

Martino Milardi,

Dipartimento di Architettura e Territorio, Università Mediterranea di Reggio Calabria, Italia

mmilardi@unirc.it

Abstract. Lo studio intende contribuire al dibattito sul ruolo delle infrastrutture di ricerca nelle dinamiche che in questo momento investono l'industria delle costruzioni, richiedendo a questa continue revisioni e spinte innovative. Si tratta di una ricerca, in progress, finalizzata alla realizzazione di un Laboratorio di Testing che concentra le attività su prove e sperimentazioni sull'involucro edilizio. L'obiettivo è rispondere alle sfide indicate dallo scenario dove si registra la necessità di sviluppare involucri innovativi dalle risposte prestazionali connesse alle variabili contestuali. In quest'ottica il ruolo dei centri di ricerca che svolgono attività di Testing assumono particolare rilevanza, per cui l'approccio basato su misurazioni in regime "simulato" sembra risultare strategico per gli attori del settore edilizio.

Parole chiave: Testing avanzato, Test dinamici, Controllo prestazionale, Involucro edilizio, Innovazione tecnologica

Introduzione

Lo scenario del settore delle costruzioni degli ultimi anni è stato caratterizzato da pressanti richieste di "nuove" qualità. Ad esempio, con la Direttiva 2002/91/CE, l'Unione Europea ha puntato sulla questione energetica coinvolgendo in modo sostanziale il settore edilizio, e quello delle performance degli involucri in modo particolare. Tale attenzione ha assunto un ruolo ancora più incisivo con la Direttiva 2010/31 / UE (EPBD RECAST) dove l'art. 9 prevede che "*Gli Stati membri assicurano che entro il 31 dicembre il 2020 tutte le nuove costruzioni siano edifici ad energia quasi zero*" (NZEB). Questo, da un lato vede numerose aziende che specializzandosi nella produzione di componenti ad alte prestazioni riescono a entrare nel mercato internazionale potendo fornire prodotti altamente innovativi; dall'altro si registrano nuove sperimentazioni tese a dimostrare la possibilità di dotare gli edifici di sistemi che offrono "dinamismi" utili alla gestione dei flussi, alla stregua di un organismo vivente. Tuttavia, le attuali normative sull'insieme di requisiti da soddi-

sfare da parte degli involucri edilizi, nonché le nuove esigenze abitative riguardo le aspettative di comfort, non sembrano più essere soltanto legate alla richiesta di efficienza energetica o alla durata nel tempo, ma a nuovi ventagli prestazionali da offrire e che riguardano sistemi tecnici sempre più rivolti a logiche di integrazione complessa. Tale complessità è altresì da mettere in relazione con le necessità di un controllo "misurabile", in ragione degli scambi di flusso tra ambienti differenti come, appunto, quello che si determina mediante gli strati funzionali dell'involucro tra l'edificio e il suo contesto. La continua richiesta di riduzione dei consumi a fronte di una crescente domanda di miglioramento della qualità abitativa, spinge l'innovazione del settore edilizio verso ambiti che, spesso, sbilanciano il rapporto tra progettista e attori della realizzazione come aziende, impiantisti, specialisti e imprese.

Se a questo quadro si affiancano le soglie normative e i trend di mercato, si evince come alcuni parametri, quali trasmittanza, inerzia, ecc., da grandezze fisiche inizino a diventare nuovi requisiti in termini di qualità da asseverare. Per soddisfare tali esigenze si registra una sempre più ampia necessità di sviluppare involucri innovativi ad "elevate prestazioni fluidodinamiche" le cui però espressioni prestazionali essendo legate alle variabili contestuali con cui si relazionano, spesso sfuggono alle qualità attese poiché queste sono state "progettate" ma non testate in condizioni simulate.

Tale quadro, indica che all'aumentare della complessità dei portati dell'involucro, ci sia la necessità di aumentare il ventaglio dei criteri di indagini prestazionali che ne sottendono sia progettazione sia funzionamento in uso. Criteri che spostano sempre di

An applied research laboratory for technological innovation processes in building

Abstract. The study aims to contribute to the debate on the role of research infrastructures in the dynamics that in this moment exists in the construction industry, requiring constant revisions and innovative drive. This is a research in progress aimed at the realization of a Testing Laboratory focuses its activities on tests and trials on the building envelope.

The goal is to respond to the challenges highlighted by the scenario where there is the need to develop innovative response envelopes from performance-related contextual variables. In this context, the role of research centers that carry out testing activities are particularly relevant, so the approach based on measurements in the regime "simulated" seems to be strategic for the actors in the construction industry.

Keywords: Advanced testing, Dynamic testing, Performance control, Building envelope, Technological innovation

Introduction

The setting of the construction industry in recent years has been characterized by the pressing demands of "new" quality. For example, with the Directive 2002/91 / EC, the European Union has focused on the energy issue involving the construction sector substantially and the performance of the envelopes in a particular way. Such attention has assumed an even greater role to EC Directive 2010/31 / EU (EPBD RECAST) where art. 9 states that "*Member States shall ensure that by 31 December 2020 all new buildings to be nearly zero energy buildings*" (NZEB).

This, on the one hand sees many companies specializing in the production of high-performance components that are able to enter the international market being able to deliver highly innovative products; the other registers new experiments designed to demonstrate

the feasibility of equipping the systems properties offering "dynamism" useful to the management of flows, like a living organism.

However, current regulations on the set of requirements that the building envelopes have to meet, as well as new housing requirements regarding the expectations of comfort, seem to be related no longer to the demand for energy efficiency or durability, but also to new ranges performance to offer that concern technical systems increasingly turned to the logic of complex integration.

This complexity is also to be linked with the need for a "measurable" control, because of the flow of exchanges between different environments, such as, what is precisely determined by the functional layers of the envelope between the building and its context. The continuous reduction of demand, in

più l'asse verso sistemi di valutazione da allineare ai contenuti innovativi e alle complessità dell'oggetto da testare e che, quindi, esigono un paritario livello innovativo. Sembra quindi che il ruolo delle infrastrutture di ricerca che conducono attività di testing rivolti al supporto applicativo del progetto e dei processi di innovazione tecnologica, assuma particolare e strategica rilevanza.

La ricerca

La ricerca qui descritta, si colloca nella tipologia di "Ricerca Applicata", ed è finalizzata alla realizzazione di un *Laboratorio di Testing Avanzato* che basa le proprie attività sull'insieme di prove codificate e sperimentali, aventi come oggetto l'involucro edilizio nei suoi diversi assetti tecnologici, stratigrafici e materici. L'infrastruttura di Ricerca è in via di ultimazione presso l'Università Mediterranea di Reggio Calabria, ed è stata finanziata con 8.600.000 €, tramite la partecipazione al Bando P.O.N. 2007-2013 "Ricerca & Competitività, Progetti di Potenziamento Strutturale", con il progetto "BUILDING FUTURE Lab".

La ricerca si è sviluppata seguendo un iter teso alla realizzazione di tre grandi strutture di prova, denominate *Test LAB*, *Test CELL* e *Test ROOM (TCRLab)*, in grado di lavorare su modelli in scala reale. Quindi un Laboratorio, da condurre all'accreditamento, rivolto alla certificazione dettata da Normativa Tecnica Unificata e da standard Internazionali rappresentati, in larga misura, da norme quali: UNI/EN13830-5, 12153-1, UNI/TS 11300-1; ASTM E331; AAMA 501.

Le generali ragioni della scelta del tema di ricerca risiedono nell'intento di accogliere le necessità di analizzare la qualità prestazionale del "sistema involucro", che dovrebbe essere assicurata dal rispetto dell'apparato normativo, nonché garantire la fertilità

delle opzioni di innovazione in ambito edilizio. Secondo il rapporto UNCSAAL14 2009-2010, il settore produttivo dei componenti d'involucro, nonostante il decremento produttivo congiunturale, sta puntando verso un'innovazione sempre più evoluta che mira alla produzione di componenti frutto di modellizzazioni, testing e feedback migliorativi, configurando sempre di più il «nuovo ruolo dell'involucro edilizio» come campo di ricerca consolidato. Per gli attori del settore edilizio, sembra quindi risultare strategico percorrere l'approccio basato su test di misura e valutazione prestazionale in regime "simulato". Inoltre, proprio per le caratteristiche derivanti dalla profonda innovazione che ha investito questo campo negli ultimi anni, anche i protocolli di Testing richiedono nuove modalità e infrastrutture in grado di offrire spettri di indagine in grado di rispondere ai tracciati innovativi.

È su questi assunti che si sviluppano le fasi di uno studio che ha focalizzato gli sforzi sulla realizzazione di un laboratorio che potesse supportare le scelte attraverso un ventaglio di servizi sperimentali derivanti da un progetto di ricerca innovativo. L'intento era realizzare un laboratorio articolato su un sistema di testing che, oltre a produrre certificazioni qualitative avesse la capacità di garantire requisiti che superassero alcuni limiti riscontrati durante le indagini di anteriorità, in realtà simili. Questo ha determinato un approccio rivolto principalmente a requisiti ed esiti di flessibilità, adattabilità, velocità e facilità di approntamento, contemporaneità di prova per azioni di benchmarking, rigore strumentale di supporto alle *alee* sperimentali. In definitiva, una ricerca di opzioni utili ad innovare le consolidate prassi di sperimentazione legate ad attività di testing. Tali intenti si sono in seguito concretizzati in scelte che hanno riguardato le dimensioni delle strutture, il disegno dei cinematismi, i sistemi di recupero

the face of a growing demand for consumption improvement of living quality, drives innovation in the construction industry towards areas that often unbalance the relationship between the designer and the construction actors like companies, plant engineers, specialists and enterprises.

If this framework is combined with the regulatory thresholds and market trends, it appears that some parameters, such as transmittance, inertia, etc., by physical quantities start to become new requirements in terms of quality asseverate. To meet these demands there is a growing need to develop innovative envelopes with "high performance fluid" whose performance, however, as they are linked to contextual variables with which they relate, often escape to the quality expectations as these have been "designed" but not tested under simulated conditions.

This framework indicates that with increasing complexity of the envelope, there is the need to increase the range of performance of investigations criteria that underlie both planning operation is in use. Criteria that always move more towards the axis of evaluation systems that have to be adapted to innovative content and complexity of the *object* to be tested and that, therefore, require an equal degree of innovation. It therefore seems that the role of research infrastructures that lead testing activities aimed at the application support the project and technological innovation processes, and assumes particular strategic importance.

The Research

The research described here lies in the type of "Applied Research", and aimed at the realization of a Testing Laboratory Advanced product that bases its

activities on the set of coded tests and experimental, operations concerning the building envelope in its various technological structures, stratigraphy and material. Infrastructure Research is nearing completion at the Mediterranean University of Reggio Calabria, and was funded with € 8.6 million through the participation in the call P.O.N. 2007-2013 "Research and Competitiveness, Structural Strengthening Project", with the "BUILDING FUTURES Lab" project.

The research was developed following a process aimed at the construction of three large test structures, called LAB Test, Test and Test CELL ROOM (TCRLab), able to work on full-scale models. So a laboratory, to lead to the accreditation, addressed to the certification dictated by Unified Technical Regulations and International Standards represented a large extent, by rules

such as: UNI / EN13830-5, 12153-1, UNI / TS 11300-1; ASTM E331; AAMA 501.

The general reasons for the choice of the research topic reside in order to accommodate the need to analyze the performance characteristics of the "envelope system", which should be assured by respecting the regulatory apparatus, and to ensure the fertility of the innovation options and building codes. According to the report UNCSAAL14 2009-2010, the productive sector of the envelope components, despite the cyclical decrease in production, it is pointing towards an innovation increasingly evolved which aims to produce the fruit components of modeling, testing and feedback for improvement, setting up more and plus the "new building envelope role" as a consolidated search field.

For the actors of the building sector, it

e riciclo dei flussi necessari ai circuiti, il dimensionamento della “potenza” delle macchine, il progetto dei meccanismi di simulazione, l’attrezzabilità e ottimizzazione degli spazi, il progetto della flessibilità e integrabilità delle strutture e attrezzature ed il progetto della sensoristica. In forza di questi approcci, alcune azioni di “due diligence” hanno posto il costruendo *TCRLab* all’avanguardia tra i laboratori di testing similari in campo internazionale.

Obiettivi e realizzazione della ricerca

Gli obiettivi intendono rispondere alle sfide indicate da molti versanti del dibattito contempo-

aneo dove si registra una sempre più ampia necessità di sviluppare involucri edilizi innovativi, la cui però risposta prestazionale è in modo innegabile legata alle variabili connesse alle condizioni ambientali con cui si relazionano. Il laboratorio vuole rispondere a questo, attraverso la simulazione modellata dei flussi ambientali, secondo protocolli normati ed è ideato come un continuo upgrade di strumentazioni, per svolgere attività legate ai trend di innovazione dei processi che realizzano involucri adattivi, integrati e ambientalmente interattivi. In ragione dell’originalità della commessa si è adottato un approccio *tailor made*, costruendo un iter operativo attraverso interlocuzioni e feedback con l’intero staff dell’industria aggiudicataria. Tale approccio ha visto una continua assistenza scientifica per lo sviluppo del sistema delle cinematiche, accessoristica e sensoristica, necessario alle routine di prova, rilevazione ed elaborazione finale.

Le tre sezioni *Test LAB*, *CELL* e *ROOM* – *TCRLab*, sono state progettate con l’intento di supportare “il progetto” attraverso l’offerta di un ventaglio di testing basato su due livelli operativi: la *certificazione* e la *sperimentazione*. Quindi un Laboratorio, ac-

apparently takes the strategic approach based on measuring and performance evaluation tests in “simulated regime”. Furthermore, because of the characteristics resulting from deep innovation that involved this field in recent years, the Testing protocols also require new modes. Infrastructure can offer survey spectra able to respond to these innovative paths.

It is on these assumptions that develop the phases of a study that has focused its efforts on the creation of a laboratory that could support the choices through a range of experimental services resulting from an innovative research project. The intent was to achieve an articulated laboratory testing system that, in addition to producing quality certifications had the ability to ensure requirements that exceed some limitations encountered during anteriority surveys, in similar fields.

This resulted in an approach aimed primarily at requirements and outcomes of flexibility, adaptability, speed and ease of preparation, test contemporaneity for benchmarking activities, instrumental rigor to support the experimental hazards. Ultimately, a research of useful options to innovate the established experimental practices related to testing activities.

These intentions were fleshed out in later decisions concerning the size of the structures, the design of the mechanisms, the recovery and recycling systems of the flows necessary for the circuits, the calculation of the “power” of the machines, the design of simulation mechanisms, the equipment and the optimization of the space, the design of flexibility and integration of facilities and equipment and the project of the sensors. Under these approaches, some actions of “due diligence” have

creditato, rivolto alla certificazione dettata da Normativa Tecnica Unificata e da Standard Internazionali, nonché effettuata secondo protocolli afferenti in larga misura alle “famiglie” UNI EN, ASTM e AAMA. L’altro livello è rivolto alle attività di sperimentazione in genere, focalizzate sull’assemblaggio di materiali e componenti in figura di involucro nei diversi assetti e tipologie, e in seguito avviato alle azioni proprie dei cicli modellistici e prototipali suscettibili di implementazioni e customizing in loco. Di seguito e in modo sintetico, sono indicate alcune caratteristiche dell’infrastruttura, le prove principali, le metodologie approntate per effettuarle, e i principali standard a cui rispondono.

Il Test LAB è una grande “camera di prova”, costituita da una struttura intelaiata in acciaio (h 18.20 x l 16.80 x 4), dove saranno montati i mock-up in scala 1:1 di facciate continue (definite dalla EN 13830:2015 – *Curtain Walling*), o elementi simili. La camera è chiusa su tre lati, mentre il quarto lato aperto è predisposto per il montaggio dei mock-up da sottoporre ai test (in ambiente stagno da pressurizzare in cicli normati). È dotata di tre travi “sismiche” per lo svolgimento delle prove di spostamento e per gli equilibri elastici, e di un carroponete per la movimentazione dei campioni, nonché sistemi di circolazione verticale per l’ispezione e montaggio del campione. Le “macchine” principali sono un grande ventilatore che simula venti fino a 200 Km/h; da una camera termica di grandi dimensioni (7 x 5 x 1.50) e da un simulatore di pioggia retrattile, co-brevettato dall’Autore.

Le principali prove che si potranno effettuare nella sezione sono: Permeabilità all’aria (EN 12152/ 12153); Tenuta all’acqua (in regime statico EN 12154/12155); Tenuta all’acqua (in regime dinamico AAMA 501.1/CWCT 7); Tenuta al vento (EN 12179/13116); Resistenza all’urto (EN 14019). (Fig. 1)

01 | Il Test Lab con la camera termica, archivio BFL, foto di Martino Milardi
Test Lab with thermal chamber, BFL archive photos of Martino Milardi



01 |



02 | Fase di montaggio della Test Cell, archivio BFL, foto di Martino Milardi
Assembling of Test Cell, BFL archive, photos of Martino Milardi

La Test CELL è una camera di prova a 6 superfici, finalizzata alle indagini delle prestazioni termiche delle chiusure (UNI/TS 11300 *Prestazioni energetiche degli edifici*) e alla sperimentazione di componenti di chiusure, coperture, serramenti, ecc... La struttura è progettata secondo specifiche termotecniche controllate ed equipaggiata da strumentazioni in grado di verificare i componenti in regime dinamico. È costituita da due parti, per una dimensione indicativa di 7 x 2,5 x 2,4 m. Il vano prova è realizzato con struttura a telaio, le cui partizioni sono realizzate in modo da prevenire la condensa interstiziale/superficiale tale

da impedire infiltrazioni e dispersioni di aria. È dotata di basamento girevole che permette di eseguire test di irraggiamento e illuminamento degli ambienti interni in funzione dei diversi orientamenti. Il telaio del vano prova è dotato di guide al fine di aumentare la flessibilità e velocità di alloggiamento degli involucri. Le superfici interne sono rivestite da *flux-tiles*, piastrelle adatte a sensori che misurano il flusso termico. L'attrezzatura che caratterizza le TCell è un "sole artificiale" (2m x 2m) che svolge prove IR in assetto variabile di simulazione delle latitudini e angoli β del percorso solare. (Fig. 2)

laid the building TCRLab forefront among similar testing laboratories internationally.

Objectives and implementation of research

The goals aim to respond to the challenges highlighted by many sides of the contemporary debate where there is a growing need to develop innovative building envelopes, but whose performance answer is so undeniably linked to the variables related to environmental conditions with which they relate. The laboratory wants to respond to this, through the modeled simulation of environmental flows, according standard protocols and is designed as a continuous upgrade of equipment, to carry out activities related to process innovation trend that perform adaptive envelopes, integrated and interactive environmentally.

Because of the originality of the order, it has adopted a tailor made approach, realizing an operating process through interlocution and feedback with the entire allotted industry staff. This approach has seen continued scientific assistance for the development of the kinematic system, accessories and sensors, needed to test routine, survey and final processing.

The three sections Test LAB, CELL and ROOM - TCRLab, have been designed with the intent to support "the project" by offering a test range based on two operational levels: certification and experimentation.

A laboratory, then, certified, addressed to the certification set by Unified Technical Regulations and International Standards, as well as adhered to protocols relating largely to the "families" UNI EN, ASTM and AAMA. The other level is open to experimentation

in general, focused on the assembly of materials and components in configuration of envelope in the different structures and types, and later started to own shares of modeling and prototyping processes capable of implementations and customizing on site. Below and briefly are indicated some infrastructure characteristics; the main evidence, the methodologies prepared to carry them out, and the main standards to which they respond.

The Test LAB is a large "test chamber", consisting of a steel framed structure (h 18.20 x l 16.80 x 4), where the mock-up will be mounted in 1: 1 scale of curtain walls (defined in EN 13830: 2015 - Curtain Walling), or similar elements. The room is enclosed on three sides, while the fourth open side is prepared for installation of the mock-up to be put to test (in pond environment to be pressurized in normed cycles). It

is equipped with three "seismic" beams for carrying out the displacement of tests and for the elastic equilibrium, and an overhead crane for the handling of the samples, as well as vertical movement systems for the assembly and inspection of the sample.

The "machines" are principally a large fan to simulate winds up to 200 km/h; by a large thermal chamber (7 x 5 x 1.50) and by a retractable rain simulator, co-patented by the Author.

The main tests may be conducted in the section are: Air permeability (EN 12152/12153); Water tightness (under static conditions EN 12154/12155); Water tightness (under dynamic conditions AAMA 501.1 / CWCT 7); wind resistance (EN 12179/13116); impact resistance (EN 14019). (Fig. 1)

The Test CELL is a test chamber at 6 surfaces, aimed at investigation of the thermal performance of the closures

La Test ROOM è il modello di una *stanza-tipo* nella quale saranno ricreate le condizioni termiche, igrometriche e luminose. Saranno svolte prove relative ai comportamenti fluidodinamici interni in rapporto alle sollecitazioni prodotte sulle “pareti modello”, configurate di volta in volta, anche secondo standard IAQ e HVAC. Presenta le tre pareti interne adiabatiche e di tenuta all'aria, mentre la quarta parete è smontabile (così come la copertura) a seconda i diversi componenti da testare. La Test Room produrrà analisi per mezzo di misure e software di simulazione dinamica; è inoltre prevista l'attrezzabilità della parete a contatto con l'esterno per le diverse composizioni stratigrafiche. Configurata con diversi tipi di impianti sarà monitorata in termini di consumi energetici, temperature di facciata e condizioni ambientali interne, valutando anche l'affidabilità dei modelli di simulazione. Una stazione meteorologica registrerà le condizioni esterne al fine di comprendere la relazione tra parametri e consumi, da rapportare ai risultati della simulazione dinamica. Al fine di coprire i principali requisiti richiesti oggi al progetto efficiente e all'innovazione edilizia, le attività delle due sezioni sono focalizzate in larga misura sulla verifica della conformità normativa e sulle opzioni sperimentali dettate dalle prove di caratterizzazione termica dei componenti d'involucro. Le indagini principali riguardano i “*parametri di trasmissione termica*” e gli “*apporti termici solari*”, riguardo le prove normate: conduttività termica dei materiali (UNI EN 12664; 12667); trasmittanza termica strutture opache e chiusure (UNI EN 1745, 10077 e 13947); calcolo ponti termici (UNI EN ISO 10211). Trasmittanza termica delle murature e di vetrate, in hot box (UNI EN ISO 8990, 673/674). Determinazione dell'emissività normale ed emisferica di superfici speculari (UNI EN 12898 ; ASTM C1371). Caratterizzazione solare delle chiusure trasparenti, oscuranti e opache (UNI EN 410, 14501, 13363).

(UNI / TS 11300 Energy performance of buildings) and the components of closures experimentation, roofs, doors, etc... The structure is designed according to specific heat engineering controlled and equipped by instrumentations able to verify the components in the dynamic regime. It consists of two parts, for an indicative dimension of 7 x 2.5 x 2.4 m. The compartment test is made with the frame structure, the partitions which are made to prevent interstitial / condensation on the surface such as to prevent infiltration of air and dispersions.

It is equipped with a swivel base that allows it to perform irradiation and illuminance of the interior test as a function of different orientations. The test of the compartment frame is provided with guides in order to increase the flexibility and speed of the envelopes placement. The internal surfaces are

coated with flux-tiles; tiles are suitable as sensors that measure the heat flow. The equipment featuring TCell is an “artificial sun” (2m x 2m) which plays IR evidence in trim simulation of variable β latitudes and corners of the solar path. (Fig. 2)

The test ROOM is the model of a room-type in which thermal conditions will be re-created including humidity and light. Tests will be conducted on the internal dynamic-fluid behavior in relation to the stresses produced on “model walls”, configured from time to time, also according to IAQ and HVAC standards. It presents the three adiabatic internal walls and air tightness, while the fourth wall is removable (as well as the cover) depending on the different components to be tested.

The test Room will produce analyzes by means of measures and dynamic

Risultati

I risultati sono da considerarsi intermedi in quanto la ricerca è in fase di completamento strutturale. Le attività fin qui svolte hanno prodotto:

- svolgimento di un Master di II Livello Universitario per 20 figure da impiegare nelle attività;
- deposito di un Brevetto Internazionale;
- avvio delle procedure per la costituzione di uno Spin-off universitario;
- stipula di un Accordo quadro con l'ITC-CNR;
- interlocuzioni strutturate con gli stakeholder e gli enti funzionali del territorio.

(Fig. 3)



Conclusioni

Lo studio ha come idea originante quella di realizzare un Laboratorio di Ricerca, in grado di offrire l'opportunità di superare il tradizionale metodo di trasferimento delle esperienze attraverso un'innovativa attività di testing. IL TCRLab mira ad inserirsi nell'attuale scenario delle Infrastrutture di Ricerca con l'obiettivo di conseguire finalità scientifiche e tecnologiche competitive nel lungo termine proponendo prodotti e/o servizi caratterizzati dalla certificazione di alta qualità prestazionale e conformi ai requisiti richiesti dalla normativa vigente. Tale infrastruttura considera le attuali richieste e necessità di verifica che riguarda il progetto in tutto il processo edilizio, divenendo uno strumento di sostegno e guida nelle scelte degli attori del settore edilizio, facilitando l'attività di controllo-confronto tra ciò che si progetta, ciò che si realizza e ciò che si gestisce. Si ritiene che l'insieme dei macchinari e delle strumentazioni di cui il TCRLab dispone nonché il ventaglio di simulazioni prodotte consentiranno non solo di valutare, quindi certificare, le caratteristiche e le prestazioni dei componenti edilizi in ragione di nuove richieste qualitative, ma faciliteranno lo sviluppo di ulteriori prassi sperimentali favorendo l'incremento dell'innovazione nel settore delle costruzioni.

simulation software; It is also provides for the easy-to-equip wall in contact with the outside for the different layers of the compositions. Configured with different types of facilities it will be monitored in terms of energy consumption, the façade temperatures and internal conditions, also considering the reliability of the simulation models. A weather station will record the external conditions in order to understand the relationship between parameters and consumption, to be related to the dynamic simulation results.

In order to cover the main requirements of today to efficient design and innovation construction, the activities of the two sections are focused largely on the verification of compliance, and on experimental options dictated by the thermal characterization tests of the envelope components. The main investigations concern "ther-

mal transmission parameters" and "solar thermal contributions", about the standard tests: thermal conductivity of materials (UNI EN 12664; 12667); Thermal transmittance of opaque structures and closures (UNI EN 1745, 10077 and 13947); calculation of thermal bridges (UNI EN ISO 10211). Thermal transmittance of walls and windows, hotbox (UNI EN ISO 8990, 673/674). Normal emissivity determination hemispherical specular surfaces (UNI EN 12898, ASTM C1371). Solar characterization of transparent, blinds and opaque closures (UNI EN 410, 14501, 13363).

Results

The results are to be considered as intermediates in the search and in the phase of structural completion. The activities carried out so far have produced:

REFERENCES

- Baker, P.H. and van Dijk, H.A.L. (2008), "Paslink and dynamic outdoor testing of building components", *Building and Environment*, No. 43, pp. 143-151.
- Baker, P.H. (2008), "Evaluation of round robin testing using the Paslink test facilities", *Building and Environment*, No. 43, pp. 181-188.
- Bloem, J.J., Baker, P.H., Strachan, P., Madsen, H. and Vandaele, L. (2010), "DYNASTEE – Dynamic Testing, Analysis and Modelling" in Papaglastra & Wouters (2010) *Stimulating increased energy efficiency and better building ventilation. Leading actions coordinated by INIVE eieg and sources of other relevant information on EU level and IEA ECBCS projects*, INIVE EEIG, Brussels, pp. 473-496.
- Flamant, G., Loncour, X. and Wouters, P. (2002), "Performance Assessment Of Active Facades In Outdoor Test Cells", In *Proceedings of The 23rd AIVC and Epic 2002 Conference (in conjunction with 3rd European Conference on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings)*, *Energy efficient and healthy buildings in sustainable cities*, October 2002, Lyon, France, pp. 23-26.
- Lauria, M. and Trombetta, C. (2015), *BUILDING FUTURE Lab. Ricerca sperimentale per la Sostenibilità nel Settore delle Costruzioni*, Maggioli, Rimini.
- Milardi, M., Rossetti, M. and Trombetta, C. (2015), Brevetto: IO 52938 – IT CS20140035.
- Strachan, P.A. and Baker, P. H. (2008), "Outdoor Testing, Analysis and Modelling of Building Components", *Building and Environment*, No. 43, pp. 127-236.
- Trombetta, C. and Milardi, M. (2015), "Building Future lab: a great infrastructure for testing", *Energy procedia*, 78, pp. 657-662. ISSN: 1876-6102.

- Carrying out of a second level Master for the training of 20 figures to be involved in the activities;
- An international patent filing;
- Start procedures for the establishment of a university spin-off;
- Conclusion of a framework agreement with the ITC-CNR;
- Interlocutions structured with stakeholders and the public body of the territory. (Fig. 3)

Conclusions

The study originates from the idea to build a research laboratory which can offer the opportunity to overcome the traditional experience-transfer method using an innovative testing activities. The TCRLab aims to reflect the current setting of Infrastructure Research with the aim to achieve scientific and technological competitive purposes in the long term by offering

products and/or services characterized by the performance of high-quality certification and comply with the requirements of applicable laws.

This infrastructure considers the current demands and needs verification on the project in the building process, becoming an instrument of support and guidance in the choices of the construction sector actors, facilitating the control-comparison activities between what is designed, what which it is realized and what it handles. It is believed that all the machinery and equipment of the TCRLab, as well as the range of simulations will allow not only to assess and then certify the characteristics and the performance of building components due to new quality requirements, but will facilitate the development of further experimental practice too, promoting the increase of innovation in the construction sector.