

Il Programma di Cooperazione Transfrontaliera (CT) Italia-Tunisia 2014-2020, adottato dalla Commissione Europea, mira a contribuire all'obiettivo globale ENI di progresso verso "uno spazio di prosperità condivisa e di buon vicinato fra gli Stati Membri dell'UE e i loro vicini". L'obiettivo del programma è pertanto quello di promuovere uno sviluppo economico, sociale e territoriale giusto, equo e sostenibile, al fine di favorire l'integrazione transfrontaliera e valorizzare i territori e le risorse dei due Paesi partecipanti.

Progetto N. C-5-2.1-16
CUBÂTI Culture du bâti de qualité : Recherche, Innovation et Enterprise pour la Durabilité
Priorità del Programma 2.1 - Promozione e sostegno alla ricerca e all'innovazione nei settori chiave
Obiettivo tematico del Programma OT2 - Sostegno all'istruzione, alla ricerca, allo sviluppo tecnologico e all'innovazione
Risultato del programma R2.1.b - Rafforzamento dei legami tra la comunità imprenditoriale e i ricercatori che lavorano sull'innovazione in settori chiave

Il presente fascicolo è stato realizzato grazie all'aiuto finanziario dell'Unione Europea nell'ambito del Programma Italia Tunisia 2014-2020[©].
Il suo contenuto è di esclusiva responsabilità del Beneficiario e non può in nessun caso essere considerato come riflesso della posizione dell'Unione Europea o della posizione delle strutture di gestione del Programma.
I Curatori declinano ogni responsabilità relativa ai contenuti dei singoli contributi.

.....

Le Programme de Coopération Transfrontière (CT) Italie-Tunisie 2014-2020, adopté par la Commission Européenne, vise à contribuer à l'objectif global IEV de progrès vers « une zone de prospérité partagée et de bon voisinage entre les États membres de l'UE et leurs voisins ». Le but du Programme IEV de Coopération Transfrontalière Italie-Tunisie 2014-2020 est donc d'encourager un développement économique, social et territorial juste, équitable et durable, en vue de favoriser l'intégration transfrontalière et de valoriser les territoires et les atouts des deux Pays participants.

Projet N. C-5-2.1-16
CUBÂTI Culture du bâti de qualité : Recherche, Innovation et Enterprise pour la Durabilité
Objectif thématique du programme OT2 - Soutien à l'éducation, la recherche, le développement technologique et l'innovation
Priorité du Programme 2.1 - Promotion et appui à la recherche et à l'innovation dans les secteurs clés
Résultat du Programme R2.1.b - Liens renforcés entre le milieu des affaires et les chercheurs travaillant sur l'innovation dans les secteurs clés

Le présent brochure a été réalisé avec l'aide financière de l'Union européenne dans le cadre del Programme *ItalieTunisie2014-2020*[©].
Son contenu relève de la seule responsabilité du Bénéficiaire et ne peut en aucun cas être considéré comme reflétant la position de l'Union européenne ou la position des structures de gestion du Programme.
Les Editeurs déclinent toute responsabilité pour le contenu des contributions individuelles.

.....

© Copyright 2023
New Digital Frontiers srl
Via Serradifalco, 78
90145 Palermo - Italia
www.newdigitalfrontiers.com

ISBN: 978-88-5509-595-2

Finito di stampare
Dicembre 2023
presso
Priulla Print srl
Palermo



Capofila



PARC H

Partner di Progetto



odomus



المدرسة الوطنية للهندسة المعمارية والتحصين
ECOLE NATIONALE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME



Partner Associati

Direzione Generale
Creatività Contemporanea

ASSESSORATO ENERGIA
REGIONE SICILIANA

ASSESSORATO ATTIVITÀ PRODUTTIVE
REGIONE SICILIANA

CNA
PPC

CONSIGLIO NAZIONALE
DELLI ARCHITETTI
PIANIFICATORI
PAISAGGISTI
E CONSERVATORI

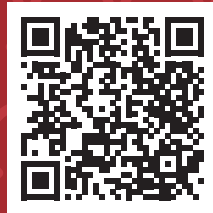
ANCE
SICILIA

استشارات واعمالها
InvestConsulting S.p.A.

المجالس
OPT



FRANÇAIS



ENGLISH

CUBÂTI

CULTURE DU BÂTI
DE QUALITÉ :
RECHERCHE,
INNOVATION
ET ENTERPRISE
POUR LA DURABILITÉ

Realizzazioni di trasferimento tecnologico
nel progetto CUBÂTI

a cura di
Maria Luisa Germanà, Manfredi Saeli e Andrea D'Amore

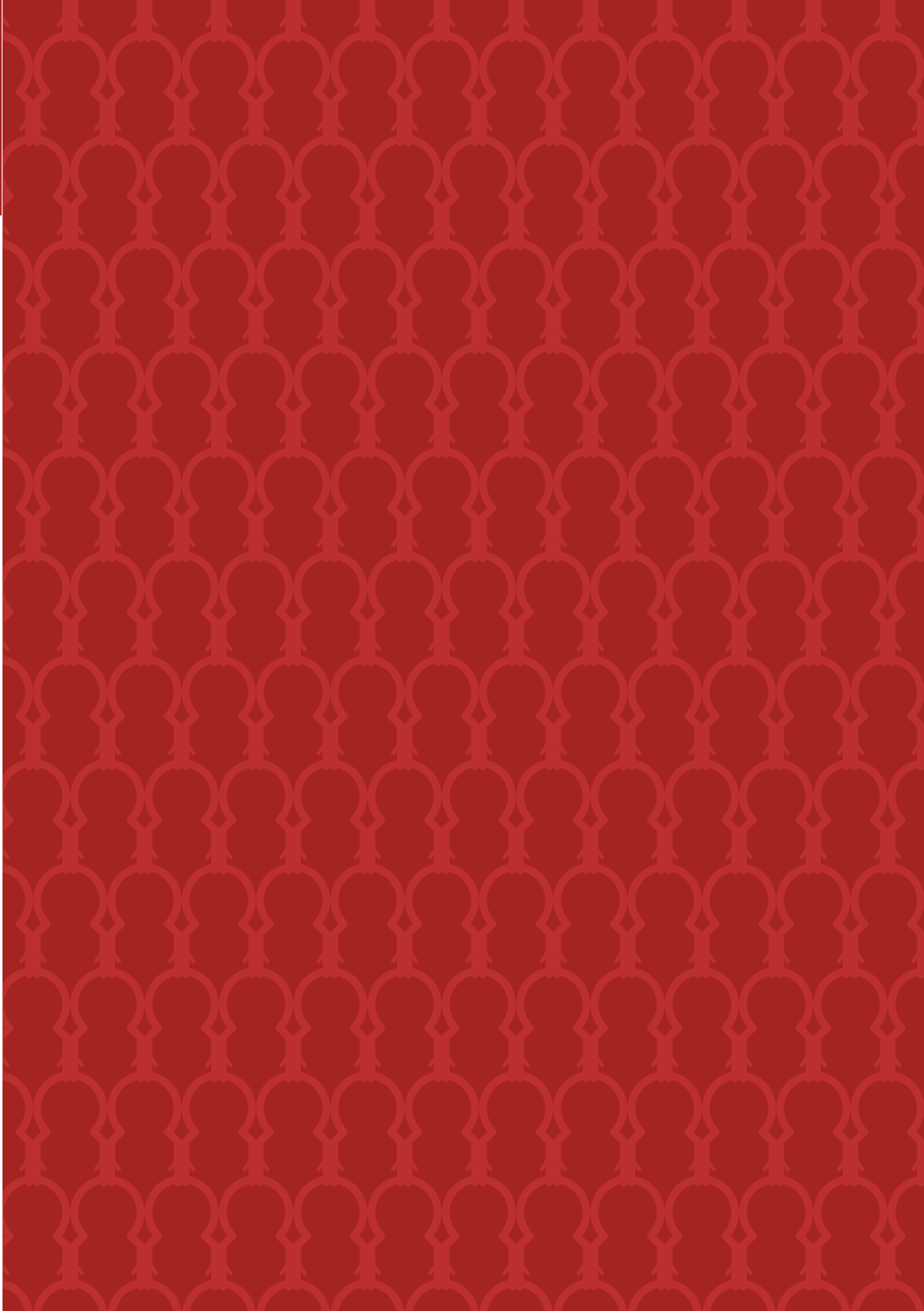
cubati.org

CUBÂTI

CUBÂTI
CULTURE DU BÂTI
DE QUALITÉ :
RECHERCHE,
INNOVATION
ET ENTERPRISE
POUR LA DURABILITÉ

Il progetto CUBÂTI: cultura della costruzione e identità comune (M. L. Germanà) **Il trasferimento tecnologico nell'esperienza CUBÂTI (M. L. Germanà)**

1. La Tecnoteca CUBÂTI del Dipartimento di Architettura UNIPA (M. L. Germanà; A. D'Amore; F. Provenza)
2. I modelli dimostrativi sui materiali delle sperimentazioni (F. Zagarella)
3. I modelli dimostrativi su applicazioni di progettazione ambientale (M. L. Germanà; F. Provenza; F. Zagarella)
4. Adobe (mattoni in terra cruda) in Tunisia (F. Kharrat; H. Driss)
5. BTC (mattoni di terra compressa) (F. Kharrat; H. Driss)
6. Adobe (mattoni in terra cruda) nella Sicilia antica (M. L. Germanà)
7. Adobe (mattoni in terra cruda) nella Sicilia moderna (M. L. Germanà)
8. Gli scarti provenienti dal mare (F. Bertolino; F. Cassarà)
9. La camera climatica del Laboratorio di Edilizia del Dipartimento di Architettura UNIPA (M. L. Germanà; M. Saeli; A. D'Amore)
10. Il processo condiviso per le sperimentazioni sui materiali/1 (F. Fernandez; K. Mensi)
11. Il processo condiviso per le sperimentazioni sui materiali/2 (F. Fernandez; K. Mensi)
12. Sperimentazioni di materiali: gesso e gusci di cozze (M. Saeli; T. Campisi; A. Calà; R. Leone)
13. Sperimentazioni di materiali: calce e caffè (M. Saeli; A. Calà; R. Leone)
14. Sperimentazioni di materiali: gesso e scarti di fico d'India (S. Colajanni; T. Campisi; V. R. Margiotta)
15. Sperimentazioni di materiali: gesso e gusci di pistacchio (F. Fernandez; M.G. Insinga; R. Basile)
16. Sperimentazione di materiali: gesso e bucce di arancia (F. Fernandez; M.G. Insinga; R. Basile)
17. Sperimentazioni di materiali: argilla e gusci di pistacchio (F. Fernandez; M.G. Insinga; R. Basile)
18. Sperimentazioni di materiali: argilla e bucce di arancia (F. Fernandez; M.G. Insinga; R. Basile)
19. Sperimentazioni di materiali in Tunisia (K. Mensi)
20. Sito archeologico Utique in Tunisia. L'edificio sperimentale (B. Mazigh; K. Chaniour)
21. Realizzazione di edifici dimostrativi in Tunisia (F. Mhiri; K. Mensi)
22. Produzione di intonaco esterno in cocciopesto (G. Guglielmino, vincitore PRIX CUBÂTI)
23. Produzione di pavimentazione esterna in cocciopesto (G. Guglielmino, vincitore PRIX CUBÂTI)
24. Produzione di intonaco in terra cruda (G. Guglielmino, vincitore PRIX CUBÂTI)
25. Produzione di mattone in paglia (G. Guglielmino, vincitore PRIX CUBÂTI)
26. La Casa Teatro "Marcello": legno e paglia (D. Schininnà, Olivo s.r.l., vincitore PRIX CUBÂTI)
27. Produzione di blocchi in terra cruda compressa (A. Ghannem SOIB, vincitore PRIX CUBÂTI)
28. Progettazione tecnologica per edifici incompiuti (M. L. Germanà, F. Anania)
29. Diagnostica innovativa nel campo del Structural Health Monitoring (SHM) (TEM LAB, vincitore PRIX CUBÂTI - A. Mulone; F. Di Ganci)
30. Riciclo di scarti da demolizioni di costruzioni in calcestruzzo di cemento armato (Z. Jaouadi, vincitore PRIX CUBÂTI)



IL PROGETTO CUBÂTI: CULTURA DELLA COSTRUZIONE E IDENTITÀ COMUNE

Maria Luisa GERMANÀ (Responsabile scientifico)

Culture du bâti de qualité: Recherche, Innovation et Entreprise pour la Durabilité è un progetto strategico per la ricerca e l'innovazione cofinanziato dall'Unione Europea nell'ambito del Programma ENI di Cooperazione Transfrontaliera Italia-Tunisia 2014-2020. Proposto nel 2019 e concluso nel 2013, per la prima volta in questo Programma CUBÂTI ha acceso i riflettori sul settore edilizio: un'attività di notevole rilevanza per l'economia transfrontaliera, per la sostenibilità e per la qualità della vita di tutti.

La prima leva su cui ha agito CUBÂTI è il concetto di "cultura della costruzione", da cui deriva lo stesso titolo attribuito al Progetto. Nel 2018 i Ministri della Cultura europei hanno sottoscritto la Dichiarazione di Davos, sottolineando che costruire è sempre un atto culturale e che la cultura della costruzione (*baukultur*) di alta qualità dipende innanzitutto da un approccio olistico ai processi di produzione, manutenzione e trasformazione dell'ambiente costruito. Alla luce di tale concetto, CUBÂTI ha guardato unitariamente al patrimonio architettonico e all'architettura contemporanea, con l'ambizione di attivare un circolo virtuoso tra attività produttive diverse (edilizia, agricoltura e itticoltura, turismo culturale) tendendo a rafforzare i legami tra ricercatori, professionisti e imprenditori siciliani e tunisini nel campo della costruzione sostenibile e sensibilizzando le istituzioni verso un indispensabile rinnovamento programmatico e strategico, all'insegna della economia circolare e della visione olistica.

La seconda leva su cui ha agito CUBÂTI è il valore aggiunto della cooperazione transfrontaliera tra Sicilia e Tunisia, fondato alcuni elementi materiali e immateriali dell'identità comune che sono maggiormente collegati alle attività costruttive.



> Gli otto criteri per una cultura della costruzione di qualità (Sistema Davos). Da: <https://www.bak.admin.ch/bak/it/home/baukultur/qualitaet/davos-qualitaetssystem-baukultur.html>.



> Campi di applicazione a cui si riferisce CUBÂTI. Elaborazione grafica dell'A., su immagine: <https://www.flickr.com/photos/marcocrupivisualartist/39367058165> (Licenze Creative Commons).

In generale, tale identità comune si può riconoscere sia nella tradizione che nella contemporaneità e non è difficile immaginare che anche nel futuro manterrà forza e riconoscibilità, sullo sfondo degli scenari globali. Sicilia e Tunisia si trovano nel baricentro di un'area che svolge un ruolo di faglia tra due macroregioni oggi più che mai in precario equilibrio: l'Europa e l'area MENA (*Middle East and North Africa*). Una frontiera che è teatro di aspre tensioni, con due principali flussi critici: in direzione est-ovest, gli ingenti interessi economici animati dalle rotte tra Suez e Gibilterra, che collegano gli oceani Indiano e Atlantico; in direzione sud-nord, le continue ondate migratorie, alimentate da cause (cambiamenti climatici e conflitti) non risolvibili facilmente.

Il Mediterraneo, sin dall'antichità connettivo tra civiltà, domina sull'insieme sfaccettato di criticità e opportunità che caratterizza l'identità comune tra Sicilia e Tunisia. Sulle sponde prospicienti del Canale di Sicilia, nell'area dove i due continenti sono vicini, si sono sviluppate culture e culture parallele, alimentate da millenari proficui scambi (flussi di materie prime, di prodotti, di persone, di conoscenze).

Il concetto di cultura della costruzione di qualità che ha ispirato CUBATI si collega all'identità comune tra Sicilia e Tunisia nella misura in cui le attività del progetto hanno voluto valorizzare le opportunità offerte dall'identità comune (con riferimento ai materiali costruttivi locali e al patrimonio architettonico), tenendo conto dell'orientamento alla sostenibilità ambientale, condizione imprescindibile per un ambiente costruito di alta qualità, dove le persone possano vivere bene e riducendo la propria impronta ecologica.



> L'area mediterranea sullo sfondo dello scenario globale. Elaborazione dell'A. sulla base di immagine tratta da:
https://pxhere.com/it/photo/1262215?utm_content=shareClip&utm_medium=referral&utm_source=pxhere (Licence Common)



> Il mare Mediterraneo. Composizione da foto satellitari (credits NASA).
https://pxhere.com/it/photo/1262215?utm_content=shareClip&utm_medium=referral&utm_source=pxhere

IL TRASFERIMENTO TECNOLOGICO NELL'ESPERIENZA CUBÂTI

Maria Luisa GERMANÀ

Con trasferimento tecnologico si intende un processo per cui conoscenze maturate in ambito scientifico trovano applicazione, ma anche ulteriore sviluppo, nella realtà operativa.

Nel campo della costruzione sostenibile, oltre sessant'anni di ricerca hanno prodotto una ampia conoscenza che, tuttavia, solo da poco e ancora parzialmente trova applicazione.

Gli ostacoli che continuano a ostacolare il trasferimento tecnologico in questo campo sono di natura tecnica, economica e culturale e CUBÂTI, nella consapevolezza dei limiti dell'occasione, ha cercato di intraprendere molteplici strade.

Infatti, i tre principali gruppi di attività del progetto di seguito elencati sono tre filoni intrecciati e interagenti, a cui hanno collaborato tutti i partner di progetto:

Trasferimento tecnologico: sperimentazione congiunta di materiali da costruzione legati all'identità comune; realizzazione a scopi dimostrativi di modelli, tecnoteche e piccoli edifici in Tunisia con l'utilizzo di materiali legati alla tradizione e all'economia circolare (scarti di agro-alimentare).

Capitalizzazione e Mainstreaming: documenti tecnici per facilitare il trasferimento di conoscenze e tecnologie sui materiali da costruzione sostenibili in Sicilia e Tunisia; scambio di buone pratiche in occasione di workshop, seminari, fiere e attraverso pubblicazioni; sviluppo di protocolli di cooperazione sulla cultura della costruzione di qualità.

Mobilità e sviluppo di conoscenze comuni: sostegno alla mobilità transfrontaliera per lo sviluppo del capitale umano; creazione di una piattaforma web per la condivisione dei contenuti; Premio CUBÂTI dedicato a imprenditori e professionisti.

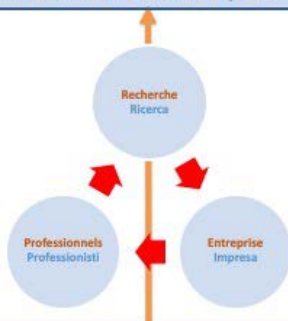
IDÉE BASIQUE DE CUBÂTI

IDEA DI BASE DI CUBÂTI

« CULTURE DE BÂTI » DE QUALITÉ BAUKULTUR DI ALTA QUALITÀ

La coopération entre le monde des affaires et la recherche, tirant parti de la vision globale et stratégique de la « culture de bâti » de qualité, contribuant à l'innovation par le biais de deux éléments forts de l'identité transfrontalière :

- les ressources renouvelables pour des matériaux constructifs durables
- le patrimoine architectural.



La coopération tra impresa, professionisti e ricerca, applicando la visione globale e strategica della baukultur di qualità, contribuisce all'innovazione attraverso due forti elementi di identità transfrontaliera:

- le risorse rinnovabili per i materiali da costruzione sostenibili
- il patrimonio architettonico.

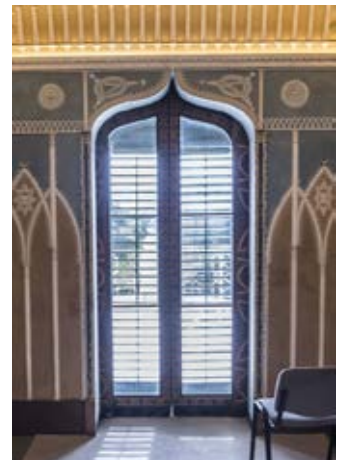
MATÉRIAUX DURABLES LIÉS À L'IDENTITÉ LOCALE / PATRIMOINE ARCHITECTURAL MATERIALI SOSTENIBILI LEGATI ALL'IDENTITÀ LOCALE / PATRIMONIO ARCHITETTONICO

Con l'ambizione di tener presente in modo unitario cultura, tecnologia, modelli produttivi, paradigmi economici, CUBÀTI ha cercato di contribuire alla costruzione sostenibile sulla base di due elementi forti dell'identità comune tra Sicilia e Tunisia:

- la disponibilità nel territorio transfrontaliero di materiali locali, coerenti con la realtà produttiva contemporanea: geo-materiali a limitato impatto (gesso e argilla); materiali bio-based (scarti da agro-alimentare e itticoltura); rifiuti da demolizioni (con riferimento alla piaga degli edifici incompiuti).
- un patrimonio architettonico ricchissimo (Sicilia e Tunisia contano rispettivamente otto e nove siti nella *World Heritage List* UNESCO), che offre innumerevoli spunti di sostenibilità *ante litteram* (oltre al sapiente impiego di materiali locali, si pensi alle soluzioni per riscaldamento e raffreddamento passive, ovvero che non utilizzano impianti energivori).



> A sinistra, schema riferito al trasferimento tecnologico per il riciclo di macerie in contesti di crisi belliche. A destra, schema riferito alla combinazione di residui agricoli e materiali locali, per la produzione di materiali costruttivi con diversi procedimenti. Da: Antoniol E., Ferrari, Ferrari M., Dalla crisi al futuro sostenibile. Processi di trasferimento tecnologico dall'Europa all'area MENA, su «TECHNE» n. 22/2021, pp. 55-62.



> Due elementi dell'architettura tradizionale molto diffusi in Tunisia e in Sicilia che oggi hanno acquisito il significato di sostenibilità *ante litteram*: a sinistra la *mashrabiya* (Sidi Bou Said Tunisi), a destra la persiana (Palazzina cinese, Palermo).

LA TECNOTECA CUBÂTI DEL DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA UNIPA

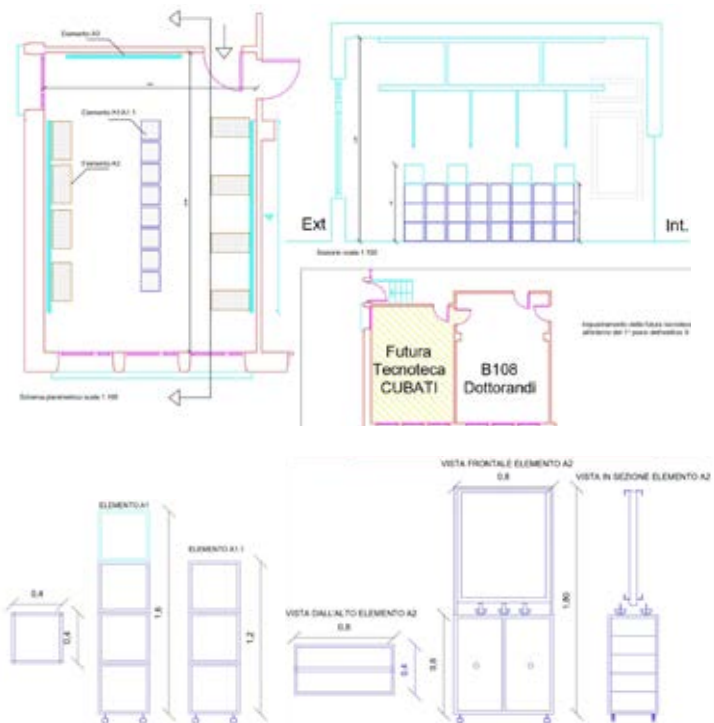
1

Responsabili: Maria Luisa GERMANÀ, Andrea D'AMORE, Fabrizio PROVENZA

Il progetto CUBÂTI ha consentito di dar vita ad uno spazio dedicato a raccogliere ed esporre modelli, materiali e tecniche costruttive sostenibili collegati alla identità comune tra Sicilia e Tunisia, rappresentativa della regione mediterranea. La Tecnoteca era inizialmente ideata per ospitare campioni e modelli dimostrativi realizzati durante il progetto CUBÂTI, utilizzando prevalentemente materiali ricavati da scarti del settore agroalimentare. Successivamente, si è pensato di estendere l'esposizione a modelli utili per la progettazione ambientale e a donazioni da parte di istituzioni o aziende interessate al tema della cultura della costruzione.

Per accogliere la Tecnoteca, il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Palermo ha messo a disposizione una stanza presso l'edificio 8 di viale delle Scienze, sede che già ospita una preziosa esposizione di modelli provenienti dall'ex Regia Scuola di Applicazione per Ingegneri e Architetti, già in dotazione al Dipartimento di Progetto e Costruzione Edilizia.

Sulla base dello spazio assegnato, la Tecnoteca CUBÂTI è stata progettata tenendo conto della possibilità di muovere facilmente gli arredi (tutti in legno di castagno) per consentire allestimenti flessibili e facilmente trasportabili in altri luoghi, per eventi e fiere collegati ai temi della costruzione di qualità, della *baukultur* e della bioedilizia.



> Indicazioni allestimento tecnoteca CUBÂTI.



> I mobili sono stati realizzati dall'impresa artigiana Nudolegno Studio di Palermo; le stampe dalla Studio Tre Palermo. Nel retro, render di Fabrizio Provenza.

La Tecnoteca CUBÂTI rappresenta un risultato tangibile e duraturo del progetto, che mira a svolgere contestualmente una funzione divulgativa e formativa. Tale spazio, che sarà aperto agli studenti di tutte le età, vuole offrire un luogo nel quale conoscere, avvicinarsi, toccare con mano alcuni aspetti propri del mondo della bio-edilizia e della costruzione di qualità focalizzata sulla dimensione mediterranea e transfrontaliera Italia-Tunisia.

Questo risultato, quindi, intende offrire uno strumento attraverso cui sensibilizzare i visitatori ai temi della costruzione di qualità, di un'architettura consapevole del proprio ruolo e dell'importanza di processi di ricerca che siano in grado, nel corso del tempo e con le dovute sperimentazioni, di aprire nuovi orizzonti nel settore dell'edilizia.



I MODELLI DIMOSTRATIVI SUI MATERIALI DELLE SPERIMENTAZIONI

2

Federica ZAGARELLA

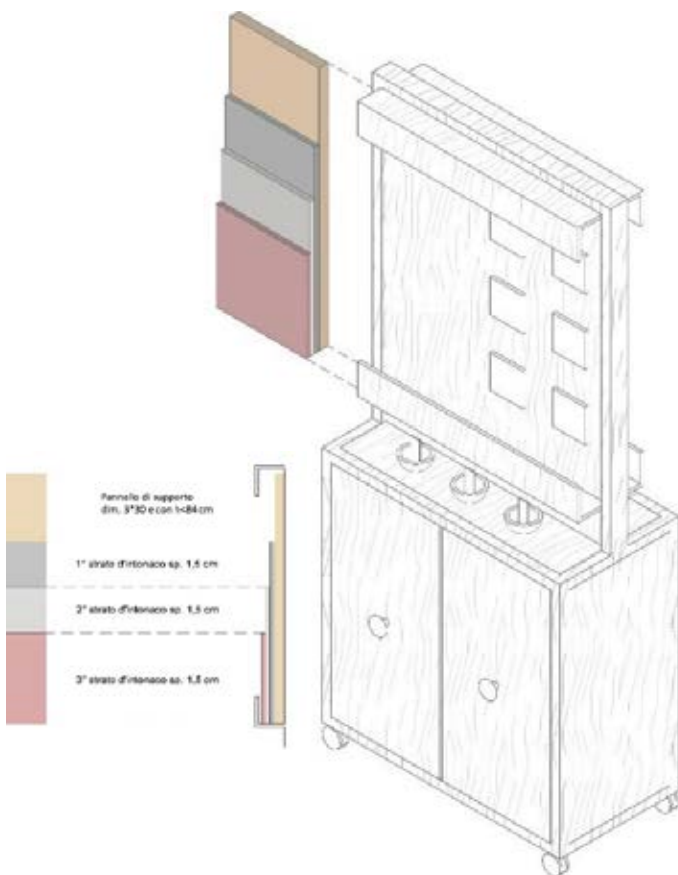
Nell'ambito delle azioni di trasferimento tecnologico del Progetto CUBÂTI sono stati progettati e realizzati dal Partner Consorzio Ecodomus alcuni modelli dimostrativi dei materiali sperimentati. La realizzazione ha avuto l'obiettivo di mostrare i materiali di finitura sperimentati nel corso del progetto, grazie alla fruttuosa collaborazione fra i partner Dipartimento di Architettura Università di Palermo, Istituto Euro-Mediterraneo di Scienza e Tecnologia di Palermo e Centre International des Technologies de l'Environnement di Tunisi. L'esposizione comprende sia le formulazioni finali, ritenute più promettenti per via di caratteristiche e prestazioni tecniche migliori, sia le numerose prove intermedie, a testimonianza della complessità del processo di sperimentazione per lo sviluppo di nuovi materiali.

Un primo modello «Pannelli e mattonelle dei materiali testati» è frutto di progettazione condivisa (F. Zagarella; M.L. Germanà; F. Provenza; A. D'Amore, in coerenza con l'allestimento della nuova Tecnoteca del Dipartimento di Architettura dell'Università di Palermo) e comprende due tipi di elementi:

- pannelli di supporto in legno lamellare (cm 35 x 78,8), su cui vengono stesi gli intonaci sperimentati;
- mattonelle in ceramica (cm 10 x 10), quale supporto per altre formulazioni di intonaco testate durante il progetto ma escluse dai risultati finali.

> In alto, un momento della sperimentazione dei materiali attuata con protocollo condiviso tra i partner di Progetto (Laboratorio CITET, Tunisi; foto di F. Zagarella 2023).

Al centro, assonometria del modello «Pannelli e mattonelle dei materiali testati» inserito nell'espositore della Tecnoteca del Dipartimento di Architettura Università di Palermo con lo schema degli strati di intonaco (disegni F. Provenza).

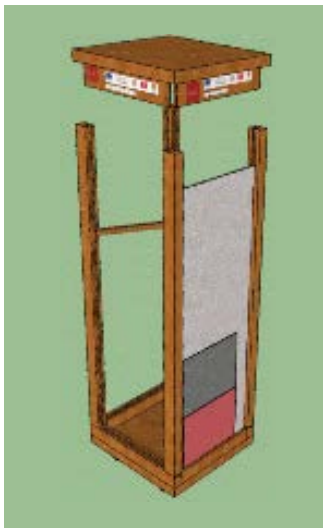


Un secondo modello, «Totem dei materiali testati» è stato progettato dal Partner Consorzio Ecodomus (T. Avara e F. Zagarella) con il duplice obiettivo di mostrare i materiali di finitura testati nel corso del progetto e di creare le premesse per sviluppi futuri in fase di eventuale capitalizzazione. Infatti, il totem è pensato per supportare non solo l'attuale sperimentazione, ma anche i risultati di future ricerche, tramite la possibilità di sostituire i pannelli forniti con dei nuovi.

Per ottimizzare questa opportunità nel territorio transfrontaliero, sono stati realizzati quattro totem, destinati alle Tecnotecche del Dipartimento di Architettura dell'Università di Palermo e dell'E-NAU (École Nationale d'Architecture et d'Urbanisme Tunis) e ai Laboratori dello IEMEST (Istituto Euro-Mediterraneo di Scienza e Tecnologia di Palermo) e del CITET (Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis).

Il totem (cm 40 x 40 x 165) è stato progettato dopo un'attenta analisi di prodotti simili (maquette di stratigrafie commerciali) ed una serie di passaggi intermedi mirati ad incrementarne la leggerezza, la modificabilità e la coerenza con gli allestimenti della Tecnoteca Dipartimento di Architettura dell'Università di Palermo. Esso è realizzato con listelli ed elementi in legno lamellare con incastri a secco e comprende guide per alloggiare i pannelli in cartongesso su cui stendere i materiali di finitura.

A seguito di bando pubblico, la ditta «PM Strutture in Legno» è stata incaricata per la realizzazione di questi modelli, che hanno una valenza sia didattica, essendo destinati alle Tecnotecche universitarie, sia divulgativa, in quanto potranno essere facilmente trasportati in occasioni di fiere e incontri professionali e aziendali.



> Il modello «Totem dei materiali testati». Rappresentazioni di progetto e realizzazione (foto F. Zagarella, 2023).

Maria Luisa GERMANÀ, Fabrizio PROVENZA, Federica ZAGARELLA

Nell'ambito del Progetto CUBÂTI, per iniziativa della Responsabile Scientifico M. L. Germanà e su progetto congiunto dei Partner Consorzio Ecodomus e Dipartimento di Architettura dell'Università di Palermo, sono stati realizzati due modelli dimostrativi su applicazioni di progettazione ambientale da collocare nella Tecnoteca dello stesso Dipartimento.

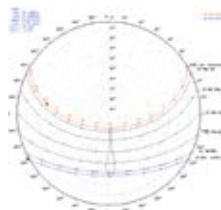
Si tratta di un tentativo di rendere più chiari alcuni strumenti di base per l'applicazione dell'approccio bioclimatico alla progettazione dell'architettura. Nonostante sessant'anni intercorsi dal fondamentale contributo di Victor Olgay «Design with climate» e l'attuale disponibilità di software che consentono rappresentazioni complesse di dati ambientali, come flussi d'aria ed irraggiamento solare, la realizzazione di modelli tridimensionali tangibili è stata ritenuta uno strumento ancora didatticamente valido. Peraltro, è noto che materiali a ridotto impatto (in quanto locali e orientati a processi circolari) non bastano a raggiungere pienamente una cultura della costruzione (*baukultur*) di alta qualità, se non si applica contestualmente l'approccio bioclimatico, indispensabile per ridurre sensibilmente il fabbisogno energetico relativo al comfort di spazi indoor e outdoor.

Il primo modello realizzato rappresenta (su un piano di multistrato legno di betulla di cm 80 di diametro) un «Diagramma solare polare»: la proiezione sul piano orizzontale dell'apparente percorso solare riferito alle coordinate geografiche dell'edificio 8 del Dipartimento di Architettura dell'Università di Palermo (38°10'55"N; latitudine; 13°34'50"E longitudine). Questa rappresentazione è fondamentale per un ottimale orientamento degli edifici e per la

progettazione di sistemi passivi (che non utilizzano impianti energivori) in quanto aiuta a conoscere la posizione del sole durante le stagioni e le ore del giorno, comprendendo l'interazione dell'ambiente costruito con l'irraggiamento solare. Il diagramma raffigura l'altezza del sole con i cerchi concentrici e l'azimut (la distanza dall'asse N-S) con i raggi. Il modello rappresenta le traiettorie del sole nei solstizi estivo e invernale e con l'ausilio di una lampada simula l'irraggiamento solare con luce diretta. Un dispositivo aggiuntivo con fonte luminosa lineare orientabile aiuta a simulare la luce diffusa.

> In alto, diagramma polare solare riferito alle coordinate geografiche dell'edificio 8 del Dipartimento di Architettura di Palermo, ricavato da www.sunearthtools.com e rielaborato da F. Provenza.

In basso, il modello del diagramma solare in fase di progettazione ed esecuzione (render F. Provenza).



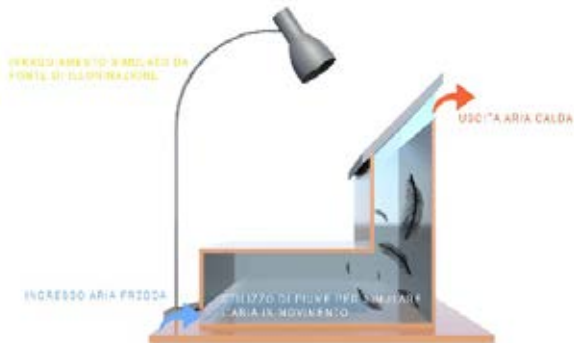
Il secondo modello realizzato rappresenta lo schema di un «Camino solare», dispositivo che sfrutta l'effetto camino (flusso d'aria innescato da una differenza di temperatura e dunque di pressione) soprattutto per il «raffrescamento passivo ventilativo» degli ambienti (pur costituendo allo stesso tempo una forma di guadagno solare diretto, utile per il riscaldamento passivo nelle stagioni fredde).

Da non confondere con le Torri del vento, elementi della tradizione persiana attualizzati in alcuni progetti contemporanei (che captano i venti dominanti freschi per immetterli all'interno), il Camino solare al contrario estrae l'aria calda, attivando un ricambio e un movimento d'aria all'interno. Il Camino solare funziona anche in assenza di vento perché è attivato dalla differenza di temperatura tra la sommità del camino e l'ambiente comunicante: ecco perché il modello utilizza il colore nero per la copertura inclinata del Camino solare, in quanto la minima albedo (indice di radiazione solare incidente riflessa in tutte le direzioni) massimizza l'assorbimento del calore.

Il modello schematizza il Camino solare con un volume di sezione a L realizzato in multistrato di legno di betulla (pianta cm 33 x 33 e h cm 30), con le due facce laterali in plexiglass trasparente per poter osservare l'interno. La copertura inclinata include una resistenza che consente l'innalzamento della temperatura, innescando la fuoriuscita dell'aria dall'interno del modello. Il funzionamento si manifesta inserendo alla base del modello una modesta quantità di materiale fumogeno. Una lampada che proietta luce sulla copertura serve a ricordare che il meccanismo è attivato dalla radiazione solare, senza l'ausilio di impianti.

I modelli del Diagramma solare e del Camino solare sono stati realizzati dalla ditta «Fablab Palermo APS», incaricata, a seguito di bando, anche della progettazione esecutiva.

> Il modello «Camino solare».
Rappresentazioni di progetto ed esecutive (render F. Provenza).



Fakher KHARRAT, Houda DRISS

DEFINIZIONE

L'adobe è un mattone di terra cruda modellato a mano o con lo stampo, poi essiccato per qualche giorno all'aria aperta o su delle aree coperte. Argille, fanghi e sabbie vengono mischiati all'acqua per raggiungere lo stato plastico, e talvolta a fibre per ridurre le crepe durante l'asciugatura.

STORIA

L'origine dell'adobe coincide con la rivoluzione neolitica e la sedentarizzazione dell'uomo nel Vicino-Oriente. Dei mattoni di terra a forma di pane, modellati a mano verso l'8000 a.C., sono stati trovati a Gerico e Mureybet. I più antichi prodotti negli stampi, circa mille anni più tardi, sono stati rinvenuti a Çatal Höyük, in Turchia.

BIBLIOGRAFIA

LEZINE, A. (1968), Carthage-Utique : études d'architecture et d'urbanisme

SLIM, H. (1985), La Tunisie. Dans Architectures de terre et de bois, DAF, 2, p. 35-45.

TERRA Award, premier prix mondial des architectures contemporaines en terre crue, lancé en 2015 sous l'égide de la chaire UNESCO « Architectures de terre, cultures constructives et développement durable ».

WAFER, R-Ph. (2010), L'adobe une solution durable pour la construction d'habitations écologiques dans une zone à forte activité sismique comme le Chili, Centre universitaire de formation en environnement, Université de Sherbrooke, Québec.



L'ADOBE UN'EREDITÀ LONTANA IN TUNISIA

L'uso dell'adobe è una tradizione edile molto antica in Tunisia, risale all'antichità. L'adobe è stato ritrovato nelle vestigia archeologiche romane che risalgono al secondo secolo avanti Cristo nella regione di El Jem-Thysdrus.

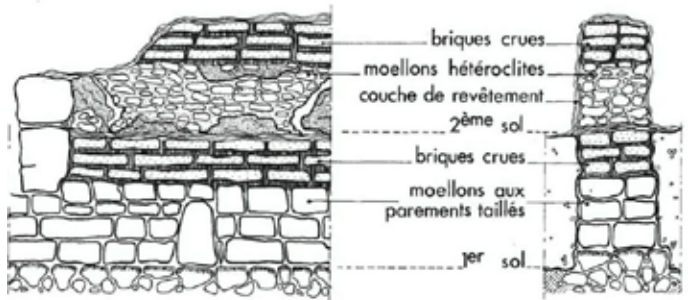
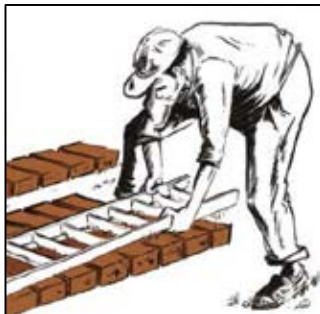
FASI DI FABBRICAZIONE DELL'ADOBE

1. Meschiare la terra fino a raggiungere lo stato plastico;
2. Mettere il miscuglio in uno stampo di legno a uno o più alveoli;
3. Sformare i mattoni e lasciarli essiccare all'aria aperta;
4. Dopo qualche giorno, posizionare i mattoni di taglio per un'asciugatura omogenea.

VANTAGGI DELLA COSTRUZIONE CON ADOBE

La costruzione con l'adobe presenta parecchi vantaggi:

- Capacità di regolazione igrotermica (regolare l'umidità dell'aria);
- Forte inerzia termica e capacità di immagazzinare il calore;
- Ridurre il consumo di energia e non produrre inquinamento;
- Riutilizzabile al 100%, riciclaggio facile e sostenibilità elevata;
- Materiale di costruzione poco costoso;
- Ottimo bilancio ambientale: poca o nessuna trasformazione né trasporto, nessuna produzione di gas a effetto serra;
- Buon isolamento termico e acustico;
- Fabbricazione artigianale semplice;
- Capacità di assorbimento degli odori e di miglioramento della qualità dell'aria.



> Sezione di muro:
Basamento in pietra ed elevazione in mattone crudo, El Jem-Tysdrus.

Fakher KHARRAT, Houda DRISS

TECNICA

I blocchi di terra compressa (BTC) sono fabbricati nelle presse manuali o meccanizzate con della terra umida e polverulenta, composta da una proporzione equilibrata di argille, fanghi, sabbie e piccola ghiaia. L'aggiunta di cemento o calce è comune per aumentare le caratteristiche meccaniche e la resistenza all'acqua.

STORIA

Il mattone di terra compressa (BTC) è un materiale relativamente recente. La prima pressa manuale, dell'ingegnere colombiano Raul Ramirez, ha conquistato il mercato internazionale, verso il 1950, per la sua semplicità e la sua maneggevolezza. Dopo parecchi perfezionamenti, la tecnica ha preso slancio nel quadro di programmi di insediamenti economici in Africa e in America Latina. I BTC si prestano anche ad edifici di grandi dimensioni, come ha dimostrato l'architetto indiano Satprem Maïni con una volta di più di 10 metri di portata.

BIBLIOGRAFIA

BRUNO A., GALLIPOLI D., PERLOT-BASCOULES C., Perlot-Bascoules, MENDES J., SALMON N., Briques de terre crue : procédure de compactage haute pression et influence sur les propriétés mécaniques. Rencontres Universitaires de Génie Civil, May 2015, Bayonne, France. fihal-0116767f.

HOUBEN, H., RIGASSI V., GARNIER Ph., (1996), Guide Blocs de terre comprimée, Equipements de production, CDI & CRATerre. EAG Carthage-Utique : études d'architecture, Bruxelles.

SOIB, Manuel de pose des briques de terre comprimée. <https://soib.com.tn/wp-content/uploads/2019/08/Manuel-de-pose.pdf>.



TERRA Award, premier prix mondial des architectures contemporaines en terre crue, lancé en 2015 sous l'égide de la chaire UNESCO « Architectures de terre, cultures constructives et développement durable ».

TAPPE DI PRODUZIONE DEL BTC

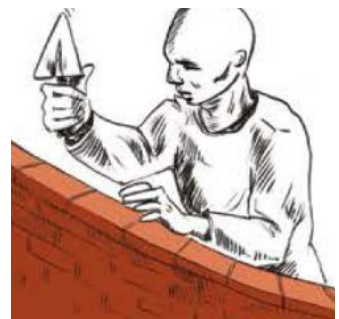
1. Triturare e setacciare la terra per avere un materiale omogeneo;
2. Mettere il miscuglio nello stampo della pressa;
3. Comprimer la terra manualmente;
4. Sformare e far uscire accuratamente il blocco dalla pressa;
5. Impilare i blocchi in una zona di stoccaggio all'aria aperta per 28 giorni.

IL BTC UN NUOVO MATERIALE DI COSTRUZIONE IN TERRA IN TUNISIA

La produzione dei BTC in Tunisia è cominciata nel 2008 con la società SOIB.

VANTAGGI DELLA COSTRUZIONE CON I BTC

- La costruzione con i BTC presenta numerosi vantaggi:
- Il processo di fabbricazione necessita di poca energia;
 - Materiale interamente riciclabile;
 - Le proprietà igrotermiche conferiscono agli edifici la possibilità di "respirare" assorbendo o liberando umidità;
 - Forte inerzia termica e regolazione della temperatura interna degli edifici;
 - Fattura energetica legata alla climatizzazione e al riscaldamento ridotta.



ADOBE (MATTONI IN TERRA CRUDA) NELLA SICILIA ANTICA

Maria Luisa GERMANÀ

6

Le tecniche costruttive della terra cruda hanno mantenuto per millenni un carattere di immediatezza: l'assenza di cottura consente di approntare il materiale nel luogo, senza mediazioni operative o logistiche, come avviene per gli animali che usano la terra argillosa per approntare i propri nidi.

La materia di base è la terra, estratta appena sotto lo strato arabile, impastata con diversi tipi di inerti (*bio-based*, come paglia, segatura o altre fibre vegetali, o minerali, come sabbia o bitume) per aumentare la resistenza meccanica e diminuire il ritiro durante l'essiccazione.

Nel caso dei mattoni (*adobe*), utilizzati per realizzare muri e volte, l'impasto viene posto in stampi e apparecchiato con tecniche murarie dopo l'essiccazione; nel caso della terra compattata, l'impasto prende consistenza essiccandosi dopo la posa (all'interno di casseforme, come nei muri in *pisé*, o interposto in graticci come nel *torchis*, o steso come finitura di superficie in rivestimenti o pavimentazioni).

Grazie ad una ricerca finanziata dal MIUR nell'ambito dei Progetti di Rilevante Interesse Nazionale e svolta dal 2005 al 2007, oggi possiamo affermare che la Sicilia contribuisce in modo sostanziale a tracciare le radici antiche dell'architettura in terra cruda in Italia, offrendo un campo di osservazione privilegiato. Infatti in alcuni siti archeologici siciliani sono presenti numerosi reperti, risalenti ad epoche che vanno dalla preistoria all'età ellenistico-romana e che sono riferibili a tipologie costruttive varie: fortificazioni e sepolture ed edifici residenziali, religiosi, produttivi e commerciali. Inoltre, gli esempi siciliani di costruito archeologico in terra cruda forniscono numerosi spunti di interesse per gli effetti di interventi di conservazione e protezione che sono stati realizzati negli



> In alto, nidi di rondini

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d0/Nidi_di_rondini_sottotetto.JPG (Licenza Creative Commons).

A sinistra, realizzazione di mattone crudo

(da <https://www.romanoimpero.com/2020/03/il-mattone-crudo.html>).

A destra, realizzazione di finitura in intonaco in terra cruda

<https://www.guglielminocooperativa.it/intonaci-in-terracruda>.



> M. L. Germanà (2011), *Earth in ancient Sicilian architecture* _ La terra cruda nelle costruzioni della Sicilia antica, in S. Mecca, L. Briccoli Bati, M. C. Forlani, M. L. Germanà (eds.), *Earth/Lands. Earthen Architecture in Southern Italy* _ Terra/Terre. Architetture in terra dell'Italia del Sud, ETS Pisa, pp. 166-188].

ultimi sessanta anni. La tecnica dell'adobe (mattoni crudi) è quella maggiormente rappresentata nel patrimonio archeologico siciliano giunto a noi: essa si diffuse attorno a tutto il Mediterraneo a partire dal VII secolo a.C., sia nei siti di influsso punico che greco.

A Gela sono presenti preziose testimonianze di costruzioni in adobe (tecnica a cui si ricorreva soprattutto quanto le cave da cui estrarre materiali lapidei erano lontane), che sono arrivate a noi in eccezionali dimensioni, grazie alla natura sabbiosa del terreno che le ha ricoperte per secoli.

A Mozia, sito di impronta punica, sono presenti tracce di muri in adobe riferibili al periodo tra VI e V secolo a. C., in edifici artigianali e in fortificazioni.

Risalgono a epoca successiva (II o I secolo a. C.) le case patrizie di Eraclea Minoa, colonia selinuntina che sorge su un'altura nei pressi della costa agrigentina. La maggior parte di muri, sia perimetrali che divisorii, sono realizzati in terra cruda (*adobe* e *pisé*) con alcuni tratti ancora intonacati.

A Solunto, sito ellenistico-romano che si affaccia sulla costa orientale della provincia di Palermo, i resti in terra cruda si limitano a pochi esempi, che in molti casi risultano interventi puntuali, derivanti da modifiche di edifici in origine realizzati interamente in pietra.

> In alto Mozia (Trapani), muro a telaio con parti in adobe in insediamento artigianale (VI-V secolo a. C.); foto di M. Schiera 2007.

Al centro, Eraclea Minoa (Agrigento). Edificio residenziale secolo II-I a. C.; foto M.L. Germanà 2014.

In basso, Solunto (Palermo), Casa a peristilio, isolato VII, nel 2007 (foto di M. Schiera) e nel 2013 (foto di F. D'Amaro).



> Gela (Caltanissetta). In alto a sinistra, Emporio arcaico a Bosco Littorio (VI a. C.). In basso a sinistra e a destra, mura urbiche di Capo Soprano IV sec. a.C. Foto di M. L. Germanà 2015.



ADOBE (MATTONI IN TERRA CRUDA) NELLA SICILIA MODERNA

7

Maria Luisa GERMANÀ

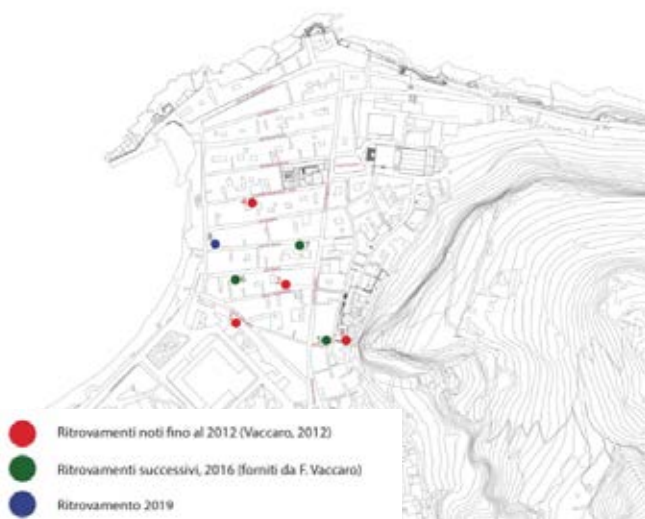
Nonostante sia ancora utilizzata in tanti altri luoghi e per quanto sia sempre più apprezzata per il ridottissimo impatto ambientale, in Italia la terra cruda è un materiale costruttivo estraneo al contesto operativo contemporaneo. Impedimenti di natura tecnica, normativa e soprattutto culturale ne impediscono la diffusione.

Per poter attualizzare questo materiale sarebbe utile potere riallacciarne l'impiego alle radici della tradizione costruttiva locale, come avviene dove esso è presente nell'architettura vernacolare e tradizionale.

In Sicilia le costruzioni archeologiche dove è stata rinvenuta la terra cruda non sono sufficienti ad alimentare le ipotesi di attualizzare questo materiale perché sono troppo remote. Ecco perché sono di particolare interesse i fortuiti rinvenimenti di mattoni crudi in alcuni edifici della parte antica di Cefalù (Palermo), anche se si tratta di modeste entità: una sopraelevazione e completamenti di muri in costruzioni in cui il materiale prevalente è la pietra.

M. L. Germanà (2014), *Early modern period adobe in Sicily: recent finds*, in: C. Mileto, F. Vegas, L. Garcia Soriano, V. Cristini (cur.), *Earthen Architecture: Past, Present and Future Proceedings of the International Conference on Vernacular Heritage. Sustainability and earthen Architecture*, CRC Press Taylor & Francis Group, London, UK, pp. 163-168.

> A sinistra in basso e a destra: cantiere in via Vanni a Cefalù (Palermo), foto di F. Vaccaro 2013. Mattoni crudi utilizzati per chiudere un vano in un edificio residenziale esistente: la stessa soluzione a basso costo dopo circa diciotto secoli.



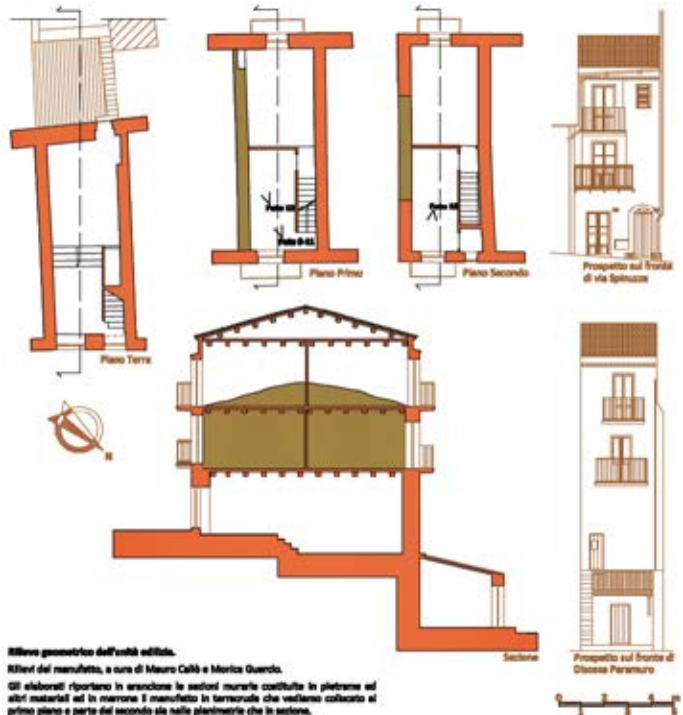
> Mappa dei rinvenimenti di mattoni crudi a Cefalù (Palermo). Da tesi di laurea magistrale in Architettura «Riproporre la terra cruda a Cefalù per il miglioramento della fruizione del sito "Arabo-normanno" UNESCO» di Federica Culotta (2019).



Nel 2010, durante i lavori di recupero di un edificio in via S. Spinuzza a Cefalù, gli Architetti Mauro Calì e Monica Guercio trovarono un muro in mattoni crudi. Due anni più tardi, durante gli studi per la sua tesi di laurea Fabio Vaccaro analizzò più in dettaglio il rinvenimento e analizzò un campione di mattone crudo prelevato dal muro. Il mattone risultò costituito da terra argillosa, sabbia e tre tipi di inerti: di origine vegetale (paglia, frammenti di canna e legno); di origine animale (schegge di osso, conchiglie); di origine artificiale (cocci di materiale fittile).

Oltre a questi componenti, sorprendentemente il campione ha rilevato la presenza della testa di un piccolo crocifisso di cartapesta, ancora riconoscibile dopo circa quattro secoli (il mattone è stato datato con il metodo del carbonio-14 intorno al 1640).

> Rinvenimenti nel campione di mattone crudo trovato nell'edificio di via S. Spinuzza a Cefalù. In basso: il resto del frammento di crocifisso (foto di Fabio Vaccaro 2012).



> In alto: elaborati tratti dalla tesi di laurea in Scienze dell'Architettura «Cefalù in adobe: testimonianze in terra cruda» di Fabio Vaccaro (2012). Al centro: edificio del rinvenimento nel contesto urbano e muro in mattoni crudi rinvenuto durante l'esecuzione dei lavori di recupero nel 2010. In basso a sinistra: la nicchia da cui è stato estratto il campione analizzato nel 2021.

Francesco BERTOLINO, Federica G. CASSARÀ (Borsisti CUTP)

Lo studio ha l'obiettivo di riassumere lo stato dell'arte dei materiali, sperimentati ed analizzati, che provengono dal mondo marino e che possono essere utilizzati nelle costruzioni. Nell'ottica di un'economia circolare, ci si è soffermati su quelle materie considerate scarti, ma per cui è possibile immaginare una seconda vita.

La *Posidonia oceanica*, fanerogama marina endemica del Mediterraneo, spesso si trova spiaggiata sui litorali dove si accumula formando le cosiddette *banquettes*. La *Posidonia* spiaggiata talvolta viene considerata rifiuto e necessità di essere smaltita. Numerosi studi dimostrano che, grazie alle sue proprietà, gli «scarti» (essenzialmente foglie) di *Posidonia* possono essere utilizzati come materiale isolante nelle costruzioni.

Anche i gusci dei molluschi bivalvi sono considerati un rifiuto. L'interesse in merito all'uso dei gusci dei bivalvi in ambito edilizio è recente e le ricerche non molto numerose, ma i risultati sono interessanti. Infatti, sia l'uso della polvere dei gusci naturale che miscelata ad altri composti, dà vita a materiali adoperabili negli edifici anche se non con funzione strutturale.

BIBLIOGRAFIA

- Abroug A., Jedidi M. (2020), "Valorization of *Posidonia oceanica* Balls for the Manufacture of an Insulating and Ecological Material", *Jordan Journal of Civil Engineering*, vol. 14 n. 3. pp. 417-430.
- Abualsaud E. H., Halimi M.T., Hasen M. B., Otham A.M., Zannen S. (2022), "Development of a Multifunctional Wet Laid Nonwoven from Marine Waste *Posidonia oceanica* Technical Fiber and CMC Binder", *Polymers*, vol 14 issue 5 n. 865.
- Backeljau T., Chapelle G., Morris J. P., (2018), "Shells from aquaculture: a valuable biomaterial, not a nuisance waste product", *Reviews in Aquaculture*, vol. 11, issue 1, pp. 42-57
- Bamigboye G. O., Okara O., Bassey D. E., Jolayemi K. J., Ajimalofin D., (2020) "The use of *Senilliasenilis* seashells as substitute for coarse aggregate in eco-friendly concrete", *Journal of Building Engineering*, 32, 101811.
- Calà A., Campisi T., Capela M. N., Colajanni S., Leone R., Saeli M., (2023), "Recycling mussel shells as secondary sources in green construction materials: a preliminary assessment", *Sustainability*, 15, 3547.
- Calà, A., Leone, R., Saeli, M. (2023), "Bivalve mollusks shells valorisation and recycling: market potentiality and novel building products", *Proceedings of ISER International Conference*, pp. 9-15).
- Calvo R. (2018), "Thermal insulation role and possible exploitation of *Posidonia oceanica* detritus in the Mediterranean area", *Flora Mediterranea*, vol. 28 pp. 279-285.
- Chen D., Pan T., Yu X., Liao Y., Zhao H., (2020), "Properties of Hardened Mortars Containing Crushed Waste Oyster Shells", *Journal of Cleaner Production*, 266, 121729.
- Del Grammastio L. (2018), "Gusci: la seconda vita dei molluschi bivalvi", *Il Pesce*: n° 2/2018
- Gheith R., Hachem H., Jemni A., Mehrez I. (2022), "Valorization of *Posidonia-Oceanica* leaves for the building insulation sector", *Journal of Composite Materials*, vol. 56 issue 13 pp. 1973-1985.
- Ibrahim A.S., Ul-Islam M., Al-Salmi A., Al-Abri S., Al-Noobi A., (2020), "Optimize mechanical properties of Oman cement using bio waste of sea shell", *Conference: 10th National Symposium on Engi-*



- neering Final Year Projects.
- Li H.Y., Wu H.S., Chou C., (2020), "Study on engineering and thermal properties of environment-friendly lightweight brick made from Kinmen oyster shells", *Construction and Building Materials*, 246, 118367.
- Martínez-García, C.; González-Fontebó, B.; Carro-López, D.; Martínez-Abella, F., (2019), "Impact of mussel shell aggregates on air lime mortars. Pore structure and carbonation.", *Journal of Cleaner Production*, vol. 215, pp. 650-668.
- Ramírez E.W.G, García A.E.G., (2020), "Uso de residuo de conchas de abanico como filler para la elaboración de concreto sostenible, Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad de Piura, Perú.

DESCRIZIONE DELLO SCARTO:

POSIDONIA OCEANICA

La *Posidonia oceanica* è una fanerogama marina ad alto valore ambientale, la cui presenza attesta il buono stato di salute dell'habitat e la sostenibilità dei siti.

Una caratteristica fondamentale della *Posidonia* è l'elevata produzione di biomassa: ciclicamente perde le sue foglie che si depositano e si accumulano sulla battigia.

La gestione della *Posidonia* spiaggiata è alquanto complessa e il fenomeno del suo spiaggiamento è percepito da sempre come un disagio.

La normativa italiana prevede tre opzioni per la sua gestione che sono, in ordine di priorità, la manutenzione in loco, lo spostamento/accumulo e la rimozione/trasferimento in discarica.

Gli scarti sono un'interessante fonte di materiale per la bioedilizia. In particolare, sono stati studiati metodi adatti per trasformare le «egagropili» (strutture tondeggianti formate dall'aggregazione di resti fibrosi) in fibre utili ad essere utilizzate come isolante termico.

APPLICAZIONI ESISTENTI

- Materiale isolante



DESCRIZIONE DELLO SCARTO:

GUSCI DI BIVALVI

I Bivalvi o Lamellibranchi, hanno una conchiglia sempre divisa in due parti, le valve, da cui la denominazione bivalvi. Le due valve sono articolate dorsalmente con un sistema a cerniera, collegate saldamente da una struttura muscolo-elastica, i muscoli adduttori. La conchiglia dei Bivalvi è tipicamente costituita da tre strati.

In Europa le specie di molluschi bivalvi più commercializzate sono le cozze, le vongole e le ostriche.

Una delle problematiche legate alle produzioni di molluschi è la produzione di scarti. Gli scarti dei molluschi bivalvi provengono da tre settori: il settore della pesca e dell'allevamento, il settore della trasformazione e il settore del commercio/consumo.

Diverse prove di laboratorio hanno inoltre dimostrato che i gusci di questi molluschi, anche frantumati, sono capaci di legare numerosi metalli pesanti, e che, di conseguenza, possono essere utilizzati per la bio-rimediazione di matrici acquose complesse.

La possibilità di utilizzare nel settore dell'edilizia gli scarti dei bivalvi, consistenti nei gusci, è data dalla composizione stessa della loro struttura, infatti, sono costituiti prevalentemente da carbonato di calcio (CaCO_3).

L'utilizzo dei gusci è stato testato in malte e conglomerati.

APPLICAZIONI ESISTENTI

- Bio-rimediazione di matrici acquose complesse
- Aggregato nelle malte
- Legante



Maria Luisa GERMANÀ, Manfredi SAELI, Andrea D'AMORE

Il Progetto CUBÂTI ha permesso di acquistare una camera climatica indispensabile alle attività di ricerca che il Progetto stesso si prefiggeva. Tra queste, di particolare importanza è stata l'esecuzione di prove di durabilità sui materiali sperimentali prodotti al fine di poter validare una reale applicabilità dei prodotti nell'ottica dei principi di qualità in edilizia.

L'attrezzatura è dotata di una camera ermetica in acciaio inox AISI 304 lucidato a specchio, totalmente saldata a tenuta di vapore con illuminazione interna. La circolazione forzata dell'aria è ottenuta tramite ventilatori elicoidali, che permettono un flusso costante ed uniforme su tutto il volume della camera interna, garantendo, pertanto, un'ottimale distribuzione delle condizioni microclimatiche a garanzia dei test che si effettuano. Il controllo dell'umidità relativa è effettuato tramite un sensore elettronico di altissima precisione con un produttore di umidità termoregolato ad alta efficienza.

APPLICAZIONI

- Test di invecchiamento accelerato
- Cura campioni in ambiente controllato
- Test di laboratorio in ambiente controllato

MODELLO: Evolution Clima 300

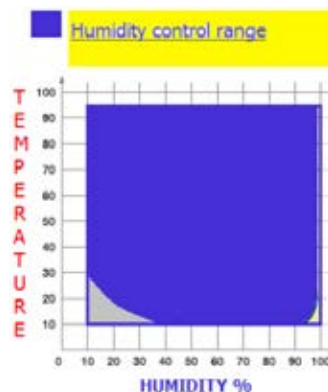
CASA PRODUTTRICE: MSL srl

VOLUME CAMERA: 300 litri

RANGE DI TEMPERATURA:

-50 - 180 °C

RANGE DI UMIDITÀ: 10-98 %





TEST CONDOTTI NELLA FASE SPERIMENTALE

Tra le attività previste dal Progetto CUBATI, sono stati effettuati alcuni test di invecchiamento accelerato nella camera climatica acquistata proprio per questa finalità. La procedura seguita permette di analizzare e prevedere l'eventuale stato di degrado e la durabilità dei prodotti sviluppati durante il progetto sotto determinate condizioni. In particolare, i prodotti a base di scarti di identità comune tra Sicilia e Tunisia, sviluppati dai partner di progetto (UNIPA, IEMEST e CITET), sono stati esposti alle seguenti condizioni microclimatiche per un mese ciascuna: 1) 60°C, 30% RH e 2) 60°C, 75% RH. Questo ha permesso di simulare temperature estreme e valori di umidità riscontrabili nelle due aree geografiche, nell'ottica di un'estremizzazione delle condizioni al fine di accelerare l'eventuale degrado del materiale. In entrambi i casi, i campioni non hanno mostrato apprezzabili variazioni dimensionali né segni di degrado (ad esempio, disgregazione, lesioni, perdite di materiale, etc.).

Nelle immagini a fianco, due set di prodotti testati che mostrano lo stato di conservazione ottimale degli stessi.



CARATTERISTICHE TECNICHE

DESCRIZIONE	UNITA'	DATI
Dimensioni esterne (l x h x p)	mm	910 x 1800 x 1170
Dimensioni interne (l x h x p)	mm	700 x 700 x 620
Volume utile	litri	300
Capacità di carico totale	Kg	280
Campo di temperatura	°C	-50 ÷ 180°C
Uniformità di temp. nello spazio	°C	±1
Costanza di temp. nel tempo	°C	±0.3
Gradiente termico da 180 a -35°C*	°C/min	4.5
Gradiente termico da -40 a 180°C*	°C/min	5.0
Campo di lavoro umidità relativa	%	10 ÷ 98
Uniformità di umidità	%	±3
Campo di temperatura fase climatica	°C	+10 ÷ +98
Gruppi di termoventilazione	n°	2
Isolamento	Doppio strato, lana di roccia HD e lana di vetro HD	
Materiale della camera di test	AISI 304	
Alimentazione elettrica	V	400/3/50 Neutro e GND
Frequenza	Hz	50
Assorbimento elettrico massimo	KVA	8,1
Assorbimento elettrico medio	KVA	5,2
Refrigerante Ecologico	R	452a
Acqua demineralizzata	Max lt/hr	20
Condensazione	Aria	
Emissione sonora ad 1 metro	dBA	60
Peso netto a camera vuota	Kg	450

*i valori riportati, fanno riferimento alle condizioni di prova in laboratorio, con condizioni climatiche controllate a 22°C ± 0.5°C e 60% HR, senza ulteriori carichi interni che non espressamente indicati sulla dotazione standard.

Federica FERNANDEZ, Khitem MENSI

Al fine di potere comparare i risultati della ricerca, i laboratori partner del progetto hanno definito un processo condiviso per la sperimentazione in laboratorio delle varie malte.

Identificati gli obiettivi comuni, ovvero la tipologia di malte, i vari elementi costitutivi e i parametri prestazionali, sono state definite le fasi operative. In particolare, state individuate le modalità di confezionamento dei provini, i mix design, le prove sperimentali da effettuare e i protocolli di invecchiamento dei campioni.

Il lavoro è stato condotto attraverso la compilazione di schede, una per gli aggregati e una per la malta con i vari test effettuati. Il metodo ha consentito la condivisione delle risultanze tra i partner, creando un database di agile archiviazione e consultazione delle prove effettuate. Il processo sviluppato e messo in atto durante il progetto costituisce un modello replicabile in altri progetti.

FASI

Fase 1. Selezione e macinatura degli scarti

Fase 2. Setacciatura degli scarti

Fase 3. Definizione del mix design e confezionamento della malta

Fase 4. Realizzazione dei campioni (4x4x4, 16x4x4, 20x20x2 cm) e valutazione della malta fresca (misure di spandimento, lavorabilità, consistenza etc)

Fase 5. Stagionatura (circa 21 giorni)

Fase 6. Esecuzione test (prove meccaniche, conducibilità termica, assorbimento d'acqua per capillarità, etc)

Fase 7. Invecchiamento in camera climatica

Fase 8. Riesecuzione di test Fase 4 per verificare il mantenimento delle prestazioni nel tempo.

FASE 1. Selezione e macinatura degli scarti

Vari scarti di origine vegetale sono stati selezionati, preparati e macinati in macinatore meccanico.



FASE 2. Setacciatura degli scarti

Durante il processo di macinatura si setaccia il prodotto al fine di suddividere lo stesso almeno in tre diverse granulometrie. Questo consente di modulare la curva granulometrica delle mate e differenziarne l'applicazione: sottofondo o finitura.



FASE 3. Definizione del mix design e confezionamento della malta

Partendo dalla matrice legante, gesso o argilla, sono stati sperimentati numerosi mix design variando le percentuali di aggregati e acqua. La misura di spandimento della malta fresca ha consentito di ottimizzare il mix, con particolare riferimento al contenuto d'acqua e di valutarne un'adeguata lavorabilità dell'impasto.



Federica FERNANDEZ, Khitem MENSI

FASE 4. Realizzazione dei campioni (4x4x4, 16x4x4, 20x20x2 cm) e valutazione della malta fresca

I mix che presentavano buona lavorabilità sono stati colati in stampi di varia dimensione, al fine di realizzare provini di adeguato numero e dimensione per le varie prove da effettuare nella fase sperimentale al fine di valutare le prestazioni delle malte confezionate dopo la stagionatura (Fase 5).



FASE 5. Stagionatura

Prima di procedere con le prove sperimentali i provini sono stati sottoposti a stagionatura di 28 giorni a umidità e temperature controllate al fine di evitare fessurazioni in fase di presa.



FASE 6. Esecuzione dei test

6.1 TEST DI RESISTENZA MECCANICA

DIMENSIONE CAMPIONE:

4x4x16 cm

TIPOLOGIE DI PROVE:

- resistenza meccanica a compressione
- resistenza meccanica a flessione

6.2 MISURE DI CONDUCIBILITÀ

DIMENSIONE CAMPIONE:

20x20x2 cm

TIPOLOGIE DI PROVE:

misure di conducibilità (λ)

6.3 OSSERVAZIONI AL MICROSCOPIO OTTICO

INGRANDIMENTI: 10x 20x 30 cm

6.4 ASSORBIMENTO D'ACQUA PER CAPILLARITÀ

DIMENSIONE CAMPIONE:

4x4x16 cm

FASE 7. Invecchiamento in camera climatica

DIMENSIONE CAMPIONI: 4x4x16 cm

CONDIZIONI DI PROVA:

60 % di umidità e 30 °C

per 7 giorni

30 % di umidità e 60 °C

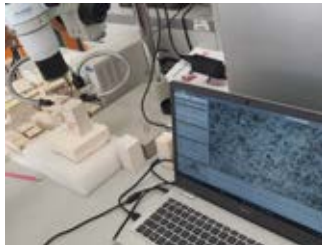
per 7 giorni



> 6.1 Test di resistenza meccanica.



> 6.2 Misure di conducibilità.



> 6.3 Osservazioni al microscopio ottico.



> 6.4 Assorbimento d'acqua per capillarità.



Manfredi SAELI, Tiziana CAMPISI
con Adriana CALÀ, Rosanna LEONE

La Cozza è un mollusco bivalve equi-valve appartenente alla famiglia *Mytilidae*. Vive ancorata alle rocce e per la sua veloce diffusione, è considerata una specie invasiva in molte aree del mondo. Il guscio si presenta di forma a goccia con il margine arrotondato da un lato e appuntito e leggermente incurvato dall'altro. È composto principalmente da CaCO_3 ed è solitamente di colore nero o nero-violaceo, con cerchi di accrescimento radiali e concentrici che si estendono sulla parte esterna. All'interno ha una superficie liscia e appare di colore madreperlaceo. Le cozze d'allevamento vivono in condizioni più controllate, in allevamenti di cozze ancorati a corde e reti appese a boe galleggianti. La specie più conosciuta al mondo è la *Mytilus Galloprovincialis* detta Cozza del Mediterraneo.

APPLICAZIONI ESISTENTI

Alimentazione umana;
Mangime per bestiame;
Bonifica di suoli e acque reflue;
Catalizzatori per la produzione di biodiesel;
Applicazioni biomediche e cosmetiche;
Materiali edilizi ecosostenibili.

BIBLIOGRAFIA

Leone R., Calà A., Capela M.N., Colajanni S., Campisi T., Saeli M., *Recycling mussel shells as secondary sources in green construction materials: a preliminary assessment*. Sustainability 15(4), 2023, 3547.

Calà A., Leone R., Saeli M., *Bivalve Mollusks Shells Valorisation and Recycling: Market Potentiality and Novel Building Products*. International Journal of Advances in Science Engineering and Technology 11(1), 2023, 132-138.



12.1 IDENTIFICAZIONE DELLO SCARTO

MATERIALE: Gusci di cozze
DIMENSIONE: 0-1 mm e 0-4 mm
PRODUTTORE:
Azienda ittica siciliana
PESO SPECIFICO:
13.293 N/m³ - 13.841 N/m³

12.2 PREPARAZIONE DELLO SCARTO

1. Pulitura con acqua corrente;
2. Essiccazione a 60 °C per 24h;
3. Frantumazione meccanica per mezzo di tritatore elettrico;
4. Vagliatura del materiale non trattato;
5. Composizione del calibrato.

12.3 MIX DESIGN DELLA MALTA

(per 100 g di gesso)

- LEGANTE:
GESSO | 100 g
- AGGREGATO:
GUSCIO 0-1 E 0-4 mm | 150 g
- ACQUA | 80 g

12.4 PREPAZIONE DELLA MALTA E DEI PROVINI

1. Inserimento delle polveri e dell'acqua nel Mixer;
2. Miscelazione per 2 min alla velocità di 140 giri/min;
3. Inserimento della malta negli stampi per il confezionamento;
4. Stagionatura per 7 gg in ambiente controllato.

12.5 PROPRIETÀ MALTA

LAVORABILITÀ: 11 cm - 14.25 cm
DENSITÀ: 1304 kg/m³ - 1400 kg/m³
RESISTENZA A FLESSIONE:
1.77 Mpa - 2.61 MPa
RESISTENZA A COMPRESSIONE:
6.70 Mpa - 5.73 MPa
CONDUCIBILITÀ: ... W/mK

12.6 POSSIBILI APPLICAZIONI

1. Intonaco di rinzafo/arriccio/ finitura;
2. Pannello isolante termoacustico.



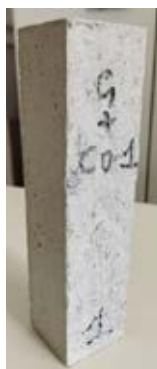
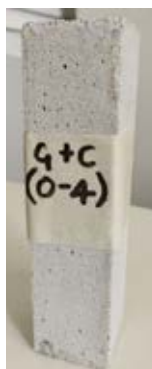
> Gusci cozze 0-1 mm.



> Gusci cozze 0-4 mm.



> Gesso.



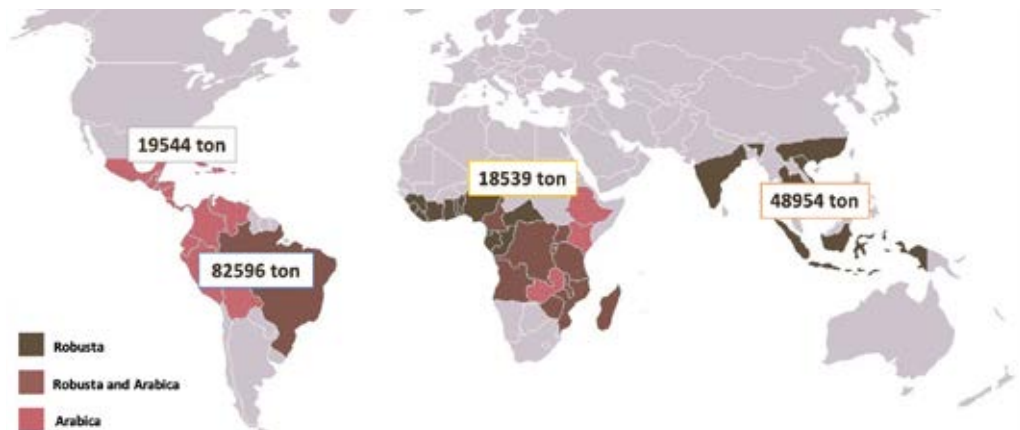
Manfredi SAELI

Il caffè è una bevanda ottenuta dalla macinazione e tostatura dei semi di alberi tropicali appartenenti al genere *Coffea*, della famiglia delle *Rubiaceae*. Tra le varietà più diffuse per fini commerciali vi sono la robusta, l'arabica e l'indica. Il caffè è una delle bevande più diffuse al mondo in varie forme (espresso, caffè arabo, caffè solubile, cappuccino, americano, etc.) ed a livello di valore economico è la merce più scambiata dopo i prodotti petroliferi.

Lo scarto si presenta come una polvere marroncina fortemente aromatica per la quantità di polifenoli presenti e fortemente umida, a causa del processo di produzione delle bevande. La polvere ha una forte tendenza a degradarsi molto velocemente (marcire) ed è un ottimo substrato per muffe; pretrattamenti, pertanto, devono essere rapidi ed efficaci.

APPLICAZIONI ESISTENTI

- Alimentazione umana;
- Mangime per bestiame;
- Catalizzatori per la produzione di biodiesel;
- Fertilizzante;
- Materiali edili ecosostenibili.



13.1 IDENTIFICAZIONE DELLO SCARTO

MATERIALE: Polvere di caffè

DIMENSIONE: < 63 mm

FONTE: residuo domestico organico

PESO SPECIFICO: 0.4 g/cm³

13.2 PREPARAZIONE DELLO SCARTO

1. Essiccazione a 60 °C per 24h;
2. Frantumazione meccanica per mezzo di mortaio e pestello;
3. Vagliatura;
4. Composizione del calibrato.

13.3 MIX DESIGN DELLA MALTA

(per 100 g di gesso)

- LEGANTE: CALCE IDRAULICA NATURALE | 100 g
- AGGREGATO: SABBIA SILICEA 0-4 mm | 270 g
- FILLER: POLVERE DI CAFFÈ
- < 63 mm| 30 g
- ACQUA | 100 g

13.4 PREPAZIONE DELLA MALTA E DEI PROVINI

1. Inserimento dei precursori e dell'acqua nel mixer;
2. Miscelazione secondo UNI EN 998-2:2016;
3. Formazione dei provini;
4. Stagionatura per 7 gg in ambiente controllato;
5. Stagionatura per 21 gg in aria.

13.5 RISULTATI

LAVORABILITÀ: 18 cm

DENSITÀ: 1450 kg/m³

RESISTENZA A FLESSIONE:

1.50 MPa

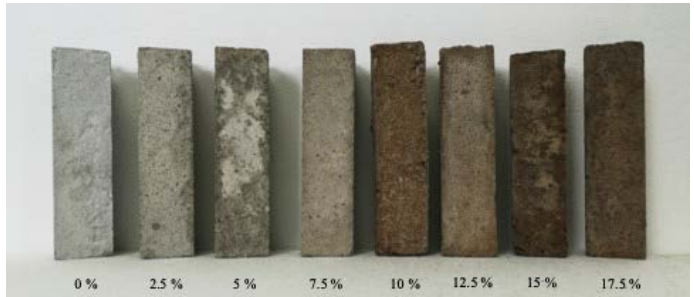
RESISTENZA A COMPRESSIONE:

3.5 MPa

CONDUCIBILITÀ: 0.25 W/mK

13.6 POSSIBILI APPLICAZIONI

1. Termointonaco;
2. Malta da allettamento;
3. Massetti alleggeriti;
4. Pannello isolante termoacustico.



BIBLIOGRAFIA

Saeli M., Capela M.N., Piccirillo C. *et al.*, *Development of energy-saving innovative hydraulic mortars reusing spent coffee ground for applications in construction*. Journal of Cleaner Production 399, 2023, 136664.

Saeli M., Batra V.S., Singh R.K., Tobaldi D.M., Labrincha J.A., *The coffee-house: Upcycling spent coffee grounds for the production of green geopolymetric architectural energy-saving products*. Energy and Buildings 286, 2023, 112956.

Saeli M., Capela M.N., Campisi T., Seabra P.M., Tobaldi D.M., La Fata C.M., *Architectural technologies for life environment: Spent coffee ground reuse in lime-based mortars. A preliminary assessment for innovative green thermo-plasters*. Construction and Building Materials 319, 2022, 126079.

Saeli M., Campisi T., Batra V.S., Labrincha J.A., *Novel green bio-composite geopolymetric thermo-plasters for innovative building applications: upcycling spent coffee ground*. In E. Dassori, R. Morbiducci (a cura di), *Memoria e Innovazione*, Monfalcone: EdicomEdizioni, 2022, 991-1006.

La Scalia G., Saeli M., Miglietta P.P., Micale R., *Coffee biowaste valorization within circular economy: an evaluation method of spent coffee grounds potentials for mortar production*. The International Journal of Life Cycle Assessment 26(9), 2021, 1805-1815.

Simona COLAJANNI, Tiziana CAMPISI
con Vincenzo R. MARGIOTTA

L'*Opuntia ficus-indica*, comunemente conosciuta come fico d'India o nopal, è una pianta appartenente alla famiglia delle *Cactaceae*. Originaria dell'America centrale e settentrionale, è stata introdotta in molte altre parti del mondo per i suoi molteplici benefici e impieghi, soprattutto all'interno del bacino del Mediterraneo in zone come la Sicilia e l'Africa del nord. La sua diffusione è stata favorita dall'elevata adattabilità a climi aridi e dalla capacità di sopravvivere in terreni poveri. La pianta è caratterizzata da fusti appiattiti a forma di segmenti, chiamati cladodi, che possono raggiungere una lunghezza di diversi centimetri. Questi cladodi sono ricoperti da spine e piccoli peli e contengono una polpa succosa. Per la produzione dei frutti la pianta viene sottoposta a potatura dei cladodi che producono un abbondante scarto.

APPLICAZIONI ESISTENTI

- Alimentazione umana
- Alimentazione animale
- Produzione di coloranti
- Usi medicinali

BIBLIOGRAFIA

- Harrak H., *Assessment of technological and nutritional qualities of the powder of prickly pear cladodes at four ages of growth* (2021);
- Trabelsi A. et al., *Mechanical properties and impact resistance of a high-strength lightweight concrete incorporating prickly pear fibres* (2020);
- Aquillina A., *The application of Natural Organic Additives in Concrete: Opuntia ficus-indica* (2018).



14.1 IDENTIFICAZIONE DELLO SCARTO

MATERIALE: Pale di fico d'india
DIMENSIONE: 0 - 4 mm e 0 - 1 mm
dei cladodi tritutati
PRODUTTORE: Azienda agricola
siciliana (Santa Margherita Belice e
San Cono)
Ps 0-4 mm : 5395 N/m³
Ps 0-1 mm : 4826 Ps 0-1
mm : 4826

14.2 PREPARAZIONE DELLO SCARTO

1. Essiccazione in forno statico a 60 °C per 72 h;
2. Frantumazione meccanica per mezzo di tritratore elettrico;
3. Setacciatura del materiale non trattato.

14.3 MIX DESIGN DELLA MALTA

(per 100 g di gesso)

- GESSO | 100 g • GESSO | 100 g
- F.I. 0-4 mm | • F.I. 0-1 mm |
- 150 g 150 g
- ACQUA | 300 g • ACQUA | 200 g

14.4 PREPAZIONE DELLA MALTA E DEI PROVINI

1. Inserimento delle polveri e dell'acqua nel Mixer;
2. Miscelazione per 2 min alla velocità di 140 giri/min;
3. Inserimento della malta negli stampi per il confezionamento;
4. Stagionatura per 7 gg in ambiente controllato.

14.5 RISULTATI

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| • LAVORABILITÀ: | • LAVORABILITÀ: |
| 10 cm | 10 cm |
| • DENSITÀ: | • DENSITÀ: |
| 676 kg/m ³ | 607 kg/m ³ |
| • FLESSIONE: | • FLESSIONE: |
| 1.48 MPa | 1.41 MPa |
| • COMPRESSIONE: | • COMPRESSIONE: |
| 0.30 MPa | 0.21 MPa |
| • CONDUCIBILITÀ: | • CONDUCIBILITÀ: |
| 0.11 W/mK | 0.09 W/mK |

14.6 POSSIBILI APPLICAZIONI

1. Intonaco di rinzafo/arriccio;
2. Pannello isolante termoacustico;
3. Pannello isolante in materiale sfuso.



> Fico d'India 0-4 mm.



> Gesso + fico d'India (0-4 mm).



> Fico d'India 0-4 mm.



> Fico d'India 0-1 mm.



> Gesso + fico d'India (0-1 mm).



> Fico d'India 0-1 mm.



GESSO + GUSCI PISTACCHIO

2 - 4 MM | 0,5 - 2 MM | < 0,5 MM

Federica FERNANDEZ

con Maria Grazia INSINGA, Roberta BASILE

15

Secondo i dati FAOstat (2020) 2018 il 90% dei pistacchi viene prodotto da Stati Uniti, Turchia e Iran, con una produzione di 1.239.007 ton/anno. In Italia, in totale si producono circa 300 mila tonnellate di frutta a guscio all'anno e secondo i dati Istat del 2017 le superfici a pistacchio in Italia non superano i 4.000 ettari, per una produzione di poco meno di 4 mila tonnellate, concentrate quasi esclusivamente in Sicilia.

Ad oggi i gusci di pistacchio non hanno ancora un utilizzo industriale o un notevole valore economico ed è per questo che vengono bruciati o smaltiti in discarica. Il guscio del pistacchio costituisce tra il 51 e il 69% del peso del frutto. Inoltre, la perdita di peso del guscio di pistacchio è di circa il 75-80% durante la fase di riscaldamento a causa della sua elevata struttura cellulosica.

APPLICAZIONI ESISTENTI

- Alimentazione umana
- Biomassa combustibile
- Insetticida naturale
- Arte decorativa

BIBLIOGRAFIA

- Taghizadeh A., Rad-Moghadam K., *Green fabrication of Cu/pistachio shell nanocomposite using Pistacia Vera L. hull: an efficient catalyst for expedient reduction of 4-nitrophenol and organic dyes*. J. Clean. Prod. 198, 2018, 1105e1119;
- Kazankaya, A., Balta, F., Ozturk, N., Sonmez, F., *Mineral composition of pistachio (pistaciavera) from Siirt/Turkey*. Asian J. Chem. 20, 2008, 2337e2343;
- Putun, A.E., Ozbay, N., Varol, E.A., Uzun, B.B., Ates, F., *Rapid and slow pyrolysis of pistachio shell: effect of pyrolysis conditions on the product yields and characterization of the liquid product*. Int. J. Energy Res. 31, 2007, 506e514.



15.1 IDENTIFICAZIONE DEGLI SCARTI

MATERIALE: Gusci di pistacchio

DIMENSIONE: < 0,5 mm | 0,5 – 2mm
| 2 – 4 mm

PRODUTTORE: Distretto Dolciario
Sicilia

PESO SPECIFICO: 2.4 g/cm³

15.2 PREPARAZIONE DEGLI SCARTI

1. Frantumazione meccanica per mezzo di tritratore elettrico
2. Setacciatura del materiale non trattato

15.3.1 MIX DESIGN DELLA MALTA

(per 100 g di secco)

- GESSO | 60 g
- GUSCI DI PISTACCHIO 2-4 mm: 40 g
- ACQUA | 50 g

RISULTATI

Lavorabilità: 8/10

Densità: 1,11 g/cm³

Flessione: 0.41 Mpa

Compressione: 2.04 MPa

Conducibilità: 0.235 W/mK

15.3.2 MIX DESIGN DELLA MALTA

(per 100 g di secco)

- GESSO | 80 g
- GUSCI DI PISTACCHIO 0,5–2mm: 15 g
- SABBIA (0.075-0.6 mm): 5 g
- ACQUA | 70 g

RISULTATI

Lavorabilità: 10/10

Densità: 1.05 g/cm³

Flessione: 0.52 Mpa

Compressione: 4.14 MPa

Conducibilità: 0.231 W/mK

15.3.3 MIX DESIGN DELLA MALTA

(per 100 g di secco)

- GESSO | 80 g
- GUSCI DI PISTACCHIO < 0,5: 75 g
- SEGATURA DI LEGNO DI ABETE (< 0.5 mm) 7.5 g
- SABBIA (0.075-0.6 mm): 5 g
- ACQUA | 65 g

RISULTATI

Lavorabilità: 10/10

Densità: 1.04 g/cm³

Flessione: 1.72 Mpa

Compressione: 4.72 MPa

Conducibilità: 0.248 W/mK

15.4 POSSIBILI APPLICAZIONI

1. Intonaco di rinzafo/arriccio
2. Intonaco isolante termoacustico



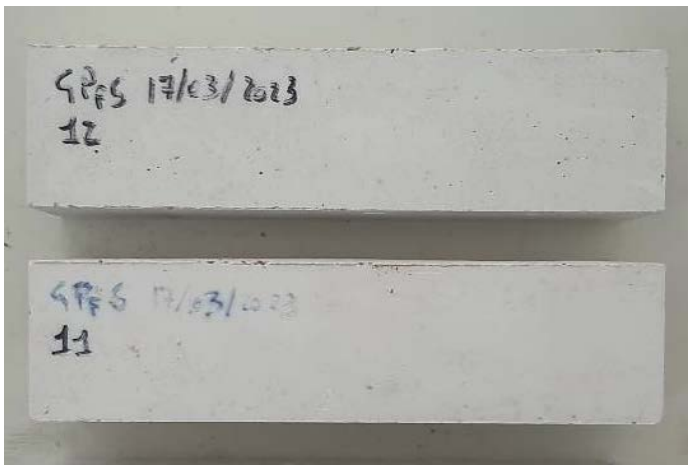
> Gusci di pistacchio <0,5 mm.



> Gusci di pistacchio 2-4 mm.



> Gesso.



**GESSO +
BUCCIA DI ARANCE**

2 - 4 MM | 0,5 - 2 MM | < 0,5 MM

Federica FERNANDEZ

con Maria Grazia INSINGA, Roberta BASILE

L'arancia è il frutto più coltivato al mondo e rappresenta circa il 50-60% della produzione totale di agrumi. Ogni anno nel mondo vengono consumate più di 76 milioni di tonnellate di arance e la trasformazione genera un'enorme quantità di scarti, in gran parte composti da bucce. I sottoprodotti derivati dagli scarti degli agrumi sono prevalentemente utilizzati per la produzione di energia, fonte di nutrienti o industrie farmaceutiche, alimentari e cosmetiche. La composizione chimica della buccia degli agrumi, in generale, è influenzata dalle condizioni climatiche esterne, dal metodo di coltivazione e dalla maturazione e dalla tipologia di frutto ed è composta principalmente da cellulosa, pectina, zucchero, acidi, lipidi, elementi minerali, olio essenziale e vitamine.

APPLICAZIONI ESISTENTI

- Alimentazione umana
- Alimentazione animale
- Produzione di energia
- Produzione farmaceutiche

BIBLIOGRAFIA

Satari, B.; Karimi, K. Citrus processing wastes: Environmental impacts, recent advances, and future perspectives in total valorization. *Resour. Conserv. Recycl.*, 2018, 129, 153-167.



16.1 IDENTIFICAZIONE DELLO SCARTO

MATERIALE: Bucce di arance essiccate e triturate

DIMENSIONE:

< 0,5 mm 0,5 – 2 mm 2 – 4 mm

PRODUTTORE: SunPro Srl

16.2 PREPARAZIONE DELLO SCARTO

1. Essiccazione in forno statico a 60 °C per 72 h
2. Frantumazione meccanica per mezzo di tritatore elettrico
3. Setacciatura del materiale

16.3 MIX DESIGN DELLA MALTA (per 100 g di secco)

- Inserimento delle polveri e dell'acqua nel mixer
- Miscelazione per 2 min alla velocità di 140 giri/min
- Inserimento della malta negli stampi per il confezionamento
- Stagionatura per 7 gg in ambiente a temperatura e umidità controllate

16.4.1 PREPAZIONE DELLA MALTA E DEI PROVINI

GESSO | 80 g

BUCCE ARANCE ESSICcate

< 0,5 mm | 7,5 g

SEGATURA LEGNO DI ABETE

< 0,5 mm | 7,5 g

SABBIA 0,075 – 0,6 mm | 5 g

ACQUA | 70 g

RISULTATI

Lavorabilità: 10/10

Densità: 0,97 gr/ cm³

Flessione: 0,84 Mpa

Compressione: 2,80 MPa

Conducibilità termica: 0,153 W/m·K

16.4.2 PREPAZIONE DELLA MALTA E DEI PROVINI

GESSO | 80 g

BUCCE ARANCE ESSICcate

0,5 - 2 mm | 15 g

SABBIA 0,075 – 0,6 mm | 5 g

ACQUA | 70 g

RISULTATI

Lavorabilità: 8/10

Densità: 0,92 gr/ cm³

Flessione: 0,45 Mpa

Compressione: 1,36 MPa

Conducibilità termica: 0,155 W/m·K

16.4.3 PREPAZIONE DELLA MALTA E DEI PROVINI

GESSO | 80 g

BUCCE ARANCE ESSICcate

2-4 mm | 7,5 g

SEGATURA LEGNO DI ABETE

< 0,5 mm | 7,5 g

SABBIA 0,075 – 0,6 mm | 5 g

ACQUA | 70 g

RISULTATI

Lavorabilità: 7/10

Densità: 0,96 gr/cm³

Flessione: 0,53 Mpa

Compressione: 1,45 MPa

Conducibilità termica: 0,150 W/m·K

16.6 POSSIBILI APPLICAZIONI

1. Intonaco di rinzafo/arriccio;
2. Intonaco isolante termoacustico.



> Gesso.



> Bucce di arance 2-4 mm.



> Bucce di arance < 0,5 mm.



ARGILLA + GUSCI PISTACCHIO

0,5 -2 MM | < 0,5 MM

Federica FERNANDEZ

con Maria Grazia INSINGA, Roberta BASILE

17

Secondo i dati FAOstat (2020) 2018 il 90% dei pistacchi viene prodotto da Stati Uniti, Turchia e Iran, con una produzione di 1.239.007 ton/anno. In Italia, in totale si producono circa 300 mila tonnellate di frutta a guscio all'anno e secondo i dati Istat del 2017 le superfici a pistacchio in Italia non superano i 4.000 ettari, per una produzione di poco meno di 4 mila tonnellate, concentrate quasi esclusivamente in Sicilia.

Ad oggi i gusci di pistacchio non hanno ancora un utilizzo industriale o un notevole valore economico ed è per questo che vengono bruciati o smaltiti in discarica. Il guscio del pistacchio costituisce tra il 51 e il 69% del peso del frutto. Inoltre, la perdita di peso del guscio di pistacchio è di circa il 75-80% durante la fase di riscaldamento a causa della sua elevata struttura cellulosica.

APPLICAZIONI ESISTENTI

- Alimentazione umana
- Biomassa combustibile
- Insetticida naturale
- Arte decorativa

BIBLIOGRAFIA

Achenza M., Sanna U., *I manuali di recupero dei centri storici della Sardegna - Il manuale tematico della terra cruda*, Tipografia del Genio Civile.

Mattone M., *Intonaci in terra e gesso per la protezione delle costruzioni in terra cruda*, VIII Congreso de Tierra en Cuenca de Campos, Valladolid, 2011.

Putun, A.E., Ozbay, N., Varol, E.A., Uzun, B.B., Ates, F., *Rapid and slow pyrolysis of pistachio shell: effect of pyrolysis conditions on the product yields and characterization of the liquid product*. Int. J. Energy Res. 31, 2007, 506e514.



17.1 IDENTIFICAZIONE DEGLI SCARTI

MATERIALE: Gusci di pistacchio
DIMENSIONE: < 0,5 mm | 0,5 – 2mm
PRODUTTORE: Distretto Dolciario
Sicilia
PESO SPECIFICO: 2.4 g/cm³

17.2 PREPARAZIONE DEGLI SCARTI

1. Frantumazione meccanica per mezzo di tritatore elettrico
2. Setacciatura del materiale non trattato

17.3 PREPARAZIONE DELLA MALTA E DEI PROVINI :

1. Inserimento delle polveri e dell'acqua nel Mixer
2. Miscelazione per 2 min alla velocità di 140 giri/min
3. Inserimento della malta negli stampi per il confezionamento senza compressione
4. Stagionatura per 21 gg in ambiente controllato.

17.4.1 MIX DESIGN DELLA MALTA

(per 100 g di secco)
ARGILLA| 75 g
GUSCI DI PISTACCHIO 0,5-2 mm | 0,5 g
SEGATURA LEGNO DI ABETE
< 0,5 mm | 2,5 g
SABBIA (0.075-0.6 mm): 20 g
ACQUA | 30 g

RISULTATI

Lavorabilità: 8/10
Flessione: 0.26 Mpa
Compressione: 1.13 MPa
Conducibilità: 0.267 W/mK

17.4.2 MIX DESIGN DELLA MALTA

(per 100 g di secco)
ARGILLA| 75 g
GUSCI DI PISTACCHIO < 0,5 mm : 5 g
SABBIA (0.075-0.6 mm): 20 g
ACQUA | 30 g

RISULTATI

Lavorabilità: 8/10
Flessione: 0.19 Mpa
Compressione: 0.89 MPa
Conducibilità: 0.286 W/mK

17.5 POSSIBILI APPLICAZIONI

1. Intonaco di rinzafo/arriccio
2. Intonaco isolante termoacustico



> Argilla.



> Gusci di pistacchio 0,5-2 mm.



> Gusci di pistacchio <0,5 mm.



ARGILLA + BUCCIA DI ARANCE

< 0,5 MM

Federica FERNANDEZ

con Maria Grazia INSINGA, Roberta BASILE

L'arancia è il frutto più coltivato al mondo e rappresenta circa il 50-60% della produzione totale di agrumi. Ogni anno nel mondo vengono consumate più di 76 milioni di tonnellate di arance e la trasformazione genera un'enorme quantità di scarti, in gran parte composti da bucce. I sottoprodotti derivati dagli scarti degli agrumi sono prevalentemente utilizzati per la produzione di energia, fonte di nutrienti o industrie farmaceutiche, alimentari e cosmetiche. La composizione chimica della buccia degli agrumi, in generale, è influenzata dalle condizioni climatiche esterne, dal metodo di coltivazione e dalla maturazione e dalla tipologia di frutto ed è composta principalmente da cellulosa, pectina, zucchero, acidi, lipidi, elementi minerali, olio essenziale e vitamine.

APPLICAZIONI ESISTENTI

- Alimentazione umana
- Alimentazione animale
- Produzione di energia
- Produzione farmaceutiche

BIBLIOGRAFIA

Achenza M., Sanna U., *I manuali di recupero dei centri storici della Sardegna - Il manuale tematico della terra cruda*, Tipografia del Genio Civile.

Satari, B.; Karimi, K. Citrus processing wastes: Environmental impacts, recent advances, and future perspectives in total valorization. *Resour. Conserv. Recycl.*, 2018, 129, 153-167.



18.1 IDENTIFICAZIONE DELLO SCARTO

MATERIALE: Bucce di arance essiccate e triturate

DIMENSIONE: < 0,5 mm

PRODUTTORE: SunPro Srl

18.2 PREPARAZIONE DELLO SCARTO

1. Essiccazione in forno statico a 60 °C per 72 h
2. Frantumazione meccanica per mezzo di tritratore elettrico
3. Setacciatura del materiale

18.3 MIX DESIGN DELLA MALTA (per 100 g di secco)

- Inserimento delle polveri e dell'acqua nel mixer
- Miscelazione per 2 min alla velocità di 140 giri/min
- Inserimento della malta negli stampi per il confezionamento senza compressione
- Stagionatura per 21 gg in ambiente a temperatura e umidità controllate.

18.4 PREPAZIONE DELLA MALTA E DEI PROVINI

ARGILLA | 70 g

BUCCE ARANCE ESSICcate

< 0,5 mm | 5 g

SABBIA 0,075 – 0,6 mm | 25 g

ACQUA | 37,4 g

RISULTATI

Lavorabilità: 8/10

Flessione: 0,12 Mpa

Compressione: 0,38 Mpa

Conducibilità termica: 0,212 W/m·K

18.5 POSSIBILI APPLICAZIONI

1. Intonaco di rinzafo/arriccio;
2. Intonaco isolante termoacustico.



> Argilla.



> Bucce di arance < 0,5 mm.



Fadhel M'HIRI

con Khitem MENSİ, Cheima BENNASR

PRESENTAZIONE GENERALE:

la palma da datteri (*Phoenix dactylifera* L.) è una specie di pianta monocotiledone della famiglia delle Arecaceae (Palme), che è sfruttata e coltivata da diversi millenni in Medio Oriente e nel nord dell'Africa. Questa specie si è adattata molto bene ai climi di tipo sahariano e nelle regioni più aride della Terra. In Tunisia i palmeti si trovano soprattutto a Kebili (58%), Tozeur (21%), Gabès (16%) e Gafsa (5%).

UTILIZZI:

la palma da datteri è caratterizzata da svariati usi, fornisce essenzialmente:

- I datteri consumati freschi, secchi o sotto forma di prodotti derivati;
- i tronchi e le foglie per i tetti e le recinzioni;
- i noccioli servono a nutrire il bestiame;
- la linfa che cola dallo stipite è usata come vino da consumare fresco o fermentato.

BIBLIOGRAFIA

A. Chehma et HF. Longo (2001): *Valorisation des Sous-Produits du Palmier Dattier en Vue de leur Utilisation en Alimentation du Bétail*

Tuan Anh Phung (2018): *Formulation et caractérisation d'un composite terre-fibres végétales: la bauge*

Muriel Gros-Balthazard, Claire Newton, Sarah Ivorra, Margareta Tengberg, Jean-Christophe Pintaud et Jean-Frédéric Terral (2019): *Origines et domestication du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.)*

BELLEL Nadjoua (2021): *Elaboration et Caractérisation Physico Chimique des Matériaux Biosourcés*



INDIVIDUAZIONE

- Fibre di palma ricavate da foglie di palma da datteri,
- Misura delle fibre: spessore variabile tra 0,5 – 1 mm e lunghezza variabile tra 1 – 5 mm
- Colore: verdastro



MODUS OPERANDI

- Essiccazione in stufa ad una temperatura di 120°C per 72 ore
- Frantumazione per mezzo di un tritizzatore - frullatore a lame
- Setacciatura



COMPOSIZIONE

- 60 – 70% di gesso
- 2 – 4% di fibra di palma
- Acqua

MISCUGLIO

1. Miscuglio a secco di gesso con le fibre di palma
2. Aggiunzione della quantità d'acqua e miscuglio
3. Inserimento del miscuglio negli stampi
4. Asciugatura a temperatura ambiente



PRODOTTI FINITI

- Mattoni di dimensioni: 4*4*16 cm
- Mattoni di dimensioni: 4*4*4 cm
- Prova di rivestimento su mattoni di terra compressa (BTC)

RISULTATI

Prestazioni:

- Mattoni auto-bloccanti durante la sfomatura
- Rivestimento ben attaccato sul mattone di terra compressa

Aspetto

Mattoni biancastri macchiettati con pigmenti in sfumature di verde e di grigio

Sensazione al tatto: liscio

Conduttività: 0,33 W/mk



SITO ARCHEOLOGICO
UTIQUE IN TUNISIA

20

L'EDIFICIO SPERIMENTALE

Mazigh BECHIR

con Kais CHANIOUR

UTIQUE: STORIA DEL SITO E DINTORNI

Utique è il primo insediamento fenicio in Tunisia, la cui fondazione che risalirebbe probabilmente all'anno 1001 a.C. è considerata come l'antenata della celebre città di Cartagine ed entrambe facevano parte dei poli di commercio, fondate nel contesto delle attività commerciali fenicie di Tyr. Il sito archeologico di Utique è stato oggetto di un primo progetto con il programma di cooperazione transfrontaliera Italia-Tunisia 2007-2014, chiamato APER, che ha trattato il tema dell'architettura domestica all'epoca punica, romana ed ellenistica. In seguito nell'ambito del programma Italia-Tunisia 2014-2020, il progetto CUBATI, ha voluto far beneficiare lo stesso sito di un edificio sperimentale nel quale saranno «visualizzati» i risultati ottenuti dalla ricerca riguardante le tecniche e i materiali di costruzione, aspetto di cui si è occupato il progetto. Questa volontà si iscrive in un seguito logico tra i due progetti APER e CUBATI cercando di valorizzare delle idee e degli obiettivi in relazione con l'architettura di qualità e il patrimonio costruito.

L'INTERVENTO/ L'EDIFICIO SPERIMENTALE:

L'idea iniziale era di costruire un nuovo edificio, ma questo processo è stato abbandonato a favore di un altro che consiste nella ristrutturazione di un'entità esistente qualificata come anarchica. Questo cambiamento avrebbe risparmiato al sito un'ennesima costruzione, suscettibile di alterare l'equilibrio già precario (sul piano quantitativo) tra gli edifici moderni e le vestigia archeologiche visibili e visitabili. Questa entità da ristrutturare presentava tuttavia dei seri problemi, come l'umidità, la muffa e un confort termico inesistente.



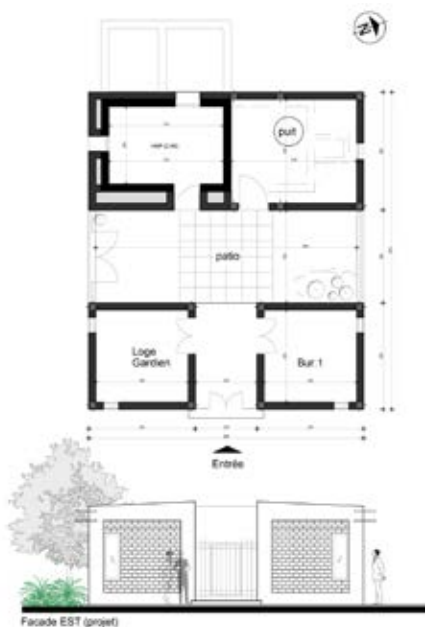
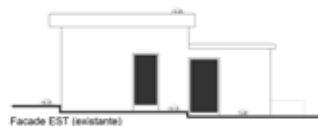
Il progetto di ristrutturazione consiste nel rivestire i vecchi locali con dei blocchi di terra compressa (BTC), un prodotto con un'inerzia abbastanza importante, e ovviare alla mancanza di spazio di lavoro tramite la costruzione di due nuove cellule (un ufficio e una guardiola) l'insieme sarà armonioso sul piano estetico e risponderà alle norme di costruzione per un confort termico adeguato. Il progetto di ristrutturazione, apporterà un minimo di confort termico e garantirà un'aria salubre, respirabile per gli utenti.

L'edificio sperimentale non ha potuto essere realizzato a Utique, tuttavia i due edifici sperimentali saranno costruiti al Centro Internazionale delle Tecnologie e dell'Ambiente di Tunisi (CITET).

I blocchi di terra compressa o il BTC: è un prodotto in fabbricazione in Tunisia, è a base di terra cruda, con alcuni additivi (in bassissime quantità), il miscuglio ottenuto viene compresso meccanicamente, i blocchi non hanno bisogno di essere cotti. È un prodotto ricavato dalla natura, che ha tracce di carbone molto deboli (non energivore al momento della fabbricazione), la sua messa in opera sul cantiere è semplice, come i giochi LEGO, poiché i blocchi si incastrano gli uni negli altri. I collaudi hanno provato la stabilità del prodotto e la sua resistenza alle intemperie; è apprezzato per le sue qualità ecologiche ed energetiche testate in laboratorio. Fabbriato a partire da un prodotto naturale, la terra cruda, questi blocchi associati a degli intonaci della stessa natura, non possono essere che benefici per la nostra salute. Oggi nei nostri spazi abitativi (realizzati con i materiali standard del mercato dell'edilizia) respiriamo aria inquinata dai polifenoli, tossine che si propagano nei nostri spazi chiusi a causa dei prodotti chimici negli intonaci, nelle pitture a base di

piombo, di resine e nei legni composti. Alcuni studi hanno dimostrato che dormendo nella propria camera in presenza dei prodotti tossici precitati, l'aria respirata è equivalente a quella che respireremmo se fossimo per strada a mezzogiorno durante un picco di traffico!

Quale avvenire per le nostre realizzazioni, nei siti archeologici: oggi alcune delle nostre installazioni destinate allo sfruttamento dei siti archeologici, sono in fin di vita, dunque è tempo di rivederle, ma sotto un'altra angolazione. Nel futuro, vorremo degli edifici di qualità, rispettosi dell'ambiente, degli utenti, degli edifici intelligenti, autonomi dal punto di vista energetico. L'AMVPPC si appresta ad entrare in questo percorso di decarbonizzazione, un flagello mondiale che tocca tutti i settori di attività, e ciò per lasciare un patrimonio naturale integro alle future generazioni.



Fadhel M'HIRI

con Khitem MENSI, Cheima BENNASR

PRESENTAZIONE GENERALE

L'edilizia ecologica o edilizia sostenibile prende slancio in Tunisia, riflettendo l'impegno del paese verso lo sviluppo sostenibile. Questo approccio predilige l'impiego di materiali sostenibili e locali, contribuendo così alla conservazione delle risorse naturali del paese. L'efficienza energetica è al cuore dell'edilizia ecologica in Tunisia, con degli edifici concepiti per minimizzare il consumo di energia grazie all'impiego di tecniche di isolamento avanzate.

Questi progetti integrano ugualmente dei sistemi di raccolta delle acque piovane, dei dispositivi di risparmio idrico e delle pratiche di pianificazione paesaggistica rispettose dell'ambiente.

OBIETTIVO DEL PROGETTO:

costruire un edificio ecologico di 81 m² al CITET. Questo progetto mira alla creazione di una materiateca appositamente concepita per l'esposizione dei materiali sostenibili e innovativi.

BIBLIOGRAFIA

Dorra Ismail(2009), *La pensée en architecture au "risque" de l'événementialité.*

Jean-Claude Mengoni (2011), *La construction écologique.*

Jean-Pierre Oliva, Samuel Courgey (2023), *L'isolation thermique écologique. Conception, matériaux, mise en œuvre.*



COMPONENTI DELL'EDIFICIO:

- Salone d'ingresso e accoglienza (2m x 1,5m).
- Magazzino di stoccaggio con ufficio e scaffalature (3m x 4m).
- Materiateca dedicata all'esposizione (7m x 5m).

MATERIALI DI COSTRUZIONE:

Mattoni di terra compressa, legno, gesso, fibra di palma, granulati ricavati da un procedimento tunisino di valorizzazione degli scarti di costruzione e demolizione, i materiali di origine naturale testati nei laboratori del CITET ecc.

COSTRUZIONE ECOLOGICA AL SERVIZIO E L'ECONOMIA CIRCOLARE:

- Integrazione degli alberi esistenti.
- Illuminazione ottimizzata ed eco-energetica.
- Sistema di recupero delle acque di scolo.
- Riciclaggio degli scarti di cantiere.
- Utilizzo e valorizzazione degli scarti di costruzione e demolizione.

FINANZIAMENTO:

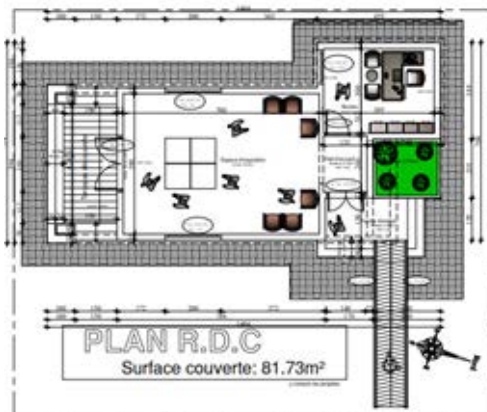
45.000 euro stanziati dall'Unione Europea per mezzo del programma IEV di cooperazione Italia-Tunisia 2014-2020.

SPECIFICITÀ ARCHITETTONICHE DELL'EDIFICIO:

- Apertura sull'ambiente, la vita e la natura.
- Trasparenza e ventilazione naturale degli spazi interni.
- Funzionalità ottimizzata per le persone a mobilità ridotta.
- Costruzione ecologica con mattoni compattati e isolamento termico.
- Progetto polifunzionale con sala d'accoglienza, ufficio e materiateca dedicata all'esposizione.

SICUREZZA:

- Protezione contro gli attacchi di funghi e insetti per le opere in legno.
- Conformità alle norme di sicurezza antincendio.



Giuseppe GUGLIELMINO
con Fabrizio RAGUSA

INTONACI DI COCCIOPESTO

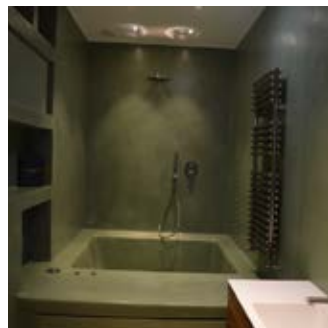
L'intonaco di "Cocciopesto Guglielmino", a base di calce idraulica naturale e cocciopesto, è costituito da tre strati ben collaboranti fra loro che insieme formano un "sistema intonaco" in grado di proteggere e abbellire le murature. È particolarmente indicato sia per il recupero e il restauro degli edifici dei centri storici che per le nuove soluzioni di architettura.

ALTRI PREGI DEL COCCIOPESTO

Il "Cocciopesto Guglielmino" è prodotto da mattoni a pasta molle quindi possiede un minor peso specifico e una notevole porosità. Queste caratteristiche conferiscono alle miscele una elevata traspirabilità favorendo la regolazione igrometrica dell'ambiente interno assicurando migliore vivibilità e salubrità.

BIBLIOGRAFIA

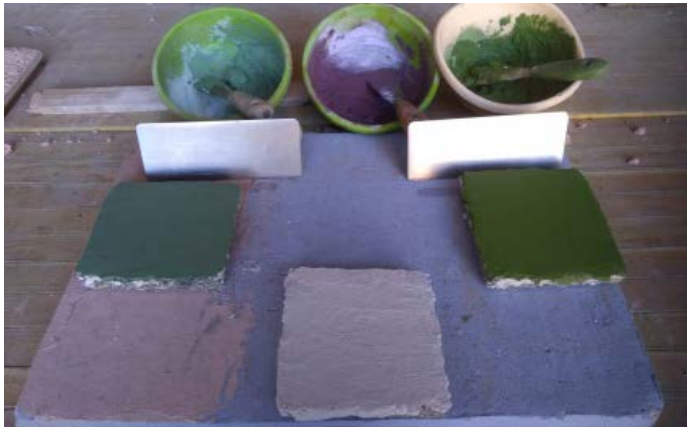
"...Perché gli intonaci possano avere una buona durata e non siano difettosi è necessaria una sgrossatura a base di cocciopesto e calce, che funge da collante tra le parti" (Vitruvio "De Architettura", libro VII cap. IV, I sec. A.C.).



GUGLIELMINO
Malte naturali per la bioedilizia

LABORATORIO GUGLIELMINO

- L'azienda si serve di un laboratorio interno al fine di progettare mix design per malte da utilizzare in casi specifici.
- I progetti che possono essere richiesti ad "hoc" sono:
- Colori su richiesta;
- Malte con funzioni specifiche: traspirabilità, deumidificazione, consolidamento...;
- Stratigrafie su progettazione;
- Realizzazioni di manufatti campione;
- Test di materie prime innovative.



Giuseppe GUGLIELMINO
con Fabrizio RAGUSA

BATTUTO IN COCCIOPESTO

Il pavimento in battuto di cocchiopesto Guglielmino, a base di calce idraulica naturale e cocchiopesto, può essere lavorato e posato in opera con due tecniche diverse, in base alle esigenze del cliente ed alle caratteristiche dell'ambiente:

- Pavimento in battuto di cocchiopesto a doppio strato;
- Pavimento in battuto di cocchiopesto monostrato.

ALTRI PREGI DEL COCCIOPESTO

Il "Cocchiopesto Guglielmino" è prodotto da mattoni a pasta molle quindi possiede un minor peso specifico e una notevole porosità. Queste caratteristiche conferiscono alle miscele una elevata traspirabilità favorendo la regolazione igrometrica dell'ambiente interno assicurando migliore vivibilità e salubrità.

BIBLIOGRAFIA

I Romani chiameranno tale tecnica esecutiva "opus signinum" (dal nome della città di Signiu, l'odierna Segni). Pavimento a "terrazzo" (o cocchiopesto dell'Occidente) dove uno strato di malta di ottima qualità è mescolato a polvere di terracotta, a particelle di argilla cotta e a singole pietre bianche (in genere calcari).

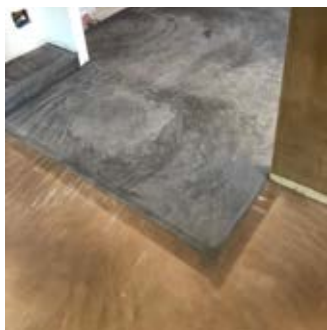


GUGLIELMINO
Malte naturali per la bioedilizia

PASTELLONE DI COCCIOPESTO

Pavimentazione in pastellone di cocciopesto tipo "GUGLIELMINO", composto da una miscela di cocciopesto di varia granulometria, sabbie silicee, frammenti vulcanici, sabbie carbonatiche, calce idraulica naturale NHL 3,5, fibre antiritiro e strutturali e uno speciale additivo ritentore d'acqua. I colori e la grana sono appositamente studiati per le esigenze e caratteristiche tecniche e ambientali del luogo ove verranno posate.

Normalmente lo strato di finitura di pastellone viene posato su un "massetto" con caratteristiche antiritiro.



Giuseppe GUGLIELMINO
con Fabrizio RAGUSA

VANTAGGI INTONACI TERRACRUDA

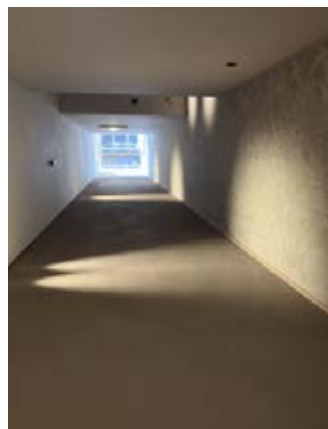
I vantaggi principali del sistema di costruzione “con elementi di terra cruda” possono essere sintetizzati come segue:

- utilizzo minimo di combustibili fossili;
- riduzione delle emissioni di CO₂;
- riduzioni delle emissioni di sostanze inquinanti (SO₂, NO_x, HF);
- clima interno ottimale, grazie a una massa elevata e ad un’alta capacità di regolare l’umidità;
- piena riciclabilità.

TECNICHE DI POSA

Nel mondo si contano più di venti tecniche tradizionali basate sull’uso di terra cruda per la costruzione di edifici; tuttavia tali tecniche si possono raggruppare in due principali tipologie:

- Le tecniche “a bagnato” : l’utilizzo di terra/argilla/creta battuta formate in opera con utilizzo di casseri ed acqua;
- Le tecniche “a secco” : l’impiego di mattoni non cotti di argilla prodotti fuori opera, industrialmente, ed assemblate in cantiere.



GUGLIELMINO
Malte naturali per la bioedilizia

UTILIZZI DELLA TERRACRUDA

Si possono realizzare muri che abbiano capacità portanti, pareti divisorie o muri esterni ad alto grado di isolamento termico.

In tutti i casi la vasta gamma di tecniche di messa in opera utilizza un impasto fatto di ghiaia, sabbia, limo ed argilla in percentuali variabili. La consistenza di tale impasto varia dallo stato plastico a quello liquido, oppure la terra può essere solo un po' umida.

ALTRI PREGI DELLA TERRACRUDA

Per esempio la sua buona traspirabilità consente di realizzare muri privi di condense. Ha la capacità di regolare l'umidità dell'aria, quando essa è troppo secca o troppo umida. Sono assenti inquinanti "indoor", rendendola pertanto adatta a realizzare ambienti salubri.

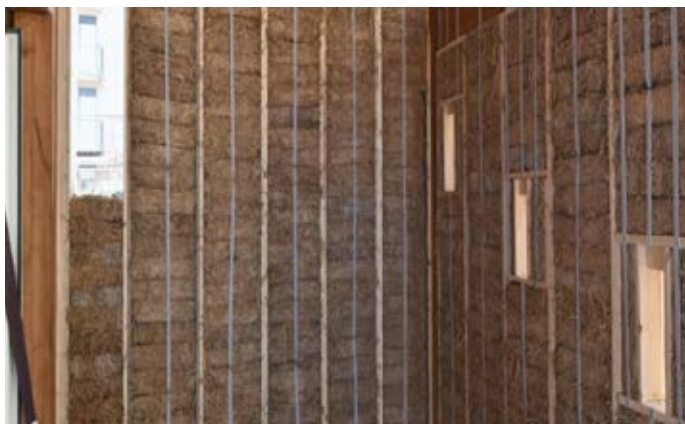
Notevole è anche la sua inerzia termica, cioè la capacità di accumulo del calore e l'alto coefficiente di isolamento termico. Una qualità che consente di risparmiare sui costi di gestione di riscaldamento.



Giuseppe GUGLIELMINO
con Fabrizio RAGUSA**PRODOTTI ECOPA**

I prodotti ECOPA® si configurano nella prospettiva di un'edilizia sostenibile e di un'economia circolare, per cui riguardano essenzialmente prodotti realizzati mediante materiali ed aggregati naturali e salubri, con bassissimo dispendio energetico. Tali materiali, in particolare, hanno il pregio di essere a Km0, facilmente reperibili, a basso impatto ambientale, a bassa emissività, riciclabili e/o riciclati, biodegradabili e facilmente smaltibili limitando, così, i rischi ambientali.

La proposta ECOPA® include idee e soluzioni adatte per l'isolamento, per la costruzione, per i rivestimenti e per l'arredo, interno ed esterno

**GUGLIELMINO**
Matte naturali per la bioedilizia

MATTONI ECOPA 2.0

È un blocco formato da due componenti: paglia e malta di calce naturale. Nel suo aspetto appare come un eco-mattone in cui la paglia costituisce la materia prima, la massa principale, e la malta di calce il legante: il risultato è un materiale isolante performante con notevoli capacità.

Essendo un eco-mattone ne soddisfa le principali richieste come resistenza meccanica, conducibilità termica, permeabilità al vapore, resistenza al fuoco, rapporto resistenza/peso e sostenibilità ambientale.

Le dimensioni sono di 40x20x10cm per cui, l'eco-mattone, risulta maneggevole, facilmente trasportabile, e con un eccellente duttilità nell'utilizzo.

LE PROPRIETÀ BASILARI SONO:

- Isolamento termico
- Isolamento acustico
- Traspirabilità
- Cattura CO2
- Decarbonizzazione
- Resistenza al fuoco
- Riciclabilità
- Salubrità



Danilo SCHININNÀ

BALLE DI PAGLIA:

Adoperiamo la balla di paglia come mattone coibentato, per costruire strutture ad alte prestazioni energetiche, sfruttando la potenzialità di un materiale che è in realtà uno scarto nella catena produttiva alimentare. La casa sostenibile per eccellenza. In alternanza utilizziamo fibra di legno, sughero, lana di pecora ecc.

PARTICOLARI:

Una struttura in legno e paglia è la tecnica costruttiva pensata per la costruzione dell'edificio, intonacata in terra cruda proveniente dal luogo in cui verrà realizzata.

La nostra è una continua ricerca che spazia nel tempo, rivalutiamo infatti tanti altri materiali usati nel passato. Abbiamo ripreso l'utilizzo del canapulo, materiale storicamente conosciuto in Italia, che miscelato al grassello di calce crea un termo-intonaco semplice ma eccezionalmente efficace.

Siamo specializzati nell'impiego della terra cruda per la realizzazione di intonaci e pavimenti, e tecniche come il tadelakt, antica pratica marocchina, che permette di liberare la fantasia nella realizzazione di bagni di design.



> Pavimento in terra cruda.



PIANTE CASA MARCELLO:

L'edificio ha una doppia valenza: una casa pensata per vivere/ospitare con confort contemporanei ma con lo sguardo proteso verso le grandi civiltà d'altri tempi.

PIANTE TEATRO MARCELLO:

Un teatro in cui dentro c'è la Grecia con le gradinate, c'è Roma con l'ellissi, c'è il teatro all'italiana, ellisabettiano, l'Olimpico di Vicenza, l'EUR ecc.

PROSPETTO EST, PROSPETTO OVEST, SEZIONE TRASVERSALE:

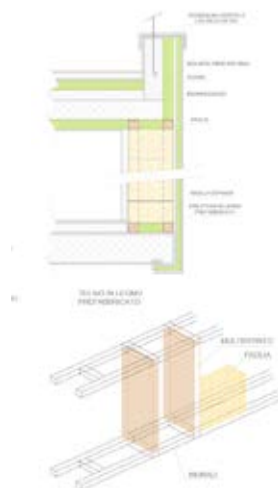
Il teatro deve abbracciare la scena. C'è bisogno che tutti vedano, c'è bisogno che tutti sentano un evento programmato dall'uomo o ciò che a ogni tramonto la natura ci regala.

VISTA D'INSIEME, VISTA TEATRO 2:

Casa Teatro Marcello, in ricordo di Marcello Perracchio.

VISTA INGRESSO:

È posizionato in alto a guardare il mare. Con la piscina/impiuvio rivolta verso ovest. Perché è da ovest che proviene la termica a raffreddarci. Perché è verso ovest che ogni sera avviene lo spettacolare tragico evento.



Abdelmalek GHANNEM

La fabbrica SOIB produce i blocchi di terra compressa e stabilizzata. Il ciclo di produzione dura 28 giorni e passa attraverso diverse fasi come la setacciatura, l'impastatura, la pressatura, la pulitura e l'imballaggio.

La società SOIB è una società anonima di diritto tunisino che è stata creata nel luglio 2009, il suo promotore è Abdelmalek GHANNEM, ex professore universitario che ha beneficiato di un congedo per creazione d'impresa nel quadro della legge sull'iniziativa economica del 2007. Essa ha cominciato la produzione nel settembre 2010.

La terra cruda interessa oggi il mondo dell'edilizia poiché costituisce una risposta pertinente alle esigenze di decarbonizzazione. Ma offre anche delle qualità d'inerzia e di igrometria che contribuiscono al confort termico.

L'obiettivo è dunque di utilizzare gli scarti delle miniere, delle cave e gli sterri dei cantieri per trasformarli in risorse edili, cioè produrre dei materiali a base di terra cruda. Basandosi sulla logica della filiera locale, diviene così possibile realizzare degli edifici con basse quote di carbone che si iscrivono in un processo economico più competitivo.

1. IL PRODOTTO:

l'industria SOIB fabbrica i blocchi di terra compressa e stabilizzata. La forma di ogni mattone gli permette di essere utilizzato senza malta di posa; è come il gioco dei LEGO. Il mattone è posato sull'altro facilmente senza malta. Per questo motivo, la muratura a secco può favorire anche l'auto-costruzione e la presenza di un tecnico servirà soltanto ad agevolare il primo cantiere.

Lo spessore dei blocchi varia da 22 cm per il muro di cinta o esterno della casa fino a 6 cm per i tramezzi. I blocchi di 22 cm sostituiscono il muro convenzionale di mattoni cotti di circa 40 cm (in doppio tramezzo

POURQUOI CONSTRUIRE ECOLOGIQUE

1 TONNE DE CIMENT = 780KG DE CO₂
le 1er consommateur d'énergie
le 1er polluant

1 TONNE DE BETON = 1000 KG DE CO₂
47% de la consommation
d'énergie en Tunisie

élu par REUTERS International
comme l'une des 5 meilleures
solutions pour la lutte contre les
changements climatiques

SOIB: -80% DE CIMENT
le 1er matériau écologique en Tunisie depuis 2010.



con strato di ancoraggio e intonaco interno ed esterno) ciò comporta un 20% di guadagno sulla superficie abitabile per il cliente che costruisce la sua casa con i blocchi. Può guadagnare una stanza in più.

2. I VANTAGGI DEI BLOCCHI ECOLOGICI E SOSTENIBILI:

2.1 RISPETTO DELL'AMBIENTE E VALORIZZAZIONE DEGLI SCARTI DI TERRA CRUDA

I blocchi sono prodotti sotto alta compressione, senza bisogno di un forno per la cottura. L'asciugatura avviene all'aria aperta senza bisogno di essiccatori. La materia prima ricevuta può essere consumata al 100% per fabbricare i blocchi. Le grosse pietre che escono dal setaccio possono essere macinate e ritornare al ciclo di produzione.

La società si approvvigiona della materia prima dai siti della regione (gli scarti della vecchia miniera di Ghezala, gli scarti della cava di Sidi Salem, El Alia, Zouaouine e gli scarti della miniera di ferro di Tamra).

3. UNA SOLUZIONE INNOVANTE ED ECONOMICA:

- La costruzione SOIB è tre volte più rapida della costruzione convenzionale. Il costo per metro quadro di muratura è consi-

derevolmente inferiore al costo dei mattoni convenzionali. Un muratore può facilmente posare 800 blocchi SOIB (21 m² di muro) al giorno.

- La malta è largamente eliminata nei muri poiché i blocchi sono autobloccanti e posati a secco, salvo nelle fondamenta e nei muri di cinta.
- Non necessita di mano d'opera qualificata.
- Nelle strutture SOIB è stata dimostrata un'alta resistenza, provando che sono considerevolmente più forti di quelle costruite coi mattoni tradizionali. I muri SOIB sono fortemente resistenti ai danni dei terremoti.
- Eccellente proprietà termica.
- Finiture molto eleganti.
- La semplicità del sistema di costruzione.

4. UNA SOLUZIONE ECONOMICA IN ENERGIA:

il risparmio è tradotto dal Consumo trascurabile d'acqua (massimo 1,2 M³/giorno) e di elettricità (un semplice contatore da 50 Ampères), in seguito al sondaggio condotto dall'Agenzia Nazionale di Gestione dell'Energia la società SOIB ha vinto il Premio Nazionale dell'Efficienza Energetica nel 2013.



Maria Luisa GERMANÀ, Francesca ANANIA

Il fenomeno delle costruzioni incomplete si manifesta in tutti i continenti con diverse entità e frequenza. Alcuni esempi sono ben noti per la loro dimensione fuori dall'ordinario, ma il più delle volte si tratta di costruzioni anonime, capillarmente disseminate nei territori, che deturpano il paesaggio e abbassano sensibilmente la qualità dell'ambiente costruito.

In particolare, nella regione mediterranea le costruzioni incomplete fanno parte della quotidianità e possono essere intese quasi come simbolo di una cultura della costruzione di 'non qualità', che non risparmia paesaggi, città storiche e persino siti archeologici.

Esse possono essere di committenza pubblica o privata, di varia consistenza e livello di compiutezza, tuttavia alcune caratteristiche tecniche ricorrenti possono essere sintetizzate nei seguenti punti:

- il calcestruzzo di cemento armato rappresenta nella maggior parte dei casi il materiale costruttivo strutturale;
- nessuna azione manutentiva è avvenuta dopo l'interruzione dei lavori;
- gli strati di finitura superficiali sono di frequente omessi e ciò amplifica il tipico decadimento fisiologico;
- esecuzioni di basso livello qualitativo aggravano un quadro patologico già preoccupante.

La presenza di costruzioni incomplete in Sicilia è talmente elevata che un collettivo di artisti ha utilizzato l'espressione «Incompiuto siciliano» per indicare il fenomeno, come se si trattasse di uno «stile», a prescindere dalla ubicazione.



> Città dello sport a Roma, la più celebre opera incompiuta pubblica d'Italia, progettata da Santiago Calatrava per i Campionati mondiali di nuoto 2009.



> Utique è uno dei siti archeologici tunisini studiati in occasione del Progetto APER *Architecture domestique punique, hellénistique et romaine* (finanziato dal Programma Italie Tunisie 2007-2013) e custodisce, oltre a importanti residenze patrizie, alcune sepolture in cui è testimoniato l'impiego di mattoni crudi. All'ingresso del sito sorge da alcuni anni una struttura incompiuta (foto M.L. Germanà, aprile 2023).

Da qualche anno, all'interno del ARCHSUD_LAB (Architectural Sustainable Design Laboratory) del Dipartimento di Architettura dell'Università di Palermo sono condotte ricerche sulle costruzioni incompiute, che hanno incluso sperimentazioni progettuali sulle possibili modalità di completamento di alcune costruzioni incompiute individuate.

In Tunisia mancano ancora studi che approfondiscano il fenomeno delle costruzioni incompiute, che pure è apprezzabile anche da osservatore non attento.

Il Progetto CUBÂTI ha individuato il fenomeno delle costruzioni incompiute come banco di prova che riassume, certamente e in concreto, il concetto di cultura della costruzione di qualità e che merita di essere ancora approfondito, anche in un'ottica transfrontaliera.

La circostanza di due PRIZ CUBÂTI assegnati, uno in Sicilia alla TEM LAB e uno in Tunisia alla REG, ha in particolare consentito di approfondire le modalità diagnostiche degli elementi strutturali e le possibilità di reimpiego di scarti di demolizione sotto forma di inerti, quali il calcestruzzo largamente riscontrabile nelle costruzioni incompiute.

Quello delle costruzioni incompiute è un tema ancora aperto, cui però il Progetto CUBÂTI ha tentato di contribuire pragmaticamente. In particolare, infatti, il Progetto ha sfruttato il PRIZ CUBÂTI assegnato alla TEM LAB per approfondire le modalità e gli strumenti di analisi riferiti ad un protocollo di indagine, ancora sperimentale, basato su sensori volto a valutare lo stato di degrado delle strutture di due costruzioni non finite individuate rispettivamente in Sicilia, a Terrasini (PA), e presso la sede della CITET a Tunisi.



> Costruzione incompiuta ed ipotesi di completamento (tesi di laurea *Progetto di completamento della struttura incompiuta sede dell'ex Pretura di Aragona* di F. Vella 2017).



> Applicazione del protocollo sperimentale TEM basato su sensori per la rilevazione di pH e concentrazione di cloruri a Terrasini e presso la sede della CITET a Tunisi (foto F. Anania, settembre 2023; M.L. Germanà, settembre 2023)

DIAGNOSTICA INNOVATIVA NEL CAMPO DEL STRUCTURAL HEALTH MONITORING (SHM) 29

Angelo MULONE
con Fabio DI GANGI

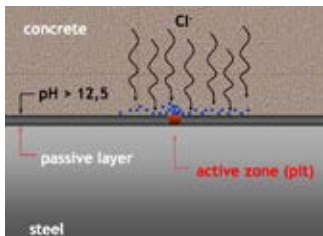
MONITORAGGIO DEL RISCHIO CORROSIONE E DEGRADO DELLE STRUTTURE EDILIZIE E SALVAGUARDIA DEL PATRIMONIO STORICO E CULTURALE

- Diagnostica predittiva mediante sensori
- La promozione di metodi smart e poco invasivi
- Il controllo in remoto e in continuo dello stato di salute delle strutture
- La conservazione e manutenzione delle strutture per una crescita sostenibile e durevole

BIBLIOGRAFIA

IL MONITORAGGIO DEL RISCHIO CORROSIONE DELLE ARMATURE MEDIANTE SENSORI INSERITI NEL CALCESTRUZZO. Dott. Angelo Mulone, Dott. Renato Giarrusso, Ing. Antonio Mulone, Dott. Mirko Andrea Vizzini Geolab srl Ing. Lorenzo Ceraulo, Dott. Antonio Mancino TEMPLab srl Ing. Manuela Ceraulo, Ing. Rosalinda Inguanta, Prof. Francesco Paolo La Mantia Università di Palermo, Dipartimento di Ingegneria - INSTM

<https://www.ingenio-web.it/pdfs/il-monitoraggio-del-rischio-corrosione-delle-armature.pdf>



> Il monitoraggio delle condizioni di salute dei materiali riduce in maniera esponenziale i costi di riparazione e ripristino funzionale. Il rilievo tramite sensori consente, inoltre, di abbattere i costi delle indagini, fornendo una funzionale previsione sulla vita utile di esercizio. Il grafico mostra come un ritardo di una unità di tempo nella manutenzione comporta un incremento di 5 volte la spesa di ripristino.

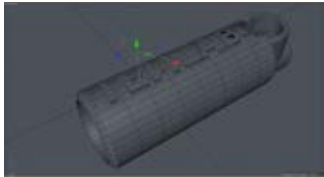


> Un manufatto in calcestruzzo strumentato con sensori per la misura del pH e degli ioni cloro. La ricerca condotta nei laboratori della Geolab ha consentito la verifica sperimentale dell'accuratezza delle misure e dell'affidabilità della procedura.



> Progetto MImeSIS 2022 MATERIALI SMART SENSORIZZATI E SOSTENIBILI PER IL COSTRUITO STORICO Ricerca sperimentale in collaborazione con il CNR di Faenza per il monitoraggio chimico-fisico di malte e intonaci storici. In collaborazione col dr. Macchiarola Michele del CNR-ISSMC-Faenza





> Cover dei sensori.



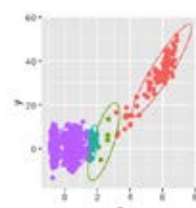
> Viadotto Sharja - Dubai.



> Dashboard Grafana. ph and CI monitoring online.



> Eng. pH Daniel Lloret - Ministry of Energy and Infrastructure in UAE - Dubai - Sala controllo e monitoraggio con sensori TEMLAB.



> Gradients of sensors pH and CI monitoring Ponte - Budapest.



Valutazione del degrado degli edifici esistenti e incompiuti mediante sensori - Tunisi - Terrasini (PA)

Zakaria JAOUADI

TESTO 1: ELABORAZIONE E VALIDAZIONE DI UN CEMENTO ECOLOGICO A BASE DI PRODOTTI RICICLATI PER APPLICAZIONI DI COSTRUZIONE: STUDIO SU UN BATTISTRADA SPERIMENTALE

- Preparazione di un miscuglio con 1 m³ di prodotti riciclati da scarti di costruzione e 100 kg di cemento CPA, che necessitano l'aggiunta di acqua per l'impastatura.
- Impastatura accurata per assicurare una distribuzione uniforme del cemento e una coesione tra le particelle di scarti riciclati.
- Conseguimento di un miscuglio omogeneo adatto a diverse applicazioni di costruzione o di ristrutturazione.
- Fusione di un battistrada sperimentale di 1 metro quadrato con uno spessore di 15 centimetri.
- Preparazione di sei provette normalizzate a partire dall'eccesso di cemento per delle prove di pulitura.
- Le prove di pulitura fatte dalla CETEC confermano la capacità del cemento di mantenere la sua resistenza e la sua integrità rispetto a delle procedure di pulitura e a diverse sollecitazioni.
- Risultati positivi che rinforzano la qualità e la sostenibilità del cemento nel battistrada sperimentale, validando il suo utilizzo per delle applicazioni specifiche in ragione della sua robustezza rispetto a varie condizioni.



TESTO 2: VALORIZZAZIONE DEGLI SCARTI EDILI RICICLATI: DALLA SETTACCIATURA AL RIVESTIMENTO MURARIO DI QUALITÀ

- Processo di settacciatura degli scarti edili riciclati, granulometria 0/20, attraverso un setaccio di calibro 0/4⇒ Produrre una sabbia pulita e calibrata di 0/4.
- Separazione degli elementi <4 mm per ottenere una sabbia fine e omogenea, adatta a diverse applicazioni.
- Preparazione di una malta perintonaci e rivestimenti murari:
- Miscuglio di 1 m³ di sabbia calibrata 0/4 con 100 kg di cemento CPA.
- Incorporazione dell'acqua per ottenere una consistenza appropriata.
- Applicazione del miscuglio su una porzione specifica del muro per riattivare e ristrutturare il rivestimento esistente.



TESTO 3: OTTIMIZZAZIONE DEI RIVESTIMENTI STRADALI: UTILIZZO INNOVANTE DEL FRISA PER UNA BASE SOLIDA E DURATURA

- Utilizzo del frisa per ottenere dei granuli di granulometria 0/14.
- Creazione di uno strato da 10 a 15 cm lungo la superficie della carreggiata.
- Livellamento e installazione dello strato, seguito da una compattazione su tutta la superficie.
- Riscaldamento del miscuglio contenente una percentuale di cemento per assicurare la coesione dei granuli grazie al bitume.
- Risultato: una superficie impregnata di bitume utilizzata come base per un rivestimento bituminoso monostrato o doppio strato.

