



## Considerazioni sull'applicazione della digitalizzazione e del *Building Information Modeling* al mondo della manutenzione

### *Considerations on the application of digitisation and Building Information Modeling to the maintenance world*

Sabato GARGIULO (\*)

**Sommario** - Durante una presentazione delle giornate FAI di autunno, il Presidente della fondazione, Prof. Andrea CARANDINI, avviò i lavori con un'introduzione particolarmente originale al tema della conservazione delle opere e degli edifici storici.

Nella raffinata retorica con cui il professore trattò il tema, nel suo utilizzo di efficaci allegorie, con cui descrisse cinque "virtù della manutenzione" come buone regole della manutenzione, ci è sembrò di scorgere un'esortazione rivolta ad una moderna generazione di tecnici che, cogliendo le opportunità offerte dalle nuove tecnologie digitali, poteva rispondere in chiave evoluta a quell'elencazione di virtù e partecipare ad una fase innovativa nella gestione della manutenzione delle strutture esistenti.<sup>1</sup>

In effetti, il tema, di naturale interesse per le organizzazioni ferroviarie preposte alla manutenzione, aveva trovato recentemente un particolare spazio in una sperimentazione che, proprio nel campo della manutenzione, si proponeva di testare "in situ" ed in scala considerevole, le opportunità offerte dal mondo digitale, in particolare quelle del "*Building Information Modeling*".<sup>2</sup> Si è trattato di un'indagine applicata al caso reale della stazione di Napoli Centrale<sup>3</sup> per capire in dettaglio in che modo il mondo digitale può costituire una risposta a quelle esigenze della manutenzione, ben espresse nell'introduzione del professore.

Occorre precisare che affronteremo solo marginalmente argomenti propri della progettazione BIM oppure

**Summary** - During a presentation of the FAI autumn days, the President of the foundation, Prof. Andrea CARANDINI, started works with a particularly original introduction to the topic of the conservation of works and historic buildings.

In the refined rhetoric with which the professor treated the topic, in his use of effective allegories, with which he described five "virtues of maintenance" as good maintenance rules, we seemed to see an exhortation addressed to a modern generation of technicians who, seizing the opportunities offered by new digital technologies, could respond in an evolved key to that list of virtues and participate in an innovative phase in the management of the maintenance of existing structures.<sup>1</sup>

In fact, the topic, of natural interest for railway maintenance organisations, had recently found a particular space in an experimentation which aimed to test the opportunities offered by the digital world, exactly in the field of maintenance, "in situ" and on a considerable scale, in particular those of "*Building Information Modeling*".<sup>2</sup> It was a survey applied to the real case of the Napoli Centrale station<sup>3</sup> to understand in detail how the digital world can be a response to those maintenance needs, well expressed in the professor's introduction.

It should be noted that we will only marginally address issues related to BIM design or conservation or restoration. The purpose of this work is in fact to describe our research by trying to highlight the advantages offered by new digital technologies in the field of maintenance, so that others:

\* Responsabile del Servizio Infrastrutture e Lavori della Fondazione FS Italiana.

<sup>1</sup> Questo documento è organizzato in una parte generale e cinque capitoli, sia parte generale sia i capitoli sono introdotti da un estratto della presentazione del professore.

<sup>2</sup> La sperimentazione è stata eseguita sulla stazione di Napoli Centrale, terzo scalo, per estensione e numero di viaggiatori, della rete ferroviaria italiana.

<sup>3</sup> Il progetto è stato presentato dalla Minnucci Associati e premiato a Tokyo il 16 ottobre 2018 - Premiazione dei Building SMART International Awards 2018 - Premio internazionale nella sezione "*Operations & Maintenance using Open Technology*".

\* Infrastructure and Services' FSI Foundation Head.

<sup>1</sup> This document is organised in a general part and five chapters, both the general part and the chapters are introduced by an extract from the professor's presentation.

<sup>2</sup> The experimentation was carried out on the Napoli Centrale station, the third rail yard, by extension and number of passengers, of the Italian railway network.

<sup>3</sup> The project was presented by Minnucci Associati and awarded in Tokyo on 16 October 2018 - Awarding of the Building SMART International Awards 2018 - International award in the "Operations & Maintenance using Open Technology" section.

della conservazione o restauro. Lo scopo del presente lavoro è infatti, descrivere, attraverso casi concreti e approfondimenti, i vantaggi offerti dalle nuove tecnologie digitali ai campi specifici della manutenzione, in modo che ciascuno ne possa trarre le proprie considerazioni. Con la certezza che tali innovazioni siano strumenti di amplificazione delle capacità dei singoli nell'esercizio delle proprie competenze, la ricerca, tende a stimolare in un mondo "aumentato", esperti, progettisti, supervisori, a sperimentare i vantaggi del lavorare anch'essi "aumentati" nel campo della conservazione.

## 1. Parte generale

Prof. CARANDINI: "Come non avere in mente in questo tempo il ponte crollato di Genova e il soffitto sfondato della chiesa di Roma.

La manutenzione dei luoghi, dai paesaggi ai monumenti, alle cose della storia e dell'arte, può essere in Italia normale o speciale.

Alla manutenzione normale si aggiunge, nelle zone a rischio sismico, la manutenzione speciale riguardante i miglioramenti statici, soli in grado di ridurre notevolmente il rischio sismico su persone e strutture. La manutenzione ordinaria, pratica tradizionale diffusa e poco costosa, è stata sempre più soppiantata da restauri molto onerosi".

### 1.1. L'opportunità di un nuovo approccio alla manutenzione nell'Era del Digitale

L'automazione, le piattaforme digitali e le altre continue innovazioni stanno trasformando l'economia e determinando, con una rapidità senza precedenti, il cambiamento di tutti i processi produttivi. Pur se circondati da un contesto così vivace, nella manutenzione delle opere edili la spinta innovatrice è trattenuta, e procedure e sistemi appaiono spesso ancorati a vecchie metodologie. Tuttavia, il dogma di cambiamento che pervade tutta la società, misto all'ansia di efficienza, se privo del sostegno di vera innovazione, rischia nella manutenzione di tradursi in semplice riduzione di personale ispettivo con la conseguenza di ridurre il controllo dell'uomo senza concrete alternative.

In contrasto con questa tendenza, si è avviata una specifica sperimentazione e valutare gli effetti positivi della digitalizzazione, convinti che potrebbe rappresentare un ingrediente giusto per amalgamare esigenze di rinnovamento, qualità della manutenzione e risorse disponibili.

Con questo spirito, con le esperienze che descriveremo, nel seguito, di introduzione del digitale nella manutenzione della stazione di Napoli Centrale, e alcune sue applicazioni avviate successivamente in siti della Fondazione FS, si è voluto sperimentare massivamente l'utilizzo delle tecnologie digitali, ed in particolare del *Building Information Modeling*, nella gestione di complessi immobiliari di notevoli dimensioni.

*clients, experts, designers, supervisors, can be driven to experiment with these advantages and therefore work better thanks to amplification tools of the skills of each subject in the exercise of its skills.*

## 1. General part

Prof. CARANDINI: "How can we not have in mind at this time the collapsed bridge in Genoa and the fallen through ceiling of the church in Rome?

*The maintenance of places, from landscapes to monuments, to things of history and art, can be regular or special in Italy.*

*In addition to regular maintenance, in earthquake-prone areas, there is special maintenance regarding static improvements, capable alone of significantly reducing the seismic risk on people and structures. Ordinary maintenance, a widespread and inexpensive traditional practice, has been increasingly superseded by very expensive restorations".*

### 1.1. Opportunity for a new approach to maintenance in the Digital Age

*Automation, digital platforms and other continuous innovations are transforming economy and determining the change of all production processes, with unprecedented speed. Even if surrounded by such a lively context, the innovative drive in the maintenance of building works is held back, and procedures and systems often appear anchored to old methodologies. However, the dogma of change that pervades the whole society mixed with the anxiety of efficiency if lacking the support of true innovation, risks translating into a simple reduction of inspection personnel in maintenance with the consequence of reducing human control without tangible alternatives.*

*In contrast to this trend, a specific experimentation was launched to evaluate the positive effects of digitisation, convinced that it could represent the right ingredient to connect the need for renewal, quality of maintenance and efficiency of available resources. In fact, digitisation in the world of construction represents a consolidated reality in the field of "new" and the vastness of the real estate assets in our country suggests that we investigate the possibilities of its exploitation in the management and maintenance of existing buildings as well.*

*With this spirit, with the experiences of the introduction of digital in the maintenance of the Napoli Centrale station that we will describe below and some of its applications subsequently launched in the sites of the FS Foundation, we wanted to experiment the use of digital technologies massively, and in particular Building Information Modelling, in the management of large real estate complexes.*

*Obviously the essential prerequisite, which emerged in each of these applications, is the presence of a client, obviously with a deep knowledge of the asset and its history, but also equipped for the use of digital models and, from*

Occorre infine precisare che tutta la ricerca, si rapporta principalmente con il ruolo del titolare dell'asset. Ciò nella convinzione che una committenza dotata di una conoscenza profonda dell'asset, orientata all'utilizzo di modelli digitali, manifestata, necessariamente sin dall'inizio del processo, con bandi di gara, contratti, capitolati tecnici nuovi, sia il presupposto imprescindibile per utilizzo delle nuove applicazioni digitali.

## 1.2. Il contributo dell'approccio digitale nei processi manutentivi su edifici complessi e antichi

Nella gestione della manutenzione di complessi edili, specialmente se di grandi dimensioni, storici, spesso pregevoli per architettura, capita di imbattersi in edifici, in origine costituiti quasi dal solo involucro edilizio, che si presentano oggi con un rilevante incremento della componente impiantistica, aggiuntasi nel tempo per rispondere a nuove funzioni o in ossequio ad aggiornamenti normativi. Ai fini manutentivi, tale componente aggiunta, tra completamenti e riadattamenti, si presenta intricata e complicata e talvolta affetta da carenza di documentazione. Proprio tale componente impiantistica, con le proprie esigenze di "immediatezza", risulta ai fini manutentivi talmente pervasiva da prevalere sull'involucro murario, benché decisamente più antico e spesso molto più prezioso.

In queste condizioni così difficoltose, l'esperienza ha dimostrato quanto sia complicato e dispendioso esercitare un'azione di controllo con i sistemi tradizionali, specie su operazioni di governo ordinarie e continuative. D'altro canto, affidare all'esecutore servizi globali omnicomprensivi, tipo "Global Service", può rivelarsi solo un'apparente soluzione. Potrebbe infatti, rivelarsi faticoso contrastare un appaltatore che tende ad organizzarsi in modo da indirizzare la manutenzione verso restauri e ripristini importanti e costosi, solitamente esclusi dai canoni dei servizi globali. Dal canto suo, al committente, per ostacolare questa tendenza, non è sufficiente conoscere i complessi edili affidati ma deve mettere in campo risorse e strumenti rigorosi di pianificazione e soprattutto di controllo, per esercitare quella sorveglianza atta a prevenire disservizi o attribuirne correttamente e rapidamente le responsabilità.

## 1.3. Modello digitale e gestione "aumentata"

L'utilizzo di un gemello digitale, anche detto "*Digital Twin o Twin Model*", per studiare e migliorare le performance di un prodotto industriale, prima di metterlo in produzione è prassi ormai consolidata. Analogamente ai prodotti, le strutture edilizie sono sempre più spesso oggetto di studio, di valutazioni su prestazioni e comportamento nei vari campi dell'ingegneria, prima della loro costruzione, attraverso la realizzazione di un clone digitale.

Tuttavia, con l'approccio qui trattato s'inverte il paradigma che vede il clone "costruito" prima della struttura reale; nel nostro caso infatti, la fase di ideazione è supe-

*the earliest stages of negotiations of the process, provided with calls for tenders, contracts, new and adequate technical specifications for new digital applications.*

## 1.2. Contribution of the digital approach in maintenance processes on complex and ancient buildings

*In the maintenance management of building complexes, especially if large, historical, often valuable for architecture, one happens to come across buildings, originally consisting almost only of the building shell, which today have a significant increase in the plant component added over time to respond to new functions or in compliance with regulatory updates. For maintenance purposes, between completions and readjustments, this added component is intricate and complicated, sometimes suffering from lack of documentation. Exactly this component, with its own needs of "immediacy", is so pervasive for maintenance purposes that it prevails over the wall casing, although it is decidedly older and often much more valuable.*

*In these difficult conditions, our experience has shown how complicated and expensive it is to exercise a control action with traditional systems, especially on routine and continuous governing operations. On the other hand, entrusting the executor with comprehensive global services, such as "Global Service", may prove to be only an apparent solution. In fact, it could prove tiring to fight a contractor who tends to organise itself in order to direct maintenance towards important and expensive restorations and renovations usually excluded from global services fees. From its perspective, in order to hinder this trend, is not enough for the client to know the building complexes entrusted but it must put in place resources and rigorous planning and above all control tools, in order to exercise the surveillance aimed at preventing inefficiencies or assigning them correctly and attributing them responsibility quickly.*

## 1.3. Digital model and "increased" management

*The use of a digital twin, also called "Digital Twin or Twin Model", to study and improve the performance of a product before putting it into production is now a consolidated practice. Similarly to products, building structures are increasingly the subject of study, performance and behavioural assessments in the various engineering fields, before their construction through the creation of a digital clone.*

*However, with our topic the paradigm that sees the clone "built" before the real structure is inverted; in fact, in our case, the design phase is surpassed and the artefact already exists. This reversal (Fig. 1) changes the whole approach to the digitisation process: the importance of modelling decreases and the collaboration of the actors involved in the process changes.*

*Instead of being oriented towards construction, everything becomes aimed at managing a construction work*



rata e il manufatto già esiste. Questo rovesciamento (Fig. 1) cambia tutto l'approccio al processo di digitalizzazione: l'importanza della modellazione diminuisce, la collaborazione degli attori coinvolti nel processo si modifica.

Tutto anziché orientato alla costruzione diventa finalizzato a gestire un'opera edile che già esiste e che ovviamente non è necessario ricostruire e in ciò emerge l'essenzialità di rilevarla nel modo più dettagliato possibile. Se il primo passo della descrizione è il rilievo digitale, non è da trascurare il lavoro di individuazione delle famiglie della manutenzione, che in un edificio esistente si presentano più complesse e variegata di quelle concepite per un edificio nuovo. Anche la stesura del manuale della manutenzione risente di questo nuovo approccio. Esso infatti, da elaborato prescrittivo, deve arricchirsi degli aspetti esperienziali relativi alla storia delle esigenze manutentive pregresse dei singoli oggetti sempre possibilmente non più raggruppate solo in famiglie.

Con questo spirito, nell'esperimento di Napoli Centrale è stata progettata e verificata una specifica architettura che, basata su strategie Manutentive e priorità consolidate (Fig. 2), attraverso l'individuazione nello spazio di tutti gli oggetti della manutenzione e la sensorizzazione di parte di essi, portasse ad una rinnovata capacità di monitoraggio e controllo su tutto il processo della manutenzione. Assicurando inoltre, una raccolta organizzata di informazioni raccolte in "Big Data" utili alla verifica e ridefinizioni delle politiche manutentive.

Per fare questo si è riportata l'intera stazione nel mondo digitale attraverso un rilievo laser, ottenendo le classiche "nuvole di punti" e perché tali nuvole acquisissero consistenza di oggetti nel mondo virtuale, si è modellato massicciamente tutto il complesso della stazione, in modo da testare in profondità il metodo e passare ad una vera rappresentazione digitale con caratteristiche fisiche e funzionali di tutti gli oggetti.

Nella fase successiva, il modello BIM, è stato integrato con un CMMS (Computerized Maintenance Management System) studiato e perfettamente integrato alla realtà dell'impianto, curando l'interconnessione e la compatibilità tra gli strumenti di gestione (Call Center, ecc.) e quelli amministrativi contabili già presenti in azienda (SAP).

## 1.4. Modello digitale e imprenditoria del Facility

Oltre al ruolo della committenza, nella gestione delle opere, è meritevole di massima considerazione un altro dei principali stakeholder del processo: il mondo imprenditoriale dei fornitori di servizi di manutenzione.

*that already exists and that obviously reconstruction is unnecessary and in this the essentiality of detecting it in as much detail as possible emerges. If the first step of the description is the digital survey, the task of identifying the maintenance families must not be neglected, which are more complex and varied in an existing building, and the definition of the maintenance manual which, from a prescriptive document, must be enriched with the experiential aspects related to the history of the previous maintenance needs of the individual objects, always possibly grouped into families.*

*With this spirit, a specific architecture was designed and verified in the Napoli Centrale experiment which, based on maintenance strategies and consolidated priorities (Fig. 2), through the identification in space of all the objects of maintenance and the sensoring of part of these, led to a renewed ability to monitor and control the entire maintenance process, also ensuring an organised collection of information gathered in "Big Data" useful for the verification and redefinition of maintenance policies.*

*To do this, the entire station was brought back into the digital world through a laser survey, obtaining the classic "point clouds" and for these clouds to acquire consistency of objects in the virtual world, the entire station complex was massively modelled in order to test the method in depth and move to a true digital representation with physical and functional characteristics of all objects.*

*In the next phase, the BIM model was integrated with a CMMS (Computerised Maintenance Management System) studied and perfectly integrated with the reality of the plant, taking care of the interconnection and compatibility between the management tools (Call Center) and the administrative accounting ones already existing in the company.*

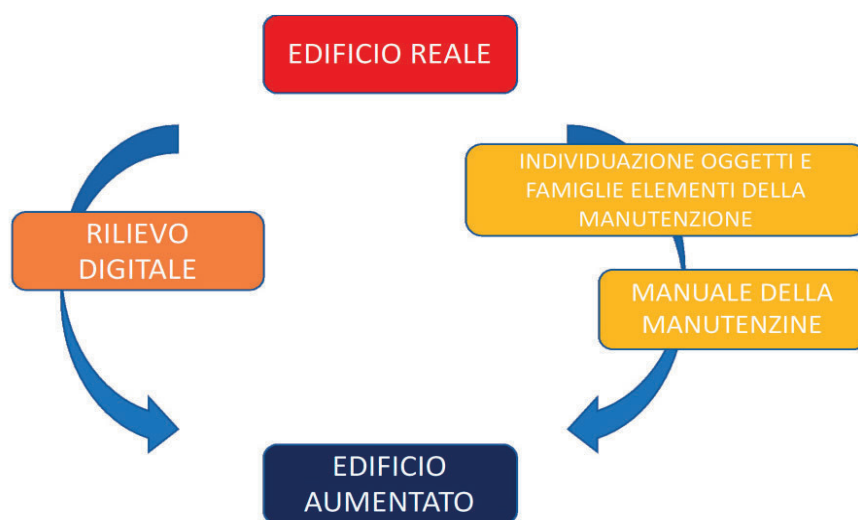


Figura 1 – Dall'edificio reale all'edificio aumentato attraverso il rilievo digitale e il popolamento con gli oggetti dotati di informazioni.

*Figure 1 – From the real building to the augmented building F digital surveying and objects with information.*

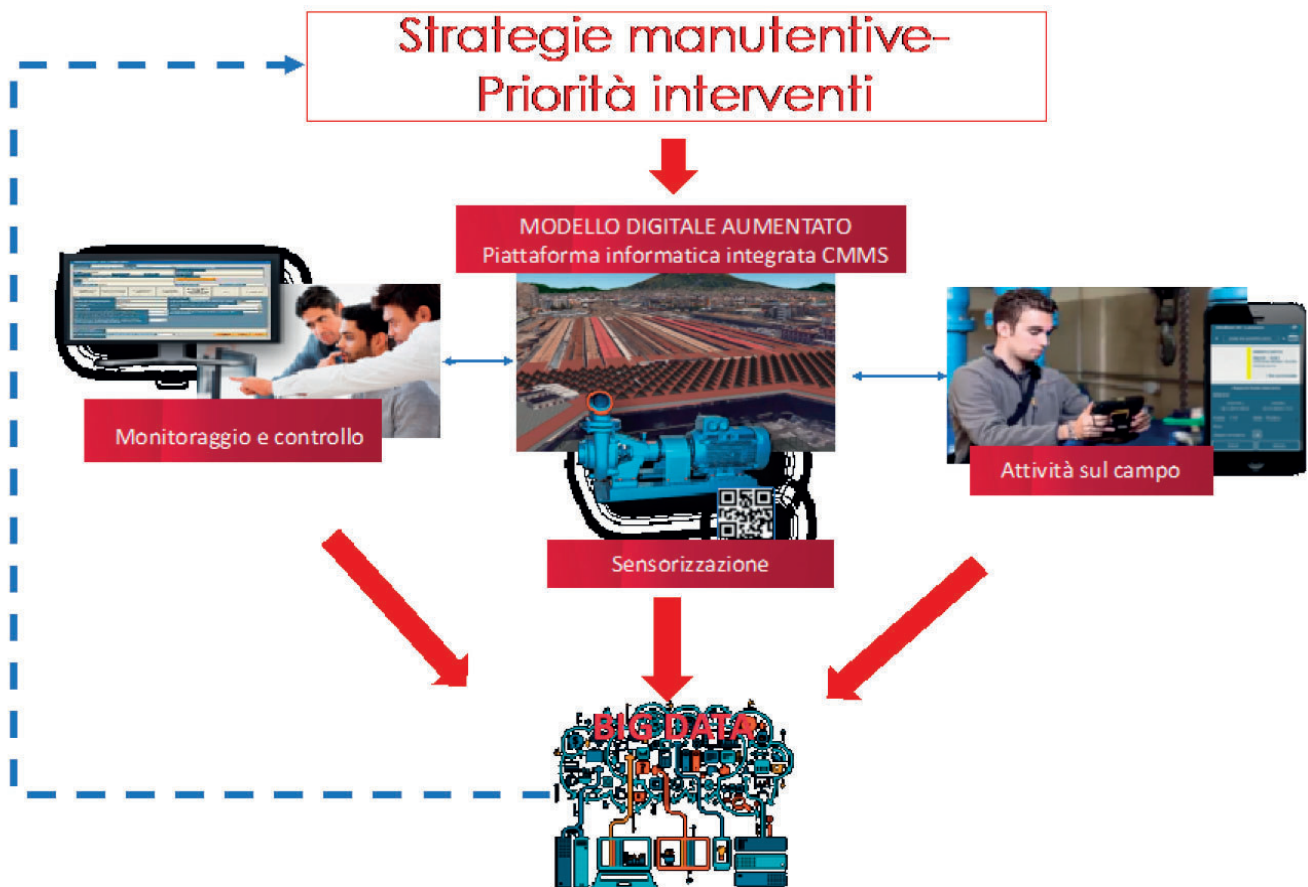


Figura 2 – Modello Digitale e Processo manutentivo.  
Figure 2 – Digital Model and Maintenance Process.

Per comprendere il ruolo del mondo imprenditoriale varranno alcune premesse sull'ecosistema del mantenimento. Preliminarmente, si vuole sottolineare lo sforzo dei legislatori per promuovere meccanismi negoziali che superino le semplificazioni del “massimo ribasso”, e premiano qualità ed affidabilità ma nel contempo evitino le sabbie mobili di ricorsi e controricorsi. Ciononostante, si assiste ancora alla spinta rischiosa di soggetti economici che si esprime attraverso ribassi “avventati”, che nemmeno i suddetti meccanismi e gli sforzi delle strutture preposte riescono a contrastare.

Pur senza entrare troppo nella complessa discussione che impegna da anni committenti, mondo imprenditoriale e organi legislativi, si vuole evidenziare l'influenza positiva che si ritiene avrà il rigore intrinseco del sistema di gestione della manutenzione digitalizzato, anche in tema di selezione dei soggetti della manutenzione. In effetti, strumenti di gestione e controllo solidissimi<sup>4</sup> e certificati, possano certamente opporsi efficacemente all'idea che

<sup>4</sup> L'obiettivo principale della digitalizzazione è quello di garantire con precisione una manutenzione ben pianificata, programmata e soprattutto correttamente eseguita con possibilità di controlli facili: ogni singola operazione deve essere trasparente, immediatamente tracciata, analizzata e memorizzata.

#### 1.4. Digital model and Facility entrepreneurship

*In addition to the role of the client in the management of the works, another of the main stakeholders of the process deserves maximum consideration: the business world of maintenance service providers.*

*To understand the role of the business world, some premises on the maintenance ecosystem will be valid. Preliminarily we want to underline the efforts of legislators to promote negotiation mechanisms that overcome simplifications of the “maximum discount” and reward quality and reliability but at the same time avoid the quicksand of appeals and counter-claims. Nonetheless, we are still witnessing the risky push of economic subjects that is expressed through “reckless” discounts that not even the aforementioned mechanisms and the efforts of the organisations in charge are able to contrast.*

*Without going too far into the complex discussion that has engaged clients and legislative bodies for years, we want to highlight the positive influence that the intrinsic rigour of the digitised maintenance management system is believed to have also in terms of selecting maintenance subjects. In fact, very solid and certified management and*

anima alcuni che pensano che si possano azzardare ribassi per vincere gare e scommettere, in sede gestionale, su una cattiva gestione della manutenzione che, oltre a produrre i vantaggi diretti e immediati del “non fare”, conduca l’asset in aree degradate dove l’ansia di ripristino degli immancabili guasti e visioni distorte degli strumenti ispettivi, in quei frangenti ritenuti ostacoli, lasci campo libero a costosi e imprevisti rinnovamenti.

## 1.5. Approccio semplificato per contenimento dei costi

Il costo complessivo di un modello BIM finalizzato alla gestione di una determinata opera, può variare molto in funzione dell’accuratezza dello stesso, sia in termini di geometria ed elementi rappresentati, sia in termini di informazioni in essi riportate. Approssimativamente, tale valore, come verificato con qualche indagine di mercato e l’analisi dei costi della sperimentazione, può stimarsi in percentuale rispetto ad un ipotetico costo di costruzione del manufatto, nell’ordine dello 0,5-1,5%.

Gli importi così ottenuti, anche quando sensibilmente inferiori ad una progettazione BIM nel nuovo, possono raggiungere livelli tali da scoraggiare l’avvio di un progetto di digitalizzazione di asset importanti, magari, come sostengono alcuni scettici, dedicando le poche risorse disponibili direttamente alla manutenzione, piuttosto che ad un processo che darà frutti nel corso di anni per un’opera esistente. Tale ultimo orientamento, appare però miope se si tiene conto dell’enorme costo di ripristino legato al lento e invisibile avanzamento del degrado connesso alla carenza o cattiva manutenzione dei beni.

Ciononostante, per contenere il costo iniziale del processo di digitalizzazione della manutenzione, abbiamo approfondito la possibilità di utilizzare il solo rilievo laser, magari limitando la modellazione al minimo (p.e. elementi semplici e fissi come solai e pareti) in modo da ottenere un ambiente misto “BIM - Nuvole di punti” con oggetti rispettivamente “modellati” o “taggati”, in entrambi i casi censiti e collegati a schede manutentive. Un modello semplificato, però capace di accogliere le nuove modellazioni, via via disponibili, predisposto per ospitare contenuti di qualunque genere: stato, disegni, restauri precedenti, prescrizioni, monitoraggi, istruzioni operative, tutto impostato sulla nostra forma mista che evolve sempre più verso un modello BIM completo.

Abbiamo verificato che questo approccio è possibile proprio per le caratteristiche del modello digitale che, da geo-referenziato, può entrare in connessione con tutte le parti dell’edificio, anche in fasi successive. In questo senso, il test eseguito, ha riguardato un aspetto particolare della progettazione dell’esodo in condizioni di emergenza: quello della classica cartellonistica di emergenza. Abbiamo infatti, nella sperimentazione, realizzato uno spazio virtuale misto “nuvola di punti” “Cartellonistica di Sicurezza” (Fig. 3) con il vantaggio di eseguire questo passaggio della progettazione in modo estremamente evoluto, verificando la visibilità dei cartelli direttamente “in si-

*control tools<sup>4</sup> can certainly effectively oppose the idea that enlivens some who think that it is possible to risk discounts to win tenders and to bet, in management, on poor management of maintenance which, in addition to producing direct and immediate advantages of “not doing”, leads the asset in degraded areas where the anxiety of restoring inevitable failures, especially of plants in operation stopped, and distorted views of the inspection tools, in those situations considered obstacles, leaves the field open to expensive and unexpected renovations.*

## 1.5. Simplified approach for cost containment

*The overall cost of a BIM model aimed at managing a specific work can vary greatly depending on its accuracy, both in terms of geometry and elements represented, and in terms of information reported therein. As verified with some simple market research and the analysis of the experimentation costs, this value can be approximately estimated as a percentage with respect to a hypothetical construction cost of the product in the order of 0.5 -1.5%.*

*The amounts thus obtained, even when lower than a new BIM design, can reach levels such as to discourage the start of a project to digitise important assets, perhaps dedicating the few available resources directly to maintenance for an existing work rather than to a process that will bear fruits in the course of years. However, this latter orientation appears shortsighted if we take into account the enormous cost of restoration linked to the slow and invisible progress of degradation connected to the lack or poor maintenance of the assets.*

*Nonetheless, to contain the initial cost of the maintenance digitalisation process, we investigated the possibility of using laser survey only, perhaps limiting modelling to a minimum (e.g. simple and fixed elements such as floors and walls) in order to obtain a mixed environment “BIM - Point clouds “ with objects respectively “modelled “ or “tagged “, in both cases surveyed and connected to maintenance cards. A simplified model, however, capable of including the new models gradually available, designed to accommodate content of any kind: status, drawings, previous restorations, prescriptions, monitoring, operating instructions, all set on our mixed form that increasingly evolves towards a complete BIM model.*

*We verified that this approach is possible precisely due to the characteristics of the digital model which, when geo-referenced, can connect with all parts of the building even in subsequent phases. On the other hand, with this approach, a robust architecture of the objects becomes decisive which, losing the format of the modelled object, become more difficult to identify and monitor (Fig. 3).*

<sup>4</sup> The main objective of digitisation is to accurately guarantee well-planned, programmed and above all correctly performed maintenance with the possibility of easy checks: every single operation must be transparent, immediately traced, analysed and stored.



to”, prima della loro reale realizzazione, e verificandone l’efficienza, tutto direttamente con la navigazione nello spazio virtuale. Di contro, con questa impostazione diventa determinante una robusta architettura degli oggetti che, perdendo formato di oggetto modellato, diventano più difficoltosi da individuare e monitorare (Fig. 3).

Nelle sperimentazioni ancora in corso, viene adottato questa variante decisamente meno costosa e i risultati sono incoraggianti.

## 1.6. Modello digitale e IoT

Il nostro modello, con la sua possibilità di accogliere ulteriori contributi basati sulla tecnologia delle piattaforme digitali, permette l’interazione tra gli oggetti reali e relativo clone digitale attraverso “l’internet delle cose”. Possiamo allora sfruttare tali piattaforme per evitare che gli immobili e le infrastrutture, denunciino carenze attraverso segnali irreversibili, possiamo cioè chiedere “all’internet delle cose” di realizzare quella sincronizzazione tra il contesto fisico e il corrispondente virtuale e al modello digitale di aiutarci nella descrizione e nell’individuazione dell’anomalia che in contesti grandi e complessi, corrisponde ad un importante vantaggio operativo nella sua risoluzione, specialmente in condizioni di urgenza.

Ma l’IoT consente anche di esercitare azioni di comando su oggetti connessi che, comandati, possono riconfigurare la realtà in base alle nostre esigenze. Per esempio, in tema di sicurezza e gestione dell’emergenza degli edifici, che, speriamo presto, vedremo nuovamente soggetti a grossi affollamenti (stazioni, musei, aeroporti, ecc.), la disponibilità di un modello semplificato nel quale prendono concretezza solo ostacoli, vie di fuga, accessi e cartellonistica dedicata, rende possibile, grazie all’interoperabilità, un numero notevole di simulazioni con strumenti di calcolo basati proprio sul modello. In quest’ambito, nella fase finale della sperimentazione, si è voluto integrare il contributo del sistema modello-IoT ad uno studio sulla gestione dell’emergenza. L’interferenza di un cantiere o una chiusura improvvisa di un’uscita, sono situazioni che si verificano frequentemente negli impianti ferroviari (Fig. 4). Si è allora pensato di sfruttare i vantaggi del modello semplificato nella comprensione e gestione di tali situazioni. I primi risultati sono stati incoraggianti; il modello, attraverso le simulazioni ci ha fornito una “soglia di attenzione” e un “livello di affollamento critico” (Figg. 5a e 5b) oltre il quale il sistema, se possibile, va riconfigurato con nuove aperture/vie di esodo procedendo in tal modo verso configurazioni più “aperte” anche eventualmente con l’aiuto dell’IoT.

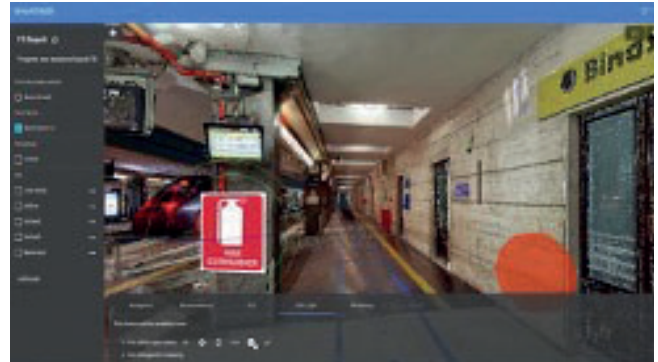


Figura 3 – Cartellonistica di sicurezza - inserita nella nuvola di punti - Esempio di ambiente misto nuvola di punti - oggetti modellati .

*Figure 3 – Safety signs - inserted in the point cloud - Example of a mixed pointcloud - modeled objects.*

*This decidedly less expensive variant is adopted in the trials still in progress, and the results are encouraging.*

## 1.6. Digital and IoT model

Our model with its possibility of receiving further contributions based on the digital platforms technology allows interaction between real objects and related digital clone through the “internet of things”. We can then exploit these platforms to prevent buildings and infrastructures from reporting deficiencies through irreversible signals, that is, we can ask the “Internet of Things” to achieve that synchronisation between the physical context and the virtual correspondent and the digital model to help us in the description and in the identification of the anomaly which in large and complex contexts corresponds to an important operational advantage in its resolution, especially in urgent conditions.

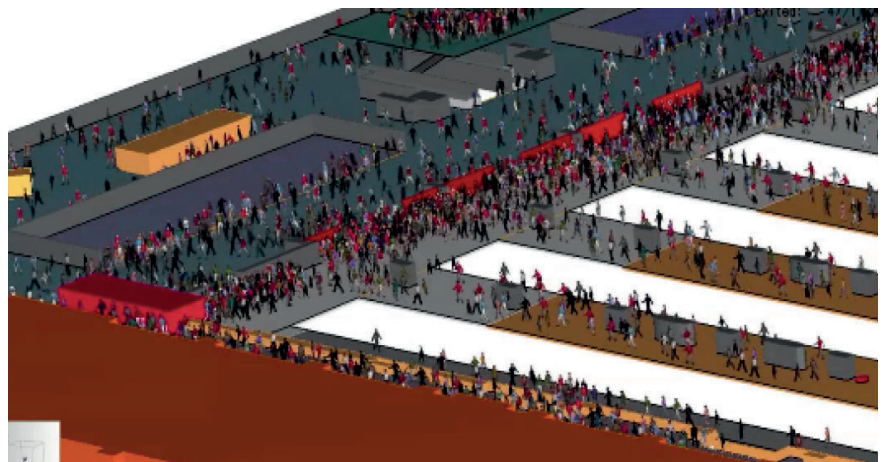


Figura 4 – Valutazione interferenza cantiere-Modello Digitale e modelli matematici di “Pedestrian Simulation and Analysis”.

*Figure 4 – Evaluation of construction site interference-Digital Model and mathematical models of “Pedestrian Simulation and Analysis”.*

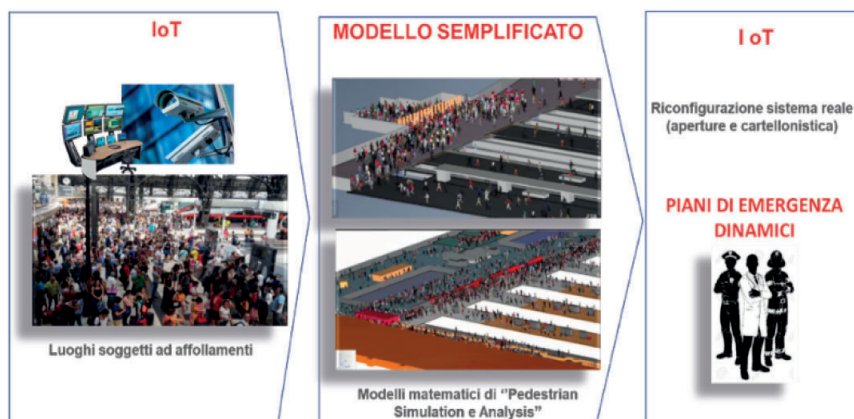


Figura 5a – Modello Digitale in aiuto alla gestione dell'emergenza.  
Figure 5a – Digital Model in aid of emergency management.

In definitiva, in questo modo il sistema reale viene reso capace di correlarsi a scenari prestabiliti e rivedere, eventualmente anche in automatico, la propria configurazione in modo da renderla più efficiente possibile ai fini dell'evacuazione (ulteriori aperture, presidi, sorveglianza, segnalazioni acustiche e visive, ecc.).

Con analoghe logiche, è possibile intervenire in altri campi come ad esempio quello energetico dove, sempre grazie alle simulazioni eseguite sui bit del modello, è pos-

But the IoT also allows us to exercise command actions on connected objects that can reconfigure reality according to our needs. For example, in terms of safety and emergency management of buildings that, we hope soon, we will again see subject to large crowds (stations, museums, airports, etc.), the availability of a simplified model in which only obstacles, escape routes, accesses and dedicated signs, allows an infinite number of simulations with calculation tools based on the model thanks to interoperability. In this context, we wanted to integrate the contribution of the IoT-model system with a study on emergency management in the final phase of the experimentation. The interference of a construction site or a sudden closure of an exit, are situations that frequently occur in railway installations. It was therefore decided to exploit the advantages of the simplified model in understanding and managing such situations (Fig. 4). The first results were encouraging. Through simulations, the model has provided us with an "attention threshold" and a "critical crowding level" (Figg. 5a and 5b) beyond which, if possible, the system must be reconfigured with new openings/escape routes proceeding in this way towards more "open" configura-

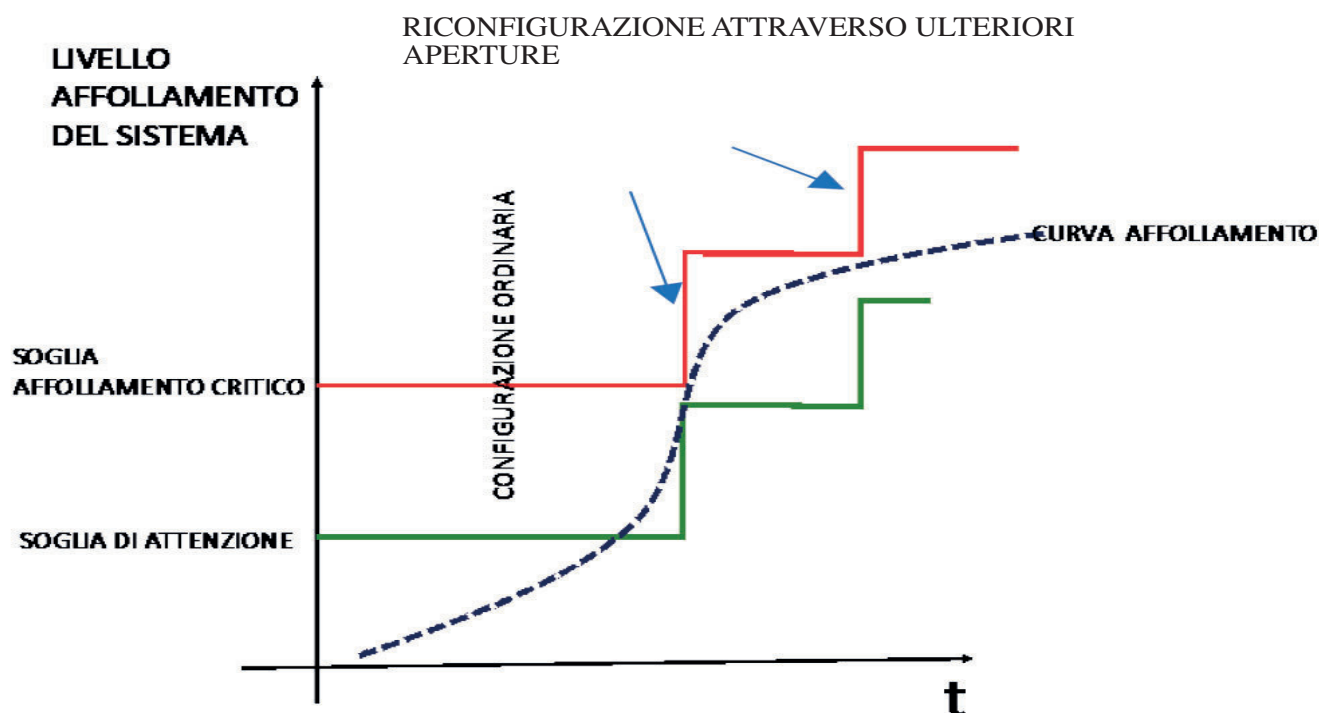


Figura 5b – Modello digitale in aiuto alla gestione dell'emergenza - Individuazione soglie critiche e valutazioni sui provvedimenti da adottare.

Figure 5b – Digital Model in aid of emergency management- identification of critical levels and assessments of measures.



sibile individuare interventi utili, ovvero anche semplicemente riconfigurando la realtà attraverso l'IoT, ed elevare i livelli di efficienza energetica degli edifici in modo immediato. La nostra ricerca in questo campo è in corso ma la tecnologia IoT, già tutta disponibile, connessa agli studi sul modello digitale, lascia prevedere risultati incoraggianti.

## 2. Digitalizzazione BIM della stazione di Napoli Centrale

Durante le operazioni di restauro del Museo Ferroviario di Pietrarsa, sono state avviate le prime piccole applicazioni di *Building Information Modeling*, applicato alla manutenzione, per effettuare test finalizzati a sondare le possibilità offerte dal processo, nel caso di gestione di un complesso immobiliare esistente. In quell'occasione vennero sviluppati ad un buon livello geometrico, il modello BIM di uno dei padiglioni del Museo Ferroviario, comprensivi delle locomotive storiche e dei principali terminali impiantistici. Alcuni di questi terminali vennero poi informatizzati, inserendo nei modelli i codici identificativi, le principali caratteristiche tecniche e associando delle schede manutentive tipologiche. Si testarono poi con le molteplici possibilità di navigazione dei modelli (anche mediante dispositivi smart) e consultazione di queste informazioni.

Sulla base di questi primi risultati, successivamente, si avviò un esperimento di applicazione molto più ampio e totale del processo BIM ad una stazione di importanti dimensioni come quella di Napoli Centrale.

Obiettivi del progetto (Fig. 6 e Tab. 1):

- Realizzare un modello digitale a partire da strutture edilizie in esercizio per sperimentare il livello di semplificazione della complessità della realtà costituita da più di 50.000 oggetti della manutenzione.
- Creare un modello che sia funzionale alla gestione del manufatto, con una struttura implementabile durante tutto il ciclo di vita dell'edificio.
- Testare i vantaggi del modello BIM, come strumento interoperabile di pianificazione ed attuazione delle facilities, munito dell'approccio tridimensionale, correlato dagli oggetti che popolano l'ambiente nel caso concreto di una stazione di elevata complessità.
- Sperimentare i vantaggi della raccolta e aggiornamento dati «modello aumentato» per la realizzazione di una banca dati della manutenzione.

Durante la sperimentazione sono state anche approfonditi ulteriori aspetti:

*rations, possibly with the help of the IoT. Ultimately, in this way the real system is made capable of correlating itself to pre-established scenarios and reviewing its configuration, possibly even automatically, in order to make it as efficient as possible for the purpose of evacuation (further openings, controls, surveillance, acoustic and visual signals, etc.).*

*With similar logics, intervention in other fields such as energy is possible where useful interventions can be identified, again thanks to the simulations performed on the bits of the model, or simply by reconfiguring reality through the IoT, and raise energy efficiency levels of buildings in a very immediate way. Our research in this field is ongoing but the IoT technology, already fully available, connected to the studies on the digital model, already allows interesting results.*

## 2. BIM digitisation of Napoli Centrale station

*During the restoration operations of the Pietrarsa Railway Museum, the first small applications of Building Information Modelling applied to maintenance were launched to carry out tests aimed at exploring the possibilities offered by the process in the case of management of an existing real estate complex. On that occasion, the BIM model of one of the wings of the Railway Museum was developed to a good geometric level, including the historic locomotives and the main plant terminals. Some of these terminals were then computerised, introducing the identification codes, the main technical characteristics in the models and associating typological maintenance cards. They were then tested with the multiple possibilities of navigating the models (also using smart devices) and consulting this information.*

*On the basis of these first results, a much broader and more complete application experiment of the BIM process was started at a station of important dimensions such as that of Napoli Centrale.*



Figura 6 – Modello Napoli Centrale - con strumento di gestione CMMS.

*Figure 6 – Napoli Centrale model - with CMMS management tool.*

Tabella 1 – Table 1

<b>Dati Generali</b> <i>General Information</i>	
Estensione Stazione <i>Station extension</i>	MQ 239466
Durata Progetto <i>Project duration</i>	12 Mesi <i>12 Months</i>
Giornate Uomo <i>Man days</i>	5500
Risorse Interne <i>Internal resources</i>	5
Risorse Esterne <i>External resources</i>	26
<b>Dati Rilievo Laser Scanner</b> <i>Laser Scanner Survey Data</i>	
Estensione (Mq Rilevati) <i>Extension (sq. m surveyed)</i>	390000
Dimensione Totale Nuvole di Punti <i>Total size of point clouds</i>	380 GB
<b>Dati del Modello</b> <i>Model Data</i>	
Numero Modelli Federati <i>Number of federated models</i>	59
Metri Quadrati Modellati (compreso contesto esterno alla stazione) <i>Square metres modelled (including context outside the station)</i>	405.000
Metri Cubi Modellati <i>Cubic metres modelled</i>	972000
Numero Oggetti Modellati <i>Number of modelled objects</i>	12400
Dimensione Totale Modello IFC <i>Total size of the IFC model</i>	1 GB
LOD Modello (Parti Architettoniche) <i>LOD model (architectural parts)</i>	LOD 200
LOD Modello (Equipments) <i>LOD model (equipment)</i>	LOD 500
<b>Libreria Dati di Riferimento (LDR)</b> <i>Reference Data Library (LDR)</i>	
Categorie di oggetti della Libreria <i>Categories of library objects</i>	157
Numero Oggetti Taggati <i>Number of tagged items</i>	269

Project aims (Fig. 6 and Tab. 1):

- Create a digital model starting from building structures in operation to experience the level of simplification of the complexity of reality made up of more than 50,000 maintenance objects.
- Create a model that is functional to the management of the building, with an organisation that can be implemented throughout the life cycle of the building.
- Test the advantages of the BIM model, as an interoperable tool for planning and implementing facilities, equipped with a three-dimensional approach, correlated by the objects that populate the environment in the real case of a highly complex station.
- Experience the advantages of collecting and updating «increased model» data for the creation of a maintenance database.

During the experimentation, further aspects were also investigated:

- Potential and use of the digital survey only.
- Use of the model in building management.
- Use of the model connected to the IoT in security management.

## 2.1. Some project data:

Fig. 7 shows the commitment of all phases of the project, in economic and man-days terms. For the “Mapping of maintenance processes” and mainly their engineering for introduction into a new digital management process, a specific mixed sub work group of IT-maintenance experts was involved for the entire duration of the process.

For some particularly specialised activities such as the “Survey” and the return of the points cloud, qualified external companies equipped with particularly performing equipment were used.

Quite simply, the architecture (Figg. 8, 9 and 10) at the basis of the experimentation saw the virtual building at the centre of the whole process with its “Remote Planning Centre” that starts

- Potenzialità e utilizzo del solo rilievo digitale.
- Utilizzo del modello nella gestione dell'edificio.
- Utilizzo del modello connesso all'IoT nella gestione della sicurezza.

## 2.1. Alcuni dati del progetto:

In Fig. 7 è rappresentato l'impegno, in termini economici e giorni-uomo, di tutte le fasi del progetto. Per la "Mappatura dei processi manutentivi" e principalmente la loro ingegnerizzazione per l'inserimento in un nuovo processo di gestione digitale ha visto impegnato uno specifico sottogruppo di lavoro misto informatici-esperti di manutenzione per tutta la durata del processo.

Per alcune attività particolarmente specialistiche come il "Rilievo" e la restituzione nuvola di punti si è fatto ricorso a società esterne qualificate e dotate di attrezzature particolarmente performanti.

Molto semplicemente l'architettura (Figg. 8, 9 e 10) alla base della sperimentazione ha visto al centro di tutto il processo, l'edificio virtuale con un suo "Centro remoto di pianificazione" che avvia le attività per ogni singola esigenza manutentiva, sia quelle pianificate sia quelle segnalate. Le segnalazioni vengono veicolate al manutentore che, accompagnato verso l'oggetto con l'ausilio della segnalazione guidata e alla georeferenziazione degli oggetti, effettua le operazioni di manutenzione. Il tutto viene riportato al Centro di Monitoraggio e Controllo e quindi, a conclusione di ogni singola operazione manutentiva, trasferito ad un Big Data della Manutenzione.

*the activities for each individual maintenance need, both planned and those reported. The reports are conveyed to the maintenance technician who carries out the maintenance operations, accompanied to the object with the aid of the guided signalling and georeferencing of the objects. Everything is reported to the Monitoring and Control Centre and then, at the conclusion of each maintenance operation, transferred to a Maintenance Big Data.*

## 2.2. Further ongoing developments

*Starting from the experience gained during the experimentation of the Napoli Centrale station, some maintenance applications were started with a simplified digitised process for some assets entrusted to the Foundation. For this purpose, the digital survey of a first portion was completed, for a basic three-dimensional georeferenced representation, for the subsequent documentary kit operations to then manage its maintenance.*

*The buildings for which point cloud surveying operations are in progress are: National Railway Museum of Pietrarsa (Fig. 11), Warehouse of Historic Rolling Stocks of Pistoia (Fig. 12), Milan Rialzo and La Spezia Migliarina.*

### 2.2.1. Trieste Campo Marzio station museum

*Particular attention will be paid to the ongoing restoration activities on the historic building of the Trieste Campo Marzio Station (Fig. 13).*

*The building, a fascinating liberty style terminal station, is an architectural jewel built between 1901 and 1906 on a*

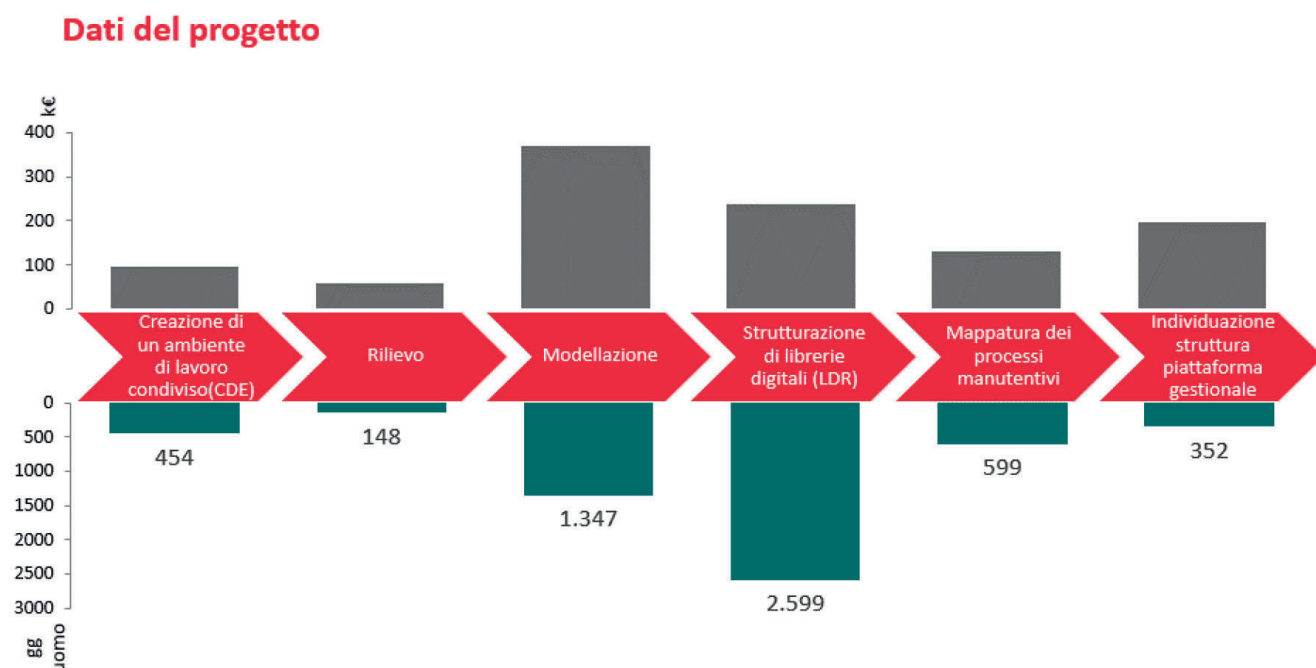
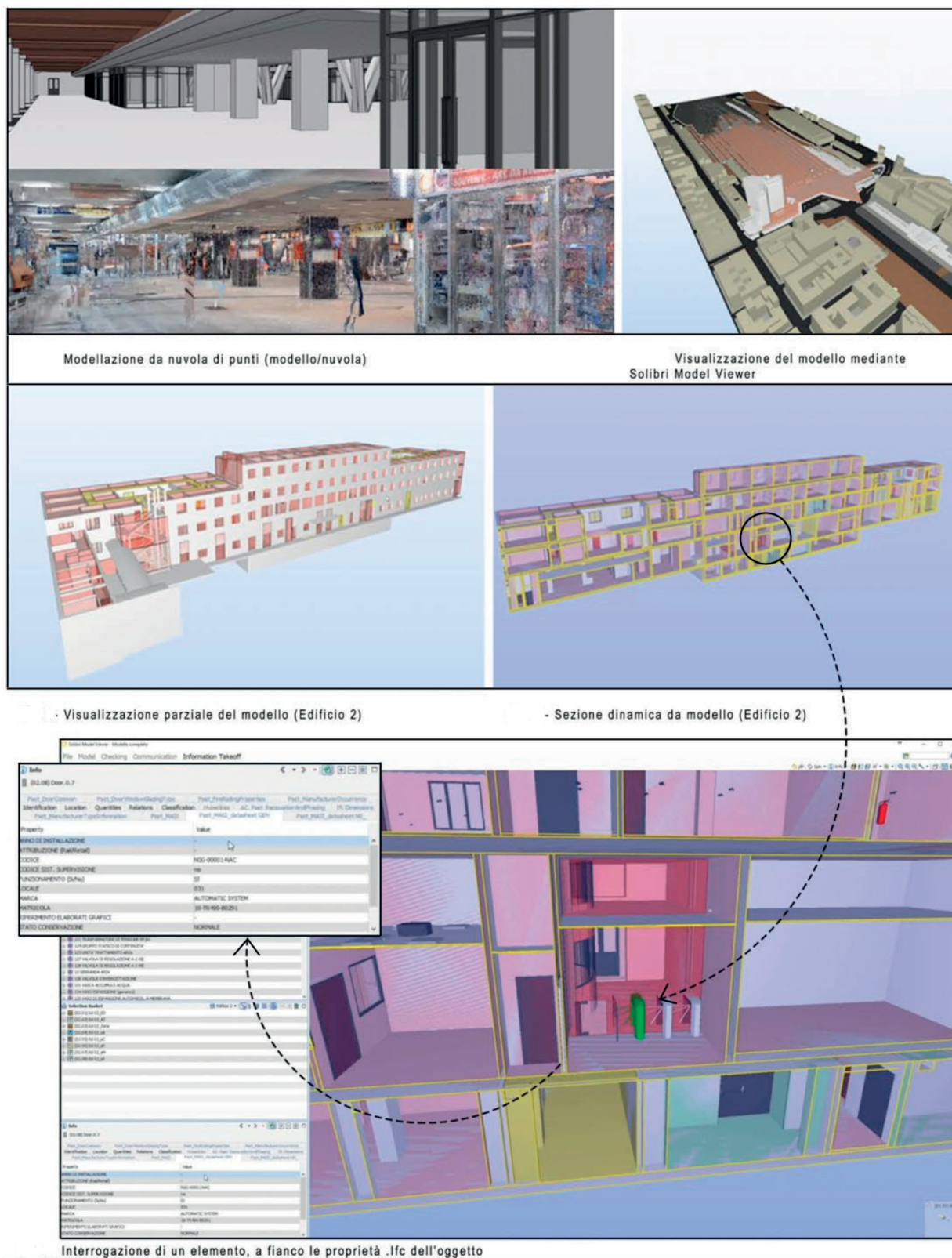
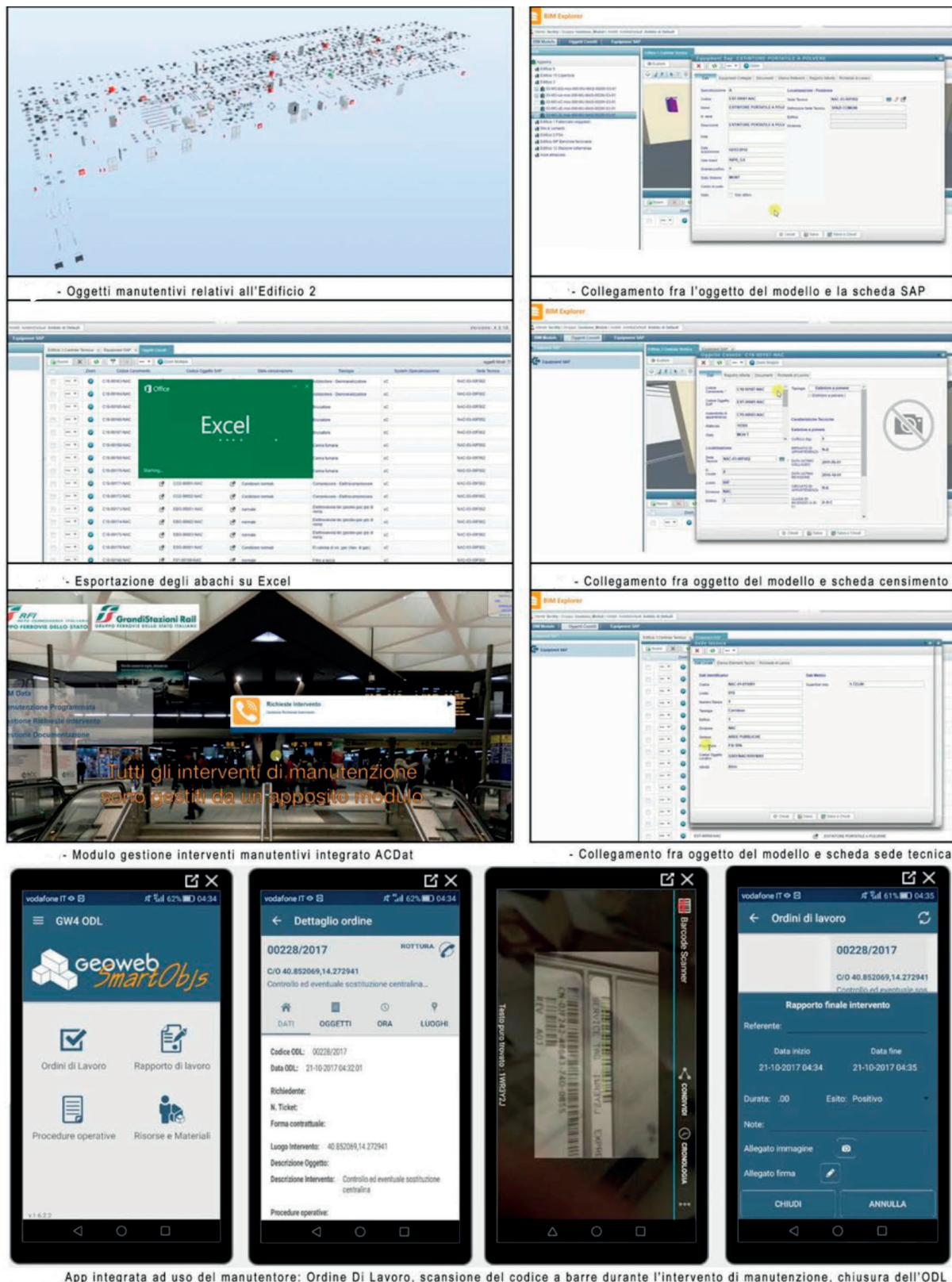


Figura 7 – Dati Progetto Napoli Centrale.  
Figure 7 – Napoli Centrale Project Data.





(Fonte - Source: Studio Minnucci durante la sperimentazione)  
 Figura 8 – Alcune immagini del modello - Edificio 2 Napoli Centrale.  
 Figure 8 – Some images of the model - Building 2 Napoli Centrale.



(Fonte - Source: Studio Minnucci durante la sperimentazione)  
 Figura 9 – Modello e Programma di gestione Computerized Maintenance Management System.  
 Figure 9 – Computerised Maintenance Management System.



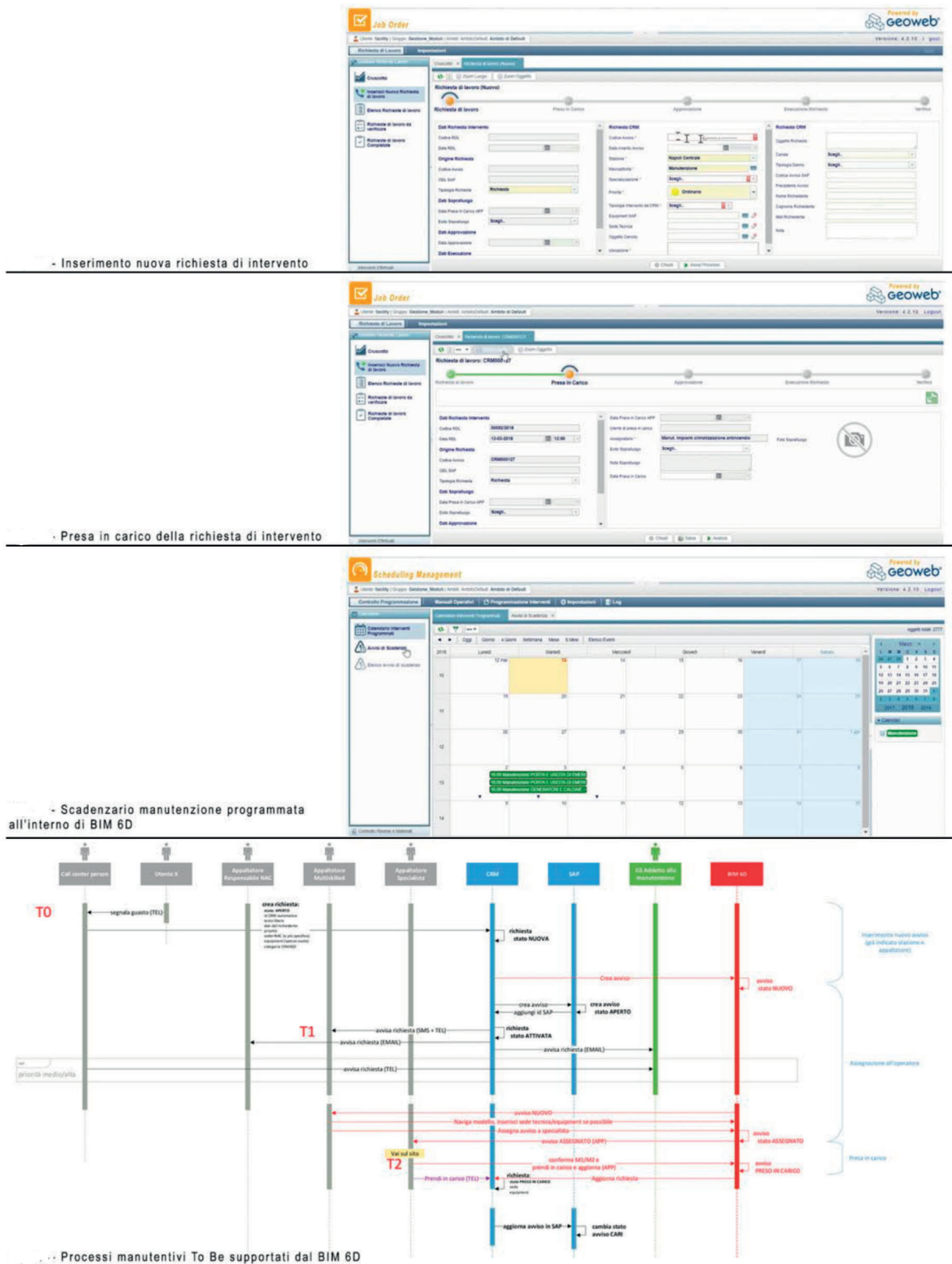


Figura 10 – Programma di gestione - Computerized Maintenance Management System.  
Figure 10 – Computerised Maintenance Management System.



## 2.2. Ulteriori sviluppi in corso

Partendo dall'esperienza maturata durante la sperimentazione della stazione di Napoli Centrale, si sono avviate alcune applicazioni alla manutenzione con processo digitalizzato semplificato, per alcuni cespiti affidati alla Fondazione. A tale scopo è stato completato il rilievo digitale di una prima parte, per una rappresentazione georeferenziata tridimensionale di base, per le successive operazioni di corredo documentale per gestirne poi la manutenzione.

Gli edifici per i quali sono in corso le operazioni di rilievo nuvole di punti sono: Museo Ferroviario Nazionale di Pietrarsa (Fig. 11), Deposito Officine Rotabili Storici di Pistoia (Fig. 12), Milano Rialzo e La Spezia Migliarina.

### 2.2.1. Museo stazione Trieste Campo Marzio

Una particolare attenzione sarà dedicata alle attività di restauro in corso sullo storico edificio della Stazione di Trieste Campo Marzio (Fig. 13).

L'edificio, affascinante stazione di testa in stile liberty è un gioiello architettonico costruito tra il 1901 e il 1906 su progetto (Fig. 14) dell'architetto Robert SEELIG. Capolinea della linea Jesenice-Trieste, rientrava nel complesso della Transalpina.

L'edificio, dopo un lungo abbandono, finalmente nel 2018 è stato oggetto di una prima fase del progetto di recupero dell'edificio indirizzato ad un utilizzo ai fini turistici e museali.

Ai fini del presente lavoro, l'intervento di recupero della stazione di Trieste Campo Marzio, rappresenta un'occasione per un approfondimento ulteriore sulle tematiche oggetto del presente lavoro.

Proprio dall'esperimento di Napoli Centrale e forti dell'esperienza maturate nella gestione di complessi storici come quello del Museo Nazionale Ferroviario di Pietrarsa, partiremo per realizzare un ulteriore approfondimento in sito sulle potenzialità dell'approccio digitale, cioè testare come, arricchendo il modello digitale con tutta la documentazione relativa alle fasi del recupero, si possa contribuire alla buona gestione dell'edificio. Come spesso accade, anche il progetto di recupero e rifunionalizzazione degli ambienti del complesso, prevede la realizzazione di importan-



Figura 11 – Interni di Pietrarsa.

Figure 11 – Interiors of Pietrarsa.

project (Fig. 14) by the architect Robert SEELIG. Railhead of the Jesenice-Trieste line, it was part of the Transalpina complex.

In fact, finally in 2018 the building was the subject of a first phase of the building's recovery project aimed at use for tourism and museum purposes after a long abandonment.

For the purposes of this work, the recovery intervention of the Trieste Campo Marzio station represents an opportunity for further study on the issues covered by this work.

Precisely from the Napoli Centrale experiment and strengthened by the experience gained in the management of historical complexes such as that of the National Railway Museum of Pietrarsa, we will start to carry out a further in-depth study on site on the potential of the digital approach, that is, to test how we can contribute to the good management of the building enriching the digital model with all the documentation relating to the phases of recovery. As often



Figura 12 – Impianto manutenzione Pistoia.

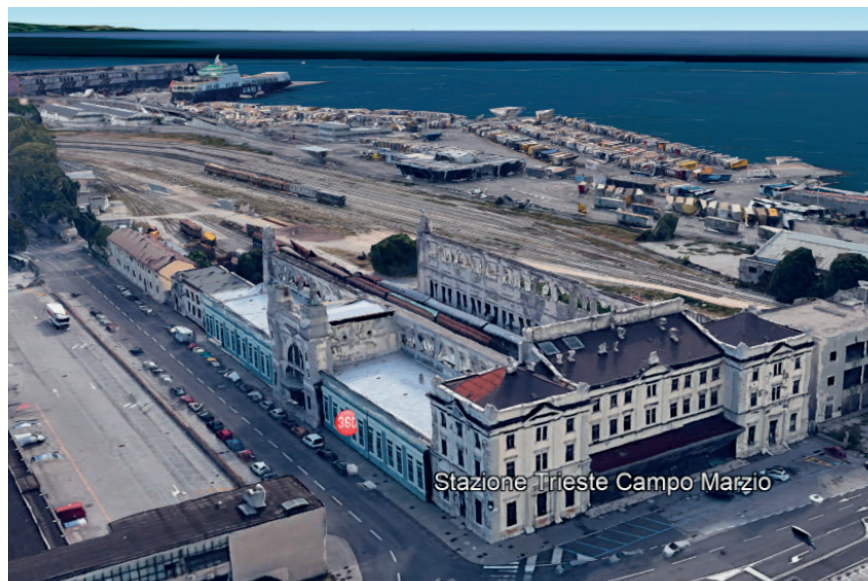
Figure 12 – Pistoia maintenance plant.

ti dotazioni impiantistiche, tipiche di una struttura ricettiva museale. A tale scopo, gli interventi, alcuni ancora in fase di perfezionamento, prevedono il posizionamento di predisposizioni tecnologiche attraverso delicate operazioni che interesseranno varie parti storiche dell'edificio, comprese le sue eleganti pavimentazioni. Parte di tale impiantistica, una volta realizzata, sarà difficilmente accessibile ed una conoscenza accurata delle sue caratteristiche fisiche e geometriche, potrà aiutare alla gestione e manutenzione dell'edificio.

La realizzazione del modello, corredato di numerose scansioni laser e fotografiche distribuite nei vari momenti fondamentali delle fasi di lavoro del recupero, oltrepasserà i limiti dell'esperienza "As Built". Risolvendo le incertezze sull'affidabilità di elaborati tecnici, contribuirà a creare quel percorso temporale che non si interrompe nella sua configurazione a fine lavori, ma prosegue per tutta la vita dell'edificio.

Per poter documentare e fornire le informazioni più dettagliate possibili, sarà predisposta un'unità laser scanner tridimensionale fissa in cantiere, almeno nelle fasi salienti dei lavori, definite con un cronoprogramma dedicato.

Verranno pertanto creati dei modelli tridimensionali che permetteranno di navigare e gestire spazialmente e temporalmente il modello virtuale dell'edificio (Fig. 15).



(Fonte - Source: Studio Minnucci durante la sperimentazione)

Figura 13 – Museo Stazione Trieste Campo Marzio.  
Figure 13 – Trieste Campo Marzio Station Museum.

*happens, the project for the recovery and re-functionalisation of the complex's environments involves the creation of important plant equipment typical of a museum accommodation facility. To this end, the interventions, some still being enhanced, involve the positioning of technological predispositions through delicate operations that will affect various historical parts of the building, including its elegant floors. Once completed, part of this plant will be difficult to access and an accurate knowledge of its physical and geometric characteristics can help in the management and maintenance of the building in an extraordinary way.*

*The realisation of the model accompanied by numerous laser and photographic scans distributed in the various fundamental moments of the recovery work phases, will go beyond the limits of the "As Built" experience by solving the uncertainties about the reliability of technical documents and will help to create that temporal path that is not interrupted in its configuration at the end of the works, but continues for the whole life of the building.*

*In order to document and provide the most detailed information possible, a fixed three-dimensional laser scanner unit will be set up on site at least in the main phases of the work defined with a dedicated time schedule.*

*Therefore, three-dimensional mod-*

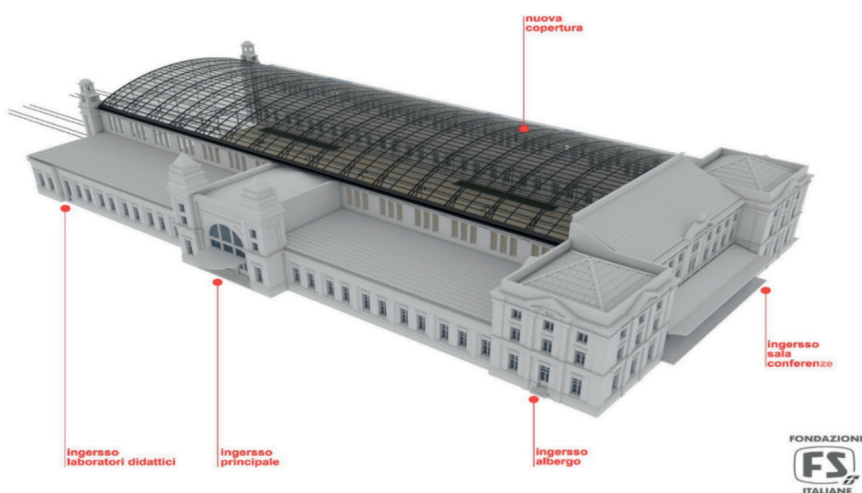


Figura 14 – Progetto Museo Stazione Trieste Campo Marzio.  
Figure 14 – Trieste Campo Marzio Station Museum.





Figura 15 – Rilievo Digitale Trieste Campo Marzio - ala Via Giulio Cesare.  
Figure 15 – Digital Survey Trieste Campo Marzio - Via Giulio Cesare wing.

### 3. Virtù della manutenzione nell'era digitale

A questo punto della nostra descrizione, utilizzeremo proprio quelle virtù della manutenzione descritte dal Prof. CARANDINI, qui integralmente riportate, come guida per proporre le corrispondenti applicazioni digitali analizzate durante la sperimentazione.

Prof. CARANDINI: “per venire al pratico, cinque sono, ad avviso del fai, le virtù della manutenzione”.

**“Consapevolezza** - Tutto è polvere e alla polvere tende a ritornare: è il caso delle civiltà sepolte. Per fermare questo naturale precipitare verso il degrado bisogna mantenere luoghi e oggetti, intervenendo su ogni traccia di incipiente rovina (a partire dalle foglie sul tetto...). Occorre conoscere le cose nei loro punti deboli per porre presto piccoli e poco costosi ripari: ecco le colonne della manutenzione! Siamo qui nell'universo della prevenzione, a cui il restauro non appartiene (ma a Pompei sono state fatte più spese in restauro che in manutenzione e si attuano addirittura nuovi scavi.”

Grazie all'approccio digitale, ci sono tutti i presupposti per giungere ad una descrizione di un'opera edile che possa renderci consapevoli della sua storia e di quale futuro l'attende e, principalmente, se i nostri interventi si oppongono realmente contro il naturale degrado affrontandolo attraverso azioni corrette.

els will be created that will allow the virtual model of the building to be navigated and managed spatially and temporally (Fig. 15).

### 3. Virtues of maintenance in the digital age

At this point of our description we will use precisely those virtues of maintenance described by Prof. CARANDINI and aforementioned and fully reported here, as a guide to propose the corresponding digital applications analysed during the experimentation.

Prof. CARANDINI: “according to FAI, when it comes to practice, maintenance has five virtues”

**“Awareness** - Everything is dust and tends to return to dust: this is the case of buried civilisations. To stop this natural fall towards decay, places and objects must be maintained, intervening on every trace of incipient ruin (starting from the leaves on the roof...). It is necessary to know things in their weak points in order to soon perform small and inexpensive repairs: here are the maintenance pillars! We are here in the universe of prevention, to which restoration does not belong (but in Pompeii more was spent in restoration than in maintenance and even new excavations are being carried out”.

Thanks to the digital approach, there are all the prerequisites to arrive at a description of a building work that can



## 3.1. Il rilievo digitale in aiuto alla “consapevolezza”

Il presupposto principale per mantenere correttamente un bene è che non si può prescindere dalla sua conoscenza. Ma le difficoltà per un manutentore, con gli strumenti attuali, di conoscere con precisione un complesso edilizio, se di rilevanti dimensioni, sono enormi. Abbiamo quindi ritenuto che, la migliore risposta a questa esigenza di consapevolezza, sia ottenibile proprio attraverso la realizzazione di un modello digitale, clone dell'edificio reale, corredato da tutta la conoscenza disponibile. Una consapevolezza che permea la versione digitale della costruzione, disponibile a qualunque interrogazione e posta al centro del processo manutentivo, che si arricchisce continuamente in automatico con le informazioni fornite dalle stesse attività svolte.

Perché questa consapevolezza sia accessibile e maneggiabile con facilità, oltre alle informazioni, anche l'articolazione degli oggetti deve essere accurata. Gli asset tecnologici presenti su una linea ferroviaria oppure all'interno di un locale o di un edificio, devono essere raggruppati attraverso abachi utili per identificare gli elementi caratteristici da riunire in famiglie e gestirli in maniera intelligente, in modo da garantire con semplicità interrogazioni complesse oppure l'aggiornamento automatico dei dati in caso di variazioni.

In questo modo, così ottenuto, diventa una copia virtuale molto vicina alla realtà. Semplice e maneggevole, è capace di essere oggetto di simulazioni, di orientare le politiche di utilizzo, di gestione e manutenzione, di grande utilità nelle operazioni di ristrutturazione, restauro e di salvaguardia (Figg. 16 e 17).

Ma per raggiungere efficacemente il nostro obiettivo di copia digitale, vero clone della realtà, sarà basilare curare la localizzazione degli oggetti e dei manutentori in modo da avere un sistema biunivoco di scambio di informazioni un “link” tra l'edificio reale e il suo clone digitale affidabile e non clonabile. A tale scopo, i QR vanno bene

*make us aware of its history and what future awaits it and mainly if our interventions are really opposed to natural degradation, addressing it through correct actions.*

## 3.1. Digital survey in aid of “awareness”

*Assuming that in order to properly maintain an asset, we cannot ignore its knowledge and since the difficulties for a maintenance technician, with current tools, to know precisely a building complex, if of significant size, are enormous, we have considered that the best response to this need for awareness can be reached through the creation of a digital model, a clone of the real building, accompanied by all the available knowledge. An awareness that permeates the digital version of the construction, available to any question and placed at the centre of the maintenance process, which is continuously enriched automatically with the information provided by the activities carried out.*

*The framework of objects, in addition to information, must also be accurate for this awareness to be easily accessible and manageable. The technological assets present on a railway line or inside a room or a building must be grouped through useful schedules to identify the characteristic elements to be grouped into families and manage them intelligently in order to guarantee complex queries with ease or automatic updating of data in case of changes.*

*In this way, the Digital Twin becomes a virtual copy very close to reality. Simple and easy to handle, it is capable of being simulated, of guiding use, management and maintenance policies, of extraordinary utility in restructuring, restoration and preservation operations (Figg. 16 and 17).*

*Having achieved our goal: digital copy or “Digital Twin” it will be essential to take care of the location of objects and maintenance workers in order to have a one-to-one information exchange system, a “link” between the real building and its reliable digital clone and that cannot be cloned. QRs are fine but only coupled with certain localisation systems that prevent alteration by parties interested in modifying the data, perhaps to evade controls.*

*A special section of our research is focusing on this point with the aim of ensuring that maintenance operations are effectively carried out on the objects and in the designated places; in summary, our research, through artificial intelligence algorithms, aims to recognise the real scene and the connected position of objects and maintainer, taken by the simple cameras of modern mobile phones, through the objects that compose it. The same objects can then be recognised in turn as maintenance equipment whose exact spatial position is known upstream in the area in which the navigation is being carried out. From the position of the objects we*

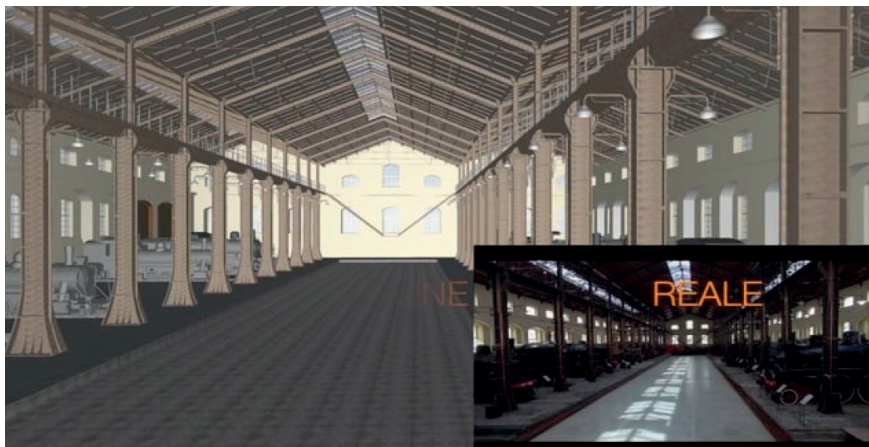


Figura 16 – Modello Digital Twin Museo di Pietrarsa.  
Figure 16 – Digital Twin model of the Pietrarsa Museum.

ma solo accoppiati a sistemi di localizzazione certi che impediscano l'alterazione da parti interessate a modificare, il dato magari per eludere o ingannare i controlli.

Su questo punto si sta concentrando un capitolo speciale della nostra ricerca con l'obiettivo di assicurare che le operazioni manutentive siano effettivamente svolte sugli oggetti e nei luoghi deputati; in sintesi, la nostra ricerca, attraverso algoritmi di intelligenza artificiale già ampiamente testati in altri settori, procede con il riconoscimento della scena reale e la connessa posizione di oggetti e manutentore, ripresa dalle semplici fotocamere dei moderni cellulari, attraverso gli oggetti che la compongono. Gli stessi oggetti possono poi essere riconosciuti a loro volta come equipment della manutenzione di cui si conosce a monte l'esatta posizione spaziale nell'area in cui si sta effettuando la navigazione. Dalla posizione degli oggetti si passa al riconoscimento dell'utente che viene geolocalizzato e, identificando le superfici verticali e orizzontali, tracciato in tutta la sua traiettoria mediante l'utilizzo di un algoritmo definito SLAM (*Simultaneous Localization And Mapping*).

In conclusione, grazie al modello digitale, possiamo affermare che i manufatti così corredati, saranno in grado di fornire "consapevolezza", cioè quella capacità di dichiarare conoscenza del loro reale stato, delle condizioni di esercizio (Fig. 18).

Prof. CARANDINI: **"Virtù della osservazione"** - Occorre periodicamente frequentare siti e cose osservandoli con l'occhio esercitato del manutentore, sapendo dove concentrare in primo luogo l'attenzione, cioè sulle coperture (invece nella domus Aurea si è partiti dal piano terra, così che dal secondo piano scendono ancora radici e acque). Per la manutenzione serve una formazione specifica poco messa a fuoco, completamente diversa da quella del restauro - nel quale invece siamo bravissimi -; il quale restauro sopraggiunge sempre a danno già avvenuto. Serve pertanto un cambiamento di mentalità da attuarsi proprio nel cuore della tutela."

Osservare, capire la realtà e descriverla, documentando lo stato delle cose e la sua possibile evoluzione attraverso raffigurazioni e disegni è sempre stato una premessa alle attività di qualunque manutentore. Con l'approccio digitale, la possibilità di osservare e monitorare periodicamente attraverso un "Modello Digita-



Figura 17 – Modello Digitale Pietrarsa.  
Figure 17 – Pietrarsa Digital Model.

*move on to the recognition of the user who is geolocalised and, by identifying the vertical and horizontal surfaces, traced in all its trajectory through the use of an algorithm called SLAM (Simultaneous Localization And Mapping).*

*In conclusion, thanks to the digital model, we can affirm that the artefacts thus equipped will be able to provide "awareness", that is the ability to declare knowledge of their real condition, of the operating conditions and of the future that awaits them (Fig. 18).*

Prof. CARANDINI: **"Virtue of observation"** - It is necessary to periodically go to sites and things, observing them with the trained eye of the maintenance technician, knowing where to focus attention first, that is on the roofs (instead in the Domus Aurea we started from the ground floor, so that roots and waters still descend from the second floor). Maintenance requires specific training that is not very focused, completely different from that of restoration -

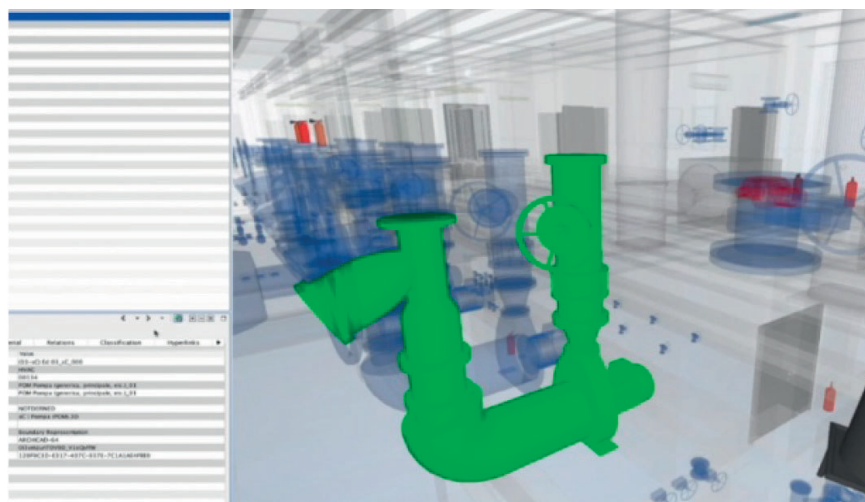


Figura 18 – Equipment Centrale Termica Napoli Centrale.  
Figure 18 – Napoli Centrale Thermal Power Plant Equipment.



le" aggiornato continuamente con scansioni di qualunque precisione, corredato delle informazioni disponibili, aiuta a soddisfare questo bisogno in un modo particolarmente evoluto. A partire dalla copia digitale, arricchendo la geometricità degli oggetti con informazioni, per comodità virtualmente posizionate nello spazio occupato dagli stessi oggetti, il nostro modello consente all'osservazione umana di acquisire anche nuove capacità di interpretazione della complessità della realtà.

## 3.2. Il progetto del rilievo digitale

In questi ultimi anni, grazie a strumentazioni e metodologie basate sull'uso del laser e con l'abilità di ingegneri e informatici, si riesce a fornire un modello digitale 3D (scatola vuota del Digital Twin) praticamente di qualsiasi forma in qualunque scala, con il livello desiderato di precisione e con costi sempre più contenuti (Figg. 19 e 20).

Il progetto globale del rilievo digitale come in una sorta di puzzle tridimensionale, grazie all'abilità degli informatici, si propone di assemblare i singoli pezzi del rilievo anche eseguiti con caratteristiche diverse, per riportarli in un'unica entità digitale. Serve però eseguire preliminarmente una valutazione in base alle dimensioni, la forma, la posizione dei singoli oggetti, per capire quale sia lo strumento più idoneo che ci permetta di arrivare ad avere una rappresentazione del nostro edificio, coerente con gli scopi dell'osservazione e con le risorse a disposizione.

Occorre poi considerare le difficoltà di eseguire un rilievo dettagliato di una struttura in esercizio. Tutta la fase conoscitiva deve prevedere uno studio, in termini di costi/benefici, per capire preliminarmente fino a quale punto estendere ed approfondire i rilievi, con riferimento a quelle zone dell'edificio normalmente inaccessibili, ovvero accessibili con difficoltà (controsoffittature, cavedi, ecc.). Per avere poi una mappatura dei sottoservizi, bisogna integrare gli strumenti laser con altre tecnologie e ricomporre il tutto con l'aiuto dell'informatica. Anche in questo caso, bisogna considerare che il rilievo digitale può arricchirsi nel tempo di zone e nuovi particolari, progressivamente rilevati e integrati nel modello, magari proprio in concomitanza di attività manutentive straordinarie.

In conclusione, anche l'osservazione umana, con l'introduzione di un modello digitale, trova una risorsa consentendo un monitoraggio continuo e, all'occhio esperto, di diventare "aumentato" grazie alle informazioni disponibili sul modello che ci aiutano a capire e decidere come, su cosa e dove concentrare la nostra attenzione.

Prof. CARANDINI: **"Virtù della pianificazione** - Bisogna saper valutare le priorità, rilevando i punti deboli nelle tre dimensioni spaziali, onde poter gerarchizzare e programmare al meglio gli interventi manutentivi, leggeri ma numerosi. Siccome la manutenzione costa molto meno del restauro essa può essere palmata su contesti inte-

*in which we are instead very good -; this restoration always takes place after damage has already occurred. We therefore need a change of attitude to be implemented right at the heart of protection".*

*Observing, understanding reality and describing it by documenting the state of things and its possible evolution through representations and drawings, has always been a premise for the activities of any maintenance technician. With the digital approach, the ability to periodically observe and monitor through a "Digital Model" continuously updated with scans of any precision, accompanied by the information available, helps meeting this need in a particularly advanced way. Starting from the digital copy, enriching the geometry of objects with information, for convenience virtually positioned in the space occupied by the same objects, our model allows human observation to also acquire new skills in interpreting the complexity of reality.*

## 3.2. Digital survey project

*In recent years, thanks to instrumentation and methodologies based on the use of lasers and the skills of engineers*

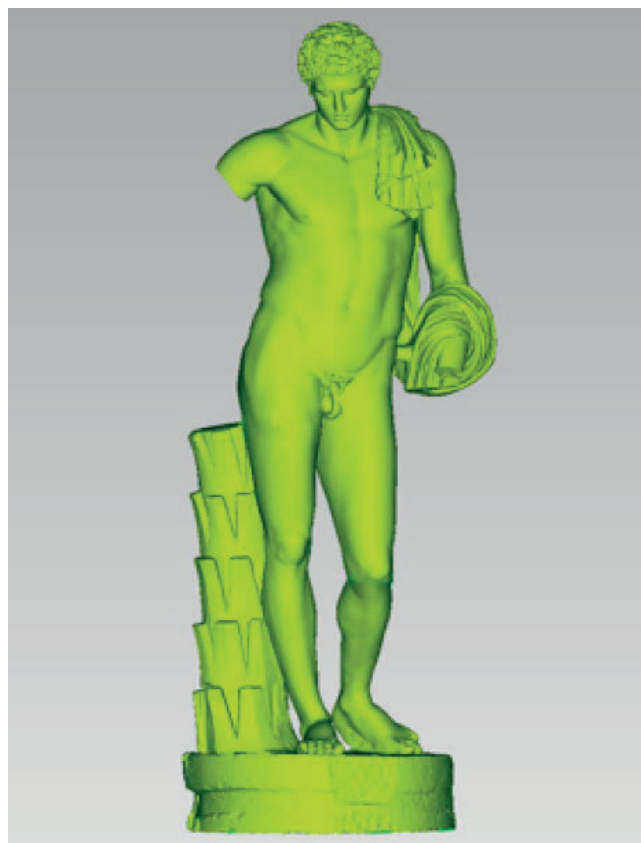


Figura 19 – Hermes - Musei Vaticani. Scansione con scanner 3D a luce strutturata precisione di 50 micron - portata scanner 1 m.

*Figure 19 – Hermes - Vatican Museums. Scanning with structured light 3D scanner, accuracy of 50 microns - scanner range 1 m.*



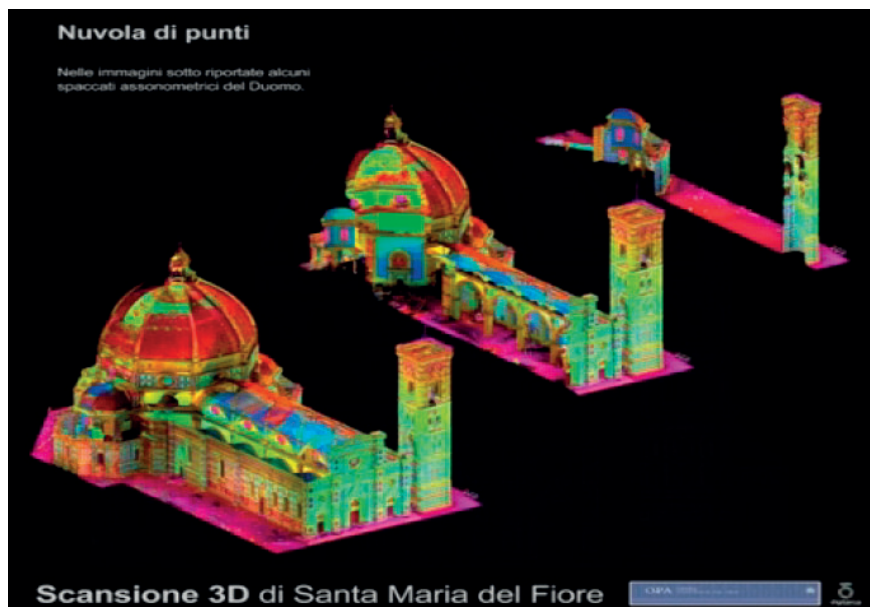


Figura 20 – Duomo di Firenze Scansione Scanner 3D a lunga portata (max 250m) precisione di 3 mm a 50 m.

Figure 20 – Florence Cathedral Scanning Long range 3D scanner (max 250m) accuracy of 3 mm at 50 m.

ri invece che limitarsi ai monumenti eccellenti e ai capolavori, come fino ad ora si è fatto. La battaglia inaugurata da Giovanni URBANI oltre una generazione fa, fino a ora sostanzialmente persa, deve essere ripresa col massimo vigore.”

Il nostro modello digitale, posto al centro del processo manutentivo, può fornire durante tutto il ciclo di vita del manufatto, garanzia di raccolta di informazioni e di esperienze preziose per progettisti e manutentori, per realizzare una pianificazione estremamente affidabile.

Lo “start up” del processo passa, una volta creato il contenitore digitale vuoto, dalla raccolta e introduzione delle informazioni di partenza (Fig. 21). Ovviamente più è corretta e approfondita la raccolta iniziale di dati e più rapidamente il modello diventa affidabile. In particolare, è importante la definizione delle condizioni iniziali e l’assegnazione di parametri indicativi dei processi di deterioramento e usura in atto e della loro tendenza evolutiva. Da tali valori, si parte per un primo Piano di Conservazione da associare al programma di gestione per poi, attraverso monitoraggi e verifiche, osservare gli effetti e iterativamente ridefinirne i valori.

Tutto ciò, a patto di garantire la rigorosa corrispondenza tra realtà e virtualità. Per non distorcere tale corrispondenza è necessario prevenire qualunque tentativo di alterazione del dato. Anche in questo senso, il modello è in grado di tracciare tutte le operazioni, compresi gli operatori che le hanno eseguite, e con la loro registrazione automatica, è in grado di realizzare una “blockchain” inalterabile della manutenzione del manufatto.

and computer scientists, a 3D digital model can be provided (empty box of the Digital Twin) of practically any shape at any scale with the desired level of precision at increasingly lower costs (Figg. 19 and 20).

The global project of the digital survey as in a sort of three-dimensional puzzle, aims to assemble the individual pieces of the survey, thanks to the skill of the computer scientists, also performed with different characteristics, to bring them back into a single digital entity. However, a preliminary assessment must be carried out based on the size, shape, position of the individual objects, to understand which is the most suitable tool that allows us to have a representation of our building consistent with the purposes of observation and with the resources available.

The difficulties of carrying out a detailed survey of a structure in operation must then be considered. The entire cognitive phase must include a study in terms of costs/benefits to preliminarily understand the extent to which to

extend and investigate the surveys with reference to those areas of the building that are normally inaccessible or accessible with difficulty (false ceilings, shafts, etc.). To have a mapping of the underground services, the laser tools must be integrated with other technologies and everything recomposed with the help of information technology. Also in this case it must be considered that the digital survey can be enriched over time with areas and new details, progressively detected and integrated into the model, perhaps in conjunction with extraordinary maintenance activities.

In conclusion, even human observation with the introduction of a digital model finds a resource allowing continuous monitoring and, to the expert eye, to become “increased” thanks to the information available on the model that helps us understand and decide how, on what and where to focus our attention.

Prof. CARANDINI: “**Virtue of planning** - It is necessary to know how to evaluate priorities, detecting the weak points in the three spatial dimensions, in order to better organise and plan maintenance interventions, which are light but numerous. Since maintenance costs far less than restoration, it can be spread over entire contexts instead of being limited to excellent monuments and masterpieces, as has been done up to now. The battle inaugurated by Giovanni URBANI over a generation ago, substantially lost until now, must be resumed with the utmost vigour”.

Our digital model, therefore, placed at the centre of the maintenance process, can provide, throughout the life cycle of the product, a guarantee of the collection of information and valuable experiences for designers and maintenance technicians to achieve extremely reliable planning.

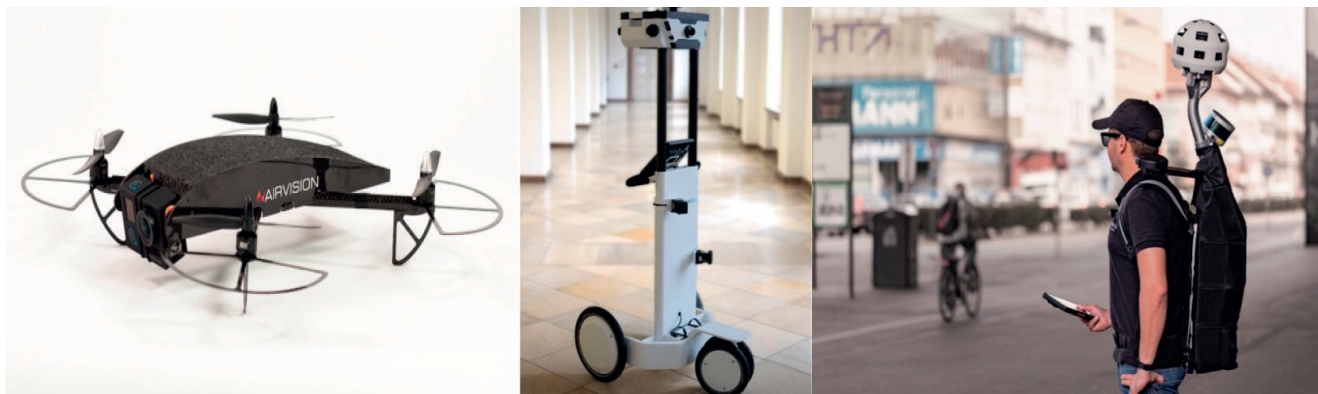


Figura 21 – Gli strumenti più moderni con il loro bagaglio tecnico mettono a disposizione dei software che riescono a assemblare completamente tutto il rilievo.

Figure 21 – The most modern tools with their technical background provide software that is able to completely assemble all the survey.

In conclusione, il modello digitale, da strumento di monitoraggio, controllo, automatico e permanente, di certificazione per tutte le attività, acquista il ruolo di guida nella pianificazione consentendo l'individuazione affidabile di priorità, punti deboli e validazione del nostro operare corretto (Fig. 22).

Prof. CARANDINI: **“Virtù della perseveranza** - Penso alla perseveranza di Fernanda WITTGENS, grande soprintendente di Brera nel dopoguerra, da poco celebrata al Cenacolo. Lei mai mollava! La manutenzione deve diventare pertanto un regolare costume, quasi un riflesso condizio-

Once the empty digital container has been created, the “start up” of the process passes from the collection and introduction of the starting information (Fig. 21). Obviously, the more accurate and thorough the initial data collection is, the faster the model becomes reliable. In particular, it is important to define the initial conditions and assign parameters indicative of the ongoing deterioration and wear processes and their evolutionary tendency. From these values we start with a first Conservation Plan to be associated with the management programme and then, through monitoring and checks, observe the effects and iteratively redefine the values.

All this provided that the strict correspondence between reality and virtuality is guaranteed and in order not to distort this correspondence, the model is able to track all the operations, including the operators that performed them, and can create an unalterable maintenance “blockchain” of the product with their automatic registration.

In conclusion, the digital model, as a monitoring, control, automatic and permanent certification tool for all activities, acquires the guiding role in planning, allowing the reliable identification of priorities, weaknesses and validation of our correct operation (Fig. 22).

Prof. CARANDINI: **“Virtue of perseverance** - I am thinking of the perseverance of Fernanda WITTGENS, great superintendent of Brera after the war, recently celebrated at the Cenacolo. She never gave up! Maintenance must therefore become a regular custom, almost a conditioned reflex, finally doing for our homeland what we now usually do for our body: periodic analyses and sanitation, food and sports practices”.

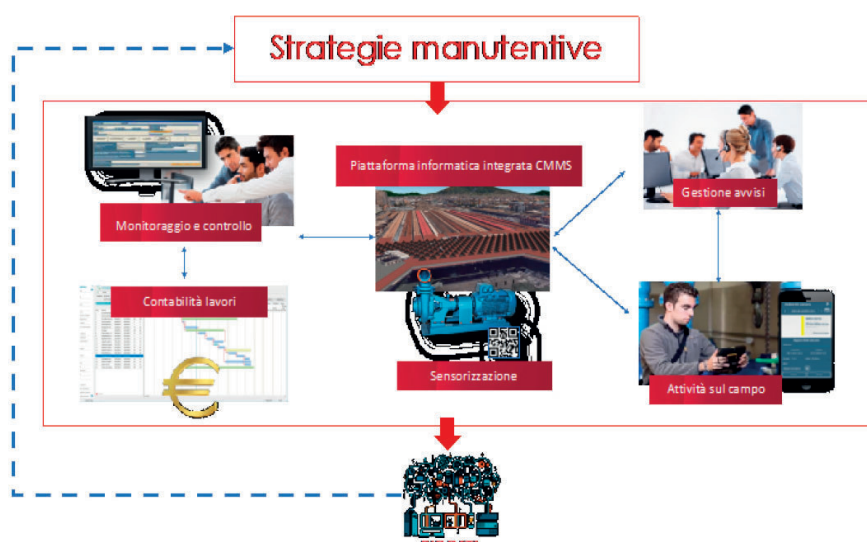


Figura 22 – Con la digitalizzazione si ottiene un link diretto tra modello digitale e la singola operazione eseguita in campo come condizione “azione manutentiva - processo amministrativo” univoca e affidabile.

Figure 22 – With digitisation, a direct link is obtained between the digital model and the single operation performed in the field as a unique and reliable “maintenance action - administrative process” condition.



nato, facendo finalmente per la nostra patria quello che ormai abitualmente facciamo per il nostro corpo: analisi periodiche e pratiche igieniche, alimentari e motorie.”

Notoriamente, la mancata o cattiva esecuzione delle operazioni ordinarie di mantenimento, conduce ad un lento degrado, ma solitamente senza effetti immediatamente evidenti. Ciò solitamente ci induce, fin quando possibile, a disporre i controlli sulla conformità delle operazioni manutentive, possibilmente durante la loro esecuzione; purtroppo, questa esigenza, spesso non si concilia con le risorse a disposizione, specie se si considera l'estrema numerosità delle operazioni ordinarie e continue di grandi complessi. Tantomeno possiamo ritenere soddisfacente l'approccio “a campione”, intanto perché tenta l'appaltatore ad una insana valutazione, tra il ricavo ingiusto del “non eseguire” e la probabilità/costo delle sanzioni, ma anche perché interviene a valle dell'inadempienza, generando degrado e un sistema di penali e ricorsi che complica il rapporto committente-fornitore.

Per migliorare tale aspetto del processo manutentivo, oltre ad utilizzare la naturale predisposizione al controllo delle tecnologie digitali, ci siamo interessati a sperimentare la capacità del processo digitale di aiutarci ad anticipare anche le eventuali carenze manutentive, legate a comportamenti inappropriati. La nostra ricerca in quest'ambito è ancora agli inizi, ma dall'organizzazione della memoria che ci prefiggiamo, con l'adozione dei Big Data della manutenzione riteniamo si possano estrarre le indicazioni per aumentare la nostra capacità di sorveglianza, attraverso indicatori che segnalino specifiche anomalie, partendo dall'incoerenza con i parametri statistici emersi dalle applicazioni basate proprio su algoritmi di “Machine Learning” applicati alle nostre raccolte dati. Ad aiutarci a raggiungere questo obiettivo ci sono i modelli predittivi che, già largamente utilizzati specialmente in altri settori più industrializzati, con la loro capacità analisi e previsione, ci possono aiutare a realizzare, nella manutenzione, quella sorta di “certezza della pena” che scoraggerà comportamenti manchevoli.

In conclusione, possiamo ritenere che con l'approccio digitale, grazie alla mole di esperienze rappresentate e ordinate nei Big Data, potremo creare una memoria collettiva nell'edilizia che consentirà studi di settore, pagelle ai fornitori, di comparare durate ed effetti di lavorazioni simili. Tutti elementi utili a tradurre la perseveranza in fermezza e rigore nel mantenimento e nella conservazione (Fig. 23).

Prof. CARANDINI: “**Virtù della lungimiranza** - La manutenzione implica il primato del futuro, a compenso dei nostri tempi troppo immediati. Infatti, una manutenzione riuscita evita avvenimenti clamorosi come i disastri, per cui non conosce celebrazioni e conferenze stampa. Ciò fino a ora è piaciuto poco ai politici... Al contrario un restauro porta clamore e facile consenso. Insomma, serve per la manutenzione un certo ascetismo mondano, estraneo per lo più al nostro vivere attuale. Per salvare l'Italia servono tanti piccoli atti riparativi, al posto di vistosi in-

*Notoriously, the failure or bad execution of routine maintenance operations leads to slow deterioration, but usually without immediately evident effects. This usually leads us, as far as possible, to arrange checks on the compliance of maintenance operations, possibly during their execution. Unfortunately, this need often does not reconcile with the resources available, especially if we consider the extreme number of routine and continuous operations of large complexes. Nor can we consider the “sample” approach satisfactory, first of all because it tempts the contractor to make an unhealthy evaluation between the unfair revenue of “not performing” and the probability/cost of the sanctions, but also because it intervenes downstream of non-compliance, generating degradation and a system of penalties and appeals that complicates the customer-supplier relationship.*

*To improve this aspect of the maintenance process, in addition to using the natural predisposition to control digital technologies, we took an interest in experimenting with the ability of the digital process to help us accurately anticipate any maintenance deficiencies linked to inappropriate behaviour. Our experimentation in this area is still in its infancy, but from the organisation of the brief that we aim for, we believe the indications to increase our surveillance capacity through indicators that signal specific anomalies can be extracted starting from the inconsistency with the statistical parameters that emerged from applications based on “Machine Learning” algorithms. To help us achieve this goal, there are predictive models that are already widely used especially in other more industrialised sectors and can help us achieve in maintenance that sort of “certainty of*



Figura 23 – Big Data e Intelligenza Artificiale in aiuto al processo manutentivo.

Figure 23 – Big Data and Artificial Intelligence in aid of the maintenance process.



terventi che mal ripagano un danno già avvenuto e nella sostanza irreparabile.”

Vogliamo solo certezze quando facciamo acquisti, quando prenotiamo un taxi, se ci muoviamo nel traffico. È il primato del futuro che trova nelle piattaforme digitali uno strumento nuovo di realizzazione. Enormi quantità di dati possono essere facilmente raccolte e immagazzinate in Big Data di moda, medicina, commercio, sport, per poi essere analizzati ed effettuare previsioni su nuovi prodotti, campagne elettorali, bisogni di mobilità. Tutto viene processato con l'obiettivo di estrarne valore attraverso la cosiddetta “ingegneria della conoscenza”.

### 3.3. Big Data e l'Intelligenza Artificiale in aiuto alla lungimiranza

Purtroppo, nel campo della manutenzione edile siamo generalmente ancora lontani da queste innovazioni. La raccolta dati è limitata e abitualmente non affidata a sistemi evoluti di analisi. Le informazioni talvolta rimangono patrimonio di singoli, e perciò, rapidamente perdute nei tempi delle vicende umane. Come nel famoso film “Memento” di Christopher NOLAN, tentiamo di ricordare, ma inutilmente, se non abbiamo registrato correttamente i dati, ad un semplice cambio di organizzazione o spesso banale pensionamento, bisogna ricominciare. Si è anche pensato che il mondo della manutenzione, fosse poco adatto ad elaborazioni statistiche proprio perché ogni esperienza appare diversa dalle altre, ma le soluzioni di “Data Mining” utilizzano statistica molto sofisticata e tecniche di analisi per scoprire “Patterns”, dipendenze e rapporti nascosti, anche tra elementi eterogenei e apparentemente non correlati tra loro, e ciononostante effettuare previsioni affidabili.

Senza troppo addentrarci in aspetti tecnici, registriamo che attraverso i “Big Data” e l'intelligenza artificiale, è possibile un nuovo approccio alla soluzione dei problemi. Il nuovo metodo non è più finalizzato a modelli che cercano incognite attraverso algoritmi ma vuole, grazie proprio alla disponibilità massiccia di conoscenza, costruire inferenzialmente le soluzioni. Con questo approccio, è possibile arricchire il nostro modello digitale di eccezionali capacità previsionali che consentano ai sistemi di coadiuvare l'uomo nelle sue decisioni in modo evoluto.

Grazie a “memoria” e “link” informatici tra la realtà e le copie virtuali, sembra possibile creare e implementare la nostra banca dati, con la quale avviare quella “Tecnologia della predizione” che potrebbe consentirci di superare il concetto statico di manutenzione pianificata e prestabilita e passare ad una modalità di lavoro realmente previsionale per realizzare la cosiddetta “Tecnologia della Predizione”, applicata al di fuori del un tipico ambiente industriale, a servizio stavolta della manutenzione di opere di edilizia.

*punishment” with their analysis and forecasting ability that will discourage bad behaviour.*

*In conclusion, we can say that thanks to the amount of experiences represented and ordered in Big Data, with the digital approach we will be able to create a collective memory in the construction industry that will allow sector studies, report cards to suppliers, to compare the duration and effects of similar processes. All useful elements to translate perseverance into firmness and rigour in maintenance and preservation (Fig. 23).*

*Prof. CARANDINI: “Virtue of foresight - Maintenance implies primacy of the future, to compensate for our too immediate times. Indeed, successful maintenance avoids clamorous events such as disasters, for which it does not know celebrations and press conferences. Until now, politicians did not quite like this... On the contrary, restoration brings clamour and easy consensus. In short, a certain worldly asceticism is needed for maintenance, mostly unknown to our current lifestyle. To save Italy, many small reparative acts are needed, instead of conspicuous interventions that poorly repay damage that has already occurred and is essentially irreparable”.*

*We only want certainty when we shop, when we book a taxi, if we move in traffic. It is the primacy of the future that finds a new tool for realisation in digital platforms. Huge amounts of data can be easily collected and stored in Big Data of fashion, medicine, commerce, sport, to then be analysed and make forecasts on new products, electoral campaigns, mobility needs. Everything is processed with the aim of extracting value through the so-called “knowledge engineering”.*

### 3.3. Big Data and Artificial Intelligence in aid of foresight

*Unfortunately, in the field of building maintenance we are generally still a long way off from these innovations. Data collection is limited and usually not entrusted to advanced analysis systems. The information sometimes even remains the heritage of individuals and therefore quickly lost in the times of human events and, as in the famous film “Memento” by Christopher NOLAN, we try to remember, but to no avail if we have not recorded correctly and have to start over at a simple change of organisation or often common retirement. It was also thought that the world of maintenance was not very suitable for statistical processing precisely because each experience appears different from the others, but “Data Mining” solutions use very sophisticated statistics and analysis techniques to discover “Patterns”, dependencies and hidden relations, even between heterogeneous and apparently unrelated elements, and nevertheless to make extremely reliable predictions.*

*Without going too much into technical aspects, we note that a new approach to problem solving is possible through “Big Data” and artificial intelligence. The new method is no longer aimed at models that seek unknowns through algorithms but wants to inferentially build solutions, thanks to*

In sostanza, sembrerebbe che la raccolta di dati assicurata dal nostro modello, Big Data della manutenzione, potrebbe renderci in grado di costruire un modello capace di recuperare un'informazione strutturata, scientificamente corretta, dal futuro anche nel nostro settore. Ciò, applicato in larga scala, ci potrebbe permettere di conoscere anticipatamente cosa accadrà al nostro patrimonio edilizio e, sulla base di queste previsioni, intervenire proprio sul futuro mediante azioni prescrittive, ovvero studiando le condizioni affinché un certo evento accada o non accada, in modo mirato per evitare degrado e crolli o solo investire meglio le risorse a disposizione.

In conclusione, i Big Data e la tecnologia della predizione, anche nel nostro settore, possono farci conoscere, osservare e studiare il futuro lasciando a noi il compito di affrontarlo con correttezza.

## 4. Conclusioni

Benché questa ricerca nasca in un ambito ferroviario, trattandosi di opere civili, essa può in generale interessare una parte più ampia della collettività, specialmente quella impegnata nella gestione del patrimonio storico edilizio.

E proprio l'azione di questa collettività, che potrà esprimersi anche con le modalità di selezione degli appaltatori della manutenzione, sarà determinante per accelerare il passaggio a quella che si ritiene una nuova fase della gestione della manutenzione. Più precisamente, un "committente" che avanzi nella digitalizzazione dei propri processi e con progetti ad alto contenuto informatico, con tipologie capitolati tecnici innovativi, con banche dati dedicate alla conoscenza profonda dell'asset e una predisposizione all'utilizzo di modelli digitali, contribuirà alla formazione e selezione di una nuova platea imprenditoriale che dovrà adeguarsi, pena la marginalizzazione nel mondo degli appalti del mantenimento.

Solo per contenere le dimensioni del documento, non abbiamo evidenziato il contributo delle tecnologie digitali al tema della sicurezza ma tutte queste applicazioni, evidentemente, hanno un'enorme influenza sull'affidabilità e sulla sicurezza dei manufatti, anche per il fatto che rendono estremamente facile la raccolta di informazioni per l'attribuzione di cause e responsabilità per qualunque evento. Conseguentemente, si può sostenere che, la presenza di sistemi di registrazione di questo tipo, rappresenti un importante deterrente ai comportamenti che conducono gli impianti a degrado e talvolta a disastri che qualche volta rimangono senza spiegazioni adeguate, anche proprio per difficoltà e carenza di informazioni.

In conclusione, speriamo con il presente lavoro di poter offrire un piccolo contributo allo sviluppo di quel per-

*the massive availability of knowledge. With this approach our digital model can be enriched with exceptional forecasting capabilities that allow systems to assist man in his decisions in an advanced way.*

*Thanks to computer "memory" and "links" between reality and virtual copies, it seems possible to create and implement our database with which to start that "Prediction technology" which could allow us to overcome the static concept of fixed and pre-established planned maintenance and switch to a real work forecasting mode to achieve the so-called "Prediction Technology" applied outside of a typical industrial environment, this time serving the maintenance of building works.*

*Basically, it is believed that prediction technology applied to Big Data maintenance that could make it possible to build a model capable of recovering structured, scientifically correct information from the future also in our sector, could allow us to know in advance what will happen to our building heritage and on the basis of these forecasts, intervene precisely on the future through prescriptive actions, or by studying the conditions for a certain event to happen or not to happen, in a targeted way to avoid degradation and collapses or just invest better the resources available.*

*In conclusion, Big Data and prediction technology can make us know, observe and study the future also in our sector, leaving us the task of facing it correctly.*

## 4. Conclusions

*Although this research was born in a railway sector, as it regards civil works, it can generally affect a wider part of the community, especially those involved in the management of the historical building heritage.*

*And it is precisely the action of this community, which can also express itself in the methods for selecting maintenance contractors, that will be decisive in accelerating the transition to what is already considered a new phase of maintenance management. More precisely, a "client" that already in the negotiation phases manifests a deep knowledge of the asset and a predisposition to use digital models, as well as with innovative technical specifications, with databases dedicated to its own asset, will contribute to training and selection of a new entrepreneurial audience that will have to adapt under penalty of marginalisation in the world of maintenance contracts.*

*Just to contain the size of the document, we have not highlighted the contribution of digital technologies to the security issue but all these applications obviously have an enormous influence on the reliability and safety of the artefacts in addition to the fact that they make the collection of information extremely easy for the attribution of causes and responsibilities for any event. Consequently, it can be argued that the presence of registration systems of this type represents an important deterrent to the behaviours that lead to decay and sometimes to disasters that at times remain without adequate explanations, also due to difficulties and lack of information.*

corso che, da digitalizzato, provi ed affronti meglio la manutenzione degli edifici, pilastro delle “mission” che accomunano soggetti come la “Fondazione FS” o il “Fondo Ambiente Italiano” per preservare e consegnare integro alle future generazioni un patrimonio di straordinaria bellezza.

Chiudiamo utilizzando ancora una volta le parole del Prof. CARANDINI: “Per mantenere i propri Beni, il FAI spende ingenti cifre l’anno e ha ormai una grande esperienza al riguardo. Il Fondo ha messo la manutenzione al centro del secondo maggiore evento nazionale perché la sua missione comprende anche l’orientare e l’educare, per lo più a semplice buon senso, che le operose formiche conoscono ma che le cicale canterine tendono a trascurare.”

Desidero ringraziare gli amici del FAI ed in particolare il prof. Andrea CARANDINI per aver concesso la citazione nell’articolo; i colleghi di RFI che hanno creduto nel progetto; Grandi Stazioni Rail e in particolare quanti hanno sostenuto e partecipato appassionatamente alla sperimentazione; lo studio Minucci Associati s.r.l. e Digitarca s.r.l.s. per la preziosa collaborazione e i suggerimenti nella stesura del presente lavoro. Gli ingg. Camilla SAPIA e Gianmarco PAGLIA per il loro contributo. Infine, il prof. Roberto CIGOLINI, per alcuni suoi lavori che hanno ispirato molta parte della sperimentazione.

*In conclusion, with this work we hope to be able to offer a small contribution to the development of that path which, when digitalised, tries to better address the maintenance of buildings, pillar of the “missions” shared by foundations such as the “FS Foundation” or the “Fondo Ambiente Italiano” to preserve and hand over a heritage of extraordinary beauty to future generations.*

*Let us finish by using once again the words of Prof. CARANDINI: “To maintain its assets, FAI spends huge amounts a year and now has a great deal of experience in this regard. The Fund has put maintenance at the centre of the second largest national event because its mission also includes orienting and educating, mostly with simple common sense, that hard-working ants know but that singing cicadas tend to overlook”.*

*I would like to thank friends of FAI and, in particular, Prof. Andrea CARANDINI to have the citation in this paper granted, RFI’s colleagues, who have believed in the project, Grandi Stazioni and, in particular, all the ones who have supported and followed with interest the experimentation, Minucci Associates s.r.l. and Digitarca s.r.l.s. for the precious collaboration and the suggestions, drawing up the present job and last but not least, Eng. Camilla SAPIA and Gianmarco PAGLIA for their contribution. Prof. Roberto CIGOLINI, for several of his works which encouraged me during my job.*