

Marta Calzolari<sup>1</sup>, Pietromaria Davoli<sup>2</sup>, Luisa Dias Pereira<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Parma, Italia

<sup>2</sup> Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara, Italia

marta.calzolari@unife.it

pietromaria.davoli@unife.it

dsplmr@unife.it

**Abstract.** La crescente complessità del processo edilizio, pressato da sfide relative alla sicurezza, ai cambiamenti climatici e alla riduzione dei consumi, impone di saper gestire sempre più numerose competenze prima allocate esclusivamente ad altre figure specialistiche. È necessario, dunque, instaurare un dialogo basato su *collaborative design* evoluti, che portino a un incremento dell'adeguatezza della risposta progettuale. La ricerca HeLLO MSCA IF Horizon2020 esemplifica come la leadership di natura tecnologica abbia controllato obiettivi ed esiti finali di uno studio sperimentale fortemente interdisciplinare. In relazione alle priorità dell'UE, la ricerca ha creato un'ibridazione fra progettazione ambientale, conservazione, verifica fisico-tecnica e disseminazione dei risultati del progetto.

**Parole chiave:** Ibridazione saperi e metodi; Ricerca interdisciplinare; Sperimentazione in architettura; Competenze regia architetto; *Historic heritage retrofit*.

## L'inderogabilità dell'approccio olistico e interdisciplinare del progetto di Architettura

L'area della Tecnologia dell'Architettura sostiene da sempre la visione di una figura di progettista come "coordinatore di competenze" con una *vision*

complessiva frutto di una formazione sia nelle scienze umanistiche, con preparazione sugli aspetti socio-culturali, sia più tecnico-scientifica e legata perciò maggiormente alle scienze esatte, con preparazione su aspetti normativi, procedurali, progettuali, esecutivi, di controllo ambientale e sismico-strutturale, finanche di efficienza del sistema involucro-impianto.

La crescente complessità delle dinamiche del processo edilizio, costantemente pressato da sfide relative alla sicurezza, ai cambiamenti climatici – mitigazione, adattamento, resilienza (Antonini and Tucci, 2017) – e alla riduzione del consumo di risorse e di emissioni (Tavares *et al.*, 2019), rende oggi ancor più evidente la consapevolezza di dover acquisire (e quindi saper conoscere

e gestire) sempre più numerose nicchie di sapere prima allocate esclusivamente ad altre figure specialistiche.

Uno dei primi settori su cui si è sperimentata questa necessità è quello del consolidamento sismico, dove le normative derivano da un ampio percorso di verifica e sedimentazione sul campo. Tali metodiche mostrano ormai conoscenze e abilità mature nell'approccio al sistema edificio-struttura, seppure sempre alla ricerca di nuovi modelli simulativi-predittivi del comportamento, in particolare, degli organismi edilizi storici e di più sofisticate ed efficaci tecnologie di intervento preventivo, emergenziale e post emergenziale. In tempi recenti, però, la sempre crescente attenzione verso il tema della progettazione ambientale *outdoor* ed *indoor* ha aggiunto un livello di inedita e significativa complessità che, in affiancamento alle dinamiche di previsione e attuazione manutentiva per la conservazione delle prestazioni inizialmente erogate e ai processi di analisi LCA (Life Cycle Assessment) e LCC (Life Cycle Cost), richiede una strategia di approccio da definire caso per caso.

Un settore certamente paradigmatico in questo senso è quello della conservazione e valorizzazione del *Cultural Heritage*, in virtù dell'articolata interazione fra aspetti di consolidamento statico, di preservazione dei valori storico-testimoniali, di *adaptive reuse*, di innovazione fruitiva e comunicativa, di efficientamento energetico ambientale, in totale continuità evolutiva con le dinamiche e le regole di funzionamento passivo e i metabolismi compositi che hanno guidato le costruzioni preindustriali. In questo ambito, solo una "sensibilità" olistica e capace di mettere a sistema una molteplicità di saperi, con una lucidità suffragata da un solido approccio culturale, è in grado di governare adeguata-

From the heteronomy of the technological project to the evolutionary hybridization of the experimental research

**Abstract.** The growing complexity of the construction process, pressured by challenges related to safety, climate change and the reduction of energy consumption, requires the ability to manage more and more skills previously allocated exclusively to other specialists. It is therefore necessary to establish a dialogue based on advanced collaborative designs, which lead to an increase in the adequacy of the design response. The HeLLO MSCA IF Horizon2020 research exemplifies how technological leadership controlled the objectives and final outcomes of a highly interdisciplinary experimental study. Concerning the EU priorities, the research has created hybridization between environmental design, conservation and physical-technical aspects including the dissemination of the project results.

**Keywords:** Knowledge and methods hybridization; Interdisciplinary research;

Experimentation in architecture; Architect directing skills; Historic heritage retrofit.

### The compulsoriness of the holistic and interdisciplinary approach of the architectural project

The area of Technology of Architecture has always supported the vision of a designer as a "Coordinator of competences" with an overall vision resulting from training both in humanities, with preparation on socio-cultural aspects, and more technical-scientific, and therefore more closely linked to the exact sciences, with preparation on regulatory, procedural, executive, environmental and seismic-structural control aspects, even the efficiency of the envelope/plants system.

Today, the growing complexity of the dynamics of the building process, constantly pressured by challenges related to safety, climate change – mitigation,

adaptation, resilience (Antonini and Tucci, 2017) – and the reduction of consumption of resources and emissions (Tavares *et al.*, 2019), makes even more evident the awareness of having to acquire (and therefore to know and manage) more and more fields of knowledge previously allocated exclusively to other specialist figures.

The seismic consolidation field is one of the first sectors in which this need was experienced, because the regulations result from a wide path of verification and sedimentation. Currently, these methods show mature knowledge and skills in the approach to the building-structural system, although they always work on the development of new simulation – predictive models of the behaviour in particular of historic buildings, and to look for more sophisticated technologies for effective, preventive, emergency and post

mente il processo in tutte le sue fasi. All'interno di questa cornice trova il perfetto collocamento operativo la condizione eteronomica e quindi di non autonomia autoreferenziale del progetto tecnologico per le sue specificità sempre in equilibrio fra sapere tecnico e sapere umanistico. Una contaminazione che è in grado responsabilmente di aggiungere ed integrare perfettamente alle tre dimensioni vitruviane della *firmitas, utilitas, venustas* la quarta componente ineludibile del *sustinere*, il concetto latino di "mantenere a un certo livello" (inteso in questo contesto come un determinato livello di qualità edilizia, comfort, performance energetica o sismica, compatibilmente con gli specifici caratteri del luogo), da cui deriva quello assai più diffuso di "sostenibilità" (Zaffagnini, 1993).

La formazione di gruppi interdisciplinari (e non semplicemente affiancati multidisciplinariamente), con ampie influenze reciproche (non colonizzazioni), ibridazione di modelli, condivisione di approcci, tecniche di analisi e di intervento, modalità di elaborazione dati e metodi di supporto decisionale multicriteriale (Ruggeri *et al.*, 2020), sembra essere attualmente la strada più efficace per affrontare il nuovo progetto complesso, soprattutto in questo particolare contesto edilizio. Si tratta di segmenti del sapere sempre più articolati, che nel tempo hanno continuato a specializzarsi ed ora sono necessariamente da re-inserire all'interno di un percorso di *loop* continuo di auto-affinamento richiesto oggi proprio dalle peculiarità del bene storico: tale processo eteronomico diventa una cifra distintiva per operare su questo patrimonio. Il "Progettista Tecnologico Ambientale", così come riconosciuto dalla Comunità scientifica del settore (Marzi *et al.*, 2019), ha le competenze per innescare e promuovere la regia di tale convincente orientamento.

emergency intervention. In recent times, however, the ever-increasing attention to the theme of outdoor and indoor environmental design has added a level of unprecedented and significant complexity. It requires a strategic approach, defined case by case, alongside with the dynamics of prevision and maintenance implementation, for the conservation of the initial performances and the LCA (Life Cycle Assessment) and LCC (Life Cycle Cost) analysis.

The field of conservation and valorisation of Cultural Heritage is certainly a paradigmatic sector, because of the complex interaction between aspects of structural consolidation, preservation of testimonial values, adaptive reuse, use and communicative innovation and environmental energy efficiency, in continuity with the dynamics and rules of passive functioning

and the complex metabolisms of the pre-industrial constructions.

In this context, only a holistic "sensitivity" is suitable to adequately manage the process in all its phases, involving a multiplicity of knowledge supported by a solid cultural framework. Within this framework, heteronomy and therefore the non-self-referential autonomy of the technological project finds its perfect operational position, due to its specific characteristics, always in balance between technical and humanistic knowledge. This interaction is capable to add and integrate perfectly the three Vitruvian dimensions of *firmitas, utilitas, venustas* to the fourth necessary component of the *sustinere*, the Latin concept of "maintaining at a certain level" (understood in this context as a certain level of building quality, comfort, energy or seismic performance, compatibly with

Proprio in questa cornice si può affermare con convinzione che «la progettazione per l'ambiente costruito è probabilmente la pratica più multidisciplinare in tutte le professioni di progettazione» (Garner and Mann, 2003). Le criticità di questa pratica, nel contesto emergente del "Computer-Supported Collaborative Working (CSCW)" di inizio Millennio, si circoscrivevano, spesso, alla difficoltà di comunicazione tra i membri di un team: «si scambiavano informazioni [ma] il loro lavoro non mostrava un sofisticato livello di integrazione. Sembrava essere un lavoro più "multidisciplinare" e meno "interdisciplinare"» (*ibidem*).

Nel nuovo contesto delineato, solo questa capacità di intersezione e compenetrazione può permettere la piena *governance* del processo edilizio, che altrimenti potrebbe sfuggire di mano e arrivare a delegare le scelte ad una frammentazione di figure satellite. Anzi, tali scelte rischierebbero di diventare "imposte" e condizionanti, prima e durante la fase esecutiva, perché sostenute e motivate da una serie di tecnici specialisti come unica soluzione percorribile ed ineludibile. La principale causa di questa potenziale deriva è imputabile proprio a un dialogo tra gli attori non realmente interdisciplinare, durante il quale gli strumenti tecnico-cognitivi e soprattutto i metodi, invece di contaminarsi a vicenda (Stanek and Kaminer, 2007; Jensenius, 2012) per produrre nuovi modelli di *problem setting* e *problem solving*, vengono messi semplicemente in parallelo fra i diversi specialismi, producendo incomunicabilità ed assenza di «interoperabilità fra sistemi» (Fig. 1).

È necessario dunque instaurare un dialogo basato su *collaborative design* più evoluti, che portino a un sensibile incremento dell'adequatezza ed innovatività della risposta progettuale.

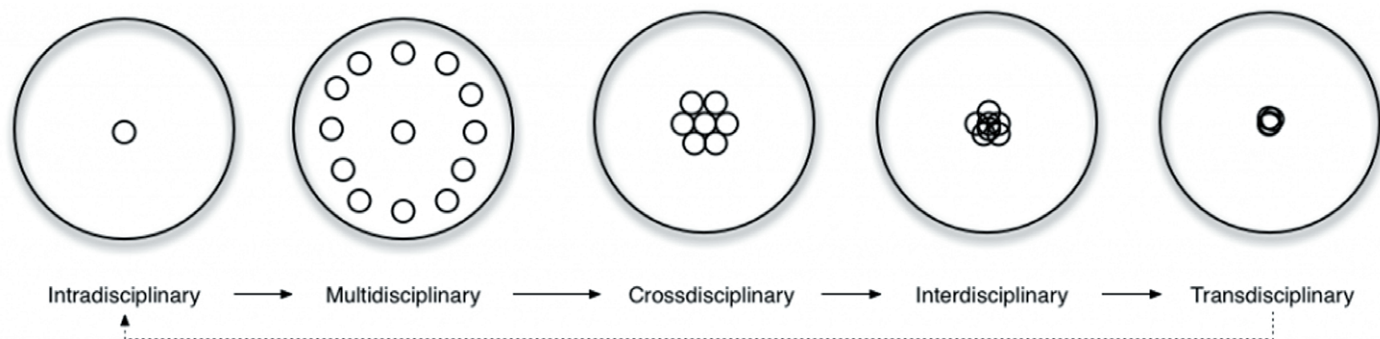
In quanto professionisti, gli architetti, si trovano in una posizio-

the specific characteristics of the environment), from which the much more widespread "sustainability" derives (Zaffagnini, 1993).

Currently, the formation of interdisciplinary groups (and not simply multidisciplinary), seems to be the most effective way to tackle the new complex project, especially in this particular building context, thanks to extensive mutual interaction (non-colonization), hybridization of models, sharing of approaches, analysis and intervention techniques, data processing and multi-criteria decision support methods (Ruggeri *et al.*, 2020). The peculiarities of the historic heritage require today a continuous loop of self-refinement. Therefore, the increasingly articulated segments of knowledge are now necessarily re-inserted, more and more specialized, in this heteronomic process, which becomes a distinc-

tion on how to operate on heritage. The "Environmental Technological Designer", as recognized by the sector scientific community (Marzi *et al.*, 2019), has the skills to trigger and promote the direction of this convincing orientation.

Precisely in this framework, Garner and Mann (2003, p. 495) words can be affirmed with conviction: «design for the built environment is probably the most multidisciplinary practice in all of the design professions». The criticalities of this practice, in the emerging context of "Computer-Supported Collaborative Working (CSCW)" at the beginning of the millennium, were often limited by the difficulty of communication between the team members: «they exchanged information [but] their working did not show a sophisticated level of integration. It seemed to be more "multidisciplinary" and less



ne molto *tricky*, svolgendo un «ruolo cruciale nel coordinamento dei processi di progetto, trovando sempre un difficile equilibrio tra gli aspetti tecnici e sociali del progetto, che richiede un'attenzione molto particolare a tutte le materie» (Pellegrino and Musy, 2017). Tale approccio dà luogo a una «costellazione delle connessioni disciplinari» discussa da Pellegrino e Musy e graficizzata in figura 2, creata a partire proprio dai campi disciplinari di pertinenza degli autori stessi.

Per confrontarsi con le discipline che creano tali connessioni è necessario comprenderne le specifiche metodiche di lavoro, senza che il “coordinatore di competenze” debba essere in grado puntualmente di verificare, calcolare, simulare o modellizzare, ma possa egualmente valutarne le potenzialità, i limiti, le interconnessioni e l’attendibilità per incidere al meglio sull’innalzamento globale della qualità nella produzione del progetto (Lauria *et al.*, 2019). Un aspetto questo davvero strategico per raggiungere un equilibrio non solo nel mercato edilizio, ma anche

a livello di formazione universitaria e post universitaria, come pure per quanto riguarda la ricerca accademica, che la stessa Unione Europea ha voluto fortemente multidisciplinare, interdisciplinare e guidata da approcci multi tematici (Official Journal of the European Union, 2006).

Questo qualificante arricchimento ha cambiato il modo tradizionale di impostazione e risoluzione del problema producendo, per esempio, il concetto di *open-living lab*, trasposto da altre discipline per un miglioramento delle conoscenze nel mondo digitale/immateriale. Tale concetto ha permesso di implementare sensibilmente “gli strumenti tecnici e cognitivi” per il progetto di architettura. Un esempio è il progetto “*Living Labs in Architecture as Innovation Arenas within Higher Education Institutions*”, dove si sottolinea la rilevanza, appunto, dei *Living Labs* in Architettura come nuovi strumenti per un’educazione olistica dello sviluppo sostenibile (ESD - Education for Sustainable Development). Nell’ambito di questo progetto è stato sviluppato nel campus un

“interdisciplinary” working» (*ibidem*). In the new outlined context, only this capacity of intersection and interpenetration can allow the full governance of the building process. Otherwise, it could get out of control and delegate the choices to a fragmentation of satellite figures. Instead, such choices would risk to become “imposed” and conditioning, before and during the executive phase, because they are supported and motivated by a series of specialist technicians, as the only possible solution. The main cause of this potential drift is due, precisely, to a dialogue between the actors, which is not yet really interdisciplinary. The technical-cognitive tools, and above all the methods, instead of contaminating each other (Jensenius, 2012; Stanek and Kaminer, 2007) to produce new models of problem setting and problem solving, are simply put in paral-

lel between the different specialisms, producing incommunicability and absence of “interoperability between systems” (Fig. 1).

It is therefore necessary to establish a dialogue based on more advanced *collaborative design*, which leads to a significant increase in the adequacy and innovativeness of the design response. As professionals, architects are in a very tricky position, playing a «crucial role in coordinating project processes, always finding a difficult balance between the technical and social aspects of the project, which requires very particular attention to all the subjects» (Pellegrino and Musy, 2017). This approach gives rise to a “constellation of disciplinary connections”, as discussed by Pellegrino and Musy, presented in figure 2, based on the specific disciplinary fields of the authors.

In order to dialogue with the disci-

plines that create these connections, it is necessary to understand their specific work methods, without the “competence coordinator” having to be able to promptly verify, calculate, simulate or model. Instead, he can equally evaluate their potential, limits, interconnections and reliability to best affect the overall increase of the quality and production of the project (Lauria *et al.*, 2019). This aspect is truly strategic in the interest of achieving a balance in the construction market, but also at the level of university and post-graduate training, as well as for academic research – which the European Union wants strongly multidisciplinary, interdisciplinary and guided by multi thematic approaches (Official Journal of the European Union, 2006).

This contaminating enrichment has changed the traditional way of setting and solving problem by producing, for

example, the concept of open-living lab, transposed from other disciplines to improve knowledge in the digital/immaterial world. This concept allowed to significantly implement “the technical and cognitive tools” for the architectural project. The “*Living Labs in Architecture as Innovation Arenas within Higher Education Institutions*” project is one example which emphasizes the importance of *Living Labs* in Architecture as new tools for a holistic education for sustainable development (ESD - Education for Sustainable Development). As part of this project, a first prototype of a solar house (LOW3) was developed in the university campus, aimed at participating in the Solar Decathlon Europe 2010 (Madrid). LOW3 (2008-2010) demonstrated the importance and impact of a new educational model for architecture, based on the integration

02 | Costellazione delle connessioni disciplinari (Pellegrino and Musy, 2017). Lo schema mostra le possibili interazioni reciproche, nate dall'intersezione dei contributi di diversi autori, tra i campi dell'Architettura, della Sociologia, della Fisica Tecnica, presi come categorie principali, e le possibili connessioni con altri ambiti disciplinari

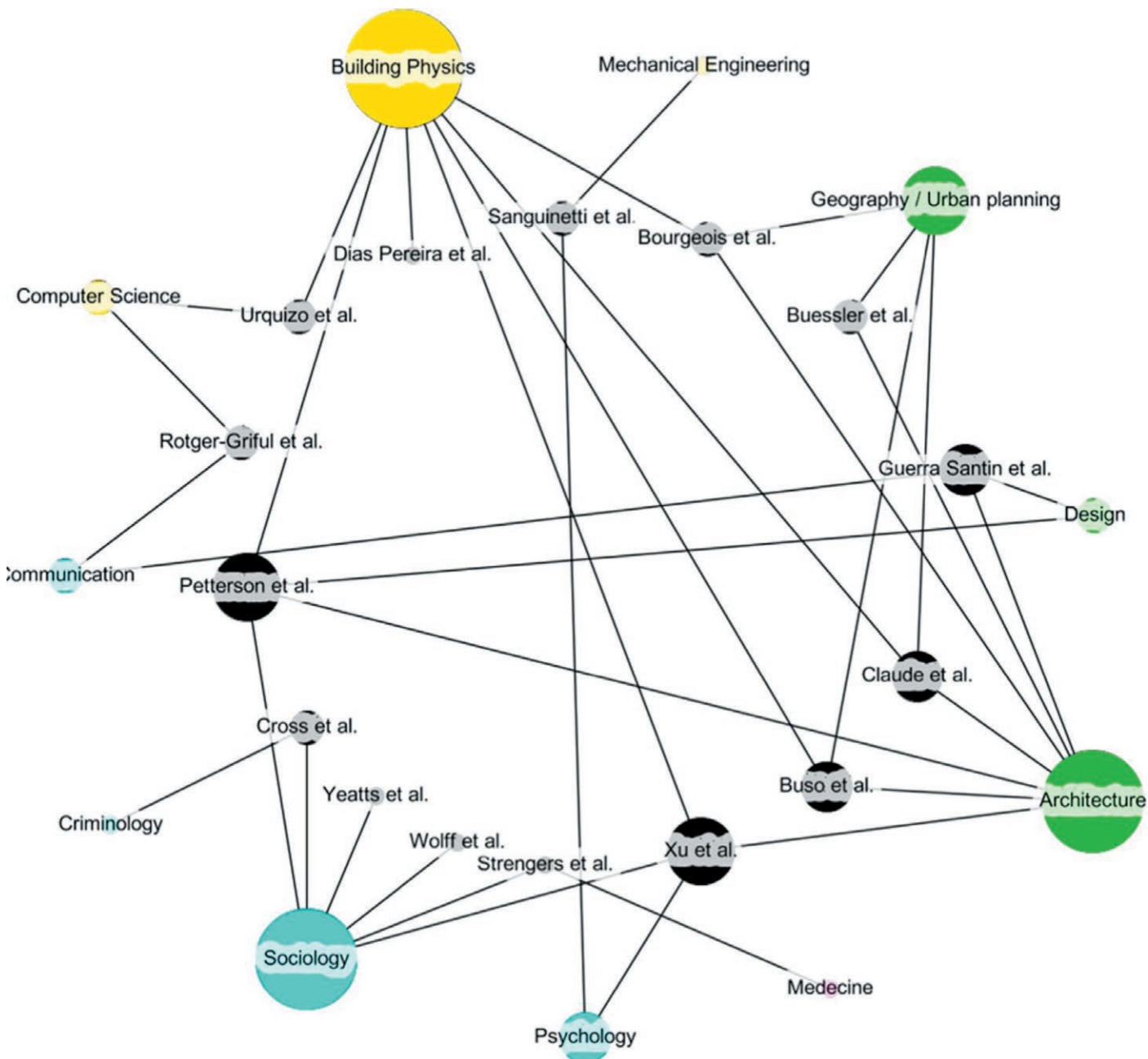
Constellation of disciplinary connections (Pellegrino and Musy, 2017). The diagram shows the possible mutual interactions, given by the intersection of authors' contributions, in the fields of Architecture, Sociology, Technical Physics, taken as main categories, and the possible connections with other disciplinary areas

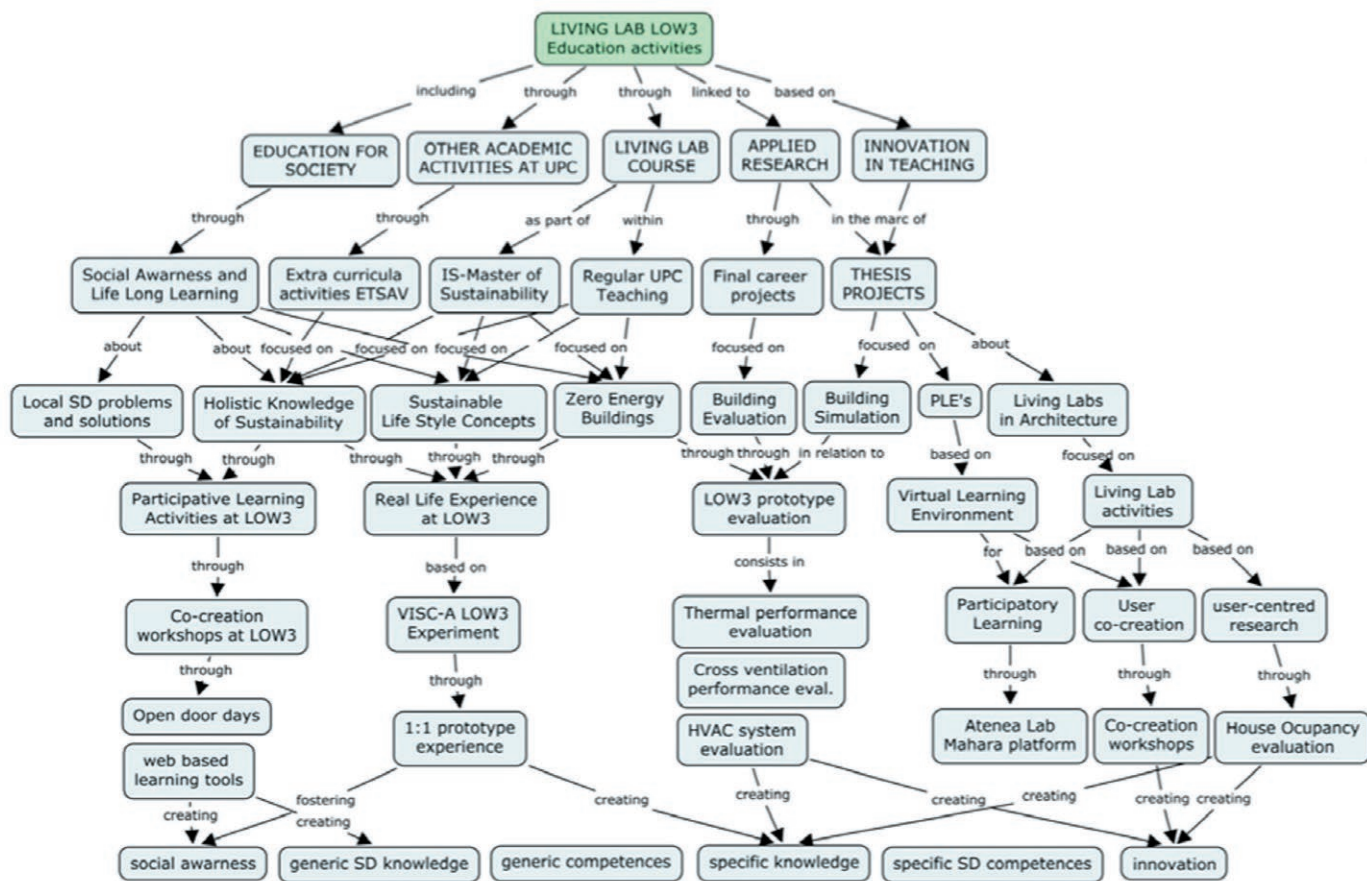
primo prototipo di casa solare (LOW3), finalizzato alla partecipazione al Solar Decathlon Europe 2010 (Madrid). LOW3 (2008-2010) ha dimostrato l'importanza e l'impatto di un nuovo modello didattico per l'architettura, basato sull'integrazione di saperi tecnici necessari alla costruzione dell'edificio con un alto grado di auto-organizzazione del team, responsabilità individuale e un forte legame tra insegnamento e ricerca (Davoli, 2019).

Il concetto alla base di questo modello di *Living Lab* è influenzato dall'idea di coinvolgere il *final user* attraverso un approccio multi-stakeholder, oltre a studenti, ricercatori e cittadini intesi tutti come "utenti" di questa nuova piattaforma (Fig. 3).

Come comprendere, quindi, tutte le dinamiche che stanno alla base dei processi senza perdersi nelle derive dei modelli di cal-

02 |





of technical knowledge, necessary for the construction of the building, with a high degree of self-organization team, individual responsibility and a strong link between teaching and research (Davoli, 2019).

The concept of this Living Lab model is influenced by the idea of involving the final user through a multi-stakeholder approach, as well as students, researchers and citizens all understood as “users” of this new platform (Fig. 3).

Therefore, how can all the underlined dynamics of the processes be understood without getting lost in the drifts of calculation models and “mere” instruments? It is certainly not an easy-to-follow skills calibration.

The Environmental Technological Designer must be fully aware of the languages and terminologies adopted in the various sectors and he must understand the objectives and opportunities

that models, methods and tools allow to reach. Furthermore, the designer has to referee the various fields of specialist knowledge, without becoming itself the manager of the “technical tool”. In general, Building Information Modeling (Santos *et al.*, 2017), an increasingly popular method and operational tool for project management, is an appropriate example of this, flanked by innovative approaches based on high tech forecasting models. The presence of these models shows that, in the on-going process revolution, innovation is no longer just the discovery of new techniques, but also derives from the unprecedented use of so-called “enabling technologies” (Calzolari, 2019). Thanks to these tools, also deriving from hybridization with other sectors, technological design has been able to establish an immediate connection between the field of knowledge of environmental

design, the enhancement and protection of Cultural Heritage, the physical-technical phenomena control, of the technical-economic evaluation of the project and of the business marketing. In particular regarding technologies for the energy retrofit, in relation to the priorities required by the European Union to achieve the planning strategic targets.

This new methodology can be further and positively “conditioned” and “hybridized” by involving the field of knowledge relating to the communication of research results, stating the dissemination as the foundation of the project, especially passing from the strictly design field to design and scientific research. It pushes to take into account in the work process the contribution of a wider audience, composed of different categories of stakeholders (end-users, investors, public

bodies, institutions). In this sense, an emblematic example for the adopted procedure, rather than the specific scientific results which are of no interest to this discussion, is represented by the European research HeLlo - Heritage energy Living Lab onsite MSCA IF Horizon2020 (Fig. 4), below described.

**The HeLlo project as an example of hybridization within experimental research in the technological field**

The HeLlo project was born as an experimental research with the main objective of increasing the awareness of professionals (designers, Administrations, Public Authority, public and private clients) regarding the performance of some retrofit solutions in the case of intervention on the historic built heritage.

Thanks to the creation of an in-situ monitoring laboratory, some thermal

colo e delle “mere” strumentazioni? Non è certo una calibrazione di competenze di facile percorribilità.

Il Progettista Tecnologico Ambientale deve essere pienamente consapevole dei linguaggi e delle terminologie adottati nei diversi settori, deve recepire gli obiettivi e le opportunità che modelli, metodi e strumenti permettono di raggiungere, deve aver ben presente quali siano le figure depositarie dei diversi campi di sapere specialistico, ma non può, anzi non deve, diventare esso stesso il gestore dello “strumento tecnico”. In generale, ne è un esempio appropriato il *Building Information Modeling* (Santos *et al.*, 2017), metodo e strumento operativo sempre più diffuso per il *management* del progetto, affiancato da approcci innovativi basati su modelli previsionali *high tech*. La presenza di tali modelli dimostra che, nella rivoluzione del processo in atto, l’innovazione non è più solo la scoperta di nuove tecniche, ma deriva, anche, dall’impiego inedito delle cosiddette “tecnologie abilitanti” (Calzolari, 2019). Grazie a questi strumenti, anch’essi derivanti dall’ibridazione con altri settori, la progettazione tecnologica ha potuto stabilire un’immediata connessione fra il campo del sapere della progettazione ambientale, della valorizzazione e tutela del *Cultural Heritage*, del controllo fisico-tecnico dei fenomeni che interessano gli interventi su questo tipo di patrimonio edilizio, della valutazione tecnico-economica del progetto e del marketing di impresa, in particolare sul fronte delle tecnologie per il retrofit energetico, in relazione alle priorità richieste dall’Unione Europea per il raggiungimento degli obiettivi della pianificazione strategica comunitaria.

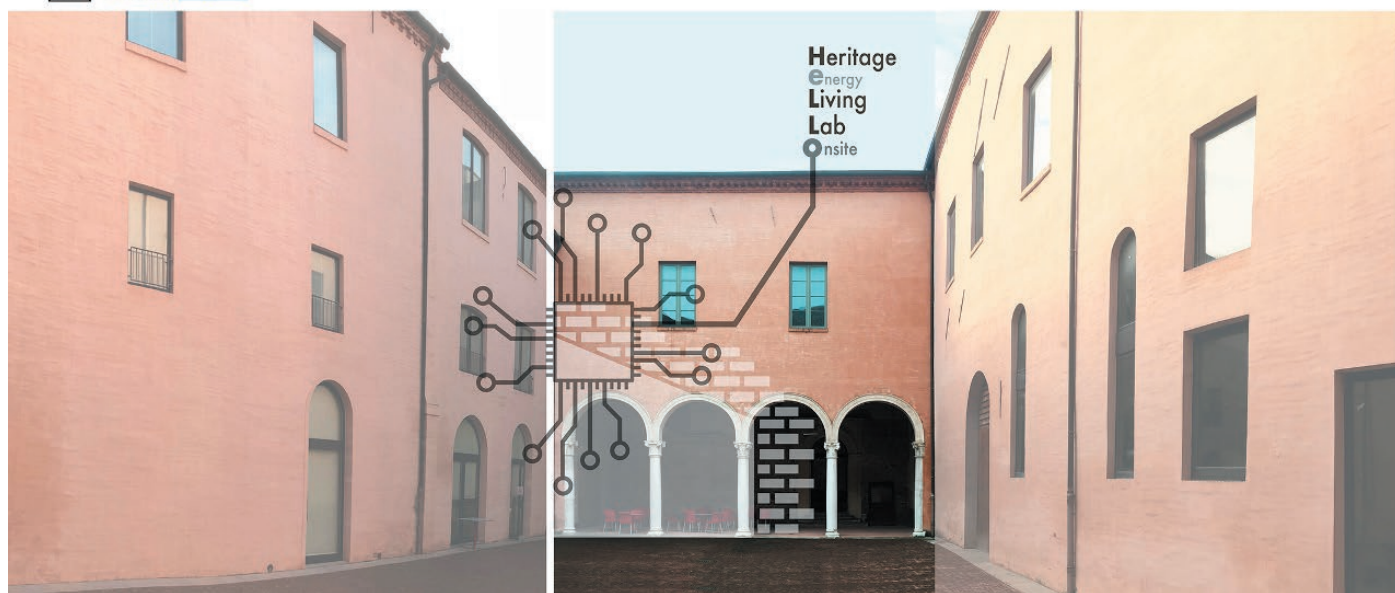
Soprattutto quando si passa dal campo strettamente progettuale a quello della ricerca progettuale e della ricerca scientifica, il tutto può essere ulteriormente e positivamente “condizionato” da una volontà di coinvolgimento dell’altro campo di conoscenza relativo alla comunicazione dei risultati della ricerca, della sua disseminazione come fondamento del progetto, che spinge a tenere conto di un’impostazione del lavoro di indagine anche nella prospettiva di coinvolgere un pubblico più vasto, composto da categorie differenziate di *stakeholders* (utenti finali, investitori, enti pubblici, istituzioni).

In questo senso un esempio emblematico, non tanto per i risultati scientifici specifici, che non interessano questa trattazione, quanto per la processualità adottata, è rappresentato dalla ricerca europea *HeLLo - Heritage energy Living Lab onsite* MSCA IF Horizon2020 (Fig. 4), qui di seguito documentata.

### Il progetto HeLLo come esempio di ibridazione nella ricerca sperimentale in ambito tecnologico

Il progetto HeLLo nasce come ricerca sperimentale con il principale obiettivo di aumentare la consapevolezza degli addetti ai lavori (progettisti, Amministrazioni, Soprintendenze, committenti pubblici e privati) in merito

alle prestazioni di alcune soluzioni di retrofit nel caso di intervento sul patrimonio costruito storico. Attraverso la creazione di un laboratorio di monitoraggio *in situ*, sono stati testati alcuni sistemi di isolamento termico per fornire dati reali (performance termo-igrometrica) utili alla corretta progettazione degli inter-



venti. Rispetto a una tradizionale attività laboratoriale, la forma innovativa del progetto è quella di coinvolgere diversi expertise, inerenti principalmente agli aspetti conservativi, di fisica tecnica, di *data analytics* e progettazione tecnologica. Inoltre, il laboratorio si è configurato come *open lab* aprendo le porte agli stakeholder per far vivere l'“esperienza sperimentale” anche al di fuori del mondo accademico (Fig. 5).

Con lo sviluppo di tale ricerca, motivata dalla necessità di “costruirsi” set di dati quando non disponibili all'interno della comunità scientifica, si è voluto promuovere una sperimentazione di questo tipo anche nel perimetro dell'Architettura, con la convinzione che l'intero processo dovesse essere promosso e coordinato da Architetti, soprattutto nel delicatissimo ambito del *Cultural Heritage*.

Per portare a termine l'obiettivo con successo, è stato necessario impostare il progetto di ricerca su solide basi preliminari, costituite principalmente da modelli applicabili elaborati in altri settori disciplinari, per coinvolgere i loro esperti, implementare ed adattare tali saperi alla sfera dell'Architettura e del controllo energetico ambientale del costruito, “progettare” le strumentazioni necessarie, concordare e inventare gli assetti applicativi e stabilire il contributo, sempre interfacciato, del Progettista Tecnologico Ambientale e degli altri attori specialisti nel rilevamento ed analisi di grandi quantità di dati, secondo un organigramma di figure e competenze piuttosto ampio.

Il modello adottato si basa su due principi: interdisciplinarietà sincronica e alchimia della molteplicità di expertise coinvolte.

Con queste due accezioni si è fin da subito rifiutata la logica del passaggio di consegne “a cascata”, in favore di un modello contestuale, sincronico, basato su continue azioni di feedback fra le di-

insulation systems were tested to provide real data (hygrothermal performance), useful for the correct planning of thermal retrofit interventions.

Compared to a traditional experimental activity, the innovative aspect of the project was to involve different expertise, mainly inherent to the conservation, technical physics, data analytics and technological design aspects. In addition, the laboratory has been configured as an open lab, opening the doors to stakeholders even outside the academic world, to live an “experimental experience” (Fig. 5).

The research, motivated by the need to “build” data sets, when not available within the scientific community, wanted to promote this kind of activity also in the framework of Architecture, with the conviction that the entire process should be promoted and coordinated by architects, especially

in the very delicate area of Cultural Heritage.

To successfully achieve the goal, it was necessary to set the research project on a solid preliminary basis, consisting mainly of applicable models developed in other disciplinary sectors to:

- involve their experts;
- implement and adapt these knowledges to the sphere of Architecture and of buildings' environmental and energy control;
- “design” the necessary instruments;
- invent shared application structures;
- establish the contribution, always interfaced, of the Environmental Technological Designer and of the other specialists in the big data analysis, thanks to a wide workflow of figures and skills.

The adopted model is based on two principles: synchronic interdiscipli-

verse competences. Sono state messe a sistema (Fig. 6) le seguenti expertise in relazione agli aspetti:

- *tecnologici*\_Esperti di metodologie di efficientamento energetico-ambientale sul *Cultural Heritage* (Centro Ricerche Architettura>Energia, Dip. Architettura dell'Università degli studi di Ferrara, Centro A>E - Unife);
- *conservativi*\_Esperti per la valorizzazione dei beni culturali (rappresentanti della Soprintendenza e del MiBACT - Ministero per i Beni e le Attività Culturali e per il Turismo) per definire congiuntamente i criteri di adattamento al caso di studio storico e i livelli prestazionali percorribili delle soluzioni tecnologiche da sperimentare, come pure i rischi connessi ai sistemi di monitoraggio, al fine di garantirne la massima compatibilità e reversibilità, la minima invasività, la distinguibilità;
- *energetici*\_Esperti nella costruzione di modelli di simulazione termoisometrica per la verifica incrociata tra dati reali monitorati e il risultato di processi di previsione informatizzata (Centro A>E - Unife);
- *data analytics*\_Esperti di sistemi di sensoristica e monitoraggio (EURAC RESEARCH Bolzano e INFN-Istituto Nazionale di Fisica Nucleare sezione di Ferrara) per la progettazione del sistema di rilevamento dei dati ambientali, la progettazione delle camere climatiche di prova *in situ* calibrate ed adattate per l'uso in contesti storici, a partire dalle indicazioni presenti in letteratura, e per la gestione in remoto di questi dati e la loro elaborazione finalizzata alla creazione di *dataset* relativi al comportamento dei sottosistemi edilizi;
- *logistico-laboratoriali*\_Esperti nella realizzazione di manufatti in legno per la costruzione delle camere di monitoraggio mobili (Fig. 7) (Azienda nel settore del legno);

nary work and alchemy of the multiplicity of involved expertise.

With these two meanings, the logic of the “waterfall” handover was immediately rejected, in favour of a contextual, synchronic model based on continuous feedback actions between the different skills. A system of the expertise was created (Fig. 6) in relation to the following aspects:

- *technology*\_Experts of energy-environmental efficiency methodologies for Cultural Heritage (Architettura>Energia Research Centre, Department of Architecture, University of Ferrara, Centre A>E - Unife);
- *conservation*\_Experts for the enhancement of cultural heritage (members of Heritage Authority and MiBACT - Ministry for Cultural Heritage and Activities and for Tourism) to define the techno-

logical solutions to be tested, jointly evaluating the criteria for adaptation to the historic case study and their performance levels, as well as the risks associated with the monitoring systems, in order to ensure maximum compatibility and reversibility, minimum invasiveness, distinguishability;

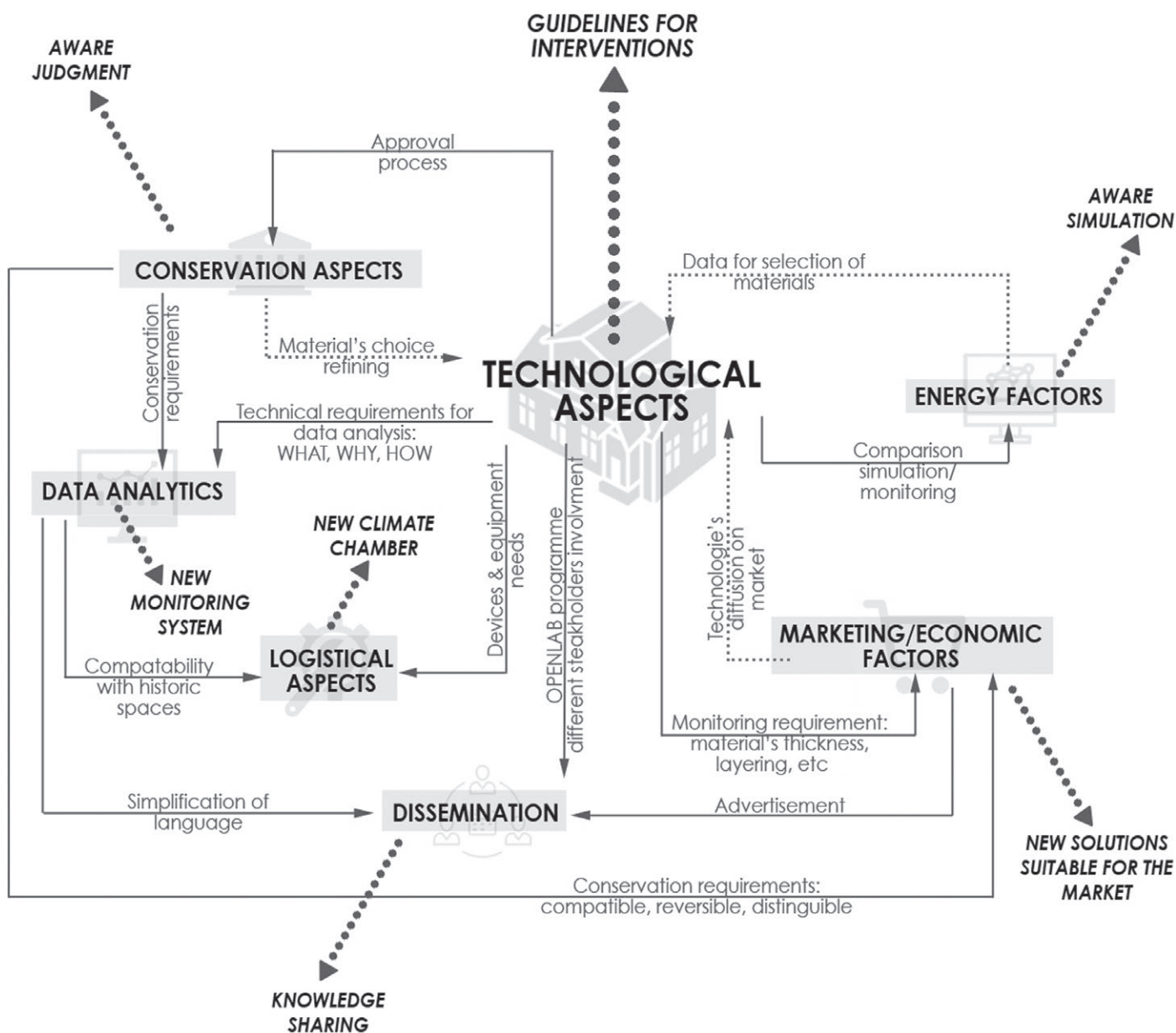
- *energy*\_Experts of hygrothermal simulation models for cross-checking between real monitored data and the result of computerized forecasting processes (Centre A>E - Unife);
- *data analytics*\_Sensors and monitoring systems experts (EURAC RESEARCH Bolzano and INFN - National Institute of Nuclear Physics of Ferrara) for (i) the design of the data survey and analysis system, (ii) the design of the *in situ* hot boxes, calibrated for the use in his-





06 | Progetto HeLlo. Nello schema sono sintetizzati i ruoli e i rispettivi flussi di collegamento tra le competenze coinvolte nel progetto. A partire dalle competenze tecnologiche, poste al centro come ruolo di regia delle scelte di processo, sono indicati gli expertise relativi agli aspetti conservativi, di analisi dati, logistici, di disseminazione, relativi al marketing ed energetici. Per ciascuno di essi sono indicate le interazioni in loop necessarie al raggiungimento in primis degli specifici obiettivi di ciascuna figura coinvolta e successivamente della ricerca. A scopo esemplificativo, per scegliere le stratigrafie isolanti da studiare attraverso la campagna di monitoraggio sono stati condotti tavoli di lavoro interdisciplinari in cui, grazie al contributo del MiBACT e delle aziende produttrici dei materiali isolanti, sono state ponderate le esigenze conservative e quelle del mercato (diffusione, spessori commerciali e tipologie di installazione) con gli interessi e le necessità di innovazione scientifica della ricerca (elaborato da: Marta Calzolari)

*HeLlo project. The diagram summarizes the roles and the respective connection flows between the skills involved in the project. The technological skills are placed at the centre of the workflow with the role of process's coordination, and then linked to all the other expertise related to the conservation, data analysis, logistics, dissemination, marketing and energy aspects. The scheme indicates the loop interactions for each expertise, necessary to achieve the specific objectives of each involved specialist and of the research. For example, to choose the insulating system to be tested through the monitoring campaign, interdisciplinary worktables were conducted to balance, thanks to the contribution of MiBACT and the members of insulating materials' companies, the conservation and market needs (dissemination, commercial thicknesses and types of installation) with the interests and requirement of scientific research innovation (edit by: Marta Calzolari)*



| 06

toric contexts following the field literature and (iii) for the remote data management and processing aimed at creating datasets related to the behaviour of the building subsystems;

- *logistics and laboratory\_Experts* in the production of wooden products for the construction of mobile monitoring chambers (Fig. 7) (Company

- in the wood sector);
- *business marketing\_Experts* by materials' companies for the joint executive design and subsequent in situ application of technological solutions for efficiency (Companies in the thermal insulation sector);
- *dissemination\_Experts* in the communication sector for the dissemi-

nation of the project's activities to involve the necessary stakeholders and the subsequent exploitation of the results (Centre A>E).

**A model of synchronic integration for the intervention on cultural heritage**  
Thanks to this experience, the contamination of knowledge regarding

technological-environmental planning has produced significant advances and changes in the initial knowledge. In particular, working in an interdisciplinary team with a heteronomic perspective has led to consider differently the use of the tools and procedures to be adopted and to find implementation between them.

- *marketing di impresa*\_Esperti di aziende per la progettazione esecutiva congiunta e la successiva applicazione sul campo di sperimentazione delle soluzioni tecnologiche per l'efficientamento (Aziende nel settore degli isolanti termici);
- *disseminazione*\_Esperti del settore della comunicazione per la diffusione del progetto ai fini del coinvolgimento degli *stakeholders* necessari e la successiva disseminazione dei risultati (Centro A>E).

### Un modello di integrazione sincronica per l'intervento sul patrimonio culturale

Le contaminazioni del sapere inerente alla progettualità tecnologico-ambientale dopo questa esperienza hanno prodotto significativi avanzamenti e mutazioni nel sapere di partenza. In particolare, l'operare in team interdisciplinare in un'ottica di eteronomia ha portato a considerare in maniera diversa e a trovare elementi di implementazione per quanto attiene l'uso degli strumenti e delle procedure da adottare.

Il complesso tema dell'efficientamento energetico del patrimonio culturale è stato affrontato, infatti, considerando parallelamente aspetti che spesso vengono ignorati o solo marginalmente coinvolti:

- elaborazione di un sistema di monitoraggio non convenzionale, ma compatibile con le istanze di tutela, per quanto riguarda la tipologia e il metodo di installazione della sensoristica, e con le esigenze di raccolta dati per le valutazioni energetico-ambientali;
- sviluppo del sistema di *data analytics* appropriato all'installazione in ambienti di pregio e a situazioni complicate in re-

The complex issue of energy efficiency of cultural heritage was addressed, in fact, by considering, in parallel, aspects that are often ignored or only marginally involved:

- development of an unconventional monitoring system, compatible both with the heritage protection requirements as regards the type and method of installation of the sensors, and with the data collection requirements for the energy-environmental assessment;
- development of a data analytics system appropriate for the installation in prestigious environments and complex situations in relation, mainly, to the not always easy WiFi connections and suitable for the analysis even by non-specialists;
- study of specific technological solutions for historic masonries, resulting from the balancing of commer-

cial needs (use of widespread materials), of protection requirements (reversible recognizable solutions, compatible with the historic characters) and in line with the energy simulations for quantification of the achievable increased performance;- implementation of a step-by-step dissemination programme, different from the conventional practice, normally planned for the final act, designed at different communication levels (in terms of appropriateness of languages) and for different interlocutors.

The result was the development of an integrated and shared process, based on a temporally unitary and synchronous interdisciplinary intervention on historic buildings, complementary to the guidelines developed in recent years and then summarized in guidelines by MiBACT (MiBACT,

- lazione, principalmente, alle non sempre facili connessioni WiFi e alla lettura dei dati anche da parte di non specialisti;
- studio di soluzioni tecnologiche specifiche per murature storiche, risultato del bilanciamento di esigenze commerciali (uso di materiali pervasivi del mercato), di tutela (soluzioni reversibili, riconoscibili e compatibili con la "materia storica") e in linea con le simulazioni energetiche per la quantificazione dell'incremento prestazionale raggiungibile;
- messa in atto di un programma di disseminazione *step by step* e non, come più convenzionalmente accade nei progetti di ricerca, solo nell'atto conclusivo, pensato su diversi piani comunicativi (in termini di appropriatezza dei linguaggi) e per differenti interlocutori.

Il risultato è la messa a punto di un processo integrato e condiviso, fondato su una interdisciplinarietà temporalmente unitaria e sincrona per l'intervento sugli edifici storici, complementare alle linee guida sviluppate in questi anni e poi sintetizzate dal MiBACT nelle sue linee di indirizzo (MiBACT, 2015).

Anche se i dati scientifici emersi nel progetto sono specifici per il caso studio indagato (che seppur tipologicamente diffuso sul territorio italiano non è rappresentativo della totalità del patri-



monio storico), il processo per il loro rilievo, raccolta e interpretazione rappresenta un modello esportabile a molte altre situazioni di indagine.

Il prossimo passo della ricerca sarà quello di utilizzare il modello di indagine su una rete di casi studio, per permettere che le strategie ipotizzate abbiano un maggiore impatto alla scala urbana. Per raggiungere questo nuovo e ambizioso obiettivo la strada può essere quella della traduzione da altri campi disciplinari di nuovi strumenti materiali/immateriali a forte componente digitale (*IoT* e *KETs*) per l'ambiente costruito e il patrimonio storico (Progetto TECH-START, PRIN 2017). Per fare questo è necessario sviluppare ulteriormente il ruolo di coordinatore di saperi del Progettista Tecnologico Ambientale per:

- governare la sempre maggiore complessità nell'uso di *big data*;
- creare uno *smart environment* responsivo, non più a livello di singolo edificio, bensì con scalarità progressive;
- coinvolgere gli utenti come *prosumers* (un consumatore consapevole, attivamente coinvolto nelle varie fasi del progetto) ai fini di aumentare l'efficacia delle politiche di miglioramento prestazionale.

In conclusione, occorre rilevare come il processo di ricerca sia stato sì pensato da architetti per investigare su temi utili alla progettazione architettonica (senza alcuna devianza e distrazione in corso d'opera rispetto agli obiettivi iniziali), ma in un'ottica eteonomica che ha visto arricchimenti, ibridazioni e contaminazioni strategiche e per certi versi inaspettate nel modo di pensare da architetti.

2015). Even if the scientific data of the project are specific to the investigated case study (which represents a widespread typology on the Italian territory, but it is not representative of the totality of the historic heritage), the presented process for the data survey, collection and interpretation defined a model that can be exported to many others applied-research cases.

The next step of the research establishes the application of the survey model on a network of case studies, to enhance the impact of the planned strategies at the urban scale.

The translation from other disciplinary fields of new tangible/intangible tools with a strong digital component (*IoT* and *KETs*) for the built environment and historical heritage (TECH-START Project, PRIN 2017) is the approach to achieve this new and ambitious goal.

It is, therefore, necessary to further de-

velop the role of knowledge coordinator of the Environmental Technological Designer:

- to govern the increasing complexity in the use of big data;
- to create a responsive smart environment, no longer at a single building level, but with progressive scaling;
- to involve users as prosumers (a conscious consumer, actively involved in the various phases of the project) in order to increase the effectiveness of performance improvement policies.

In conclusion, the research process was conceived by architects to investigate architectural design themes (without any deviation and distraction from the initial objectives), but using heteronomy in the perspective to pursue enrichments, hybridizations and strategic contaminations, in some

## RICONOSCIMENTI

Il progetto HeLLO ha ricevuto finanziamenti dal programma di ricerca e innovazione Horizon2020 dell'Unione Europea nell'ambito della convenzione di sovvenzione MarieSkłodowska-Curie n. 796712.

In particolare, M. Calzolari si è occupata dei flussi relativi agli aspetti logistico-laboratoriali e di disseminazione, P. Davoli dei flussi relativi alla conservazione e marketing d'impresa, L. Dias Pereira si è occupata dei flussi relativi agli aspetti energetici e di data analytics.

## REFERENCES

Antonini, E. and Tucci, F. (2017), *Architettura, città e territorio verso la green economy: la costruzione di un manifesto della green economy per l'architettura e la città del futuro*, Edizioni Ambiente, Milano.

Davoli, P. (2019), "La competizione internazionale Solar Decathlon. Progetti innovativi, costruzioni reali ed efficienti, una formazione universitaria professionalizzante che interagisce con il mercato delle costruzioni", *L'ufficio tecnico*, Vol. 3, pp. 5-19.

Garner, S. and Mann, P. (2003), "Interdisciplinarity: Perceptions of the value of computer-supported collaborative work in design for the built environment", *Automation in Construction*, Vol. 12(5 SPEC.), pp. 495-499.

Jensenius, A.R. (2012), "Disciplinarity: intra, cross, multi, inter, trans", available at: <https://www.arj.no/2012/03/12/disciplinarity-2/> (accessed 28 May 2020).

Lauria, M., Mussinelli, E. and Tucci, F. (2019), *La Produzione del Progetto*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN).

Marzi, L., Romano, R. and Setola, N. (2019), "La Tecnologia dell'Architettura in una società che cambia. Risultati del questionario e prime riflessioni sui dati raccolti", available at: <https://bit.ly/3btgiOf> (accessed 28 May 2020).

ways unexpected in the way of thinking as architects.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The HeLLO project has received funding from the European Union's Horizon2020 research and innovation program under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 796712.

In particular, M. Calzolari dealt with the flows relating to the logistical-laboratory and dissemination aspects, P. Davoli with the flows relating to conservation and marketing, L. Dias Pereira dealt with the flows relating to the energy aspects and data analytics. The authors are listed in alphabetical order.

Masseck, T. (2017), "Living Labs in Architecture as Innovation Arenas within Higher Education Institutions", *Energy Procedia*, Elsevier, Vol. 115, pp. 383-389.

MiBACT (2015), "Linee di indirizzo per il miglioramento dell'efficienza energetica nel patrimonio culturale. Architettura, centri e nuclei storici ed urbani", available at: <https://bit.ly/39l3qXE> (accessed 19 December 2018).

Official Journal of the European Union (2006), "Decision n. 1982/2006/EC of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Seventh Framework Programme of the European Community for research, technological development and demonstration activities (2007-2013)", *Official Journal of the European Union*, Vol. 49, p. 412.

Pellegrino, M. and Musy, M. (2017), "Seven questions around interdisciplinarity in energy research", *Energy Research and Social Science*, Elsevier, Vol. 32, pp. 1-12.

Ruggeri, A.G. *et al.* (2020), "Planning energy retrofit on historic building stocks: A score-driven decision support system", *Energy and Buildings*, Elsevier, Vol. 224, p. 110066.

Santos, R., Costa, A.A. and Grilo, A. (2017), "Bibliometric analysis and review of Building Information Modelling literature published between 2005 and 2015", *Automation in Construction*, Vol. 80, pp. 118-136.

Stanek, L. and Kaminer, T. (2007), *Trans-disciplinarity: The Singularities and Multiplicities of Architecture*. Footprint.

Tavares, V., Lacerda, N. and Freire, F. (2019), "Embodied energy and greenhouse gas emissions analysis of a prefabricated modular house: The 'Moby' case study", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 212, pp. 1044-1053.

Zaffagnini, M. (1993), "Presentazione", in Davoli, P. (Ed.), *Architettura senza impianti. Aspetti bioclimatici dell'architettura preindustriale*, Alinea Editrice, Firenze, pp. 7-8.