

"GIÀ CHIAMANO IN AIUTO LA CHIMICA..."

Il restauro da bottega
a laboratorio scientifico e
pratica di cantiere

Restoration from *bottega*
to scientific laboratory
and site practice

a cura di

Susanna Caccia Gherardini
Emanuela Ferretti
Cecilia Frosinini
Mariacristina Giambruno
Marco Pretelli



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

RA | restauro archeologico

Conoscenza, conservazione e valorizzazione
del patrimonio architettonico
Rivista del Dipartimento di Architettura
dell'Università degli Studi di Firenze

Knowledge, preservation and enhancement
of architectural heritage
Journal of the Department of Architecture
University of Florence

Anno XXXI special issue numero 1/2023
Registrazione Tribunale di Firenze
n. 5313 del 15.12.2003

ISSN 1724-9686 (print)
ISSN 2465-2377 (online)

Director
Giuseppe De Luca
Università degli Studi di Firenze

Editors in Chief
Susanna Caccia Gherardini,
Maurizio De Vita
Università degli Studi di Firenze

Guest Editors
Susanna Caccia Gherardini
Università degli Studi di Firenze

Emanuela Ferretti
Università degli Studi di Firenze

Cecilia Frosinini
Opificio delle Pietre Dure

Mariacristina Giambruno
Politecnico di Milano

Marco Pretelli
Alma Mater Studiorum Università di Bologna

INTERNATIONAL SCIENTIFIC BOARD
Hélène Dessales, Benjamin Mouton, Carlo Olmo,
Zhang Peng, Andrea Pessina, Guido Vannini

EDITORIAL BOARD
Andrea Arrighetti, Sara Di Resta, Junmei Du,
Annamaria Ducci, Maria Grazia Ercolino, Rita
Fabbri, Gioia Marino, Pietro Matracchi, Emanuele
Morezzi, Federica Ottoni, Andrea Pane, Rosario
Scaduto, Raffaella Simonelli, Andrea Ugolini, Maria
Vitiello

EDITORIAL STAFF
Paola Bordoni, Giorgio Ghelfi, Francesca Giusti,
Pierpaolo Lagani, Francesco Pisani, Adele Rossi

" GIÀ CHIAMANO IN AIUTO LA CHIMICA..."

Il restauro da bottega
a laboratorio scientifico e
pratica di cantiere

Restoration from *bottega*
to scientific laboratory
and site practice

15 - 16.12.2023, FIRENZE

INTERNATIONAL
CONFERENCE

COMITATO SCIENTIFICO INTERNAZIONALE International Scientific Committee

Gianluca Belli
Università degli Studi di Firenze

Debora Berti
Università degli Studi di Firenze

Francesca Bewer
Harvard Art Museums

Marco Biffi
Università degli Studi di Firenze

Susanna Caccia Gherardini
Università degli Studi di Firenze

Emanuela Daffra
Opificio delle Pietre Dure

Emanuela Ferretti
Università degli Studi di Firenze

Cecilia Frosinini
Opificio delle Pietre Dure

Mariacristina Giambruno
Politecnico di Milano

Alessandra Marino
Istituto Centrale per il Restauro

Annunziata Maria Oteri
Politecnico di Milano

Federica Ottoni
Università degli Studi di Parma

Irma Passeri
Yale University Art Gallery

Emanuele Pellegrini
IMT Alti Studi di Lucca

Marco Pretelli
Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

Renata Picone
Università degli Studi di Napoli - Federico II

Emanuele Romeo
Politecnico di Torino

Eike Schmidt
Gallerie degli Uffizi

Arianna Spinosa
Parco Archeologico di Pompei

Emanuele Zamperini
Università degli Studi di Firenze

COMITATO ORGANIZZATIVO Organising Committee

Università degli Studi di Firenze

Paola Bordoni
Maddalena Branchi
Giorgio Ghelfi
Francesca Giusti
Pierpaolo Lagani
Francesco Pisani
Adele Rossi

Gli autori sono a disposizione di quanti, non rintracciati, avessero legalmente diritto alla corresponsione di eventuali diritti di pubblicazione, facendo salvo il carattere unicamente scientifico di questo studio e la sua destinazione non a fine di lucro.

Copyright: © The Author(s) 2023

This is an open access journal distributed under the Creative Commons
Attribution-ShareAlike 4.0 International License
(CC BY-SA 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>).

cover design

●●● didacommunicationlab

DIDA Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Firenze
via della Mattonaia, 8
50121 Firenze, Italy

published by

Firenze University Press

Università degli Studi di Firenze
Firenze University Press
Via Cittadella, 7 - 50144 Firenze, Italy
www.fupress.com

Cover photo

Louis Jules Duboscq-Soleil, *Naturalista al lavoro con alambicchi, una candela, un piccolo scheletro all'interno di una campana di vetro e un teschio* (1854 ca.), dagherrotipia/ fotografia stereoscopica.

© Archivi Alinari, Firenze



Stampato su carta di pura cellulosa Fedrigoni



L'architetto restauratore e l'esperto dei materiali. Esperienze didattiche come occasione di riflessione su interazioni, competenze e ruoli

Sara Goidanich | sara.goidanich@polimi.it

Politecnico di Milano, Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta"

Lucia Toniolo | lucia.toniolo@polimi.it

Politecnico di Milano, Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta"

Abstract

The joint teaching experience in the Architecture MSc courses, focusing on the reuse and functionalization of built heritage in historic context, constitute an important occasion to reflect about the relationship between architect restorers and material experts. The topic of interdisciplinary teaching and proposed contents is currently under discussion on the international scene. The integration of the disciplines related to the project with STEM disciplines, is a rather new argument. The Italian academic scientific sector "Material Science and technology" looks at the materials' behaviour under different stresses and the interaction with the environment. Interdisciplinary knowledge should find a synthesis in the questions of the conservation and reuse project. The experience of a MSc level course at Politecnico di Milano, is described and discussed as a paradigm of a fruitful and innovative collaboration able to train good and aware professionals for the intervention in historical contexts.

Keywords

Interdisciplinarity, team-teaching, material science, chemistry, conservation and reuse.

1. Introduzione

1.1. La necessità dell'approccio interdisciplinare nel progetto di conoscenza e conservazione.

L'approccio "interdisciplinare" utilizzato nelle discipline di progetto sia in ambito ingegneristico che in architettura e design, è ormai una metodologia che ha passato un lungo iter di prova ultra decennale e ha suscitato un ampio dibattito, sia a livello nazionale che internazionale. La distinzione tra "interdisciplinare" e "multidisciplinare", tuttavia, rimane un tema fondamentale, ancora aperto. Il contributo che proponiamo, nasce da lunghi anni di esperienza e intende proporre proprio una riflessione sulla possibilità di un insegnamento "interdisciplinare" nei corsi e laboratori del settore del restauro, disciplina di per sé complessa e dai molti risvolti culturali, scientifici e applicativi per la quale la sintesi è un equilibrio difficile da raggiungere e in continua evoluzione. Quanto si integrino tra di loro discipline diverse quali quelle di progetto e discipline dell'ambito "STEM" (Science/Technology/Engineering/Mathematics) è una questione sulla quale vale ancora la pena di riflettere. È assolutamente comune in ambito accademico proporre e osservare un approccio "multidisciplinare" in cui l'insegnamento di contenuti diversi che fanno riferimento ad ambiti disciplinari diversi, viene proposto in parallelo, rafforzando le skills, le abilità degli allievi, e proponendo qualche caso studio in cui vi è evidenza della necessità di alcune conoscenze o attività diagnostiche (per esempio) che si basano su discipline diverse, come momento di confronto e sintesi. Tuttavia, crediamo che l'approccio interdisciplinare all'insegnamento vada de-

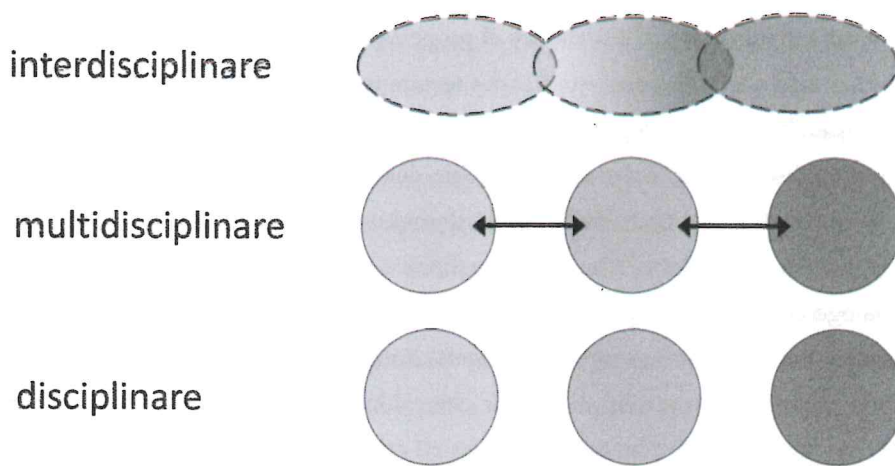


Fig. 1 Rappresentazione schematica del sapere interdisciplinare vs multidisciplinare vs disciplinare (adattamento da Philip C McCarty su ResearchGate, 2016)

cisamente al di là di questa “buona pratica” e debba permettere agli studenti di affrontare i problemi da diverse prospettive con competenze adeguate, imparando a lavorare in gruppi (team) con professionalità diverse, individuando proprio come obiettivo finale quello di fare sintesi nel progetto (Fig. 1) e, in ultima analisi, quello di acquisire un modo di pensare, di lavorare sulle idee e di approfondire i problemi, del tutto nuovo, non disciplinare¹. Troppo spesso, a nostro avviso, la somma dei crediti di un corso, anche nelle lauree magistrali, è realizzata da contributi piuttosto indipendenti tra loro con obiettivi che gli studenti possono raggiungere “separatamente”, senza cioè un vero team docente interdisciplinare. Per la struttura accademica italiana e i vincoli posti dalle classi di laurea e dal valore legale del titolo di studio, realizzare corsi con integrazioni di settori distanti tra loro e appartenenti a domini/scuole diverse è molto difficile se non rischioso.

A livello internazionale il dibattito sulle tecniche dell’insegnamento interdisciplinare, “team-teaching”, è vivo e fortemente sollecitato anche in questi ultimi anni in cui le classi e gli insegnamenti virtuali si sono moltiplicati a dismisura; molti contenuti di altre discipline (tipicamente quelle affini) possono essere acquisiti dagli studenti attraverso forme di didattica alternativa, quali MOOC o corsi a distanza e pacchetti di attività seminariali. Ma che cos’è dunque che spesso manca e/o compromette un buon esito del progetto e, in definitiva, un buon esito formativo? Partendo da queste considerazioni e sulla base di un esame della letteratura recente che guarda a questi temi, abbiamo pensato di offrire una riflessione sulla nostra esperienza didattica, basandoci cioè sugli anni di docenza e ricerca nell’ambito del restauro, condivisi con alcuni colleghi delle discipline del restauro.

1.2 Scienza e tecnologia dei materiali, un ambito disciplinare complesso e diversificato

Ci rifacciamo a Scamozzi “È necessario, (come dice anco Vitruvio,) che l’Architetto sappia la generatione, e natura, e mistione in genere, et in specie, e la temperatura più, e meno delle materie, e massime delle principali, e più atte alla costruzione de gli edifici: e vadi filosofando per conoscer, e saper le cause delle loro qualità, e effetti...”². È un punto di vista ancora attualissimo: da chimici di formazione, possiamo dire che limitare il dialogo interdisciplinare ad un dialogo tra architetti e “chimici” è del tutto fuorviante. La materia della fabbrica è da leggere nelle sue differenti proprietà, nei diversi aspetti, chimici, fisici e meccanici, microbiologici e biologici,

con un'attenzione sempre più focalizzata sulle soluzioni tecnologiche, che stanno trasformando il mondo e anche il mondo del restauro. Per contribuire in modo attivo e paritetico al progetto è necessario essere portatori di una conoscenza molto sfaccettata, indirizzata a fare diagnosi e indicare e testare terapie, con una prospettiva temporale nuova, e un'attenzione alla sostenibilità delle proposte.

La declaratoria del settore scientifico disciplinare "Scienza e tecnologia dei materiali" (ING/IND22)³, offre una solida prospettiva all'esperienza di didattica e ricerca nelle scuole di architettura; l'insieme dei contenuti del settore scientifico disciplinare si possono considerare chiave per realizzare una formazione interdisciplinare e consentono di sviluppare un dialogo continuo con i progettisti. Si può infatti leggere con chiarezza "...sono in esso incluse le competenze connesse con struttura e proprietà, progettazione, processi di produzione e trasformazione, impiego, analisi, caratterizzazione e controllo di qualità, corrosione e degrado, conservazione, ripristino e riciclo di materiali e loro assemblaggi o combinazioni...". Per gli scienziati dei materiali, è il comportamento dei materiali (metallici, ceramici, polimerici e compositi) che è centrale, il comportamento verso le sollecitazioni, fisiche, chimiche e meccaniche; il comportamento in funzione dell'ambiente circostante; il comportamento nel tempo; lo sviluppo di un modello di comportamento che permetta di fare previsioni attendibili. Conoscere i materiali da costruzione nelle loro proprietà e nella loro evoluzione nel tempo, è di per sé un'attività interdisciplinare che richiede una integrazione di diversi saperi scientifici e tecnici, e la collaborazione di esperti diversi: lo studio del comportamento dei materiali è un'attività complessa, e i materiali inseriti o utilizzati in strutture come gli edifici, rappresentano un grado di complessità ulteriore. Tra scienziati impegnati nell'ambito del patrimonio culturale, c'è piena consapevolezza dei confini tra scienze chimiche e scienza dei materiali, due ambiti scientifici che si intrecciano e scambiano saperi per lo sviluppo. Vorremmo dire che sono saperi fondamentali volti a trovare applicazione e soluzioni per una miriade di necessità del vivere, dalla salute ai trasporti, al costruire, al conservare.

Da chimiche di formazione e poi docenti di scienza e tecnologia dei materiali, possiamo dire qualcosa anche della lunga esperienza di relazione tra gli architetti restauratori e la "chimica", come si sa scienza di cui la pratica del restauro non può fare a meno. Con crescente consapevolezza, dal secondo dopoguerra, la chimica, la chimico-fisica e la spettroscopia hanno fornito strumenti alla pratica diagnostica, alla conoscenza dei materiali e del loro stato di conservazione, allo sviluppo di trattamenti conservativi e metodi di conservazione, hanno cioè supportato l'agire diretto sui materiali, che è complemento di quella teoria del restauro che si fa pratica nel progetto di conservazione. Alla fine, bisogna sporcarsi le mani e come spesso diciamo agli studenti, nessun professionista del settore ha la bacchetta magica. Tuttavia, si deve osservare che le discipline "chimiche" (rappresentate dal settore disciplinare "Chimica dell'ambiente e dei beni culturali" (CHIM12) sono per lo più volte al dialogo con curatori e conservatori museali per i manufatti mobili, e raramente a insegnamenti e ricerca nelle scuole di architettura.

In tutti i casi, tra architetti restauratori e "chimici" o scienziati dei materiali non si tratta di una relazione facile, innanzitutto perché si parlano ancora oggi linguaggi molto distanti, soprattutto con chi si occupa di progetto per il costruito storico; inoltre, ogni sapere ritenuto "ancillare" e non fondamentale non potrà dare un contributo significativo. Quando si riesce a discutere sulle metodologie e sulle tecnologie da utilizzare, e questa discussione indirizza le scelte e le fasi del progetto, allora si realizza un lavoro di livello; quando il progetto diagnostico e i

suoi risultati sono una base solida da cui partire e non un pezzo di carta da chiudere in un cassetto, allora si comincia a parlare la stessa lingua e il "team" può dirsi davvero interdisciplinare. Le conoscenze passano da un dominio all'altro, si diviene capaci di innovazione, e dal singolo caso studio si può trarre beneficio ed esperienza significativa. A nostro avviso, nel concreto della professione e dell'insegnamento nelle scuole di architettura, questo atteggiamento e questa collaborazione è ancora lontana dall'essere pienamente realizzata e compresa.

2. L'esperienza di docenza in corsi integrati al Politecnico di Milano

L'esperienza di docenza interdisciplinare nei laboratori di restauro ha una tradizione ultra ventennale, in Italia. Le discipline sono diversamente integrate in laboratori di restauro o laboratori che hanno come focus l'ambiente costruito, e consentono di portare gli allievi alla definizione di progetti avanzati su temi complessi, che in molti casi diventano tesi di laurea. Questa pratica è realizzata sia per la progettazione del nuovo che per la progettazione e riuso sul patrimonio costruito, in presenza di vincoli di natura diversa. Tuttavia il mix di discipline affini/integrative è molto variabile e solo in casi sporadici comprende "chimica" o "materiali", e tende invece ad essere un mix di discipline ICAR. Da questo punto di vista, possiamo quindi dire di aver costruito in circa vent'anni un'esperienza abbastanza unica di collaborazione nella scuola di architettura del Politecnico di Milano come docenti strutturati di una disciplina affine⁴.

Per corroborare il ragionamento esposto nell'introduzione, vogliamo qui riportare l'esperienza del tutto innovativa fatta negli ultimi nove anni, di un corso integrato paritetico di restauro e scienza dei materiali (ICAR19 - ING/IND22) offerto alla laurea magistrale, sia in lingua italiana che inglese. L'insegnamento è stato concepito a partire dall'esperienza nei corsi laboratoriali, ma ha un intento diverso: sperimentare l'interdisciplinarietà sul piano dei contenuti e fornire agli allievi il necessario bagaglio di conoscenze teoriche per affrontare consapevolmente il progetto per il patrimonio costruito in contesti storici stratificati e riflettere sul rapporto antico-nuovo, da due punti di vista diversi ma complementari. Tale rapporto si manifesta anche attraverso le scelte di intervento sugli elementi architettonici esistenti, e di utilizzo di materiali per l'architettura contemporanea.

I moduli di 'Teoria del restauro' e 'Materiali per l'architettura' compongono il corso integrato ma si intrecciano sia nella sequenza delle lezioni frontali che nelle esercitazioni proposte. Da questo punto di vista, riconosciamo alla prof.ssa Mariacristina Giambruno l'idea innovativa di proporre ai ragazzi delle "keywords" intorno alle quali lavorare fin dall'inizio insieme, le stesse per i due moduli. Si tratta di parole chiave che devono guidare le scelte progettuali, sia quelle relative alla conservazione del costruito che quelle volte al progetto di nuove strutture per l'adeguamento funzionale.

Le parole chiave, "riconoscibilità", "compatibilità/non-invasività", "reversibilità", "durabilità/sostenibilità", sono quindi la trama del corso interdisciplinare (Figg. 2-3): teoria ed esempi di casi studio analizzati e illustrati ai ragazzi, incluse visite in loco, intendono fornire agli studenti un quadro delle problematiche più importanti di fronte alle quali inevitabilmente si trova il progettista restauratore.

Dal nostro punto di vista, il problema principale è che il livello di conoscenze di base di scienza dei materiali degli studenti che sono iscritti al primo anno della laurea Magistrale è decisamente eterogeneo, ed è necessario prevedere una sorta di "azzeramento" sulla natura dei materiali dell'architettura tradizionale e moderna. Gli studenti si confrontano anche con esercitazioni ex-tempore in cui si propone loro di stendere un meta-progetto, un concept su un caso studio di un edificio o complesso di edifici, in un arco di tempo di circa 6 ore. Questo

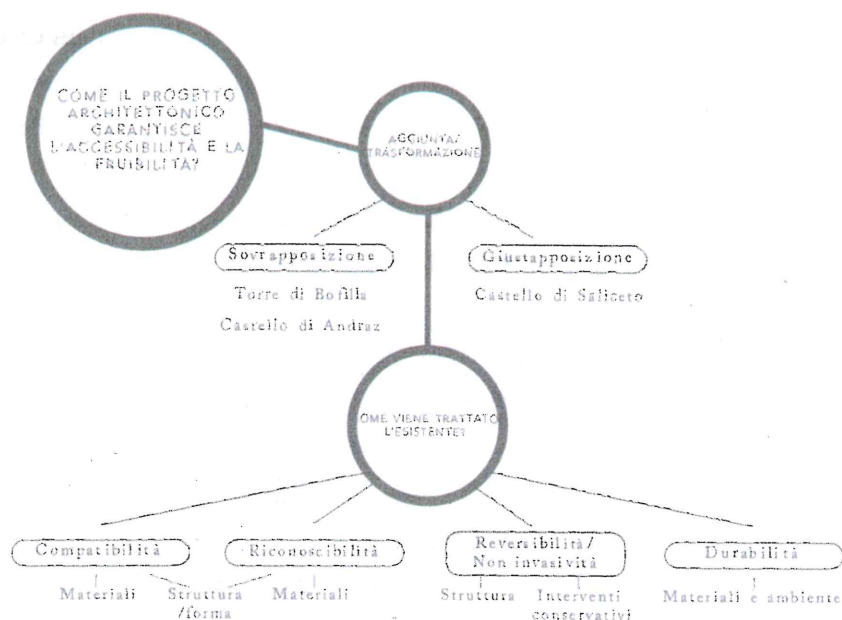


Fig. 2 Esempio di schema logico interdisciplinare per l'analisi di casi studio che propongono rifunzionalizzazione di edifici storici e nuova accessibilità.

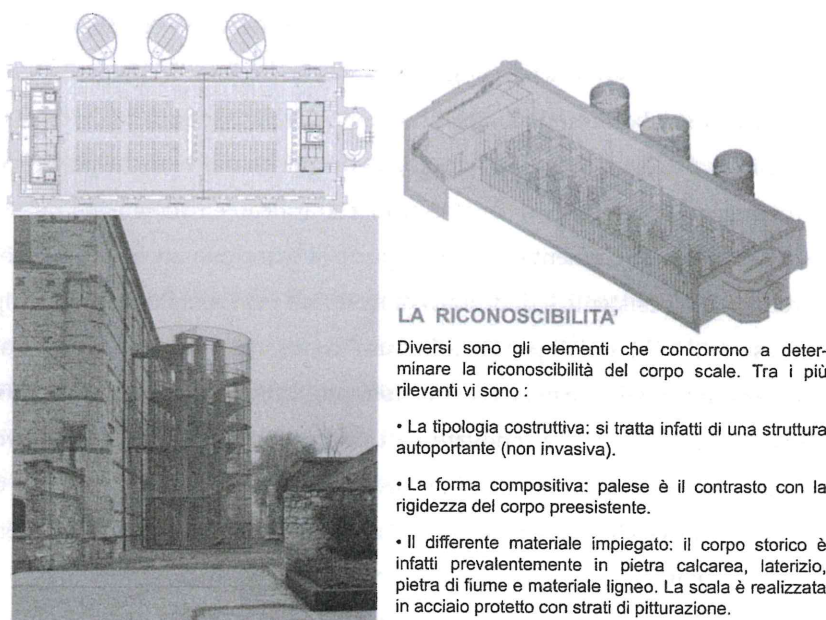


Fig. 3 Esempio di analisi di intervento attraverso le parole chiave: Complesso di Santa Marta, Verona, Silos di ponente, Intervento arch. Massimo Carmassi, 2014.

elaborato deve integrare gli aspetti delle scelte progettuali e di restauro con le scelte dei materiali e dei metodi di conservazione; gli studenti, in team, devono mostrare quali aspetti sono rilevanti o critici, quali sono le domande urgenti, quali le possibili risposte o soluzioni. Ciascun elaborato viene poi presentato e discusso in classe. Come si può capire l'esperienza è sfidante sia per il team docente che per gli studenti: innanzitutto, è necessario che gli studenti percepiscano chiaramente il carattere interdisciplinare della proposta formativa; per questa ragione i moduli devono integrarsi il più possibile, sul terreno dei casi studio proposti e commentati insieme, sulla discussione in aula, sulla capacità di descrivere la reale complessità delle scelte che il progettista deve compiere.

Lo studente deve riuscire a fare sintesi dei contenuti proposti e mostrare di aver appreso gli strumenti per una lettura critica di progetti e casi studio da riproporre nel colloquio orale finale con i docenti.

3. Conclusioni

Facile dire che l'esperienza didattica è un importante mezzo di conoscenza per gli stessi docenti, insegnando si impara. In questo caso, la riflessione proposta intende mettere l'accento sulla necessità ancora viva di intraprendere un percorso di dialogo tra architetti restauratori ed esperti dei materiali da costruzione, e delle metodologie di restauro. Dal punto di vista dei materiali c'è molto da imparare per la continua evoluzione e il processo di innovazione delle tecniche, bisogna adeguare metodi e linguaggio, e saperli proporre in modo efficace agli interlocutori del progetto. Sul piano delle scelte progettuali, la mentalità dello scienziato deve assorbire e masticare di più il punto di vista dell'architetto per uscire da certi schematici tecnicismi, ed offrire soluzioni più praticabili. La convinzione, che esce rafforzata dall'esperienza didattica, e dalla dimensione della ricerca⁵, è che di questo dialogo, di questa relazione forte, ci sia un enorme bisogno al di là della mancanza di un quadro normativo chiaro, o delle opportunità accademiche. Nella pratica professionale sembra che il ruolo principale che l'esperto dei materiali possa giocare sia nell'ambito del progetto di diagnostica, cioè nella conoscenza del bene e del suo stato di conservazione attuale. Tuttavia questa lettura è e si mostrerà sempre più inadeguata a realizzare progetti di riuso di qualità e gestire il rapporto antico-nuovo. Oggi è necessario, a nostro avviso, sviluppare centri di competenza interdisciplinari per la messa a punto di nuovi materiali e tecnologie per la conservazione e l'adeguamento funzionale. L'università deve ed è in grado di raccogliere questa sfida innovativa, con un occhio attento alla sostenibilità ambientale e al miglioramento della durabilità di materiali e trattamenti.

¹ Tale discussione è presente in due recenti contributi sul dibattito internazionale a proposito dell'approccio interdisciplinare all'insegnamento universitario.

GONZÁLEZ-CARRASCO, M. et al. The development of professional competences using the interdisciplinary project approach with university students. *Journal of Technology and Science Education*, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 121-134, June 2016. ISSN 2013-6374. doi:<http://dx.doi.org/10.3926/jotse.196>

KEELEY, M.; BENTON-SHORT, L. Holding Complexity: Lessons from Team-Teaching an Interdisciplinary Collegiate Course on Urban Sustainability. *Soc. Sci.* 2020, 9, 76. <https://doi.org/10.3390/socsci9050076>

² VINCENZO SCAMOZZI *Dell'idea dell'architettura universale*, Venezia 1615, parte seconda, libro settimo, capitolo primo. Vicenza, Centro Internazionale di Studi Andrea Palladio, 1997 <https://letteraturaartistica.blogspot.com/2015/02/vincenzo-scamozzi.html>

³ La declaratoria del SSD ING/IND22 è reperibile al link: <https://cercauniversita.cineca.it/php5/settori/elenco.php?gruppo=ING-IND#ING-IND/22>.

⁴ L'esperienza maturata come docenti strutturati della scuola di Architettura del Politecnico di Milano è testimoniata dalla lunga collaborazione di insegnamento e ricerca che abbiamo iniziato, sviluppato e mantenuto per volere di due protagonisti e maestri, Maurizio Boriani e Pietro Pedferri, che hanno saputo dialogare tra loro in modo efficace, e ci hanno lasciato un'eredità cospicua di apertura culturale.

BORIANI, M., TONIOLO, L., GIAMBRUNO, M. C., BATTISTELLI, A., PARADISI, A., & SIMONELLI, R. "Il "restauro" dei restauri nell'edilizia storica diffusa: un serio problema di compatibilità di materiali." *Restaurare i restauri. Metodi, Compatibilità, Cantieri. Atti del Convegno di Studi*, Bressanone, 24-27 giugno 2008. ARCADIA RICERCHE, 2008. 121-129.

TONIOLO L., BORIANI M., & GUIDI G. (Eds.) *Built heritage: monitoring conservation management*. Cham: Springer International Publishing. (2015). ISBN978-3-319-08532-6 ISBN978-3-319-08533-3 (eBook).

⁵ Il corso integrato ha permesso di dare spazio a post-doc e collaboratori delle due discipline, e di sviluppare argomenti e ricerche a carattere interdisciplinare con ottimi esiti e una produzione recente che testimonia la solida esperienza maturata.

GULOTTA D., TONIOLO L. "Conservation of the built heritage: pilot site approach to design a sustainable process." *Heritage* 2.1 (2019): 797-812.

PELLICANO, R., NISTICO, G., TONIOLO, L., GIAMBRUNO, M. C., & GOIDANICH, S. Patinated stainless steel in the conservation works of built heritage | Acciaio inossidabile patinato nei progetti di conservazione del patrimonio costruito. *La Metallurgia Italiana*, 114(2), (2022): 69-72.

GULOTTA D., TONIOLO L. "Preliminary Investigations, Condition Assessment, and Mapping of the Deterioration Patterns." *Conserving Stone Heritage: Traditional and Innovative Materials and Techniques* (2022): 1-36.