere organizzativo, sia fisico-tecnico.
Ripercorrendo le varie fasi, verranno di seguito riportate tutte le osservazioni e le ipotesi formulate fino ad arrivare alle prospettive future per il nuovo prodotto. La prima fase eseguita è stata la realizzazione dell'impasto di argilla, con cinque miscele differenti, a partire da quella minore, fino ad arrivare ad un possibile '*limite estremo*', oltre il quale il mattone non rimane compatto. In questo passaggio è stato possibile osservare che:

- all'aumentare della percentuale degli scarti tessili sminuzzati, aumenta la capacità di tali scarti, di assorbire l'acqua presente nell'impasto argilloso, rendendolo meno lavorabile: perciò l'argilla perde la sua proprietà di malleabilità;

- gli scarti tessili tendono, durante la miscelazione nell'impasto, a distribuirsi in modo omogeneo in tutte le miscelazioni effettuate;

- gli impasti con una percentuale maggiore del 3%, hanno una consistenza più grumosa, in quanto gli scarti si amalgamano insieme all'argilla, ma assorbendo l'acqua, presente nell'impasto, questo tende a creare piccoli agglomerati.

Già in questa fase si ipotizzava una rottura o una lesione sui provini, nelle fasi successive, poiché la mancanza di coesione dell'impasto, provoca disomogeneità con difetti all'interno del provino stampato. Proprio per questa difficoltà nella fase di stampo dei provini è stata aggiunta una piccola quantità di acqua per rendere l'impasto un po' più lavorabile. Lo stampo metallico utilizzato ha dimensione 120x60x30mm e viene inumidito con dell'acqua per permettere alla sabbia di '*attaccarsi*' alla forma e permettere all'argilla di scivolare fuori facilmente una volta pressato e rimosso l'eccesso. È importante anche tener conto che questa fase è stata eseguita manualmente, quindi la pressione esercitata sull'impasto, per dare all'impasto la forma voluta, non ha la stessa efficacia di una macchina, quindi probabilmente tutti i piccoli vuoti d'aria non sono stati totalmente esclusi.

Al termine delle fasi di essiccazione e di cottura nell'altoforno, tra i quaranta provini, sono rimasti danneggiati sei di questi, la maggior parte fra i mattoni con le miscele con 4,5% e 6% di scarti tessili. I danni riportati sono molto evidenti e si tratta di crepe laterali, oppure di mancanze totali degli spigoli estremi: questo è dovuto alla concentrazione eccessiva degli scarti tessili, che compromette la compattezza dell'impasto. Altra osservazione che si nota facilmente, è la completa assenza degli scarti tessili sminuzzati: la temperatura di cottura è di 1050°C, quindi gli scarti nell'impasto vengono completamente bruciati. I pori lasciati dagli scarti tessili, permettono di ottenere dei mattoni più leggeri e probabilmente con una conducibilità termica migliorata. Questo meccanismo può essere paragonato ai mattoni realiz-

zati con la lolla di riso: il principio adottato per la loro lavorazione è simile a quella che si potrebbe impiegare per gli scarti tessili. Inoltre le dimensioni di entrambi i materiali di scarto in questione, sono paragonabili e compresi tra i 2 e i 7mm circa.

Prima di effettuare le misurazioni di dimensioni e peso dei provini, è stato svolto un lavaggio con l'acqua per rimuovere la sabbia in eccesso rimasta sulla superficie dei provini. Le misurazioni delle dimensioni hanno fornito alcuni dati interessanti: in media tra i provini con la miscela dello 0% e del 6%, la lunghezza e la larghezza aumentano progressivamente fino ad arrivare ad una differenza di 8mm. Questo conferma il fatto che all'aumentare della concentrazione di scarti tessili, il provino crea un numero maggiore di vuoti all'interno, e tende a contrarsi di meno. Anche la misurazione del peso conferma la presenza dei vuoti, poiché in media il peso diminuisce all'aumentare della concentrazione degli scarti tessili.

Le prove di resistenza a compressione hanno fornito qualche informazione in più sia sulle caratteristiche dei provini, sia sul metodo di lavorazione. Per svolgere la prova sono stati posizionati sulle superfici superiore ed inferiore due ritagli di cartoncino vegetale dello spessore di 3mm, per livellare uniformemente la base di appoggio su cui la piastra andrà ad esercitare la forza a compressione. Nel corso della prova, tutti i provini hanno avuto lo stesso comportamento: sotto l'azione a compressione della piastra i provini si sono sgretolati. Solitamente durante la prova il blocco dovrebbe creparsi in maniera netta: in questa sperimentazione non è successo, poiché probabilmente durante la fase di stampo, la pressione esercitata manualmente per espellere l'aria all'interno dell'impasto, non è stata sufficiente per compattare l'impasto. Quindi se fosse stata svolto da un macchinario il provino non si sarebbe sgretolato, ma spaccato a metà. Tuttavia a partire dalla miscela del 3% a scendere, è stato osservato che tale fenomeno appare meno evidente ed è distribuito sulle superfici laterali, ciò dimostra che il blocco ha perso una percentuale di volume di argilla, rendendolo più leggero, pur mantenendo la sua caratteristica di resistenza a compressione.
È stato possibile effettuare la misurazione della resistenza a compressione, nonostante non si sia verificata la spaccatura netta del provino, come riportato nella *fig.147* (p.117): i valori ottenuti, misurati in N/mm^2 in relazione alla superficie, sono tra di loro coerenti e proporzionati.

La prova per ricavare la massa volumica apparente, mediante la pesatura idrostatica, ha permesso di confermare l'ipotesi formulata in precedenza: la pressione esercitata nella fase di stampo, essendo manuale, non è stata sufficiente per espellere uniformemente l'aria residua nell'impasto. Questo viene verificato dal fatto che anche nel calcolo del volume dei vuoti, V_{vu}, (*fig.151, p.119*) sono presenti $11cm^3$ nel provino senza gli scarti tessili sminuzzati. Inoltre bisogna tener conto che alcuni spigoli non sono stati stampati perfettamente, in ragion del fatto che tale fase è stata eseguita a mano. Questa prova è stata eseguita solo su tre provini, ovvero quelli con la miscela di 0%, 1,5% e 3% poiché hanno avuto un buon valore di resistenza a compressione durante la prova, cosa che non è avvenuta per i provini con

4,5% e 6%. Questo permette di ipotizzare che le miscele comprese tra lo 0% e il 3% potrebbero essere quelle in cui è possibile ottenere le prestazioni migliori, trovando il giusto equilibrio tra la resistenza meccanica e il valore di conducibilità termica.
I valori ottenuti della massa volumica apparente, espressa in Kg/m^3 (*fig.152, p.119*), sono molto significativi, riportandoli brevemente:

- 0%, prov. n.1, $M_{vol,app}$ = 1728 Kg/m^3

- 1,5%, prov. n.2, $M_{vol,app}$ = 1515 Kg/m^3

- 3%, prov. n.3, $M_{vol,app}$ = 1487 Kg/m^3

Questi valori indicano che per ogni metro cubo, all'aumentare della percentuale degli scarti tessili sminuzzati, diminuisce di circa 200Kg/m^3 l'argilla utilizzata per realizzare i blocchi. Questo indica che diminuisce molto il quantitativo di materia prima utilizzata, migliorando le capacità di isolamento termico, poiché vengono formate delle piccole '*camere d'aria*' all'interno della mattonella.

Nel sottocapitolo 5.2.2 verrà approfondito il metodo del calcolo per ottenere la conducibilità termica in relazione alla marcatura CE e alla normativa UNI EN: da questi risultati sarà possibile formulare qualche conclusione teorica.

5.2 - Verifica dei risultati in relazione alla normativa

5.2.1 - Dichiarazione dei Criteri Ambientali Minimi (CAM): definizione e dimostrazione.

La ricerca sullo sviluppo di prodotti a basso impatto ambientale, è in crescita costante e vengono proposte nuove soluzioni per promuovere tali prodotti, incentivando il riciclaggio dei rifiuti nei cicli di produzione industriale. Per affiancare le iniziative è necessario avere uno strumento di riferimento che definisca alcuni *standard*, per la realizzazione di un prodotto a basso impatto ambientale. Il D.M. 11 ottobre 2017 definisce i «*Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici*» [7], impiegando materiale riciclato. Questo documento è legato al Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi della pubblica amministrazione, [8] e i criteri descritti sono in continua evoluzione, cioè vengono periodicamente aggiornati parallelamente agli sviluppi tecnologici delle ricerche, e sono anche da tener conto per un'ipotetica gara appaltante per dimostrare il vantaggio economico dell'offerta. [9] I CAM sono nati per definire le caratteristiche e le prestazioni ambientali migliori rispetto alla media del settore, senza però escludere le leggi nazionali e regionali in vigore. Appare evidente che i CAM non sono finalizzati a se stessi, ma piuttosto sono una componente integrante della normativa, e forniscono

[7] D.M. 11 ottobre 2017, n. 259, in materia di «*Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici*», p.26.

[8] D.M. 259/17, p.27.
[9] D.M. 259/17, p.27.

un valore aggiunto ai requisiti ambientali in accordo con tutte le altre norme, come ad esempio i piani paesistici, i piani territoriali provinciali o i piani di assetto idrogeologico e molti altri. [10]

Tra i vari argomenti trattati nel D.M. 11 ottobre 2017, è presente una sezione per i «*criteri specifici per i componenti edilizi*»,[11] in cui vengono esplicitati i parametri e le condizioni per impiegare una quantità precisa di materiale riciclato, proveniente da rifiuti di produzione industriale e non, per ridurre l'utilizzo di risorse non rinnovabili, e migliorare la gestione dei rifiuti. Coerentemente con la sperimentazione proposta dalla Tesi, verrà considerata la sezione del documento che tratta i materiali in laterizio: essi vengono suddivisi in funzione del loro impiego nell'edificio, da un lato vengono considerati i laterizi impiegati per la muratura e i solai, mentre dall'altra le coperture, i pavimenti e la muratura faccia a vista. Nello specifico viene dichiarato che:

«I laterizi usati per muratura e solai devono avere un contenuto di materie riciclate e/o recuperate di almeno il 10% sul peso del prodotto. [...] I laterizi per coperture, pavimenti e muratura faccia a vista devono avere un contenuto di materie riciclate e/o recuperate di almeno il 5% sul peso del prodotto. [...] Al fine del calcolo della massa di materiale riciclato va considerata la qualità che rimane effettivamente nel prodotto finale». [12]

Tuttavia per poter determinare la percentuale di materia riciclata deve essere eseguita una fra le seguenti certificazioni:

- «*una dichiarazione ambientale di Prodotto di Tipo III (EPD), conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma ISO 14025*»; [13]

- «*una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato attraverso l'esplicitazione del bilancio di massa*»; [14]

- «*una certificazione di prodotto rilasciata da un organismo di valutazione della conformità che attesti il contenuto di riciclato attraverso l'esplicitazione del bilancio di massa che consiste nella verifica di una dichiarazione ambientale autodichiarata, conforme alla norma ISO 14021*». [15]

Nel caso della sperimentazione svolta, bisogna tener conto del fatto che nei provini, dopo la fase di cottura, gli scarti tessili si sono completamente bruciati, lasciando dei pori all'interno del mattone. (vedi p.119) L'impiego di una determinata percentuale di scarti tessili nella lavorazione del blocco, rientra nei Criteri Ambientali Minimi, anche se nel prodotto finito, gli scarti non sono più presenti. Infatti l'*Allegato 1* che tratta la '*Certificazione di prodotto del contenuto di riciclato/recuperato/sottoprodotto*', definisce la modalità per calcolare correttamente la percentuale di materiale riciclato tenendo conto del fattore di '*perdita al fuoco*'.[16]

---

[10] D.M. 11 ottobre 2017, n. 259, in materia di «*Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici*», p.28.
[11] D.M. 259/17, p.37.
[12] D.M. 259/17, p.38.
[13] D.M. 259/17 , p.38.
[14] D.M. 259/17, p.38.
[15] D.M. 259/17, p.38.
[16] D.M. 259/17, *Allegato 1: certificazione di prodotto del contenuto di riciclato/recuperato/sottoprodotto*.

Quest'ultimo fattore considera la perdita di massa del materiale riciclato, in seguito alla fase di cottura, in modo da considerare gli scarti utilizzati per arrivare al prodotto finito.
La percentuale del contenuto del materiale riciclato viene ottenuto con la seguente formula:

$$\text{Valore \%} = (\sum M_{cotto} / M_{tot}) \times 100 \quad (17)$$

in cui:

- M_{tot} = massa totale del prodotto finito

- M_{cotto} = massa del materiale considerato al termine al termine del processo di cottura

Quest'ultimo può essere ottenuto tramite la formula:

$$M_{cotto} = [M_{secco} \times (1-P_f)] \quad (18)$$

in cui:

- M_{secco} = massa secca del materiale ottenuta decurtando dalla M_{umida} la percentuale di umidità stabilita per lo specifico materiale considerato

- P_f = fattore di perdita al fuoco dello specifico materiale considerato

Quest'ultimo, nel caso non venga fornito dall'azienda, può essere ricavato:

$$Pf = (\sum M_{secco} - \sum M_{cotto}) / \sum M_{secco} \quad (19)$$

Tale calcolo può essere effettuato solamente se si tratta di materiali pre-consumer o post-consumer: se il materiale adottato non rientra in una delle due casistiche, il calcolo non può essere validato:

- Il materiale pre-consumer è quel «*materiale sottratto dal flusso dei rifiuti durante un processo di fabbricazione*.» [20]

- Il materiale post-consumer è quel «*materiale generato da insediamenti domestici o da installazioni commerciali, industriali e istituzionali nel loro ruolo utilizzatori finali del prodotto»*.[21]

Nel caso della sperimentazione, gli scarti industriali tessili, possono essere considerati dei materiali pre-consumer, poiché sono i rifiuti di post-filatura, la quale è una delle fasi del processo produttivo.

Riportando questo procedimento al caso della sperimentazione di mattonelle in argilla con scarti tessili sminuzzati, è possibile applicare la formula (19), il cui risultato è pari a 1: questo avviene poiché la $\sum M_{cotto}$ è uguale a 0g, in quanto gli scarti vengono completamente bruciati in fase di cottura.
Se in seguito viene applicata la formula (18), si sostituisce il valore ottenuto del fattore di perdita al fuoco, P_f , e si ottiene un valore pari a 0. Di conseguenza anche il valore percentuale del materiale riciclato risulta pari a 0, ed è spiegato dal fatto che a prodotto finito, non è presente neanche una piccola quantità di tessuto sminuzzato.

---

[17] D.M. 259/17, *Allegato 1: certificazione di prodotto del contenuto di riciclato/recuperato/sottoprodotto*, p.3.
[18] D.M. 259/17, *Allegato 1*, p. 3.
[19] D.M. 259/17, *Allegato 1*, p. 3.
[20] D.M. 259/17, *Allegato 2: convalida della dichiarazione ambientale di prodotto EPD*, p.3.
[21] D.M. 259/17, *Allegato 2*, p. 3.

Un'altra possibilità per poter ricavare il valore percentuale del materiale riciclato, è quella di effettuare la verifica dei seguenti parametri:

- *«contenuto di riciclato nel prodotto, calcolato considerando la massa secca del materiale riciclato (quindi decurtando la percentuale di umidità dei materiali componenti)»* [22]

- *«contenuto di riciclato nel prodotto, calcolato considerando la massa umida del materiale riciclato (quindi non decurtando la percentuale di umidità dei materiali componenti)»* [23]

Tuttavia nel calcolo di questi ultimi due parametri, non viene specificato come poter sostituire i nuovi valori da tenere in considerazione, ovvero la massa secca e al massa umida, nel calcolo della percentuale del contenuto riciclato.
L'altra possibilità, come già accennato in precedenza, è di effettuare una Dichiarazione Ambientale del Prodotto di tipo III con un EPD. La *Convalida della Dichiarazione Ambientale di Prodotto EPD*, riferito al D.M. 259/17, viene esplicitata nell'*Allegato 2*, [24] in cui viene specificata la finalità di tale dichiarazione: "convalidare il contenuto di materiale riciclato nel laterizio dichiarato dal produttore, e altri aspetti ambientali allo scopo di ridurre gli impatti derivanti dalla produzione del laterizio" [25]. Viene inoltre specificato che il documento può essere validato se soddisfa i requisiti imposti dalle normative UNI EN 14025 e EN 15804[26]

5.2.2 - Verifica della normativa in relazione alla marcatura CE

Ai fini della Tesi, viene proposto un confronto con la normativa attuale dei valori ottenuti di resistenza a compressione, massa volumica e conducibilità termica, per valutare il potenziale dei provini MAST (Mattoni in Argilla con Scarti Tessili) se messi a confronto con i requisiti della marcatura CE.
Si tratta di una marcatura che viene messa in relazione con le normative UNI per molti prodotti commercializzati, infatti il marchio CE «*attesta che il prodotto è stato valutato e rispetta i requisiti previsti dall'UE in materia di sicurezza, salute e tutela dell'ambiente*».[27] Nel caso dei prodotti edilizi e quelli da costruzione devono avere, per la maggior parte, la marcatura CE dichiarando le prestazioni richieste.

Il *Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR)* definisce le caratteristiche fondamentali che soddisfano i requisiti minimi: la resistenza meccanica e la stabilità, la sicurezza in caso di incendio, l'igiene, la salute, la sicurezza e l'accessibilità nell'uso, la protezione contro il rumore, il risparmio energetico e ritenzione del calore, e l'uso sostenibile delle risorse naturali. [28]
In riferimento a tale regolamento e alla marcatura CE, l'ente *ANDIL*, *Associazione Nazionale degli Industriali dei Laterizi*, che si occupa delle normative che interessano in particolare il laterizio, ha redatto le *Linee Guida ANDIL all'applicazione del CPR n.305/11*, riguardante l' «*Implementazione per i 'prodotti in laterizio soggetti*

[22] D.M. 259/17, *Allegato 1: certificazione di prodotto del contenuto di riciclato/recuperato/sottoprodotto*, p.5.
[23] D.M. 259/17, *Allegato 1*, p. 5.
[24] D.M. 259/17, *Allegato 2: convalida della dichiarazione ambientale di prodotto EPD*.
[25] D.M. 259/17, *Allegato 2*, p. 1.
[26] D.M. 259/17, *Allegato 2*, p. 5.
[27] *https://europa.eu/youreurope/business/product/ce-mark/index_it.htm*, consultato il 26/11/2018
[28] *https://europa.eu/youreurope/,* consultato il 26/11/2018

a marcatura CE' delle disposizioni del Regolamento (UE) n.305/2011 per la commercializzazione dei Prodotti da Costruzione». [29] In questo documento vengono riportate le normative di riferimento di tutti i prodotti che possono essere realizzati in laterizio: gli elementi per muratura di laterizio, gli elemento per il solaio, gli elementi di copertura, e gli elementi per le pavimentazioni. Quindi per ottenere il marchio CE bisogna verificare l'attinenza dei prodotti alla normativa esplicitata e nel momento in cui viene rilasciata la marcatura, il produttore diventa responsabile «*della conformità del prodotto da costruzione alla dichiarazione di prestazione»*.[30]

Prova di resistenza a compressione: UNI EN 771-1 e UNI EN 772-1

La normativa UNI EN 771-1 raccoglie tutte le informazioni necessarie di carattere generale: *Specifica per elementi per muratura - Parte 1: Elementi di laterizio per muratura*. In essa vengono specificate le tolleranze delle prestazioni del prodotto in laterizio «*secondo i corrispondenti metodi di prova contenuti in altre norme europee»*[31] Il primo parametro che verrà preso in analisi è la resistenza a compressione di elementi portanti, che deve essere dichiarata dal fabbricante. Inoltre il fabbricante deve «*dichiarare la resistenza a compressione normalizzata quando pertinente»*[32], oltre a segnalare se si tratta di un elemento di Categoria I o Categoria II. Gli elementi di Categoria sono gli «*elementi con resistenza a compressione dichiarata con probabilità di non raggiungere il valore dichiarato non superiore al 5%. La resistenza può essere determinata come valore medio o valore caratteristico»*.[33] Mentre gli elementi di Categoria II vengono definiti come «*elementi per i quali non è previsto di raggiungere il livello di confidenza stabilito per il elementi di categoria I»*. [34]

Per effettuare correttamente la prova a compressione è necessario effettuare una campionatura dei materiali in laterizio, che rientrino nei requisiti forniti dall'appendice A e dalla norma UNI EN 772-1:

- «*la resistenza a compressione media del numero specificato di elementi di laterizio per muratura da una partita di merce non deve essere minore della resistenza a compressione dichiarata»*; [35]

- «*le singole resistenze dei provini misurati entro il campione di prova non devono essere minori dell'80% del valore dichiarato»*.[36]

Inoltre viene fornita un'ampia casistica di blocchi di laterizio forati, poiché bisogna tener conto della superficie su cui viene esercitata la forza a compressione, ma nel caso di questa sperimentazione i provini non hanno nessun tipo di foratura poiché sono blocchi pieni.

La normativa UNI EN 772-1 *Metodi di prova per elementi per muratura - Parte1: Determinazione della resistenza*

[29] ANDIL Associazione Nazionale degli Industriali dei Laterizi, *Linee guida ANDIL all'applicazione del CPR n.305/11 - Implementazione per i 'prodotti in laterizio soggetti a marcatura CE' delle disposizioni del Regolamento UE n. 305/2011 per la commercializzazione dei Prodotti da Costruzione*, Roma, 2013, p.5.

[30] ANDIL Associazione Nazionale degli Industriali dei Laterizi, *op.cit.,* p.17.

[31] UNI EN 771-1:2015, *Specifica per elementi per muratura - Parte 1: Elementi di laterizio per muratura,* p. 1.

[32] UNI EN 771-1:2015, *op.cit.,* p.3

[33] [34] Consorzio Alveolater, *La Marcatura CE: informazioni e chiarimenti,* 2015, p.2.

[35] [36] UNI EN 772-1:2015, *Metodi di prova per elementi per muratura - Parte 1: Determinazione della resistenza a compressione,* p. 11.

a compressione fornisce gli strumenti informativi per poter svolgere correttamente la prova a compressione e per valutare i risultati ottenuti. Vengono descritte tutte le fasi della preparazione dei provini, in quanto la superficie deve essere livellata e uniforme, infatti nel caso della sperimentazione è stato necessario aggiungere un piccolo spessore sulle facce per validare la prova (i provini sono stati realizzati manualmente e le superfici non sono perfette). Inoltre i provini dovevano restare in una determinata condizione climatica: per mantenere tale condizione è necessario eseguire il primo metodo proposto dal '*Condizionamento per essiccazione all'aria*' proposto dalla normativa. [37] Quest'ultima propone al capitolo 9 le modalità di calcolo della resistenza a compressione: «*calcolare la resistenza di ciascun provino dividendo il carico massimo raggiunto per l'area di carico, che corrisponde all'area lorda degli elementi destinati ad essere posati su un letto continuo di malta, a semplice rottura di giunto o a rottura di giunto multipla*»[38]

Superficie media provini [mm²]	Miscela [%]	Resistenza a compressione [N/mm²]
8110	0,0	19,6
8510	1,5	12,5
8615	3,0	10,3
8840	4,5	5,6
8850	6,0	5,0

fig 154 - Tabella in cui vengono riportati i valori medi ottenuti per ogni tipologia di miscela della resistenza a compressione, espressa in N/mm² .

Infine viene specificato che l'unità di misura impiegata deve essere N/mm²; nella sperimentazione eseguita sui provini MAST è stata riportata l'unità di riferimento richiesta dalla normativa, come indicato nella seguente tabella riproposta. (*fig.154*)

I valori ottenuti con le percentuali di miscelazione 1,5% e 3% sono quelli su cui è possibile verificare la prova a compressione: il valore dichiarato per gli elementi di muratura portante minino è di 5 N/mm².

Prova massa volumica: UNI EN 772-3 e UNI EN 772-13.

Il calcolo per ottenere la massa volumica permette di verificare la quantità di materia risparmiata, tenendo conto dei vuoti creati all'interno dei provini MAST, e di quantificare, in un secondo momento, il valore della conducibilità termica. Come nella normativa analizzata in precedenza, vengono fornite le informazioni necessarie per ottenere il valore corretto: prima di ottenere la massa volumica apparente è necessario svolgere un passaggio precedente. Si cerca il riferimento alla UNI EN 772-3 *Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione del volume netto e della percentuale dei vuoti degli elementi di muratura di laterizio mediante pesatura idrostatica*[39] per seguire il procedimento proposto: in primo luogo bisogna misurare la lunghezza, la larghezza e l'altezza del provino, dopodiché si prosegue con la sua immersione in acqua per un

[37] UNI EN 772-1:2015, *Metodi di prova per elementi per muratura - Parte 1: Determinazione della resistenza a compressione,* p. 6.
[38] UNI EN 772-1:2015, *op.cit.,* p. 8.
[39] UNI EN 772-3:2000, *Metodi di prova per elementi per muratura - Determinazione del volume netto e della percentuale dei vuoti degli elementi di muratura di laterizio mediante pesatura idrostatica*.

tempo di circa un ora. In seguito nel momento in cui «*le masse apparenti, misurate in due pesate successive ad un intervallo di trenta minuti l'una dall'altra, differiscono di meno dello 0,2%, rimuovere il provino dall'acqua e registrare il risultato della seconda pesata come massa apparente*».[40] Infine viene rimossa l'acqua superficiale in eccesso con un panno umido e viene nuovamente determinato il peso.

Dopo aver effettuato le pesate sopracitate si può procedere con il calcolo del volume netto del provino che si ottiene con la seguente formula:

$$V_{nu} = (M_{au} - M_{wu}) / \rho_w \qquad (41)$$

in cui:

V_{nu} = volume netto del provino

M_{au} = massa del provino impregnato d'acqua

M_{wu} = massa del provino immerso nell'acqua

ρ_w = massa volumica dell'acqua

In questo calcolo la massa volumica dell'acqua è stata approssimata a 1000 Kg/m^3 e, convertita in 1g/cm^3, poiché le unità di misura utilizzate per le misurazioni sono i grammi (g) e i centimetri cubi (cm^3).

In seguito viene calcolato il volume lordo del provino, che viene ricavato con la seguente formula:

$$V_{gu} = l_u \times w_u \times h_u \qquad (42)$$

In cui:

V_{gu} = volume lordo del provino

l_u = lunghezza del provino

w_u = larghezza del provino

h_u = altezza del provini

Successivamente si può calcolare il volume dei vuoti interni (V_{vu}):

$$V_{vu} = V_{gu} - V_{nu} \qquad (43)$$

Infine si calcola la percentuale dei vuoti interni al provino:

$$(V_{vu} / V_{gu}) \times 100 \qquad (44)$$

Come viene riportata nella tabella seguente (fig.155) è stato svolto il calcolo per tre provini con tre percentuali di miscela differente: le miscele del 1,5% e 3% sono quelle che hanno ottenuto un valore sufficiente nella prova a compressione, poiché la percentuale dei vuoti permette di non compromettere le prestazioni meccaniche.

---

[40] UNI EN 772-3:2000, *Metodi di prova per elementi per muratura - Determinazione del volume netto e della percentuale dei vuoti degli elementi di muratura di laterizio mediante pesatura idrostatica,* p.4.

[41] UNI EN 772-3:2000, *op.cit.,* p. 3.
[42] UNI EN 772-3:2000, *op.cit.,* p. 4.
[43] UNI EN 772-3:2000, *op.cit.,* p. 4.
[44] UNI EN 772-3:2000, *op.cit.,* p. 4.

Denominazione prodotto : Mattonelle con scarti tessili

Provino n°	Volume lordo Vgu cm³	Volume netto Vnu cm³	Volume dei vuoti Vvu cm³	% dei vuoti Vvu / Vgu %
1 (0 %)	*250*	*239*	*11*	4,4
2 (1,5 %)	*265*	*245*	20	7,5
3 (3 %)	*271*	*246*	25	9,2

fig 155 - Determinazione del volume netto e della percentuale dei vuoti mediante pesatura idrostatica (UNI EN 772-3). Vengono evidenziati in giallo i valori del volume dei vuoti interni ai provini, ottenuti con il calcolo proposto dalla normativa.

In seguito viene fatto il calcolo della massa volumica con riferimento alla normativa UNI EN 772-13 *Metodi di prova per elementi in muratura - Determinazione della massa volumica a secco assoluta e della massa volumica a secco apparente degli elementi di muratura* [45] : il procedimento descritto è il medesimo svolto in laboratorio per la sperimentazione. I provini vengono lasciati asciugare e viene considerata «*raggiunta la massa costante se durante il processo di essiccazione, in due pesate successive con intervallo di 24h, la perdita fra due determinazioni è minore dell 0,2% della massa totale*» [46]. Il valore del peso dei provini è stato ricontrollato, affinché il risultato fosse veritiero.
La normativa specifica, inoltre le modalità con cui poter effettuare il calcolo del volume netto e il metodo adottato è quello «*per gli elementi di muratura in laterizio, con pesata idrostatica secondo il prEN 772-3*». [47]
Per ottenere la massa volumica si utilizza la seguente equazione:

$$\rho_{n,u} = M_{dry} / V_{n,u} \qquad (48)$$

in cui:

$\rho_{n,u}$ = massa volumica assoluta a secco

M_{dry} = massa del provino a secco

$V_{n,u}$ = volume netto del provino

I risultati ottenuti non tengono del volume occupato dagli spazi vuoti all'interno del provino, quindi tiene in conto solo l'impasto argilloso. Tuttavia con il calcolo della massa volumica apparente, è possibile tenere in considerazione anche il volume degli spazi la-

[45] UNI EN 772-13:2002, *Metodi di prova per elementi in muratura - Determinazione della massa volumica.*
[46] UNI EN 772-13:2002, *op.cit.* , p.2.
[47] UNI EN 772-13:2002, *op.cit.* , p.3.
[48] UNI EN 772-13:2002, *op.cit.* , p.3.

Provino n°	Mdry (gr)	Mau (gr)	Mwu (gr)	Massa volumica a secco apparente Kg /m³	Massa volumica a secco assoluta Kg /m³
1	432	486	247	1728	1807
2	401,5	470	225	1515	1639
3	403	475	229	1487	1638

fig 156 - Determinazione della massa volumica apparente e assoluta mediante le informazioni fornite dalla UNI EN 772-13. Vengono evidenziati in giallo i valori della massa volumica apparente e assoluta che sono stati ricavati.

sciati dopo la cottura dei provini.

L'equazione da sviluppare per ottenere la massa volumica apparente secca è:

$$\rho_{g,u} = M_{dry} / V_{g,u} \qquad (49)$$

In cui:

$\rho_{g,u}$ = massa volumica apparente secca del provino

M_{dry} = massa del provino secca

$V_{g,u}$ = volume lordo del provino

I calcoli sono stati effettuati per i tre provini con miscelazione differente e si può notare una diminuzione del contenuto di argilla man mano che aumenta la concentrazione di scarti tessili e si otterrebbe un notevole risparmio di materia prima. Nella tabella seguente è possibile osservare l'andamento decrescente del valore della massa volumica apparente e assoluta.

Da questi valori è possibile ricavare facilmente il valore della conducibilità termica.

Determinazione della conducibilità termica: UNI EN 1745

La normativa UNI EN 1745 *Metodi per determinare le proprietà termiche* [50] definisce i valori di resistenza termica e di conducibilità termica degli elementi e prodotti in muratura a secco. Tuttavia viene precisato che «*i valori tabellari sono validi per materiali sottoposti al controllo di produzione in fabbrica della massa volumica a secco netta ma non direttamente ai valori λ misurati. I valori* $\lambda_{10,dry,mat}$ *sono indicati come frattili del 50% e 90%*». [51]

Avendo effettuato in precedenza il calcolo della massa volumica apparente, è possibile inserire tali dati nella tabella allegata dell'appendice A in cui vengono riportati i valori della conducibilità termica. Trattandosi di valori costanti, per avere il valore di conducibilità termica preciso è stato applicato il meto-

[49] UNI EN 772-13:2002, *Metodi di prova per elementi in muratura - Determinazione della massa volumica,* p.4.

[50] UNI EN 1745:2012, *Metodi per determinare le proprietà termiche.*

[51] UNI EN 1745:2012, *op.cit.,* p.2.

do dell'interpolazione con l'ausilio del foglio di calcolo Excel.

La tabella riportata (*fig.157*) tiene conto dei valori con P=50% in quanto : «*i calcoli a supporto della Direttiva sulla prestazione energetica degli edifici e non ai singoli prodotti. I valori di U utilizzati in tali calcoli sono basati sulla resistenza termica media degli elementi per muratura. Pertanto il valore λ del materiale raccomandato è il frattile del 50%*». [52]

Sul grafico (*fig.158*) è stata tracciata l'ipotetica retta che attraversa i valori segnalati dalla tabella fornita dalla normativa. Di conseguenza è stata ricavata l'equazione che definisce la retta, in modo da poter delineare i valori di conducibilità termica relativi ai provini sperimentali (quelli a cui è

Massa volumica del materiale (massa volumica a secco netta)	$\lambda_{10,dry,mat}$
[Kg/m³]	[W/(mK)]
1000	0,20
1100	0,23
1200	0,26
1300	0,30
1400	0,34
1500	0,37
1600	0,41
1700	0,45
1800	0,49
1900	0,53
2000	0,58
2100	0,62
2200	0,67
2300	0,72
2400	0,77

fig 157 - Tabella dell'appendice A, UNI EN 1745, in cui vengono riportati i valori di conducibilità termica in relazione alla massa volumica apparente.

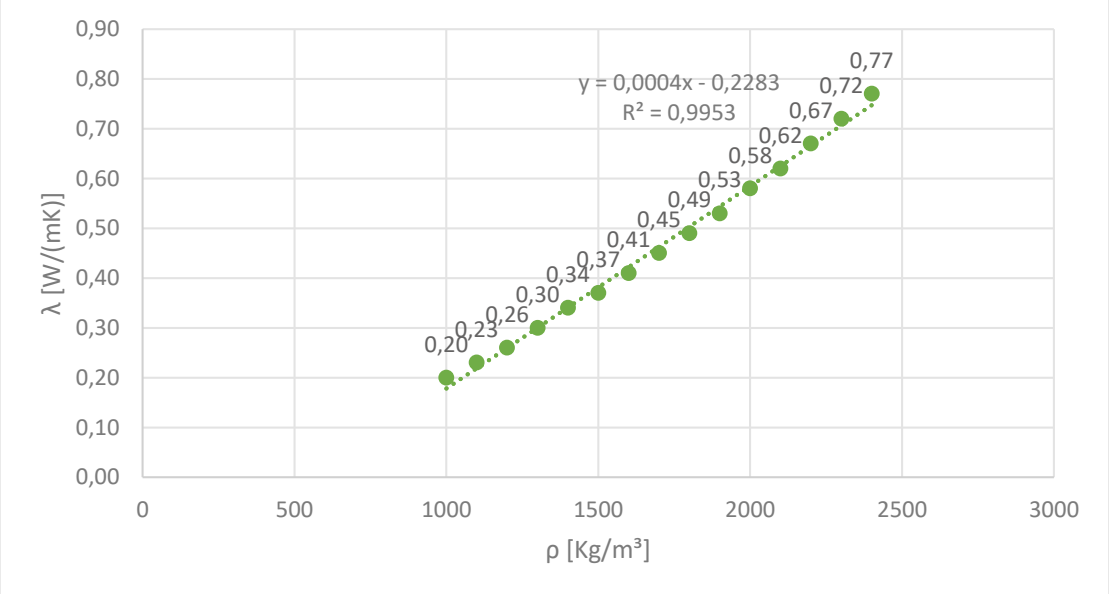


fig 158 - Grafico ricavato con il metodo dell'interpolazione, applicando sul foglio di calcolo Excel una regressione lineare e ottenere i valori precisi della conducibilità termica.

[52] UNI EN 1745:2012, *Metodi per determinare le proprietà termiche,* p.18.

	Massa volumica del materiale (massa volumica a secco netta)	$\lambda_{10,dry,mat}$
n°provino	[Kg/m³]	[W/(mK)]
1	1728	0,474
2	1515	0,388
3	1487	0,376

fig 159 - Tabella riassuntiva dei valori di conducibilità termica, ottenuti con il metodo di interpolazione.

stato possibile ricavare il valore della massa volumica apparente). Si osserva che al diminuire della massa volumica, diminuisce il valore della λ e quindi migliorando le prestazioni di isolamento termico.

Osservazioni conclusive

I risultati ottenuti in tutte le prove svolte hanno permesso di indirizzare la ricerca verso la miscela di argilla e scarti tessili, migliore: tra l'1,5% e il 3% la miscela degli scarti sminuzzati, migliora le prestazioni termiche, rende più leggero il manufatto e permette di avere una buona resistenza a compressione. Se i provini sperimentali hanno già fornito dei risultati positivi, la ricerca potrebbe proseguire con la realizzazione di blocchi in laterizio forati, per le pareti portanti o interne, in modo da ripetere i medesimi test e valutarne le prestazioni. La sperimentazione svolta si era posta l'obiettivo di valutare la possibilità di ricerca in un territorio circoscritto, che permetterebbe di sviluppare una simbiosi industriale con un nuovo prodotto edilizio. In tal modo è possibile formulare alcune ipotesi per realizzare una filiera, in grado di promuovere la produzione industriale di tale blocco.
Lo sviluppo del blocco MAST (Mattoni in Argilla con Scarti Tessili) deve essere accuratamente progettato, poiché la realizzazione di una filiera industriale, per ora ipotetica, comporta la risoluzione di alcune problematiche, come per esempio il trasporto, lo sminuzzamento dei tessuti, l'inserimento degli scarti nell'impasto con la quantità giusta. Verranno quindi analizzati diversi scenari di sviluppo della filiera industriale, nell'ipotesi che il blocco sperimentale possa essere realizzabile e in accordo con le normative.

CONCLUSIONE

Conclusione

B.1 - Possibilità di sviluppo e problematiche da risolvere.

B.1.1. - Scenari e organizzazione della filiera Industriale

Le teorie analizzate sulla simbiosi industriale dimostrano che i vantaggi, che le aziende traggono dall'applicazione di questa strategia, sono molteplici. I benefici sono sia economici, sia ambientali: da un lato, viene reimpiegato uno scarto, definito rifiuto speciale, in un processo produttivo, diventando una materia prima; dall'altro lato, vengono ridotti gli impatti ambientali provocati dallo smaltimento in discarica dei rifiuti tessili, impiegandoli in un nuovo processo di produzione, e viene ridotta la quantità di materia prima estratta (argilla).
In questo territorio sono già presenti alcuni presupposti ottimali per formulare scenari ipotetici per la realizzazione di una simbiosi industriale. Infatti alcuni aspetti li ritroviamo nella definizione delle tre linee-guida (*cap. 3.2 - I Distretti di Simbiosi Industriale: analisi e definizione*):
1. Uso di sottoprodotti o rifiuti, provenienti da altre aziende, come materia prima; [(1)]
2. Generare sottoprodotti o rifiuti che possono essere riutilizzati come materia prima da altre aziende; [(2)]
3. Definire i vantaggi della collaborazione tra diverse aziende nel processo produttivo. [(3)]
Queste possono essere, in via teorica, applicate al caso proposto dalla Tesi: gli scarti industriali tessili in poliestere di post-filatura, prodotte dall'azienda *FIDIVI Tessitura Vergnano*, possono essere considerati come MPS (Materie Prime Secondarie), in quanto vengono immesse nel processo produttivo di un blocco di laterizio nella vicina *Fornace Carena*. Tuttavia ci sono alcune questioni che sono da analizzare e progettare: la quantità settimanale o mensile di scarti, che la *FIDIVI Tessitura Vergnano* potrebbe produrre, in modo che sia possibile realizzare un numero sufficiente di blocchi per arrivare alla scala industriale; l'organizzazione delle modalità di trasporto, che si presume possa essere svolto su gomme, data la distanza ridotta tra le due aziende; e infine le modalità per svolgere lo sminuzzamento degli scarti tessili.
Per quest'ultima questione possono essere individuati tre scenari differenti:
- la fase dello sminuzzamento degli scarti avviene presso l'azienda tessile;
- la fase di sminuzzamento viene svolta direttamente in fornace;
- la fase di sminuzzamento viene totalmente gestita da un terzo ente, specializzato nel riciclaggio.

A questa analisi sarà affiancata successivamente, una ricerca preliminare su un macchinario in grado di sminuzzare il tessuto con la pezzatura necessaria alla produzione.

[(1)] [(2)] [(3)] AA. VV. , *The industrial symbiosis in the production development: an approach through the DFIS,* in «Procedia manufacturing», 21 (2018), pp. 864.

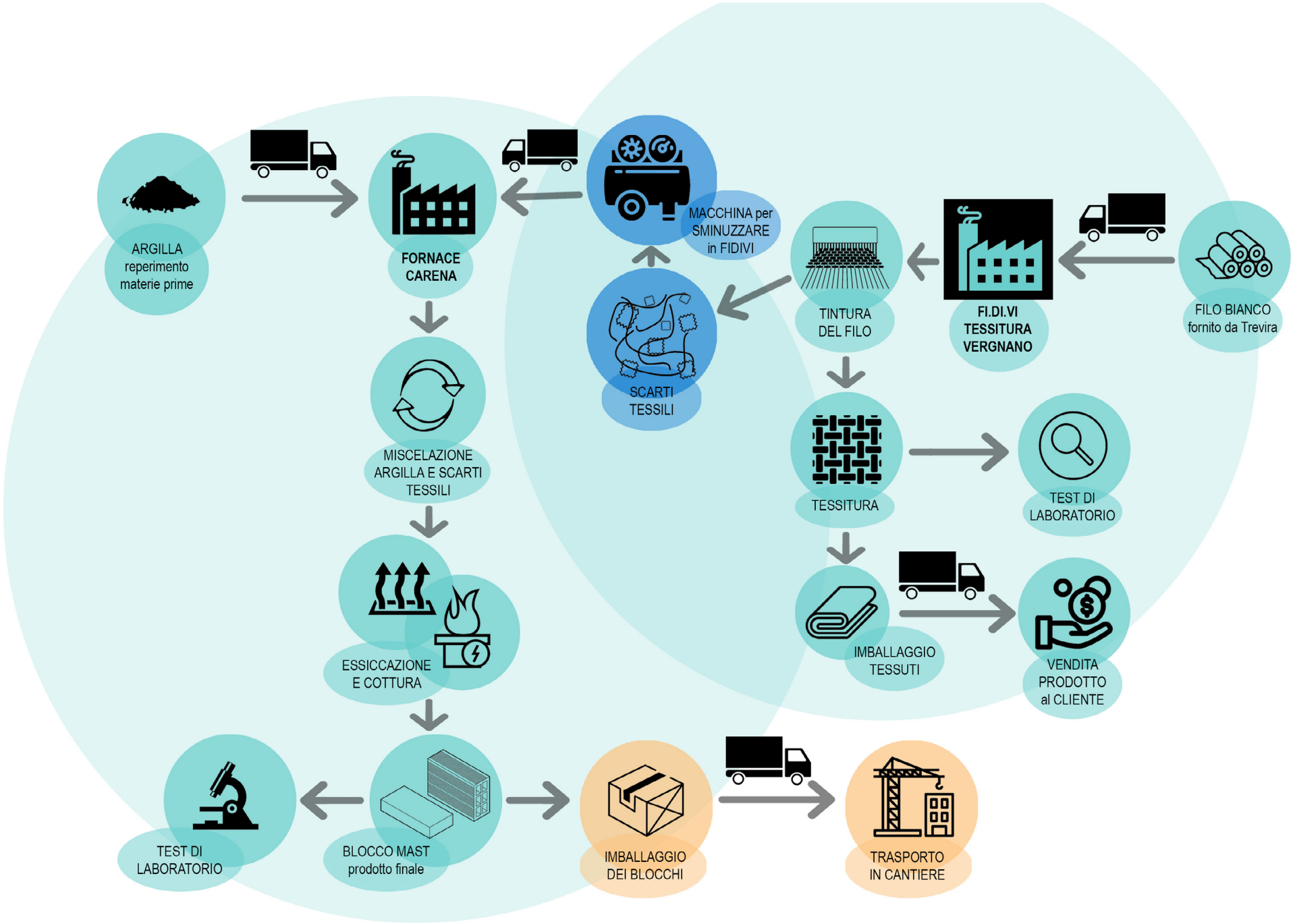


fig 160 - Il diagramma rappresenta il primo scenario di sviluppo della filiera industriale tra la FIDIVI Tessitura Vergnano di Poirino e la Fornace Carena di Cambiano. Gli scarti tessili vengono sminuzzati presso la FIDIVI Tessitura Vergnano e trasportati alla Fornace Carena.

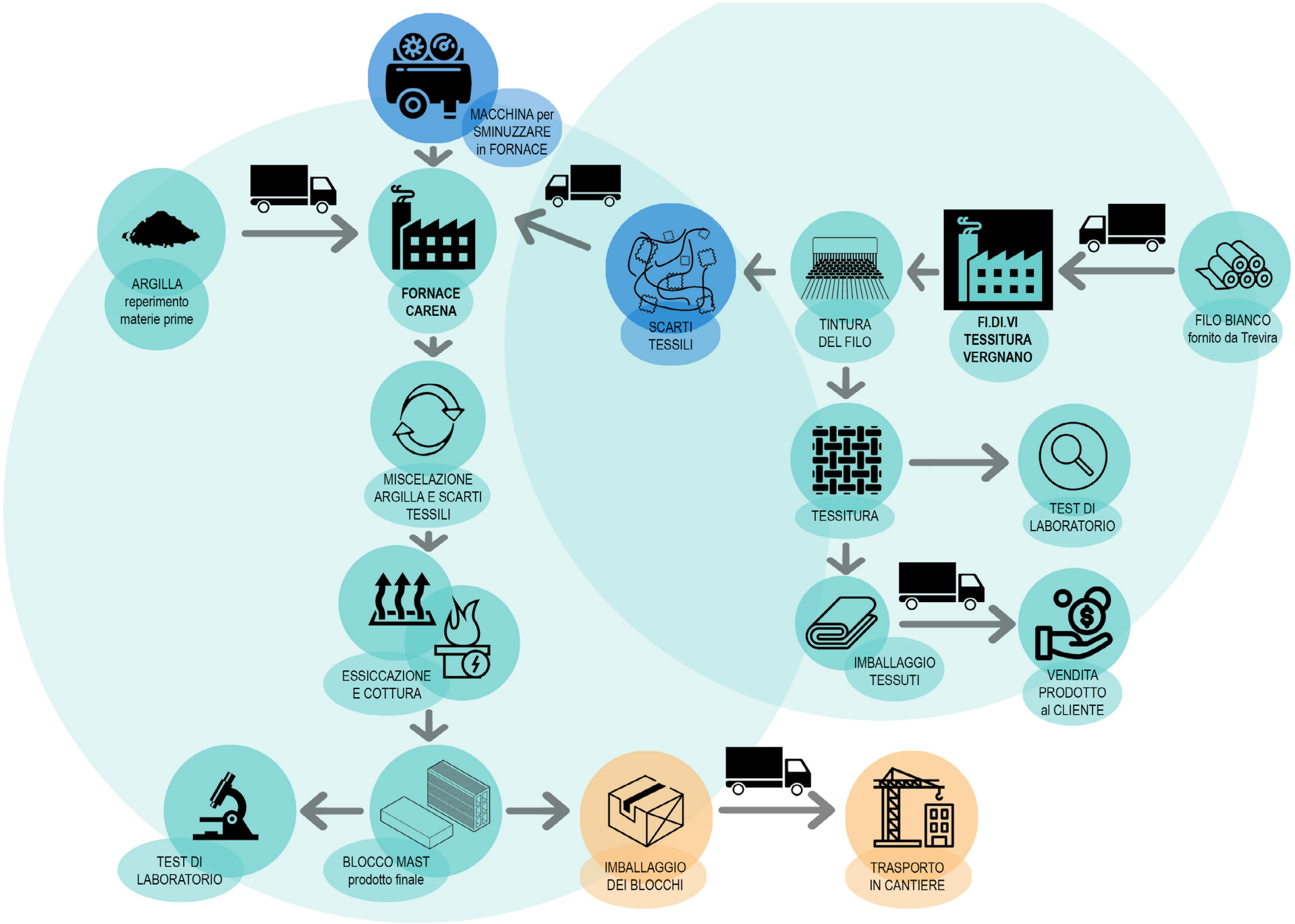


fig 161 - Il diagramma rappresenta il primo scenario di sviluppo della filiera industriale tra la FIDIVI Tessitura Vergnano di Poirino e la Fornace Carena di Cambiano. Gli scarti tessili vengono sminuzzati presso la Fornace Carena, e in seguito viene avviato il processo di miscelazione dell'impasto.

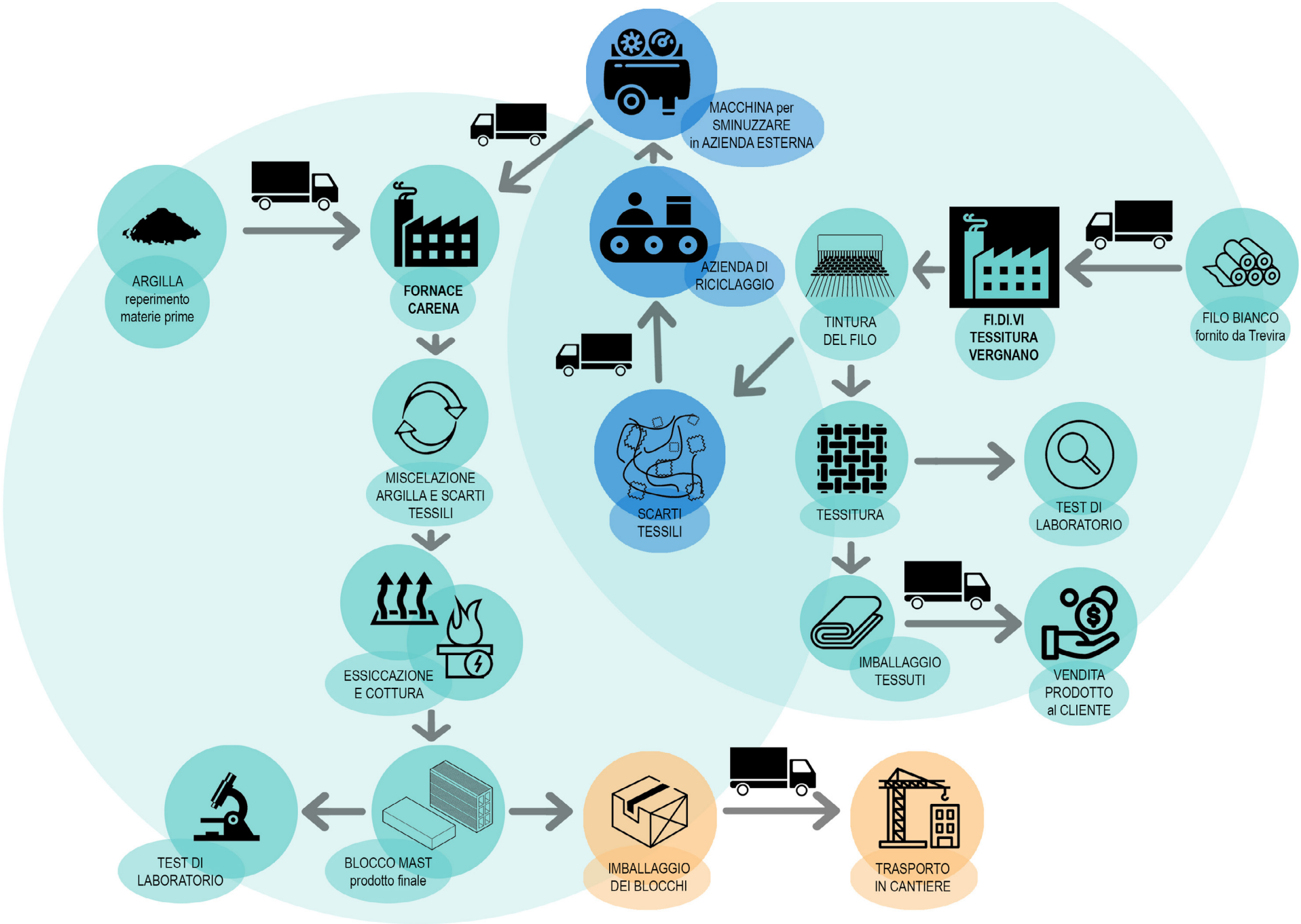


fig 162 - Il diagramma rappresenta il primo scenario di sviluppo della filiera industriale tra la FIDIVI Tessitura Vergnano di Poirino e la Fornace Carena di Cambiano. Gli scarti tessili vengono sminuzzati da un terzo ente, specializzato nel riciclo dei rifiuti e poi trasportati verso la Fornace Carena.

B.1.2. - Ipotesi per l'impiego di una macchina specializzata nello sminuzzamento dei rifiuti

Al fine di realizzare la filiera viene posta un'altra importante questione: lo sminuzzamento degli scarti tessili post-filatura. Per le finalità circoscritte alla stesura della Tesi, questo processo è stato eseguito manualmente, come viene descritto nel sottocapitolo *5.1.2. - Fasi di lavorazione*, tuttavia nell'ipotesi di un'organizzazione di una filiera industriale è un aspetto che deve essere studiato e progettato.
È stata svolta una ricerca preliminare sulle macchine macinatrici industriali, e sono state ritrovate alcune opzioni che possono soddisfare le necessità richieste. L' azienda *ISVE - TRITOTUTTO* realizza macinatori e trituratori in grado di triturare molte tipologie di rifiuti, e fra tutti i prodotti proposti, la tipologia di macchinario più attinente al caso trattato, sono i granulatori a lama. Il modello riportato nelle immagini (*fig.162* e *fig.164*) è un modello di granulatore denominato C-40100K dotato di tre lame rotanti in grado di triturare anche elementi voluminosi, impiegando un sistema con «*doppio angolo di taglio ad 'effetto forbice', per una maggiore efficienza*» [4] . Tuttavia un aspetto che non deve essere trascurato è la temperatura di fusione del poliestere, infatti bisogna valutare se il calore provocato dall'attrito dalle lame non provochi un blocco del macchinario.

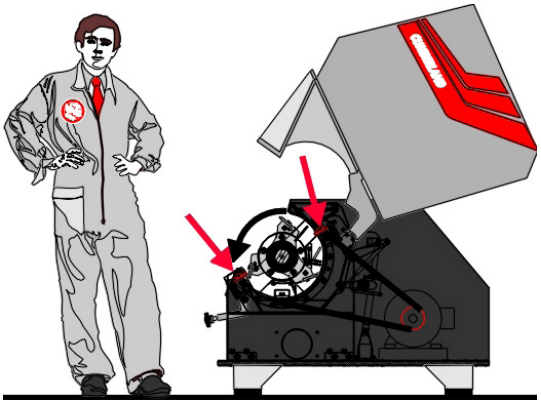


fig 163 - Schema del movimento rotatorio, I Mulini Ruotano In Senso Antiorario, Per Favorire La 'presa' Su Elementi Voluminosi. Si tratta di un granulatore a lama modello C-40100-3K. [6]

fig 162 - Immagine granulatore a lama modello C-40100-3K. [5]

fig 165 - Immagine granulatore a lama modello C-40100-3K. [7]

(4) *http://www.tritotutto.com/it/granulatori-a-lama*, consultato il 26/11/2018.
(5) *http://www.tritotutto.com/it/granulatori-a-lama*, consultato il 26/11/2018.
(6) *http://www.tritotutto.com/it/granulatori-a-lama*, consultato il 26/11/2018.
(7) *http://www.tritotutto.com/it/granulatori-a-lama*, consultato il 26/11/2018.

Una seconda possibilità è quella di impiegare una macchina idonea per la realizzazione di campioni, ma che potrebbe costituire anche una soluzione industriale. L'azienda che si occupa di queste macchine è la *Retsch - Milling, Sieving, Assisting*, che propone un'ampia varietà di mulini per la macinazione e frantumatori.

Il Mulino a taglienti SM 400 XL, riportato nell'immagine (fig.166), è adatto «*alla macinazione di materiali soffici, medio-duri, difficili, elastici, fibrosi ed eterogenei*» [8]. Si tratta di un mulino con un motore da 3kW che permette di macinare una gran varietà di rifiuti come: «*carta, cartone, cavi, combustibili derivati rifiuti, fogli, gomma, legno, materiali vegetali, miscele di materiali, ossa, paglia, plastica, polimeri, prodotti farmaceutici, resine, spezie, tessuti*».[10] Quindi i suoi campi di applicazione sono molto generici e questo la rende una macchina molto versatile, con un ottimo effetto da taglio, e che permette di ottenere delle finezze ben precise, grazie «*ai setacci intercambiabili con apertura nominale da 1 a 20 mm*». [11]

fig 165 - Immagine del modello mulino a taglienti SM 400 XL. [9]

Il suo meccanismo di funzionamento avviene con la «*combinazione di taglio e frizione tra le lame del rotore e quelle fisse posizionate nella camera di macinazione*» [12]. Il Mulino a taglienti dovrebbe essere in grado di sminuzzare correttamente gli scarti tessili utilizzati in questa sperimentazione: la scheda tecnica del mulino, propone una pezzatura in ingresso minore di 170x220mm, tuttavia si tratta di un materiale molto flessibile e risulterebbe semplice l'immissione degli scarti, nonostante si presenti a gruppi di fili aggrovigliati lunghi diversi metri. Il procedimento di sminuzzamento potrebbe richiede più di una sola triturazione, in quanto alcuni fili, potrebbero rimanere nella parte superiore del setaccio: tuttavia questi possono essere rimossi facilmente e immessi nuovamente nel mulino a taglienti.

In conclusione quest'ultimo macchinario potrebbe essere l'opzione che più si adatta alla sperimentazione proposta dalla Tesi, e potrebbe costituire l'anello di congiunzione tra le due aziende.

---

[8] [9] *https://www.retsch.it/it/prodotti/macinazione/mulini-a-taglienti/sm-400-xl/funzioni-e-caratteristiche/*, consultato il 26/11/2018.

[10] [11] *https://www.retsch.it/it/prodotti/macinazione/mulini-a-taglienti/sm-400-xl/funzioni-e-caratteristiche/*, consultato il 26/11/2018.

[12] *https://www.retsch.it/it/prodotti/macinazione/mulini-a-taglienti/sm-400-xl/funzioni-e-caratteristiche/*, consultato il 26/11/2018.

B.2 - Ipotesi per un progetto futuro

Il lavoro per poter organizzare e realizzare una filiera sul territorio dell' Altopiano di Poirino, è ancora lungo: la Tesi propone una sperimentazione di un prodotto nuovo, che se sviluppato a scala industriale, permette di fornire un valore aggiunto al territorio stesso, creando una simbiosi industriale a scala locale. I risultati ottenuti dalla sperimentazione del blocco MAST, Mattoni in Argilla con Scarti Tessili, forniscono una base, da cui poter partire per sviluppare un blocco di laterizio forato.
Tra gli scenari proposti nei capitoli precedenti, il nodo principale della questione è la modalità e la località in cui gli scarti possono essere sminuzzati. Il primo scenario potrebbe risultare quello più vantaggioso, poiché gli scarti verrebbero sminuzzati direttamente nell'azienda tessile, e l'acquisto di un macchinario specializzato, come un Mulino a tagliente, potrebbe essere un investimento positivo. Tuttavia anche il terzo scenario potrebbe essere vantaggioso, se l'azienda esterna che si occupa del riciclaggio, si trova nei pressi di entrambe le aziende. In linea teorica, bisognerebbe trovare un'azienda di riciclaggio interessata ad entrare a far parte della filiera. Infine il secondo scenario ipotizzato, potrebbe sviluppare una catena produttiva in cui gli scarti triturati vengono immessi direttamente nella miscela con l'argilla, senza rischiare l'eventuale perdita di materiale in fase di trasporto, trattandosi di un materiale di scarto molto leggero e voluminoso.
È fondamentale che i tre scenari proposti, siano accuratamente progettati, per fornire i benefici relativi all'applicazione della simbiosi industriale.
La ricerca e lo sviluppo di tale simbiosi industriale, potrebbero proseguire, affinché sia possibile realizzare gli obiettivi che sono stati posti a monte della sperimentazione, e avviare il territorio in questione, verso un'economia sostenibile di tipo circolare.

Bibliografia

- AA.VV. , *A study on desiccation cracking behavior of polyester fiber-reinforced expansive clay,* in «Applied Clay Science», 142 (2017).

- AA.VV., *Business models and supply chains for the circular economy,* in «Journal of Cleaner Production», 190 (2018), pp.712-721.

- AA.VV., *Chieri e il tessile - Vicende storiche e di lavoro dal XIII al XX secolo*, a cura di Chieri Centro Arte Tessile, Chieri (TO), Edizioni “Corriere”, 2007

- AA.VV. , *Circular economy as an essentially contest concept,* in «Journal of Cleaner Production» , 175 (2018), pp. 544-552.

- AA. VV. , *Development of sustainable construction material using industrial and agricultural solid waste: a review of waste-create bricks,* in «Construction and Building Materials», 25 (2011), pp. 4037-4042.

- AA. VV. , *Eco-Industrial Parks: a green and place marketing approach,*, a cura di Luiss University Press, Roma (RO), Luiss Academy, 2015.

- AA. VV. , *Effect of the insulation materials filling on the thermal performance of sintered hollow bricks* in «Case Studies in Thermal Engeneering», 11 (2018), pp. 62-70.

- AA.VV. , *Reuse of cotton and recycle paper mill waste as building material,* in «Construction and Building Materials», 34 (2012).

- AA.VV., *Tessere la vita - Telai e arte della tessitura a 360° per un percorso interattivo interdisciplinare*, a cura di C.F. GÜTERMANN, M.G. Imaririo, D. Surace, Stamperia Artistica Nazionale, Trofarello (TO),2009, pp 112-122.

- AA. VV. , *The industrial symbiosis in the production development: an approach through the DFIS,* in «Procedia manufacturing», 21 (2018).

- AA. VV., *Utilization of textile apparel waste in clay brick,* in «International Journal of Advanced Research in Engeneering and Technology», 4 (2013), pp. 48-52.

- Alessandra VACCARI, Patrizia FERRI., *Il tessile riutilizzabile cerca nuova vita,* in «Ecoscienza», 2 (2017).

- Ana BRIGA-SÀ et al. , *Textile waste as an alternative thermal insulation building material solution,* in «Construction and Building Materials», 38 (2013).

- A. CAMPIOLI et al. , *Eco innovazione: la valorizzazione di scarti e rifiuti industriali pre-consumo. Le potenzialità per 'edilizia in una ricerca del Politecnico di Milano,* in «Modulo: progetto, tecnologia, prodotto», 391 (2014).

- Aglaia FISHER, Stefano PASCUCCI, *Institutional incetives in circular economy transition: the case of material use in the Dutch textile industry,* in «Journal of Cleaner Production» , 155 (2017), pp.17-32.

- ALTIS e AISEC, *Quaderno italiano di economia circolare,* 2017.

- ANDIL Associazione Nazionale degli Industriali dei Laterizi, *Linee guida ANDIL all'applicazione del CPR n.305/11 - Implementazione per i 'prodotti in laterizio soggetti a marcatura CE' delle disposizioni del Regolamento UE n. 305/2011 per la commercializzazione dei Prodotti da Costruzione*, Roma, 2013.

- Camera dei deputati e Senato della Repubblica, *Legge n. 221/2015 - Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali,* Roma, 2016.

- Commissione Europea COM 2015, *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al consiglio, al Comitato economico e sociale Europeo e al Comitato delle Regioni - L'anello mancante: Piano d'azione dell'Unione europea per l'economia circolare,* Bruxelles, 2015.

- Commissione Europea, *Horizon 2020 - Il programma quadro dell'UE per la ricerca e l'innovazione,* Lussemburgo, 2014

- Comune di Chieri, *Il Chierese e la sua agenda strategica: documento strategico*, dicembre 2017, pp.26.

- Conferenza delle Nazioni Unite, *Report of the world Commission in Environment and Developement - Our common future,* 1987.

- Conferenza delle Nazioni Unite, *Transforming our world: the 2030 Agenda for sustainable development,* 2015

- Consiglio Nazionale della Green Economy*, L'ecoinnovazione nell'economia circolare,* 2017,pp. 15.

- Consorzio Alveolater, *La Marcatura CE: informazioni e chiarimenti,* 2015.

- Decreto Legge 9 settembre 1988, *Disposizioni urgenti in materia di smaltimento dei rifiuti industriali,* art.2, 1988, p. 2.

- D.R. LOMBARDI, P. LAYBOURN , *Redefining industrial symbiosis,* in «Journal of Industrial Ecology», 16 (2012).

- D.M. 11 ottobre 2017, n. 259, in materia di «*Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici*», p.26-44.

- D.M. 259/17, *Allegato 1: certificazione di prodotto del contenuto di riciclato/ recuperato/sottoprodotto*.

- D.M. 259/17, *Allegato 2: convalida della dichiarazione ambientale di prodotto EPD (UNI EN ISO 14025/ EN 15804).*

- D.M. 259/17, *Allegato 3: convalida della asserzione ambientale autodichiarata (UNI EN ISO 14021)*.

- Ellen MacArthur Foundation, *A new textiles economy: redesigning fashions'future,* 2017.

- Emma MARIOTTO, Roberta MAROCCO, *Cambiano - Immagini e voci sotterrate nel tempo*, Cambiano (TO), Araba Fenice Edizioni, 2005.

- Ercole SORI, *La città e i rifiuti: ecologia urbana dal Medioevo al primo Novecento,* Bologna, Il mulino, 2001.

- F. CHANGIZI, A. HADDAD , *Strength properties of soft clay treated with mixture of nano-SiO_2 and recycled polyester fiber,* in «Journal of Rock Mechanics and Geothechnical Engeneering», 7 (2015).

- Institut Montaigne, *The circular economy: reconciling economic growth with the environment,* in «Policy paper», 2016, pp.7-9.

- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, *Rapporto Rifiuti Speciali*, 2015, pp. 362-363.

- Istituto Superficie Antincendi, *Studio sulla tossicità degli agenti chimici,* a cura di A. MAGGI, in «Quaderni di Scienza & Tecnica», 2015, pp. 20-32.

- Jon NAUSTDALSLID , *Circular Economy in China - the environmental dimension of the harmonious society,* in «International Journal of Sustainable Development & World Ecology», 21 (2017), pp. 303-313.

- Kersty Hobson, *Closing the loop or squaring the circle? Locating generative spaces for circular economy,* in «Progress in Houman Geography» , 40 (2016), pp. 88-104.

- Laura CUTAIA, Roberto MORABITO, *Ruolo della Simbiosi industriale per la green economy - Uno strumento innovativo per la chiusura dei cicli delle risorse,* in «EAI» , Speciale I (2012).

- Lianyang ZHANG, *Production of brincks from waste materials,* in «Construction and Building Materials», 47 (2013).

- L. FRACCASCIA, D.M. YAZAN , *The role of online information-sharing platforms on the performance of industrial symbiosis networks,* in «Resources, Conservation & Recycling», 136 (2018), pp. 473-485.

- Ministero dello sviluppo economico, *Verso un modello di economia circolare per l'Italia - Documento di inquadramento e di posizionamento strategico,* 2017.

- M. PREVISHA, V. ANANDHI, *Experimental investigation on the effect of textile apparel waste in clay bricks and red mud bricks,* in «International Journal of Engeneering Science and Computing», 6 (2016).

- P. ALTAMURA, *Gestione eco-efficacie dei materiali da costruzione nel ciclo di vita dell'edificio,* tesi di dottorato, Università degli Studi di Roma "Sapienza", a.a. 2012-2013, relatore E.Cangelli pp. 67-70.

- Regione Piemonte, *Scheda ambito territoriale*, 2017, pp.1.

- S.N. MONTEIRO, C.M. FONTES VIEIRA, *On the production of fire clay bricks from waste materials: a critical update,* in «Construction and Building Materials», 68 (2014), pp. 599-610.

- Stefano DE SANTIS et al. , *Test methods for textile reinforced mortar systems,* in «Composites Part B», 127 (2017), pp. 121-132.

- Summit G7, *Declaration of the Heads of State and Government,* Elmau, 2015.

- Summit G7, *Declaration of the Heads of State and Government,* Ise-Shima, 2016.

- UNEP, *Resource efficiency: potential and aconomic implications,* International Resource Panel Report, 2017.

- Vincent MOREAU et al. , *Coming full cicle: why social and institutional dimensions matter for the circular economy,* in «Journal of Industrial Ecology» , 21 (2017), pp. 497-506.

- Willi HAAS et al. , *How circular is the global economy? an assessment of material flows, waste production, and recycling in th EU and the world in 2005,* in «Journal of Industrial Ecology» , 19 (2015), pp. 765-777.

- Willi HAAS et al. , *Mode of circular economy in China's iron and steel industry: a case study,* in «Journal of Cleaner Production» , 64 (2014), pp. 505-512.

Sitografia

- *https://europa.eu/youreurope/business/product/ce-mark/index_it.htm*, consultato il 26/11/2018

- https://interimsseite.aundedata.de/en/, consultato io 20/08/2018

- *http://tfsspa.com/ita/prodotti/trevira-cs/*, consultato il 23/08/2018

- *http://tessituracorte.it/*, consultato il 19/08/2018

- *http://www.andil.it/tecnica/normativa-di-prodotto.html*, consultato il 19/11/2018

- *http://www.arpal.gov.it*, consultato il 28/07/2018

- *http://www.ballatore.it/default.aspx*, consultato il 31/08/2018.

- *http://www.carenaspa.com*, consultato il 28/08/2018

- *http://www.casalegno.it/*, consultato il 18/08/2018

- *http://www.comune.chieri.to.it/area-industriale/brunetti-tessitura*,consultato il 19/08/2018

-http://www.enea.it/it/Stampa/news/economia-circolare-commissione-ue-enea-hub-nazionale-della-piattaforma-europea, consultato il 19/10/2018.

- *https://www.fidivi.com/,* consultato dal 20/08/2018 al 28/08/2018

- *https://www.fornacemosso.it/*, consultato il 31/08/2018.

- *http://www.fornacidelpianalto.it/about/*, consultato il 31/08/2018

- *https://www.google.com/maps*, consultato il 16/08/2018

- *http://www.pertile.com/home.html*, consultato il 18/08/2018

- *http://www.quagliotti1933.it/it/*, consultato il 18/08/2018

- *https://www.regione.piemonte.it/territorio*, consultato il 03/08/2018

- *https://www.retsch.it/it/prodotti/macinazione/mulini-a-taglienti/sm-400-xl/funzioni-e-caratteristiche/*, consultato il 26/11/2018.

- *https://www.sciencedirect.com/,* consultato da 01/05/2018 a 30/11/2018.

- *http://www.simbiosiindustriale.it/Simbiosi-Industriale/*, consultato il 15/10/2018.

- *http://www.tessituraenzostella.com/index.php*, consultato il 18/08/2018

- *http://www.tessituragibici.it/produzione-tessuti/*, consultato il 19/08/2018

- *http://www.tex-ind.com/home_ita.html,* consultato il 20/08/2018

- *http://www.treccani.it/*, consultato il 31/08/2018

- *http://www.tritotutto.com/it/granulatori-a-lama*, consultato il 26/11/2018.

- *http://www.vasino.it/index.php/it/azienda*, consultato il 18/08/2018

- *http://www.vay.com/it/*, consultato il 18/08/2018

- *http://www.wikipedia.org*, consultato dal 01/08/2018 al 07/08/2018

- *http://it.wikipedia.org/wiki/Sistema_complesso*, consultato il 18/10/2018.

Normativa

- UNI EN 771-1:2015, *Specifica per elementi per muratura - Parte 1: Elementi di laterizio per muratura.*

- UNI EN 772-1:2015, *Metodi di prova per elementi per muratura - Parte 1: Determinazione della resistenza a compressione.*

- UNI EN 772-3:2000, *Metodi di prova per elementi per muratura - Determinazione del volume netto e della percentuale dei vuoti degli elementi di muratura di laterizio mediante pesatura idrostatica*.

- UNI EN 772-13:2002, *Metodi di prova per elementi in muratura - Determinazione della massa volumica.*

- UNI EN 1745:2012, *Metodi per determinare le proprietà termiche.*