



Liceo Artistico Statale  
"V. Calò" - Grottaglie



## ISTITUTO ISTRUZIONE SUPERIORE "V. CALÒ"

TAIS031008 - email: TAIS031008@istruzione.it - pec:TAIS031008@pec.istruzione.it - C.F. 90214280738 - www.artisticocalolisippo.it

SEDI

Grottaglie - T ASD031015 - via Jacopo della Quercia n.1 - tel. 099.5666521 - fax. 099.5626130  
Taranto - T ASL03104P - viale Vigilio n.95 - tel. /fax 099.331200 • Manduria - T ASL03102L - via Cupone n.6 - tel. /fax 099.9795435  
Martina Franca - T ASL03103N - via Cammine - tel. /fax 080.4800197 • Casa Circondariale - T ASL03101G - Taranto, via Speciale

# Progetto Equo Sostenibile

“ *Equi. OS* ”

# Appendici



## Sommario delle appendici

<i>Biomateriali per l'edilizia. Una scelta o la legge?</i> .....	3
<i>Materiali Ecosostenibili</i> .....	4
LEGNO .....	4
Il legno traslucido: caratteristiche e applicazioni .....	4
Boschi: perchè l'uso del legno è sostenibile? .....	5
Legno termotrattato: Vac Wood per legni sostenibili e performanti .....	5
La canapa .....	6
L'utilizzo della canapa per costruire sostenibile .....	8
Mattoni di vetro .....	9
La paglia .....	10
Paglia, canna comune, bambù in edilizia .....	11
<i>Materiali ecosostenibili più innovativi</i> .....	13
Sughero .....	15
Cartone rinforzato alveolare .....	16
Miceli .....	17
Il bambù .....	18
Sistemi costruttivi in terra cruda .....	20
Il lino .....	21
La facciata che reagisce alla pioggia .....	24
Fotocatalisi: lampade LED purificano l'aria .....	28
<i>Il materiale per le aree verdi</i> .....	30
La scelta del materiale vegetale .....	30
<i>Opere per la decorazione artistica</i> .....	31
Il rame decorato in solfuro .....	31

## *Biomateriali per l'edilizia. Una scelta o la legge?*

Da un po' di anni si parla del difficile accostamento tra il costruire e l'utilizzo di tecniche e materiali biocompatibili. Ammettiamolo, la bioedilizia non è mai stata vista di buon grado dalla maggior parte dei tecnici, per non parlare di ciò che ne pensa la committenza, ovvero di coloro che ponendosi il problema di dover investire i propri sacrifici, vorrebbero vedersi costruire l'abitazione dei sogni, bella, salubre, staticamente eterna e non sentirsi cavie di esperimenti sull'abitare rispettando l'ambiente.

D'altronde come dargli torto dato che, senza numeri alla mano, molte proposte di materiali innovativi sono sembrare non fondate su basi scientifiche. Ma i pregiudizi si sgretolano (era ora) e le tecniche avanzano, in quanto i test effettuati su alcuni materiali per la bioedilizia non fanno altro che dar torto a tutti i malpensanti d'occasione. Tegole, mattoni, intonaci e molti altri prodotti per l'edilizia sono stati rivisti in chiave "bio" mettendosi, nella maggior parte dei casi, qualitativamente al di sopra di tutti i materiali di comune utilizzo.

In un paese della Comunità Europea come la Francia si crede in ciò qui scritto, e lo si fa da anni, mentre le stesse idee sembrano esser cestinate a priori a pochi chilometri di distanza. Sarà la committenza? I tecnici? Non si sa chi faccia ancora orecchie da mercante al riguardo, ma perché innanzi a proposte economicamente competitive, rispettose dell'ambiente e dell'uomo non si sceglie sempre la miglior soluzione?

Già largamente utilizzati in altri Paesi della Comunità Europea, i materiali sembrano trovare spazio a fatica in Italia, eppure in un tempo in cui si deve far fronte alla crisi economico-energetica e ambientale nulla suona meglio di questi prodotti. Regolano l'umidità all'interno degli ambienti, isolano termicamente ed acusticamente, hanno un ridottissimo impatto ambientale e soprattutto durano nel tempo così come i materiali comuni. Ottimo è, a questo proposito, l'esempio del bio mattone, adatto sia alla fase di costruzione che in quella di ristrutturazione dell'esistente. La sola produzione è a ridotto impatto ambientale, ed il general manager di una delle ditte produttrici dichiara: "Con il nostro prodotto vogliamo veicolare non solo un materiale ecocompatibile e a emissioni zero, ma un modo nuovo di concepire l'edilizia". La domanda sorge spontanea: "Riusciremo a vedere diffondersi dei biomateriali all'interno delle nostre costruzioni, o dovremo per forza di cose aspettare una legge che lo imponga?"

## *Materiali Ecosostenibili*

Alcuni materiali alternativi al cemento armato e laterizio che, oltre a garantire ambienti più sicuri sono a bassa dispersione del calore, hanno una importantissima qualità

### *LEGNO*

Per legno strutturale si intende il legno usato per la costruzione di edifici. Il legno è il più antico materiale da costruzione utilizzato dall'uomo per la propria casa, come testimonia anche l'archeologia sperimentale. Uno dei più antichi metodi di costruzione delle case fatte da legno è quello definito blockbau, nel quale si sovrappongono orizzontalmente tronchi o travi fino a formare delle pareti. L'aggancio è ottenuto agli angoli, dove vengono ricavate delle connessioni che permettono l'incasso e, allo stesso momento, un irrigidimento della struttura.



### *Il legno traslucido: caratteristiche e applicazioni*



I ricercatori della KTH Royal Institute of Technology, hanno sviluppato un legno traslucido che, applicato in edilizia, potrebbe essere utilizzato in sostituzione del vetro delle finestre e aumentare l'efficienza delle celle solari diminuendone i costi.

### *Boschi: perchè l'uso del legno è sostenibile?*

L'uso del legno in architettura e la sua comprovata affidabilità come materiale da costruzione hanno spinto gli scienziati svedesi a condurre ulteriori ricerche per arricchire le proprietà di questo versatile elemento. Ciò che è stato ottenuto è un legno traslucido che conserva tutte le caratteristiche del materiale originale.

Il legno traslucido

Per renderlo traslucido, i ricercatori, hanno innanzitutto sottratto la lignina, una fibra naturale del legno, in questo modo il legno ha acquisito un colore bianco. Successivamente è stato aggiunto un polimero, il PMMA, metil metacrilato prepolimerizzato, che ha consentito di modificare l'indice di rifrazione mantenendo la struttura del legno. In più, modificando il volume della cellulosa, è possibile alterare le sue proprietà ottiche, ottenendo in questo modo diversi livelli di opacità.

Le applicazioni del legno traslucido

Le potenzialità di questo materiale sono moltissime.

- Il legno traslucido per i vetri per finestre: il legno è molto leggero e può sostituire il vetro delle finestre per renderle più resistenti, meno costose e, in base al grado di trasparenza, in grado di filtrare la luce nell'ambiente interno e allo stesso tempo preservare la privacy degli abitanti della casa.
- Il legno traslucido per le celle solari: una delle applicazioni più originali e rivoluzionarie è quella per finestre con celle solari trasparenti. Infatti, grazie alla dispersione della luce causata dal tessuto del legno, la luce verrebbe trattenuta per molto tempo all'interno delle piastrine solari. Ciò implica una maggiore interazione tra la luce e questo materiale attivo, il cui sviluppo condurrà verso una migliore efficienza delle celle solari.

Gran parte degli sforzi degli scienziati si sta concentrando, quindi, sulla realizzazione di piastrine solari prodotte in legno trasparente, poiché, tali studi, potrebbero comportare una sostanziale diminuzione dei costi delle celle solari, consentendo, finalmente, di concorrere con i prezzi dei tradizionali metodi di generazione di energia e di ridurre il consumo di energia nel settore dell'edilizia.

Il team di ricerca svedese sta ora lavorando per sperimentare diversi tipi di legno, soprattutto quelli provenienti da fonti rinnovabili, e si stanno assicurando che i costi di produzione siano il più possibile accessibili. (pannello realizzato con cartone rinforzato alveolari)

### *Legno termotrattato: Vac Wood per legni sostenibili e performanti*

Una tecnologia capace di rendere performanti alcuni legni comuni, mediante un trattamento che somministra calore in condizioni di vuoto atmosferico.

Il legno presenta una serie di vantaggi: facile lavorabilità con strumenti relativamente semplici, rinnovabilità, riciclabilità, biodegradabilità ed economicità. Il legno massiccio in generale presenta alcuni svantaggi non marginali: scarsa durabilità agli attacchi biologici, elevata igroscopicità (dovuta principalmente al suo contenuto di emicellulosa), variabilità dimensionale e quindi importante deformabilità.

Perché il Vac Wood è ecosostenibile?

Innanzitutto, chiariamo che solo il legno modificato, o stabilizzato ad una temperatura non inferiore ai 150°C, non oltre al processo di pirolisi (240 °C) e in condizioni di ridotta disponibilità di ossigeno può essere denominato Vac Wood.

Il legno viene alterato in modo permanente e, pertanto, successivamente non deve essere ulteriormente trattato superficialmente con prodotti insostenibili, sia dal punto di vista ambientale che economico.



### *La canapa*

Canapa: una risorsa ecosostenibile per il rilancio del settore edilizio

la canapa è una coltivazione ecosostenibile perché richiede poca acqua e non ha bisogno di pesticidi e fertilizzanti o disinfestanti poiché cresce molto in fretta e non dà spazio né luce a possibili parassiti o infestanti, infine non teme le gelate invernali.

Una caratteristica assolutamente rilevante, inoltre, sta nella capacità della canapa di aiutare i terreni a recuperare fertilità: se coltivata in zone ad alto tasso di inquinamento, questa pianta è in grado di bonificare il territorio attraverso una naturale azione di fitorisanamento.

L'utilizzo della canapa in bioedilizia consente un risparmio di gas ed elettricità fino al 40% rispetto ai normali edifici.





Le prestazioni della canapa si sono rivelate superiori rispetto a qualsiasi altro materiale disponibile sul mercato, dal punto di vista del comfort abitativo, e per la capacità di autoregolare la temperatura interna degli edifici e tenerla costante nonostante tutte le possibili variazioni della condizione termica esterna.

Il calce e canapa, dunque, rappresenta una valida soluzione al tradizionale cemento, la cui lavorazione nelle cementerie implica una notevole emissione di polveri sottili e sostanze dannose per il Pianeta. Una risorsa di tutto rispetto per un'industria edile più responsabile e innovativa.

Nel settore edile, i prodotti totalmente naturali che possono essere ricavati sia dal fiore che dal fusto della canapa sono tantissimi: cere, vernici, pannelli isolanti, intonaci ed anche blocchi prefabbricati. Oltre ai già consolidati pannelli isolanti, in Italia è attualmente in fase di certificazione un brevetto per la realizzazione di blocchetti a base di canapulo, la parte legnosa dello stelo, in combinazione con un legante di calce da impiegare nella struttura dell'edificio. Un rivoluzionario mattone che una volta essiccato, diventa rigido e leggero allo stesso tempo e può quindi essere utilizzato sia nella realizzazione di nuovi fabbricati sia nella ristrutturazioni di stabili già esistenti. Abbinando questi blocchetti di canapa e calce alla malta di calce fibro rinforzata, sviluppata in Francia, si otterrebbe la prima tecnologia completamente a base di canapa.

L'utilizzo di prodotti realizzati con il binomio canapa-calce, sia per blocchetti che per getti in opera per la muratura, sia nella realizzazione di intonaci e finiture, presenta grandi vantaggi sia indoor che outdoor: in primis un ottimo isolamento termo-acustico, alta traspirabilità, protezione da insetti e microbi, regolamentazione termo-igrometrica, grande inerzia termica e resistenza al fuoco; ma soprattutto la capacità di trattenere carbonio e quindi di ridurre l'inquinamento. In più l'utilizzo di materiali con alte prestazioni reperibili in loco, anche attraverso la loro coltivazione, riduce i costi di costruzione ed attiva la filiera produttiva locale oltre ad essere un guadagno per l'ambiente e per il paesaggio.



### *L'utilizzo della canapa per costruire sostenibile*

Unendo questa sostanza vegetale con l'acqua e la calce (materiale derivato dalla cottura dei calcari) e passando per un processo di mineralizzazione naturale, si ottiene l'hempcrete, un composto rigido, leggero e indicato per la costruzione di edifici. Questo biocomposito si presenta ottimale sotto vari punti di vista: funge da isolante termico-acustico ed è resistente a fuoco, muffe e parassiti assicurando, dunque, maggiore durevolezza nel tempo. Inoltre, derivando da un mix perfetto di risorse esclusivamente naturali, è completamente riciclabile in quanto, a fine vita, viene sottoposto a un processo di frantumazione per essere nuovamente riutilizzato in altri progetti.

In genere, questo materiale può presentarsi sotto forma di mattoni oppure in combinato con delle strutture di legno che hanno il compito di sorreggere il peso della costruzione; in questo caso, l'hempcrete viene direttamente versato o spruzzato negli appositi spazi dello scheletro dell'edificio dove, una volta pressato, si solidifica.

Il calce e canapa, dunque, rappresenta una valida soluzione al tradizionale cemento, la cui lavorazione nelle cementerie implica una notevole emissione di polveri sottili e sostanze dannose per il Pianeta. Una risorsa di tutto rispetto per un'industria edile più responsabile e innovativa



## Mattoni di vetro



(Crystal houses: la facciata in mattoni di vetro ad Amsterdam)

Stile tipicamente olandese, mattoni che seguono il disegno di una facciata classica. La particolarità sta nel sistema tecnologico utilizzato per realizzare: mattoni in vetro trasparente.

Per la realizzazione dei mattoni trasparenti in vetro è necessario utilizzare tecnologie avanzate come laser e lampade UV, ma anche sostanze sorprendentemente comuni, come il latte olandese ad alto contenuto di grassi, rivelatosi ideale per essere utilizzato come superficie riflettente da applicare ai mattoni.

E' un metodo di assemblaggio che sostituisce il consueto uso della malta, e che prevede l'utilizzo di un potente adesivo trasparente con un'alta resistenza ai raggi UV.

## La paglia

La **paglia** utilizzata in **balle** mature per la realizzazione di **edifici** ha una conducibilità pari a 0,09 W/mK (con il termine "mature si intende che la materia organica che le compone deve avere perduto parte del proprio contenuto di acqua). L'assenza di discontinuità termiche, come ad esempio i giunti di malta nelle murature, permette, in generale, di utilizzare i dati di conducibilità del materiale senza coefficienti peggiorativi. Il tempo necessario al calore per attraversare un muro realizzato con **balle di paglia** (ritardo termico) è compreso tra le 12 e le 15 ore, che rappresenta un dato interessante anche per il comportamento estivo di un muro realizzato con questa tecnica

Edifici in balle di paglia: struttura autoportante o con telaio in legno?

Le **balle di paglia** hanno una buona capacità portante ma che può essere difficile realizzare muri con corsi solidi e ben livellati. Nella maggior parte dei casi, è più facile operare utilizzando una struttura puntiforme in legno che servirà per sostenere gli eventuali solai e la copertura.

Esistono esempi di **edifici in balle di paglia**, a uno o due piani, realizzati senza struttura portante in legno. Tuttavia, è decisamente più semplice (e più vicino al modo di costruire tradizionale) utilizzare una struttura portante puntiforme a telaio e impiegare le balle di paglia come elementi collaboranti e di tamponamento, specialmente in presenza di solai interpiano. L'uso di una struttura portante in legno permette anche di arrivare rapidamente alla costruzione della copertura, proteggendo la paglia dalle intemperie. Questa soluzione facilita molto le operazioni di cantiere, specialmente nel caso in cui molto lavoro sia di tipo discontinuo come nel caso di cantieri con parziale o totale autocostruzione delle opere.

Le **balle di paglia** possono essere lavorate in maniera relativamente semplice ma è assolutamente necessario realizzare un progetto che si basi sulla dimensione del modulo della balla per ridurre al minimo le lavorazioni ed evitare di operare tagli inutili che rischiano di procurare lo sfaldamento della balla, oltre a risultare particolarmente onerosi in termini di tempo.

Ogni taglio di una balla intacca la struttura di contenimento della **paglia**; prima del taglio è quindi necessario realizzare delle nuove legature (nuova struttura di contenimento) in sostituzione di quella che si andrà a eliminare per impedire lo sfaldamento del materiale a taglio avvenuto. Le legature potranno essere realizzate con una sorta di grosso "ago" (con dimensioni intorno ai 70-75 cm) e un filo in metallo o polipropilene.

Prima di realizzare il taglio, è anche necessario verificare il tipo di legatura della **paglia**. In caso di legatura metallica, la lama della sega rischia infatti di rovinarsi o, molto peggio, di rompersi con effetti molto pericolosi per l'operatore.

Nelle strutture in paglia con telaio portante in legno normalmente le balle non vengono tagliate e le discontinuità vengono riempite con paglia sfusa compressa.



Legatura delle balle di paglia alla struttura verticale mediante filo metallico

Gli edifici a struttura portante in legno sono generalmente più semplici da realizzare, in quanto le deformazioni e la risposta ai carichi è assorbita dalla struttura del telaio, ma più costosi in quanto il costo della struttura in legno è significativo. I blocchi di **paglia** devono essere solidamente fissati agli elementi lignei e tra di loro con collegamenti meccanici per rendere la struttura monolitica e poco deformabile.

### *Paglia, canna comune, bambù in edilizia*

Residenza e ufficio in balle di paglia

Il progetto di Sarah Wigglesworth, realizzato a Londra in Stock Orchard Street n. 9 nel 2000, rappresenta uno dei pochi esempi europei di edificio, realizzato con materiali alternativi, in cui il risultato formale non si discosta molto dall'immagine di un edificio terziario convenzionale.

In questo edificio, l'uso di materiali innovativi "gioca" molto sul concetto di trasferimento tecnologico da altri settori produttivi, ovvero sulla capacità di manipolare materiali o oggetti che già esistono, ma con usi diversi e specifici. Da una parte vi è un utilizzo legato alle prestazioni tecniche richieste all'edificio, che si trova a ridosso della ferrovia e deve quindi avere un buon comportamento acustico: i cassoni con la pietra permettono infatti di assorbire bene le vibrazioni. D'altra parte questo metodo, inizialmente di tipo funzionalistico, diventa una sorta di espressione linguistica e un modo di auto promozione dei progettisti, che utilizzano l'edificio come manifesto del proprio approccio al progetto.



Molti giovani studenti, clienti e progettisti vanno a visitare questo edificio perché risulta provocatorio; non solo usa le **balle di paglia** come soluzione costruttiva, ma decide anche di mostrarle, utilizzando sistemi di finitura superficiale trasparenti che mostrano la paglia promuovendo il materiale ma, ancora di più, la professionalità degli architetti-utenti che lo hanno realizzato.



Ufficio di Sarah Wigglesworth a Londra in balle di paglia

## *Materiali ecosostenibili più innovativi*

Al primo posto compaiono i prodotti verdi in pietra riciclata che derivano da scarti di pietre calcaree e plastiche specifiche.

A seguire i biomattoni, realizzati tramite l'azione di batteri annegati in una specifica matrice di aggregati. Questo aspetto non penalizza le prestazioni dei mattoni bio, in quanto, possono essere considerati alla pari di quelli tradizionali e sono anche più vantaggiosi economicamente. Il mattone bio inoltre ha più proprietà di quelli tradizionali: è al contempo isolante, igroscopico, ha una certa inerzia termica e una durata illimitata nel tempo, se posato nella giusta maniera e preservato dagli agenti atmosferici .



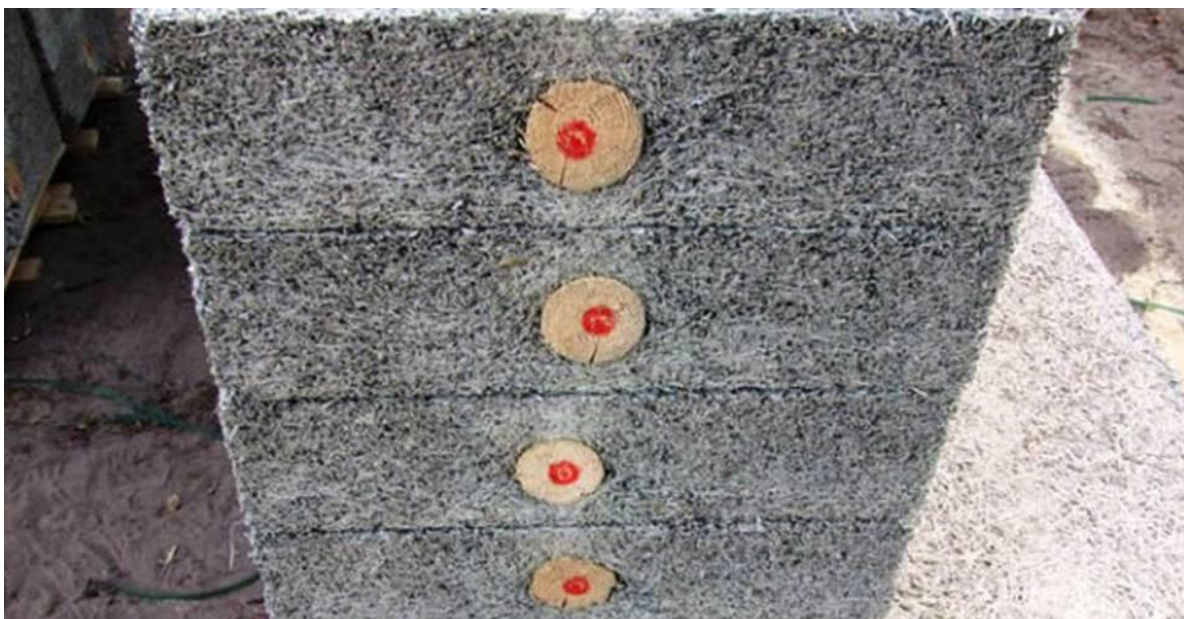
Al secondo posto si sono classificati i pannelli in paglia essiccata a cui seguono elementi modulari prefabbricati, ossia blocchi fatti di materiali del tutto riciclabili assemblabili in loco da manodopera non specializzata .

Al terzo posto si collocano i pannelli in fibra di cellulosa seguiti da vernici a base di pigmenti naturali, pannelli strutturali riciclati e infine pannelli rinforzati in legno paglia e cemento, isolanti e autoportanti, ignifughi e resistenti ai parassiti che coniugano l'impiego di fibre mineralizzate al legante cemento.





Pertanto, la scelta di materiali ecosostenibili è tra le prime da farsi per evitare di realizzare un edificio malsano.



Dagli Stati Uniti arrivano pannelli strutturali, composti da materiali sostenibili, capaci di sostituire in tutto e per tutto le murature a secco e di garantire sicurezza e stabilità anche in caso di condizioni climatiche difficili.

È da tempo che la paglia viene apprezzata anche come materiale in bioedilizia: tra i dieci prescelti ci sono anche questi pannelli portanti realizzati utilizzando paglia essiccata e legno insieme ad altri materiali rigorosamente riciclati.

La Mushroom Tiny House a New York è stato il primo esperimento di isolamento naturale realizzato sfruttando le elevate caratteristiche di autoproduzione delle radici dei funghi: il micelio, infatti, crea sulle pareti in legno uno strato di isolamento naturale che nel giro di un mese le rende termicamente resistenti, ignifughe e soprattutto prive di VOC.

## Sughero

Il sughero è un tessuto vegetale di rivestimento di origine secondaria, che riveste il fusto e le radici delle piante legnose, che viene lacerata dall'accrescimento secondario dell'organo.

Le caratteristiche che caratterizzano questa specie di tronco d'albero sono le seguenti

Il cappotto termico con sughero consente di ottenere un isolamento sia invernale che estivo.

Il sughero è un materiale naturale e privo di sostanze estranee e certificato per la bioedilizia.

Il sughero rappresenta la soluzione giusta per isolare in modo ecologico la vostra casa sia dal freddo che dal caldo, ottenendo un clima interno ideale in tutte le stagioni

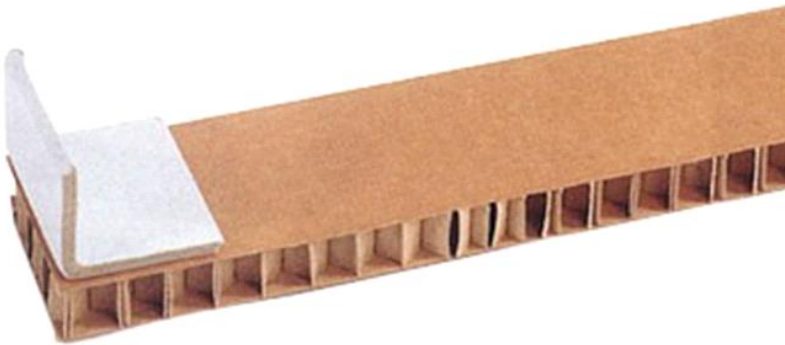


(esempio di sughero utilizzato per il rivestimento delle mura)

### *Cartone rinforzato alveolare*

Il cartone rinforzato alveolare. Queste sono le sue caratteristiche: poco costoso, riciclato e riciclabile, non è emissivo, è facilmente reperibile, leggero e facilmente trasportabile.

Il sistema è realizzato con una fondazione perimetrale in calcestruzzo, su cui vengono posizionate guide metalliche; destinate per l'installazione dei pannelli in cartone rinforzato. L'edificio è irrigidito ai quattro angoli con pilastri metallici o pilastri in legno.



(pannello realizzato con cartone rinforzato alveolare)

Micelio dei funghi come isolante in campo edilizio

Il materiale isolante è formato da rifiuti agricoli vegetali compostabili, legati insieme dai miceli. Sostituire le schiume chimiche ricavate dal petrolio che vengono generalmente utilizzate per ricoprire le pareti delle case di



legno. Un esempio di bioedilizia che utilizza i miceli per formare una membrana isolante in poco tempo. Il materiale isolante è formato da rifiuti agricoli vegetali compostabili, legati insieme dai miceli. L'obiettivo? Sostituire le schiume chimiche ricavate dal petrolio che vengono generalmente utilizzate per ricoprire le pareti delle case di legno. Un esempio di bioedilizia che utilizza i miceli per formare una membrana isolante in poco tempo.

## Miceli

I miceli sono radici di funghi che in pochi giorni crescono all'interno del legno e, dopo circa un mese, si seccano dando vita a un muro. Il materiale ricavato è simile alla cellulosa. Ma a differenza di quest'ultima il micelio è in grado di crescere e sigillare ogni foro, inoltre è naturalmente resistente al fuoco, senza che sia necessario aggiungere sostanze ritardanti delle fiamme, potenzialmente tossiche. Miceli molto più sicuri di quelli convenzionali. Un risultato che va oltre alle aspettative iniziali anche perché le pareti, nonostante la mancanza di chiodi, si sono dimostrate molto resistenti (anche durante il trasporto in autostrada).



Applicazione in ambito architettonico:

Esempio di costruzione utilizzata con questo materiale (micelio dei funghi) è la Mushroom Tiny House. La Mushroom House o Pod House è una residenza contemporanea nella città di Perinton, New York City.



Dall'isolamento acustico all'assorbimento di CO<sub>2</sub>, i cosiddetti mattoni sostenibili realizzati in truciolo di canapa, calce e acqua permettono alle nuove abitazioni di essere totalmente autonome dal punto di vista energetico, consentendo un risparmio di gas ed elettricità fino al 40% rispetto ai normali edifici costruiti con i mattoni tradizionali. E' resistente a fuoco, muffe e parassiti assicurando, dunque, maggiore durevolezza nel tempo. Inoltre, derivando da un mix perfetto di risorse esclusivamente naturali, è completamente riciclabile in quanto, a fine vita, viene sottoposto a un processo di frantumazione per essere nuovamente riutilizzato in altri progetti.

### *Il bambù*

Le sue fibre lo rendono più resistente in trazione e compressione rispetto al legno, più resistente in trazione dell'acciaio e più resistente in compressione del cemento. Inoltre è un vegetale che cresce molto velocemente (fino a 60 cm al giorno), quindi è facilmente rinnovabile in natura.

Anche in questo caso è possibile rendere il materiale inattaccabile da funghi ed insetti con vari procedimenti, tutti tra l'altro naturali. "Il bambù è forte, largamente disponibile e più resiliente agli eventi tellurici rispetto alle alternative". I casi di terremoti il bambù si dimostra un buon materiale da costruzione per le sue ottime proprietà di flessibilità. Negli Stati Uniti, precisamente alle Hawaii, terra altamente sismica e dove i vulcani



sono ancora attivi, è stato impiegato persino nella costruzione di edifici governativi con ottimi risultati formali. Il bambù è uno dei materiali da costruzione più incredibilmente versatili e sostenibili a nostra disposizione. E' una **graminacea** come gran parte delle erbe che crescono nei nostri prati, come il mais ed il grano e **cresce molto rapidamente**, il bambù può produrre sino a 20 volte più legname rispetto al numero di alberi di una stessa area. E 'estremamente **forte** in rapporto al suo peso e può essere utilizzato **sia strutturalmente che come materiale di finitura.** Per quanto riguarda la questione ambientale, **la coltivazione del bambù non richiede l'uso di fertilizzanti di sintesi** e quindi rispetta le condizioni naturali del suolo; inoltre immagazzina una gran quantità di anidride carbonica.

Un aspetto di criticità per l'utilizzo del bambù, è il suo impiego nella falegnameria tradizionale, perché la sua forza deriva dalla sua struttura integrale. Le aste non possono essere sezionate, interrotte e le unioni non sono possibili senza particolari e precisi accorgimenti che sono diversi dalle solite tecniche di falegnameria tradizionale utilizzate per il legno massiccio e/o semilavorato. C'è poi da lavorare ancora nei metodi e nei processi di laminatura per renderli maggiormente sostenibili e a basso impatto ambientale. Ma il fatto più preoccupante riguarda la prospettiva di sostenibilità nella diffusione in larga scala nel breve e medio termine. Attualmente non essendoci piantagioni commerciali diffuse per la produzione di bambù in Europa e negli USA, questo proviene da Cina, India, Vietnam e America Latina con alti costi di trasporto che incidono negativamente. A Bali, Indonesia è stato progettato e realizzato dalla Green School, un interessante villaggio ecologico interamente costruito con il bambù: edifici e un ponte dimostrano la sua duttilità. E' infatti nel campo delle costruzioni che dimostrata la sua maggiore resistenza, in trazione e compressione rispetto a quella del legno, maggiore trazione di quella dell'acciaio, maggiore in compressione di quella del calcestruzzo, utilizzato sia come struttura portante per edifici fino a due piani, che per le impalcature, come condotta per le acque, soprattutto per l'irrigazione di orti e risaie, o trasformato in truciolo ed in parquet per interno.



## *Sistemi costruttivi in terra cruda*

### Muratura in adobe



### Muratura in pisé

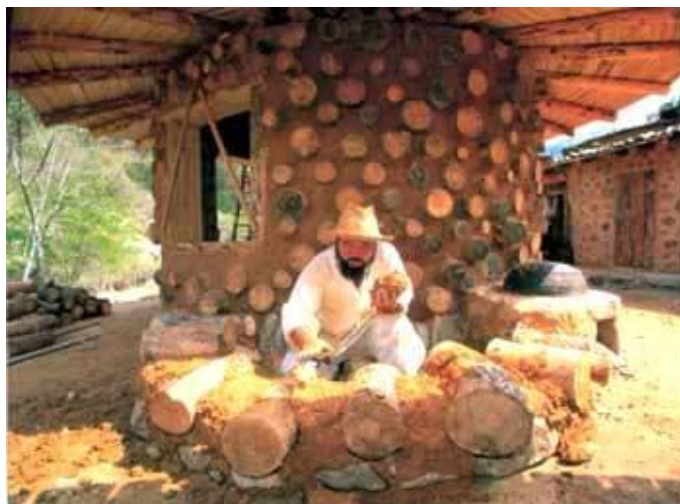


La terra, con o senza ciottoli, viene utilizzata in molte zone del mondo per realizzare murature in terra cruda. Se vi sono i ciottoli si formano grossi blocchi di terra pestata quasi asciutta dentro ad assate di legno. Invece il terreno privo di pietrisco e molto umido viene schiacciato in piccole forme di legno per fabbricare mattoni che vengono lasciati ad asciugare al sole e non cotti in fornace. Quando l'argilla è ad alto tenore affinché non si formino fessure quando si asciuga, viene mescolata con paglia o fibre naturali, o con leganti naturali quali il letame o artificiali come ad esempio la calce.

I singoli blocchi possono essere declinati con nomi diversi, a seconda dell'area geografica in cui tale tecnica è sviluppata, come ad esempio il massone, tecnica costruttiva a blocchi di terra diffusa in Italia nelle regioni dell'Abruzzo e delle Marche; tròn in Piemonte nell'alessandrino. Qui, la terra battuta presenta una ricca frazione argillosa mescolata a ciottoli che derivano dai depositi delle alluvioni dei fiumi o torrenti (deposito alluvionale dello Scrivia). In Italia è tipica delle costruzioni in terra cruda della pianura alessandrina detta Frascheta (parti basse delle valli Tanaro, Bormida e Scrivia).

Nelle costruzioni in terra battuta, in alcuni esempi, per migliorare la resistenza del fabbricato si usava costruire pilastri verticali e pilastrate d'angolo con mattoni cotti; inoltre, si trovano spesso inserimenti di catene di legno per migliorare il comportamento strutturale rispetto all'azione degli sforzi orizzontali, inserite direttamente nel getto di terra. Il legno, verde al momento dell'inserimento, data l'assenza di aria subisce un processo di "mummificazione", rendendolo della compattezza e robustezza del ferro. In alcuni casi la terra è associata a una struttura resistente in legno e in tal caso si parla di sistema costruttivo a torchis.

Si pensa che le costruzioni in terra cruda sono tipiche dell'edilizia rurale, ma i molti esempi cittadini contraddicono questa opinione, è comunque un sistema costruttivo che si può far risalire all'origine dell'abitare. Le strutture orizzontali delle costruzioni in terra cruda erano realizzate in legno, ma si trovano anche strutture a volta con mattoni cotti disposti in foglio e tessitura a "spina di pesce". Le murature di mattoni crudi erano poi rivestite con un intonaco a base di calce mentre quelle in terra battuta non sempre erano intonacate. Una delle maggiori fonti di degrado delle costruzioni in terra cruda è l'acqua, sia quella piovana che quella risalente dalle murature a contatto del terreno. Per quest'ultima si è spesso risolto il problema realizzando un basamento in pietra o in laterizio cotto.



## *Il lino*

### CARATTERISTICHE TECNICHE DEL LINO

Isolamento invernale: il lino garantisce un ottimo isolamento invernale. Grazie ad un ridotto fattore di conducibilità termica, con valore leggermente inferiore a  $0,04 \text{ W/(mK)}$  per i pannelli, il lino è considerato un ottimo isolante termico naturale. Il lino riesce a raffrescare l'abitazione mediante l'accumulo del calore, "sfasando" ovvero ritardando l'ingresso dell'onda termica con un'efficacia di gran lunga superiore ai più diffusi materiali derivati dal petrolio (polistirene espanso, estruso o poliuretano).

Isolamento acustico: come un materiale "fibroso" il lino è naturalmente dotato di proprietà fonoassorbenti.

Grazie alla sua innata capacità igroscopica, legata all'assorbimento (fino al 10-20% del proprio peso senza subire alcun danno) ed al rilascio graduale del vapore acqueo, il lino regola perfettamente il tasso di umidità all'interno dell'ambiente domestico.

Una volta posato, rimane stabile senza esalare quei gas tossici tipici dei comuni materiali plastici.

Pratico e leggero: facile da trasportare, da maneggiare e da tagliare con precisione.

## LA PRODUZIONE SOSTENIBILE DEL LINO

Arrivato il momento della raccolta, si procede all'estirpazione (mai lo sfalcio, in modo da lasciare le radici ad arricchire il terreno di elementi nutritivi), seguita dalla macerazione (a terra, in acqua stagnante o in acqua corrente, così da attivare quei microrganismi in grado di biodegradare le sostanze pectiche che fungono da collante). Poi si passa all'asciugatura, seguita dalla stigliatura (liberazione delle fibre dalle parti legnose) con conseguente separazione delle fibre lunghe, destinate alla tessitura, da quelle corte, utili alla realizzazione di isolanti. Una volta selezionato il giusto mix, le fibre di lino corte sono sottoposte a trattamento termico a basse temperature ( $T_{max}$  130°C, inferiore di circa 10 volte rispetto a lana di roccia o di vetro). Per mezzo di questo processo particolarmente "virtuoso" perché risparmiativo in termini consumo energetico, le fibre si legano tra loro creando una struttura solida tridimensionale. Dalla trasformazione del lino si possono ottenere pannelli, feltri, manicotti e fiocchi per l'edilizia :

pannelli (con spessore fino a 25 cm) e rotoli (in genere di spessore compreso fra 6 e 10 cm) molto stabili, elastici e maneggevoli, con una ridotta densità pari a soli 30 kg/mc. Sono spesso posizionati in intercapedini di pareti, in contropareti perimetrali o pareti divisorie a secco, in copertura o sopra solai non pedonabili;

feltri (densità compresa fra 130 e 160 kg/mc e spessori da 2 a 10 mm) per l'isolamento termoacustico di pavimenti flottanti, pareti e controsoffitti;

manicotti per l'isolamento delle tubazioni ad alte temperature ( $T_{max}$  di 160 °C);

fiocchi per il riempimento degli spazi tra muratura e infissi.

Alla matrice naturale vengono aggiunte come sostegno, per aumentarne la robustezza, fibre in poliestere (10-12 % in peso), a volte sostituite da un collante a base di amido di patate. In certi casi, per una miglior resistenza al fuoco e come trattamento antimuffa, si somministrano sali di boro o di potassio o composti alogenati.

## LA SOSTENIBILITA' AMBIENTALE DEL LINO

- Fra i materiali di origine vegetale con struttura fibrosa (es. cotone, canapa, mais,...) il lino è il principale portavoce di una coltura eco-responsabile per diverse ragioni:

- Proviene esclusivamente da coltivazioni biologiche;
- è una coltura poco esigente perché richiede un modestissimo uso sia di pesticidi, perché resistente ai parassiti sia di fertilizzanti, grazie alla ridotta richiesta di azoto da parte della pianta;

- Non necessita di irrigazione tanto che è sufficiente la sola acqua piovana per la sua crescita (in Europa è stimato un risparmio di 650.000 milioni di mc di acqua);
- è un vero “pozzo” di CO2 (basti pensare che un ettaro di superficie coltivata assorbe e immagazzina circa 3,7 Tonnellate di CO2 all’anno). Sul territorio europeo si stima che ogni anno siano evitate 342.000 tonnellate di CO2 immesse in atmosfera;
- Adatto alla rotazione dei raccolti, permette non solo di aumentare la biodiversità ma anche di migliorare la qualità agronomica tanto da ottenere una produttività superiore del 20-30%;
- è riutilizzabile e riciclabile al 100% per la produzione di energia;
- risulta “compostabile” solo se privo delle fibre di poliestere e con un basso contenuto di additivi ritardanti di fiamma.

### IL LINO IN ARCHITETTURA

Il consumatore moderno è ben consapevole che l’isolamento dal freddo (caratteristica principale degli isolanti plastici derivati dal petrolio) non basta per raggiungere un reale comfort abitativo.

In quest’ottica il lino si mostra un materiale “completo”, perché permette non solo di isolare efficacemente anche dal caldo e dal rumore, ma anche di regolare in modo equilibrato il microclima interno.

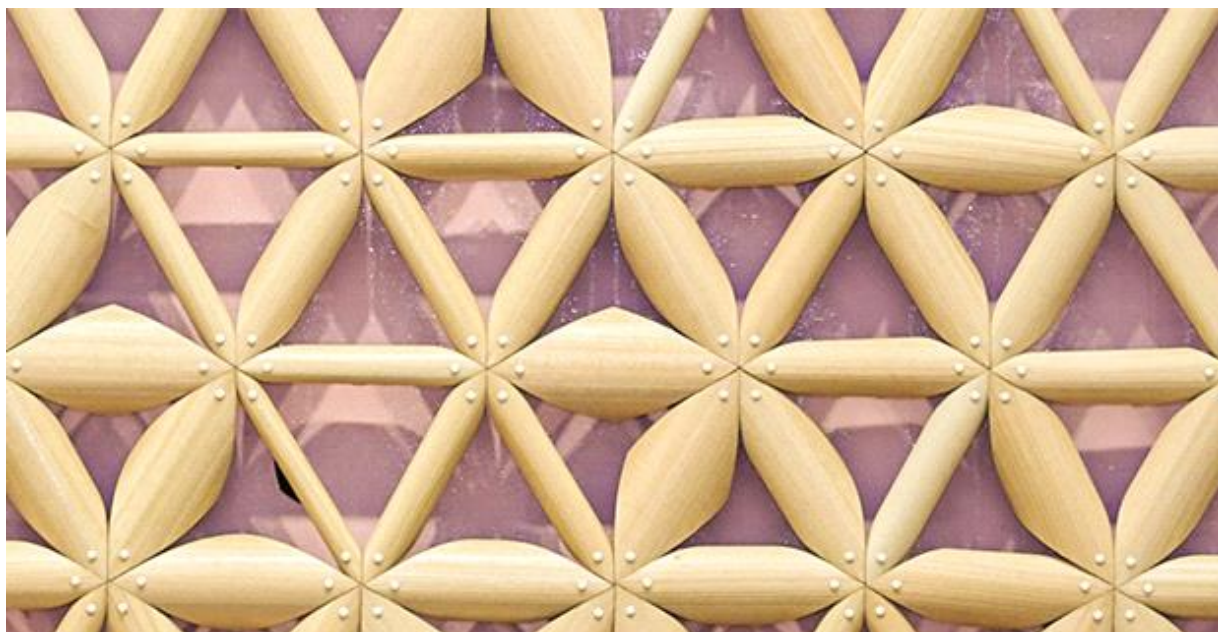
Per tale motivo è auspicabile che in futuro possa essere sempre più apprezzato e richiesto da chiunque desideri trasformare la propria casa in un “nido” salubre ed accogliente, davvero “a misura d’uomo”.



(Lino: isolante naturale)



### *La facciata che reagisce alla pioggia*



#### LASCIARSI ISPIRARE DALLA NATURA

Chao Chen, uno studente del Master in Product Design al Royal College of Arts di Londra, che si è lasciato ispirare dal meccanismo di reazione delle pigne sotto la pioggia per realizzare una facciata biomimetica.

#### FACCIAE VIVENTI: LO SCHERMO DINAMICO PENUMBRA

L'acqua è fondamentale per l'uomo e per la Terra, ma per gli edifici e gli architetti la pioggia rappresenta forse il nemico numero uno, ma un'attenta progettazione può sovvertire il problema acqua piovana e permettere di sfruttarla a proprio favore, recuperandola e riutilizzandola, o può dar vita a sistemi innovativi molto interessanti.

#### Lasciarsi ispirare dalla natura

Chao Chen ha osservato che le pigne a contatto con le gocce di pioggia allungavano il loro guscio esterno per proteggere i loro semi. Incuriosito decide di osservare con più attenzione come è fatta una pigna: sezionandola si accorge che è composta di due gusci, uno interno ed uno esterno, il primo si allunga oltre il secondo strato, in modo da impedire che i semi vengano a contatto con l'acqua piovana.

“Questo fenomeno naturale- dice Chao Chen- mi ha portato a uno studio sulla scienza del bio-mimetismo e mi ha ispirato nell'ideazione di un materiale laminato che reagisce con l'acqua.”



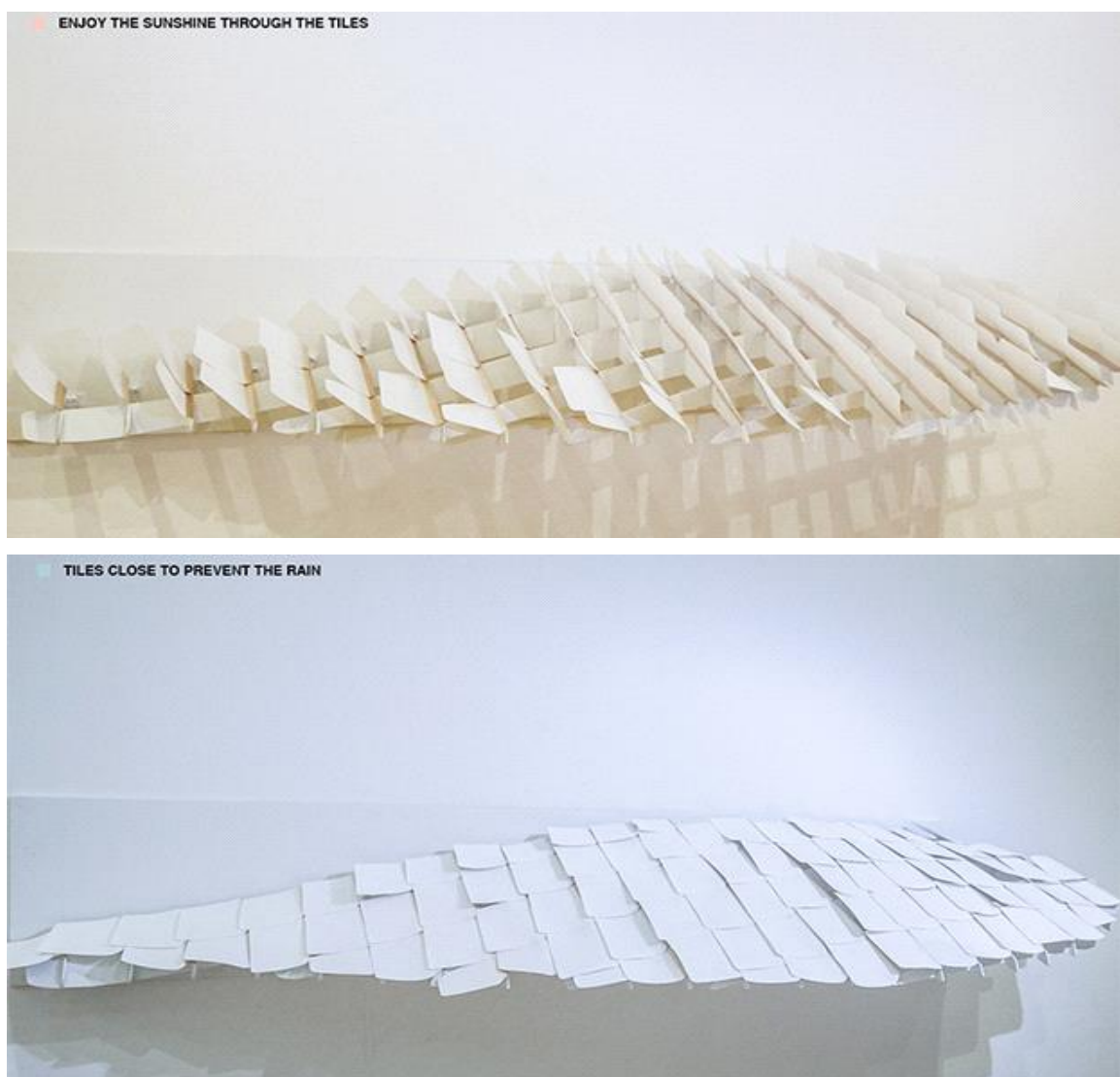
Sfruttando le proprietà del materiale, è riuscito a **realizzare una superficie biomimetica** che a seconda del grado di umidità dell'aria muta la sua forma naturalmente, senza l'utilizzo di sistemi elettronici o strutture meccaniche. Questo è possibile perché **le fibre si espandono a contatto con l'acqua distendendosi**, cosicché ne risulta una superficie che allungandosi o incurvandosi si apre e si chiude a seconda della pioggia.

**Questo materiale è stato studiato per diversi contesti**, di tipo agricolo e di tipo architettonico: utilizzando una lamina di materiale nel suolo, è possibile capirne il grado di umidità, così come è possibile creare una superficie che cambia colore a contatto con l'acqua, o creare [una superficie dinamica](#) che si apre e si chiude per impedire all'acqua di entrare all'interno di un edificio.

- **Indicatore per il giardinaggio** - Una lamina di materiale composta da un lato color rosa e uno azzurro, utilizzata nei vasi o nella terra, permette di rilevare il grado di umidità del suolo, è così possibile capire quando annaffiare le piante. Quando la terra è secca il materiale si alza mostrando il lato rosa, mentre quando la terra è umida il materiale si curva mostrando il lato azzurro.
- **Pensilina che reagisce alla pioggia** - Una seconda applicazione è quella ideata per una pensilina intelligente composta da lamelle che si chiudono a contatto con l'acqua per impedire agli utenti di bagnarsi, nelle giornate di sole le lamelle sono invece aperte in modo da far passare la luce naturale filtrata da queste finte foglie, che fungono da schermatura, si avrà così l'impressione di essere sotto un albero.
- Superficie architettonica che reagisce alla pioggia



*L'indicatore per il giardinaggio*

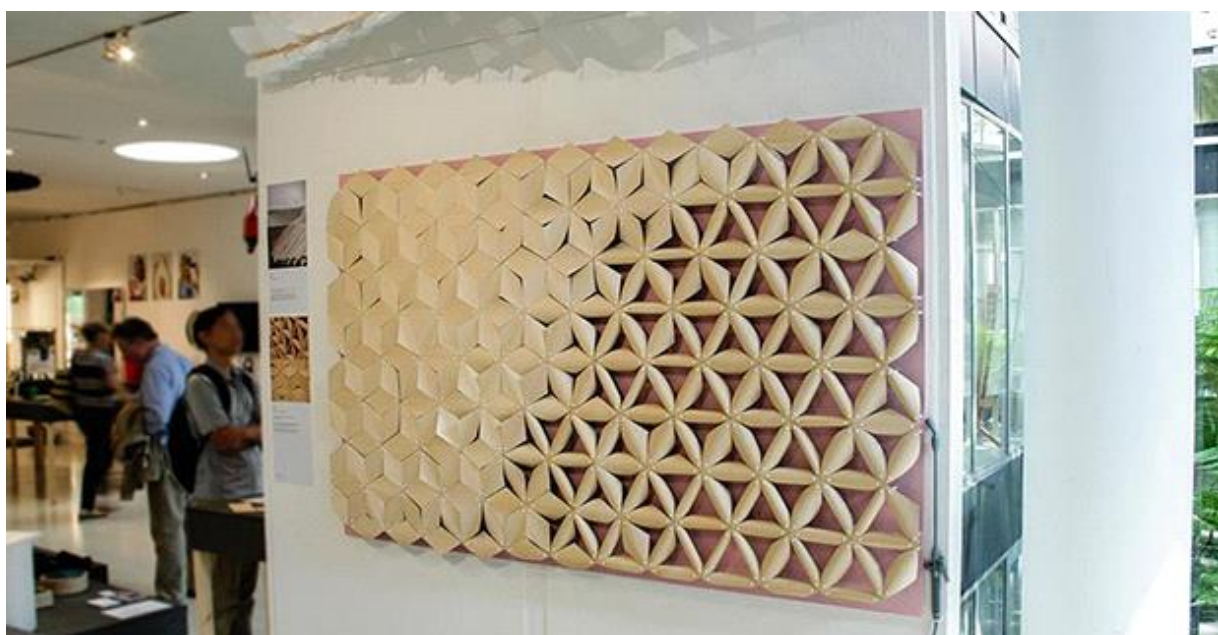


*La pensilina che reagisce alla pioggia*

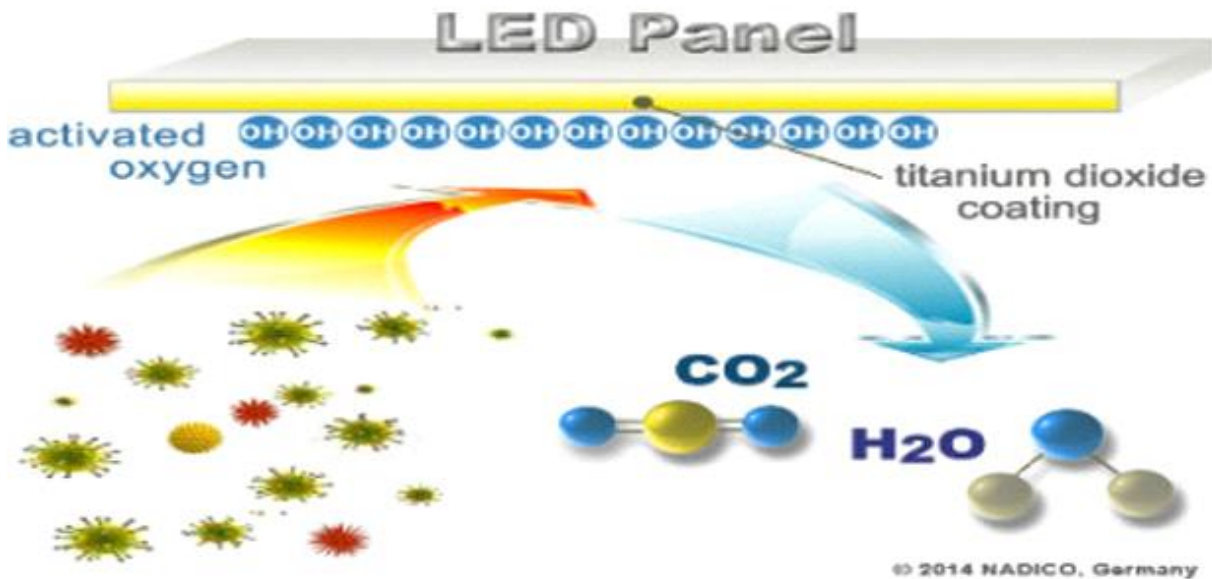


Questo terzo prototipo, della **superficie architettonica che reagisce alla pioggia**, è pensato per l'involucro degli edifici, una superficie composta da elementi romboidali uniti tra loro attorno a dei perni, un po' come fossero i petali di un fiore. Questi elementi sono liberi di curvarsi e di distendersi: nelle giornate di pioggia la superficie risulterà compatta e chiusa, mentre nelle giornate di sole questi elementi si incurvano e lasciano passare le radiazioni solari all'interno degli ambienti.

Essendo pensato per città molto piovose e grigie, il materiale è di tonalità chiare, per dare più luminosità alle facciate e rendere più piacevoli le giornate uggiose. Chen sta continuando a sviluppare questi prototipi, prima di poter essere messi sul mercato è necessario infatti verificare la resistenza del materiale ai venti o il numero di volte in cui può rimanere a contatto con l'acqua.



### Fotocatalisi: lampade LED purificano l'aria



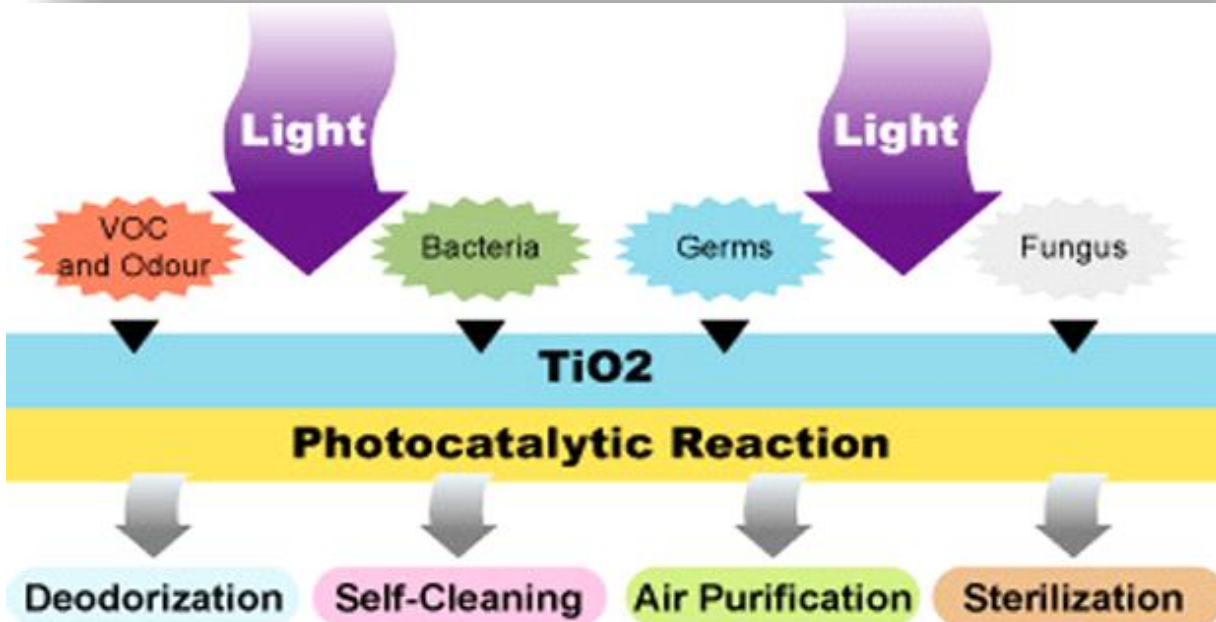
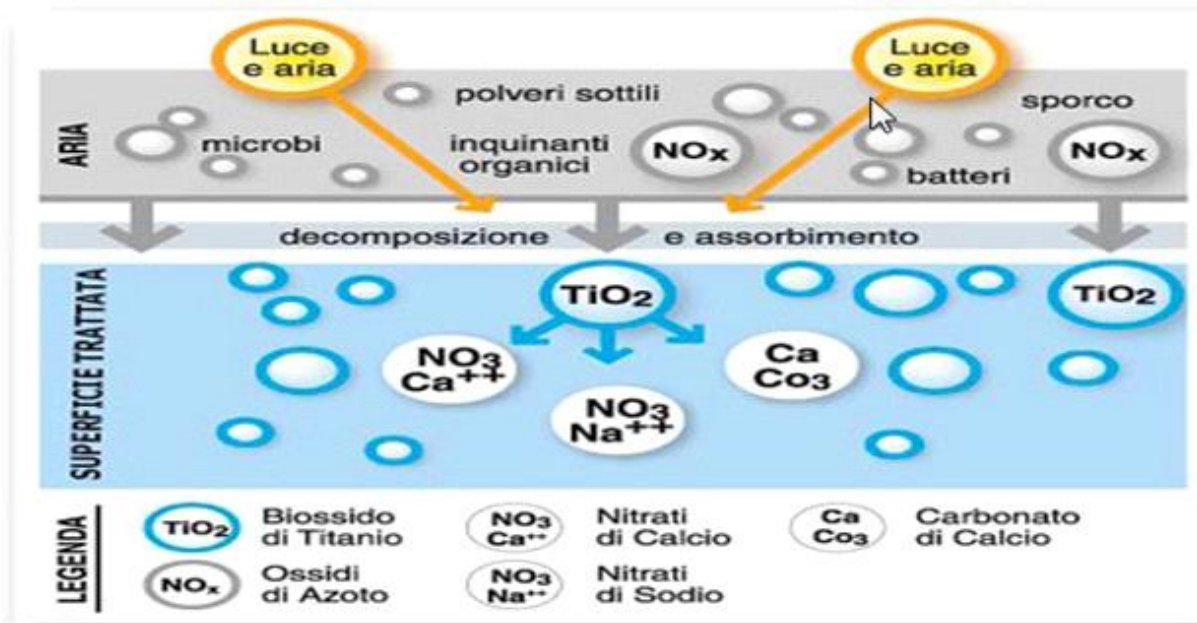
La necessità di vivere in un ambiente più pulito e salubre esorta, ormai da tempo, i ricercatori a pensare ad un **uso ecocompatibile della luce e del sole** e ad indagare, nell'ambito della **fotochimica** applicata ai materiali da costruzione, nuove strategie per ridurre l'inquinamento ambientale. Negli ultimi anni l'interesse scientifico e tecnico per le applicazioni della **fotocatalisi** è aumentato in misura considerevole, fino ad approdare alle lampade con tecnologia LED per purificare l'aria.

Cos'è la fotocatalisi

La fotosintesi clorofilliana delle piante è un tipico esempio di fotocatalisi. A differenza della fotosintesi, in cui la clorofilla cattura la luce solare per trasformare acqua e anidride carbonica in ossigeno e glucosio, **la fotocatalisi** (in presenza di un catalizzatore e di luce) **genera un agente ossidante in grado di trasformare le sostanze organiche presenti nell'aria in anidride carbonica e sali** (nitrati di sodio e di calcio).

L'efficacia della reazione fotocatalitica è massima durante il giorno e minima nelle ore di oscurità, tranne nel caso di utilizzo di lampade a raggi UV che garantiscono quindi una stessa efficacia. Pertanto, una tipica applicazione di materiali fotocatalitici è quella di usare **lampade UV per purificare l'aria**. I raggi UV, tuttavia, sono anche conosciuti per i loro effetti a lungo tempo nocivi per gli essere viventi, responsabili di danni alla salute ed in particolare alla pelle.





Applicazione delle lampade LED nel processo fotocatalitico

A differenza degli altri sistemi di illuminazione tradizionali con uno spettro continuo in cui sono presenti contemporaneamente tante frequenze cromatiche, il **LED** ha una sola frequenza e produce un fascio luminoso assolutamente **privo di raggi infrarossi e ultravioletti**. Oltre ai vantaggi in termini di **risparmio energetico**, durata e di sostituzione/manutenzione derivanti dal sistema di illuminazione LED, queste lampade sono utilizzate per purificare l'aria attraverso il processo di fotocatalisi, sostituendo la tecnologia tradizionale attivata dai raggi UV. Il catalizzatore, infatti, si attiva con luce visibile.

L'attività di purificazione avviene durante tutto il tempo di accensione, grazie al trattamento della lampada con una **nanotecnologia**, frutto di ricerca e innovazione. **La luce attiva il processo di fotocatalisi** che permette alle molecole di triossido di tungsteno (WO<sub>3</sub>) di **generare i Reactive Oxygen Species, capaci di decomporre gli odori sgradevoli** (derivanti, ad esempio, da cucina o bagno), **gas e vapori inquinanti** (come la

formaldeide), **ma anche di distruggere virus, germi e batteri**. Queste innovative lampade LED, quindi, illuminano gli ambienti svolgendo contemporaneamente le funzioni appena citate. Il vantaggio è l'utilizzo della tecnologia LED. Tra l'altro non vengono rilasciati materiali inquinanti.

## Il materiale per le aree verdi

### Definizione dei criteri per la progettazione del verde:

- Scelta di specie autoctone
- Limitazione degli interventi di manutenzione nel tempo
- Limitazione del consumo di acqua per irrigazione
- Esclusione di utilizzo di fitofarmaci e fertilizzanti
- Esclusione del prato verde irrigato
- Coerenza tra le funzioni richieste agli elementi del verde ed esigenze e temperamento delle singole specie vegetali
- Consociazione *naturaliforme* delle specie
- Ricerca e valorizzazione dei nessi etnobotanici e naturalistici.

### Le fasi dell'intervento

- Progettazione di dettaglio
- Reperimento del materiale vegetale
- Realizzazione delle buche e delle trincee
- Acquisizione del terreno vegetale, del compost maturo, del materiale per le pacciamature
- Messa a dimora delle piantine
- Messa a dimora delle piante con zolla da portare ad alto fusto
- Pacciamatura
- Impianto di irrigazione a goccia a terra

### Le tecniche colturali

- Pacciamatura con teli. Pacciamatura con materiale vegetale... Irrigazione a goccia per i primi due anni dall'impianto delle essenze legnose...

## La scelta del materiale vegetale

### Le specie principali:

nome	Nome scientifico	Utilizzata in:
Alloro	<i>Laurus nobilis</i> L.	Siepi alte, bordure
Caprifoglio mediterraneo	<i>Lonicera implexa</i> Aiton	Siepi alte

Carrubo	<i>Ceratonia siliqua</i> L.	Alberi alto fusto
Corbezzolo	<i>Arbutus unedo</i> L.	Siepi alte, arbusti isolati
Fillirea	<i>Phillyrea latifolia</i> L.	Siepi alte, bordure
Leccio	<i>Quercus ilex</i> L.	Alberi alto fusto sempreverdi, siepi alte
Lentisco	<i>Pistacia lentiscus</i> L.	Bordure
Pero mandorlino	<i>Pyrus amygdaliformis</i> Vill.	Alberi alto fusto caducifoglie
Sedum	<i>Sedum spp.</i>	Inerbimenti coperture (tetti verdi)

Abbiamo individuato un fornitore preferenziale nell'ARIF (Agenzia Regionale attività Irrigue e Forestali) per la valenza istituzionale e la condivisione di finalità di pubblica utilità. Inoltre negli ultimi anni ARIF e l'attività dei singoli vivai forestali hanno ampliato la loro offerta in coerenza con i principi naturalistici funzionali, oltre che alle opere di rimboscimento, anche al verde pubblico.

Alcune piante con zolla da portare ad alto fusto saranno invece ricercate presso le aziende florovivaistiche della zona.

Infine, una piccola ma significativa parte di materiale vegetale da mettere a dimora potrà essere autoprodotta, grazie alla disponibilità di alcuni studenti appassionati della vegetazione spontanea dei nostri ambienti rupestri.

## Materiali per la decorazione artistica

Il nostro progetto prevede l'inserimento di due pannelli posti su due pareti prospicienti l'ingresso dell'anfiteatro, il primo realizzato in ceramica mentre il secondo in rame.

### Il rame decorato in solfuro

#### MOTIVAZIONE CONCETTUALE

Gli strati della terra sono anche rame, trasformato in fogli di libri che si aprono a noi.....  
per raccontare l'origine del metallo al servizio dell'uomo....

#### DATI TECNICI E CHIMICI

Pannello in rame m.1x1, spessore mm 0,12 realizzato con la tecnica dello sbalzo e del traforo, trattamento di superficie per ossidazione naturale e motivi sulla parte sbalzata che rappresenta il mondo realizzati con zolfo. (quando lo zolfo reagisce con il rame, gli atomi di zolfo prendono gli elettroni degli atomi di rame, acquisendo

elettroni lo zolfo si riduce e si ha una ossido riduzione, ( le due sostanze allo stato elementare, il rame e lo zolfo reagiscono a formare il solfuro di rame, relativamente stabile, dallo spiccato cromatismo)