

Integrated survey techniques for archaeological frameworks and context documentation: methodological notes for a multi-scale approach

Tecniche integrate di rilievo per la comprensione di contesti archeologici e paesaggistici: note metodologiche per un approccio multi-scalare

The intent of our research is to develop an efficient methodology in order to avoid the current dichotomy between the detailed documentation and the large scale one and to offer, instead, a geographic framework of architectural and archaeological drawings. This should trigger new questions about the investigated archaeological evidence, well defined in time and space from ancient times to the present days.

Being able to measure different and contextual universes, starting from a single wall or the entire architectural structure and eventually even with large areas and landscapes, and putting them together, as a system, in space and time, can be the biggest contribution, from a multidisciplinary research staff, to understand the space we are living in.

By way of an example, we will illustrate some recent types of research activities.

L'obiettivo della ricerca consiste nello sviluppo di un metodo efficiente volto a superare la dicotomia esistente tra la documentazione di dettaglio e quella a scala più ampia, territoriale e paesaggistica, in maniera tale da innescare nuove riflessioni sugli ambiti archeologici indagati e contestualizzarli nella storia e negli spazi geografici, differenziati per periodi che arrivano fino ai giorni nostri.

Il poter misurare ed assorbire diversi universi contestuali (dal singolo muro, all'architettura, fino al sito e al suo territorio), mettendoli a sistema e facendoli interagire nello spazio e nel tempo, è forse il contributo più importante che un lavoro di squadra multidisciplinare può offrire per la comprensione dello spazio in cui viviamo.

A titolo esemplificativo, si presentano i risultati di alcune recenti attività avviate sul campo.



Mariangela Liuzzo

Associate Professor in Drawing and Head of the Laboratory of "Survey and Representation" at the Faculty of Engineering and Architecture, Kore University of Enna. Her research activities include work on survey with innovative technologies (3d laser scanning, mobile mapping, photogrammetric techniques), analysis and representation through virtual models and 3D printing, as tools for investigating the complexity of the real environment.



Emanuele Brienza

Expert of methods and techniques for archaeological investigation; Assistant Professor of Archaeological Research Methodology at University Kore of Enna and field director of the Kore Archaeological Mission in Morgantina. His activity is focused on methods, techniques and theoretical approaches for archaeological research. He was involved, as a coordinator or responsible, in many national and international projects.



Sebastiano Giuliano

Architect, PhD student in "Civil Infrastructures for the Territory" at the Faculty of Engineering and Architecture, Kore University of Enna. He is a surveyor at the Laboratory of "Survey and Representation" of the University of Enna. His research activities include work on survey with innovative techniques and 3D virtual modelling. These studies are published on books, scientific journals and congress proceedings.

Key words:

Archaeology, Landscape, Integrated Survey, 3D Modelling, GIS

Parole chiave:

Archeologia, Paesaggio, Rilievo Integrato, Modellazione 3D, GIS

1. INTRODUCTION

The study intends to analyse various methodological aspects developed during an interdisciplinary cooperation program [1], in order to create an integrated system for the interpretation of extremely fascinating and complex archaeological sites that are found in large numbers all around Sicily.

The research began by taking into consideration the large number and fragmentary nature of the recent studies on numerous archaeological sites. Most of them were carried out in two separate fields, quite often distinct and rarely interacting each other. One was the study of single monuments, on a close-range scale analysis, which produced detailed documentation of archaeological features (namely detailed drawings, photos and file-cards); the second one consisted in a research focused on larger areas, mainly on a wider geographic scale, where the documentation appears to be less accurate and not such up to date as in the other study.

The most recent experience obtained within the archaeological field demonstrates how it is important to overcome this dichotomy, by trying to set up a system that is able to connect the detailed and smaller evidence to a wider geographical framework. Furthermore, there was also the necessity to look for a logic between the interacting processes. Doing so, new reflections about the archaeological sites have been provided.

It is necessary thus to manage systematically the study of the archaeological sites coordinating all those skills pertinent to the various disciplinary fields.

In the pursuit of this objective, within the experimental area undertaken in the Sicilian territory, the study intended to develop and to optimise working protocols capable of managing, integrating, overlapping and comparing different readings of the site that were carried out with different times, purposes, scales, skills and technologies in the areas of various sciences that deal with archaeology.

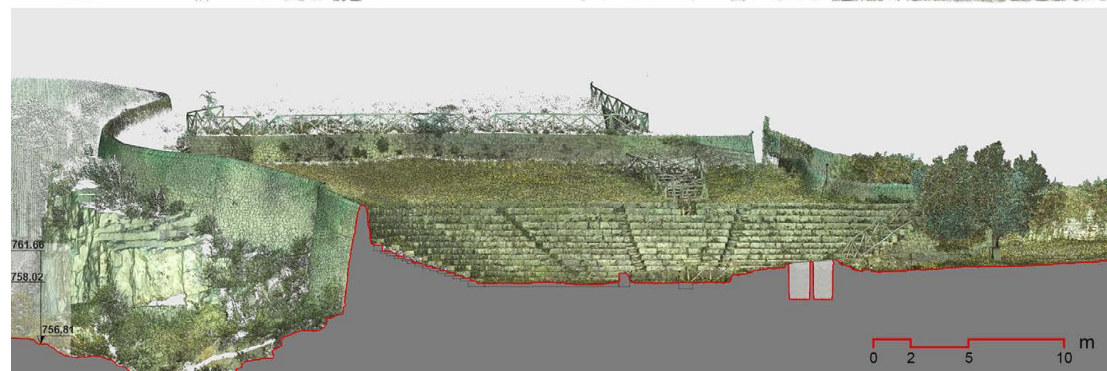


Fig. 1 - Archaeology, between nature and *topos*. The Theatre and the *Bouleuterion* of Akrai, Palazzolo Acreide (survey by M. Liuzzo, S. Giuliano, S. Savarino and A. Russo).

2. THE SCIENTIFIC SURVEY AND ITS SHARED REPRESENTATION

The methodology used during the experiment was based on the idea that only an instrument of documentation, which can be shared, is capable of scientifically linking the different readings of the archaeological site, as it is based on the specific correlation to the geographic coordinates of the place.

For this reason, the instruments currently available made it possible to efficiently use consolidated survey techniques, such as image and range based, as well as GPS positioning. All of them guaranteed, on one hand, the control of a large investigation area, while on the other, the levels of precision requested for a detailed survey.

This approach, therefore, required diachronic and synchronic analyses, that were interrelated on different scales, thanks to the certainty of always being able to position, with utmost accuracy, the detailed architectural survey within wider landscapes. They were analysed as follows: the landscapes where the morphological and perceptive dynamics held a principal role in the historical reconstruction of the territory; the urban setting to identify the planning and development of the ancient city; and finally the more detailed settings which focused on the elements of the monuments, such as size, shape and materials, used to investigate the design and building dynamics of the locations throughout history.

The information obtained *in situ* have proven to be extremely versatile and easy to integrate into both three-dimensional graphic representations, that were obtained through 3D point cloud and mesh modelling, as well as in the interpretive representations of the archaeological phenomena obtained through CAD and GIS instruments.

A controlling system of the scientific protocol was used in both cases during various phases. This included the final phase of the representation as well as during the



Fig. 2 - Readings of a stratified area. Planimetric and perspective views of a point cloud model of the *Ekklesiasterion*, of the Oratory of Phalaris and of the adjacent medieval and twentieth-century architectural structures of the upper *Agorà* of Agrigento (survey by M. Liuzzo, S. Giuliano, S. Savarino and E. Di Maggio).

different procedural steps: from the starting phase of data gathering to the following steps, where the same data gradually becomes more specialized into graphic representations.

In the technical elaboration, which is both critical and interpretive, it became necessary to improve the multidisciplinary interaction between archaeologist and surveyor in order to better understand the ancient framework.

Experience has demonstrated how sharing both research area and time helped the critical reworking of the individual contribution which never led to a role or identity loss of the individual scientific skills. On the contrary, each contribution specific to a discipline has taken a wider significance, as a fundamental part of a whole.

In this direction, the dual role of drawing appeared to be quite evident. On the one hand, the more advanced techniques of the three-dimensional representation provided a critical instrument that was capable of analysing and clarifying morphological, metric and material aspects, as well as the degradation which is all fundamental in understanding the complex phenomenon surveyed. (Figs. 1-2) On the other, the same techniques

were used to transform complex data into ones that were more manageable. This provided a 'cooperative interdisciplinary' tool, which was easy to be shared and to be able to ease the reading of specialized contributions from different fields of knowledge.

In order to document those aspects considered to be one of the most significant in the methodological approach used, various results of the experiments carried out on the Sicilian archaeological sites have been summarised as follows.

3. ARCHAEOLOGY AND LANDSCAPE: A COMPLEX THREE-DIMENSIONAL REPRESENTATION

Archaeological sites are fascinating from both environmental and historical aspect. They are often characterised by either single remnants or more widespread remains across the *topos* that are deeply linked to their surroundings. For this reason, their representation must include all the elements that are part of this relationship between artefacts and *topos*.

This is the reason why the study of archaeological sites cannot simply be limited to the representation of the architectural remains and their relative spatial environ-

ment, but must take into consideration the relationship that the object establishes with its environmental surroundings. A thorough graphical documentation must not only intend to represent the "measured" data, but also represent the relationship between landscape and surroundings, which are often left out from previous representations.

An example of this idea is the procedure used to represent the architectural evidence that emerged from the Greek theatre of Agrigento, as it was perfectly set within the topography of the *topos*, which opens up towards a landscape full of historical, cultural and environmental interest. Actually, from the *cavea*, it is possible to enjoy the views of the sea, the medieval church of San Nicola as well as the Temple of Concordia. (Fig. 3) The study began with the evaluation of various 3D laser scanning survey instruments, as the final scope was to survey and represent this complex reality. These instruments were not only able to acquire metric data but also coaxial photographic documentation. The advantage was determined by the internal and external automatic orientation within the point cloud model and the automatic orientation of the individual photograms on behalf of the elaboration software used during the survey. The negative aspect was the limits on the free use of the photographs. The *Leica Cyclone* software, for example, easily allows for the management of the photographs gathered during the survey campaign carried out with the Leica laser scanner, but does not allow exporting the spherical photos obtained to other post-production photography software. This means that the results of the photographic survey remain exclusively part of the software [2].

The automated management of the exposure and balance of each individual shot is an ulterior limitation. Actually, the results produced by *Leica Cyclone* software are not always satisfactory with regards to the uniformity of the spherical images obtained. In order to overcome these limits, the research focused on the single coaxial photos methods of exporting, in order to use the photographic data obtained externally the dedicated software. In this way, it would be possible to further exploit its informative potential.

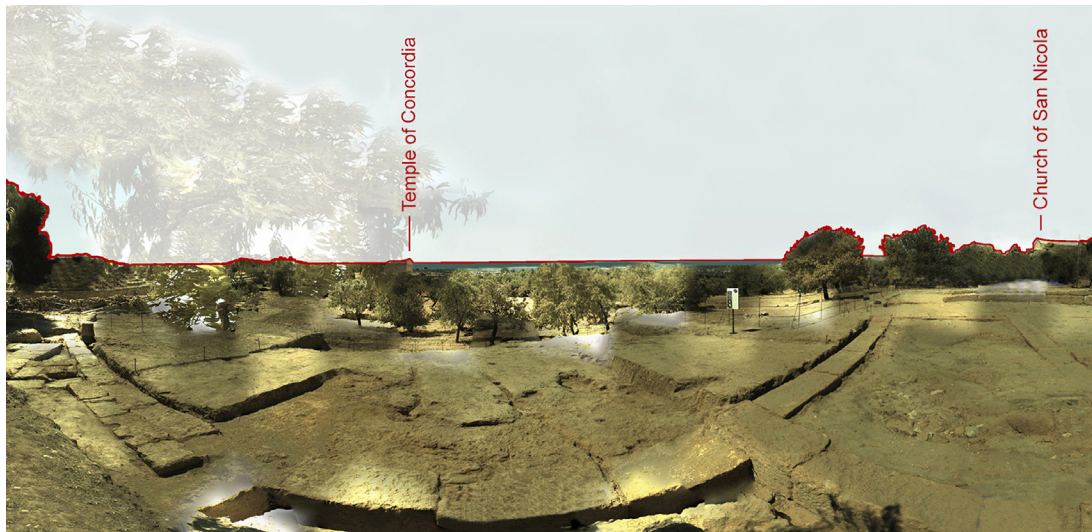


Fig. 3 - Theatre of Agrigento. The view of the historic, cultural and environmental landscape from the *cavea*.

Based on the structure of the data acquired with the laser scanner, it was possible to identify folders that contained all the *raw* images [3] taken during the survey. By using common digital conversion software, it is possible to export and optimise the coaxial photos into other commonly used formats.

It is necessary to point out though that the conversion is only intended in a unilateral way. The *raw* format contains the information set up by the software producers [4] and once it is converted, for example, into a *jpeg* format [5], it is permanently deleted from the single frame.

Common digital software was used in the editing of photographs taken in order to obtain a spherical image. It was possible to create a 360-degree, cylindrical or spherical, panoramic photograph from a group of pictures by using *PTGui* software. The spherical photograph has been taken automatically thanks to the satisfactory overlapping of the shots taken by the instrument. It was also possible to act manually in the common areas of the frames.

The software made it possible to set up automatic processes for the uniformity of the exposure and balance for each individual frame whose outcomes, most of the times, have been satisfying in the achieved results. It is quite interesting the possibility to act manually on the correction of the brightness and contrast of each frame as well as the entire photomosaic created.

According to the need of using the spherical images, various outputs have been obtained: images, that were cylindrical, spherical and equirectangular projections, have been now in the most common formats as *jpg*, *tiff*, etc.

Once the possibility of developing the photographic data beyond the limits established by the specific proprietary software has been verified, a methodical procedure, intended to represent in an *unicum* the three-dimensional data of the 'measured' theatre (with range based technology) along with the "not measured" landscape characteristics, has been proven necessary to define. This representation needed to be carried out with scientific precision.

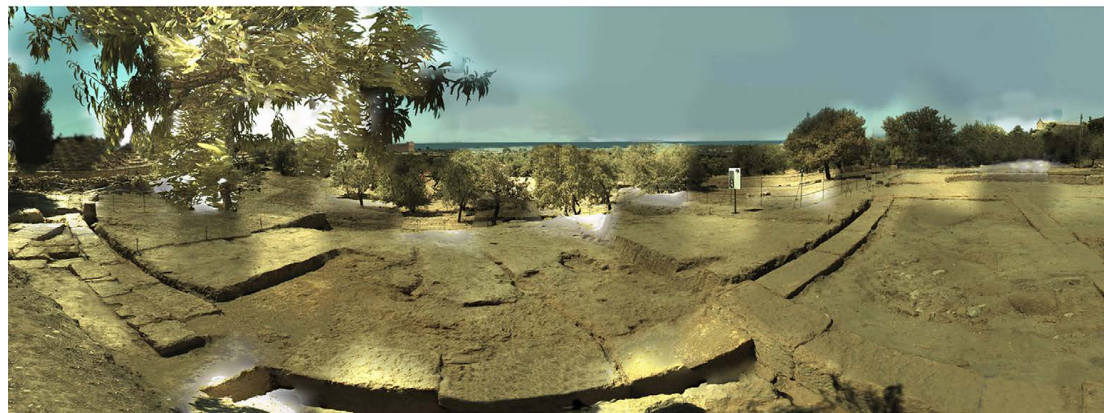
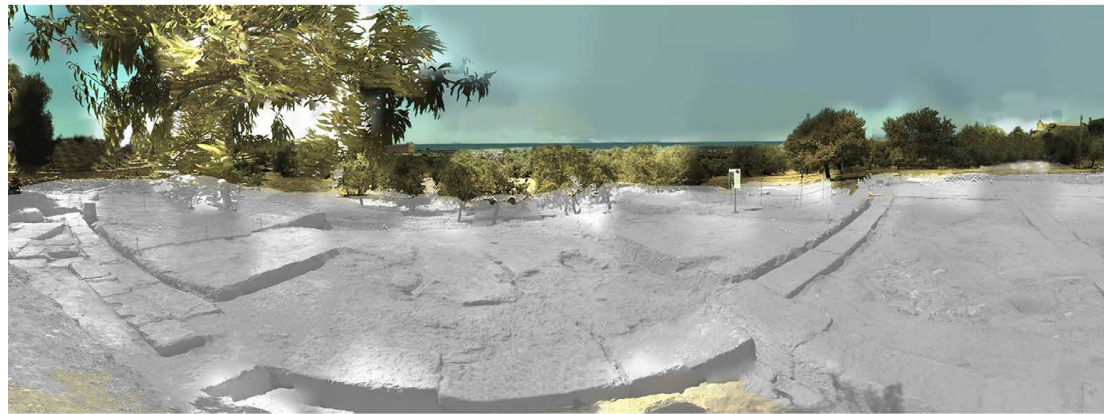
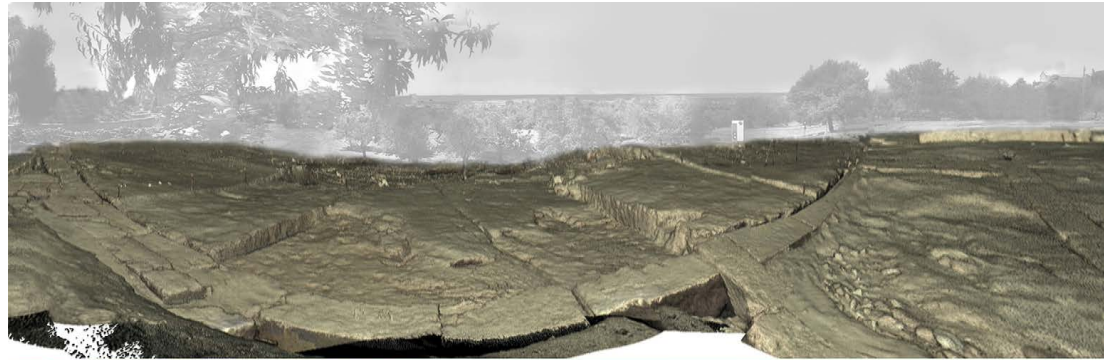


Fig. 4 - Antique theatre of Agrigento and its surrounding landscape in the integration between point cloud model and spherical photo.

The landscape characteristics included both tangible and intangible aspects that defined the physical and sensorial identity of the location. In order to create an immersive representation, the first fundamental decision was to choose the privileged position where the laser scanning and photographic documentation should have to begin.

For this reason, the station points of the laser scanner, which were intended to scan both up close elements, the measure objects, as well as the surrounding landscape, were chosen with extreme accuracy. Furthermore, the vertical acquisition angle of the instrument, as well as the 360-degree horizontal angle, was significantly important in order to obtain a complete image of the landscape.

The field activities were therefore planned in order to obtain a spherical projection image that was derived from individual shots taken from the laser scanning station, which subsequently served as the 'backdrop' to the three-dimensional model, obtained from the survey.

At the same time, suitable three-dimensional views of the cloud point model, in the *jpg* format, were developed using the *Leica Cyclone* software, which followed the same visual field.

Adobe Photoshop was used to combine the two representations and the images generated were programmed onto two different levels. In this way, the point cloud level has guaranteed a precise morphometric representation of the archaeological site while the spherical photograph level used the surrounding environment framework to guarantee a complete three-dimensional representation of the archaeology landscape relationship. (Fig.4)

4. RESEARCH METHODS FROM AN ARCHAEOLOGICAL POINT OF VIEW

4.1 A METHODOLOGICAL APPROACH

The methodological approach intends to contextualize the archaeological evidence, investigated in detail, within its own spatial and temporal dimension, into a setting that is continually growing. This goes from architectural to urban scales, including territory and landscape, for the study of historic and economic process that have brought changes, mutations and, some-

times, the end of life of the investigated archaeological sites [6].

Within this *modus operandi* the chance to give a precise position, analyse, register and survey in a detailed manner the archaeological evidence, within its shape as well as its wider context, was absolutely vital.

The digital modelling allows for the three-dimensional representation and morphometric analysis, while the simultaneous use of the GIS systems was instead finalised at integrating and rereading the modern and historical documentation. These systems were intended to comprehensively analyse the phenomenon surveyed within its territory and rebuilding scenarios at various levels enriched with information from remote sensing, geophysical and geographically themed analyses.

It is also possible to add data to the graphic information using standard file-cards essentially about the physical nature of the archaeological structures; these data define the use of building materials, their treatment and building techniques as well as other elements such as the quarry marks, traces for the setting up the blocks, columns and architectural decoration, special signs like letters, numbers or dates, to control the ongoing work in the yards. This can help us to identify the processes and resources of the ancient construction sites that can be diachronically distinct, enriching the framework and providing ulterior interpretation elements.

The end goal is to try to rebuild the formative dynamics of the different phases of the ancient sites, starting from the oldest to modern day. The stratigraphic analysis of the walls and the identification of the temporal sequence of the building projects are vital in this procedure and must be done through observation of details that are only possible on the basis of a precise and clearly legible survey [7].

The internal and itemized examination of the ancient walls that was conducted on the detailed three-dimensional survey proved to be fundamental in understanding the work dynamics throughout the centuries. The interpretation of these processes goes beyond the construction of individual buildings and instead outlines the general character of construction during a historic period. In the end, the only feasible way to be able to evaluate the economic and production flow throughout every period of history is to contextualise the sites and the times of procurement of the materials

analysed in detail on a territorial scale [8].

The results of the research, conducted on two particular archaeological sites in Sicily, are briefly reported below as an example of the methodology.

One is a recent study on the ancient city of Agrigento, with particular attention placed on the central area which gave light to a new, overall definition of the public spaces. The second is an analysis of an outlying area of the Hellenistic city of Morgantina as a proposition for the temporal and functional identification of the investigated area.

4.2 THE SURVEY OF AGRIGENTO ON AN URBAN SCALE

Some surface archaeological investigations were done through a non-systematic survey of the area in order to identify, georeference and measure some archaeological structures, which were more or less known by the previous studies, in the central area of the ancient city. The data gathered in the field with GNSS were merged into a general map of the city and then elaborated with GIS software, which permitted the previous cartography data to be contextualized. These included historical maps of the site, detailed maps of the digs, aerial photographs taken through the years, recent satellite photos, and historical maps of the city that were recently elaborated [9]. This various material was managed in distinct layers, geo-referenced onto a new cartography of the modern city that includes the new topographic system that was recently set by the Valley of the Temples Archaeological Park of Agrigento.

The activity was carried out around the centre of the city, with the purpose of having a comprehensive re-reading of the urban landscape.

This landscape begins from the area where the Hellenistic-Roman temple complex is located, with the *Bouleterion* and *Ekklesiasterion*, then continues west, towards the Hellenistic district of the city and then south to the *Gymnasium*, and finally skims the area of the *Olympieion*, where part of the road system, which was repositioned by us, runs.

The work, completed in collaboration with the Park, was carried out in distinct phases from 2014-2016 [10].

Various ancient structures were identified and documented, and in fact, shared common characteristics even though they varied in building techniques and dimensions.

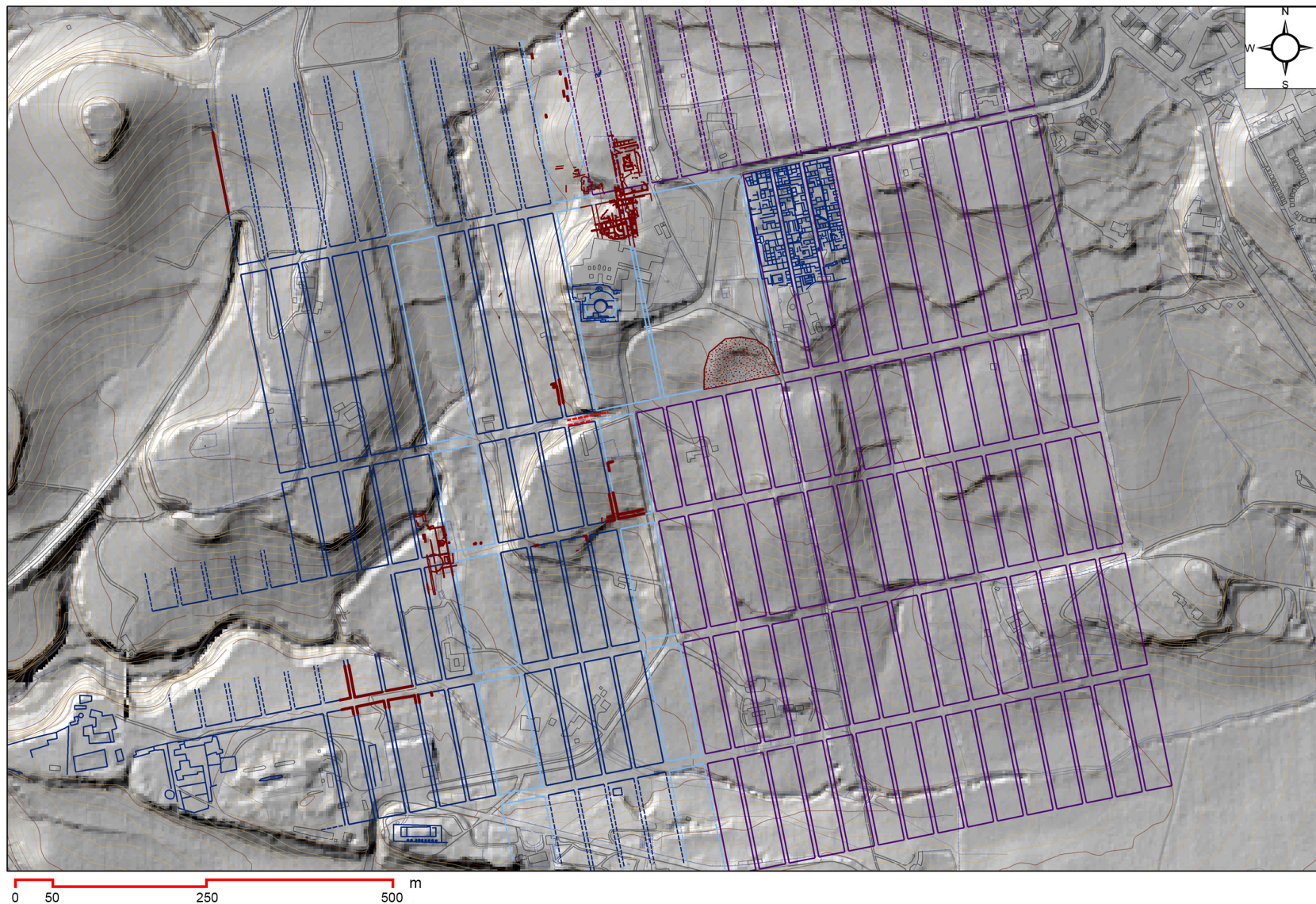


Fig. 5 - Agrigento, reconstructive hypothesis of the urban layout; see the positioning of the theatre on LIDAR imagine (graciously provided by prof. G. Pambianchi and Dr. F. Pallotta, University of Camerino).



Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, IGN, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community

Fig. 6 - Agrigento, new hypothesis of the urban layout after the theatre dig and the geophysical prospecting conducted by M. Cozzolino, A. Di Meo and V. Gentile (University of Molise).

First of all, the same type of rock was used, a local calcarenite. Furthermore, their locations are functional with regards to the ancient city's road system.

These walled structures belong either to the building facades of the buildings that line the city blocks or to the underlying terracing. Another common element is that they take advantage, or rather, they have adapted to the natural incline of the site. The terracing walls run along the natural level line. On the contrary, the walls of the facades of the blocks are jagged, in order to compensate for the street sloping and to give each house a suitable access.

The different building techniques (the facings of the walls were built using the *opus isodomum* technique with large stone blocks, or with blocks laid in alternate courses of "headers and stretchers", or in *opus africanum*) are probable evidence of different periods but they also demonstrate how, at least until the Roman age, the general urban layout of the city was normally respected and the buildings were gradually built and repaired following the roadways system.

The positioning of the structures has helped to outline a new urban scheme where the entire central area has a layout much more regular than what it was once thought. It is made up of shorter city blocks on the lower side differently from the hypothesis made in the archaeological map elaborated half a century ago by Schmiedt and Griffo [11]. Furthermore, a rectangular public area was identified on the north-western quadrant where the *Bouleterion* and the *Ekklesiasterion* are located while in the south-eastern quadrant an ancient theatre was recently rediscovered. The rediscovery of this monument, which was best known from literary tradition and searched since the 17th century, was possible on the base of our new hypothesis of the ancient urban scheme: it was also thanks the acquisition inside our GIS of a LIDAR image, graciously lent by the University of Camerino, where the underground shape of the theatre is easily read. (Fig. 5) The archaeological excavations that followed definitively certified the existence of this monument, while further geognostic analyses completed by the University of Molise, not only outlined its complete shape, but also demonstrated how the theatre, together with the city blocks and surrounding buildings, was designed and organised in a coherent and axial manner [12]. (Fig. 6)

4.3 RESEARCH OF MORGANTINA ON AN ARCHITECTURAL SCALE

The Kore University of Enna started up an archaeological mission on the site of the ancient city of Morgantina, in an area that, even if peripheral, is potentially rich of information related to the history of the city [13].

This area is located immediately north of the House of *Eupòleμος*. This is where the famous treasure of precious silver and gold vessels comes from, illegitimately smuggled and bought by the Metropolitan Museum of New York, but finally returned to Sicily [14].

The Kore University cleared the granted area and carried out a systematic survey to rediscover and study the *in situ* archaeological evidences, which have been catalogued as Topographic Units, and to gather the

archaeological material that has been scattered within the predefined quadrants [15]. (Figs. 7-8) At the same time, a general survey of the investigated area was completed with a laser scanner and GNSS that included a more detailed shooting of the ancient walls. Further traditional surveys or other obtained through image-based-modelling, with the support of a total station, were added.

A technical database of the ancient structures has been created. Therefore, each detectable evidence, homogeneous in volume and technical characteristics, has been identified as Structural Context and it has been analysed in depth.

Some of the structures located in the more outlying area of the site have demonstrated common peculiarities that, when compared to nearby archaeological evidence

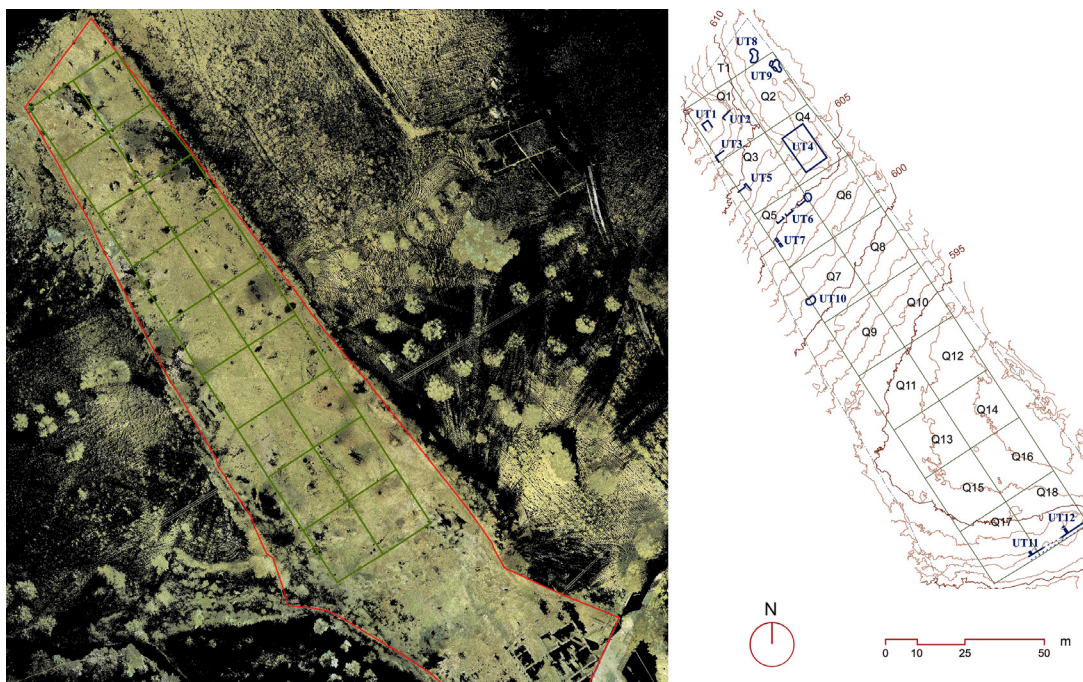


Fig. 7 - Morgantina, area investigated by Kore University (survey by M. Liuzzo, E. Di Maggio, S. Giuliano and S. Savarino; graphic elaboration by E. Brienza).

that can provide elements to clarify certain events in the city. Actually, for their physical characteristics and building techniques, the walls are very similar to those of the neighbouring House of *Eupòlemos*, just like the other contemporary houses in Morgantina [16]. The walls are 50 cm wide and built with a double facade, made up of irregularly shaped elements and small pieces of local limestone, as well as of standard sized parallelepiped blocks used as headers (30 cm in length, 45cm in height, 50 cm in depth). The *nucleus* is instead built using shapeless *coementa* and mortar made with a mixture of clay and lime [17].

These similarities in the building techniques, materials, and measurements, all suggest a chronological association to this house whose birth dates back to the IV century B.C. These are different from our structures that are built into virgin rock, custom cut and with no foundation. Furthermore those buildings and their rooms are smaller, with open spaces on the front surrounded by wooden elements (as it is possible to read from the traces on the rocks) and equipped with basins that were also dug out of the rocky bank. Therefore, a fundamental difference exists from a typological point of view. The structures that we have documented as houses, indeed, could be potentially referred to as production facilities.

This hypothetical scene seems to be confirmed by the materials collected from the surfaces. From an initial analysis, the potteries belong almost completely to a chronological range that goes from the IV century to the end of the III century B.C, while the lack of fine or decorated classes and the presence of transport or conservation vessels supports the hypothesis that these was a working and production area: this thesis is even more supported by the discovery of some metal scoria. By combining the nearby and better-known House of *Eupòlemos*, we could perhaps think that the production area that we investigated underwent the same fate. It was alive back in the IV century B.C. and for all of the III century B.C. and it was destroyed and then abandoned when the Romans conquered the city during the Second Punic War. We also know that initially, the ceramic workshops were located in the outlying areas of the city, while after the Roman conquest they were moved to the centre. This might have also been a consequence of a contraction of the urban area [18]. The presence of a metal workshop in the outskirts of the city during the IV-III century B.C. is therefore in line with the numerous findings of the same materials (for everyday use, as well as for jewellery and money) rediscovered in the city and attributable to the same chronological timeframe.

5. CONCLUSIONS

The present paper shows some results of a few broader scientific studies. Those could not have been possible without the kind hospitality and the well-trained partnership of the local management for the protection of the investigated archaeological sites. The numerous researchers' scientific support that worked in the fields of study where the investigations have been carried out is worth to mention [19]. The common objective is to try to give a contribution in terms of understanding and knowledge of a vast and varied archaeological patrimony that could be decisive for its management, protection, and enhancement.

The possibility to measure and assimilate different contextual universes, putting them into a system where they can interact in space and time, is perhaps the most important result and, at the same time, the most efficient tool that a multidisciplinary team could achieve. This work is intended to understand phenomena from the past, which still today symbolically characterise the space where we live in. An understanding that must be transformed into shareable scientific information which is based on spreading even the most complex information in a clear way through precise and intuitive graphic representations.

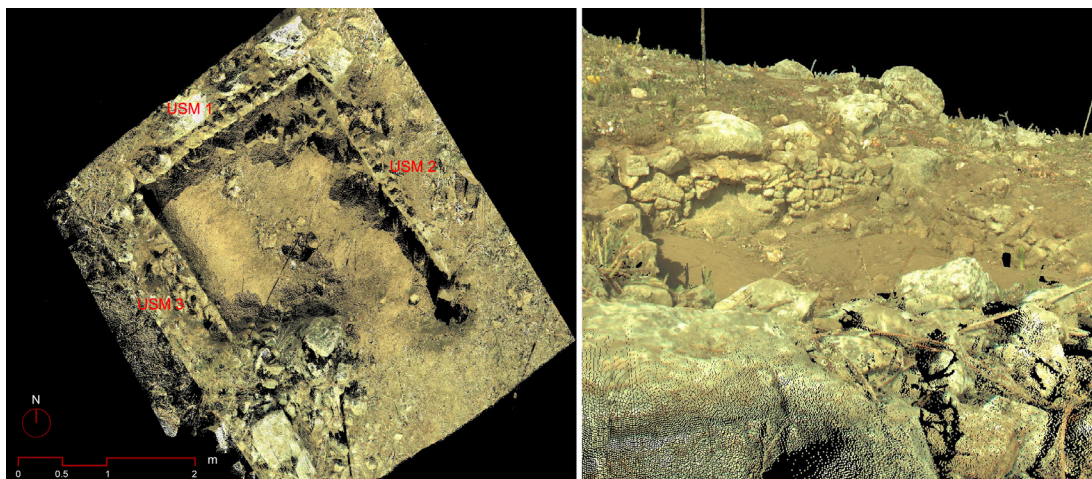


Fig. 8 - Morgantina, planimetric and perspective views of the UT 1, with indications of the Structural Context USM (survey by M. Liuzzo, E. Di Maggio, S. Giuliano, S. Savarino).

NOTES

[1] Within the research activities at the KORE University of Enna, this program has been undertaken thanks to the fruitful collaboration between professor Emanuele Brienza, responsible for the cognitive and diagnostic survey in the area of archaeology, and the research team of the Survey and Representation Laboratory led by Mariangela Liuzzo, responsible for the territorial, morphometric and architectonic investigation.

[2] See S. Bertocci, M. Bini (2012), *Manuale di rilievo architettonico e urbano*. Novara: Città Studi edizioni. p. 176.

[3] The pictures were in raw format for privacy reasons on distribution and equipment use, set by the software houses.

[4] The information regards the orientation of the frames in comparison to the reference system of the single laser scan.

[5] The proprietary format conversion among the most common raster images is done using software able to decode the acquired files and rewrite them using the most common formats such as *jpg* or *tif*.

[6] On the contextualization of the archaeological assets and landscape see Volpe 2016 and Carandini 2017.

[7] For structural stratigraphy and archaeology in architecture see: Boato 2008; Brogiolo & Cagnana 2012.

[8] Regarding the archaeological documentation about ancient construction sites see the proceedings of the conferences held in recent

years in: Camporeale *et alii* 2008; Camporeale *et alii* 2010; Camporeale *et alii* 2012; Bonetto *et alii* 2014.

[9] Belvedere & Burgio 2012.

[10] The first results of this research were published in Brienza *et alii* 2016; Brienza, Calì & Liuzzo 2016; Brienza 2017; Liuzzo, Di Maggio & Giuliano 2017.

[11] Schmiedt & Griffo 1958.

[12] On the geognostic investigation see Cozzolino, Di Meo & Gentile 2017; on the theatre of Agrigento see Calì *et alii* 2017.

[13] The KORE mission was led by prof. F. Zisa. On Morgantina see at last Maniscalco 2015.

[14] See Bell 2000; Caruso 2012.

[15] The detailed survey was led by E. Brienza, with the help of prof. D. Patti and A. Zappani (engineer): for the preliminary results see Brienza 2015 and Liuzzo 2015. For the archaeological detailed survey techniques see Cambi 2011.

[16] On civil engineering of Morgantina see Tsakirgis 1988; Sposito 1995, pp. 90-130.

[17] On materials, building techniques and various types of wall coverings present in Morgantina see Taskirgis 1988, pp. 306-322; Sposito 1995, pp.19-29.

[18] Cuomo di Caprio 1992, pp. 41-48, 97 -101 and table 54; Stone 2014, app. I, pp. 408-415.

[19] We would like to thank for our work carried out in Agrigento the President of the Archaeological Park of The Valley of the Temples, G. Parello, the archeologists, V. Camineci, M.C. Parello and M.S. Rizzo, and Prof. Luigi Calì from the University of Catania. We would like

also to thank for our work carried out in Morgantina Dr. L. Maniscalco, Prof. F. Zisa, Prof. D. Patti and A. Zappani (engineer). We would like to thank for our work carried out in Palazzolo Acreide A. Russo (architect).

BIBLIOGRAPHY

Bell, M. (2000). La provenienza ritrovata, cercando il contesto di antichità trafugate. In P. Pelagatti, & P.G. Guzzo (Eds.), *Antichità senza provenienza II*, atti del colloquio internazionale, Roma, 17-18 October 1997, Bollettino D'Arte, suppl. 101-102. (pp. 31-41). Roma, IT: Istituto e Poligrafico Zecca dello Stato.

Belvedere, O., & Burgio, A. (Eds.) (2012). *Carta Archeologica e Sistema Informativo Territoriale del Parco Archeologico e Paesaggistico della Valle dei templi di Agrigento*. Palermo, IT: Regione Sicilia - Assessorato dei Beni culturali e dell'Identità siciliana.

Bertocci, S., & Parrinello, S. (2015). *Digital survey and documentation of the archaeological and architectural sites. UNESCO world heritage list*. Hershey, PA, USA: Edifir.

Bianchini, C. & Fantini, F. (2015). Dimensioning of Ancient Buildings for Spectacles Through Stereometric and De mensuris by Heron of Alexandria. *Nexus Network Journal*, 17(1), 23-54.

Bianchini, C., Borgogni, F., Ippolito, A., & Senatore, L.J. (2014). Rilevare e rappresentare l'archeologia: verso una sistematizzazione. In P. Clini (Ed.), *Vitruvio e L'archeologia* (pp. 147-172). Venezia, IT: Marsilio.

Bini, M., & Bertocci, S. (2012). *Manuale di rilievo architettonico e urbano*. Torino, IT: Città Studi.

Boato, A. (2008). *L'archeologia in architettura. Misurazioni, stratigrafie, datazioni, restauro*. Venezia, IT: Marsilio.

Bonetto, J., Camporeale, S., & Pizzo, A. (Ed.) (2014). *Arqueología de la Construcción IV. Las canteras en el mundo antiguo: sistemas de explotación y procesos productivos. Acti del workshop*, Padova, 22-24

novembre 2012. Mérida, ES: Consejo Superior De Investigaciones Científicas.

Brienza, E. (2015). Il Survey sistematico della missione: metodologie, tecniche e primi risultati. In L. Maniscalco (Ed.), *Morgantina duemilaequindici. La ricerca archeologica a sessant'anni dall'avvio degli scavi (185-189)*. Palermo, IT: Regione Sicilia.

Brienza, E. (2017). Per una nuova pianta di Agrigento antica, In L.M. Calì, V. Camineci, M. Livadiotti, M.C. Parello, & M.S. Rizzo (Eds.), *Agrigento. Nuove ricerche sull'area pubblica centrale* (pp. 25-30). Roma, IT: Quasar.

Brienza, E., Calì, L.M., & Liuzzo, M. (2016). Towards a new definition of ancient Akragas urban Grid. Preliminary contribution for a new image of the city. *SCIRES IT*, 6(2), 49-60.

Brienza, E., Calì, L.M., Furcas, G.L., Giannella, F. & Liuzzo, M. (2016). Per una nuova definizione della griglia urbana della antica Akragas. Contributo preliminare ad una nuova immagine della città. *Archeologia Classica*, vol. 67, 57-109.

Brogiolo, G.P., & Cagnana, A. (2012). *Archeologia dell'architettura. Metodi e interpretazioni*. Firenze, IT: All'Insegna del Giglio.

Calì, L.M., Camineci, V., Livadiotti, M., Parello, M.C., Rizzo M.S. (Eds.) (2017). *Agrigento. Nuove ricerche sull'area pubblica centrale*. Roma, IT: Quasar.

Cambi, F. (2011). *Manuale di Archeologia dei paesaggi. Metodologie, fonti, contesti*. Roma, IT: Carocci Editore.

Camporeale, S., Dessales, H., & Pizzo, A. (Eds.) (2010). *Arqueología de la Construcción II. Los procesos constructivos en el mundo romano:*

Italia y provincias orientales, Workshop proceedings, Certosa di Pontignano (Siena), 13-15 november 2008. Madrid-Merida, ES; Consejo Superior De Investigaciones Científicas.

Camporeale, S., Dessales, H., & Pizzo, A. (Eds.) (2012). *Arqueología de la Construcción III. Los procesos constructivos en el mundo romano: la economía, de las obras*, Workshop proceedings, Paris, 10-11 december 2009. Madrid-Merida, ES: Consejo Superior De Investigaciones Científicas.

Camporeale, S., Dessales, H., & Pizzo, A. (Eds.) (2008). *Arqueología de la Construcción I. Los procesos constructivos en el mundo romano: Italia y provincias occidentales*, Workshop proceedings, Mérida, 25-26 October 2007. Merida, ES: Consejo Superior De Investigaciones Científicas.

Carandini, A. (2017). *La forza del contesto*. Bari, IT: Laterza.

Caruso, E. (Eds.) (2012). *Sacri agli dei: argenti della casa di Eupòlemos a Morgantina*, Proceedings of the international conference, Aidone, 3 december 2010. Palermo, IT: Regione Siciliana.

Cozzolino, M., Di Meo, E., & Gentile, V. (2017). Il ruolo della diagnosi non invasiva nella scoperta del teatro ellenistico dell'antica Akragas. In L.M. Calì, V. Camineci, M. Livadiotti, M.C. Parello, & M.S. Rizzo (Eds.), *Agrigento. Nuove ricerche sull'area pubblica centrale* (pp. 129-136). Roma, IT: Quasar.

Cuomo di Caprio, N. (1992). *Morgantina Studies III - Formaci e Officine da Vasaio Tardo-Ellenistiche*. Princeton, USA: Princeton University Press.

Curci, A., & Fiorini, A. (Eds.) (2015). *Documentare l'archeologia 4.0: Strumenti e metodi per la costru-*

zione di banche dati territoriali. *Archeologia e Calcolatori*, XXVI, 229-340.

Guidi, G., Remondino, F., Russo, M., Menna, F., Rizzi, A., & Ercoli, S. (2009). A Multi-Resolution methodology for the 3D modeling of large and complex archaeological areas. *International Journal of Architectural Computing*, 7(1), 39-55.

Liuzzo, M. (2015). Il rilievo tridimensionale della morfologia del sito. In L. Maniscalco, L. (Ed.), *Morgantina duemilaequindici. La ricerca archeologica a sessant'anni dall'avvio degli scavi* (pp. 19-194). Palermo, IT: Regione Sicilia.

Liuzzo, M., & Giuliano, S. (2016). Dal rilievo alla divulgazione: metodologie integrate per la fruizione virtuale del territorio. In F. Capano, M.I. Pascariello, M. Visone (Eds.), *Delli Aspetti de Paesi. Vecchi e nuovi Media per l'Immagine del Paesaggio, Atti del VII Convegno Internazionale di Studi CIRICE 2016*, Tomo II Rappresentazione, memoria, conservazione (pp. 327-336). Napoli, IT: Scuola di Pitagora Editrice.

Liuzzo, M., Di Maggio, E. & Giuliano, S. (2017). Il rilievo tridimensionale per la lettura della configurazione urbana di Agrigento. In L.M. Calì, V. Camineci, M. Livadiotti, M.C. Parello, & M.S. Rizzo (Eds.), *Agrigento. Nuove ricerche sull'area pubblica centrale* (pp. 137-144). Roma, IT: Quasar.

Liuzzo, M., Giuliano, S., Russo, A. (2016). Among Topos, Geometry and Harmony: the Archaeological Site of the Greek Theatre of Akrai. *UNISCAPE En-Route*, I(4), 205-212.

Maniscalco, L. (Ed.) (2015). *Morgantina duemilaequindici. La ricerca archeologica a sessant'anni dall'avvio degli scavi*. Palermo, IT: Regione Sicilia.

Schmiedt, G. & Griffo P. (1958). Agrigento antica dalle fotografie aeree e dai recenti scavi. *L'Universo*, 8, 289-308.

Sposito, A. (Ed.) (1995). *Morgantina. Architettura e città ellenistiche*. Palermo, IT: Alloro Editrice.

Stone, C.S. (2014). *Morgantina Studies VI – The Hellenistic and Roman Fine Pottery*. Princeton, USA: Princeton University Press.

Tsakirgis, B. (1988). *The domestic architecture of Morgantina in the Hellenistic and Roman periods*. (Doctoral dissertation). Princeton University, Ann Arbor, USA.

Volpe, G. (2016). *Un patrimonio italiano. Beni culturali, paesaggio e cittadini*. Novara, IT: Utet.

Tecniche integrate di rilievo per la comprensione di contesti archeologici e paesaggistici: note metodologiche per un approccio multi-scalare

1. INTRODUZIONE

Il contributo intende analizzare alcuni aspetti metodologici sviluppati nell'ambito di un programma di cooperazione multidisciplinare [1], mirato alla realizzazione di un sistema integrato di conoscenze su alcuni siti archeologici particolarmente affascinanti e complessi, di cui è ricco il territorio siciliano.

La ricerca ha avuto avvio con la presa di coscienza della numerosità, ma anche della frammentarietà, degli studi che, nel tempo, hanno aggiunto nuove tessere di conoscenza sui siti archeologici; studi che, generalmente, si muovono su due filoni di ricerca ben distinti e, spesso, non interagenti: lavori di approfondimento su singoli monumenti o siti circoscritti, condotti producendo una documentazione di dettaglio, grafica, scritta e fotografica, delle evidenze archeologiche rinvenute o analizzate, oppure contributi relativi a letture a scala territoriale, in grado di ipotizzare/segnalare relazioni spaziali o logiche insediative, non sempre basandosi, però, su una cer-

tificata documentazione di analisi metrico-geografica. Le più recenti esperienze maturate in ambito archeologico mostrano quanto sia sentita la necessità di superare tale dicotomia, provando a mettere a punto sistemi in grado di collegare l'evidenza di dettaglio al sistema più ampio territoriale e paesaggistico, alla ricerca di una logica stringente; in tal modo si è cercato di innescare nuove riflessioni sugli ambiti archeologici indagati. Tale necessità rende indispensabile affrontare in maniera sistematica lo studio del sito archeologico, coordinando un insieme di competenze afferenti a differenti ambiti disciplinari.

Perseguendo tale obiettivo, la ricerca ha inteso mettere a punto ed ottimizzare, nell'ambito delle sperimentazioni avviate sul territorio siciliano, protocolli operativi in grado di gestire, integrare, sovrapporre e confrontare differenti letture del sito, effettuate con finalità, scale, competenze, tecnologie e tempi diversi, nell'ambito delle varie scienze che attualmente si occupano di archeologia.

2. IL RILIEVO SCIENTIFICO E LA RAPPRESENTAZIONE CONDIVISA

L'approccio metodologico della sperimentazione si è basato sulla convinzione che solo l'adozione di uno strumento-documento di gestione comune è in grado di legare scientificamente le differenti letture del sito archeologico, sulla base di una corrispondenza precisa alle coordinate geografiche del luogo.

In tal senso, le odierne strumentazioni in commercio hanno consentito di utilizzare proficuamente tecniche consolidate di rilevamento, image e range based, e di posizionamento GPS, garantendo, da una parte, il controllo su ampie aree da indagare e, dall'altra, i livelli di precisione richiesti anche per un rilievo di dettaglio.

Tale approccio ha, così, previsto tipi di analisi, diacroniche e sincroniche, interrelate a scale differenti, grazie alla sicurezza di poter sempre posizionare, in maniera precisa, il rilievo architettonico di dettaglio all'interno di paesaggi più ampi. Sono stati così analizzati conte-

sti paesaggistici, dove le dinamiche morfologiche e percettive svolgono un ruolo di primo piano per la ricostruzione storica di un territorio; o urbanistici, per identificare la pianificazione e lo sviluppo delle città antiche; fino ad arrivare ad ambiti più particolareggiati, inerenti l'analisi di elementi monumentali, di dettagli dimensionali, formali e materici, per indagare dinamiche progettuali e costruttive dei luoghi nel tempo.

I dati ottenuti nell'attività da campo si sono dimostrati estremamente versatili ed integrabili sia nelle rappresentazioni grafiche prettamente tridimensionali, ottenute tramite modellazione 3d a nuvole di punti e mesh, sia nelle rappresentazioni critico-interpretative dei fenomeni archeologici, ottenute tramite strumenti CAD e GIS.

In entrambi i casi, è stata adottata una procedura di controllo del protocollo di scientificità, che si è esplicata sia nella fase conclusiva della rappresentazione, sia nei vari passaggi procedurali, dalla raccolta dei dati alle successive fasi di graduale specializzazione degli stessi in informazioni grafiche.

Proprio nell'ambito di tale attività, di elaborazione tecnica, critica ed interpretativa, è apparso fondamentale affinare la modalità di interazione multidisciplinare archeologo-rilevatore, finalizzata ad ottimizzare il processo di comprensione dei contesti antichi.

L'esperienza ha mostrato come anche la condivisione dello spazio e del tempo della ricerca abbiano favorito la rielaborazione critica degli apporti individuali, mai implicando una perdita di ruolo o di identità, delle singole competenze scientifiche messe in campo; al contrario, il ruolo di ogni specifico apporto disciplinare ha assunto un senso più ampio, quale imprescindibile parte di un tutto.

In tale direzione è apparso evidente il duplice ruolo del Disegno: da una parte, le tecniche più avanzate di rappresentazione tridimensionale hanno fornito uno strumento critico in grado di analizzare ed esplicitare, in maniera specifica, aspetti morfologici, metrici, materici e di degrado, fondamentali per la comprensione del fenomeno complesso indagato. (Figg. 1-2) Dall'altra, le stesse tecniche sono state usate per trasformare i dati complessi in altri di più semplice gestione, fornendo uno strumento di 'cooperazione interdisciplinare' ad elevato gradiente di condivisione, in grado di favorire letture specialistiche afferenti a saperi diversi.

Al fine di documentare degli aspetti ritenuti tra i più

significativi nell'approccio metodologico utilizzato, a seguire sono sintetizzati alcuni risultati della sperimentazione applicata in siti archeologici siciliani.

3. ARCHEOLOGIA E PAESAGGIO: UNA RAPPRESENTAZIONE TRIDIMENSIONALE COMPLESSA

I siti archeologici sono luoghi di grande fascino sotto il profilo storico e ambientale. Spesso sono caratterizzati da tracce sul *topos*, a volte puntuali altre volte estese, la cui rappresentazione non può essere disgiunta dalle relazioni con ciò che è 'altro' e che è 'attorno'. Il rapporto archeologia-paesaggio rappresenta, infatti, un *unicum* inscindibile nel territorio.

Per tale motivo, lo studio dei siti archeologici non può limitarsi alla rappresentazione degli elementi, del manufatto architettonico e del relativo ambito fisico-spaziale, ma deve tenere conto delle relazioni che l'oggetto rappresentato instaura con l'ambiente circostante. In tale considerazione, una documentazione grafica completa deve puntare non solo a rappresentare i dati 'misurati', ma anche il rapporto con il paesaggio, spesso trascurato nelle precedenti rappresentazioni dei siti archeologici.

A titolo esemplificativo, si richiama la procedura adottata per rappresentare le tracce emerse dell'architettura del teatro greco di Agrigento, nell'incastonarsi perfettamente all'andamento del *topos*, che si apre verso uno scenario paesaggistico di notevole interesse storico, culturale ed ambientale.

Dalla cavea è possibile, infatti, godere della vista del mare, della chiesa di medievale di San Nicola e del tempio della Concordia. (Fig. 3)

Con il fine di rilevare e, quindi, di rappresentare questa realtà complessa, la sperimentazione è partita dalla valutazione di alcuni strumenti di rilevamento *3d laser scanning* che, oltre ai dati metrici, sono in grado di acquisire una documentazione fotografica coassiale. Il vantaggio è determinato dall'automatico orientamento, interno ed esterno sul modello a nuvola di punti, dei singoli fotogrammi, da parte del *software* di elaborazione del rilievo. Lo svantaggio riscontrato dipende, invece, dai limiti di libero utilizzo dei dati fotografici. Il *software Leica Cyclone*, ad esempio, consente di gestire agevolmente i dati fotografici raccolti dalle campagne di rilevamento con *laser scanner Leica*, ma non permette di esportare le immagini sferiche elaborate

verso altri *software* di post-produzione fotografica. Il risultato del rilevamento fotografico rimane, pertanto, una prerogativa esclusiva del programma [2].

Un ulteriore limite è legato alle procedure di gestione automatica dell'esposizione e del bilanciamento dei singoli fotogrammi. Il *software Leica Cyclone*, infatti, non sempre raggiunge risultati soddisfacenti in termini di uniformità delle immagini sferiche prodotte.

Con l'obiettivo di superare questi limiti, la ricerca si è focalizzata sui metodi di esportazione delle singole foto coassiali, al fine di usare i dati fotografici esternamente al *software* dedicato, per poterne, quindi, sfruttare ulteriormente le elevate potenzialità informative. In particolare, sulla base della strutturazione dei dati acquisiti dal rilievo laser scanner, è stato possibile individuare le cartelle contenenti tutti i fotogrammi scattati in fase di rilievo, disponibili in formato *raw* [3]. La esportazione delle foto coassiali in altri formati comuni e l'ottimizzazione di queste è possibile tramite comuni *software* per la conversione di immagini digitali.

Da specificare, però, che la conversione è da intendersi in maniera unidirezionale. Il formato *raw* contiene tutta una serie di informazioni impostate dalle case produttrici [4] che, una volta effettuata la conversione, ad esempio nel formato *jpg* [5], vengono cancellate definitivamente dal singolo fotogramma.

La soluzione per il montaggio dei fotogrammi, al fine di ottenere un'immagine sferica, è stata affidata ai comuni *software* di gestione di immagini digitali. A partire da un insieme di foto, attraverso il *software PTGui*, è stato possibile creare un'immagine panoramica a 360 gradi, di tipo cilindrico o sferico. La creazione della foto sferica è avvenuta in modalità automatica, grazie ad una buona sovrapposizione dei fotogrammi scattati dallo strumento, con la possibilità di intervenire manualmente sulle parti comuni delle coppie di fotogrammi.

Nello specifico, il *software* permette di avviare processi automatici di uniformazione dell'esposizione e del bilanciamento dei singoli fotogrammi che, il più delle volte, è risultato soddisfacente nei risultati raggiunti. Particolarmente interessante, inoltre, appare la possibilità di intervenire manualmente sulla correzione della luminosità e del contrasto sia dei singoli fotogrammi che dell'intero fotomosaico generato.

In funzione delle esigenze d'uso delle immagini sferiche, tale scelta operativa ha consentito di ottenere molteplici output: immagini da proiezioni cilindriche,

sferiche ed equirettangolari, nei più comuni formati *jpg*, *tiff*, etc.

Verificata la possibilità di elaborare i dati fotografici oltre i limiti di utilizzo imposti da specifici *software* proprietari, è risultato necessario definire un iter metodologico mirato a rappresentare, in un *unicum* e con precisione scientifica, i dati tridimensionali del teatro 'misurato' (con tecnologia *range based*) e le caratteristiche paesaggistiche dell'ambiente 'non misurato', composto da aspetti materiali ed immateriali che definiscono l'identità fisica e sensoriale del luogo. Per ottenere una simile rappresentazione immersiva, la prima scelta fondamentale ha riguardato il punto di vista privilegiato, a partire dal quale effettuare la ripresa del *laser scanner* e la documentazione fotografica.

In tal senso, estrema accuratezza è stata posta nella scelta dei punti di stazione del *laser scanner*, mirate a riprendere sia elementi ravvicinati, gli oggetti da misurare, che il paesaggio circostante.

Al fine di ottenere un'immagine completa del paesaggio, inoltre, ha assunto particolare importanza l'angolo di acquisizione verticale dello strumento, oltre che quella orizzontale a 360 gradi. La maggiore apertura dell'angolo ha permesso di ottenere delle riprese 'a cupola' che descrivono l'ambiente circostante nella sua intera visuale.

L'attività di campo, così programmata ha, dunque, consentito di generare una immagine da proiezione sferica, derivata dai singoli fotogrammi della stazione di ripresa *laser scanner*, che successivamente è servita da 'sfondo' al modello tridimensionale derivato dal rilievo.

In parallelo, sul *software Leica Cyclone*, sono state sviluppate, secondo lo stesso campo visuale, opportune viste tridimensionali del modello a nuvola di punti, nel comune formato *jpg*.

L'unione delle due rappresentazioni è avvenuta mediante un comune software di gestione di immagini digitali, nel caso specifico il *software Adobe Photoshop*, impostando su due livelli differenti le immagini generate. In tal modo, mentre il livello della nuvola di punti ha garantito la precisa rappresentazione morfometrica del sito archeologico, il livello della foto sferica ha implementato il quadro conoscitivo sull'ambiente circostante, garantendo una rappresentazione tridimensionale complessiva del rapporto tra archeologia e paesaggio. (Fig. 4)

4. I METODI DI RICERCA ED I RISULTATI DAL PUNTO DI VISTA ARCHEOLOGICO

4.1 L'APPROCCIO METODOLOGICO

L'approccio metodologico è teso a contestualizzare le evidenze archeologiche analizzate nel dettaglio all'interno della loro dimensione spaziale e temporale, in un ambito sempre più ampio che va dalla scala architettonica a quella urbana, territoriale e paesaggistica, alla ricerca dei processi storici ed economici che hanno portato alla formazione, alla mutazione e, a volte, all'abbandono dei siti archeologici indagati [6].

In tale *modus operandi* risulta nevralgica la possibilità di posizionare, analizzare, registrare e rilevare in maniera precisa e dettagliata le evidenze archeologiche nelle loro forme ma anche nel loro contesto più ampio. Se la modellazione digitale consente la rappresentazione e l'analisi morfometrica tridimensionale, l'uso concomitante di sistemi GIS è, invece, finalizzato ad integrare e rileggere la documentazione, contemporanea e storica, al fine di analizzare complessivamente i fenomeni rilevati all'interno del proprio territorio e per ricostruire scenari a più livelli, arricchiti da informazioni provenienti da *remote-sensing*, analisi geofisiche e tematismi geografici.

Inoltre, è possibile aggiungere alle informazioni grafiche quelle scritte su schede standard che riguardano essenzialmente la natura fisica delle strutture archeologiche: queste informazioni definiscono l'uso di materiali edilizi distinti, il loro trattamento e la tecnica costruttiva, nonché altri elementi come marchi di cava, tracciati di cantiere per la messa in opera e segni di controllo dei lavori; tutto questo serve ad individuare i processi e le risorse dei cantieri antichi, che possono essere distinti diacronicamente, arricchendo il quadro e fornendo ulteriori elementi di interpretazione.

Il fine è quello di tentare di ricostruire, per fasi differenti, le dinamiche formative dei siti antichi, dalle età più remote fino ai giorni nostri: in questa operazione l'analisi stratigrafica delle murature e l'individuazione della sequenza temporale degli interventi edilizi risulta nevralgica e va effettuata tramite un'osservazione del dettaglio praticabile solo sulla base di un rilievo preciso e chiaramente leggibile [7].

L'analisi autoptica e particolareggiata dei muri antichi, svolta su rilievi dettagliati ed analizzabili nelle tre di-

mensioni, risulta fondamentale per comprendere le dinamiche di produzione durante i secoli: l'interpretazione di questi processi travalica la costruzione dei singoli edifici e delinea, invece, il carattere generale della edilizia in un dato momento storico; risulta, pertanto, praticabile solo contestualizzando su scala territoriale i luoghi e i tempi di approvvigionamento della materia analizzata nel dettaglio, per considerare i flussi economici e produttivi in ogni periodo [8].

A titolo di esempio metodologico sono qui brevemente esposti i risultati della ricerca svolta in due distinti siti archeologici della Sicilia: un recente studio sulla città antica di Agrigento, in particolare sull'area centrale, che ha portato ad una nuova definizione complessiva degli spazi pubblici, e l'analisi di un quartiere periferico della città ellenistica di Morgantina, con una proposta di identificazione temporale e funzionale della zona indagata.

4.2 LA RICERCA A SCALA URBANA AD AGRIGENTO

Alcune indagini archeologiche di superficie sono state svolte mediante una ricognizione non sistematica finalizzata all'individuazione, al posizionamento ed alla misura generale di strutture archeologiche, più o meno già note dagli studi precedenti, che ricadono all'interno dell'area centrale della città antica.

I dati raccolti sul campo tramite GNSS sono confluiti in una planimetria generale della città, elaborata con *software* GIS, che ha permesso di contestualizzare anche i dati cartografici progressi: piante storiche del sito, piante di dettaglio degli scavi, fotografie aeree scattate durante gli anni, fotografie satellitari recenti e piante di periodo della città recentemente elaborate [9]. Questo materiale di vario genere è gestito in *layers* distinti, georiferiti sulla nuova cartografia base della città contemporanea, ove appare anche la nuova rete topografica fatta realizzare dal Parco Archeologico della Valle dei Templi di Agrigento.

L'attività è stata svolta intorno al centro della città, con il fine di una rilettura complessiva del paesaggio urbano, partendo dall'area ove si trovano il complesso del tempio ellenistico-romano, del *Bouleterion* e dell'*Ekklesiasterion*, allargandosi quindi ad ovest verso il quartiere ellenistico e poi a sud, ove ricade il Ginnasio, fino a lambire l'area dell'*Olympieion* dove corre parte dell'impianto viario già nota ma da noi riposizionata.

Il lavoro, in collaborazione con il Parco, è stato portato avanti negli anni 2014-2016 in fasi distinte [10].

Sono stati identificati e documentati differenti gruppi di strutture antiche che, pur dimostrando differenze notevoli nelle tecniche edilizie e nella misura dei componenti, presentano caratteristiche comuni; anzitutto l'uso della stessa pietra, in calcarenite locale, ma, soprattutto, sono tutte funzionali all'impianto viario della città antica: fanno parte dei fronti edilizi degli isolati che si affacciavano sulle strade o sono riferibili ai terrazzamenti che li sostenevano. Un altro elemento in comune è il fatto che sfruttano, o si adattano, alla pendenza naturale dei luoghi; se i muri di terrazzamento sono spesso in corrispondenza dell'isoipsa naturale, quelli che delimitano le facciate degli isolati sono invece scalettati, per risolvere la pendenza delle strade e dare un congruo accesso ad ogni casa.

Le differenti tecniche edilizie (i paramenti dei muri sono realizzati in opera isodoma a grandi blocchi, o con blocchi disposti di testa e di taglio, o anche in tecnica a telaio) se testimoniano probabilmente periodi diversi dimostrano come, almeno fino all'età romana, il piano urbano generale della città sia stato generalmente rispettato e gli edifici siano stati progressivamente costruiti o riedificati rispettando gli allineamenti stradali predisposti.

Il posizionamento delle strutture ha delineato un nuovo schema urbano per cui tutta l'area centrale risulta avere un assetto più regolare di quanto si credesse ed è composta nella parte bassa da isolati più corti rispetto a come ipotizzato nella pianta ricostruttiva elaborata mezzo secolo fa da Schmiedt e Griffo [11]; inoltre nella parte centrale è stato individuato uno spazio pubblico di forma rettangolare nel cui quadrante nord-ovest ricadono il *Bouleterion* e l'*Ekklesiasterion* mentre nel quadrante sud-est è stato rinvenuto di recente il teatro antico: la riscoperta di questo monumento, noto dalla tradizione letteraria e ricercato sin dal XVII secolo, è stata possibile proprio ragionando sulla nuova ipotesi di schema urbano, anche grazie alla georeferenziazione, all'interno del nostro GIS, di un'immagine LIDAR gentilmente concessa dall'Università di Camerino dove è ben leggibile la forma sotterranea del teatro. (Fig. 5) I successivi scavi archeologici hanno certificato in maniera definitiva l'esistenza del monumento, mentre ulteriori analisi geognostiche, condotte dall'Università del Molise, non solo ne hanno delineato la forma

completa ma hanno anche dimostrato come sia il teatro con il suo isolato che i lotti edilizi prospicienti siano stati disegnati ed organizzati in maniera coerente ed assiale [12]. (Fig. 6)

4.2 LA RICERCA SU SCALA ARCHITETTONICA A MORGANTINA

L'Università Kore di Enna ha messo in campo una missione archeologica presso il sito di Morgantina in un'area che, pur periferica, è potenzialmente ricca di informazioni inerenti la storia della città [13].

La zona si trova subito a nord della cosiddetta Casa di *Eupòlemos*, da cui proviene il famoso tesoro composto da vasellame prezioso in argento ed oro trafugato illegittimamente, acquistato dal Metropolitan Museum di New York e poi parzialmente restituito alla Sicilia [14]. L'Università Kore ha realizzato una pulizia dell'area in concessione ed una ricognizione sistematica tesa a rinvenire e studiare le evidenze archeologiche *in situ*, ciascuna catalogata come Unità Topografica, e a raccogliere il materiale archeologico sparso all'interno di quadrati predefiniti [15]. (Figg. 7-8) Contestualmente è stato realizzato un rilievo generale della zona indagata tramite laser scanner e GNSS, includendo una ripresa più accurata delle murature antiche: a questi si sono aggiunti ulteriori rilievi, realizzati a mano o anche tramite *image-base-modelling* con il supporto di una stazione totale.

In seguito è stata condotta una schedatura accurata delle strutture antiche, per cui ogni singola evidenza individuabile, omogenea nel volume e nelle caratteristiche materiali, è stata identificata come Unità Stratigrafica Muraria e analizzata in profondità.

Alcune strutture site nel settore più periferico dell'area hanno mostrato peculiarità comuni che, confrontate con evidenze archeologiche vicine, possono apportare elementi chiarificatori sulle vicende della città. I muri, infatti, per caratteristiche fisiche e per tecnica di costruzione assomigliano molto a quelli della contigua Casa di *Eupòlemos*, così come di altre abitazioni coeve note a Morgantina [16]: larghi 50 cm, sono realizzati in doppia cortina, composta da elementi di forma irregolare e di piccola pezzatura in pietra calcarea locale, e da blocchi parallelepipedi di misura standard utilizzati in testata (lunghezza 30 cm, altezza 45 cm, profondità 50 cm); il nucleo invece è realizzato con *coementa* informi

e legante, formato da argilla mista a calce [17].

Questa similitudine, nella tecnica edilizia, nei materiali e nelle misure, suggerisce un'associazione cronologica alla suddetta casa il cui inizio di vita si data al IV sec. a.C. Differentemente le nostre strutture sono incassate sulla roccia vergine, tagliata all'uopo, e non hanno fondazione; inoltre, nei casi riscontrabili, delineano ambienti poco ampi con spazi aperti sulla fronte, circondati da elementi lignei (come si deduce dalle tracce sulla roccia) e provvisti di vasche, anch'esse scavate nel banco roccioso: dal punto di vista tipologico esiste quindi una differenza fondamentale, tanto che le strutture da noi documentate più che come abitazioni potrebbero essere riferibili ad impianti produttivi.

Questo quadro ipotetico sembra essere confermato dai materiali raccolti in superficie: da una prima analisi, anche se superficiale, la ceramica appartiene quasi totalmente ad un arco cronologico che va dal IV alla fine del III sec. a.C., mentre la mancanza di classi fini e da mensa ed una quasi totalità di classi e forme da trasporto o conservazione, ben si conciliano con l'ipotesi di uso produttivo dell'area; la tesi è ancor più supportata dal rinvenimento di scorie di metallo.

Associando le vicende della vicina e meglio nota Casa di *Eupòlemos* potremmo forse pensare che l'area produttiva da noi indagata abbia subito le stesse sorti: viva già dal IV sec. a.C. e per tutto il III sec. a.C., sarebbe stata distrutta ed abbandonata con la conquista della città da parte dei romani alla fine della seconda guerra punica.

Sappiamo anche che, inizialmente, le officine ceramiche della città si trovavano in zone periferiche, mentre dopo la conquista romana furono spostate nel centro, forse anche in conseguenza di una contrazione della area urbana [18]; la presenza periferica di una officina di oggetti in metallo nel IV-III sec. a.C., quindi, ben si concilia con i numerosi reperti dello stesso materiale (di uso comune, ma anche preziosi e monete) rinvenuti in città e riferibili allo stesso arco cronologico.

5 CONCLUSIONI

Il presente studio riporta alcuni esiti di una serie di esperienze scientifiche ben più ampie, che non sarebbero state possibili senza la gentile accoglienza e la qualificata collaborazione degli enti preposti alla gestione e alla tutela dei siti archeologici indagati e sen-

za il supporto scientifico dei numerosi studiosi che, a vario titolo, hanno operato nell'ambito delle indagini condotte [19]. Obiettivo comune è tentare di dare un contributo, in termini di conoscenza, su un patrimonio archeologico vasto e variegato, che possa risultare determinante per la sua gestione, tutela e valorizzazione. Il poter misurare ed assorbire diversi universi contestuali, mettendoli a sistema e facendoli interagire nello spazio e nel tempo, è, forse, il risultato più importante e, al contempo, l'arma più efficace che è possibile ottenere all'interno di un lavoro di squadra multidisciplinare, volto alla comprensione dei fenomeni del passato, che caratterizzano ancora oggi emblematicamente lo spazio in cui viviamo. Comprensione che è doveroso trasformare in divulgazione scientifica diffusa, fortemente basata sulla capacità di veicolare informazioni, anche complesse, in modo chiaro, attraverso una rappresentazione grafica precisa ed intuitiva.

DIDASCALIE

Fig. 1 - Archeologia, tra natura e *topos*. Il teatro ed il *Bouleuterion* di Akrai, Palazzolo Acreide (rilievi di M. Liuzzo, S. Giuliano, S. Savarino e A. Russo).

Fig. 2 - Letture di un ambito stratificato. Pianta e vista prospettica del modello a nuvola di punti dell'*Ekklesiasterion*, del cosiddetto Oratorio di Falaride e delle adiacenti architetture monumentali, medievali e novecentesche, dell'*Agorà* alta di Agrigento (rilievi di M. Liuzzo, S. Giuliano, S. Savarino e E. Di Maggio).

Fig. 3 - Il teatro di Agrigento. La percezione del paesaggio storico, culturale ed ambientale dalla cavea.

Fig. 4 - Il teatro antico di Agrigento ed il suo paesaggio, nella integrazione tra modello a nuvola di punti e foto sferica.

Fig. 5 - Agrigento, ipotesi ricostruttiva dello schema urbano: si veda il posizionamento del teatro su immagine LIDAR (per gentile concessione del Prof. G. Pambianchi e del Dr. F. Pallotta, Università degli Studi di Camerino).

Fig. 6 - Agrigento, nuova ipotesi ricostruttiva dello schema urbano alla luce dei dati dello scavo del teatro e delle prospezioni geofisiche condotte da M. Cozzolino, A. Di Meo e V. Gentile (Università degli Studi del Molise).

Fig. 7 - Morgantina, area indagata dall'Università Kore (rilievo di M. Liuzzo, E. Di Maggio, S. Giuliano e S. Savarino; elaborazione grafica di E. Brienza).

Fig. 8 - Morgantina, planimetria e vista prospettica dell'UT 1, con indicazione delle USM (rilievo di M. Liuzzo, E. Di Maggio, S. Giuliano e S. Savarino).

NOTE

[1] Le esperienze sono state avviate nell'ambito delle attività di ricerca dell'Università di Enna Kore, grazie alla proficua collaborazione tra il prof. Emanuele Brienza, responsabile degli aspetti di indagine conoscitiva e diagnostica in ambito archeologico, e il team di ricerca del Laboratorio di "Rilievo e Rappresentazione", coordinato da Mariangela Liuzzo, responsabile degli aspetti di indagine conoscitiva territoriale, morfometrica e architettonica. La responsabilità redazionale del presente articolo è così suddivisa: M. Liuzzo, capp. 1, 2, 5; S. Giuliano, cap. 3; E. Brienza, capp. 4, 4.1, 4.2 e 4.3.

[2] Cfr. S. Bertocci, M. Bini (2012), *Manuale di rilievo architettonico e urbano*. Novara: Città Studi edizioni. p. 176.

[3] I fotogrammi sono forniti in formato *raw* per ragioni di riservatezza sulla diffusione ed il funzionamento delle apparecchiature, imposte dalle case produttrici.

[4] Si tratta di informazioni circa l'orientamento del fotogramma rispetto al sistema di riferimento della singola scansione laser.

[5] La conversione del formato proprietario nei più comuni formati di immagini raster avviene mediante programmi in grado di decodificare i file acquisiti e riscriverli nei comuni formati *jpg* o *tif*.

[6] Su contestualizzazione dei beni archeologici e paesaggio si veda Volpe 2016 e Carandini 2017.

[7] Sulla stratigrafia muraria e l'archeologia in architettura si veda Boato 2008; Brogiolo & Cagnana 2012.

[8] Si veda in merito gli atti dei vari convegni su 'l'archeologia dei

cantieri' tenutisi questi ultimi anni in Camporeale *et alii* 2008; Camporeale *et alii* 2010; Camporeale *et alii* 2012; Bonetto *et alii* 2014.

[9] Belvedere & Burgio 2012.

[10] I primi risultati di questa ricerca sono stati pubblicati in Brienza *et alii* 2016; Brienza, Calìo & Liuzzo 2016; Brienza 2017; Liuzzo, Di Maggio & Giuliano 2017.

[11] Schmiedt & Griffo 1958.

[12] Sulle indagini geognostiche cfr. Cozzolino, Di Meo & Gentile 2017; sul teatro di Agrigento si veda Calìo *et alii* 2017.

[13] La missione della Kore fa capo alla Prof.ssa F. Zisa. Su Morgantina si veda, da ultima, Maniscalco 2015.

[14] Cfr. Bell 2000; Caruso 2012.

[15] La ricognizione è stata diretta da E. Brienza, con l'aiuto della Prof.ssa D. Patti e dell'Ing. A. Zappani: per i risultati preliminari cfr. Brienza 2015 e Liuzzo 2015. Sulle tecniche di ricognizione archeologica cfr. Cambi 2011.

[16] Sull'edilizia civile a Morgantina cfr. Tsakirgis 1988; Sposito 1995, pp. 90-130.

[17] Su materiali, tecniche di costruzione e vari tipi di paramenti murari presenti a Morgantina cfr. Tsakirgis 1988, pp. 306-322; Sposito 1995, pp. 19-29.

[18] Cuomo di Caprio 1992, pp. 41-48, 97 -101 e tav. 54; Stone 2014, app. I, pp. 408-415.

[19] Per il lavoro ad Agrigento si ringraziano: il Presidente del Parco della Valle dei Templi di Agrigento, G. Parello, le archeologhe del suddetto ente, V. Caminici, M.C. Parello e M.S. Rizzo, ed il prof. Luigi Calìo dell'Università di Catania. Per il

lavoro a Morgantina si ringraziano: la Dr.ssa L. Maniscalco, le Prof.sse F. Zisa e D. Patti e l'Ing. A. Zappani. Per il lavoro a Palazzolo Acreide si ringrazia l'arch. A. Russo.

BIBLIOGRAFIA

Bell, M. (2000). La provenienza ritrovata, cercando il contesto di antichità trafugate. In P. Pelagatti, & P.G. Guzzo (a cura di), *Antichità senza provenienza II*, atti del colloquio internazionale, Roma, 17-18 ottobre 1997, Bollettino D'Arte, suppl. 101-102, (pp. 31-41). Roma, IT: Istituto e Poligrafico Zecca dello Stato.

Belvedere, O., & Burgio, A. (a cura di) (2012). *Carta Archeologica e Sistema Informativo Territoriale del Parco Archeologico e Paesaggistico della Valle dei templi di Agrigento*. Palermo, IT: Regione Sicilia - Assessorato dei Beni culturali e dell'Identità siciliana.

Bertocci, S., & Parrinello, S. (2015). *Digital survey and documentation of the archaeological and architectural sites. UNESCO world heritage list*. Hershey, PA, USA: Edifir.

Bianchini, C. & Fantini, F. (2015). Dimensioning of Ancient Buildings for Spectacles Through Stereometrica and De mensuris by Heron of Alexandria. *Nexus Network Journal*, 17(1), 23-54.

Bianchini, C., Borgogni, F., Ippolito, A., & Senatore, L.J. (2014). Rilevare e rappresentare l'archeologia: verso una sistematizzazione. In P. Cini (a cura di), *Vitruvio e L'archeologia* (pp. 147-172). Venezia, IT: Marsilio.

Bini, M., & Bertocci, S. (2012). *Manuale di rilievo architettonico e urbano*. Torino, IT: Città Studi.

Boato, A. (2008). *L'archeologia in architettura. Misurazioni, stratigrafie, datazioni, restauro*. Venezia, IT: Marsilio.

Bonetto, J., Camporeale, S., & Pizzo, A. (a cura di) (2014). *Arqueologia de la Construcción IV. Las canteras en el mundo antiguo: sistemas de explotación y procesos productivos*.

Atti del workshop, Padova, 22-24 novembre 2012. Mérida, ES: Consejo Superior De Investigaciones Científicas.

Brienza, E. (2015). Il Survey sistematico della missione: metodologie, tecniche e primi risultati. In L. Maniscalco (a cura di), *Morgantina duemilaequindici. La ricerca archeologica a sessant'anni dall'avvio degli scavi (185-189)*. Palermo, IT: Regione Sicilia.

Brienza, E. (2017). Per una nuova pianta di Agrigento antica, In L.M. Calìo, V. Camineci, M. Livadiotti, M.C. Parello, & M.S. Rizzo (a cura di), *Agrigento. Nuove ricerche sull'area pubblica centrale* (pp. 25-30). Roma, IT: Quasar.

Brienza, E., Calìo, L.M., & Liuzzo, M. (2016). Towards a new definition of ancient Akragas urban Grid. Preliminary contribution for a new image of the city. *SCIRES IT*, 6(2), 49-60.

Brienza, E., Calìo, L.M., Furcas, G.L., Giannella, F. & Liuzzo, M. (2016). Per una nuova definizione della griglia urbana della antica Akragas. Contributo preliminare ad una nuova immagine della città. *Archeologia Classica*, vol. 67, 57-109.

Brogio, G.P., & Cagnana, A. (2012). *Archeologia dell'architettura. Metodi e interpretazioni*. Firenze, IT: All'Insegna del Giglio.

Calìo, L.M., Camineci, V., Livadiotti, M., Parello, M.C., Rizzo M.S. (a cura di) (2017). *Agrigento. Nuove ricerche sull'area pubblica centrale*. Roma, IT: Quasar.

Cambi, F. (2011). *Manuale di Archeologia dei paesaggi. Metodologie, fonti, contesti*. Roma, IT: Carocci editore.

Camporeale, S., Dessales, H., & Pizzo, A (a cura di) (2010). *Arqueología de la Construcción II. Los procesos*

constructivos en el mundo romano: Italia y provincias orientales, Atti del workshop, Certosa di Pontignano (Siena), 13-15 novembre 2008. Madrid-Merida, ES; Consejo Superior De Investigaciones Científicas.

Camporeale, S., Dessales, H., & Pizzo, A (a cura di) (2012). *Arqueología de la Construcción III. Los procesos constructivos en el mundo romano: la economía, de las obras*, Atti del workshop, Paris, 10-11 dicembre 2009. Madrid-Merida, ES: Consejo Superior De Investigaciones Científicas.

Camporeale, S., Dessales, H., & Pizzo, A. (a cura di) (2008). *Arqueología de la Construcción I. Los procesos constructivos en el mundo romano: Italia y provincias occidentales*, Atti del workshop, Mérida, 25-26 ottobre 2007. Merida, ES: Consejo Superior De Investigaciones Científicas.

Carandini, A. (2017). *La forza del contesto*. Bari, IT: Laterza.

Caruso, E. (a cura di) (2012). *Sacri agli dei: argenti della casa di Eupòlemos a Morgantina, atti della giornata internazionale di studi*, Aidone, 3 dicembre 2010. Palermo, IT: Regione Siciliana.

Cozzolino, M., Di Meo, E., & Gentile, V. (2017). Il ruolo della diagnosi non invasiva nella scoperta del teatro ellenistico dell'antica Akragas. In L.M. Calìo, V. Camineci, M. Livadiotti, M.C. Parello, & M.S. Rizzo (a cura di), *Agrigento. Nuove ricerche sull'area pubblica centrale* (pp. 129-136). Roma, IT: Quasar.

Cuomo di Caprio, N. (1992). *Morgantina Studies III - Fornaci e Officine da Vasaio Tardo-Ellenistiche*. Princeton, USA: Princeton University Press.

Curci, A., & Fiorini, A. (a cura di) (2015). Documentare l'archeologia 4.0: Strumenti e metodi per la costruzione di banche dati ter-

ritoriali. *Archeologia e Calcolatori*, XXVI, 229-340.

Guidi, G., Remondino, F., Russo, M., Menna, F., Rizzi, A., & Ercoli, S. (2009). A Multi-Resolution methodology for the 3D modeling of large and complex archaeological areas. *International Journal of Architectural Computing*, 7(1), 39-55.

Liuzzo, M. (2015). Il rilievo tridimensionale della morfologia del sito. In L. Maniscalco, L. (a cura di), *Morgantina duemilaequindici. La ricerca archeologica a sessant'anni dall'avvio degli scavi* (pp. 19-194). Palermo, IT: Regione Sicilia.

Liuzzo, M., & Giuliano, S. (2016). Dal rilievo alla divulgazione: metodologie integrate per la fruizione virtuale del territorio. In F. Capano, M.I. Pascariello, M. Visone (a cura di), *Delli Aspetti de Paesi. Vecchi e nuovi Media per l'Immagine del Paesaggio*, Atti del VII Convegno Internazionale di Studi CIRICE 2016, Tomo II Rappresentazione, memoria, conservazione (pp. 327-336). Napoli, IT: Scuola di Pitagora Editrice.

Liuzzo, M., Di Maggio, E. & Giuliano, S. (2017). Il rilievo tridimensionale per la lettura della configurazione urbana di Agrigento. In L.M. Calìo, V. Camineci, M. Livadiotti, M.C. Parello, & M.S. Rizzo (a cura di), *Agrigento. Nuove ricerche sull'area pubblica centrale* (pp. 137-144). Roma, IT: Quasar.

Liuzzo, M., Giuliano, S., Russo, A. (2016). Among Topos, Geometry and Harmony: the Archaeological Site of the Greek Theatre of Akrai. *UNISCAPE En-Route*, 1(4), 205-212.

Maniscalco, L. (a cura di) (2015). *Morgantina duemilaequindici. La ricerca archeologica a sessant'anni dall'avvio degli scavi*. Palermo, IT: Regione Sicilia.

Schmiedt, G. & Griffo P. (1958). Agri-

gento antica dalle fotografie aeree e dai recenti scavi. *L'Universo*, 8, 289-308.

Sposito, A. (a cura di) (1995). *Morgantina. Architettura e città ellenistiche*. Palermo, IT: Alloro Editrice.

Stone, C.S. (2014). *Morgantina Studies VI – The Hellenistic and Roman Fine Pottery*. Princeton, USA: Princeton University Press.

Tsakirgis, B. (1988). *The domestic architecture of Morgantina in the Hellenistic and Roman periods*. (Tesi di Dottorato). Università di Princeton, Ann Arbor, USA.

Volpe, G. (2016). *Un patrimonio italiano. Beni culturali, paesaggio e cittadini*. Novara, IT: Utet.