

PRIME3: Rapporto di Coordinamento Scientifico

*Original*

PRIME3: Rapporto di Coordinamento Scientifico / Grosso, Mario. - ELETTRONICO. - (2014).

*Availability:*

This version is available at: 11583/2572745 since:

*Publisher:*

*Published*

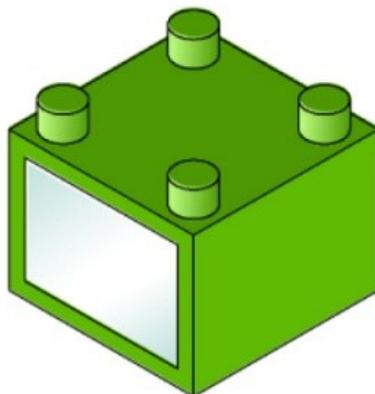
DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)



# PR.I.M.E<sup>3</sup>

PRocedure Innovative per Moduli Edilizi Energeticamente efficienti ed Ecompatibili

BANDO EFFICIENZA ENERGETICA IN AREE URBANE

M.A.T.T.M. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

CIG: 3334672263 CUP: F81C07000110003

## RAPPORTO DI COORDINAMENTO SCIENTIFICO

*Responsabile Scientifico: Prof. Arch. Mario Grosso*

*f.to il responsabile: \_\_\_\_\_*

*Torino, 30/12/2013*

## Indice

1. Introduzione
2. Obiettivi
3. Fasi e metodologia
4. Risultati
5. Trasferimento dei risultati a livello scientifico e didattico
  - 5.1. Pubblicazioni
  - 5.2. Partecipazione a Convegni
  - 5.3. Integrazione di conoscenze nella didattica curricolare
  - 5.4. Corsi e seminari

## ALLEGATI

- A) Pubblicazioni
- B) Presentazioni a Convegni Internazionali
- C) Programmi di corsi a distanza

## 1. Introduzione

Il presente rapporto descrive in sintesi il lavoro svolto nella ricerca PRIME<sup>3</sup>, dal punto di vista dell'approccio scientifico, fornendo un quadro di lettura generale ai documenti specifici relativi ai diversi sottosistemi affrontati. Gli obiettivi generali (quelli specifici dei sottosistemi sono illustrati nei rapporti relativi), previsti nel programma originario – ridimensionati e ridefiniti nella fase di approvazione e di delibera del finanziamento – sono descritti in termini di risultati attesi e confrontati con i risultati raggiunti.

Si elencano, altresì, le azioni di carattere scientifico (escluse, cioè, le operazioni attinenti la progettazione architettonica e gli elaborati grafico-descrittivi dei sistemi analizzati) svolte nelle varie fasi e la metodologi eseguita, secondo una lettura che confronta il livello programmatico con quello operativo realizzato, evidenziando le eventuali differenze e gli aggiustamenti compiuti in corso d'opera.

Si illustrano, infine, le operazioni di trasferimento scientifico e didattico della conoscenza acquisita durante l'attività di ricerca, nonché gli aspetti riguardanti le potenzialità di trasferimento tecnologico, a livello industriale, dei risultati della ricerca stessa.

## 2. Obiettivi

Obiettivo generale della ricerca è stato quello di sviluppare e sperimentare un'unità edilizia modulare (PR.I.M.E<sup>3</sup>, sistema integrato agente quale regolatore termico) caratterizzata da alta efficienza energetica e ridotte emissioni di gas serra in atmosfera.

Partendo dal presupposto che gli impegni presi con il Protocollo di Kyoto richiedono un cambiamento radicale nella progettazione e costruzione degli edifici, responsabili per quasi il 40% delle emissioni di gas serra e dei consumi energetici, l'impegno programmatico del progetto PR.I.M.E<sup>3</sup> si è basato sulla constatazione che non bastavano le strategie previste dalla normativa in fatto di efficienza, bensì occorresse un'impostazione integrata che tenesse conto del comportamento dell'edificio nell'arco dell'anno, nelle diverse zone geografiche italiane.

In tale ottica, i benefici ambientali attesi sono:

1. diretti – abbattimento del 70% del fabbisogno energetico netto, a parità di uso e comfort, rispetto a strutture tradizionali analoghe e dell'80% delle emissioni di CO<sub>2</sub> e riduzione nell'uso di materia prima per la produzione di materiali isolanti di sintesi;
2. indiretti – ricadute sulle filiere del processo produttivo e del mercato edilizio/impiantistico, con particolare riferimento alla diffusione dei sistemi alternativi sperimentati di condizionamento dell'aria e all'impiego di materiali isolanti ricavati dal recupero e riciclaggio degli scarti industriali dei settori tessile e del pneumatico.

Obiettivi specifici espressi in fase di programma erano i seguenti.

- a. Risultati della ricerca direttamente trasferibili all'edilizia residenziale, industriale e del terziario, sia nelle nuove costruzioni, sia nelle ristrutturazioni, utilizzando i sottosistemi sviluppati e le procedure di progettazione e realizzazione, anche combinati con tecnologie ambientali già presenti sul mercato.
- b. Sviluppo e applicazione, in modo sistemico, standardizzato e controllato di:
  - D) tecniche e tecnologie che sfruttano le caratteristiche microclimatiche (vento, gradiente termico) del luogo in cui l'edificio è localizzato, con la soluzione di problematiche aperte, quali il conflitto tra ventilazione naturale e dispersioni termiche nella stagione di riscaldamento e il trattamento dell'umidità;
  - E) tecnologie di recupero del calore delle acque di scarico (con riutilizzo delle stesse);
  - F) tecnologie di trasformazione di scarti industriali, altrimenti destinati allo smaltimento, in prodotti termo-fonoassorbenti per la coibentazione degli edifici;
  - G) modelli di aggregazione di moduli edilizi, ad alta efficienza energetica e basse emissioni, per la realizzazione sostenibile di interventi di rinnovo delle aree urbane.

### **3. Fasi e metodologia**

Nella rimodulazione economica del Capitolato Tecnico del progetto, con invio effettuato ad integrazione della documentazione consegnata con nota del 06/06/2011, si indicava che le fasi progettuali, per numero e tipologia, dovessero rimanere uguali al progetto originale; cambiando invece le intensità delle azioni svolte durante tali fasi e la finalizzazione delle stesse. In particolare, si evidenziava che fin dalla fase 6 si dovesse cominciare a lavorare per la realizzazione dei modelli di studio e dei componenti dei prototipi ai fini dell'applicazione pratica delle nuove tecnologie, procedure e prodotti. Ciò avrebbe comportato una netta riduzione delle attività di ricerca su più fattispecie astratte a favore della focalizzazione, sui modelli concreti di studio applicabili (progettazioni esecutive) e sui componenti da prototipizzare (esattamente così come definiti nel progetto originale) che avrebbero fornito il materiale per l'immediato e concreto trasferimento tecnologico sul mercato.

Si rimarcava, altresì, che il nuovo approccio proposto era reso possibile anche dal fatto che i richiedenti, nel lasso di tempo trascorso fra la prima presentazione del progetto ed il responso di ammissione, avevano già svolto e finanziato autonomamente gran parte delle attività di indagine e ricerca preliminare, su casi e tipologie astratte, senza l'inserimento delle stesse nel budget di spesa rimodulato, che per tale motivo risultava notevolmente alleggerito.

Ciò premesso, si esaminano di seguito le fasi del progetto, individuandone le operazioni previste, quelle svolte e la metodologia seguita.

Fase 1: In tale fase, riferita al periodo temporale successivo alla presentazione della domanda di agevolazione a valere sul primo bando e prima della pubblicazione del secondo, termine dal quale parte l'ammissibilità delle spese, si sono svolte le ricerche bibliografiche necessarie a definire lo stato

dell'arte delle tecnologie individuate nei diversi sottosistemi. L'impegno residuo rimasto, inserito nel budget di spesa rendicontabile, ha l'organizzazione del progetto dal punto di vista formale e procedurale.

Fasi 2, 3, 4 e 5: rappresentano, come nella stesura originale, le fasi di ricerca pre-applicativa, di tipo astratto, prima dei modelli di studio e della prototipazione dei componenti, per fattispecie generali. Si riferiscono a un'indagine mirata, al contrario della prima stesura, che avrebbe fornito un panorama composto da diverse fattispecie, dove solo nella fase 10 si sarebbe giunti ad una selezione e definizione più concreta ed applicativa dei risultati. Nella nuova formulazione si prefigurava una maggiore concentrazione su scelte già individuate, in modo da poter procedere alla formulazione di soluzioni architettoniche e tecnologiche definitive. La finalità d'indagine di ampio spettro era ora cambiata in finalità applicativa più immediata. Durante tali fasi, pertanto, si sarebbero approfondite le soluzioni applicative più idonee, seppure con attività ancora afferenti al campo della ricerca.

Questo avrebbe permesso, già dalla fase 6, di cominciare a lavorare sulla progettazione e realizzazione di modelli di studio concreti e componenti prototipali.

L'indagine inerente alla possibilità di recupero del calore dalle acque di scarico era stata accantonata a favore di soluzioni più vantaggiose in termini di efficienza ambientale e di fattibilità tecnica, soprattutto ai fini dell'immediata applicazione sul mercato del sottosistema acque.

Ciò premesso, le operazioni effettivamente svolte sono di seguito illustrate.

#### Fase 2. Strutturazione del metaprogetto.

Tale fase si riprometteva di definire le esigenze e i requisiti tecnici, i criteri di ordinamento e sviluppo, le prestazioni attese, dei sottosistemi e del modulo PR.I.M.E quale unità integrata, nonché le modalità tecniche di controllo e verifica dei risultati.

Sono state svolte le seguenti operazioni:

- a. metaprogetto del modulo PR.I.M.E<sup>3</sup>, inteso come definizione del quadro delle esigenze, delle specifiche e dei requisiti tecnici, delle funzioni del sistema;
- b. definizione delle procedure di analisi, monitoraggio e valutazione dei risultati e delle prestazioni raggiunte.

#### Fase 3 – Progettazione architettonica ed elaborazione del modello di unità edilizia e delle tipologie aggregate.

Il supporto scientifico a tale fase ha riguardato lo sviluppo del modello nella sua unità di sistema e nelle sue tipologie aggregate, nonché il controllo della coerenza tra elaborati grafici e quadro metaprogettuale.

Fase 4 – Progettazione dei sottosistemi del modulo e degli elementi tecnologici complementari; studio delle modalità di integrazione funzionale degli stessi.

In tale fase si sono elaborati gli schemi concettuali e funzionali per la realizzazione dei modelli di studio e delle relative metodiche di verifica prestazionale tramite prove di laboratorio e strumenti di simulazione, per i seguenti sottosistemi.

- a. Ventilazione Naturale Controllata e Raffrescamento Passivo: prima concettualizzazione del Sistema-parete detto H-NAC (Hybrid-Natural Air Conditioning); progetto del sistema prototipale per le misure e i test di laboratorio, presso il Laboratorio prove *Tecnologia, Materiali e Componenti* “R. Mattone” del DAD, Politecnico di Torino (di seguito “Laboratorio”).
- b. Coibentazione con l’utilizzo di materie prime-seconde, ad alto potere d’isolamento, provenienti dagli scarti dei processi industriali di diverse filiere (tessile, materassi, carta, pneumatici): analisi dei materiali isolanti prodotti con macchinari CORMATEX e delle relative prestazioni termiche certificate al fine di selezionare i pannelli campione su cui misurare la permeabilità al vapore (parametro non disponibile allo stato della ricerca); configurazione del metodo e dello strumento per la verifica prestazionale energetico dell’involucro del modulo singolo tramite il programma di calcolo Termolog Epix 3.
- c. Studio e Definizione delle modalità di integrazione fra sottosistemi e componenti funzionali: prima analisi della collocazione dei pannelli isolanti nelle chiusure opache del modulo edilizio; ipotesi di configurazione della serra bioclimatica.

Fase 5 – Elaborazione CAD delle configurazioni del modulo PR.I.M.E<sub>3</sub> ed analisi delle prestazioni attendibili.

In tale fase si sono supportate le operazioni di definizione delle soluzioni progettuali del modulo singolo, verificando l’integrazione tra tipologia strutturale e composizione stratigrafica delle chiusure opache, in cui si sono collocati i pannelli isolanti CORMATEX.

Si sono, altresì, definiti i requisiti e le specifiche tecniche per effettuare le prove di laboratorio della permeabilità al vapore di campioni di due tipi materiali CORMATEX, uno di origine da scarti tessili, l’altro da scarti di pneumatici, selezionati come ottimali per l’inserimento nelle chiusure opache e partizioni orizzontali strutturali del modulo PR.I.M.E.<sup>3</sup>.

Fasi 6, 7, 8, 9, 10: rappresentano le fasi applicative, di concretizzazione della ricerca. In particolare, come nella stesura originale del progetto, si sarebbe partiti dalla realizzazione dei modelli/casi di studio concreti con test in ambiente confinato, proseguendo con le parametrizzazioni e lo sviluppo dei sistemi di monitoraggio delle prestazioni, per concludere con la prototipizzazione delle componenti, così come previsto dal progetto originale e dalla predisposizione di quanto necessario per l’immediato trasferimento tecnologico sul mercato. Tutte le voci di queste fasi afferiscono alla “realizzazione di casi studio e di prototipi, compresi i sistemi di monitoraggio per la valutazione della prestazione degli stessi”, in cui l’impegno globale dei richiedenti è identico a quello già indicato nella

prima stesura del progetto. Le operazioni di supporto scientifico effettivamente svolte sono di seguito descritte.

#### Fase 6 - Realizzazione dei modelli di studio, sperimentazione in ambiente confinato e laboratorio

In questa fase si sono sviluppati i modelli di studio dei sottosistemi a valenza energetica, finalizzati ad una verifica sperimentale (in laboratorio) e simulata (con strumenti di calcolo) delle prestazioni termofisiche e fluidodinamiche dei sottosistemi stessi.

In particolare, si sono eseguite le seguenti operazioni.

6a – Progettazione e realizzazione del modello virtuale per il sottosistema di ventilazione naturale controllata e raffrescamento passivo: elaborazione di tre configurazioni funzionali del sistema-parete H-NAC integrante lo scambiatore LoPHEX, le celle a adsorbimento dell'umidità e il sistema di raffrescamento evaporativo.

6b – Progettazione e realizzazione del modello virtuale per il sottosistema coibentazione: configurazione e predisposizione dei dati di input per il calcolo del fabbisogno energetico netto di climatizzazione invernale del modulo PRIME<sup>3</sup> singolo.

6c – Test e prove sui modelli sperimentali: analisi fluidodinamica sul modello di scambiatore di calore LoPHEX, con simulazione dei turbolatori; costruzione di un prototipo di torre per raffrescamento evaporativo a caduta d'aria e esecuzione di misure termo igrometriche in Laboratorio con susseguente analisi dei dati e elaborazione di un modello predittivo degli effetti di abbassamento della temperatura all'uscita dell'aria.

6b: Simulazioni e verifica delle prestazioni termo-igrometriche dell'involucro: calcolo del fabbisogno di climatizzazione invernale del modulo singolo per le tre località di riferimento di PRIME<sup>3</sup>.

6c: Organizzazione ed analisi dei risultati; reiterazioni di fase e ridefinizione delle specifiche tecniche e dei progetti di massima del modulo PRIME<sup>3</sup> sulla base dei dati di calcolo e sperimentali.

#### Fase 7 - Elaborazione dei criteri di parametrizzazione del modulo PR.I.M.E3 sulla base delle variabili climatiche per le tre località di riferimento del territorio italiano

Le analisi parametriche sono state finalizzate a determinare le potenzialità di alcune componenti essenziali dei sottosistemi a funzione energetica e ambientale, in condizioni variabili delle caratteristiche climatiche, geometriche, tecnologiche, dei materiali e d'uso.

7a – Parametrizzazione del potenziale di funzionamento del sistema di raffrescamento evaporativo, come componente del sistema parete H-NAC.

7b – Parametrizzazione dell'efficienza dello scambiatore di calore LoPHEX in funzione dei dati dimensionali delle canalizzazioni.

7c – Parametrizzazione del funzionamento della serra bioclimatica, integrata al modulo singolo e aggregato.

#### Fase 8 – Studio e sviluppo del sistema di monitoraggio e controllo delle unità modulari e degli aggregati

In tale fase si sono elaborati i risultati dei test di laboratorio e dei programmi di simulazione dalle fasi precedenti, al fine di impostare un sistema di monitoraggio delle prestazioni dei sottosistemi analizzati. Si è, inoltre, analizzato un modello di controllo, su base domotica, del loro funzionamento integrato nel modulo PR.I.M.E.<sup>3</sup>. In particolare, si sono svolte le seguenti operazioni.

8a – Monitoraggio e controllo del sottosistema H-NAC, componenti raffrescamento evaporativo e scambiatore di calore LoPHEX .

8b – Monitoraggio e controllo del sottosistema H-NAC, componente celle ad adsorbimento (a zeoliti) con rigenerazione da energia solare.

8b – Verifica prestazionale del sottosistema Coibentazione e interazione con la componente serra bioclimatica.

8c – Analisi e modello di funzionamento del sottosistema Ciclo acque, con riferimento al recupero termico delle acque di scarico da bagni, docce e lavabi, per le tre località di riferimento.

8d: Analisi di mercato sui sistemi di controllo microclimatico e monitoraggio di edifici residenziali e terziari.

8e: Linee guida per l'applicazione di un sistema di controllo microclimatico e monitoraggio al modulo PR.I.M.E.<sup>3</sup>.

#### Fase 9 – Analisi dei risultati e definizione dei criteri di sviluppo del modulo PR.I.M.E.<sup>3</sup>

In tale fase si sono analizzati i risultati delle attività precedenti relative ai test di laboratorio, alle simulazioni, alle analisi parametriche e di mercato, per giungere alla definizione di criteri progettuali del modulo PR.I.M.E.<sup>3</sup>, singolo e aggregato, anche tramite l'acquisizione di software in grado di eseguire simulazioni di tipo dinamico.

In particolare, in relazione ai vari sottosistemi, si sono svolte le seguenti operazioni.

9a – Sottosistema H-NAC: simulazioni fluidodinamiche (CFD), tramite il software FLUENT.

9b – Sottosistema Coibentazione: calcoli dei fabbisogni di climatizzazione invernale e estiva del modulo singolo e aggregato, tramite il software Termolog Epix 3 (aggiornato con modulo serra e calcolo estivo).

9c – Sottosistema Serra Bioclimatica: simulazioni energetiche del comportamento annuale tramite il software Design Builder (Energy Plus)

9d – Sottosistema Ciclo Acque: calcolo del potenziale di recupero termico delle acque grigie da scarichi di bagni, docce e lavabi, per il modulo PR.I.M.E<sup>3</sup> residenziale aggregato (dimensione minima 3 piani, due scale), nelle tre località di riferimento.

9e – Sottosistema Controllo Microclimatico e Monitoraggio: sviluppo di un modello per il funzionamento integrato dei sottosistemi.

#### Fase 10: Realizzazione di prototipi dei singoli sottosistemi e di modelli dimostrativi del modulo PR.I.M.E.<sup>3</sup>

Questa è la fase centrale dell'intero progetto, in cui i risultati delle fasi precedenti convergono per concretizzarsi nello sviluppo di prototipi dei singoli sottosistemi e di modelli dimostrativi del modulo PR.I.M.E.<sup>3</sup>, singolo e aggregato.

In particolare, si sono sviluppate le seguenti azioni.

10a – Progettazione e costruzione del prototipo del Sistema-parete H-NAC, in Laboratorio, comprensivo dei componenti “raffrescamento evaporativo *Rain Shaft*” e “scambiatore di calore *LoPHEX*” e predisposto per l'installazione delle celle ad adsorbimento, del rigeneratore solare ad acqua e del camino solare.

10b – Predisposizione degli elaborati di progettazione esecutiva, con relative specifiche tecniche e capitolari, del prototipo di Sistema-parete H-NAC, al fine di una sua riproducibilità in campo.

10c – Modello dimostrativo di funzionamento termico invernale dei moduli singolo e aggregato (in linea) e relativa classificazione energetica, per le tre località di riferimento.

10d – Modello dimostrativo di funzionamento termico estivo dei moduli singolo e aggregato (in linea) e confronto con i limiti di legge, per le tre località di riferimento

10e – Modello dimostrativo del risparmio annuale di energia primaria ottenibile, con l'applicazione della coibentazione CORMATEX e del sottosistema H-NAC, e dell'indice di de-carbonizzazione (riduzione delle emissioni di gas serra) correlato, per le tre località di riferimento.

10f – Modello dimostrativo di funzionamento annuale della serra bioclimatica applicata al modulo singolo PR.I.M.E.<sup>3</sup>, per le tre località di riferimento.

10g – Modello dimostrativo di funzionamento del Sottosistema di Recupero Termico delle acque grigie da bagni, docce e lavabi, per le tre località di riferimento.

10h – Modello dimostrativo del sistema di Controllo Microclimatico e Monitoraggio, applicato al modulo PR.I.M.E.<sup>3</sup>.

10i – Modelli dimostrativi del sistema strutturale innovativo in alluminio dei moduli PR.I.M.E.<sup>3</sup>, singolo e aggregato, in diverse tipologie edilizie.

10l – Modelli dimostrativi architettonici dei moduli PR.I.M.E.<sup>3</sup>, singolo e aggregato, in diverse configurazioni e tipologie morfologiche.

Fase 11 – Redazione di documenti tecnici idonei alla divulgazione dei risultati ed al trasferimento tecnologico, pianificazione delle attività informative e formative

I tale fase conclusiva si sono svolte le seguenti categorie di attività.

11a – Predisposizione della documentazione tecnica da pubblicare sulla stampa specializzata e da inviare ai portatori d’interessi.

11b – Predisposizione di seminari e workshop.

11c – Predisposizione di percorsi formativi da proporre ad Enti di formazione.

11d – Creazione di un portale dedicato alla diffusione dei risultati ed al supporto tecnico per l’applicazione degli stessi.

I contenuti di carattere scientifico di dette attività sono oggetto di trattazione nel Cap. 5.

## **4. Risultati**

Complessivamente, i risultati conseguiti nell’attività di ricerca rispondono agli obiettivi posti.

La principale variazione, rispetto al programma, consiste nell’aver affrontato anche il tema del recupero termico delle acque grigie, che era invece stato scartato nella rimodulazione del programma stesso.

Dal punto di vista dell’approccio metodologico, si è posto un accento superiore a quanto previsto sugli aspetti di modellazione dei vari sottosistemi, mentre la parte di sviluppo a livello di prototipo ha caratterizzato principalmente quei sottosistemi – quali il sistema parete H-NAC e la componente strutturale associata all’involucro coibentato – per i quali il tipo di sperimentazione, le conoscenze acquisite, l’efficacia dei risultati e l’innovazione tecnologica hanno consentito e stimolato una maggiore definizione di dettaglio e costruttiva.

## 5. Trasferimento dei risultati a livello scientifico e didattico

### 5.1 Pubblicazioni

Dai risultati della ricerca PR.I.M.E.3 sono scaturiti, ad oggi, i seguenti articoli su argomenti direttamente o indirettamente connessi ai risultati stessi; tali articoli sono pubblicati, in fase di revisione o accettati per la pubblicazione.

1. Grosso, M., “Il raffrescamento passivo degli edifici: parte prima”, *qzero*, anno 3, n. 08, pp. 50-57, luglio 2013, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO).
2. Grosso, M., “Il raffrescamento passivo degli edifici: parte seconda”, *qzero*, anno 3, n. 09, pp. 46-53, ottobre 2013, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO).
3. Chiesa, G., Grosso, M., Simonetti, M., “A 3-field Earth-Heat-Exchange System for a School Building in Imola, Italy: monitoring results”, *Renewable Energy*, Volume 62, February 2014, Pages 563–570, Elsevier, London.
4. Chiesa, G., Simonetti, e S. Sola, “Low pressure drops heat exchanger for passive ventilation: simulation results”. Articolo in fase di revisione per la rivista *Energy and Buildings*, Elsevier.
5. Grosso, M. e G. Chiesa, “PR.I.M.E.<sup>3</sup>: PRocedure Innovative per Moduli Edilizi Energeticamente efficienti e Ecocompatibili”. Articolo accettato per la pubblicazione sul 1° numero 2014 della rivista on-line TEKNÉ della SidTA (Società Italiana di Tecnologia dell’Architettura).

### 5.2 Partecipazioni a Convegni internazionali

Connessi, direttamente o indirettamente, alle tematiche della ricerca PR.I.M.E.<sup>3</sup> sono le seguenti presentazioni, effettuate o inviate per la partecipazione a Convegni e Workshops internazionali di settore.

1. Grosso, M., “A ventilative cooling system in a School Building, Imola, Italy”, presentato all’International Workshop: Ventilative cooling – Need, Challenges and Solution Examples, Bruxelles, 19-20 Marzo 2013.
2. Grosso, M., “Advanced passive technology for water saving, sustainable food supply, and comfortable urban space”, QF-ARC-D-13-01049, Poster presentato alla *Annual Research Conference 2013: “Qatar’s Cross-cutting Research Grand Challenges”*, 23-25 novembre 2013, Doha, Qatar.

3. Grosso, M. "NHAC-Wall System. Natural/Hybrid Air Conditioning modular system for nearly zero-energy buildings and retrofitting". Abstract submission for the 2014 AIVC-TIGHVENT Conference, September 24-25 2014 Poznan – Poland.

### **5.3 Integrazione di conoscenze nella didattica curricolare**

Le tematiche affrontate nella ricerca PR.I.M.E.<sup>3</sup> hanno trovato uno sbocco didattico nei seguenti insegnamenti dei Corsi di Laurea in Architettura, di cui il Coordinatore scientifico prof. Mario Grosso è titolare:

1. *Environmental and Technological Design*, tenuto in lingua inglese, Corso di Laurea in Architettura/Architecture, III anno, Politecnico di Torino.
2. *Atelier Sostenibilità nel Progetto Edificio-Impianto*, Corso di Laurea Magistrale in Architettura per il Progetto Sostenibile, II anno, Politecnico di Torino.

### **5.4 Corsi e seminari**

Le tematiche affrontate nella ricerca PR.I.M.E.<sup>3</sup> hanno trovato una correlazione nelle seguenti lezioni in Corsi per i Master RIDEF di Milano e ABITA di Firenze, nonché per due corsi FAD (Formazione a Distanza,) tenuti dal Coordinatore scientifico prof. Mario Grosso:

1. *Tecnologie per il Raffrescamento Passivo degli Edifici*, Ciclo di lezioni al MASTER RIDEF, Politecnico di Milano, marzo 2012, marzo 2013.
2. *La Ventilazione Naturale Controllata e il Raffrescamento Passivo Ventilativo degli edifici*, Ciclo di lezioni al MASTER ABITA, Università di Firenze, novembre 2011, novembre 2012, dicembre 2013, Firenze.
3. *La Ventilazione Naturale Controllata per la climatizzazione estiva degli edifici*, registrato per la SOLMAP nel giugno 2013.
4. *Il controllo solare nella climatizzazione estiva degli edifici*, registrato per la SOLMAP nell'aprile 2013.