

**Emanuela De Feo**

Adjunct professor of Architectural Restoration at Department of Civil Engineering of the University of Salerno. Her research activity focuses on the themes of enhancement and conservation of Cultural Heritage by using digital tools to produce scientifically accurate reconstructions.

**Eleonora Angela Venier**

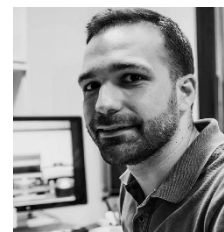
Master degree in Architettura per il Nuovo e l'Antico at Iuav University of Venice. During that period, she attended the Itinerant Master in Architecture for Archeology. Her research is focused on strategic planning in archaeological areas and on the enhancement of Cultural Heritage.

**Alessandro Russo**

After obtaining the Master degree in Materials science for Cultural Heritage at the University of Turin, since 2016 he has been carrying out research in the field of conservation of multimedia Cultural Heritage at the Department of Information Engineering of the University of Padua, mainly focusing on audio recordings of cultural importance.

**Matteo Breschigliaro**

Master degree in Computer Engineering at the University of Padua. After the graduation, he got a scholarship for the development of software tools and definition of methodologies for the preservation of audio Cultural Heritage. During his research activity, his main topics concerned the development of software and mobile apps.

**Niccolò Pretto**

Master degree in Computer Engineering and PhD Candidate at the Department of Information Engineering of the University of Padua. His main research topics concern information technologies for the access and the preservation of Cultural Heritage and sound and music computing.

PAMU: A Multimedia Park to Enhance the Renaissance Walls of Padua

This contribution resumes the results of the research project “Parco Multimediale delle Mura di Padova (PAMU), valorizzazione di paesaggi e percorsi culturali in un’ottica creativa e innovativa” (ESF 2014-2020), realized thanks to the synergies between the IUAV University of Venice, the University of Padua and four establishments active in the Veneto territory. The main purpose of the project is the realization of a multimedia museum of the Walls of Padua. The proposal takes advantage of innovative strategies and technologies for spreading the knowledge concerning the history of the Renaissance Walls of the city. During the project, a huge amount of data was gathered, both from the digital surveys of the three relevant case studies (Porta Codalunga, Porta Pontecorvo and Torrione Alicorno) and the documentary sources

retrieved from several museums and archives of the territory. The collected data was the starting point for the virtual reconstruction of the sites within the city walls, showing their transformations over the last five centuries. The outputs of the research converged into the realization of multimedia installations, designed to project audiovisual contents directly onto the walls by creating an emotional experience taking advantage of the suggestive environment of the historical sites. In addition, an augmented reality-based app allows the users to virtually visit the buildings through different periods of time, by locating tridimensional models in their original environments. Finally, a management plan and a website were conceived in order to lead the visitor, spread the knowledge and promote the Renaissance Walls of Padua.

Key words:
cultural heritage; digital survey; augmented reality

1. INTRODUCTION

Current technologies of three-dimensional survey and digital modelling play an important role in the documentation of cultural heritage. The great amount of high-quality graphical restitutions that can be obtained is a precious instrument to simplify historical interpretations and represent them in an efficient and easily understandable way. In addition, the steady development in the sector of Information Communication Technology (ICT) offers new ways to conceive the access and the promotion of the architectural cultural heritage. In fact, as shown in this contribute, thanks to their captivating communication skills, digital technologies allow an immediate approach to reality and to those little-known sites that are not promoted enough, despite being of historical importance.

The main objective of the project of *Parco Multimediale delle Mura di Padova* (PAMU) was to study the fortified complex of the walls of Padua, from 16th century to nowadays and to raise awareness of its sites through innovative communication systems. The research carried out for its creation took advantage of new digital technologies to establish a dialogue between the user and the heritage and improve the desire of knowledge and reappropriation. The approach used was multidisciplinary, by integrating several competences and knowledge, while maintaining strict the specificity of each area. By implementing new arrangements for sharing spatial and temporal knowledge with the community, it was possible to represent the historical buildings through reconstructions achieved thanks to the dialogue and the collaboration between historical research and the potential of digital representation and survey. All the data gathered were included into a database. The access to the above-mentioned database has facilitated the research and the data insertion, making it easy the creation of new contents. These last have been enhanced through augmented reality tools and the creation of multimedia installations.

As the main reference, the study took what was largely experimented in *Visualizing Venice* (VV) (Huffman, Giordano, & Bruzelius, 2017), an international project which involved the IUAV University of Venice (Italy),

the Duke University of New York (USA) and the University of Padua (Italy). The primary purpose of the project was the spread of knowledge, as well as the application of new strategies of promotion in the field of modern museums (1). Nowadays, there are many experiences that are aimed at the contamination of knowledge in the promotion of cultural heritage (Bertocci, Busa, Parrinello, & Picchio 2014; Brusaporci, Centofanti, Continenza, & Trizio, 2012): one example is the SIArch-Univaw (2), that aims to integrate digital 3D models with the historical architecture through GIS systems.

The issue is a very topical one and it is opening several new research scenarios for the Architectural History. In fact, it was possible to produce reliable and rigorous scientifically reconstructions, capable of becoming the component parts of new interactive digital environments. This was possible thanks to the use of digital tools, that allowed to create a cooperation between worlds apparently irreconcilable.

2. PROJECT PAMU

The project PAMU was born with the main purpose of restoring the interest of the citizens for the ancient walls through a concrete proposal of development (Ferrighi, 2018). The project was financed within the regional operative plan FSE 2014-2020 “*Sviluppo del potenziale umano nella ricerca e nell’innovazione per una crescita intelligente*”. It was realized thanks to the synergies between two Universities of Veneto (IUAV University of Venice and University of Padua) (3) and four establishments in the territory: the company CoopCulture, specialized in management of Cultural Heritage, LTS Land Technology Service srl, active in the field of survey and modelling of monumental architecture complexes, Pallino & Co, specialized in the field of communication and Eggon srl, active in the development of apps for mobile devices. Furthermore, the project took advantage of the important contribution of the *Istituto di Storia e Architettura Militare* (ISAM) and the association *Comitato Mura di Padova* as network partners. In particular, the latter has dedicated many years to the study and the spread of knowledge related to the city walls. Furthermore, in

the last years it organized several events, most notably the *Museo Multimediale delle Mura* (MMM) (4). The Renaissance girdle of the Walls of Padua is the largest in Europe and the biggest monument of the city, with eleven kilometres of length, twenty fortified towers and six still existing gates. Built as a modern adaptation of the ancient walls as a wish of the Most Serene Republic of Venice during the Cambrai War, it has to be considered a heritage of great historical and cultural value that unfortunately, in spite of its enormous potential, has never been considered within the most iconic ones of the city.

Three different case studies have been selected within the city walls (Fig. 1): (i) the now missing *Porta Codalunga*, that has played a role of great historical importance for the city, (ii) the *Porta Pontecorvo*, one of the still existing gates, and (iii) the *Torrione Alicorno*, considered one of the most strategic buildings of the entire fortified city (Fig. 1). The outputs of the research work may be resumed in two steps: the first is related to the study and the creation of contents,



Fig. 1 - Representation of the Walls of Padua, showing the three chosen case studies (E. De Feo, C. Monteleone).



Fig. 2 - *Porta Codalunga*, reconstruction of urban transformations between the nineteenth and twentieth centuries (E.A. Venier).

while the second to the design and the development of systems for their promotion and sustainable exploitation. The project was carried out proceeding with case studies, in order to test and develop an efficient workflow methodology.

3. COLLECTING THE SOURCES

Historical researches on the fortified system of the city of Padua have been carried out for a long time, since the early sixteenth century, and continue these days. Starting from past surveys and thanks to the wide bibliography available (Mazzi, Verdi, & Dal Piaz, 2002; Dal Zotto, 2015; Donvito, & Fadini, 2014), it was possible to study the wall system, while new exhaustive archival research allowed to understand the urban transformations of the area around the walls (5). The methodical collection of a variety of sources of information was one of the aims of our research.

Any iconographic document that could give us information about the places was considered: topographic and cadastral maps at urban scale, period photos and, more in general, views and drawings rich in information, albeit imprecise from a topographical point of view. Gathering documents straight from the sources made it possible, while writing down the storytelling, to tell about events and places using the material collected from the archives.

The online database (DB), conveniently structured for the VV research project, was adjusted for the project requirements and populated with the textual documents and iconographic sources collected. The customized web interface allowed to insert basic metadata such as the title, date, author of the source and its collocation in the archive. Further information concerning the sources were added to indicate whether the source was a survey or a project (both realized or not) in order to be able to index the sources

according to their typology. This allows the user to decide which were necessary to be used, while analysing the urban transformations. Thus structured, the DB was an essential tool since it made it possible to have at our disposal data we could arrange, visualize and download using filters on the metadata. After defining the transformation phases, both at urban and architectonic level, we continued our research into historical facts and significant characters worth considering in order to write down the mocks up necessary to realize the video documents. Short texts and advisably manipulated images were used in the video to make the timeline easily understandable.

4. ANALISYS OF TRANSFORMATIONS FROM SOURCES AND REDRAW (2D)

Analysis by comparison of the cartography, starting from the one currently in use, was carried out in order

to understand the transformations both of the wall system and the urban fabric. The ArcGIS software by ESRI, provided by IUAV University of Venice, in this case ArcMap, allowed to read, interpret and redraw the urban transformations thanks to the georeferences we got from the historical cartography (Ferrighi, 2016).

In this way, digital consistent maps, one for each studied historical phase, were developed. To create a basic cartography, we selected the layers of the *Carta Tecnica* of the City of Padua, essential to define the urban space, the level of the streets, the volumetric units, the rivers and the Renaissance walls. For each historical phase, we laid the current cartography upon the past one and, working backwards in time, we realised digital maps corresponding to precise historical moments. Each variation between a map and the previous one, corresponding to a variation either of urban space or structure, was recorded and redrawn with the necessary precaution in the interpretation of the historical sources (Ferrighi, 2013, Ferrighi, 2015). For each case study, a survey area was picked out so that we could create 2D maps and 3D models to be used in the storytelling. With regard to *Porta Codalunga*, for example, consideration was given to the area between the current *Piazza Mazzini* and *Bastione della Gatta* because of the historical facts that link these two places, while at *Torrione Alicorno* we analysed a much wider area, from the river *Bacchiglione* to *Porta Santa Croce*.

For example, we describe the case of *Porta Codalunga*. Up to the year 1859, *Porta Codalunga* was used as an entrance to the city but after the opening of the Milan-Venice railway line, the Austrian government determined to turn it into a toll gate. The drawing from the 1845 Austrian land register was laid over the one from the 1867 Austro-Italian land register; once the elements of transformation was picked out, we obtained a new digital drawing that was further adjusted by removing the modifications made between 1859 and 1867. This drawing was compared to and enriched with data from documents preserved at *Archivio di Stato di Padova* (6), in this case the 1855 relief of the door before it was turned into a toll gate, which made it possible to detail the layout and the facades through 3D modelling. By comparing the 19th

century phase with the one of the previous centuries, we could see that the fortified system appeared as a unique element and that the urban development was still held within the 16th century *forma urbis* (Fig. 2).

5. REBUILDING THE WALLS

"The representation (classical or digital) is not a simple mean of reproduction or even imitation of the reality; its huge analytical potential, which goes through complex interpretative processes, aim to reach the knowledge creating new possible worlds: so, the purpose of the representation lies within its complex creative potentiality" (Giordano, et al., 2011). The next step of the project PAMU was the exploitation of this potentiality with the aim to three-dimensionally "restore" the memory. To fully benefit from the digital techniques of integrated survey, based upon the conjoint use of different methodologies, the workflow started with the direct survey to get to the laser and the photogrammetric ones, following these consequential phases: acquisition of the metrical and chromatic data; processing and elaboration; comparison and integration of the metrical and constructive information acquired during the campaigns of survey with the ones gathered from the blueprints and the historical documents; rendering of the outputs, meaning the 3D models of the three case studies and their context during the various phases and the rendering views. The overlapping of the survey methods allowed us to reach a high detail in the graphic outcomes in situations of particular complexity. It was useful also to reduce the time for the survey and the organization of data with respect to traditional methods. Acquiring point clouds and colour photos at the same time and integrating the outcomes, obtained with 3D CAD modelling systems, improved the reading and critical analysis of the object.

In the first case study, since the artefact cannot be referred, because it is no longer available, the survey was mainly aimed at the surrounding environment. We focused our attention on those traces that could allow the re-contextualization and the correct georeferencing of the virtual model: part of the walls still existing and the archaeological excavation for the construction of new roundabouts, which brought to

light the basement of the gate and the structures of the front bridge that crossed over the moat in the past. Regarding *Porta Pontecorvo* and *Torrione Alicorno*, still existing artefacts, even though deeply transformed by various misadventures, it was possible to rebuild and to model the current state starting from the survey, whilst to model the historical stages, it was necessary to complement the measurements *in situ* with existing surveys owned by the *Comitato Mura di Padova* or the unedited ones discovered in the city archives. Going into the detail of the survey strategy of *Porta Codalunga* to acquire metric data of the area of intervention, we used the laser scanning. On the other hand, referring to the archaeological excavation, for which the chromatic datum was as important as the rigorous geometric determination of its shape, we used digital photogrammetry, integrating it appropriately with the data obtained from laser scanning.

Once a preparatory analysis of the site to survey and the contest was made, the next step was to realize a survey project inclusive of different methodologies. The scans were performed according to varying resolutions depending on the distance of the laser from the surfaces. These resolutions were usually of one point each six millimetres at a distance of the source of ten meters from the object. Then, the obtained data were appropriately processed using proprietary software.

The photogrammetric method was used to document not just the archaeological dig of *Porta Codalunga*, but even the elevations of *Porta Pontecorvo*. The operations were carried out keeping, as readings and experimental evidence suggest, a fixed focal length of the camera - in this case 50 millimetres - superimposing the surfaces at least the 60%, using homogeneous lighting conditions, realizing a photographic shooting with convergent axes.

Unlike laser scanning, photogrammetry does not generate a true-scale infographics model in first analysis, so in order to bring the cloud back into true size, regarding *Porta Codalunga*, we imported the coordinates of some points from the laser scanning survey, that was georeferenced and roto-translated thanks to a topographic support, whilst for *Porta Pontecorvo* the measurements were taken from the

direct survey. The photos were processed with the Agisoft Photoscan software using well-established protocols and procedures, also recognised by the scientific community, based upon “structure from motion” and “multi-view 3D reconstruction” algorithms.

The metrical basis to model the *Torrione Alicorno* was a combination of various overall and detailed surveys provided by the *Comitato Mura di Padova*, which were previously compared and checked with the measurements obtained through the campaigns of direct survey.

The next step, for all the three case studies, was the virtual reconstruction, result of merging the digital survey with the huge amount of historical and iconographic documents, through a process that start from the actual state and goes back in time. To be specific, significant sections were exported from the point clouds and the survey, way before modelling the actual contest; these sections were placed at particular levels in order to upgrade the cartography of the municipality of Padua, which then served as a basis for the three areas containing the study cases. As far as

concerns the modelling of the past phases, bi-dimensional blueprints of the earlier stages were used as explained in the previous paragraph. Eventually, the modelling of the manufacts was achieved thanks to the orthophotos of the elevations, the orthogonal views and the exported characteristic profiles.

The 3D models were realized using the AutoCAD 3D and the SketchUp software, then the selected scenes were rendered with the use of the Autodesk 3D Studio Max software (Fig. 3). The presentation mode didn't require realistic textures; instead the results were presented in grey scale, highlighting the walls with a different colour to make them stand out of the context and improve the visibility of their placement and transformations within the city. In this way the users cannot speculate about anything beyond what can be demonstrated on the basis of the clear data emerged from the academic research (Fig. 4).

6. MULTIMEDIA TOOLS

As described in the previous sections, project PAMU gathered a huge amount of data, which needs to be mediated. An important challenge of the project was

the design of the communication strategies which were required to be simple and efficacious. In order to achieve the above mentioned objective, it was necessary to use several multimedia tools, developed at the *Centro di Sonologia Computazionale* (CSC) (7). The previous approach adopted by the *Comitato Mura di Padova* in the realization of MMM was considered as the starting point for the design of the multimedia installations, developed to promote the selected case studies. In order to display the transformations of *Porta Codalunga* and *Porta Pontecorvo*, a mobile app was developed, based on augmented reality technology, which allocates the previously described 3D models in the original environment, and provides the opportunity to switch the models and display their transformation through different historical periods. A website was developed with a selection of the most relevant information concerning the walls of Padua and the project for their promotion, the subject of this paper. Finally, a management plan for the park has been proposed, including in it the outputs of the previous work of *Comitato Mura di Padova* in the years before PAMU project.



Fig. 3 - Photo Modelling of the external surfaces of Porta Pontecorvo, graphical restitution of the main prospectus (E. De Feo).

6.1 MULTIMEDIA INSTALLATIONS

Some multimedia installations, based on wall projection (see Fig. 5), were developed in order to communicate the history and the peculiarities of the still existing case studies: *Porta Pontecorvo e Torrione Alicorno*. In contrast with the multimedia installations developed by the *Comitato Mura di Padova* for the MMM, during the implementation of the project, different technologies were identified and adopted, reducing the costs for computer and software licenses, but maintaining the overall quality level. Another important requirement was the necessity to reduce the impact of the installations on the monumental environment. For this reason, they were implemented by using some Raspberry Pis, small computational devices connected with projectors and audio speakers. The Raspberry Pi model is PI3 B+ (8), with Raspbian operative system, and they are connected to a local Wi-Fi network. Through the open-source video player OMX, the projections can be managed by a mobile device connected to the same local Wi-Fi network of the Raspberry Pi. The video contents projected by the multimedia installations were assembled from the data gathered during the research activity, described in the previous sections. The selected material mainly consists in archival document, maps, sketches, photos and the digital historical reconstruction of the case studies.

The videos have an educational purpose and were realized applying the best communication strategies in order to enhance the efficacious of the storytelling and ease the comprehension of the historical contents.

The audio-visual documents were optimized for a direct projection onto the walls of the historical buildings, without using white screens or monitors, exploiting the suggestive context of the walls of Padua, with the aim to enhance the emotional impact of the visit. For this reason, the selected material was edited and processed in order to fix inevitable problems derived by the projections in irregular surfaces. The voice-over was recorded with professional equipment in a silent chamber at CSC (9). The audio recordings were equalised and processed in order to improve the intelligibility in the environments of the case studies, which are not acoustically treated.

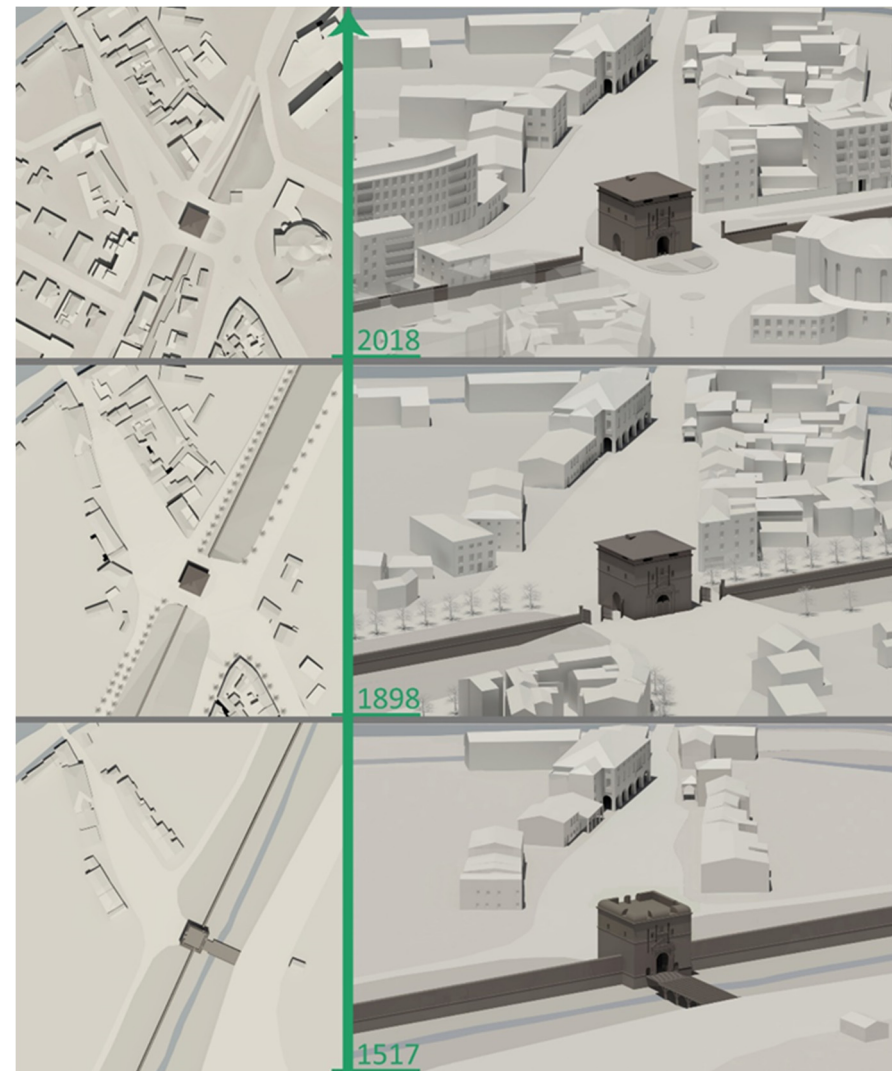


Fig. 4 - Rendered views of the historical phases obtained from the solid model of *Porta Pontecorvo* and its environment (E. De Feo).

6.2 MOBILE APPLICATION

Nowadays, personal mobile devices, such as smartphone and tablet, and the new immersive technologies, as the virtual and augmented reality, provide an important support to the communication and promotion of the cultural heritage, which can be accessed from a large public (Mortara et al., 2014). Considering the high maturity level of these technologies, the synergy with photogrammetry (Portalés, Lerma, & Navarro, 2010) and the capillary spread of personal mobile devices, the mobile application based on augmented reality was identified as the most suitable solution for the enhancement of this important monument. This app gives the possibility to discover the demolished *Porta Codalunga* (Fig. 6), virtually integrated in the current environment, by using a 1:1 scale, and explore its transformations from 1521 to 1859. A similar solution was adopted for *Porta Pontecorvo*, where the transformations between 1517 and 1898 are displayed through a virtual layer that cover the current building. The 3D models of the different historical phases were rendered on the basis of the measures and the reconstructions detailed in the Section 5. In order to place the virtual 3D reconstructions in the original location, the app employs QR codes, a kind of bar-code with a matrix structure that can be read and processed by simple devices able to capture and compute images, such as the general-purpose camera of a smartphone. The QR codes were inserted in panels (Fig. 7) that have to be located in specific points of the historical sites. The user can scan the related QR code and display the historical reconstructions inserted in the original location through augmented reality directly on its mobile device. Unlike the GPS technology, this one provides a good precision in positioning the 3D model, considering the position of the user. GPS devices allow to localize an object with a precision of some meters, thus they are not suitable to position the 3D model in a specific point in the real environment. Moreover, in order to gather the correct positioning angle, it is necessary to use the compass integrated in the mobile device, which require to be accurately calibrated. For these reasons, GPS technology was discarded during the design phase. An image recognition system uses

images (in this case, the QR codes) of which it knows their precise dimensions and positions. With this data, it can infer with high precision the distance of the user device from the reference image, and consequently precisely locate the 3D model in the real environment (10). Furthermore, the app is able to localize the main points of interest within the historical site through iBeacon devices (11). Each device, by using Bluetooth signals, indicates the presence of a point of interest to the app, which provides the related description, curiosity concerning prominent historical personalities, relevant events of the past, the overall history of the walls and a short version of the videos displayed by the multimedia installations (Fig. 8). The app was developed in collaboration with Eggon srl. It exploits the features of the framework ARKit (12), implemented by Apple, and integrates the features of a pre-existing app implemented by the same company for another site of the walls of Padua (*Castelnuovo, Golena San Massimo*).

6.3 THE WEB SITE

The web site of the project PAMU was developed with the collaboration of Pallino & Co (13). The core businesses of the company are the communication, the social networks and the web development. So, the know-how of the company was essential to develop a web site with a modern and responsive layout, optimized for both desktop and mobile devices. The web site has been divided in several sections concerning the multimedia park, with a particular emphasis on the three case studies: *Porta Codalunga, Porta Pontecorvo* and *Torrione Alicorno*. Moreover, the user can visualize the information concerning the project, the research team and the industrial partners that contributed to its development. For each selected

Fig.5 - Projection on the wall of the audio-visual content realized for the multimedia installation during the final demonstration of the research project at the Torrione Alicorno (Set up by A. Russo).



site, located in a top view view of the city and the walls of Padua, the user can access some of the main outcomes of the historical research and the whole version of the videos realized during the project. Furthermore, it is possible to visualize the reconstructions of the sites in different historical periods through images, rendered from different perspective. The logo of the multimedia park (Fig. 9) has a paramount role in the web site. It was realized on the base of colours, structures and redundant elements of the Renaissance Walls of Padua and their peculiar shape. The selected font, particularly so, recalls the stone elements that constitute the architectonic elements, whereas the colours of the logo were selected after an analysis of the most frequent and significant hues in the historical documents, photos, sketches and paintings that represent the walls of Padua.

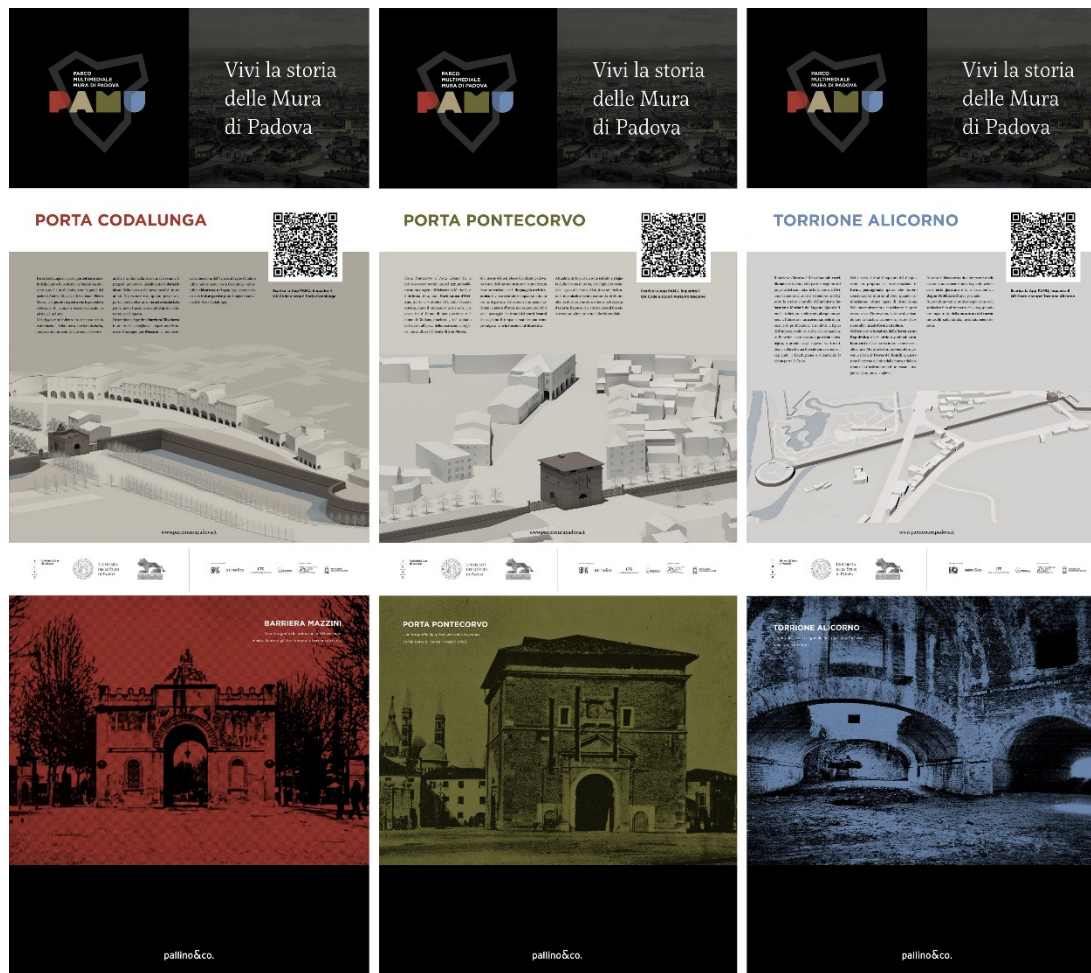
7. A MANAGEMENT PLAN FOR THE PARK

The proposal of a management plan for the Renaissance Walls originated from the need to suggest the City Council, proprietor of the structure, how to enhance the value of the Walls and make them accessible to the public by developing a new tourist



Fig. 6 - One of the participants of the conclusive conference of the FSE project testing and evaluating the app for the augmented reality (developed by M. Breschigliaro), properly configured for the use inside the Torrione Alicorno.

Fig. 7 - Exhibition Panels realized for the three case studies, including QR codes for the augmented reality app (Pallino & Co.)



route. The proposal, elaborated in close collaboration with CoopCulture, leader in the management of cultural heritage, took into account the material gathered with the FSE project and the large amount of activities organised by the *Comitato Mura di Padova*, network partner of the project. The analysis of what had already been made to enhance the value of the Walls brought out both the weak and strong points of the state of the art. With this proposal we tried to enhance the wall system as a whole, planning feasible activities connected with the opening of the area currently precluded to the public and suggesting the creation of a network all around the Walls so that they could be connected with the main city tourist centres. Considering the peculiarities of the Walls we made some hypothesis on how to make them accessible to the public by creating PAMU. Access to the Park could be either free or, in case of guided tours, controlled. The inner areas should be provided with multimedia installations. Besides, following the good example of the city of Pisa (14), we thought about a schedule of collateral events to be organised along the boundary walls and such as to appeal to a large variety and an increasing number of tourists willing to know about the Walls. In this way, we might have found a solution to the problem of concentration of tourists around the symbols of the city: the well-known *Cappella degli Scrovegni* and *Basilica di Sant' Antonio*. To plan the opening hours and the staff shifts we worked on the idea of granting free entrance at weekends. Access to the walls to organized groups, instead, should be allowed on weekdays through booking. The financial plan considered a few possible scenarios that show how the Park, if managed in this way, might support itself with a number of about five thousand visitors a year.

8. CONCLUSIONS

The deliverables were the result of a multidisciplinary work, which involved different competences. The main outputs of the project were: a database populated with iconographic sources, the 3D models and the rendered views of the three case studies in different historical periods, the videos concerning the history of the three sites, the app based on augmented reality

and the PAMU web site that includes some of the most significant multimedia contents and historical information. Furthermore, the working methods can be included in the results. They were developed to face the most complex case study, Porta Codalunga, and then applied to the other sites, by exploiting the acquired know-how. The objective of the research consisted of finding a virtuous intersection between different competences in order to develop a product useful for professional workers in the sector, but also for a wider public. In doing so, the project facilitates the comprehension and promotes this monument, with the aim of making this important heritage a tourist attraction. The purpose of the exploited multimedia tools is to tell the history of the walls within the sites with a contemporary language. The research product wants to enable tourists and citizens to visit and learn in-depth the history of the main points of interest of the walls, even if they do not exist anymore, through multimedia installations and mobile app. During the final conference of the project, that took place on July 19, 2018, the research results, the outputs, and the management plan were presented to the public and municipal authorities. If accepted, the

proposed solution might contribute to the promotion of this important heritage of the city of Padua. Although this essay is a result of a joint research, sections 1, 5 and 8 are written by Emanuela De Feo, 3, 4 and 7 by Eleonora Angela Venier, 2, 6.1 and 6.3 by Alessandro Russo, 6 by Niccolò Pretto and 6.2 by Niccolò Pretto and Matteo Breschiagliaro.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the research project Parco multimediale delle Mura di Padova: valorizzazione di paesaggi e percorsi culturali in un'ottica creativa e innovativa. Project Code 2122-22-2216-206, Intervention Code 37701, 2122 Rag. Sociale Università Iuav di Venezia Asse Occupabilità DGR n. 2216, Dec 23, 2016. Authors would like to thank the scientific coordinators; prof. Alessandra Ferrighi (Iuav University of Venice), prof. Cosimo Monteleone and prof. Sergio Canazza (University of Padua), the corporate partners Pallino & Co, Eggon, CoopCulture, LTS Land Technology & Services s.r.l. and the network partners Comitato Mura di Padova and Istituto per la Storia dell'Architettura Militare (ISAM).

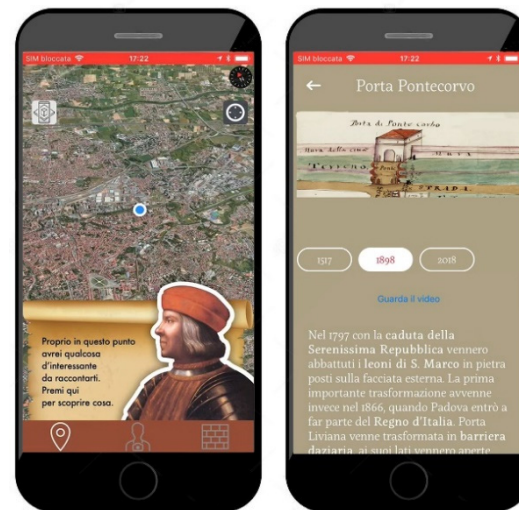


Fig. 8 - Some snapshots of the app showing (a) a point of interest located on the map and (b) several historical information concerning *Porta Pontecorvo* (M. Breschiagliaro, Eggon srl).



Fig. 9 - Some snapshots of the website realized for the project (Pallino & Co, E. A. Venier, A. Russo). In highlight the PAMU logo, that revokes the main shape, element forms and colours of the Walls of Padua.

NOTES

[1] To celebrate five hundred years of the first Jewish ghetto in Venice, Palazzo Ducale hosted an exhibition named Venezia, gli Ebrei e l'Europa. 1516-2016, with the purpose of resuming the main urban transformations of the ghetto that took place over the Centuries, taking advantage of communication skills offered by digital technologies. Crr. (Calabi, 2016; Monteleone, Fiso, & Panarotto, 2016)

[2] The SIArch-Univaq is an Architecture Informative System resulted from a research carried out by ITC-CNR group together with the Department of Architecture and Urban Development of the University of L'Aquila

[3] The research project financed by the Veneto Region within the FSE European funds, has been proposed by Alessandra Ferrighi of the luav University of Venice in quality of scientific referee, together with Cosimo Monteleone of DICEA and Sergio Canazza of DEI, both Departments of the University of Padua

[4] <http://www.muradipadova.it/lic/museo-multimediale-delle-mura.html> (Retrieved December 7, 2018)

[5] The research has been conducted mainly in Padua, at

<http://disegnarecon.univaq.it>

the Archivio Generale del Comune, Archivio di Stato, Biblioteca Civica and at the Archivio di Stato di Venezia

[6] [drawings], 1845, ASPd, Administrative Acts, Wollemborg Maps, b.1496

[7] Research laboratory of the Department of Information Engineering of the University of Padua. One of its main research topics is the preservation and the enhancement of cultural heritage by using IT tools and methodologies (Canazza, Rodà, Novati & Avanzini, 2011; Avanzini et al., 2015; Canazza, Fantozzi, & Pretto, 2015; Fantozzi, Bressan, Pretto, & Canazza, 2017)

[8] <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/> (Retrieved December 7, 2018)

[9] The speaker was Emanuele Trevisiol

[10] https://developer.apple.com/documentation/arkit/recognizing_images_in_an_ar_experience (Retrieved December 7, 2018)

[11] <https://developer.apple.com/ibeacon/> (Retrieved December 7, 2018)

[12] <https://developer.apple.com/ar>

kit/ (Retrieved December 7, 2018)

[13] <http://www.parcourapadova.it/> (Retrieved December 7, 2018)

[14] <http://www.coopculture.it/> (Retrieved December 7, 2018)

BIBLIOGRAPHY

Avanzini, F., Canazza, S., De Poli, G., Fantozzi, C., Pretto, N., Rodà, A., Angelini, I., Bettineschi, C., Deotto, G., Faresin, E., Menegazzi, A., Molin, G., Salemi, G. & Zanovello, P. (2015). A pan flute from ancient Egypt. In Proc. of 12th Int. Sound and Music Computing Conference (SMC15) (pp. 31–36). Maynooth, Ireland. <https://doi.org/10.5281/zenodo.851067>

Calabi, D. (2016). Venezia gli Ebrei e l'Europa. 1516-2016, Catalogo della Mostra (Palazzo Ducale, Venezia 19 Giugno-13 Novembre 2016), Venezia: Marsilio.

Brusaporci, S., Centofanti, M., Continenza, R., Trizio, I. (2012). Sistemi Informativi Architettonici per la gestione, tutela e fruizione dell'edilizia storica. In: Proceedings of the 16a Conferenza Nazionale ASITA, Fiera di Vicenza, 6–9 November 2012, (vol.1, pp. 315-322), Vicenza: ASITA.

Bertocci, S., Busa, S., Parrinello, S., Picchio F. (2014). Montepulciano 3D: modelli virtuali per l'urbanistica e lo sviluppo dell'ambiente urbano, in DisegnareCon, 7 (13), V/1-20.

Canazza, S., Fantozzi, C., & Pretto, N. (2015). Accessing Tape Music Documents on the Mobile Devices. ACM Trans. Multimedia Comput. Commun.

Appl., 12(1s), 20:1--20:20. <https://doi.org/10.1145/2808200>

Canazza, S., Rodà, A., Novati, M. M., & Avanzini, F. (2011). Active Preservation of Electrophone Musical Instruments. The Case of the "Liettizzatore" of "Studio Di Fonologia Musicale" (Rai, Milano). In S. Zanolla, F. Avanzini, S. Canazza, & A. De Götzen (Eds.), 8th Sound and Music Computing Conference (SMC11). Padova, Italy. <https://doi.org/10.5281/zenodo.849866>

Dal Zotto, P. (Ed.) (2015). Il torrione Alicorno. Caposaldo meridionale delle mura di Padova, Vicenza:Edibus.

Donvito, V. C., Fadini, U. (Eds.) (2014). Padova è le sue mura. Cinquecento anni di storia 1513-2013. Catalogo della mostra (Padova, Musei Civici agli Eremitani, 28 marzo - 20 luglio 2014), Cittadella: Biblos.

Fantozzi, C., Bressan, F., Pretto, N., & Canazza, S. (2017). Tape music archives: from preservation to access. International Journal on Digital Libraries, 18(3), 233–249. <https://doi.org/10.1007/s00799-017-0208-8>

Ferrighi, A. (2013). Visualizing Venice: A Series of Case Studies and a Museum on the Arsenal's virtual history. In D. Calabi (Ed.) Built City, designed

City, virtual City. The Museum of the City (pp. 137-151). Rome: Croma.

Ferrighi, A. (2015). Cities over space and time. Historical GIS for Urban History. In S. Brusaporci, Handbook of Research on Emerging Digital Tools for Architectural Surveying, Modeling, and Representation (pp. 425-445). Hershey: IGI Global.

Ferrighi, A. (2016). VISU. Il sistema informativo integrato sulle trasformazioni urbane di Venezia. In GEOMEDIA, 3, 44-49.

Ferrighi, A. (2018). Il parco multimediale delle mura di Padova: valorizzazione di paesaggi e percorsi culturali in un'ottica creativa e innovativa. In A. Marotta & R. Spallone (Eds.), Defensive Architectures of the Mediterranean (Politecnico di Torino, pp. 1223–1228).

Huffman, K. L., Giordano, A., Bruzelius, C. (Eds.) (2017). Visualizing Venice: Mapping and Modeling Time and Change in a City. London: Routledge.

Giordano, A., Bifulco, L., Friso, I., Monteleone, C., Barnes, C., Turri, G. (2011). The Hyper-Representation as new model of Knowledge and Representation of Architecture and City Museum, in (Ed.) C. Gambardella, Proceeding of IX International Forum Le vie dei

Mercanti: S.A.V.E. Heritage. Safeguard of Architectural, Visual, Environmental Heritage (Aversa, Capri, 9-10-11 giugno 2011), (vol.10, pp. 1-9), Napoli: La scuola di Pitagora.

Mazzi, G., Verdi, A., Dal Piaz, V. (2002). *Le Mura di Padova. Percorso storico-architettonico*. Padova: Il Poligrafo.

Monteleone, C., Fiso, I., Panarotto, F. (2016), Per il Cinquecentenario della fondazione del Ghetto a Venezia: trasformazioni virtuali dell'architettura e della città in mostra a Palazzo Ducale, in *DisegnareCon*, 9 (17), 3.1-3.12

Mortara, M., Catalano, C. E., Bellotti, F., Fiucci, G., Houry-Panchetti, M., & Petridis, P. (2014). Learning cultural heritage by serious games. *Journal of Cultural Heritage*, 15(3), 318–325. <https://doi.org/10.1016/J.CULHER.2013.04.004>

Portalés, C., Lerma, J. L., & Navarro, S. (2010). Augmented reality and photogrammetry: A synergy to visualize physical and virtual city environments. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(1), 134–142. <https://doi.org/10.1016/J.ISPRS.2009.10.001>

PAMU: IL PARCO MULTIMEDIALE PER LA VALORIZZAZIONE DELLE MURA RINASCIMENTALI DI PADOVA

1. INTRODUZIONE

Le attuali tecniche di rilievo tridimensionale e modellazione digitale svolgono un ruolo importante nella documentazione del patrimonio culturale. La quantità e qualità delle restituzioni grafiche che si possono ottenere sono un prezioso strumento per facilitare le interpretazioni storiche e per rappresentarle in maniera facilmente comprensibile. Inoltre, l'incessante sviluppo del settore *Information Communication Technology* (ICT), offre nuovi modi di pensare la fruizione e valorizzazione del patrimonio culturale architettonico. Gli strumenti digitali, infatti, consentono, con le loro accattivanti capacità comunicative, un avvicinamento più immediato al mondo reale e, come nella ricerca di cui si dà conto in questo contributo, a luoghi della città poco conosciuti e non sufficientemente valorizzati.

Il progetto Parco multimediale delle mura di Padova (PAMU) nasce infatti con l'obiettivo di studiare il

sistema fortificato della città di Padova, dal Cinquecento fino ai giorni nostri, e di diffondere la conoscenza dei suoi luoghi attraverso sistemi di comunicazione innovativi. La ricerca svolta per la sua creazione ha utilizzato le nuove tecnologie digitali per instaurare un dialogo tra l'utente e il patrimonio e incentivarne il desiderio di conoscenza e riappropriazione. L'approccio utilizzato è stato multidisciplinare, prevedendo l'integrazione di diversi saperi e competenze, pur mantenendo ferme le specificità di ciascuna area. Attuando una nuova modalità di condivisione delle conoscenze spazio-temporali per il pubblico, è stato possibile rappresentare i manufatti basando le ricostruzioni sulla collaborazione e il dialogo intercorsi tra la ricerca storica e le potenzialità dei metodi di rilevamento e rappresentazione digitale. Tutti i dati raccolti sono stati inseriti in un unico database. L'accesso strutturato a questi dati ha facilitato la loro ricerca e la loro intersezione, favorendo la creazione di nuovi

contenuti. Quest'ultimi sono stati poi valorizzati mediante la realtà aumentata e la realizzazione di installazioni multimediali.

Lo studio condotto ha avuto come riferimento quanto largamente sperimentato in *Visualizing Venice - VV* (Huffman, Giordano, & Bruzelius, 2017), un progetto di ricerca internazionale che vede coinvolte l'Università Iuav di Venezia, la Duke University (NC, USA) e l'Università degli Studi di Padova, finalizzato alla comunicazione della conoscenza, anche attraverso sperimentazioni di tipo museale (1). Diverse sono le esperienze che oggi puntano sulla contaminazione dei saperi nella valorizzazione del patrimonio (Bertocci, Busa, Parrinello, & Picchio 2014; Brusaporci, Centofanti, Continenza, & Trizio, 2012), il SIArch-Univaq (2), per citarne una, mira alla integrazione di modelli digitali 3D dell'architettura storica con sistemi GIS.

Il tema è di grande attualità e sta aprendo nuovi scenari di ricerca per la Storia dell'architettura.

Creando cooperazione tra mondi apparentemente inconciliabili, con l'ausilio degli strumenti digitali è stato possibile produrre ricostruzioni affidabili e scientificamente rigorose, suscettibili di divenire gli elementi costitutivi di nuovi ambienti digitali interattivamente navigabili.

2. IL PROGETTO PAMU

Il progetto PAMU è nato con l'obiettivo di far rinascere l'interesse verso le mura attraverso una proposta concreta di valorizzazione (Ferrighi, 2018). Finanziato all'interno del programma operativo regionale FSE 2014-2020 "Sviluppo del potenziale umano nella ricerca e nell'innovazione per una crescita intelligente", PAMU è stato realizzato grazie alle sinergie tra due atenei veneti, l'Università luav di Venezia e l'Università degli Studi di Padova (3), e quattro aziende del territorio: la società Coop Culture specializzata nella gestione dei beni culturali, LTS Land Technology Service srl nelle pratiche di rilievo e di modellazione di complessi monumentali, Pallino&co nei settori della comunicazione e Eggon srl nello sviluppo di applicazioni per dispositivi mobili. Il progetto si è avvalso, inoltre, degli importanti apporti dei partner di rete: l'Istituto di Storia e Architettura Militare (ISAM) e il Comitato delle Mura di Padova, un'associazione che da anni si dedica con costanza allo studio e alla diffusione della conoscenza di questo specifico patrimonio della città, e che ha già organizzato diversi eventi per la sua valorizzazione, tra cui il Museo Multimediale delle Mura (4).

Le mura rinascimentali di Padova sono il monumento più grande della città e il circuito più esteso d'Europa, lunghe undici chilometri, interrotte da venti bastioni e sei porte superstite. Realizzate adattando "alla moderna" le mura già esistenti, per volontà della Serenissima Repubblica di Venezia durante la Guerra di Cambrai, rappresentano oggi un sistema da considerarsi come patrimonio storico-culturale dal potenziale enorme, ma che purtroppo non è mai riuscito a diventare uno dei beni connotanti la città. Tra i vari temi possibili sono stati scelti tre diversi luoghi del sistema delle mura (Fig. 1): (i) Porta Codalunga, oggi non più esistente, che ha rivestito un ruolo di grande importanza per la storia della città, (ii) Porta

Pontecorvo, una delle sei porte giunte a noi ancora intatte e con potenzialità di riuso interno e (iii) il Torrione Alicorno, considerato uno dei punti più strategici dell'intera cinta fortificata e dotata di straordinari ambienti ipogei. Gli esiti del lavoro del gruppo di ricerca possono essere riassunti attraverso le due macro-fasi: la prima relativa allo studio e alla realizzazione dei contenuti, la seconda alla progettazione e creazione dei sistemi per la loro valorizzazione.

Il progetto è stato sviluppato per casi studio in modo tale da poter testare diverse tipologie di output e strutturare una metodologia di lavoro.

3. LA RICERCA DELLE FONTI

La ricerca storica sul sistema fortificato della città di Padova ha riguardato un lungo arco temporale compreso tra i primi anni del Cinquecento fino ai giorni nostri. La vasta bibliografia a disposizione (Mazzi, Verdi, & Dal Piaz, 2002; Dal Zotto, 2015; Donvito, & Fadini, 2014) ha consentito di studiare il sistema delle mura a partire dallo stato dell'arte delle ricerche pregresse; mentre una nuova e approfondita ricerca archivistica ha consentito di comprendere le trasformazioni urbane dei contesti intorno alle mura (5). Uno degli obiettivi della ricerca è stata la raccolta sistematica di fonti documentarie. Sono stati infatti raccolti tutti quei documenti iconografici che potessero fornire dati e informazioni sulla consistenza dei luoghi, come le carte topografiche, le mappe catastali, i disegni a scala urbana o architettonica, le fotografie d'epoca e, più in generale, le vedute o altre immagini documentarie, non georiferibili, ma ugualmente ricche di informazioni. La raccolta delle fonti ha permesso inoltre, durante la scrittura degli storytelling, di raccontare gli eventi e i luoghi direttamente attraverso i documenti d'archivio.

Il database (DB) online, strutturato per il progetto di ricerca VV, è stato opportunamente adattato e popolato con le fonti documentarie sia testuali sia iconografiche, una volta digitalizzate. L'interfaccia web personalizzata ha consentito di inserire i dati essenziali del documento come il titolo, la data, l'autore della fonte e la collocazione archivistica. A questi sono state aggiunte quelle indicazioni che potevano riassumere il

tipo di fonte, se prodotta per documentare un rilievo, un progetto realizzato o non realizzato in modo da potere raggruppare le stesse fonti per tipologia e utilizzarle o meno per l'analisi delle trasformazioni urbane. Il DB così strutturato si è rivelato uno strumento essenziale durante la ricerca perché ha permesso a tutti i componenti del gruppo di lavoro di avere sempre a disposizione i dati, di ordinarli, visualizzarli ed estrarli in base a filtri. Dopo aver definito le fasi di trasformazione, sia a livello urbano che architettonico, sono stati scelti i fatti storici da raccontare e i personaggi da far emergere per la scrittura dei menabò necessari alla costruzione del video. La cronologia degli eventi è stata resa esplicita tramite brevi testi e immagini opportunamente manipolate che sono state utilizzate all'interno del video.

4. ANALISI DELLE TRASFORMAZIONI E LORO RIDISEGNO

Per comprendere le trasformazioni del sistema delle mura e del tessuto urbano circostante si è ricorsi all'analisi per confronto della cartografia a cominciare da quella attuale. L'uso del software ArcGIS di ESRI, in dotazione all'Università luav di Venezia e nello specifico ArcMap, ha permesso di leggere, interpretare e ridisegnare le trasformazioni grazie alla georeferenziazione delle cartografie storiche (Ferrighi, 2016). Si sono così create delle mappe digitali coerenti tra loro, una per ogni fase storica individuata e studiata. Per creare la cartografia di base sono stati selezionati i soli *layer* della Carta tecnica del Comune di Padova utili alla definizione dello spazio urbano, come il livello delle strade, delle unità di volume, dei fiumi, delle mura rinascimentali. Andando a ritroso nel tempo, sovrapponendo alla cartografia attuale quella storicamente precedente, e così facendo per ogni fase storica, sono state realizzate le piante digitali corrispondenti a precisi momenti. Ogni cambiamento tra una pianta e la precedente, corrispondente a un mutamento dello spazio urbano o dell'edificato, è stato registrato e ridisegnato con le necessarie cautele nell'interpretazione dei dati provenienti dalle fonti (Ferrighi, 2013; Ferrighi, 2015). Per ogni caso studio si è cercato di definire un'area tale da poter creare

mappe 2D e modelli 3D efficaci nella successiva narrazione storica. Nel caso di Porta Codalunga è stata scelta l'area compresa tra l'attuale Piazza Mazzini e il Bastione della Gatta proprio in ragione delle vicende che accomunano questi luoghi. Mentre nel caso del Torrione Alicorno è stata indagata un'area di proporzioni maggiori, dal fiume Bacchiglione a Porta Santa Croce.

A titolo d'esempio si descrive il caso di Porta Codalunga nell'Ottocento. L'anno 1859 ha segnato la sua trasformazione da porta di accesso alla città in barriera daziaria, in base a una decisione presa dall'Amministrazione austriaca, dopo l'apertura della linea ferroviaria Milano-Venezia. Sulla carta corrispondente alla fase del Catasto Austro-italiano del 1867 è stato sovrapposto il catasto Austriaco del 1845; una volta individuati gli elementi di trasformazione, si è ottenuta una nuova carta che è stata ulteriormente adeguata eliminando i cambiamenti databili dal 1859 al 1867. Quest'ultima è stata confrontata e arricchita con i dati provenienti dai documenti conservati all'Archivio di Stato di Padova, nello specifico il rilievo dello stato di fatto prima della trasformazione (6), realizzato nel 1855, che ha permesso di dettagliare la pianta e, nella successiva modellazione 3D, gli alzati. Confrontando la fase ottocentesca con quelle novecentesche si può osservare come il sistema fortificato si presentasse unitario e come lo sviluppo urbano fosse ancora contenuto all'interno della *forma urbis* di origine cinquecentesca. (Fig. 2)

5. "RICOSTRUIRE" LE MURA

"La rappresentazione (sia essa di tipo classico o digitale) non è solo un semplice mezzo di riproduzione o di imitazione del reale; il suo enorme potenziale analitico, che passa attraverso complessi processi interpretativi, mira al raggiungimento della conoscenza creando nuovi mondi possibili: il fine della rappresentazione risiede perciò nella sua complessa potenzialità creativa" (Giordano, et al., 2011). Sfruttare questa potenzialità per "ricostruire" tridimensionalmente le diverse fase storiche come testimonianza del passato è stato il passo successivo del progetto PAMU. Utilizzando i vantaggi delle tecniche digitali di rilievo integrato, che si basano

sull'uso congiunto di diverse metodologie, dal rilievo diretto a quello laser, al rilevamento fotogrammetrico, l'iter di lavoro ha seguito le seguenti fasi consequenziali: acquisizione del dato metrico e cromatico; trattamento ed elaborazione; confronto e integrazione delle informazioni metriche e costruttive acquisite nel corso delle campagne di rilevamento con quelle dedotte dalle planimetrie e dai documenti storici; produzione degli output, ossia modelli 3D dei tre casi studio e del loro contesto nelle diverse fasi grazie a viste renderizzate. L'utilizzo congiunto di più metodi di rilevamento ha permesso: di raggiungere un alto dettaglio nella restituzione grafica anche in situazioni complesse, di ridurre i tempi delle operazioni e della restituzione 3D, rispetto alle metodiche tradizionali; di acquisire contemporaneamente nuvole di punti e foto a colori; di integrare i risultati ottenuti con sistemi di modellazione 3D CAD, migliorando la lettura e l'analisi critica dell'oggetto.

Nel primo caso studio indagato, Porta Codalunga, essendo il manufatto non più esistente, il rilevamento si è rivolto al suo intorno e, in particolare, a quelle tracce necessarie alla contestualizzazione, alla corretta geo-referenziazione e alla costruzione del suo modello virtuale: i tratti di mura ancora esistenti e lo scavo archeologico condotto nell'ambito del cantiere per la realizzazione di nuove rotatorie, che ha riportato alla luce una parte del basamento della porta e le strutture del ponte antistante che scalcava il fossato delle mura. Per Porta Pontecorvo e per il Torrione Alicorno, essendo i manufatti esistenti, anche se profondamente trasformati da varie vicissitudini, è stato possibile ricostruire e modellare lo stato attuale a partire dal loro rilievo, mentre la modellazione delle fasi storiche ha previsto l'integrazione delle misurazioni *in situ* con i rilievi esistenti messi a disposizione dal Comitato Mura di Padova o con quelli inediti reperiti negli archivi della città. Entrando nel dettaglio della strategia di rilevamento, per Porta Codalunga i dati metrici sull'area d'intervento sono stati acquisiti tramite laser scanning. Relativamente allo scavo archeologico, avendo il dato cromatico un'importanza elevata ai fini della riconoscibilità delle unità stratigrafiche, è risultato indispensabile ricorrere alla fotogrammetria digitale, integrandola opportunamente con i dati ottenuti da laser scanning.

Effettuata una analisi propedeutica del sito da rilevare e dell'ambiente circostante, si è realizzato un progetto di rilievo strutturato per permettere l'integrazione di diverse metodologie. Le scansioni sono state condotte secondo risoluzioni variabili a seconda della distanza del laser dalle superfici e del livello di dettaglio ricercato, in media pari a un punto battuto ogni sei millimetri circa a una distanza della sorgente emittente di dieci metri dall'oggetto. L'allineamento delle scansioni, la pulizia della nuvola di punti e l'esportazione di tutte le informazioni ricavabili dal rilievo dell'area sono stati gestiti tramite il software proprietario dello strumento. Il metodo fotogrammetrico, invece è stato utilizzato per documentare non soltanto lo scavo archeologico di Porta Codalunga, ma anche i prospetti di Porta Pontecorvo. Le operazioni si sono svolte mantenendo, come da prassi, la focale della camera fissa – in questo caso di 50 mm – una superficie di sovrapposizione tra prese consecutive di almeno il 60%, condizioni di illuminazione omogenee e realizzando una ripresa fotografica ad assi convergenti organizzando la campagna di rilievo durante giornate nuvolose. La fotogrammetria, a differenza del laser scanning, non restituisce in prima analisi un modello infografico in scala al vero per cui, al fine di riportare in vera grandezza la nuvola, sono state importate, per porta Codalunga, le coordinate di alcuni punti presenti anche nel modello da laser, quest'ultimo georiferito e rototraslato grazie all'appoggio topografico, per porta Pontecorvo, le misure prese in sito con disto laser.

Le prese fotografiche sono state elaborate con il software Agisoft Photoscan mediante protocolli e procedure consolidate e riconosciute dalla comunità scientifica, basati su algoritmi di *structure from motion* e di *multi-view 3D reconstruction*. Per il Torrione Alicorno, la base metrica per la modellazione è stata ottenuta dai diversi rilievi di insieme e di dettaglio forniti dal Comitato Mura di Padova confrontati e verificati con le misure acquisite durante le campagne di rilievo diretto.

Il passaggio successivo ha previsto per i tre casi studio la ricostruzione virtuale realizzata unendo al rilievo digitale la grande quantità di documenti storici d'archivio e iconografici, in un processo che si è sviluppato partendo da uno stato di fatto attuale e

andando a ritroso nel tempo. Nel dettaglio, prima di poter intraprendere la modellazione del contesto nello stato attuale, dalle nuvole di punti e dai rilievi, sono state estratte delle sezioni significative e a quote definite per l'aggiornamento della cartografia del comune di Padova usata come base, limitatamente alle tre aree che includono i casi studio. Per la modellazione, invece delle fasi anteriori, sono state utilizzate le planimetrie bidimensionali delle fasi precedenti, realizzate come descritto nel paragrafo precedente. Per la modellazione dei manufatti invece sono state realizzate ortofoto degli elevati e di viste ortogonali e esportati i profili caratteristici. I modelli 3D sono stati realizzati utilizzando il software Autocad 3D e SketchUp. È seguita la fase di rendering delle scene selezionate utilizzando il software Autodesk 3D Studio Max (Fig. 3). La modalità di rappresentazione non ha previsto l'utilizzo di texture realistiche, ma superfici monocromatiche in scala di grigi, evidenziando con un colore differente il sistema delle mura per farlo risaltare rispetto al contesto e renderne maggiormente visibile la sua collocazione e le sue trasformazioni nella città (Fig. 4).

6. STRUMENTI MULTIMEDIALI

Come ampiamente descritto nelle sezioni precedenti, questo progetto ha prodotto un'enorme quantità di dati che necessitavano di essere mediati. La progettazione di una comunicazione semplice ed efficace per la storia delle mura è stata uno degli obiettivi principali del progetto e ha richiesto l'utilizzo di diversi strumenti multimediali, sviluppati presso i laboratori del Centro di Sonologia Computazionale (CSC) (7). La precedente esperienza di MMM del Comitato Mura è stata considerata il punto di partenza per lo sviluppo delle installazioni che sono state pensate per i casi studio sopra descritti. Per far conoscere le trasformazioni che hanno interessato Porta Codalunga e Porta Pontecorvo è stata sviluppata un'app per dispositivi *mobile*, basata sulla realtà aumentata che integra in situ i modelli sopra descritti e permette di accedere alle ricostruzioni tridimensionali in diverse fasi storiche. Infine, è stata definita un'ipotesi di organizzazione e gestione del Parco che permettesse la diffusione degli elaborati

prodotti per la fruizione e la promozione delle mura, integrandola con il percorso espositivo portato a termine dal Comitato Mura negli anni antecedenti al progetto PAMU.

6.1 INSTALLAZIONI MULTIMEDIALI

Sono state realizzate delle installazioni multimediali basate su proiezioni a muro (esempio in Fig. 5) per comunicare la storia e le peculiarità dei casi di studio ancora esistenti: Porta Pontecorvo e Torrione Alicorno. A differenza dei prototipi di installazioni concepiti all'interno della proposta di MMM avanzata dal Comitato Mura, nella realizzazione del progetto sono state individuate e adoperate differenti tecnologie, abbattendo i precedenti costi derivanti dall'utilizzo di computer e software proprietari, pur mantenendo inalterato il livello di qualità. Un altro aspetto considerato nello sviluppo di queste installazioni è stato il ridotto livello di invasività richiesto. Per queste ragioni, la loro implementazione è basata su piccoli dispositivi Raspberry Pi, interfacciati con un sistema di proiettori e diffusori acustici. Questi Raspberry Pi, modello 3B+ (8), hanno un sistema operativo Raspbian, e sono gestiti attraverso una rete wi-fi. Con l'utilizzo del software open-source OMX player, è stato possibile controllare da remoto il sistema di proiezione servendosi di un semplice dispositivo mobile, connesso alla stessa rete dei Raspberry Pi.

I contenuti delle proiezioni sono stati realizzati sulla base dei dati raccolti durante l'attività di ricerca. L'intero *corpus* del materiale documentario, descritto nelle sezioni precedenti, è stato rielaborato graficamente, animato e montato in documenti audiovisivi di carattere divulgativo, sulla base degli *storytelling* realizzati studiando le strategie di comunicazione più efficaci per rendere accessibili i contenuti e le informazioni storiche. I documenti audiovisivi sono stati ottimizzati per essere proiettati direttamente sulle superfici interne degli ambienti del sistema fortificato, senza l'utilizzo di teli o schermi, così da rendere la visita del parco un'esperienza di maggiore impatto emotivo, sfruttando a pieno i suggestivi ambienti durante la narrazione storica. Per questa ragione è stato necessario processare ed editare appositamente il materiale scelto, per ovviare agli inevitabili problemi derivanti dalla proiezione

diretta su superfici irregolari. La voce narrante (9) è stata registrata con strumentazione professionale in una cabina silente presso il CSC. Le tracce audio così registrate sono state equalizzate e processate così da migliorarne l'intelligibilità anche all'interno di ambienti non trattati acusticamente come i siti scelti.

6.2 APPLICAZIONE MOBILE

Oggigiorno, dispositivi *mobile* personali, quali smartphone e tablet, e le nuove tecnologie immersive, quali realtà virtuale e aumentata, forniscono un importante supporto alla valorizzazione del patrimonio culturale, che può essere fruito da un ampio pubblico (Mortara et al., 2014). La maturità di queste tecnologie, la loro sinergia con le tecniche fotogrammetriche (Portalés, Lerma, & Navarro, 2010) e la capillare diffusione dei dispositivi mobile sono alla base della scelta progettuale che ha portato allo sviluppo di un'app per la valorizzazione di questo importante monumento cittadino. Questa tecnologia infatti ha permesso ai visitatori di scoprire Porta Codalunga (Fig. 6), oggi demolita, integrando virtualmente la porta in scala 1:1 nel contesto cittadino ancora esistente ed esplorarla attraverso le sue trasformazioni avvenute dal 1521 al 1859. Una soluzione simile è stata utilizzata per Porta Pontecorvo, tra il 1517 e il 1898, attraverso strati virtuali posizionati sopra l'edificio esistente. I modelli 3D delle diverse fasi storiche sono stati renderizzati sulla base delle misure e delle ricostruzioni descritte nella Sezione 5.

Per collocare in maniera precisa le ricostruzioni 3D nelle loro posizioni originarie, l'app utilizza i QR code, un tipo di codici a barre con struttura a matrice che possono essere letti e processati da un semplice dispositivo in grado di elaborare immagini quali, ad esempio, una comune fotocamera da smartphone. I QR code sono stati inseriti in pannelli non invasivi (Fig. 7) collocabili in punti specifici. L'utente può così scansionare il relativo QR code e visualizzare sul display del suo dispositivo mobile le ricostruzioni storiche in realtà aumentata, localizzate nel contesto urbano originario. Questa tecnologia è stata scelta per la sua stabilità e la sua maggior precisione, in confronto ad esempio alle tecnologie basate su sistemi GPS, in quanto ha permesso di posizionare con buona

precisione la ricostruzione 3D, sulla base dell'esatto punto in cui si trova l'utente. I dispositivi GPS consentono di localizzare un oggetto con una precisione di qualche metro, e non sono quindi indicati per posizionare un modello 3D in un punto preciso della realtà; inoltre, per conoscere il giusto angolo di posizionamento è necessario anche l'utilizzo della bussola integrata nel dispositivo, che molto spesso ha bisogno di una calibrazione iniziale. Per questi motivi la tecnologia GPS è stata scartata in fase di progettazione. Il sistema di riconoscimento di immagini, invece, sfrutta la conoscenza di immagini note (i QR code in questo caso), delle quali si conosce la precisa dimensione e posizione nella realtà. Con questi dati si riesce a calcolare con molta precisione la distanza del dispositivo dell'utente dall'immagine di riferimento, e di conseguenza posizionare accuratamente il modello 3D nel punto di interesse (10). Inoltre, l'app è in grado di localizzare i punti di maggior interesse all'interno di un sito storico attraverso dispositivi iBeacon (11). Ogni dispositivo, attraverso un segnale Bluetooth, indica la presenza di un punto di interesse all'app, la quale fornisce la relativa descrizione, curiosità sui personaggi storici, importanti eventi passati, la storia generale delle mura di Padova e versioni ridotte dei video presentati nelle installazioni (Figura 8). L'app è stata sviluppata per sistemi iOS sfruttando le funzionalità del framework ARKit (12), implementato da Apple. L'app è stata sviluppata in collaborazione con l'azienda Eggon srl, integrando le funzionalità in un'app preesistente sviluppata dalla stessa azienda per un altro sito delle mura di Padova (Castelnuovo, Golena San Massimo).

6.3 SITO WEB

Il sito web del Parco Multimediale delle Mura di Padova (13) è stato sviluppato in collaborazione con Pallino & Co. I *core business* dell'azienda sono la comunicazione, i social media e lo sviluppo web. Le competenze di Pallino sono risultate indispensabili per realizzare il *layout* del sito, ottimizzato per adattarsi alla navigazione su computer o su dispositivi mobili. Il sito web è stato diviso in varie sezioni relative al parco multimediale, con particolare attenzione ai siti di Porta Codalunga, Porta Pontecorvo e il Torrione Alicorno; alle informazioni inerenti al progetto di ricerca, al team

di ricercatori e ai partner che hanno contribuito alla sua realizzazione. Per ognuno dei casi studio scelti, appositamente localizzati su una vista aerea della città di Padova e delle sue mura, l'utente può accedere ad alcuni dei risultati della ricerca storica e alla versione completa dei contenuti multimediali realizzati durante il progetto di valorizzazione. In aggiunta, è possibile visualizzare le ipotesi di ricostruzione dei luoghi in diversi periodi storici attraverso alcune immagini, renderizzate da diverse prospettive. Nello sviluppo del sito web, è stata data grande attenzione all'immagine coordinata del progetto, in particolare al logo (Fig. 9) che è stato concepito e realizzato sulla base di colori ed elementi delle mura rinascimentali di Padova e alla loro forma caratteristica. In particolare, il font scelto evoca la pienezza degli elementi in pietra che costituiscono gli elementi architettonici, mentre i colori con cui è stato realizzato il logo sono stati estratti dall'analisi delle tonalità più ripetute e significative all'interno di documenti storici, disegni e dipinti, che raffigurano le mura di Padova.

7. IL PIANO GESTIONALE DEL PARCO

La proposta di un progetto di gestione delle mura rinascimentali è nata dalla necessità di fornire all'amministrazione comunale, l'ente proprietario del bene, un possibile suggerimento per la valorizzazione e la fruizione delle mura grazie a percorsi di visita. La proposta, elaborata in stretta collaborazione con l'azienda CoopCulture, leader nel settore della gestione dei beni culturali, ha messo a sistema i contenuti provenienti dal progetto FSE e il patrimonio di iniziative organizzate dal Comitato Mura di Padova, partner di rete del progetto. L'analisi dello stato dell'arte ha permesso di individuare criticità e punti di forza. L'obiettivo della proposta mirava alla valorizzazione del sistema fortificato nella sua dimensione unitaria, alla creazione di attività in luoghi delle mura oggi ancora inaccessibili e, infine, alla creazione di una rete intorno ai luoghi delle mura mettendoli in collegamento con i poli turistici della città.

Considerate le peculiarità delle mura si sono ipotizzate diverse modalità di fruizione attraverso la creazione di PAMU, permettendo sia l'ingresso libero, sia

controllato grazie alle visite guidate ai luoghi interni dove sono state immaginate alcune installazioni multimediali. Inoltre, seguendo il virtuoso esempio di gestione delle Mura di Pisa (14), si è pensato a un calendario di eventi collaterali da organizzare lungo la cinta muraria, che attirando target differenti, possa attrarre un numero sempre maggiore di visitatori alla scoperta delle Mura patavine. In questo modo si è tentato di superare la concentrazione dei flussi turistici verso i luoghi simbolo della città quali la Cappella degli Scrovegni e la Basilica di Sant'Antonio. L'organizzazione di orari di apertura e i conseguenti turni del personale sono stati immaginati attraverso prenotazioni durante i giorni della settimana per gruppi organizzati e con ingresso libero durante il *weekend*. Il piano finanziario della proposta ha previsto alcuni scenari futuri possibili che hanno evidenziato che il Parco, così gestito, potrebbe autosostenersi con un numero di circa cinquemila visitatori l'anno.

8. CONCLUSIONI

I risultati ottenuti sono il frutto di un lavoro multidisciplinare che ha coinvolto diverse competenze. I principali output del progetto sono stati: un database delle fonti testuali e iconografiche, i modelli 3D e le viste renderizzate dei casi studio nelle diverse fasi storiche analizzate, i video esplicativi della storia dei tre siti, un'app di realtà aumentata e il sito web di PAMU che raccoglie alcuni dei contenuti realizzati. Tra i prodotti del progetto può essere inclusa inoltre la metodologia di lavoro, messa a punto nel caso studio più complesso, Porta Codalunga, e poi applicata ai casi successivi, facendo tesoro delle problematiche emerse. L'obiettivo della ricerca era, ed è stato, quello di cercare un punto di incontro tra diverse competenze per la creazione di un prodotto di ricerca utile non solo agli esperti del settore, ma soprattutto a un pubblico più ampio di fruitori, per facilitare la comprensione delle mura di Padova, per farle conoscere e valorizzarle anche come attrazione turistica.

L'uso di strumenti multimediali nasce dall'intenzione di raccontare la storia di un luogo con linguaggi e strumenti contemporanei. I prodotti della ricerca vogliono offrire ai cittadini e ai turisti la possibilità di visitare e approfondire la storia di alcuni dei luoghi

delle mura, anche quelli non più esistenti tramite installazioni multimediali e applicazioni *mobile*.

Durante la presentazione finale del progetto avvenuta il 19 luglio dell'estate scorsa, sono stati presentati all'amministrazione comunale e al pubblico presente i risultati della ricerca, gli output e il piano gestionale prima descritti, proponendo così una soluzione operativa, non temporanea ma permanente, che, se accolta, potrebbe contribuire tangibilmente alla valorizzazione di questo importante patrimonio della città.

Sebbene il contributo sia il risultato di una ricerca congiunta le sezioni 1, 5 e 8 sono di Emanuela De Feo, 3, 4 e 7 di Eleonora Angela Venier, 2, 6.1 e 6.3 di Alessandro Russo, 6 di Niccolò Pretto e 6.2 di Niccolò Pretto e Matteo Breschiari.

RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro è stato finanziato dal progetto di ricerca *Parco multimediale delle Mura di Padova: valorizzazione di paesaggi e percorsi culturali in un'ottica creativa e innovativa*. Codice progetto 2122-22-2216-2016, Cod. Intervento 37701, 2122 Rag. Sociale Università Iuav di Venezia, Asse Occupabilità DGR n. 2216 del 23 dicembre 2016.

Gli autori ringraziano i professori Alessandra Ferrighi dello Iuav di Venezia, Cosimo Monteleone e Sergio Canazza dell'Università di Padova, responsabili scientifici del progetto, i partner aziendali Pallino & Co, Eggon, CoopCulture, LTS Land Technology Services s.r.l. e i partner di rete Comitato Mura di Padova e Istituto per la Storia dell'Architettura Militare (ISAM).

NOTE

[1] Per celebrare i Cinquecento anni del primo Ghetto ebraico a Venezia è stata allestita a Palazzo Ducale una mostra intitolata Venezia, gli Ebrei e l'Europa. 1516-2016 con lo scopo di raccontare le trasformazioni urbane del Ghetto avvenute nel tempo avvalendosi della potenza comunicativa offerta dalle tecnologie digitali. Cfr. (Calabi, 2016; Monteleone, Fiso, & Panarotto, 2016)

[2] Il SIArch-Univaq è un Sistema Informativo Architettonico risultato di una ricerca condotta dal gruppo di lavoro composto da membri dell'ITC-CNR e del Dipartimento di Architettura e Urbanistica dell'Università di L'Aquila

[3] Il progetto è stato proposto da Alessandra Ferrighi, docente dell'Università luav di Venezia, responsabile scientifico del progetto PAMU, coadiuvata da due docenti dell'Università di Padova, Cosimo Monteleone del Dipartimento ICEA e Sergio Canazza del Dipartimento DEI. Il finanziamento ha consentito l'attivazione di quattro assegni di ricerca della durata di dodici mesi, vinti da Matteo Breschigliaro, Emanuela De Feo, Alessandro Russo e Eleonora Angela Venier. La ricerca si è svolta dal 26 giugno 2017 al 25 giugno 2018

[4] <http://www.muradipadova.it/> (Visitato il 7 dicembre 2018)

[5] Le ricerche sono state condotte principalmente a Padova presso l'Archivio Generale del Comune, l'Archivio di Stato e la Biblioteca Civica e, infine, presso l'Archivio di Stato di Venezia.

[6] [disegni], 1845, ASPd, Atti amministrativi, Mappe Wollemborg, b.1496

[7] Laboratorio di ricerca del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova che ha tra i suoi principali campi di ricerca la conservazione e la valorizzazione dei beni culturali attraverso strumenti e metodologie informatiche (Canazza, Rodà, Novati & Avanzini, 2011; Avanzini et al., 2015; Canazza, Fantozzi, & Pretto, 2015; Fantozzi, Bressan, Pretto, & Canazza, 2017)

[8] <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/> (Visitato il 7 dicembre 2018)

[9] Voce narrante di Emanuele Trevisiol

[10] https://developer.apple.com/documentation/arkit/recognizing_images_in_an_ar_experience (Visitato il 7 dicembre 2018)

[11] <https://developer.apple.com/ibeacon/> (Visitato il 7 dicembre 2018)

[12] <https://developer.apple.com/arkit>

/ (Visitato il 7 dicembre 2018)

[13] <http://www.parcourapadova.it/> (Visitato il 7 dicembre 2018)

[14] <http://www.coopculture.it/> (Visitato il 7 dicembre 2018)