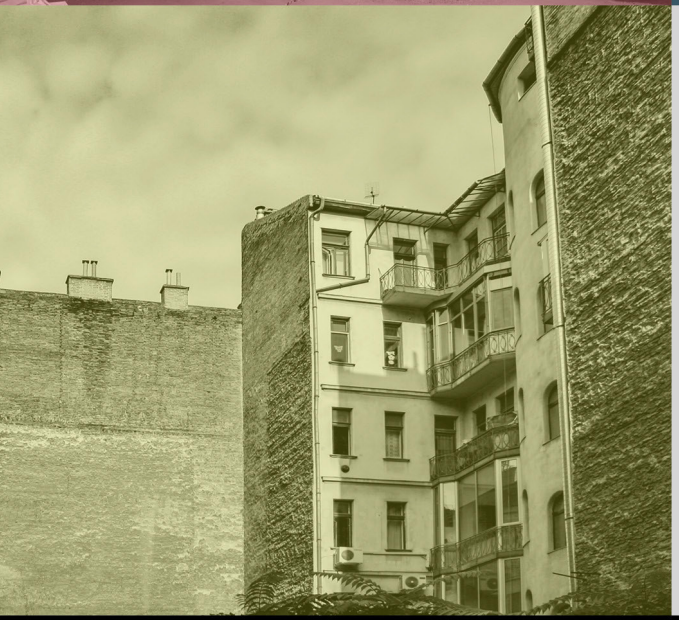


Colloqui.AT.e 2019

Ingegno e costruzione nell'epoca della complessità

Forma urbana e individualità architettonica

Atti del Congresso

Torino, 25-28 settembre 2019

a cura di Emilia Garda, Caterina Mele, Paolo Piantanida

POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica

ar.tec Associazione Scientifica per la Promozione dei Rapporti tra Architettura e Tecniche dell'Edilizia

Edizioni Politecnico di Torino

Colloqui.AT.e 2019

Ingegno e costruzione nell'epoca della complessità

atti del congresso
Torino, 25-27 settembre 2019

a cura di
Emilia Garda, Caterina Mele, Paolo Piantanida

edizioni Politecnico di Torino

Colloqui.AT.e 2019

Ingegno e costruzione nell'epoca della complessità

atti del congresso
Torino, 25-27 settembre 2019

a cura di
Emilia Garda, Caterina Mele, Paolo Piantanida

© Politecnico di Torino
ISBN: 978-88-85745-31-5

coordinamento editoriale: Cristiana Chiorino

progetto grafico: Giuliana Di Mari e Antonio Vottari

È vietata la riproduzione anche parziale se non espressamente autorizzata.

I contributi sono stati selezionati con doppia revisione anonima.

Ciascun contributo riflette unicamente il punto di vista degli Autori e i Curatori non possono essere ritenuti responsabili delle informazioni contenute.

Comitato Scientifico

Rossano ALBATICI
Frida BAZZOCCHI
Carlo CALDERA
Santi Maria CASCONE
Giorgio CROATTO
Marco D'ORAZIO
Enrico DASSORI
Enrico DE ANGELIS
Pierluigi DE BERARDINIS
Flavia FASCIA
Fabio FATIGUSO
Giovanni FATTA
Marina FUMO
Ilaria GAROFOLO
Maria Paola GATTI
Claudio GERMAK (Presidente SID)
Manuela GRECCHI
Antonella GUIDA
Riccardo GULLI (Presidente Ar.Tec.)
Tullia IORI
Raffaella LIONE
Maria Teresa LUCARELLI (Presidente SITdA)
Angelo LUCCHINI
Saverio MECCA (Presidente ISTeA)
Marco MORANDOTTI
Renato MORGANTI
Stefania MORNATI
Placido MUNAFÒ
Emilio PIZZI
Francesco POLVERINO
Enrico QUAGLIARINI
Angelo SALEMI
Antonello SANNA
Enrico SICIGNANO
Gabriele TAGLIAVENTI

Giunta Ar.Tec.

Riccardo GULLI (Presidente)
Marco D'ORAZIO (Vicepresidente)
Antonella GUIDA (Tesoriere)
Manuela GRECCHI
Raffaella LIONE
Francesco POLVERINO

Comitato Organizzativo

Carlo CALDERA (Coordinatore)
Sara FASANA
Caterina FRANCHINI
Emilia GARDA
Marika MANGOSIO
Fabio MANZONE
Caterina MELE
Carlo OSTORERO
Paolo PIANTANIDA
Roberto VANCETTI
Valentina VILLA
Marco ZERBINATTI

Segreteria

Emiliano CEREDA
Giuliana DI MARI
Emmanuele IACONO
Umberto MECCA
Alessandra RENZULLI
Alessio SCHEPISI
Federico VECCHIO
Gianvito VENTURA
Antonio VOTTARI

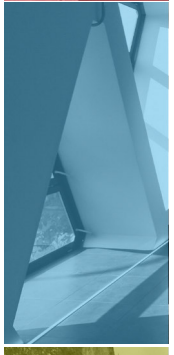
Prefazione

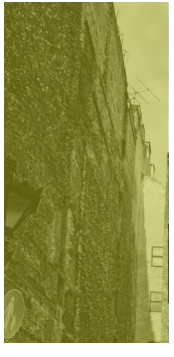
Nel mondo contemporaneo dominato dalla velocità, dalla liquidità, dalla digitalizzazione, dall'impermanenza e dalla trasformazione rapida delle conoscenze, l'ambizioso richiamo all'ingegno del titolo del convegno, riferito alla Costruzione può forse apparire antiquato e per certi versi contraddittorio.
Il rimando alla forma urbana e all'individualità architettonica se relazionato alla complessità delle problematiche urbane, all'eterogeneità e alla frammentazione dei tessuti urbani ed edilizi delle città contemporanee può allo stesso modo apparire di primo acchito poco pertinente.
Eppure se questo nostro tempo è dominato dalla complessità e dall'incertezza il riferirsi alla capacità umana primaria, l'ingegno, significa riportare tutte le questioni tecniche e architettoniche alla loro essenza. Sgombrato il campo dal rumore di fondo generato dall'immensa mole di informazioni visive, uditive, materiali e immateriali che assalgono i nostri sensi in ogni momento, restano le testimonianze materiche, gli edifici, i monumenti, i territori, i paesaggi che sono in attesa di essere vivificati, ricomposti, riconnessi in nuove realtà per dare risposta ai problemi complessi del nostro tempo. Porre in evidenza l'ingegno significa anche richiamarsi ai fondamenti della nostra disciplina, l'architettura tecnica e ridare valore al metodo scientifico saldamente radicato nella cultura tecnica dell'ingegneria. Significa anche rimettere al centro la cultura progettuale, riflettere e interrogarsi sulle prospettive e sulle sfide che come progettisti, costruttori, formatori ci attendono nel prossimo futuro.
La varietà e l'eterogeneità dei contributi presentati nelle tre sessioni tematiche : Construction history and preservation; Construction and building performance, Design and building technologies, con una preponderanza di studi nella prima sessione, fortemente incentrata sugli aspetti conoscitivi storici, tecnologici, della costruzione, nei suoi singoli episodi o nei complessi urbani e territoriali, denota una ricca e vivace articolazione di spunti e interessi dell'ambito disciplinare e la sua attualità malgrado la difficoltà poste dalle continue sfide e trasformazioni della nostra società.
Riaffermare la centralità del progetto nell'epoca della complessità significa in ultima analisi la capacità di affrontare le sfide e le opportunità contemporanee attraverso i valori e le competenze provenienti dalle comuni radici dalla cultura progettuale dell'ingegneria e dell'architettura.

Il convegno si configura come spazio privilegiato per l'analisi, la discussione, il confronto (locale e globale) tra tutti gli operatori del settore delle costruzioni, per suggerire soluzioni e percorsi sul soldo della tradizione, innovativi, sperimentali per rinnovare e riconfigurare la cultura della Progettazione.

Emilia Garda, Caterina Mele, Paolo Piantanida

SOMMARIO GENERALE





A CONSTRUCTION HISTORY AND PRESERVATION 6

B CONSTRUCTION AND BUILDING PERFORMANCE 599

C DESIGN AND BUILDING TECHNOLOGIES 1001

B

CONSTRUCTION AND BUILDING PERFORMANCE

Construction and building performance

Nell'epoca della complessità quali e quante sono le sfide che il settore costruttivo deve affrontare? Certamente la questione energetica continua ad essere centrale, anche se negli ultimi anni viene coniugata con elementi nuovi che ampliano il tema alla qualità globale dell'edificio al suo peso sull'ambiente e coinvolgono aspetti che riguardano la gestione digitale ed intelligente dell'edificio, in quello che generalmente definiamo smart building.
Tra le diverse attività umane il settore costruttivo ha avuto e continua ad avere un peso molto rilevante dal punto di vista dell'impatto ambientale non solo per i consumi di energia primaria e secondaria ma anche per l'impiego delle risorse naturali necessarie nelle diverse fasi di un processo che sembra avere nel suo efficientamento uno degli obiettivi primari. L'introduzione dei protocolli di certificazione ambientale per la sostenibilità globale degli edifici come il protocollo ITACA in Italia, mutuato dal protocollo americano LEED, ha spostato l'accento dai soli consumi energetici a quelli relativi a tutte le componenti e fasi del processo edilizio che riguardano la costruzione, dal progetto alla realizzazione fino ad arrivare alla dismissione nel fine vita, e ha messo in luce come la strada da percorrere per determinare una vera svolta in termini di qualità globale e di sostenibilità del manufatto edilizio sia ancora molto lunga. Inoltre il conseguimento di una maggior sostenibilità dell'edificio soprattutto per quanto riguarda gli aspetti energetici, non implica automaticamente una maggiore sostenibilità urbana. Numerosi studi hanno ormai dimostrato che ridurre i consumi del singolo edificio non genera a livello urbano una minore domanda di energia. Nonostante gli indubbi progressi per rendere gli edifici meno energivori (almeno le nuove realizzazioni), la città esistente è ancora costituita per la maggior parte da manufatti che sono poco performanti dal punto di vista energetico, inoltre lo stile di vita e di consumo della nostra civiltà urbanizzata richiede una grande quantità di energia che dipende ancora per larga parte dai combustibili fossili, c. d. climalteranti, come ben analizzato nel report Roadmap for transition towards low-GHG and resilient buildings (2016) della Global Aillance for Building and Construction. Nel tentativo di risolvere questi problemi la ricerca nel settore costruttivo sta esplorando la realizzazione di involucri con materiali e tecniche sempre più innovativi e performanti (ad esempio le bolle in EFTE che costituiscono la copertura dell'Aquatic Center di Bejjng o l'uso di bioreattori a base di alghe per la facciata della BIQ House di Amburgo), estendendo e superando il concetto di Zero Energy Building (ZEB). Vengono proposte nuove e innovative strategie per ridurre i consumi energetici come lo User-Centered Design che parte dal monitoraggio del comportamento degli utenti e che vede nella digitalizzazione intelligente degli edifici, partendo dalla scala urbana a quella del singolo edificio e delle singole unità abitative, una strada molto promettente. La via smart, al di là dell'abuso a volte troppo enfatico del termine, pare molto interessante anche per la gestione dei dati delle problematiche manutentive, non solo per la costruzione di archivi relativi agli aspetti tecnici e progettuali fino alla scala del dettaglio dell'edificiot che possono costituire una vera e propria miniera di dati utilizzabili in futuro per contrastare i fenomeni di obsolescenza fisiologica e patologica dei manufatti e per consentire interventi mirati, di riparazione, di miglioramento prestazionale e anche di gestione intelligente e sostenibile del fine vita, allargando il campo della gestione all'intera vita utile dell'edificio considerato anche alla scala urbana. Certamente l'uso ormai diffuso di strumenti di gestione digitale delle informazioni favorisce la interoperabilità e la raccolta di dati in tutto il processo edilizio, rendendo ancora più necessaria la validazione dei modelli relazionali ed interpretativi nel mutato quadro metodologico, prima ancora che strumentale.
Lo studio e l'analisi di queste problematiche coinvolge molte ricerche della nostra disciplina e pare molto promettente dal punto di vista dei risultati per l'ampliamento delle conoscenze nell'ambito strettamente scientifico e per le ricadute applicative nel settore edilizio delle soluzioni più innovative o sperimentali. Inoltre tutto l'ambito IoT applicato agli edifici promette di essere veicolo di nuovi potenziali e innovativi sviluppi nel settore edilizio e di offrire a chi vi opera a vario titolo e competenza di sviluppare conoscenze e abilità tecniche improntate alla più ampia interdisciplinarietà e multidisciplinarietà.

Emilia Garda, Caterina Mele, Paolo Piantanida

AMBIENTI VIRTUALI PER LA CONOSCENZA E LA GESTIONE DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO-ARCHEOLOGICO A SCALA TERRITORIALE 609 VAI ALL'ARTICOLO
Virtual environments to improve data assessment and management of the heritage architecture and archeology at territorial scale
Mariella De Fino*, Antonello Martino*, Fabio Fatiguso*
*Politecnico di Bari (Bari, Italia) – mariella.defino@poliba.it – antonello.martino@poliba.it – fabio.fatiguso@poliba.it

CONSUMO DI SUOLO E RISCHIO IDRAULICO NEL X MUNICIPIO DI ROMA 619 VAI ALL'ARTICOLO
Land-Use and hydraulic risk in the X municipailty of Rome.
Simona Mannucci*, Federica Rosso*, Carlo Cecere*
*Sapienza Università di Roma (Rome, Italy) – simona.mannucci@uniroma1.it – federica.rosso@uniroma1.it – carlo.cecere@uniroma1.it

HBIM PER LA CONOSCENZA E LA RAPPRESENTAZIONE DELLA COSTRUZIONE STORICA. IL CASO DI VILLA PALMA-GUAZZARONI A TERNI 628 VAI ALL'ARTICOLO
HBIM for knowledge and representation of historic construction. The case study of Villa Palma-Guazzaroni in Terni
Edoardo Currà*, Alessandro D'Amico*, Marco Angelosanti*
*Sapienza Università di Roma (Roma, Italia) – edoardo.curra@uniroma1.it - alessandro.damico@uniroma1.it - marco.angelosanti@uniroma1.it

OSSERVATORIO SULLA COSTRUZIONE METALLICA E PROCEDURE BIM. IL CASO STUDIO DI UNA SCUOLA DI PIETRO BARUCCI A OSTIA 638 VAI ALL'ARTICOLO
Monitoring of metal construction and BIM procedures. Case study of a school designed by Pietro Barucci in Ostia
Renato Morganti*, Alessandra Tosone*, Matteo Abita*, Danilo Di Donato*
*Università degli Studi dell'Aquila (L'Aquila, Italia) – renato.morganti@univaq.it, alessandra.tosone@univaq.it, matteo.abita@univaq.it, danilo.didonato@univaq.it

I RIVESTIMENTI LAPIDEI "MODERNI". LA VOCAZIONE "INFORMATIVA" DEI NUOVI SCENARI DI TUTELA, DALL'H-BIM AL FASCICOLO DEL FABBRICATO 648 VAI ALL'ARTICOLO
"MODERN" STONE FACING. The "informative" vocation of new scenarios of protection, from the H-BIM to the Building Dossier
A. Cernaro*
*Università degli Studi di Messina (Messina, Italia) – acernaro@unime.it

BIM E MANUTENZIONE: SCENARI REALI O VIRTUALI? 659 VAI ALL'ARTICOLO
BIM and maintenance: real or virtual scenarios?
Umberto Mecca*, Giuseppe Moglia*, Manuela Rebaudengo, Pablo Ruffino***
*DISEG, Politecnico di Torino (Torino, Italia); **DIST, Politecnico di Torino (Torino, Italia) – umberto.mecca@polito.it – giuseppe.moglia@polito.it
manuela.rebaudengo@polito.it – pablo.ruffino@polito.it

I DRONI PER LA MANUTENZIONE DEGLI EDIFICI: RISVOLTI OPERATIVI E DI COSTO 669 VAI ALL'ARTICOLO
UAV for building maintenance: operational and cost implications
Carlo Caldera*, Rachele Grosso, Umberto Mecca*, Manuela Rebaudengo****
*DISEG, Politecnico di Torino (Torino, Italia); **DIST, Politecnico di Torino (Torino, Italia) – carlo.caldera@polito.it - rachele.grosso@polito.it
umberto.mecca@polito.it - manuela.rebaudengo@polito.it

SISTEMI INFORMATIVI E STRUMENTI GRAFICI PER LA MANUTENZIONE DI MANUFATTI COMPLESSI 679 VAI ALL'ARTICOLO
Information systems and graphic tools for the maintenance of complex buildings
Maurizio Marco Bocconcino*, Fabio Manzone*
*DISEG - Politecnico di Torino (Torino, Italia) – maurizio.bocconcino@polito.it – fabio.manzone@polito.it

SCENARI 360°+5 PER L'ARCHIVIO DEL FUTURO 689 VAI ALL'ARTICOLO
360°+5 scenarios for the archive of the future
Andrea Barbero*, Matteo Del Giudice*, Francesca Maria Ugliotti*, Fabio Manzone*, Anna Osello*
*Politecnico di Torino (Torino, Italia) – andrea.barbero@polito.it – matteo.delgiudice@polito.it – francesca.ugliotti@polito.it
fabio.manzone@polito.it – anna.osello@polito.it

RAPPRESENTAZIONE E RIUSO DELLA CONOSCENZA TECNICA PER L'IMPRESA DI COSTRUZIONI 698 VAI ALL'ARTICOLO
Technical Knowledge representation and reuse for a general contractor
Davide Simeone*
*Salini-Impregilo SpA (Milano, Italia) – d.simeone@salini-impregilo.com

INTRODUZIONE AL PROACTIVE DESIGN PROCESS NELL'EPOCA DELLA COMPLESSITÀ 708 VAI ALL'ARTICOLO
Introduction to Proactive Design Process in the complexity era
Antonio Fioravanti*, Gabriele Novembri*, Francesco Livio Rossini*
*DICEA – Dipartimento di Ingegneria Edile, Civile e Ambientale, Sapienza – Università di Roma.

IL B.I.M. PER L'ARCHITETTURA TECNICA: INGEGNO E COSTRUZIONE NELL'EPOCA DELLA COMPLESSITÀ 718 VAI ALL'ARTICOLO
B.I.M. for "architettura tecnica": intelligence and construction in the age of the complexity
Paolo Fiamma*
*Università di Pisa (Pisa, Italia) paolo.fiamma@ing,unipi,it

IL BUILDING INFORMATION MODELING E LA PROGETTAZIONE INTEGRATA: UNA PANORAMICA DELLO STATO ATTUALE 728 VAI ALL'ARTICOLO
Building Information Modeling and Integrated Design: An Overview of the Current Status
Enrico Dassori*, Clara Vite*, Alessia Bernardotti*, Arianna Sommariva*
*Università degli Studi di Genova, Scuola Politecnica, Dipartimento di Architettura e Design - dAD (Genova, Italia) – dassori@unige.it – clara.vite@arch.unige.it aleberna92@gmail.com - arianna.sommariva@gmail.com

INEFFICACIA DI INTERVENTI PARZIALI SUL COSTRUITO RESIDENZIALE 738 VAI ALL'ARTICOLO
Ineffectiveness of partial actions on residential buildings
Raffaella Lione*, Fabio Minutoli*, Pietro Totaro**
*Università di Messina (Messina, Italia); **Libero professionista (Messina, Italia) rlione@unime.it - fabminutoli@unime.it - pietro.totaro@fastwebnet.it

PROGETTAZIONE PARAMETRICA PER LA VALUTAZIONE DELLE ADDIZIONI DI FACCIATA NEGLI EDIFICI ESISTENTI 748 VAI ALL'ARTICOLO
Parametric design evaluation of user orientated pre-fab modules for the façade ADDITION in existing buildings
Anastasia Fotopoulou*, Annarita Ferrante*
*Dipartimento di Architettura – Università di Bologna (Bologna, Italia) anastasia.fotopoulo2@unibo.it – annarita.ferrante@unibo.it

SISTEMI PASSIVI PER L'INDOOR COMFORT: LA GESTIONE DELLE SERRE SOLARI IN REGIME ESTIVO 755 VAI ALL'ARTICOLO
Passive system for indoor comfort: solar greenhouse management in summer
Simona Colajanni*, Antonio De Vecchi*, Marco Bellomo*, Francesca Maria Cammarata*, Kapishanth Jeyathas*, Maria Francesca Noto*
*Università degli Studi di Palermo (Palermo, Italia); *Corresponding author: simona.colajanni@unipa.it

AZIONI DI RIFUNZIONALIZZAZIONE DI EDIFICI SCOLASTICI PRIMARI PER UNA RETE DI SCUOLE INNOVATIVE TRANSFRONTALIERE 765 VAI ALL'ARTICOLO
Repurposing of primary education buildings through actions for a network of cross-border innovative schools
Barbara Chiarelli*, Carlo Antonio Stival*, Nicola Strazza*, Ilaria Garofolo*
*Università di Trieste (Trieste, Italia) – barbara.chiarelli@phd.units.it - cstival@units.it - nstrazza@units.it - garofolo@units.it

SISTEMI DI SCHERMATURA SOLARE PER SCUOLE DELL'INFANZIA NZEB IN ITALIA 775 VAI ALL'ARTICOLO
Solar shadings for NZEB Kindergartens in Italy
Frida Bazzocchi*, Cecilia Ciacci*, Vincenzo Di Naso*
*Università degli studi di Firenze (Firenze, Italia) Scuola di Ingegneria – DICEA frida.bazzocchinifi.it – cecilia.ciacciçunifi.it – vincenzo.dinasonifi.it

RESILIENZA E ADATTAMENTO: CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE E PRESTAZIONE TERMO-ENERGETICA IN REGIME DINAMICO DI COSTRUZIONI GALLEGGIANTI E ANFIBIE 785 VAI ALL'ARTICOLO
Resilience and adaptation: construction and dynamic thermal-energy performance of amphibious and floating houses
Federica Rosso*, Simona Mannucci*, Marco Ferrero*, Carlo Cecere*
*Sapienza Università di Roma (Roma, Italia) – federica.rosso@uniroma1.it – simona.mannucci@uniroma1.it – marco.ferrero@uniroma1.it – carlo.cecere@uniroma1.it

DALLA CERTIFICAZIONE LEED® (LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN) ALLA CERTIFICAZIONE WELL BUILDING STANDARD® 795 VAI ALL'ARTICOLO
From the LEED® certification (Leadership in Energy and Environmental Design) to the WELL Building Standard®
Elisa Sirombo*, Marco Filippi, Enrico Fabrizio****
*GET srl (Torino, Italia); **Politecnico di Torino (Torino, Italia) – elisa.sirombo@get-consulting.it - marco.filippi@polito.it - enrico.fabrizio@polito.it

EFFICIENZA ENERGETICA E SIMULAZIONE DEI FLUSSI OCCUPATIVI PER GLI SCENARI D'USO DI ELUX LAB, UNIBS 804 VAI ALL'ARTICOLO
Energy efficiency and occupancy flow simulation for the use scenarios of eLUX Lab, UniBS
Lavinia Chiara Tagliabue*, Barbara Angi*, Angelo Luigi Camillo Cirbini*
*Università degli Studi di Brescia (Brescia, Italia); lavinia.tagliabue@unibs.it –barbara.angi@unibs.it – angelo.ciribini@ unibs.it

VERSO IL CONTROLLO E LA GESTIONE DELLA MANUTENZIONE NEGLI EDIFICI SECONDO UN APPROCCIO "USER-CENTERED" E "CONDITION-BASED" 814 VAI ALL'ARTICOLO
Towards a User-centered and Condition-based approach for Building Maintenance: from users' engagement to automatic behaviors detection
Elisa Di Giuseppe*, Gabriele Bernardini*, Marco D'Orazio*
*Università Politecnica delle Marche (Ancona, Italia) e.digiuseppe@staff.univpm.it – g.bernardini@univpm.it –m.dorazio@staff.univpm.it

MODELLAZIONE BIM AD OGGETTI INTEGRATA CON ANALISI DATI IN TEMPO REALE: UN CASO DI STUDIO 824 VAI ALL'ARTICOLO
BIM and real time data analysis integration: a case study
Graziano Salvalai*, Mattia Previtali*, Fabrizio Banfi*
Politecnico di Milano (Milano, Italia) – graziano.salvalai@polimi.it – mattia.previtali@polimi.it – fabrizio.banfi@polimi.it

BIM PER LA GESTIONE RAZIONALE DEGLI IMPIANTI DEGLI EDIFICI 834 VAI ALL'ARTICOLO
BIM for rational management of MEP systems
Rosa Agliata*, Roberto Macchiaroli*, Luigi Mollo*
*Università della Campania "Vanvitelli" (Aversa – CE, Italia) – rosa.agliata@unicampania.it – roberto.macchiaroli@ unicampania.it – luigi.mollo@ unicampania.it

ARCHITETTURA USER CENTERED: LA DOMOTICA A SERVIZIO DELL'ACCESSIBILITÀ 844 VAI ALL'ARTICOLO
User centered Architecture: home automation for accessibility
Martina Nobili*
*Sapienza Università di Roma – martina.nobili@uniroma1.it

NUOVA MATRICE DELLE ADIACENZE PER LA PROGETTAZIONE E RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA 853 VAI ALL'ARTICOLO
New adjacency matrix for building design and refurbishment
Ugo Maria Coraglia*, **, Antonio Fioravanti*
*Sapienza Università di Roma (Roma, Italia); **TU Wien (Vienna, Austria) ugomaria.coraglia@uniroma1.it – antonio.fioravanti@uniroma1.it

REALTÀ VIRTUALE E AUMENTATA: STRUMENTI DI COMUNICAZIONE PER IL POLITO 863 VAI ALL'ARTICOLO
Virtual and Augmented Reality: communication tools for Polito
Anna Osello*, Ivana Scidà*
*Politecnico di Torino (Torino, Italia) – anna.osello@polito.it – ivana.scida@polito.it

FIRE SAFETY ENGINEERING, UNIVERSAL DESIGN, REALTÀ VIRTUALE: NUOVI STRUMENTI PER UNA PROGETTAZIONE SEMPRE PIÙ SMART 873 VAI ALL'ARTICOLO
Fire Safety Engineering, Universal design, Virtual Reality: New tools for an increasingly smart design
Roberto Vancetti*, Filippo Cosi, Emiliano Cereda***
*Politecnico di Torino (Torino, Italia); **AI Studio (Torino, Italia) roberto.vancetti@polito.com - fcosi@aigroup.it - emiliano.cereda@studenti.polito.it

CRITICITÀ NELL'IMPIEGO DEI SISTEMI DI GESTIONE DELL'ENERGIA E DEL COMFORT NEGLI EDIFICI 883 VAI ALL'ARTICOLO
Critical issues in the use of energy & comfort management systems in buildings
Marco Filippi*, Enrico Fabrizio*
*Politecnico di Torino (Torino, Italia); marco.filippi@polito.com – enrico.fabrizio@polito.it

NUOVI SISTEMI COSTRUTTIVI PER L'ARCHITETTURA 893 VAI ALL'ARTICOLO
New construction systems for Architecture
Pierpaolo Ruttico*, Emilio Pizzi*
*Politecnico di Milano (Milano, Italia); pierpaolo.ruttico@polimi.it – emilio.pizzi@polimi.it

EMERGENZA ALLUVIONE NEI CENTRI URBANI: UN APPROCCIO BEHAVIORAL DESIGN-BASED PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO 902 VAI ALL'ARTICOLO
Flood emergency in existing city centers: proposing risk-reduction strategies through a behavioral design-based methodology
Gabriele Bernardini*, Michele Lucesoli*, Enrico Quagliarini*
*Università Politecnica delle Marche (Ancona, Italia) g.bernardini@univpm.it – m.lucesoli@pm.univpm.it – e.quagliarini@staff.univpm.it

APPLICAZIONE DEI CRITERI AMBIENTALI MINIMI IN EDILIZIA 912 VAI ALL'ARTICOLO
Application of minimum environmental criteria in construction
Santi Maria Cascone*, Valerio Nobile*, Nicoletta Tomasello*, Matteo Vitale*
*Università degli Studi di Catania (Catania, Italia) – santimariacascone@gmail.com – valerio-nobile@hotmail.it – nicolettatomasello@unict.it – matteo.vitale@unict.it

DALLA PROGETTAZIONE ALLA DISMISSIONE DEL MANUFATTO EDILIZIO SECONDO I PRINCIPI DELL'"ECONOMIA CIRCOLARE" 920 VAI ALL'ARTICOLO
From the design to the disposal of the building manufacture according to the principles of the "circular economy"
Santi Maria Cascone*, Valerio Nobile*, Giuseppe Russo*, Nicoletta Tomasello*, Matteo Vitale*
*Università degli Studi di Catania (Catania, Italia) – santimariacascone@gmail.com – valerio-nobile@hotmail.it – giuseppe.russo@unict.it – nicolettatomasello@unict.it matteo.vitale@unict.it

RIDURRE L'IMPATTO AMBIENTALE DEGLI EDIFICI MEDIANTE L'UTILIZZO DI MATERIALI BIOGENICI. ANALISI LCA DI UN CASO ITALIANO 928 VAI ALL'ARTICOLO
Minimising the environmental impact of buildings through the use of biogenic materials. An LCA analysis of an Italian case study
Giuliana Iannaccone*, Francesco Pittau, Giovanni Dotelli*****
*Politecnico di Milano, Dip. ABC (Milano, Italia); **ETH Zürich, D-BAUG IBI (Zurich, Switzerland); ***Politecnico di Milano, Dip. DCMC (Milano, Italia)
giuliana.iannaccone@polimi.it - pittau@ibi.baug.ethz.ch – giovanni.dotelli@polimi.it

MATERIALI INNOVATIVI PER LE COSTRUZIONI: CONGLOMERATI CEMENTIZI A BASE DI GRAFENE 937 VAI ALL'ARTICOLO
Innovative construction materials: graphene-based cement composites
Salvatore Polverino*, Renata Morbiducci*, Antonio E. del Rio Castillo, Francesco Bonaccorso**,**
*Università degli Studi di Genova (Genova, Italia); **Istituto Italiano di Tecnologia (Genova, Italia) – salv.polverino@arch.unige.it – renata.morbiducci@unige.it antonio.delrio@iit.it – francesco.bonaccorso@iit.it

INNOVAZIONE NELLA TERRA BATTUTA 946 VAI ALL'ARTICOLO
Innovation in rammed earth systems
Rosa Caponetto*, Giada Giuffrida**
*Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura (DICAR); **Università di Catania (Catania, Italia); rcapo@dau.unict.it – giada.giuffrida@unict.it

BIOCOMPOSITI A BASE DI TERRA CRUDA E FIBRE 956 VAI ALL'ARTICOLO
Biocomposites made of raw earth and fibers
Rosa Caponetto*, Martina Maria Grazioso*, Giada Giuffrida*
*Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura (DICAR)
Università di Catania (Catania, Italia); rcapo@dau.unict.it – martinamariagrazioso@gmail.com – giada.giuffrida@unict.it

PRODOTTI NATURALI INNOVATIVI PER L'EDILIZIA CIRCOLARE. LE MISCELE TERRA-CELLULOSA 966 VAI ALL'ARTICOLO
Innovative natural products for the circular economy. Earth-cellulose mixes
Maddalena Achenza*, Paola Meloni**
*DICAAR_Università degli Studi di Cagliari (Cagliari, Italia); **DIMCM_Università degli Studi di Cagliari (Cagliari, Italia); maddalena.achenza@unica.it
paola.meloni@unica.it

ANALISI DELLE PRESTAZIONI DI INVOLUCRI IN PAGLIA 973 VAI ALL'ARTICOLO
Analysys of straw envelope performance
Gaetano Sciuto*, Stefano Cascone*, Gianpiero Evola, Chiara Baroetto Parisi***
*Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, Università di Catania (Catania, Italia); **Dipartimento di Ingegneria Elettrica, Elettronica e Informatica, Università di Catania (Catania, Italia)
gsciuto@dau.unict.it - stefano.cascone@unict.it - gevola@unict.it - chiara.baroetto@gmail.com

SISTEMI COSTRUTTIVI EFFICIENTI A BASSO IMPATTO AMBIENTALE. PROGETTO E SPERIMENTAZIONE DI PARETI IN BALLE DI PAGLIA PER EDIFICI CON STRUTTURA DI LEGNO 982 VAI ALL'ARTICOLO
Low impact and energy efficient building systems. Design and tests of straw bale walls for timber structure buildings
Luca Guardigli*, Cecilia Mazzoli*, Davide Dall'Aglio, Riccardo Gulli***
*Università di Bologna (Bologna, Italia); **Studio SAP (San Giorgio di Piano, BO) – luca.guardigli@unibo.it – cecilia.mazzoli2@unibo.it – dallaglio@studiosap.it – riccardo.gulli@unibo.it

992 VAI ALL'ARTICOLO

SOSTENIBILITÀ DEI MATERIALI NATURALI

Sustainability of natural materials

Rosa Caponetto*

*Dipartimento di Ingegneria Civile Architettura - Università di Catania (Catania, Italia) – rcapo@dau.unict.it

TORNA ALL'INDICE

DALLA PROGETTAZIONE ALLA DISMISSIONE DEL MANUFATTO EDILIZIO SECONDO I PRINCIPI DELL'"ECONOMIA CIRCOLARE"

From the design to the disposal of the building manufacture according to the principles of the "circular economy"

Santi Maria Cascone*, Valerio Nobile*, Giuseppe Russo*, Nicoletta Tomasello*, Matteo Vitale*
**Università degli Studi di Catania (Catania, Italia)*
santimariacascone@gmail.com – valerio-nobile@hotmail.it – giuseppe.russo@unict.it – nicolettatomasello@unict.it – matteo.vitale@unict.it

Keywords: **minimum environmental criteria; circular economy; insulation panel**

Riassunto

L'adozione dei Criteri Ambientali Minimi (C.A.M.) del PAN GPP per l'edilizia pubblica, in concomitanza con l'entrata in vigore del nuovo Codice appalti, ha segnato una svolta decisiva per il settore dell'edilizia e in modo particolare della produzione di materiali da costruzione con contenuto di materia riciclata. Un settore che trova ad oggi un limitato sviluppo nel nostro Paese, in cui i rifiuti da costruzione e demolizione sono ancora consistenti.

L'applicazione delle citate normative potrà potenzialmente riattivare le filiere del riciclo e indirizzare il nostro Paese ad un'economia di tipo "circolare". La presente ricerca si ispira ai principi propri di tale economia e a un processo virtuoso avente come tema centrale il riciclo dei materiali da costruzione. In particolare, lo studio si è incentrato sulla composizione e l'impiego di un pannello isolante realizzato con materiale di scarto alimentare e sull'analisi comparativa tra varie coibentazioni applicate a edifici residenziali.

Abstract

The adoption of the Minimum Environmental Criteria (C.A.M.) of the PAN GPP for public buildings, together with the directives of the new Procurement Code, represents an important change for the building sector and in particular for the production of building materials with recycled content. A sector that today has a limited development in our Country, in which construction and demolition waste are still problematic. The application of the aforesaid regulations could potentially reactivate the recycling chains and addresses our country to a "circular" economy. The present research is inspired by the principles of this economy and by a virtuous process whose central theme is the recycling of building materials. In particular, the study focused on the composition and use of an insulating panel made of food waste material and on the comparative analysis between different insulation solutions applied to residential buildings.

TORNA ALL'INDICE

1. Introduzione

Applicare un modello di economia circolare nel settore dell'edilizia consente di innovare i processi di realizzazione dei materiali dalla fase di produzione fino alla loro dismissione. Questo processo cambia il modo in cui si concepiscono i prodotti stessi e va fatto contemporaneamente su due livelli: da un lato, ogni progetto deve essere sviluppato già nella logica della massima riduzione dei rifiuti, valutando fin dal principio come trasformare i prodotti edilizi e le materie prime utilizzate al termine del loro ciclo di vita, dall'altro lato, i prodotti edilizi devono essere concepiti e realizzati in modo da poter essere recuperati facilmente, attraverso processi sostenibili, che non richiedano troppa energia e non producano a loro volta sostanze inquinanti. La progettazione, quindi, è fondamentale sia a livello dell'edificio che a livello del prodotto.

Per realizzare prodotti di facile riutilizzo e riciclo si devono preferire materie prime rinnovabili e naturali. Oggi, in campo edile, sono sempre di più i prodotti realizzati da materiale di scarto, provenienti anche da altre filiere industriali, come la gomma, la plastica, gli inerti e il legno. Sempre più attenzione viene riservata anche alla seconda vita dei detriti e delle macerie da cantiere, inerti utilizzati per la produzione di nuovi prodotti.

In Italia, il tema del recupero e della rigenerazione sono fondamentali e il patrimonio edilizio esistente necessita di interventi di recupero su grande scala. Per questo è importante sensibilizzare al tema i protagonisti del settore, auspicando interventi anche a livello politico-economico. L'Unione Europea ha posto l'obiettivo di raggiungere entro il 2020 il riciclo del 70% dei materiali da costruzione e, ad oggi, lo sviluppo delle tecnologie e della ricerca nel settore ha reso i prodotti derivanti da riciclo competitivi con gli altri, sia economicamente che tecnicamente. Nonostante l'elevato potenziale, ci sono ancora molti ostacoli alla diffusione dei materiali da riciclo. Tra questi, la struttura dei capitolati e il procedere lento del sistema normativo a riguardo, in quanto mancano ancora chiari riferimenti o obblighi per l'uso di materiali da riciclo, nonostante l'obiettivo della normativa europea.

Appare dunque chiaro che notevoli benefici all'attività di costruzione deriverebbero da possibili incentivi all'utilizzo di materiali da riciclo, alla ricerca e allo sviluppo di nuove soluzioni, all'innovazione dei processi, ad una progettazione più attenta alla sostenibilità. L'innovazione ambientale delle costruzioni consente di ottenere prodotti di maggior qualità e componenti aventi vita sempre più lunga. L'economia circolare permette inoltre di ridurre l'impatto del costruito sull'inquinamento atmosferico e sulla produzione dei rifiuti, sui quali oggi il settore impatta molto.

2. Normative sui rifiuti da costruzione e demolizione

L'entrata in vigore dei Criteri Ambientali Minimi (C.A.M.) del PAN GPP per l'edilizia pubblica[1], e il nuovo Codice appalti[2], hanno rappresentato una potenziale svolta per tutto il mondo dell'edilizia, rivolgendo la propria attenzione soprattutto alla produzione di materiali da costruzione prodotti da materia prima riciclata. Del resto anche l'Unione Europea, con il nuovo e ambizioso pacchetto di misure sull'Economia Circolare denominato "L'anello mancante" (COM (2015) 614) approvato a dicembre 2015 e rafforzato nel 2018 con le modifiche alle Direttive Rifiuti e *Circular economy*, ha puntato l'attenzione agli appalti pubblici "verdi" per superare le barriere di mercato in specifici settori, tra i quali l'edilizia [1]. In Italia, ad oggi, i danni ambientali legati alla produzione incontrollata, al mancato recupero e riuso e allo smaltimento abusivo dei rifiuti da costruzione e demolizione (C&D), sono ancora consistenti. Nel 2013 sono stati prodotti 48 milioni di tonnellate di rifiuti

1. D.M. 11 ottobre 2017, Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici.

2. D.lgs. 56/2017, Disposizioni integrative e correttive al decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50.

3. Ispra, 2015.

TORNA ALL'INDICE

da C&D[3], provenienti per oltre il 90% da piccole demolizioni e costituiti per oltre l'80% da inerti misti.

L'incompletezza del rilevamento dei dati quantitativi, che attinge solo ai dati Mud escludendo i volumi gestiti in modo non tracciabile, comporta purtroppo l'inesattezza del valore complessivo. L'attuale tasso di recupero è, di conseguenza, difficilmente quantificabile: l'Ispra lo stima al 70%, in conformità ai criteri indicati dalla Commissione Europea [2], e l'Anpar[4] sottolinea l'inattendibilità del tasso calcolato solo in relazione ai rifiuti gestiti legalmente, non considerando la quantità derivante da smaltimento abusivo e da riutilizzo non dichiarato. Pertanto, l'obbligo di applicazione dei CAM all'interno delle gare d'appalto pubbliche, che mirano all'impiego di materiali riciclati e ad un sostanziale incremento del recupero dei rifiuti da C&D, potrà potenzialmente riattivare le filiere produttive del riciclo. I CAM prevedono, inoltre, l'obbligo di redazione di una verifica pre-demolizione, di un piano di demolizione nonché di un piano di gestione dei rifiuti di cantiere, oltre a prescrivere la demolizione e la raccolta differenziata dei rifiuti con l'obiettivo minimo del 70% di riciclo in ogni tipologia di intervento edilizio. Un consistente avvio al recupero dei rifiuti da C&D e all'uso di materiali riciclati diventano, così, obbligatori e strategici nell'aggiudicazione delle gare d'appalto pubbliche. In questa direzione sono diversi i vantaggi sulla filiera del recupero dei rifiuti inerti: oltre ad incrementare la domanda di inerti riciclati, l'implementazione dei CAM contribuirebbe a rendere l'offerta più qualificata, costringendo i produttori ad indicizzare i propri materiali e prodotti non solo con le indispensabili marcature CE, ma anche con un'ecoetichetta ambientale. In aggiunta a questo, una maggiore quantità di rifiuti dovrà essere differenziata e avviata a recupero, sottraendola così allo smaltimento illecito o al conferimento in discarica. Per quanto riguarda l'offerta, come citato anche negli obiettivi del *Green Public Procurement*, i CAM andranno progressivamente a stimolare l'innovazione tecnologica nella produzione dei materiali riciclati, spingendo anche allo sviluppo di manufatti prefabbricati in calcestruzzo con inerti riciclati, oggi ancora poco diffusi. I produttori potranno così vedere aprirsi davanti nuovi scenari di mercato, se sapranno qualificare la propria offerta sotto il profilo tecnico ed ambientale.

In questo contesto, è indispensabile formare gli operatori del settore edile ai principi dei CAM edilizia e delle loro ricadute. Ulteriori azioni strategiche dovranno essere applicate per favorire l'incontro tra domanda e offerta e l'incentivazione di materiali e manufatti conformi ai CAM, ampliando la filiera di produzione e distribuzione. Legambiente, il 4 novembre 2017, ha presentato il primo rapporto dell'Osservatorio *Recycle* [3] sul riciclo dei materiali edili mettendo in evidenza che ogni anno vengono prodotti quasi 45 milioni di tonnellate di rifiuti inerti tra calcinacci, mattoni, pezzi di vetro, sabbia, residui di cantieri edili e demolizioni prodotti in Italia. Oggi il 62,5% di quanto viene cavato in Italia è composto da inerti, e attualmente in Italia esistono almeno 15 000 cave usate e abbandonate, di cui oltre la metà sono ex cave di sabbia e ghiaia [4]. Una situazione destinata a crescere nel tempo, con forti ripercussioni sul paesaggio e sul territorio. Occorre, e si deve, cambiare marcia in tal senso, perseguendo i principi della *green economy* che produce ricerca e innovazione. Diversi Paesi europei hanno già intrapreso questa strada: in Olanda si recupera il 90% dei rifiuti inerti, in Belgio l'87%, in Germania l'86,3%. Il recupero dei rifiuti inerti nel nostro Paese sfiora il 10% [5]. Il riutilizzo di materiali riciclati da demolizione o da scarti di lavorazione può pertanto limitare l'estrazione di materie prime e la produzione di rifiuti, contribuendo così alla salvaguardia dell'intero patrimonio dei depositi naturali. In Italia, sebbene molto lentamente, si stanno diffondendo aziende e startup che guardano verso questa nuova frontiera, con notevoli risultati ed enormi margini di sviluppo, all'avanguardia sia a livello europeo che mondiale. L'edilizia sta dunque ampliando i propri confini rivolgendo la propria attenzione verso tutti quei prodotti che prima erano solo considerati elementi da discarica,

4. Associazione Nazionale Produttori Aggregati Riciclati.

I CAM introdotti con il decreto 11 ottobre 2017 risultano applicabili in edilizia nei differenti appalti pubblici, mediante l'uso di materiali e tecniche a ridotto impatto ambientale, durante tutto il ciclo di vita dell'opera, e differenziati secondo il seguente sistema di classificazione degli appalti pubblici:

- *Servizi di progettazione di edifici;*
- *Lavori generali di costruzione di edifici;*
- *Lavori di costruzioni di edifici multifunzionali;*
- *Lavori di costruzione di palazzi;*
- *Lavori di ristrutturazione.*

I CAM inoltre negli appalti pubblici presentano le cosiddette "specifiche tecniche premianti" che si differenziano in capacità tecnica dei progettisti (nel settore energetico-ambientale) e miglioramento prestazionale del progetto, con performance superiori a quelle previste dai CAM (quali ad esempio materiali rinnovabili, distanza di approvvigionamento, ecc.). Le specifiche tecniche premianti non sono obbligatorie, ma le stazioni appaltanti sono comunque invitate a utilizzare tali criteri come incentivo all'utilizzo di gara.

TORNA ALL'INDICE

come i rifiuti di demolizioni edili o di cantiere e gli scarti di derivazione alimentare. Da questi prodotti di scarto l'edilizia rinasce sotto una nuova forma, rappresentando un potenziale volano verso una ripresa del settore edile in Italia in crisi ormai da anni [6].

3. Prestazioni dei materiali da costruzione provenienti dal riciclo

L'obiettivo della ricerca è quello di mostrare la possibilità di utilizzare, come materiali da costruzione, prodotti derivanti da materia prima riciclata e confrontarne le prestazioni termiche con quelle dei materiali isolanti tradizionali. In particolare, il confronto delle caratteristiche termiche è stato effettuato calcolando la trasmittanza termica di una chiusura verticale tipo (Tab. 1) e di una chiusura orizzontale superiore tipo (Tab. 3). In ciascuna simulazione, eseguita con il software Termo®, la stratigrafia è rimasta invariata e l'unica modifica è stata applicata al materiale isolante utilizzato.

Materiale	Spessore [mm]
Interno	
Intonaco interno	20
Pannello isolante termoacustico	30
Laterizi forati tipo Poroton	250
Intonaco esterno	20
Esterno	

Tabella 1. Stratigrafia della chiusura verticale.

Materiale riciclato del pannello isolante	Trasmittanza termica U [W/m^{2}K]
Materiali tradizionali	0,751
Carta riciclata	0,618
Fibre di vetro	0,514
Fibre minerali da loppe d'altoforno	0,562
Argilla espansa	0,711
Fibra di cellulosa	0,598
Perlite espansa	0,621
Polistirolo espanso	0,584
Scorie espanse	0,721
Vermiculite espansa	0,657
Cloruro di polivinile espanso	0,530
Polietilene espanso	0,598
Polistirene espanso	0,520
Fibre di legno	0,756
Lana di legno	0,700
Trucioli di legno	0,745
Sughero espanso	0,549

Tabella 2. Valori di trasmittanza termica della chiusura verticale.

L'analisi dei dati ottenuti sulla chiusura verticale (Tab. 2) mostra che il minor valore si ottiene con l'utilizzo della fibra di vetro (U=0,514 W/m^{2}K) come materiale isolante. Il prodotto da riciclo che consente di ottenere la trasmittanza più bassa è costituito dalle fibre minerali da loppe d'altoforno (U=0,562 W/m^{2}K). L'utilizzo del sughero espanso come isolante (U=0,549 W/m^{2}K) consente di ottenere un valore di trasmittanza più basso rispetto all'utilizzo del polistirolo espanso (U=0,584 W/m^{2}K).

TORNA ALL'INDICE

Oltre alle migliori prestazioni energetiche è opportuno confrontare il differente impatto ambientale che i due prodotti genererebbero; il sughero è un materiale completamente naturale e riciclabile e la sua produzione ha un impatto inferiore rispetto il polistirolo.

I valori della trasmittanza termica della chiusura orizzontale superiore (Tab. 4), calcolati con l'impiego di pannelli isolanti termoacustici prodotti da materia prima seconda riciclata, sono in linea con i valori calcolati con materiali tradizionali.

Materiale	Spessore [mm]
Interno	
Travi in legno di abete	100 x 200
Perlinato	30
Pannello isolante termoacustico	30
Barriera al vapore	10
Coppi siciliani	-
Esterno	

Tabella 3. Stratigrafia della chiusura orizzontale superiore.

Il minor valore di trasmittanza è ottenuto utilizzando un isolante di fibra di vetro (U= 0,346 W/m²K) o il polistirene espanso (U= 0,349 W/m²K). L'utilizzo del sughero (U= 0,362 W/m²K) o della carta riciclata (U= 0,391 W/m²K) consentirebbe di mantenere dei livelli prestazionali simili a quelli sopradetti, con un impatto sulla produzione nettamente inferiore.

Questo mette in evidenza come i materiali riciclati, a livello prestazionale, possono essere equiparati a tutti gli effetti ai materiali tradizionali prodotti da materia prima, con il notevole risparmio di risorse naturali esauribili, energia utilizzata, rifiuti conferiti in discarica ed emissioni nocive.

Questi materiali hanno anche il vantaggio di essere ecosostenibili per l'ambiente, e al termine del loro ciclo di vita possono essere riciclati e completamente riutilizzati.

Materiale riciclato del pannello isolante	Trasmittanza termica U [W/m²K]
Materiali tradizionali	0,440
Carta riciclata	0,391
Fibre di vetro	0,346
Fibre minerali da loppe d'altoforno	0,367
Argilla espansa	0,426
Fibra di cellulosa	0,383
Perlite espansa	0,392
Polistirolo espanso	0,377
Scorie espanse	0,430
Vermiculite espansa	0,406
Cloruro di polivinile espanso	0,354
Polietilene espanso	0,383
Polistirene espanso	0,349
Fibre di legno	0,442
Lana di legno	0,422
Trucioli di legno	0,438
Sughero espanso	0,362

Tabella 4. Valori di Trasmittanza termica della chiusura orizzontale superiore.

TORNA ALL'INDICE

4. Applicazione dei principi dell'economia circolare

La ricerca effettuata sull'uso, come materiali edili da costruzione, di prodotti da materia prima seconda riciclata mostra come sia possibile e doveroso utilizzare questi prodotti di scarto. Nell'ambito di questa ricerca è stato realizzato il prototipo di un pannello ecologico, naturale, riciclabile, che utilizza un materiale di scarto alimentare, per l'appunto le scorze di agrumi, da utilizzare nel settore edile come un pannello isolante termoacustico applicabile sia sulle chiusure verticali che sulle chiusure orizzontali. Da un'attenta analisi sul territorio locale, l'attenzione è infatti ricaduta sugli agrumi, abbondantemente diffusi sul territorio siciliano e meridionale d'Italia, pertanto facilmente reperibili senza necessità di importazione con conseguente spreco di energia e risorse economiche.

Da un'analisi comparativa con le varie caratteristiche dei diversi materiali da costruzione riciclati, è stato notato che gli agrumi posseggono proprietà a loro analoghe, pertanto non è da escludere che un pannello isolante prodotto dagli scarti degli agrumi, in modo particolare dalla scorza essiccata, possa avere caratteristiche termoigrometriche e di isolamento acustico analoghe a quella di uno stesso pannello isolante realizzato con materiali tradizionali. Il prototipo di pannello è stato realizzato nel mese di dicembre 2018 e ad oggi (luglio 2019) si presenta stabile e inalterato nel tempo, senza alcun segno di deterioramento o ammaloramento. Un campione del prototipo di pannello è stato sottoposto inoltre a verifica di resistenza a fuoco per avvalorare la tesi imputata; il campione, posto a contatto diretto con una fiamma a differenti intervalli di tempo crescenti, si mostra in forma, composizione e compattezza simile allo stato iniziale, ad eccezion fatta per la superficie

Fig. 1. Scorze di agrumi prima dell'essiccazione

Fig. 2. Fasi dell'essiccazione controllata in forno delle scorze di agrumi

Fig. 3. Fasi della frantumazione delle scorze essiccate di agrumi

TORNA ALL'INDICE

Fig. 4. Fasi di assemblaggio delle scorze essiccate e frantumate con la colla d'amido

Fig. 5. Fasi della pressatura e inizio del periodo di asciugatura

leggermente annerita.

I materiali utilizzati per la realizzazione del pannello isolante sono dunque le scorze essiccate degli agrumi e una colla a base d'amido in pasta, totalmente naturale ed ecologica, che non prevede nella sua formulazione l'uso di sostanze chimiche inquinanti. Di seguito verrà descritta la procedura domestica di realizzazione del prototipo di pannello isolante, ma gli autori si riserveranno in seconda fase di realizzare più campioni del prototipo con una procedura sperimentale di laboratorio monitorata scientificamente.

La prima fase per la realizzazione del pannello è quella del reperimento degli scarti di preparazione dei prodotti (Fig. 1). Le scorze raccolte sono state essiccate in forno ad una temperatura costante di 150°C per un'ora (Fig. 2).

Ottenute le scorze essiccate da tale processo controllato, la fase successiva è stata quella della frantumazione, attuata riducendo in scaglie le scorze fino ad ottenere grandezza dei granuli di circa 1 cm (Fig. 3).

Per la successiva fase di preparazione è stato predisposto uno stampo di adeguate dimensioni per formare un pannello di dimensioni 200 x 300 x 20 mm. Le scorze frantumate sono state mescolate con la colla d'amido in pasta, con una percentuale di utilizzo di colla di circa il 20% del peso delle scorze essiccate. All'ottenimento di una "consistenza solidale" delle scorze, esse sono state poste all'interno dello stampo precedentemente preparato (Fig.4).

L'ultima fase di lavorazione è costituita nella pressatura del pannello (Fig. 5): questa procedura è fondamentale per dare compattezza e resistenza al prodotto finale. Prima di estrarre il pannello dallo stampo, esso è stato sottoposto ad essiccazione per sette giorni all'aria aperta. Infine, si è proceduto con la sformatura.

Essendo una procedura domestica e non standardizzata non è stato possibile eseguire prove sperimentali di laboratorio per determinarne le caratteristiche meccaniche e termoigrometriche del pannello, pertanto gli autori non possono fornire in questa fase dei parametri numerici, ma, come già specificato, si riserveranno in seconda fase di realizzare più campioni del prototipo con una procedura sperimentale di laboratorio monitorata scientificamente.

TORNA ALL'INDICE

5. Conclusioni

Con il passare degli anni, in seguito all'aumento dei rifiuti, all'estrazione incontrollata di materia prima proveniente da cave naturali, ai fenomeni di inquinamento del territorio e alla crisi generale del settore edile, si è resa necessaria la transizione da un modello di economia lineare ad un modello di tipo circolare. Quest'ultimo coglie ogni opportunità di limitare l'apporto di materia ed energia in ingresso e di minimizzare scarti e perdite nella considerazione di tutte le fasi, dalla progettazione, produzione, consumo, fino alla dismissione. L'economia circolare è dunque un sistema economico pianificato per riutilizzare i materiali in successivi cicli produttivi, riducendo al massimo gli sprechi. Adottare un approccio circolare significa pertanto rivedere tutte le fasi della produzione e prestare attenzione all'intera filiera coinvolta nel ciclo produttivo.

Un esempio di buona pratica è lo Juventus Stadium, per il quale si sono recuperati i materiali dalla demolizione del vecchio stadio Delle Alpi. Circa 40000 m^3 di calcestruzzo sono stati utilizzati, dopo la frantumazione, per realizzare il sottofondo del nuovo stadio, a cui si sono aggiunte 5000 tonnellate di acciaio, 2000 m^2 di vetro e 300 tonnellate di alluminio. Il tutto ha portato anche un notevole risparmio economico stimato in circa 2 milioni di euro.

È stato dimostrato da accurati studi nel settore che i materiali da costruzione prodotti da materia prima riciclata posseggono caratteristiche paragonabili ai materiali di prima estrazione, avendo come ulteriore vantaggio anche il fatto di essere ecosostenibili per l'ambiente, riciclabili e riutilizzabili al 100% al termine della loro vita utile. Questi materiali consentono di ottenere ulteriori vantaggi come la riduzione di rifiuti da conferire in discarica e di emissioni nocive in ambiente, nonché il risparmio di risorse naturali esauribili e di energia utilizzata. Diversi sono i materiali che vengono riciclati, come i laterizi, il calcestruzzo, l'acciaio, il legno, la plastica, gli pneumatici fuori uso, le fibre vegetali e persino gli scarti della produzione alimentare. Proprio dal *concept* di questo questo settore è nata l'idea di realizzare un pannello isolante termoacustico innovativo, ecologico, naturale e riciclabile, prodotto dallo scarto della filiera produttiva degli agrumi, per l'appunto le scorze essiccate. Il prototipo realizzato sarà ancora oggetto di studio e sperimentazione in laboratorio al fine di valutarne le caratteristiche prestazionali e confrontarle con quelle degli altri prodotti attualmente in commercio. Attraverso l'applicazione dei principi propri dell'economia circolare diventa oggi possibile guardare in modo nuovo al rilancio del settore edile.

Bibliografia

1. Ficco P (2018) Manuale operativo per gli Appalti Verdi – Gpp in Edilizia, Edizioni A. Milano
2. Ispra (2015) Rapporto rifiuti 2014
3. Legambiente R dell'Osservatorio R- (2016) 100 Materiali per una nuova edilizia
4. Cellura L, Cellura T (2018) Il nuovo manuale dei Criteri Minimi Ambientali in Edilizia. Santarcangelo di Romagna
5. Legambiente (2017) L'economia circolare nel settore delle costruzioni, Rapporto dell'Osservatorio Recycle
6. Cellura T (2018) L'applicazione dei criteri ambientali minimi negli appalti pubblici. Santarcangelo di Romagna