

Andrea Levra Levron, Donatella Marino, Riccardo Pollo,  
Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino, Italia

andrea.levralevron@polito.it  
donatella.marino@polito.it  
riccardo.pollo@polito.it

**Abstract.** Il patrimonio di edilizia residenziale pubblica italiano, pur minore rispetto ad altri paesi europei, è ingente. Le politiche degli ultimi decenni hanno facilitato l'offerta di abitazioni da parte del settore privato, l'accesso alla proprietà e la dismissione del patrimonio di ERP (Edilizia Residenziale Pubblica), spesso degradato ed obsoleto. Si impone, quindi, il tema della sua riqualificazione per l'importante ruolo sociale, soprattutto nell'attuale crisi. Uno dei fattori ricorrenti della bassa qualità dello stock edilizio è l'assenza di un'organica attività manutentiva. Il contributo riporta i risultati di una ricerca condotta con l'ATC (Agenzia Territoriale per la Casa) del Piemonte centrale volta ad individuare metodi per la stima e l'analisi del fabbisogno manutentivo e strumenti previsionali per la pianificazione degli interventi di riqualificazione.

**Parole chiave:** Edilizia residenziale pubblica, Riqualificazione, Manutenzione, Durabilità, Ciclo di vita

## Introduzione

L'obiettivo dello studio è l'elaborazione di metodologie per la pianificazione della manutenzione, riqualificazione e gestione di consistenti patrimoni immobiliari. Il contributo si basa su di un caso studio e illustra i primi risultati di una ricerca condotta dal Dipartimento di Architettura e Design in collaborazione con un importante ente proprietario e gestore di edilizia residenziale: ATC del Piemonte centrale.

I patrimoni immobiliari, in particolare quelli di proprietà pubblica, presentano spesso bassi livelli di qualità a causa delle carenze manutentive. Per tale motivo possiamo ragionevolmente inserire il tema della manutenzione, inteso in accezione ampia, nell'ambito della riqualificazione. Una strategia di intervento sul patrimonio edilizio esistente presuppone una adeguata ed estesa conoscenza delle sue caratteristiche e dello stato di efficienza dell'intero stock allo scopo di attuare politiche efficaci.

Il tema della programmazione della manutenzione, intesa quale attività volta a mantenere nel tempo adeguati livelli di qualità e di prestazioni del sistema edilizio, è stato oggetto di una estesa attività

## Refurbishment of Social housing: a survey of the building stock owned by ATC Torino

**Abstract.** The Italian public housing building stock is considerable, although quantitatively less than that of other European countries. The public policies adopted in the last decades have pushed the supply of housing by the private sector and supported the sale of the assets by the public housing authorities. Those buildings are often degraded and obsolete. Nevertheless, the issue of redevelopment of this part of the residential building stock is a central focus, also because of its important social role, especially in the current period of crisis. One of the recurring factors in the Italian case is the low quality of this building stock due to the lack of an organic maintenance activity. The paper reports the first results of a research carried out by the Department of Architecture and Design in cooperation with a social housing public authority, the Regional Agency for the Central Piedmont House (ATC). The goal of the research was the

di ricerca a livello nazionale (Molinari, 2002; Di Giulio, 1999) e internazionale a partire dagli anni '80 del secolo scorso. Le metodologie sviluppate<sup>1</sup> hanno portato a un'estesa produzione normativa sia a livello nazionale che internazionale con recenti sviluppi nell'ambito della valutazione del ciclo di vita in termini economici, tecnologici, ambientali.

Le metodologie proposte negli ultimi anni associano software di gestione a strumenti quali il BIM (Building Information Modeling). Tuttavia, l'applicazione di queste metodologie presuppone la disponibilità di dati strutturati in modo utile in specifici data base (Talamo, 2015). Nella maggior parte delle situazioni reali di gestione di estesi patrimoni, tale struttura informativa è limitata all'anagrafica amministrativa, lasciando alla documentazione cartacea gli aspetti tecnici, anche per l'età del patrimonio gestito. In questi casi, il tempo necessario per la costituzione di una base di dati utile alla gestione del patrimonio esistente, spesso storico, è incompatibile con l'urgenza di attuare razionali processi di gestione e riqualificazione. Si pone, pertanto, una netta distinzione tra edificio nuovo ed esistente. In quest'ultimo caso la costituzione di una base di dati adeguata a descrivere in modo efficace il sistema, per il singolo edificio e ancor più per un patrimonio consistente, si presenta troppo onerosa, lunga e poco accurata.

Per rispondere a questa esigenza sono state elaborate nel passato alcune metodologie speditive per l'analisi del Patrimonio edilizio esistente, quali EPIQR, che hanno, tuttavia, diffusione limitata.

Il metodo proposto si differenzia per l'attenzione ai fenomeni di degradamento e alle loro conseguenze su durabilità e manutenzione. Tali dinamiche rilevate per i singoli edifici, sono messe in relazione ai dati relativi al patrimonio con l'utilizzo, da un lato, della cartografia tecnica attraverso una piattaforma GIS (Geographic Information

development of methodologies for estimating and analysis of maintenance requirements. Moreover, the study suggests and develops a forecasting tool for the planning of maintenance operations and redevelopment of the large building estates.

**Keywords:** Social housing, Refurbishment, Maintenance, Durability, Life cycle

## Introduction

The goal of the study is to develop methodologies for the planning of the maintenance and rehabilitation activities of large housing estates. The contribution is based on a case study and presents the first results of a research carried out by the Department of Architecture and Design in collaboration with a major public housing authority: the Territorial Agency of Central Piedmont House (ATC). The real estate assets, particularly those in public

ownership, often has low levels of quality because of lack of maintenance. For this reason, we can reasonably encompass the building maintenance subject, in the regeneration and refurbishment concept. A strategy of intervention on existing buildings requires appropriate and extensive knowledge of its facilities. Moreover the efficiency of the entire supply chain of maintenance activities is needed to implement an effective policy of housing. The issue of maintenance scheduling, intended as activities aimed at keeping adequate levels of quality and performance of the building system, has been the subject of extensive research activities at national and international levels since the early 80s of the last century. The developed methodologies<sup>1</sup> have led to an extensive production of standards both at the Italian level and internationally with recent developments of standards in as-

System), per misure geometriche e consistenza, dall'altro delle informazioni dell'anagrafica patrimoniale. Inoltre, nella fase di rilievo si utilizzano le informazioni derivanti dall'esperienza dei tecnici attivi sul territorio nelle attività di presidio, i building manager.

Tali fonti sono utilizzate per ricavare, attraverso algoritmi, stime dello stato di conservazione dei manufatti, degli interventi richiesti, delle priorità e delle risorse finanziarie necessarie. L'output così ottenuto orienta le decisioni in merito a programmi di manutenzione, interventi di riqualificazione, gestione degli asset e dismissioni.

Va notato che il personale tecnico incaricato della compilazione delle schede di rilievo ha esclusivamente il compito di riconoscere le alterazioni e degradazioni già catalogate nelle schede fornendo una valutazione qualitativa, sulla base di precise linee guida e riferimenti anche fotografici, dell'estensione del fenomeno. Il compito di valutare le conseguenze sull'edificio è affidato al modello di valutazione sviluppato e può essere messo ulteriormente a punto dalla struttura tecnica centrale dell'agenzia.

Si evidenzia, quindi, una fase di reperimento dei dati da cartografia GIS, di accoppiamento con i dati da anagrafiche, di rilievo dei fenomeni di degrado in atto, di rielaborazione in termini di gravità e occorrenza in relazione a caratteristiche dei singoli edifici, quali età di sistemi e componenti, tipologia, localizzazione ecc.

Il background è quello delineato dalla ricerca sui temi della conoscenza del patrimonio edilizio e dei sistemi informativi (Di Sivo, 1996; Maspoli, 1996), e della normativa tecnica. Per altro verso, il riferimento è all'uso delle metodologie di analisi dei modi di guasto FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) nell'ambito delle costruzioni (Talon A., 2005) e della durabilità (De Angelis, 1999; Daniotti, 2012). Analoga importanza assumono le analisi del ciclo di vita rispetto alle variabili economiche ed energetiche (Becchio et al., 2016).

assessment of the life cycle in economic terms, technologic, environmental. The methods proposed in recent years coupled maintenance management software to tools such as BIM (Building Information Modeling). However, the application of these methods requires the availability of structured data in a useful way in specific database (Talamo, 2015). Many large housing estates have only administrative data bases and technical data sheets as well as drawings of buildings in electronic format are not available. The reason is the huge costs to digitalize the documents and the time required. Most of the buildings are old and sometime the documents are lacking. On the other hand such data and documents are needed to implement an effective maintenance and use of buildings and facilities. A difference has to be considered between existing buildings, and in

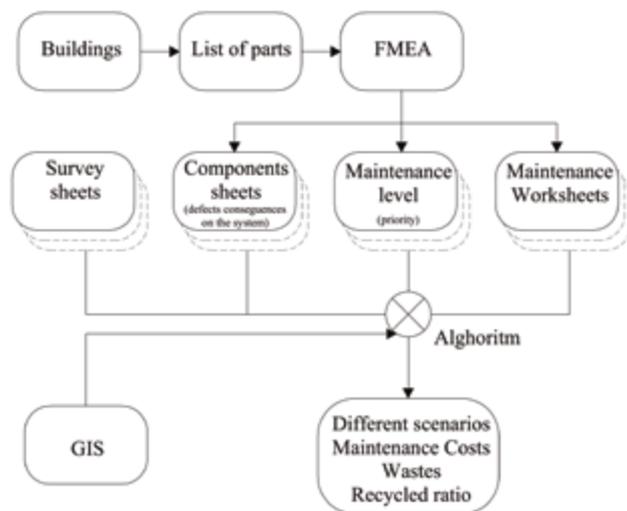
some case heritage buildings, and new buildings. For these ones we can afford the design and management tools like BIM or building maintenance management software. For the old buildings where documents and drawings are lacking we must set up appropriate tools to evaluate and manage the building life cycle. A complete survey of existing buildings in order to allow the same information processing as the new ones would be too expensive, time consuming and even less accurate. To fulfill this need have been developed in the past some methods and software for the analysis of the existing building heritage, e.g. the EPIQR software. Nevertheless the widespread of such methods has been limited. The proposed method is distinguished by the attention to the degradation phenomena and to their impact on durability and maintenance needs. Such dynam-

## Metodologia

La ricerca sviluppa un metodo di valutazione dei fabbisogni manutentivi e delle priorità di intervento che associa semplicità e rapidità d'uso ad un sufficiente livello di accuratezza, integrabile nei sistemi informativi esistenti. Il primo obiettivo viene raggiunto limitando il numero dei fenomeni di degradamento osservati ai più significativi, il secondo derivando i giudizi sugli interventi da attuare dal riscontro oggettivo di fenomeni ricorrenti e nel rilievo e nella gestione (fessurazioni, corrosione di parti ecc.). Inoltre, non sono richieste misure e le quantità vengono stimate dal sistema, utilizzando i dati dal GIS e dall'anagrafica, sulla base dell'osservazione del tecnico sul grado di diffusione del fenomeno.

La metodologia elaborata si basa su di un'analisi dei modi di guasto, derivata dalle metodologie FMEA e attuata mediante la messa a sistema delle conoscenze disponibili in letteratura e dell'esperienza sul comportamento in servizio dei sistemi, sottosistemi e componenti del sistema edilizio. Per ogni parte significativa dell'edificio si sono individuate cause e conseguenze dei guasti sul componente edilizio e sul sistema nel suo complesso. A ciascuna manifestazione dei modi di guasto sono associati, determinati livelli di gravità e interventi manutentivi necessari al ripristino della funzionalità.

Come illustrato dallo schema che segue (Fig. 1) la valutazione su ciascun edificio viene condotta utilizzando le indicazioni derivanti dalla FMEA e da un rilievo rapido dei fenomeni di degradamento in atto che consentono, mediante l'uso di specifici algoritmi e dei dati ricavati da una piattaforma GIS e dall'Anagrafica amministrativa dell'ente gestore, di stimare il fabbisogno manutentivo in relazione a priorità predefinite.



01 | Schema di flusso della metodologia  
Methodology Flow Chart

<b>R_1.1.1</b>	Building: ...	Address: ...	Date: ...	Operator: ...
	Perimeter: ...	m		
	Levels: ...			
	Type: ...			
	Functional system	ENVELOPE		

02 |

Subsystem: CLADDING								
Component	RSL Reference Service Life [yrs]	Age [yrs]	Defect	Image	Defect evaluation			
PLASTER	45	...	Lack		0,2 singular	0,4 common	0,6 extensive	0,8 general
			Detachment		0,2 singular	0,4 common	0,6 extensive	0,8 general
			Cracks		0,2 singular	0,4 common	0,6 extensive	0,8 general
			Blister		0,2 singular	0,4 common	0,6 extensive	0,8 general
			Peeling		0,2 singular	0,4 common	0,6 extensive	0,8 general
			Chromatic alteration		0,2 singular	0,4 common	0,6 extensive	0,8 general
			Washout		0,2 singular	0,4 common	0,6 extensive	0,8 general
			Biological film		0,2 singular	0,4 common	0,6 extensive	0,8 general
			Vandalic attack			Present	Not present	

02 | Esempio di scheda di rilievo  
Survey sheet sample

I risultati del rilievo, costituiti da indicazioni relative agli stati di degradamento dei singoli elementi dell'organismo edilizio sulla base di specifiche schede (Fig. 2), vengono valutati ed elaborati in base a soglie prestabilite di intervento. Tali soglie, corrispondenti al rispetto delle classi di requisiti (sicurezza, risparmio energetico, conservazione, fruibilità e aspetto) possono essere

variate/aggiornate in funzione di specifiche considerazioni da parte dei gestori per ciascuna modalità di guasto, indipendentemente dal rilievo. L'elaborazione dei dati di rilievo, "filtrati" dalle soglie, permette di esaminare diversi scenari di intervento. Ai livelli di degrado rilevati corrispondono interventi manutentivi standard per le diverse componenti del sistema.

ics are detected for each building and connected to the data of the building stock as a whole. This feature is made in two ways. On the one hand, the data are extracted from the city map through a GIS (Geographic Information System) platform, for the geometric measures. On the other hand, the data are coming from the master data of the agency. Moreover, we used information derived from the experience of building managers of the agency. These data sources have been used by the research team to develop the model and algorithms. Such algorithms allow to estimate, from the survey of the building defects considered the condition of the artifacts, the failures, the interventions required, the priorities and the raw estimate of maintenance costs. The output of the model oriented decisions about maintenance programs, redevelopment, asset management and

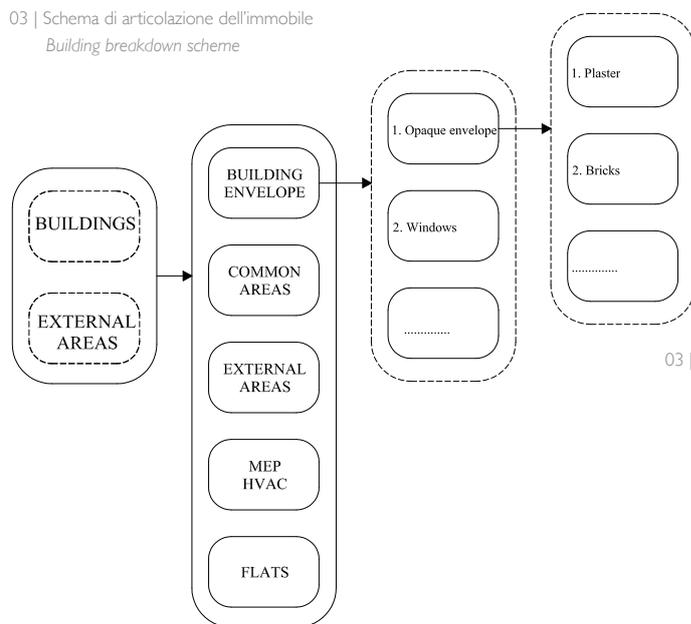
divestment. It has to be noted that the building managers charged of the survey have only to recognise the defects collected in the predefined survey sheets giving a qualitative evaluation of the defect extension. The liability of the evaluation of the defects consequences on the building facilities is of the evaluation model developed that can be tune up by the central technical staff of the agency. The background of the study is outlined, in the one hand, by the research on issues of knowledge of the housing stock and information systems (Di Sivo, 1996; Maspoli, 1996), and by the technical standards issued in the past decades. On the other hand, the reference is to the use of methods of failure modes analysis of in the building domain (Talon, 2005) and durability (De Angelis, 1999; Daniotti, 2012). Furthermore are important the economic

as well as energy assessments (Becchio, 2016).

#### Methodology

The research develops a method of assessment of maintenance needs and priorities of intervention that combines simplicity and speed of use with a good level of accuracy and can be integrated into existing information systems. The first objective is achieved by limiting the number of degradation phenomena observed to the most significant, the second by the ease of the survey due to the objective evidence of phenomena observed (cracks, corrosion of parts etc.). Also, measures are not required and the quantities are estimated by the system, using data from the GIS and from master data. The extension of degradation phenomena comes from the combination of qualitative assessment of the building manager and the

algorithms. The method developed is based on condition monitoring of the buildings and the compilation of survey sheets for the significant parts of the building for maintenance. As illustrated by the following flow chart (Fig. 1) the evaluation of each building is carried out following the assumptions of the FMEA. Through the use of specific algorithms and information from the quick survey of the buildings, the GIS platform and the master data base of the agency the maintenance requirements can be estimated. The results of the survey, consisting of information relating to the state of degradation of the individual elements of the building organism based on specific survey sheets (Fig. 2), are evaluated and processed on the basis of pre-established thresholds of intervention. These thresholds, corresponding to the respect of the classes of require-



I dati del rilievo possono, inoltre, essere messi in relazione all'età stimata delle parti, (che non corrisponde necessariamente all'età dell'edificio). In tal modo, una volta acquisiti dati relativi a più edifici con componenti e sottosistemi di età diverse può essere osservata la dinamica di degradamento e, di conseguenza, stimate soglie temporali di intervento con operazioni di inferenza statistica. La precisione della previsione può, inoltre, essere migliorata attraverso successivi rilevamenti. I presupposti dell'analisi sono:

- L'individuazione di una classificazione tipo-tecnologica dell'edificio e delle sue parti (involucro, copertura ecc.) che manifesti comportamenti peculiari rispetto alle dinamiche di degradamento e/o di manutenzione;
- La scomposizione del sistema edilizio in parti significative per la manutenzione;
- La stima attendibile dell'età dell'edificio e delle sue parti principali (struttura, copertura, intonaci, serramenti ecc.);
- L'individuazione delle principali caratteristiche tecnologiche dei materiali (ad es. intonaco a base cementizia, infissi in legno ecc.);
- L'identificazione univoca dei fabbricati (sulla base dei codici identificativi e delle anagrafiche degli enti gestori);
- La disponibilità di dati geometrici e di altri dati quali l'epoca di costruzione, i piani, il n.ro di scale, il n.ro di alloggi. Tali dati possono essere ricavati dagli archivi informatici esistenti nonché da banche dati numeriche e cartografiche, geo-referenziate.

Il criterio di classificazione si basa su sistemi funzionali cioè caratterizzati da identità di agenti sollecitanti e di funzioni (Lee, 1997). Nello schema viene riportata il criterio di scomposizione adottato. (Fig. 3) Per ogni sistema avremo una serie di sottosistemi a loro volta scomposti in componenti di cui vengono analizzati i comportamenti nel tempo.

ments (safety, energy saving, conservation, usability and appearance) may be changed/updated by the central technical staff of the owner. The processing of the survey data, "filtered" by the thresholds, can give different scenarios of intervention. The levels of degradation detected correspond standard maintenance interventions for the different components of the system.

The survey data can also be related to the estimated age of the parties, (which does not necessarily correspond to the age of the building). In this way, the acquired data related to more buildings with components and subsystems of different ages allows the observation of the dynamics of degradation and, consequently, the estimate of the temporal thresholds of intervention through statistical inference operations. The observed phenomena are related to the failure modes identified on the basis of

the technical literature and the experience of the technical structure. Each failure mode is associated with the severity and maintenance operations needed for operational availability. The analysis assumptions are:

- The identification of a technological class of the building and its parts (load bearing structure, cladding, cover and so on.);
- The breakdown of the housing system in significant parts for maintenance
- The reliable estimated age of the building and its main parts (structure, roof, plaster, windows etc.);
- The identification of the main technological characteristics of materials (e.g. Concrete-based plaster, wooden window frames etc.);
- The identification code of the buildings (on the basis of master data of the agency);
- The availability of data (e.g. surface,

### Il caso studio

Il patrimonio di edifici gestiti dalla ATC del Piemonte centrale è diversificato. Sono presenti edifici di proprietà e edifici gestiti appartenenti ad altri enti. L'ambito territoriale è la Provincia di Torino. Dei circa 31.000 alloggi in carico ad ATC 18.000 sono di proprietà dell'ente, i restanti 13.000 appartengono ad altri soggetti pubblici. La Città di Torino è il proprietario più consistente con circa 10.000 alloggi. All'interno di questo patrimonio una parte consistente ha carattere storico, risalendo ad un'epoca anteriore al 1950. Inoltre, gli edifici dell'ATC costituiscono parti di città significative per qualità architettonica e urbanistica. Le epoche di costruzione sono principalmente riconducibili alle fasi storiche di sviluppo dell'edilizia residenziale pubblica, a partire dall'inizio del XX secolo e con una particolare intensità nei decenni dal 1950 agli anni '70. I quartieri costruiti a partire dai primi anni del secolo sino agli anni '40 del XX secolo, sono caratterizzati da murature portanti, solai in c.a. e in acciaio e

age, number of stairs, number of apartments).

Such data may be derived from existing computer files as well as geo-referenced numerical and cartographic databases. The classification criterion is based upon the functional systems criterion that is characterized by identifying stressing agents and functions (Lee, 1976). The diagrams shows breakdown of the parts adopted. (Fig. 3) The functional systems are split in sub-systems which are divided in turn in components.

### The case study

The building stock managed by the ATC of the central Piedmont is large and mixed. There are buildings owned and managed by the agency as well as buildings belonging to other public bodies. The geographical area is the Province of Turin. Of the approxi-

mately 31,000 apartments in charge of ATC, about 18,000 are owned while the remaining 13,000 belong to others. The City of Turin is the largest owner with about 10,000 units. Within this building stock a major part is of a historical nature, going back to a time before 1950. In addition, some ATC buildings and districts have a significant architectural and urban quality. The periods of construction of the buildings are mainly due to historical stages of public housing development, from the beginning of the twentieth century and with a particular intensity in the decades from the 1950's to the 70's. The neighborhoods built from the early years of the century until the 40's of the 20<sup>th</sup> century, are characterized by load-bearing walls, reinforced concrete slabs and steel beams, plastered facades and roofs with wooden structure and mantle tiles. Similar features are also pre-

laterizio, facciate intonacate e coperture con struttura in legno e manto in tegole. Caratteristiche simili sono presenti anche nelle edificazioni dei primi anni del secondo dopoguerra. Edifici ad ossatura in c.a. e tamponamenti in laterizi faccia a vista o intonacati, quasi sempre associate a murature perimetrali a cassa vuota, sono tipici degli anni dalla fine degli anni '50 sino ai periodi più recenti. La prefabbricazione a grandi pannelli, sono state le tecnologie adottate a partire dagli anni '60 e sino agli anni '80. Meno frequenti sono i sistemi di industrializzazione del cantiere quali il *Coffrage tunnel* e i sistemi a *Banches et tables*.

### Fasi della ricerca sul caso studio

Lo sviluppo dell'attività di ricerca sul caso studio ha previsto le seguenti fasi:

1. Analisi delle tipologie costruttive;
2. Individuazione di un campione;

3. Definizione generale dei livelli prestazionali (sicurezza, economia di gestione ed energia, fruibilità, aspetto);
4. Definizione della procedura di valutazione, in particolare:
  - Suddivisione in sistemi funzionali caratterizzati da comportamenti peculiari: involucro, spazi comuni, aree esterne, impianti, alloggi.
  - Identificazione dei modi di guasto.
5. Definizione delle schede di rilievo;
6. Elaborazione delle schede relative al campione.

I dati geometrici contenuti nella cartografia (Carta tecnica comunale di Torino, scala 1 : 1000) mediante il sistema informativo geografico (GIS) sono stati collegati alle anagrafiche amministrative dell'ente. Il software utilizzato è stato Arc Map, prodotto da ESRI. Tale applicazione ha permesso la stima automatica di quantità quali la superficie delle coperture, la superficie delle facciate e delle finestre ecc. (Fig. 4).

04 | Estrazione dei dati nel GIS  
GIS data sample

sent in the buildings of the early years after World War II. Buildings of the years from the late 50's through to the most recent periods are characterized by concrete frame, cavity walls clad by bricks or plastered. Prefabrication in large panels, were the technologies adopted since the 60's and up to the 80's but only in few cases. Less frequent are the construction systems such as *Coffrage tunnels* and *Banches et tables*.

### Steps of the case study

The stages of the research on the case study have been the following:

1. Analysis of the construction types;
2. Identification of a sample;
3. General definition of performance levels (security, building preservation and energy saving, use, appearance);
4. Definition of the evaluation procedure, in particular:
  - Division into functional systems: building envelope, common areas, outdoor areas,



05 | Il 'cruscotto' dell'edificio. Estrazione dei dati relativi ad uno degli edifici esaminati per quanto riguarda l'involucro opaco. L'istogramma evidenzia il livello di criticità. Il livello di criticità 1 è funzione del numero dei degradamenti che possono dare origine a problemi di sicurezza (ad es. distacchi di intonaco). Nella tabella a destra vengono estratti automaticamente dal sistema i degni presenti

The building maintenance 'dashboard'. Data relating to one of the buildings of the sample in regard to the building envelope. The histogram shows the level of criticality. The criticality level 1 is related to the number of degradations that may give rise to safety problems (eg. plaster detachments). The table on the right shows the system degradations

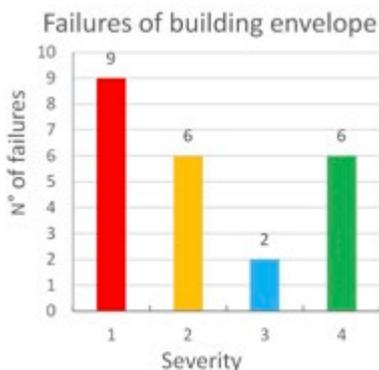
Coerentemente con l'obiettivo di semplificazione del modello è stato individuato un numero ridotto di tipo-tecnologie.

In particolare si distinguono:

1. Murature portante;
2. Edifici ad ossatura in c.a.;
3. Edifici prefabbricati a grandi pannelli;
4. Edifici con struttura a *Coffrage tunnel* o a *Banches et tables*.

05 |

<b>Building Identification Code</b>	<b>6930791</b>
<b>Address</b>	<b>CORSO MOLISE 57/G</b>
<b>Area</b>	<b>North</b>
<b>Construction type</b>	<b>B2</b>
<b>Year of construction</b>	<b>1970</b>
<b>Levels</b>	<b>11</b>
<b>Stairs</b>	<b>6</b>
<b>Total flats</b>	<b>92</b>
Covered area [m <sup>2</sup> ]	1359,84
Perimeter [m]	291,5
Facade area [m <sup>2</sup> ]	10594,05
Net interior area [m <sup>2</sup> ]	11755,57
Windows area [m <sup>2</sup> ]	1469,45
Net facade area [m <sup>2</sup> ]	9124,60
Inter-storey height [m]	3,30
Base height [m]	1,50
Pilotis	no
Roof Slope	27°
Drainpipe	16
Length of drainpipe [m]	580,80
Stairs area [m <sup>2</sup> ]	165,00
Entrance hall area [m <sup>2</sup> ]	16,50
Roof cover area [m <sup>2</sup> ]	1526,28
Paved area [m <sup>2</sup> ]	500
Green area [m <sup>2</sup> ]	600



## Risultati dell'analisi del caso studio

La metodologia elaborata, applicata al territorio comunale di Torino, è stata testata su di un primo campione composto da 57 edifici, per una superficie lorda sviluppata stimata di m<sup>2</sup> 285291. Gli edifici considerati e inseriti nel GIS sono 1109, su di un totale di 1737 edifici gestiti nell'intera Area Metropolitana (già Provincia di Torino). Le verifiche sulla determinazione delle quantità tramite i dati estratti dal GIS e i già citati algoritmi (superfici coperte, sviluppate, superficie delle facciate ecc.) sono risultate, a confronto con gli elaborati progettuali dell'Ente, sufficientemente accurate, con scostamenti inferiori al 5%. Per gli edifici parte del campione sono state compilate le schede di rilievo, un centinaio per edificio, attraverso sopralluoghi e interviste con i tecnici di zona addetti alla manutenzione degli immobili. Tali schede hanno comportato l'attribuzione di punteggi, compresi tra 0 e 1, sulla base di stime dell'estensione del degrado, senza richiedere misurazioni. Al livello delle anomalie, corrispondenti ai singoli degni rilevati è stata assegnato un grado di gravità, rispetto ai requisiti (sicurezza, risparmio energetico, fruibilità e aspetto). Inoltre, è stato possibile effettuare una stima dei costi di manutenzione relativi all'involucro opaco, sicuramente la componente più significativa. Sulla base di queste considerazioni è stato elaborato un "cruscotto" per evidenziare le priorità di intervento su ciascun edificio. Nella figura (Fig. 5) si noti l'incidenza dei degni, distinti secondo classe di requisiti, per

Failures of building envelope				
Severity	1	2	3	4
Number of failures	9	6	2	6
	Detachment of the plaster	Plaster cracks	Fair faced clay brick cracks	Plaster erosion
	Fair faced clay brick delamination	Blisters of plaster	Capillary rising dampness	Chromatic alteration
	Fair faced clay brick cracks near the slab	Water infiltration through floor balcony	-	Washout
	Fair faced clay brick deformation	Degradation painting of metal railings	-	Biological film
	Detachment of cover balconies	Detachment /cracks base	-	Vandalism
	Front walls of balconies cracks	Cracks in the sidewalks - water infiltration risk	-	Cracks of joints in the wall
	Front walls detachment	-	-	-
	Metal railings disconnection	-	-	-
	Metal railings corrosion	-	-	-

l'involucro di un edificio del campione. Il campione esaminato, individuato all'interno del patrimonio della ATC e diversificato per età e tipologia, ha, inoltre, mostrato una concentrazione dei degradi e dei costi di manutenzione negli edifici costruiti negli anni '70 e '80. La spiegazione di tale fenomeno può essere ricercata sia nel fatto che il patrimonio più vecchio è già stato nel passato oggetto di interventi manutentivi straordinari sia nella relativa maggiore vulnerabilità degli edifici edificati negli anni '60 e '70 del secolo scorso.

## Conclusioni

La metodologia sviluppata associa alle procedure di rilevamento/mappatura dei fenomeni di degradamento, la diagnosi e la definizione di scenari di intervento definibili in base alla gravità dei fenomeni e alle priorità individuate. L'elaborazione delle valutazioni espresse in fase di rilievo, si avvale di dati amministrativi generalmente già contenuti nel sistema informativo degli enti proprietari/gestori resi disponibili mediante l'utilizzo di un data base e di una piattaforma GIS. In tal modo è possibile elaborare in tempo reale dati significativi su un elevato numero di edifici. Il sistema, che prende in considerazione anche gli spazi esterni agli edifici (spazi verdi, parcheggi, fabbricati accessori) assume una valenza di carattere territoriale permettendo valutazioni a livello di quartiere, distretto, aggregato urbano. Inoltre, i dati ricavati vengono rielaborati e messi in relazione, oltre che con la collocazione fisica nell'abitato (consentendo ad esempio considerazioni sulla correlazione tra fenomeni di degradamento e severità dell'esposizione), con l'età dei manufatti, con le tecnologie adottate, con le tipologie edilizie, con l'epoca di costruzione.

- HVAC services, apartments.
- Identification of failure modes.
- 5. Definition of survey data sheets;
- 6. Processing of the data from the survey on the sample.

The geometric data in cartography (Technical map of Turin, scale 1: 1000) using the GIS have been linked to the agency master data. The software used was Arc Map, produced by ESRI. This application has allowed the automatic estimation of quantities such as the building envelope surface, the surface of the windows, surface of roofs etc. (Fig. 4). Bearing in mind the objective of ease of the model a small number of type-technologies have been identified, in particular:

1. Masonry walls load bearing structure
2. Concrete frame
3. Prefabricated buildings
4. *Coffrage tunnel* or a *Banches et tables structure*

## Results of the case study

The survey carried out and the methodology developed in the study has been tested on a sample of the ATC buildings of the municipality of Turin. The buildings of the sample were 57 buildings with an estimated gross floor area of m<sup>2</sup> 285291. The whole number of buildings partially examined are 1109, on a total of 1,737 buildings operated by ATC throughout the Metropolitan Area (formerly Province of Turin). The checks on the extracted data from the GIS and calculated by the above-mentioned algorithms (covered area surface of the facades etc.) appear sufficiently accurate, with deviations of less than 5%. The survey forms, about one hundred per building, have been filled through surveys and interviews with building managers of the agency. These cards allow the attribution of scores, ranging from 0 to 1, on

La rilevazione rapida dello stato di conservazione e dei conseguenti interventi manutentivi effettuata a scala urbana permette, inoltre, valutazioni importanti per le strategie di rigenerazione urbana quali le stime dei rifiuti da demolizione conseguenti dall'adozione di determinate strategie manutentive.

La metodologia elaborata si presenta quindi applicabile a tutti i vasti patrimoni edilizi gestiti da enti pubblici e privati con diverse destinazioni d'uso e in diversi ambiti geografici e tecnologici, a livello nazionale e internazionale.

L'originalità della procedura consiste nella combinazione di un'analisi tecnologica specifica dei fenomeni che si manifestano nei singoli edifici, fondata sull'analisi a priori di alcune centinaia di modi di guasto peculiari, con i dati disponibili all'interno di archivi esistenti e della cartografia a scala territoriale.

Inoltre, il sistema si presenta come uno strumento dinamico di aiuto alla decisione attraverso la considerazione di priorità (sicurezza, consumi energetici, funzionalità) e l'elaborazione di scenari articolati.

Un elemento di criticità nell'applicazione è rappresentato dalla relativa soggettività dei giudizi espressi dai tecnici che viene, però, mitigata dal riferimento a fenomeni specifici di degradamento e anomalie osservabili generalmente noti agli operatori. L'utilizzo del sistema è, quindi, riservato a personale formato e, preferibilmente ai Building manager addetti alla cura degli specifici edifici.

Inoltre, la metodologia necessita di un aggiornamento nel tempo dei costi degli specifici interventi di manutenzione anche in funzione delle tecnologie. Tuttavia, le procedure elaborate presentano una totale trasparenza dei nessi causali consentendo successive correzioni degli algoritmi e messe a punto della procedura.

the single degradation or alteration on the basis of the extent estimates, without requiring measurements. To each single level of degradation detected a severity level, has been assigned compared to the requirements (safety, energy saving, ease of use and appearance). Furthermore, an estimate of maintenance costs relative to the building envelope has been made. Based on these considerations a 'dashboard' to highlight the priorities of intervention for each building has been developed. In the figure (Fig. 5) the incidence of degradations, related to the requirement class is known, for the envelope of a building in the sample. The sample examined has also shown a concentration of failures and maintenance costs in buildings constructed in the 70's and 80's. The explanation of this phenomenon can be found, on the one hand, in the fact that the oldest

heritage has already been in the past subject to major maintenance work, in the other, in relatively worst construction quality for the buildings built in the 60's and 70's of the last century.

## Conclusions

The methodology suggested combines the procedures of detection / mapping of degradation phenomena, diagnosis and definition of intervention scenarios based on the severity of the phenomena with the priorities of intervention. The elaboration of the observations of the survey is made possible extracting information from the master data base by the owners and from the data coming from the GIS platform. In this way, significant data can be processed in real time on a large number of buildings. The system, which takes into consideration the external spaces to buildings (green

## NOTE

<sup>1</sup> Sul tema è presente una ricca bibliografia a livello internazionale a partire dai volumi di J.P. Garcia, M. Jouvent, *Gestion et entretien des immeubles d'habitation*, Eyrolles, Paris, 1978 e, in ambito anglosassone, Lee R., *Building maintenance Management*, Crosby & Lockwood & Staples, London 1976. A livello italiano ricordiamo C. Molinari, *Manuale di manutenzione edilizia*, Sistemi editoriali, Napoli, 2002, Di Giulio, *Manuale di manutenzione edilizia*, Maggioli, Milano, 1999, M. Di Sivo, *Il progetto di manutenzione*, Alinea, Firenze, 1992, R. Pollo, *Qualità affidabilità manutenzione*, Cortina, Torino 1990. A livello normativo la Commissione manutenzione promossa da Claudio Molinari, a partire dalla norma UNI 10604 "Criteri di progettazione, gestione e controllo dei servizi di manutenzione di immobili" del 1997, ha dato origine ad una articolata serie di norme sino alla UNI EN 15331 del 2011 "Criteri di progettazione, gestione e controllo dei servizi di manutenzione degli immobili".

## REFERENCES

- Baroth, J., Breyse, D., Schoefs F. (2011), *Construction Reliability - Safety, Variability and Sustainability*, Wiley, Hoboken, NJ.
- Becchio, C., Ferrando, D. G., Fregonara, E., Milani, N., Quercia, C., Serra, V. (2016) "The cost-optimal methodology for the energy retrofit of an ex-industrial building located in Northern Italy", *ENERGY AND BUILDINGS*, vol. 127, pp. 590-602.
- Cattaneo, M., Di Sivo, M., Furlanetto, L. and Ladiana, D. (2007), *Cultura di Manutenzione*, Alinea Editrice, Firenze.
- Di Giulio, (1999), *Manuale di manutenzione edilizia*, Maggioli, Milano, 1999.
- Daniotti, B., (2012), *Durabilità e manutenzione in edilizia*, UTET, Torino.
- De Angelis, E., Pollo, R., (1999) "Sistemi di controllo dell'affidabilità edilizia nel tempo", in *Curcio, S. (Ed.), "Manutenzione dei patrimoni immobiliari - Modelli, strumenti e servizi innovativi"* Maggioli, Milano, pp. 209-224.
- Di Sivo, M. (1992), *Il progetto di manutenzione*, Alinea, Firenze.
- Lee, R. (1976), *Building maintenance Management*, Crosby & Lockwood & Staples, London.
- Pollo R., Levra Levron A. (2015) "Durability, Use and Re-use of Building Stock", Proceedings of 31<sup>th</sup> International PLEA Conference "Architecture in (R)evolution", September 9 - 11, 2015, Bologna.
- Molinari C., (2002), *Manuale di manutenzione edilizia*, Sistemi editoriali, Napoli.
- Power, A., (2008), "Does demolition or refurbishment of old and inefficient homes help to increase our environmental, social and economic viability", *Energy Policy*, 36, pp. 4487-4501.
- Re Cecconi F, De Angelis E. (2008), *Guasti in edilizia. Ammaloramenti dell'edificio, suggerimenti di ripristino e di prevenzione*, Maggioli, Milano.
- Sarja, A. (2006), *Predictive and Optimised Life Cycle Management Buildings and Infrastructure*, Taylor & Francis, London & New York.
- Sjostrom, C., Trinius, W. and Chevalier, J.L. (2005), *Life Performance of Construction Materials & Components*, PeBBu Domain 1 Final Report, CIB, Rotterdam.
- Talon, A. (2005), "Temporal quantification method of degradation scenarios based on FMEA", the 10<sup>th</sup> Durability of Building Materials and Components (10DBMC), Lyon, France, 17-20 April 2005, pp. 21-28.
- Ximenes S., de Brito J., Gaspar P.L., Silva A., (2014) "Modelling the degradation and service life of ETICS in external walls", *Materials and Structures* July 2015, Volume 48, Issue 7, pp. 2235-2249.
- areas, parking lots etc.) has a particular significance also in urban regeneration studies allowing evaluations at the district as well as urban level. Moreover, the data processed by the model can be correlated not only with the physical location of the building in the urban environment (allowing, for example considerations on the correlation between phenomena of degradation and exposure severity), but also with the age of the artifacts, with the construction technologies adopted, with building types, with the period of construction etc.
- The quick evaluation of the conservation state of the building stock and the consequent maintenance work to be carried out allows on an urban scale suggestions for urban regeneration strategies. The implementation of the model can give outcomes such as estimates of the wastes from demolition
- resulting from the adoption of certain maintenance strategies. The methodology developed can be applied to all building stocks managed by public and private bodies in different geographical and technological fields at national as well as international level. The originality of the procedure consists in the combination of specific technological analysis of the phenomena which occur in individual buildings, based on the analysis "a priori" of some hundreds of peculiar failure modes, with the data available within existing stock and the on a urban mapping. In addition, the model suggested can be a dynamic design tool through the balance of priorities (safety, energy consumption, conservation, ease of use) allowing the draw up of different scenarios. A critical element in the application of the model is the relative subjectivity of the opinions expressed in the survey
- phase by the building managers. However, such a subjectivity is mitigated by reference to specific degradation phenomena and observable anomalies generally well known by skilled technicians.
- Furthermore, the method needs to be updated with regard to maintenance costs and technologies. However, the proposed procedures have a total transparency of the links allowing tune up and corrections of algorithms.

## NOTES

<sup>1</sup> On the topic there is a rich international bibliography since the volumes of J. P. Garcia, M. Jouvent, *Gestion et entretien des immeubles d'habitation*, Eyrolles, Paris, (1978) and, in Anglo-Saxon countries, *Building maintenance Management*, Crosby & Lockwood & Staples, London (1976) of Lee R.. At an Italian level we remember C. Mo-