

# The “Mandolesi Pavilion”: an information model for a process of integrating multidisciplinary knowledge

Antonello Sanna, Giuseppina Monni,  
Emanuela Quaquero

---

## Highlights

The Mandolesi Pavilion is an icon of innovation, a significantly important building from an architectural point of view and incorporates certain values, which invite reflections towards recovery work aimed at “conservation”. The high architectural value of the Pavilion outlines the need for a systemic management approach, capable of integrating and coordinating specialist and diverse but complementary competencies. In this context, the contribution provided by the BIM methodology is highly important, thanks to the use of “multicriteria” analyses.

---

## Abstract

The Mining Engineering Pavilion was designed by Enrico Mandolesi in 1962. It represents an icon heralding the transition from masonry to reinforced concrete and the use of “new” materials. Its recovery may become an important starting point for integrating all scientific levels, from the construction history, which reconstructs the history of the project and that of the building site, up to the most sophisticated energy diagnoses that include the definition of an integrated information system on the building, to be used in cutting-edge style with the BIM approach or even with experimentation in a first-step evolution towards a cognitive building.

---

## Keywords

Padiglione di Ingegneria Mineraria, Mining Engineering Pavilion, Enrico Mandolesi, Construction History, BIM, Recovery of Modern heritage

---

## 1. INTRODUCTION

When Enrico Mandolesi arrived in Cagliari in the mid-1950s, he found a rather underdeveloped academic scene in the architectural field, while, paradoxically, the city was a breeze of construction sites, especially related to the INACasa programme, which heralded the season of “Great Reconstruction” work after the widespread destruction from bombings in the war. In this context, professionals from the Roman school were active in the social housing sector, including Maurizio Sacripanti and many others like Adalberto Libera, whom Mandolesi was to collaborate intensely with over the following years. The Reconstruction took place in the form of a dialogue, with the terms dictated by the “Piano Fanfani” (Fanfani Plan), involving the traditional building site of the masonry house - with hollow-core concrete slabs - and the progressive

### Antonello Sanna

DICAAR - Dipartimento di  
Ingegneria Civile, Ambiente  
e Architettura, Università  
di Cagliari, via Marengo 2,  
Cagliari, 09100, Italia

### Giuseppina Monni

DICAAR - Dipartimento di  
Ingegneria Civile, Ambiente  
e Architettura, Università  
di Cagliari, via Marengo 2,  
Cagliari, 09100, Italia

### Emanuela Quaquero

DICAAR - Dipartimento di  
Ingegneria Civile, Ambiente  
e Architettura, Università  
di Cagliari, via Marengo 2,  
Cagliari, 09100, Italia

\* Corresponding author  
e-mail: gmonni@unica.it

spread of the reinforced concrete frame, in the “domestic” version devoid of structural complexities, following the model of the Tiburtino district by Quaroni and Ridolfi. Mandolesi immediately burst onto the scene with a strong charge of innovation. In the academic field, he founded the Institute of Architecture and Urban Planning, training an entire generation of designers for 15 years and resolutely choosing to bring the Institute towards modernization of the relationship between project and construction. The constitution of the C6 (Study Centre on Industrialised Building) at the end of the 1950s says a lot about the direction that Mandolesi long sought to give to research: the progressive abandonment of the traditional construction method, with the study (even critical study) and the import of European prefabrication models. In those same years, conscious of the cultural reach of this battle, Mandolesi also encouraged a reflection on the philosophical and aesthetic principles of innovation. We now know that that path achieved contradicting results and that innovation soon went in other directions; nevertheless, today we can perhaps go back to that story and learn how to gain a better insight into the processes of the present through its contradictions.

## 1. INTRODUZIONE

*Quando alla metà degli anni '50 Enrico Mandolesi arriva a Cagliari, trova un panorama accademico piuttosto attardato nell'ambito dell'architettura, mentre paradossalmente la città è un fermento di cantieri edili, specie a partire dal programma INACasa che inaugura la “Grande Ricostruzione” dopo le pesanti distruzioni dei bombardamenti. In quel contesto sono attive soprattutto nell'edilizia “sociale” figure della scuola romana come Maurizio Sacripanti e molti altri, tra cui quell'Adalberto Libera con il quale Mandolesi avrà un'intensa collaborazione negli anni seguenti. La Ricostruzione avviene all'insegna di una dialettica, di cui il “Piano Fanfani” dettava i termini, tra il cantiere tradizionale della casa in muratura – con l'inserimento dei solai latero cementizi – e la progressiva affermazione del telaio in cemento armato, nella versione “domestica” e priva di arditezze strutturali, sul modello del quartiere Tiburtino di Quaroni e Ridolfi. Mandolesi conquista immediatamente la scena come una figura con una forte carica di innovazione. In ambito accademico fonda l'Istituto di Architettura e Urbanistica, formando per 15 anni una intera generazione di progettisti e scegliendo risolutamente*

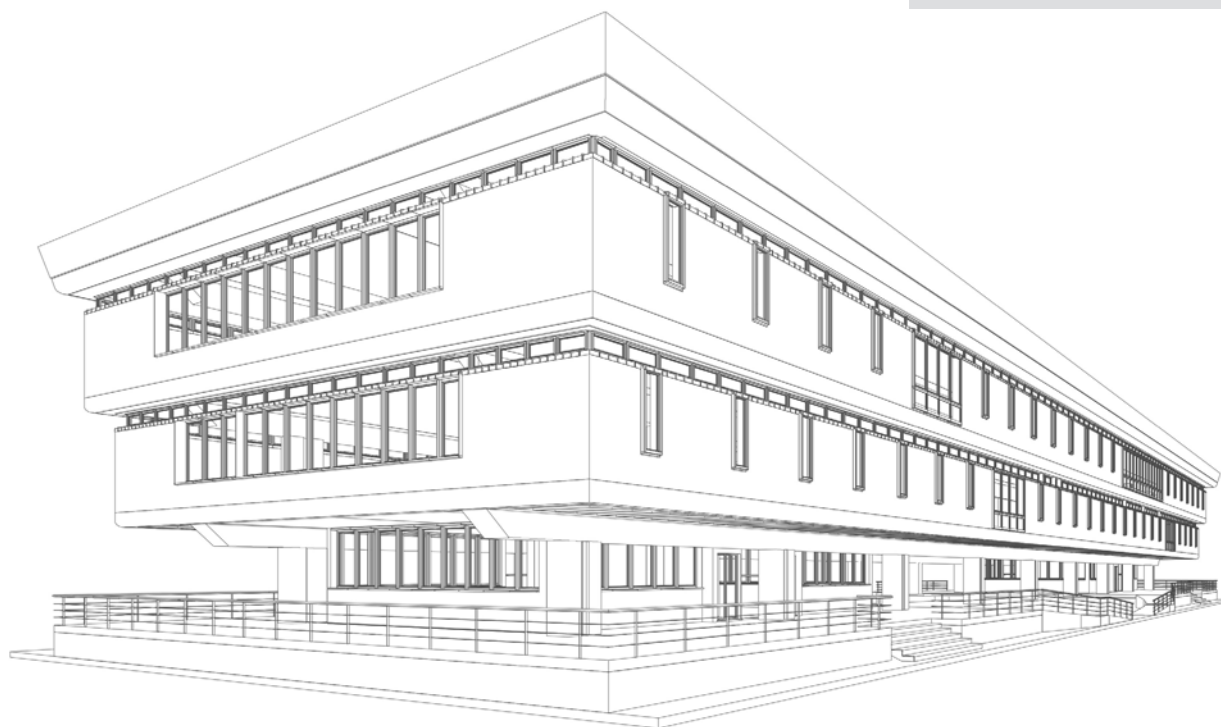


Figure 1. BIM model of the Mandolesi Pavilion.

During the 1960s, Mandolesi was able to experiment in Cagliari his approach to the project-construction relationship in a range of fairly diversified works. Among them, the INACasa district of La Palma marks the utmost expression of the Ridolfian integration between exposed reinforced concrete frame

*di schierare l'Istituto sul fronte della modernizzazione del rapporto progetto-costruzione. La costituzione a fine anni '50 del C6 (Centro Studi Edilizia Industrializzata) dice molto sulla direzione che Mandolesi ha cercato a lungo di imprimere alla ricerca: la progressiva fuoriuscita*

and brick infill masonry, while the Engineering Pavilion is the point of arrival of a new, different and apparently opposing experimentation, which finds references in the post-Lecorbuserian brutalism and in the building industrialisation processes with a backdrop provided by the mega-structural experiments by leading professionals such as Kenzo Tange.

The Pavilion will be 50 this year, a time that has obviously had its consequences in terms of physical obsolescence but also and more significantly in terms of functionality, plant engineering and what we now call “building sustainability” and “energy efficiency”. The recovery of this building opens a very inspiring research topic because it represents a “contemporary monument” that incorporates certain values, which invite reflections towards recovery work aimed at “conservation”. At the same time, just like the majority of contemporary buildings, it was designed and built for innovation and not for a “long life”. Therefore it highlights all the complexities (and even ambiguities) of a conservative approach intended as “deterministic”. The project research should bring out these complexities, resulting in the encounter-clash between different needs and cultural and specialist points of view, which are sometimes contradicting. These approaches, that are all legitimate and even necessary, should converge in designing scenarios (that may even be alternative), identifying the meeting points between the characters and the inherent potentials of the building and the conversion and adaptation hypotheses and needs.

Conceived as an icon of innovation, the Mandolesi Pavilion can become an important starting point for integrating all scientific levels, from the construction history, which reconstructs the culture, the conception, design and construction processes, up to the most sophisticated energy diagnoses, from the “unconventional” survey, to “non-destructive” diagnostics, the chemical and physical investigation of materials, the analyses on the structural behaviour and performance and ultimately, the definition of an integrated information system on the building, to be used in the most advanced way in the Building Information Modelling approach or even with experimentation in a first-step evolution towards a cognitive building.

## 2. PROJECT AND CONSTRUCTION

The building was designed by Enrico Mandolesi in 1962 and opened in 1970. It occupies the fifth and sixth lot of the floor plan, designed in 1944 by Salvatore Rattu for the pavilions of the Faculty of Engineering of Cagliari. The shape of the building, which in 1969 was awarded the Inarch Prize, is

*dal modo di costruzione tradizionale, con lo studio (pur critico) e l'importazione dei modelli europei della prefabbricazione. In quegli stessi anni, non inconsapevole della portata culturale di questa battaglia, Mandolesi promuoveva anche una riflessione sui fondamenti filosofici ed estetici dell'innovazione. Sappiamo ora come quel percorso ha avuto esiti contraddittori e come l'innovazione abbia presto preso altre strade; tuttavia oggi forse si può tornare su quella vicenda imparando dalle sue contraddizioni per leggere più lucidamente i processi del presente.*

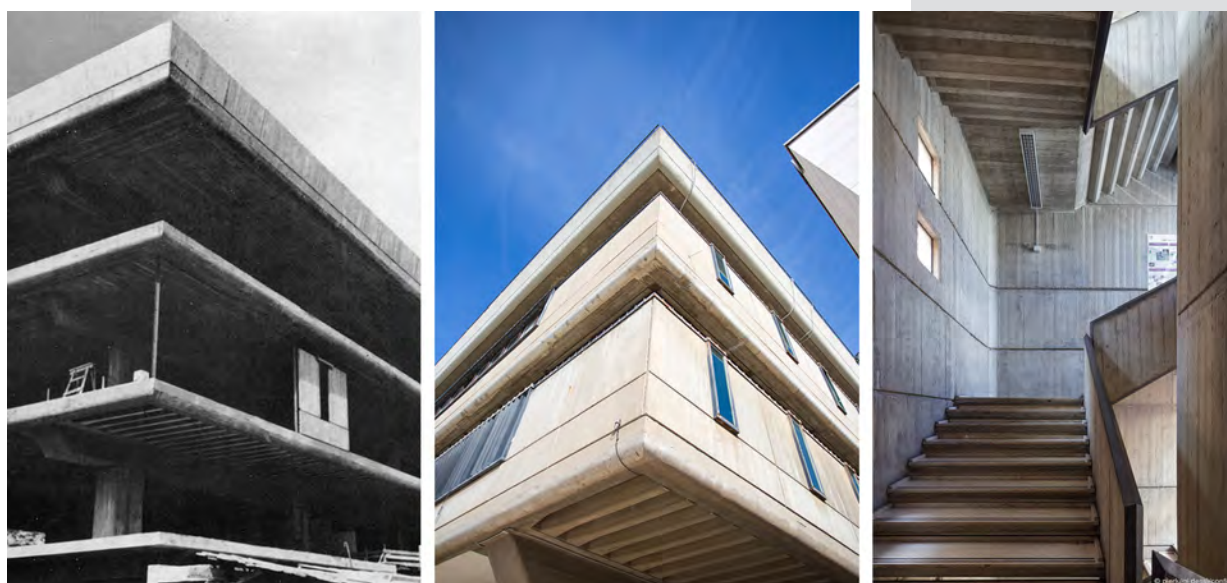
*Negli anni '60 Mandolesi ha modo di sperimentare a Cagliari il suo approccio al rapporto progetto-costruzione in una gamma di interventi abbastanza diversificati. Tra questi, il quartiere INA Casa de La Palma segna la massima espressione dell'integrazione ridolfiana tra telaio in cemento armato a vista e tamponature in laterizio, mentre il Padiglione di Ingegneria costituisce il punto d'arrivo di una sperimentazione nuova e diversa, anzi apparentemente contrapposta, che ha come riferimenti il brutalismo post-lecorbusieriano e i processi d'industrializzazione dell'edilizia sullo sfondo delle sperimentazioni megastrutturali che vedono tra i protagonisti Kenzo Tange. Il Padiglione compie 50 anni quest'anno, un tempo che ovviamente non è trascorso senza conseguenze, non solo sul piano dell'obsolescenza fisica ma soprattutto dal punto di vista funzionale e impiantistico, e di ciò che oggi chiamiamo “sostenibilità edilizia”, “efficienza energetica”. Il recupero di questo oggetto apre un tema di ricerca molto stimolante perché è un “monumento contemporaneo”, un edificio d'autore che incorpora valori che fanno propendere verso un approccio al recupero di tipo “conservativo”. Nello stesso tempo, come la gran parte degli edifici contemporanei è pensato e costruito per l'innovazione e non per la “lunga durata”, e quindi evidenzia tutte le complessità (e persino le ambiguità) di un approccio conservativo che si ponga in modo “deterministico”. La ricerca progettuale deve far emergere queste complessità, che si traducono nell'incontro-scontro tra esigenze e punti di vista culturali e specialistici differenti e talvolta contrapposti. Questi approcci, tutti legittimi e anzi necessari, dovrebbero convergere nel disegnare anzitutto scenari – anche alternativi – individuando i punti di incontro tra i caratteri e le potenzialità intrinseche dell'edificio e le ipotesi/esigenze di rifunzionalizzazione e adeguamento.*

*Concepito come icona dell'innovazione, il Padiglione di Mandolesi può costituire uno spunto importante per integrare tutti i livelli scientifici, dalla construction history che ricostruisce alla fonte le culture e i processi di concezione, progettazione e costruzione dell'architettura, sino alle diagnosi energetiche più raffinate, passando per il rilievo “non convenzionale”, la diagnostica “non distruttiva”, l'indagine chimico-fisica sui materiali, quella sul comportamento e le prestazioni strutturali e in ultima analisi la costruzione di un sistema informativo integrato sull'edificio, che in chiave aggiornata andrà declinato*

significantly unique. On the pilotis level there are two floors in elevation with decisive projections; the base uses the level difference with the road to insert a basement that houses laboratories for large equipment and a large hexagonal double-height Great Hall. The upper floors are divided longitudinally into three functional areas: those on the edges, which correspond to the projecting parts, include study and research areas; while in the central strip, there are service blocks (toilets, staircase and lift) which define the beginning and the end of a sequence of areas for research and teaching activities, lit by six large cavaedia and two smaller ones.

anzitutto con l'approccio del Building Information Modeling, o addirittura con la sperimentazione di una prima evoluzione verso un cognitive building.

2. PROGETTO E COSTRUZIONE  
 Progettato da Enrico Mandolesi nel 1962 e inaugurato nel 1970, l'edificio occupa il quinto e il sesto lotto dell'impianto planimetrico, predisposto nel 1944 da Salvatore Rattu per i padiglioni della Facoltà di Ingegneria di Cagliari. La forma dell'edificio, che nel 1969 si è aggiudicato il Premio Inarch, è fortemente unitaria. Sul piano pilotis si impostano, con decisi aggetti, due piani in elevazione; il basamento sfrutta il salto di quota verso la strada



Figures 2-3-4. Slab sequence and assembly of the first panel; the projections of the floor from the covered walkway to the roof; reinforced concrete staircase consisting of steps prefabricated in-situ, photos by Pierluigi Dessi, confinivisi.it;

The pilotis system along with the roof, which allude to the large garden terraces of Le Corbusier, constitute the leisure areas and serve as a mediator space between the two upper floors and the underground floor. Flexibility is the principal element of the programme, and is considered by the designer as “tangible sign of mobility, a fundamental characteristic of our age”.

The use of a reinforced concrete frame is therefore understandable, since it is capable of creating wide projections and providing a flexible internal distribution. In the upper floors, the structural pattern has a regular pitch. It consists of two rows of nine pillars, strongly recessed from the façade, which support two longitudinal “T”-shaped beams 90 metres long. Cantilever portions are 4 metres on the pilotis level and 5 metres on the roof level. This aspect, along with the slots below the slabs, that denounce the non-structural nature of the façade panels, emphasises the horizontality that governs the geometry of the building.

con un piano interrato che accoglie i laboratori per grandi apparecchiature e un'ampia aula Magna esagonale a doppia altezza. I piani superiori sono articolati in tre fasce funzionali: quelle perimetrali, corrispondenti agli sbalzi, sono dedicate a locali di studio e ricerca; mentre nella parte centrale i blocchi servizi-scala - ascensore sono le testate di una sequenza di ambienti per la ricerca e la didattica illuminati da sei chiostrine e due cavedi. Il sistema pilotis assieme alla copertura, che allude alle grandi terrazze giardino di Le Corbusier, costituisce il luogo dedicato allo scambio e funge da mediazione tra gli ambienti interrati e i due piani in elevazione. Elemento principale del programma è la flessibilità, considerata dall'autore “segno tangibile della mobilità, caratteristica fondamentale della nostra epoca”.

Si comprende in questo quadro l'impiego di un telaio in cemento armato, capace di realizzare ampi sbalzi e liberare la distribuzione interna. Nei piani in elevazione il reticolo strutturale ha un passo regolare. Si tratta di due filari di nove pilastri,



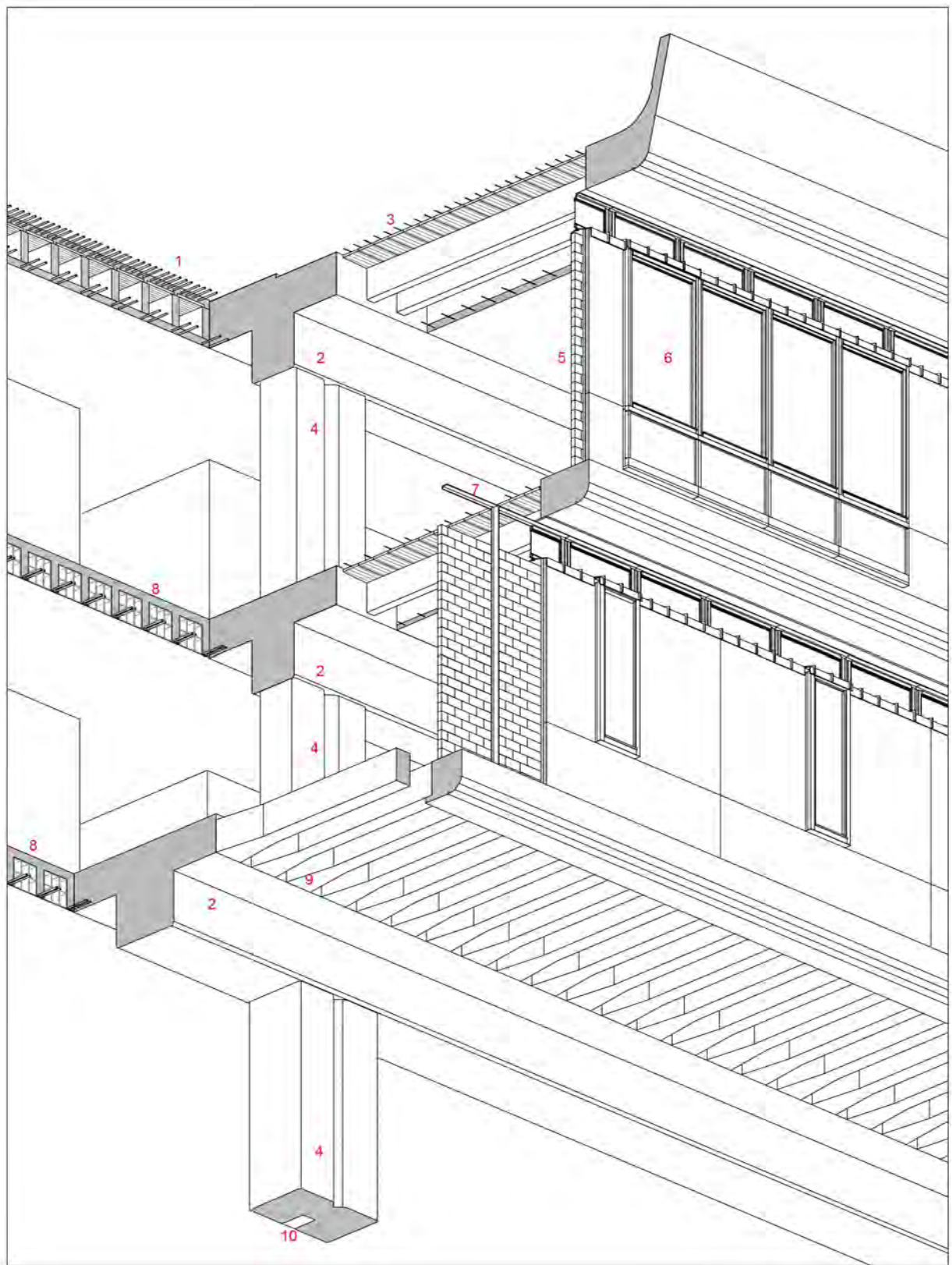


Figure 5. 1. reinforced concrete double floor slab, 60 cm; 2. "T"-shaped beam in reinforced concrete;  
 3. reinforced concrete double floor slab, 55 cm; 4. reinforced concrete pillar;  
 5. wall composed of solid bricks on the inside (half a brick double UNI), air space, insulating glass wool, prefabricated reinforced concrete panel th. 6 cm;  
 6. profiled iron windows; 7. profiled iron frame;  
 8. hollow-core concrete slab, 50 cm; 9. cantilever reinforced concrete ribs;  
 10. housing for technology system channels (graphic elaboration: G. Monni and M. Brandolini).

Staircases and lifts are made of exposed reinforced concrete septa, which are independent from the load bearing structure. The ramps consist of steps prefabricated in-situ that are slotted in the septa and are lit and ventilated by small openings on the wall and by the cavaedia, towards which the distribution corridors overlook.

The construction works were assigned to the company of the Eng. Gallino from Genoa and the supervisor of works was Eng. Paolo Lixi, who played a crucial role in the articulated construction process. The original project was approved by the Technical Administrative Committee of the Public Works Department of Sardinia on 21 November 1962. The project was followed by eight variant appraisals that in some cases resolved issues, which had perhaps been underestimated during the design process, but often concerned the evolution of substantive technical solutions. The propensity of Enrico Mandolesi towards continuous experimentation is clearly manifested in the evolution of the project throughout the entire construction phase. The first appraisal was needed in 1964 and concerned the foundation structures. After the surveys carried out in 1963, they decided to replace the shallow foundation with boreholes. In 1966, Eng. Paolo Lixi pointed out the need for a complete review of the static calculations of the roof slab and that of the floor below, which were then carried out by Eng. Emidio Mencarelli.

The significant cantilever spans caused, in addition to the negative moment on the interlocking of the cantilever parts, significant recall negative moments on the slab of the central spans, that, in correspondence of the empty parts of the cavaedia, could have generated torques on the longitudinal large beams. The cover of the first floor was then substantially changed. In the cantilever parts, the 50 cm slab with air space was replaced with a slab of the same thickness but consisting of a double concrete slab reinforced along the two directions with the joists laid on top in-situ. On the roof of the second floor, the cantilever parts and the slabs of the central strip, partitioned by the cavaedia, underwent the same modification with an increase of 5 cm. The slabs on the extreme ends of the building remained unchanged. Furthermore, we should point out the modification of the external infill masonry with the appraisal of 1966: to reduce loads on the cantilever parts and the resulting stress, the 15 cm thick reinforced concrete wall, provided within the project, was replaced by a wall consisting of only 6 cm thick prefabricated concrete slabs, with a layer of 3 cm of glass wool, an air gap of 17 cm and a layer on the inside made of solid square bricks 6x6x24, obtained by cutting in half the “double UNI” brick. In 1967, the fourth appraisal was approved, improving the technological systems and introducing interesting modifications in the internal and external

*fortemente arretrati rispetto al filo facciata, che sostengono due travi longitudinali*

*di 90metri con sezione a “T”. Gli sbalzi passano da un valore di 4 metri nel piano pilotis ai 5 metri nel piano di copertura. Questo aspetto, insieme alle asole sottostanti ai solai che denunciano la non strutturalità dei pannelli di facciata, pone l'accento sull'orizzontalità che governa la geometria dell'edificio. Scale e ascensori sono costituiti da setti in cemento armato a vista, indipendenti dall'ossatura portante. Le rampe sono composte di gradini prefabbricati a piè d'opera incastrati ai setti e prendono luce e aria da piccole aperture che bucano la parete e dalle chiostrine su cui si affacciano anche i corridoi di distribuzione.*

*I lavori furono affidati all'impresa dell'ing. Gallino di Genova e la relativa direzione all'ing. Paolo Lixi, che svolse un ruolo fondamentale nell'articolato processo costruttivo. Al progetto originario, approvato dal Comitato Tecnico Amministrativo del Provveditorato alle OO.PP. per la Sardegna il 21 novembre 1962, seguirono otto perizie di variante che, se in alcuni casi risolsero aspetti forse sottovalutati in fase progettuale, spesso riguardarono l'evoluzione di soluzioni tecniche sostanziali. La tendenza di Enrico Mandolesi alla continua sperimentazione è infatti denunciata da un progetto che evolve e matura nell'arco di tutta la fase realizzativa. La prima perizia risale al 1964 e riguarda le strutture di fondazione. In seguito alle risultanze di*

*sondaggi effettuati nel 1963 si decise di sostituire le fondazioni superficiali con pali trivellati. Nel 1966 l'ing. Paolo Lixi segnalò la necessità di procedere a un'integrale revisione dei calcoli statici del solaio di copertura e di quello sottostante, eseguiti dall'ing. Emidio Mencarelli.*

*Le notevoli luci in oggetto comportavano, oltre al momento negativo all'incastro degli sbalzi, ingenti momenti negativi di richiamo nel solaio delle campate centrali che in corrispondenza dei vuoti delle chiostrine e dei cortili avrebbero potuto generare momenti torcenti sui travoni longitudinali. La copertura del piano primo subì quindi una modifica sostanziale. Negli sbalzi il solaio a camera d'aria da 50 cm fu soppiantato da un solaio di pari altezza ma composto da una doppia soletta armata nelle due direzioni e travetti gettati in opera. Nella copertura del piano secondo gli sbalzi e i solai della fascia centrale intercalati dalle chiostrine subirono la stessa variante più un incremento di spessore di 5 cm, mentre quelli di testata rimasero solai a camera d'aria. Di particolare interesse la variante apportata alla tamponatura esterna con la perizia del 1966: per ridurre i carichi sugli sbalzi e le conseguenti sollecitazioni, il muro in calcestruzzo armato spesso 15 cm, previsto in sede di progetto, fu soppiantato da una parete integrata composta da lastre prefabbricate dello spessore di soli 6 cm, da uno strato di 3cm di lana di vetro, da un'intercapedine d'aria di 17 cm e da una parete interna di mattoni pieni a sezione quadrata 6x6x24, ottenuti facendo tagliare a metà il mattone “doppio UNI”. Nel*

finishing. In particular, during the construction, Mandolesi decided to leave exposed the internal infill wall and all the internal partitions made with solid bricks, replacing the plaster and painting layers with a transparent protective varnish.

The design and construction processes of the Mandolesi Pavilion reveal the essence of the entire work, aimed at the integration between in-situ prefabrication techniques, enabling a quick and modular production of the components, and handicraft procedures. The accounting register shows that the construction company repeatedly asked, throughout the whole construction phase, for the recognition of the greater costs needed for the realisation of the double reinforced concrete floor slab. In fact, the absence of hollow flooring blocks required handicraft procedures such as the continuous assembly and disassembly of wooden banks for the concrete castings of the ribs and the use of buckets and trowels. Just like with the “Unité de Marseille”, the technically and formally unsatisfactory outcome of industrialised castings underwent “corrections” at the hands of skilled local professionals with handicraft procedures.

There are three types of “mono-block” windows: half-height, resting on the panels; full-height, fixed directly to the upper surface of the floor slab; full height with vertical shading blades in fired enamelled aluminium, which can be adjusted from the inside. The exterior windows and doors of the basement floor are different from those used on the façades of the upper floors. In the basement floor, there are iron-framed windows and doors with normal “national double-glazed glass”, and in the rest of the building there are frames in cold-processed steel provided with toughened glass. The pillars are shaped to look like twin elements, through an incision on the longitudinal sides, which in some cases continues on the inside and coincides with the expansion joint. The cutouts of the internal surfaces, also house the technological systems, that in this way are left visible but without being intrusive. Moreover, the exposed ribs in the bottom surface of the cantilever part that were prefabricated in-situ have a higher section at the joint to translate the shape of the moment trend diagram.

### 3. INNOVATIVE APPROACH TO THE RESTORATION AND MANAGEMENT OF THE MANDOLESI PAVILION: THE BIM METHOD

From the cognitive analysis, it emerged that the Mandolesi Pavilion is clearly a high-quality building due to the constructive experimentation and its iconic value. It is a kind of “missing link” between the portions of the complex of

*1967 fu approvata la quarta perizia che permise, oltre al miglioramento degli impianti tecnologici, anche delle interessanti modifiche alle finiture interne ed esterne. In particolare, durante la costruzione Mandolesi decise di lasciare a vista la parete interna del tamponamento e tutte le tramezzature realizzate in mattoni pieni, sostituendo gli strati d'intonaco e tinteggiatura con una pittura di protezione trasparente.*

*L'iter progettuale e quello costruttivo del Padiglione Mandolesi rivelano che si trattò di un cantiere incentrato sull'integrazione tra procedimenti di prefabbricazione a piè d'opera, che hanno permesso una produzione rapida e modulare dei componenti, e procedimenti di tipo artigianale. Dal registro di contabilità si evince la richiesta insistente dell'impresa, tramite riserva reiterata per tutto il corso dei lavori, di riconoscimento dei maggiori oneri per la realizzazione del solaio a doppia soletta. L'assenza delle pignatte impose infatti procedure molto artigianali come il continuo montaggio e smontaggio di sponde di legno per il getto delle nervature e l'impiego di caldarelle e cazzuola. Proprio come nell'Unité di Marsiglia, l'esito tecnicamente e formalmente insoddisfacente del getto industrializzato fu quindi “corretto” da abili operatori locali con procedure del tutto artigianali.*

*I serramenti «monoblocco» sono di tre tipi: a mezza altezza, poggianti sui pannelli; a tutta altezza, fissati direttamente all'estradosso del solaio; a tutta altezza con frangisole a lame verticali in alluminio smaltato a fuoco, orientabili tramite un comando interno. Gli infissi esterni del piano seminterrato sono diversi da quelli utilizzati sulle facciate dei piani in elevazione. I primi sono in ferro finestra e hanno “vetri doppi nazionali” mentre i secondi sono telai in profilati in acciaio lavorato a freddo e provvisti di cristalli temperati. I pilastri sono conformati per apparire come elementi binati, tramite un'incisione riportata sui lati longitudinali, che in alcuni casi prosegue all'interno e coincide con il giunto di dilatazione. Le riseghe dei fronti interni accolgono inoltre il passaggio degli impianti, che in questo modo sono lasciati a vista ma senza ostentazioni. E ancora. Le nervature a vista presenti nell'intradosso dello sbalzo e prefabbricate a piè d'opera, hanno una maggiore sezione in corrispondenza dell'incastro per tradurre plasticamente l'andamento del diagramma dei momenti.*

#### 3. APPROCCIO INNOVATIVO AL RESTAURO E ALLA GESTIONE DEL PADIGLIONE MANDOLESI: LA METODOLOGIA BIM

*Da quanto emerso dall'analisi conoscitiva, il Padiglione Mandolesi è un'opera di alto livello, sia per la sperimentazione costruttiva, sia per il valore iconico dell'edificio. Si tratta di una sorta di “anello di congiunzione” tra le porzioni del patrimonio dell'Ateneo dell'Università di Cagliari che appartengono alla grande tradizione muraria, che si spinge sino agli anni '50 del '900, e l'innovazione che si identifica con il passaggio dalla muratura al telaio spaziale ed all'uso dei “nuovi” materiali, a*



the University of Cagliari that belong to the great “wall” tradition, which goes up to 1950s, and the innovation identified by the transition from the masonry structure to spatial frame and the use of “new” materials such as steel and reinforced concrete. However, half-a-century cannot go by without consequences, in terms of material degradation, regulatory misalignment, new answers to distribution requirements that are changing and inadequacy of the technology systems and energy consumption.

All this highlights the need for a conservative restoration of the Mandolesi Pavilion, preserving its meaning and (almost) historical value. These measures must be accompanied by a systemic approach capable of integrating and coordinating different but complementary skills and contributions (structural engineers, energy efficiency experts, plant engineers, restorer architects, technical physicists, etc.). In this context, the contribution of the Building Information Modelling/Management is essential. The structuring and management of a wide range of digital data and information about the status of the building creates the optimum conditions for conducting a “multicriteria” analysis that would allow the design and evaluation of different scenarios and intervention strategies, identifying the best combination that maximizes comprehensively the quality of the results. In this sense, BIM is the ideal ground for multi-disciplinary contributions, which are already widely considered as an important added value in the management and enhancement of existing buildings with high architectural value, such as the Mandolesi Pavilion.

Working on a BIM environment means having a parametric model of the building, with the integration of virtual items (“families”) that faithfully simulate those of the building. Therefore, the construction of the model of the Mandolesi Pavilion formed an important part of the work.

However, before the development of the model, some important preparatory actions had to be made.

Starting from the careful analysis of the propriety information, we proceeded with the selection of the subject for the parametric modelling. The BIM model, in fact, does not represent the universal container for every type of information, but must be conceived within a specific and focused programme. The deficiencies or inconsistencies found in the documentation were solved through sampling, concerning technological aspects, and through dimensional surveys regarding the size and geometry of the building. Therefore, the numerous on-site inspections were useful for integrating the data contained in the documentation or for assessing their reliability and coherence with the actual existing building. In addition, we carried out an analysis on the use and maintenance status of the structural components and building envelope. A

*partire dall'acciaio e dal cemento armato. Tuttavia mezzo secolo non può trascorrere senza conseguenze, non solo sul piano del degrado dei materiali, ma anche su quello del disallineamento normativo, delle nuove risposte alle mutate esigenze distributive e dell'inadeguatezza sotto il profilo impiantistico ed energetico. Tutto ciò delinea la necessità di operare sul Padiglione Mandolesi interventi di restauro di tipo conservativo che ne rispettino il significato ed il valore ormai storizzato. Tali interventi non possono prescindere da un approccio sistemico capace di integrare e coordinare apporti specialistici e competenze differenti ma complementari (strutturisti, tecnologi dell'efficiamento energetico, impiantisti, architetti restauratori, fisici tecnici, ecc.). In tale contesto risulta prezioso l'apporto della metodologia Building Information Modeling/Management. La strutturazione e gestione digitale di una vasta gamma di dati e informazioni sullo stato dell'edificio crea le condizioni ottimali per condurre anche un'analisi di tipo “multicriteria” che consenta di progettare e valutare diversi scenari e strategie di intervento e, tra questi, di scegliere la combinazione che massimizza in modo globale la qualità del risultato. In quest'ottica, il BIM rappresenta la sede ideale per contaminazioni disciplinari, già ampiamente riconosciute come un importante valore aggiunto nella gestione e valorizzazione di un manufatto esistente di alto valore architettonico quale è il Padiglione Mandolesi.*

*Poiché operare in ambiente BIM significa disporre di un modello parametrico dell'edificio, integrazione di elementi virtuali (“famiglie”) che simulano fedelmente quelli costruttivi della fabbrica, la costruzione del modello del Padiglione Mandolesi ha costituito una parte importante del lavoro.*

*Tuttavia alcune importanti azioni propedeutiche sono state condotte prima dello sviluppo del modello.*

*A partire dalla accurata analisi del patrimonio informativo, si è proceduto alla selezione di ciò che sarebbe stato oggetto di modellazione parametrica. Il modello BIM, infatti, non può rappresentare il contenitore universale di ogni tipo di informazione, ma deve essere concepito all'interno di un programma fortemente finalizzato. Le carenze o incongruenze riscontrate nella documentazione reperita sono state risolte tramite saggi e prelievi, relativamente agli aspetti tecnologici, e con rilievi metrici per quanto riguarda l'ingombro e la geometria dell'edificio. I numerosi sopralluoghi eseguiti hanno, pertanto, perseguito il fine di integrare le*

*informazioni contenute nella documentazione acquisita o di validarne la congruità e la coerenza con quanto effettivamente realizzato. Inoltre è stata condotta un'analisi sullo stato d'uso e di manutenzione dei componenti strutturali e di involucro, di cui si riporta di seguito una breve sintesi, al fine di valutare le priorità di intervento.*

*Lo studio accurato della composizione granulometrica dei getti e la relativa esecuzione a regola d'arte hanno fatto sì che l'involucro in calcestruzzo*



brief summary of this analysis will now follow, in order to assess the priorities for action.

The accurate study of the particle size composition of the castings and their perfect execution have ensured that the concrete envelope and load bearing structure of the Mandolesi Pavilion has been able to preserve itself without significant degradation. There are some exceptions in limited areas, where the over-shallow reinforcement cover has come off due to corrosion. The most significant “performance deficiencies” in the building are related to the extremely poor thermal inertia of the floor slabs and, above all, of the infill masonry, whose limits are explained by multiple factors such as the modest thickness of the prefabricated panels and of the glass wool insulation, the low heat retention of windows and doors and the considerable thickness of the air gap. Another important factor is the significant presence of thermal bridges due to the structural frame, which is often devoid of protection.

These aspects have certainly contributed to the reduction in the efficiency of the heating system, which was conceived in the project as a radiant system of coils within the floor screed, but which was replaced by a hot air system during construction, including a circuit of radiant panels and a thermo-ventilation system. The lack of routine maintenance has also compromised the delicate and complex system of shading blades, leading to the oxidation and blocking of the pins and also to the removal of some of the blades due to instability. The windows in cold-folded plate are in an advanced state of deterioration. The swelling of the frames, due to oxidation, caused in many cases the complete blocking of the fixture. Furthermore, the water infiltration through the flooring of the cavaedia has produced significant rising dampness at the base of the walls that define the corridors. The floors, made of terracotta tiles (10 x 10 cm), are often detached and cracked.

After the analysis of the use and maintenance status of the building, the work continued with the definition of a conceptual scheme for the decomposition of the building in categories of constructive objects (PBS), with the choice of alphanumeric content to be capitalised for each one of them and, therefore, with the definition of the detail level of the model. Finally, we selected a set of parameters required to “inform” the components of the model. This phase, which can be defined as pre-modelling, must be considered as crucial, as it determines the level of detail needed to achieve the set goals. Depending on the purpose, the model will have different characteristics, ranging from geometric ones to alphanumeric ones. In the specific case of the Mandolesi Pavilion, due to its particular architectural value, the pre-modelling phase achieved a rather high level of detail for each technical element.

*e la struttura portante del Padiglione Mandolesi non riportassero ad oggi un degrado significativo. Fanno eccezione alcune aree molto circoscritte in cui l'esiguo copri - ferro è saltato a causa della corrosione delle armature. Le “carenze prestazionali” più rilevanti dell'edificio riguardano la scarsissima inerzia termica dei solai e soprattutto della tamponatura, i cui limiti sono riconducibili a molteplici fattori quali l'esiguo spessore dei pannelli prefabbricati e dell'isolante in lana di vetro, la scarsa tenuta termica degli infissi e la notevole ampiezza della camera d'aria. Ulteriore aspetto da considerare sono i rilevanti ponti termici legati ad un telaio strutturale spesso privo di qualunque protezione. Questi aspetti hanno certamente contribuito a ridurre l'efficienza dell'impianto di riscaldamento, che in sede di progetto fu concepito con un sistema radiante di serpentine annegate nel massetto del pavimento, ma in corso d'opera fu risolto con un impianto ad aria calda che richiese un circuito di piastre radianti e uno di termoventilazione. La mancanza di una manutenzione ordinaria ha, inoltre, compromesso il delicato e complesso sistema del brise-soleil, favorendo l'ossidazione e il blocco dei perni, mentre l'instabilità delle lamelle ha imposto in più punti la loro rimozione. Gli infissi in lamierino piegato a freddo si presentano in avanzato stato di degrado. Il rigonfiamento dei telai in seguito al processo di ossidazione ha determinato, in molti casi, il blocco totale dell'infisso. Le infiltrazioni d'acqua attraverso la pavimentazione delle chiostrine hanno, inoltre, prodotto importanti risalite di umidità, alla base dei tramezzi che delimitano i corridoi. I pavimenti, realizzati in piastrelle di cotto (10x10cmq), in svariati punti, risultano decoesi e spesso filate.*

*Terminata la fase di analisi dello stato d'uso e manutenzione dell'edificio, il lavoro è proseguito con la definizione di uno schema concettuale di scomposizione del manufatto in categorie di oggetti costruttivi (PBS), con la scelta dei contenuti alfanumerici da capitalizzare per ciascuno di essi e, di conseguenza, con la definizione del livello di dettaglio del modello. Infine, si è proceduto alla selezione di un set di parametri necessari a “informare” i componenti del modello. Questa fase, che potremo definire di pre-modellazione, è da considerarsi nevralgica, consistendo nella determinazione del grado di dettaglio necessario per il raggiungimento degli obiettivi che ci si è preposti. A seconda delle finalità, il modello avrà caratteristiche differenti, a partire da quelle geometriche fino ad arrivare a quelle alfanumeriche. Nel caso specifico del Padiglione Mandolesi, trattandosi di un edificio di particolare pregio architettonico, la fase di pre-modellazione ha condotto ad un livello di dettaglio piuttosto alto per ciascun elemento tecnico.*

*La necessità di capitalizzare numerose informazioni è strettamente legata all'esigenza di conferire una base informativa adeguata a programmare interventi di restauro conservativo o di manutenzione rispettosi delle peculiarità architettoniche del manufatto in esame.*

*La complessità della modellazione del Padiglione Mandolesi è legata*



Figure 6. Set of information related to the "infill wall" (graphic elaboration: E. Quaquero and M. Brandolini).

The need to take advantage from a large volume of information is closely linked to the need to provide an appropriate information base for planning conservative restoration or maintenance interventions that respect the architectural peculiarities of the building in question.

The complexity of the modelling of the Mandolesi Pavilion is related to the irregularity of the particular elements of the building such as the pillars, beams with round edges and the internal staircase. The need to keep track of this irregularity has resulted in the almost exclusive use of the "local families" of the Revit software. We reproduced the particular shapes of the components of the building within the modelling frame, by using commands such as extrude, join and revolve. Local families can be created in the current project but they have the disadvantage of not being able to be used in other projects, and their repeated use also makes the model file heavy. Despite these disadvantages,

all'irregolarità di particolari elementi tipici del manufatto, quali i pilastri, le travi e i cordoli con spigoli arrotondati e la scala interna. L'esigenza di tenere traccia di tale irregolarità si è tradotta nell'impiego quasi esclusivo delle "famiglie locali" del software Revit. Il quadro di modellazione, attraverso l'utilizzo di comandi come l'estrusione, l'unione, la rivoluzione, ha permesso la realizzazione delle particolari forme dei componenti del manufatto architettonico. Le famiglie locali hanno la peculiarità di essere create nel contesto del progetto corrente, presentano lo svantaggio di non poter essere utilizzate in altri progetti e inoltre il loro utilizzo massivo determina un appesantimento del file di modello. Nonostante gli svantaggi riconosciuti, il loro impiego ha consentito di ottenere un risultato imprescindibile per l'approccio alla gestione del Padiglione Mandolesi: la rappresentazione fedele dei vari componenti dell'edificio a livello di complessità e peculiarità geometrica, evitando eccessive semplificazioni che avrebbero

their use helped us to achieve work results that were essential for the approach to the management of the Mandolesi Pavilion: the accurate representation of the various building components, in terms of complexity and geometric peculiarity, avoiding excessive simplifications that would have caused the loss of precious details for the definition of the conservative restoration works. The created model allows us to record and manage the information relating to the architectural and historical aspects of the building, its current status, materials, techniques and constructive technologies used, the results of diagnostic surveys, the conditions of degradation in terms of type and severity, interventions and treatments performed, restrictions relating to its particular architectural value and degrees of freedom for new interventions.

Another important dynamic feature of the model is that it can be updated and integrated at any time in the life of the building. This aspect works towards resolving a further critical issue, namely the difficulty of ensuring the “information requirements” for the management of the building after the restoration works, creating the structure, which organises all the data and information, that is produced during any new intervention work and that is functional to the innovative management of the building.

#### 4. CONCLUSIONS

As is well known, Italy’s enormous real estate heritage has become the major field for building investment and for the related projects and actions. It is a heritage that is often barely known and, in any case, extremely complex and diversified, whose recovery and management has until now been addressed in a rather casual and uninformed manner, with unsatisfactory and sometimes disastrous outcomes. The lack of documentation attesting the “as built” in buildings (building components, installations, etc.) associated with the poor activity in surveying their current status, considering the use (intended use and space dimensions, energy behaviour, actual consumption, etc.) and maintenance (conservation status of building components, age of the technological installations, previous maintenance work, compliance with current regulations, etc.) creates a profound inefficiency in planning, programming and controlling works of recovery, enhancement and/or re-functionalisation. This work comes from the realisation that overcoming these limits requires a real paradigm shift in the approach to a project for the recovery and management of a building - especially for a modern monument such as the Mandolesi Pavilion - based on an integrated and systemic knowledge programme. Therefore, we experimented in the use of Building Information

*determinato la perdita di dettagli preziosi per la pianificazione degli interventi di restauro conservativo e rifunzionalizzazione. Il modello creato consente la registrazione e gestione delle informazioni riguardanti aspetti storico-architettonici del manufatto, lo stato attuale, i materiali, le tecniche e tecnologie costruttive impiegate, i risultati delle indagini diagnostiche, le condizioni di degrado in termini di tipo e gravità, gli interventi e trattamenti eseguiti, vincoli legati al particolare valore architettonico e gradi di libertà per i nuovi interventi. Peculiarità del modello informativo costruito è la dinamicità, ossia la possibilità di essere aggiornato ed integrato in qualsiasi momento della vita del manufatto. Questo aspetto tende a risolvere una ulteriore criticità, ossia la difficoltà di garantire il “fabbisogno informativo” per la gestione del manufatto stesso a valle degli interventi di restauro, creando la struttura attraverso cui risultano organizzati tutti i dati e le informazioni che vengono prodotte durante un nuovo intervento e che risultano funzionali ad una gestione innovativa dell’edificio.*

#### 4. CONCLUSIONI

*Come è noto, l’enorme patrimonio immobiliare del Paese è diventato di gran lunga il principale campo di applicazione degli investimenti in edilizia e dei relativi progetti e interventi. Si tratta di un patrimonio spesso poco conosciuto e comunque estremamente complesso e diversificato, il cui recupero e gestione, fino ad oggi, è stato per lo più affrontato in modo casuale e disinformato, con esiti insoddisfacenti e talvolta disastrosi. La carenza di documentazione attestante l’“as built” degli edifici (componenti edilizi, impianti installati, ecc.) associata alla scarsa attività di rilevazione dello stato attuale degli stessi, da un punto di vista d’uso (destinazione e dimensioni degli spazi, comportamento energetico, reali consumi, ecc.) e di manutenzione (stato conservativo dei componenti edilizi, grado di vetustà degli impianti, interventi manutentivi progressi, rispondenza alle normative vigenti, ecc.) genera una profonda inefficienza nella pianificazione, programmazione e controllo di interventi di recupero, valorizzazione e/o ri-funzionalizzazione. Questo lavoro nasce dalla constatazione che il superamento di questi limiti esige un vero e proprio cambio di paradigma nell’approccio al progetto di recupero e gestione di un edificio – soprattutto di un monumento moderno come è il Padiglione Mandolesi – basato su un programma di conoscenza integrato e sistemico. Si è così avviata la sperimentazione dell’impiego del Building Information Modeling/Management (BIM) per la strutturazione del processo conoscitivo e per la valutazione di scenari di intervento di valorizzazione e di rifunzionalizzazione. Il Padiglione Mandolesi dell’Università degli Studi di Cagliari, costituisce per noi un oggetto architettonico molto stimolante proprio in quanto enfatizza le contraddizioni insite nella cultura progettuale riferita al patrimonio storico e aiuta a*



Modelling/Management (BIM) for structuring the cognitive process and for assessing enhancement and re-functionalisation scenarios. The Mandolesi Pavilion of the University of Cagliari is a highly stimulating architectural object for us as it emphasises the contradictions of the project culture related to historical heritage and helps to question “deterministic” paradigms, highlighting all the complexities (and even ambiguities) of the approach. In fact, as an “author building”, it incorporates values that require a conservative recovery approach, but at the same time, like most contemporary buildings, it was designed and built for innovation and not for “long duration”. This work represents the first and, as yet, partial prefiguration of an approach that develops from construction history, which is a powerful tool for highlighting the values and critical aspects of the building, and continues with advanced diagnostics on the dimensional survey, structures and energy performance of the building. Furthermore, through the application of the Building Information Modelling, the work begins to converge different (and sometimes contrasting) needs, skills and cultural and specialist points of view in designing different scenarios identifying the points of encounter between the characters and the intrinsic potential of the building and the assumptions/requirements of re-functionalisation and adaptation.

## 5. REFERENCES

- [1] Carrara G., *L'edificio per gli Istituti scientifici della facoltà di Ingegneria dell'Università di Cagliari*. Industria del Cemento, 3, 1972.
- [2] Rebecchini M., *Istituti scientifici per la facoltà di ingegneria di Cagliari*. L'architettura, 180, 1970.
- [3] Pugnaletto M. (writing), Pittau M. (coordination between CNI and the editorial staff), Russo A. (graphic processing and layout). *Operosità di Enrico Mandolesi*. Rome: Gangemi, 2007.
- [4] Mandolesi E., *Bilancio e prospettive dell'industrializzazione edilizia in Italia*. Quaderni dell'istituto di architettura, 10, 1966.
- [5] Mameli M., *Le Corbusier and Costantino Nivola: New York 1946-1953*. Milan, Angeli, 2012.
- [6] Poretti S., *Modernismi italiani: architettura e costruzione nel Novecento*. Roma, Gangemi, 2008.
- [7] Valeriani E., Moltedo A., (edited by) architect Mario Ridolfi: 1904-2004. Controspazio, 114-115, 2005.
- [8] Tafuri M., *Storia dell'architettura italiana, 1944-1985*. Turin, Einaudi, 1986.
- [9] Volk, R.; Stengel, J.; Schultmann, F., *Building Information Models (BIM) for existing buildings – literature review and future needs*. Automation in Construction 38, pages 109-127, (2014)
- [10] Ciribini A., Mastrolembro Ventura S., Paneroni M., *La metodologia BIM a sostegno di un approccio integrato al processo conservativo*. In Della Torre Stefano (ed.), ICT per il miglioramento del processo conservativo. Proceedings of the International Conference Preventive and Planned Conservation. Monza, Mantova 5-9 May 2014. Nardini Editore.
- [11] Argiolas C., Fiorino D.R., Giannattasio C., Quaquero E., *Il BIM per la cronologia delle architetture storiche*. In Della Torre Stefano (ed.), ICT per il miglioramento del processo conservativo. Proceeding of the International Conference Preventive and Planned Conservation. Monza, Mantova 5-9 May 2014. Nardini Editore.
- [12] Sanna A., Monni G., *Il padiglione Mandolesi dell'università di Cagliari*. Proceedings of Colloqui.AT.e 2016, MATER(i)A, edited by A. Guida and A. Pagliuca, 12-15 October 2016.

mettere in discussione paradigmi “deterministici”, evidenziando tutte le complessità (e persino le ambiguità) dell'approccio. In quanto “edificio d'autore”, infatti, incorpora valori che richiedono un approccio al recupero di tipo “conservativo”, ma nello stesso tempo, come gran parte degli edifici contemporanei, è stato pensato e costruito per l'innovazione e non per la “lunga durata”. Il lavoro costituisce una prima e ancora parziale prefigurazione di un approccio che prende le mosse dalla construction history, che costituisce un potente strumento per far emergere valori e criticità dell'architettura, prosegue con una diagnostica evoluta sul piano del rilievo, delle strutture, delle prestazioni energetiche dell'edificio, e attraverso l'applicazione del Building Information Modeling comincia a far convergere esigenze, competenze e punti di vista culturali e specialistici differenti (e che talvolta si sono presentati come contrapposti) nel disegnare scenari – anche alternativi - individuando i punti di incontro tra i Caratteri e le potenzialità intrinseche dell'edificio e le ipotesi/esigenze di rifunzionalizzazione e adeguamento.