

High-Altitude Architecture and Landscape: a Survey for the Conservation of Military Works at the Stelvio Pass

Alessio Cardaci, Pietro Azzola, Antonella Versaci

Abstract

The Stelvio pass hosts treasures that tell the story of the Great War. Remains hidden for more than a century in the ice of peaks of more than 3.000 meters altitude and revealed today following the gradual increase in temperatures. Complex of small fortifications, trenches, artillery sites and tunnels for the shelter of troops and vehicles. They testify to the violent clashes between the mountain ranges of Ortles-Cevedale, Tonale and Adamello. An integrated system where the military architecture blends with the landscape and camouflages itself with the materials and colors of the high-altitude environment; the rock is transformed into buildings to accommodate the spaces and functions necessary for the survival of men. A story little told but useful to make known another 'viewpoint' of the conflict to spread and communicate also with the tools of the Science of Drawing. The surveyor thus has the task of rendering, thanks to the graphic representation, the measurement of the territory and the representation of the landscape. The essay presents the results of a historical-architectural and landscape study that included the virtual reconstruction of the fortification of the pass: from the acquisition carried out with UAV systems to the return through 3D modelling. A particular place that the direct investigation and the electronic eye of the sensors, which from the top of the sky can read the particularity hidden among the high peaks, have allowed to perceive and document to preserve its physical substance and memory.

Keywords: Great War, 3D survey, drawing, documentation, valorisation.

Introduction

The Stelvio Pass hosts treasures that document and tell the story of the Great War (1914-1918). They are a complex of vestiges and artefacts preserved for over a century among ice of peaks over 3,000 m high and made visible today by the progressive increase in temperatures. They also comprise small fortifications, trenches, artillery emplacements and tunnels created to shelter soldiers and vehicles. These bear witness to the violent clashes fought on the Ortles-Cevedale Mountain group, whose main ridge just begins from the pass (fig. 1). This integrated system is where extraordinary natural scenarios contrast with tragic events that took place in an extreme context. Here, military architecture blends with the landscape and camouflages itself with the materials and colours of the alpine environment;

the rock was transformed into built spaces to accommodate the functions necessary for the survival of men.

The 'White War' fought on the mountains was a conflict that took place between the snow and the stars. It distorted the traditional art of war, posing previously unthinkable tactical and logistical problems. The unexpected combat zone surprised the general staff of both belligerent countries, who showed themselves unprepared in the face of the difficulties imposed by the impervious heights. According to strategists, these territories, which would have remained no man's land, instead became the scene of a clash between explorers' patrols.

What took place in the high mountains was not a mass war, as in the plains, with the attacks of large battalions.

Fig. 1. The Stelvio Pass seen from the Braulio valley: in the center, the valle dei Vitelli, on the left Monte Scorluzzo, on the right the peaks of the Hohe Schneide and of the Geisterspitze. Jered Grube ©.



It was indeed characterised by a series of fights between small units comprised of a few soldiers, with military action transformed into an enterprise aimed at conquering the summit [Thompson 2014; Robbiati, Viazzi 2016]. Resistance at such altitudes under harsh climatic conditions was only possible thanks to structures capable of enabling war operations and guaranteeing human livelihoods. Therefore, it became necessary to build solid and warm shelters and a network of infrastructures to connect with the valley floor, which transformed the mountain into a glowing construction site. Soldier workers dug trenches and tunnels, built villages on the crests, perched on the walls or inside the rock and built mule tracks and numerous cableways for the transport of goods [Ferrario 2016].

Places that remain solitary today are still filled with memories of a tragedy in which an authentic vocation for peace sank; therefore, their knowledge and appreciation are essential. This research is one section of a project financed by the Lombardy Region called *Grande Guerra, valorizzazione delle testimonianze e recupero dei manufatti: strategia area interna Alta Valtellina* [POR-FESR Lombardia 2014/2020, Axis VI]. By examining the aspects related to documentation for knowledge, this project intends to promote interventions for the protection and safeguarding of existing sites.

Fortifications on the Stelvio Pass

The peaks around the Stelvio Pass were the crossroads of connections between the Austro-Hungarian Empire, the Kingdom of Italy, and the neutral Swiss Confederation. Their role was strategic for the Italian army, to prevent the advance of the Habsburg militias in Lombardy and in the Western regions and for the Austrians to curb the entry of Italian troops into South Tyrol. Notably, a long stretch of the border passed through the area between the Stelvio and Lake Garda, which the declaration of war of 24 May 1915 transformed into a warfront [Zaffonato 2017].

The Italian outpost at the famous crossing, which had always been manned by an armed contingent, was conquered at the beginning of June 1915 by a small group of Austrian soldiers who set up a first line of defence in a trench with only rifles and machine guns on these rocks. The attempts made by our troops to reconquer the pass were timid and tardy, allowing the enemy to consolidate



Fig. 2. The Stelvio Pass, from top to bottom: map of Lombardy, military survey (1818-1829); the map of Europe – 19th century cartography; map of the Habsburg Empire, military survey (1869-1887). mapire.eu ©.

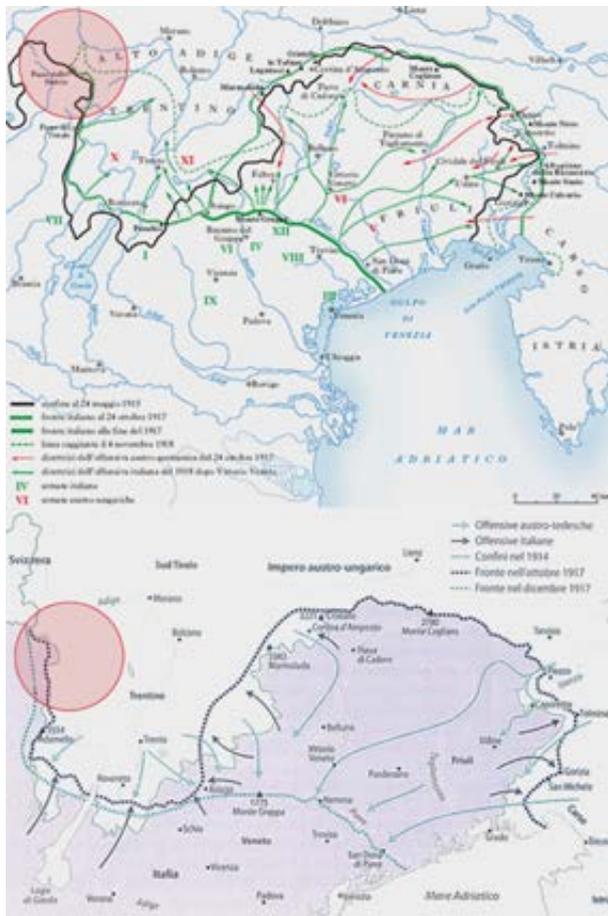


Fig. 3. The border and the war front. S.A.B.E. ©.

their positions, raise stone bulwarks and build wooden barracks. The Italian command, due to a serious and inexplicable tactical error, did not prevent the area from being occupied by the invader and ordered the withdrawal and protection of the Filon del Mot Ridge [Fettarappa Sandri 2020]. Subsequent attacks were deployed from below and in the open field towards the perched and entrenched positions on the ridges but had little success [Von Lempruch, Von Ompteda 2009]. They resulted in a line of separation that remained almost unchanged for the duration of the conflict (figs. 2-3). This withdrawal from the peaks, perhaps avoidable, prevented the Alpine battalions from becoming a threat and compromised all subsequent military actions. The pass, in fact, was the site of a few non-striking offensive actions that attempted to consolidate positions (fig. 4). The main conflicts on the Stelvio stemmed from the struggle against climate, bad weather and avalanches that caused more loss of life than the battles themselves [Viazzi 2012].

Between 1915 and 1916, Stelvio was fortified by both sides. The Austro-Hungarians strengthened the advanced line on the rocky terraces of Scorluzzo and Scorluzzino, building trenches protected by metal cages filled with pebbles and shelters dug into the rock to shelter the troops [Trotti 2011]. The small garrison of the Festungswerk Goldsee was strengthened with the imperial artillery position called *Goldseestellung* to defend the Trafoi valley and with the Lehmbuchlager field to place the long-range cannons of the Sperre Goma-goi fort in Val Venosta. It became the most important Austrian fortress on the Stelvio Pass, equipped with troop quarters, warehouses, kitchens, stables and a field hospital. Supplies were guaranteed by a system of three cableways, which, starting from Tafoi, first reached the Franzenhöhe refuge, then the Festungswerk Goldsee and finally Lehmbuchlager.

On 16 September 1917, the fortress hosted Emperor Charles I of Austria during his visit to the front. The fort stood in a large, nearly flat space near Golden Lake in a protected place sheltered from the blows of the Dos-saccio di Oga fort (above Bormio); no projectile would have crossed Swiss airspace, violating its neutrality [Bellotti 2009; Papetti 2019].

The Austro-Hungarian defensive structure was strategically composed of a large 'mountain fort', which was sheltered from enemy fire and not far from the front. It was assisted by a network of 'front line' entrenchments that were

Fig. 4. The vestiges of the White War at the Stelvio Pass. S.A.B.E. ©.





Fig. 5a. The survey of the military village of the Filon de Mot. S.A.B.E. ©

Fig. 5b. The survey of the cave refuge on Monte Scorluzzo. S.A.B.E. ©

manned day and night; this required the construction of shelters dug into the rock [Bellini, Pizzarotti, Pedemonte2020]. The Trafoi-Tal was, in fact, a wide, open valley that had to be protected with artillery at high altitude because a possible breakthrough by the Italian army would have allowed the aggression of the regions of South Tyrol. By contrast, the director of the Stelvio, connecting the Val Venosta with the Valtellina, followed “an eccentric director leaning against Switzerland of limited logical scope and easily blocked” [Corpo di Stato Maggiore 1927, p. 301]; in particular, the Valle del Braulio (towards Bormio) was a narrow and winding alley that was easily defensible because it was difficult to pass through with many vehicles and men.

The Italian defences were therefore lighter and directly at the front to primarily function as guards. An imposing stronghold was not built (leaving them much more exposed to enemy fire); it was a system of military villages connected with trenches and firing positions to provide shelter for the soldiers and control the enemy ‘a few metres away’ [Sigurtà 2017; Barco 2021]. The system was comprised of two villages: one located on the ridge of Filon del Mot and the other below in the plain of Buse. Both hosted buildings that were made of weakly reinforced cement mortars, stone walls and mighty but quite different layouts: the first followed a highly irregular layout to adapt to the mountain, while the second was set on a circular geometry.

Fig. 6. 'Bird's eye' perspective of the digital model of the Filon de Mot military village. S.A.B.E. ©.



The village of Filon de Mot and the shelter in the cave of Monte Scorluzzino

The story of the White War at the Stelvio Pass is, unfortunately, little known. Nevertheless, it offers a different perspective on the conflict, which is necessary and indeed perhaps a duty, to disseminate and communicate with the tools of the science of drawing. Thanks to the graphic representation, the surveyor can return the measure of the territory and the representation of the landscape to acquire and provide users with information of a cognitive nature, stimulating their interest and favouring experiential activity and the subjective sensation.

The survey and graphic representation of the mountain landscape are two inseparable processes that are oriented towards the understanding of the natural areas and the man-made environment. They represent an analysis of the impact of cultural and environmental phenomena on a given territory that is aimed at understanding diachronic transformations [Rossi 2004]. It is a complete, complex investigation that combines historical research with the latest multidimensional acquisition and restitution tools and information from documentary, cartographic, iconographic sources with the survey tools for modelling, rendering and virtual landscaping. A logical project that is programmatic and systematic, and organised in flexible stages to allow a critical selection of choices. It is not a *stricto sensu* mathematical–scientific approach, but rather an emotional approach that can restore the essence of a place [Marotta, De Bernardi, Bailo 2008].

The best 'observers' are not always those who evaluate the metric aspects with great accuracy; they are those who recognise the distinctive signs of a territory through the reading of reality and the past, thanks to the testimony of ancient prints, draftsmen's sketches and old photographs. The ability to see is expressed by grasping the elements that characterise the *genius loci*, for which profound sensitivity and perceptive ability are required. The representation of reality is filtered by the personality of the executor and moves through the difficult relationship between architecture and the environment. The restitutions are not only metric images but also virtual representations that respond to the need for the metric survey and the possibility of communicating a space by making its peculiarities, including the aesthetic ones, eloquent.

The virtual reconstruction of both the pass area, which is simultaneously enchanting and inhospitable, and of two

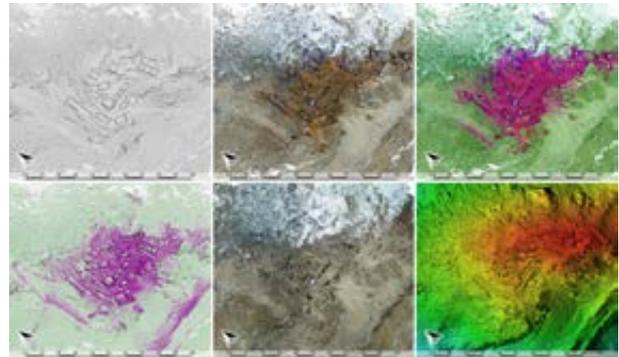
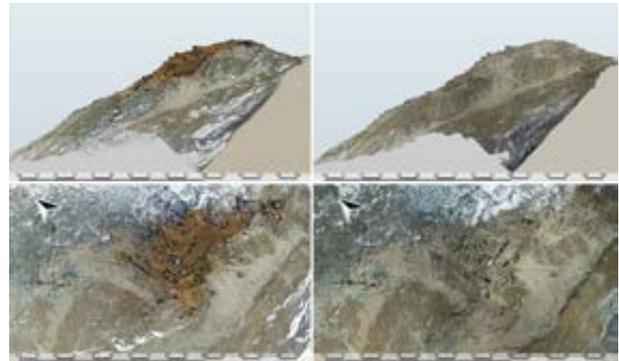


Fig. 7. Representation in double projection of Monge of the Filon de Mot military village: plan and elevation of integrated models. S.A.B.E. ©.

Fig. 8. The digital models of the Filon de Mot military village: on the left, Point Overview LS-Map & F-Map; in the center, Mesh Texture LS-Map & F-Map; on the right, Point Texture LS&F-Map e DEM. S.A.B.E. ©.

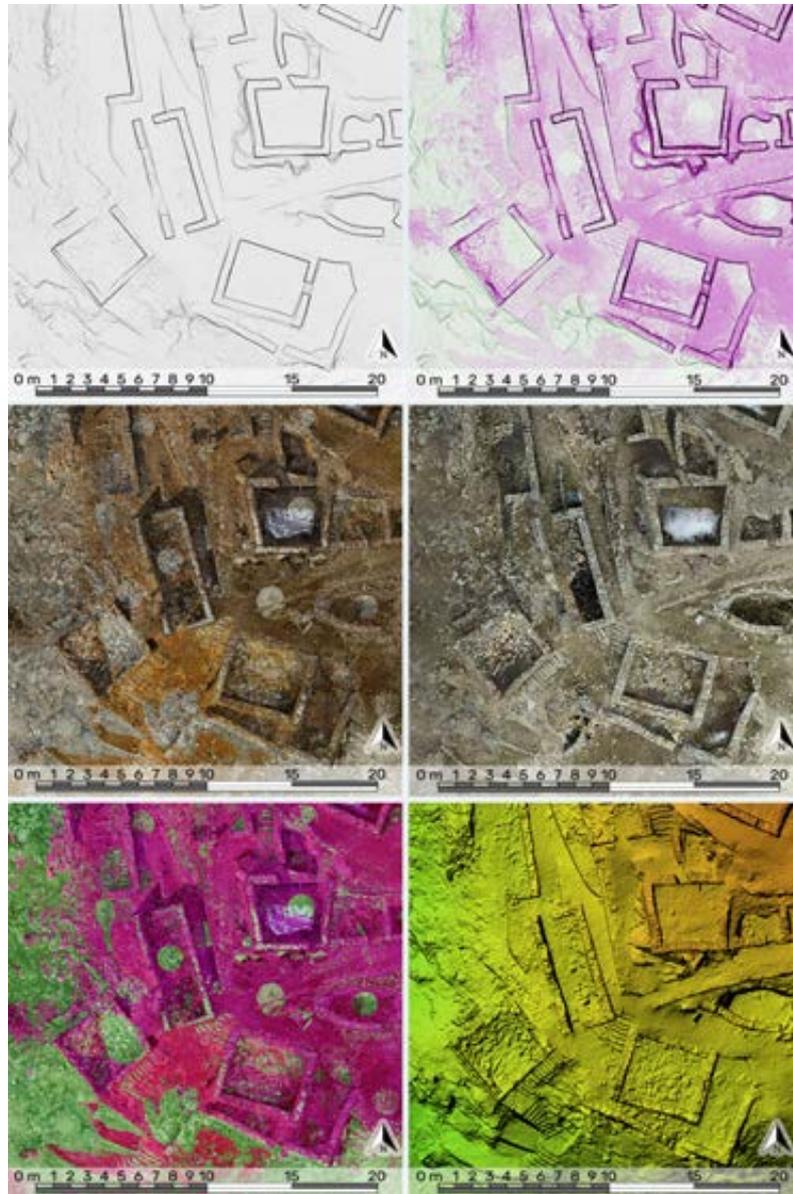


Fig.9. The digital models of the Filon de Mot military village: details of the different representations at 1:50 scale, thickness accuracy ± 1.5 cm and GSD 0.5 mm. S.A.B.E. ©.



Fig. 10. The cave shelter of the Scorluzzino: detail of the entrance, the trenches and the interior, freed from the ice, with the dormitories and the finds. Stelviopark ©.

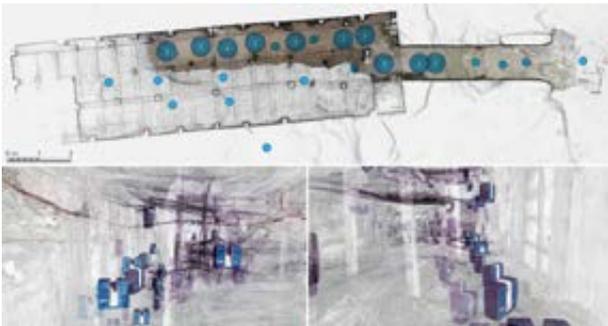


Fig. 11. The cave shelter of the Scorluzzino: plan and elevation. S.A.B.E. ©.

Fig. 12. The cave shelter of the Scorluzzino: plan and interior views of the model. S.A.B.E. ©.

significant episodes of architecture adapted to nature (the Italian village on the crest of the mountain and the Austro-Hungarian refuge dug in its belly) was based on an acquisition process conducted with remotely-piloted aircraft systems followed by 3D modelling. It aimed to reveal the morphology and functional and constructive characteristics of a space that were at the core of border surveillance activity, which remained unchanged during the entire conflict. Rocks, which became 'home' to hundreds of extremely young soldiers, are now considered 'special' for the meanings they embody. They have been documented by both the direct investigation and the electronic eyes of the sensors, which from the top of the mountain sky can read the peculiarities hidden by the high peaks.

The military village of Filon del Mot is an architectural work of great value that faces on three sides and is articulated on several levels linked by stone staircases. It is an extensive set of buildings with various functions, such as dormitories, an armoury, an infirmary, a canteen and a kitchen with an oven and a water tank. The buildings were made of dry masonry, internally covered with wood and with a cavity filled with straw and sawdust to ensure better thermal insulation. Even wooden roofs were coated with tarred cardboard or galvanised steel.

The village was protected on the eastern side by a large wall with loopholes for riflemen. From there, it branched off a dense network of trench walkways to reach the artillery emplacements, the cableway with the village of Buse downstream and the circular lookout fort. Construction of the village on the crest in such an elevated position (which was also uncomfortable, given that the space to move around was very limited), rather than on the plain below, was linked to offensive and defensive factors. From above, it was easier to monitor the movements of the enemy and to pummel a large portion of the territory more easily with artillery because these structures, positioned at a lower altitude, would have been more exposed to enemy fire directed from above.

Scorluzzino's underground shelter is part of the system of defensive fortifications erected by the Austro-Hungarian army. The cave was excavated at right angles to the eastern slope of the mountain and is positioned on the back of a short trench that allows access to a small observatory with loopholes on the roof. Nearby, the trench segments branch off towards the fortified peak of Monte Scorluzzo. The shelter is accessible by a short corridor protected by two reinforced concrete walls with metal beams that

support the tile. The compartment then widens and has a wall on one side covered with sheet metal. The stove and numerous nails used to hang clothes, weapons and equipment were leaned against it, while, on the other wall by the dormitory hung a large wooden shelf. At the back of the cavity, a wooden plank panel isolates a small room used as the commander's quarters, which is equipped with a single cot and a table with a stool. The inside of the military infrastructure was completely lined with wooden arches and had to house a garrison of about twenty men to garnish the neighbouring positions.

Survey of the landscape and the built heritage at 'high altitude'

The survey of sites placed at 'high altitude' requires particular precautions due to the difficult accessibility, the danger involved (for example steep and landslide slopes that can be reached 'on foot' but are often unsafe due to snow and/or permafrost) and the environment, including low temperatures, excessive wind and strong lighting. The planning of the *in situ* acquisition phases is therefore a crucial aspect that must consider both logistical issues and various aspects related to safety risks. For example, equipment transport is difficult and sometimes only possible with helicopters.

The surveys at the Giogo dello Stelvio were carried out between the end of summer and the beginning of autumn 2022 (that is in the final phase of thawing and before winter snowfalls (fig. 5). A rather short period of surveying, which was due to an anticipated disturbance and the consequent snow cover on the peaks, made it impossible to carry out the activities at all the planned sites (the operations were postponed to the following summer).

Integrated survey techniques and instruments were employed –Global Navigation Satellite System (GNSS), 3D laser scanning and terrestrial and aerial digital photogrammetry–, with particular attention to instrument care. Temperatures below zero may degrade instrument and battery electronics and adversely affect targets and sensors. To avoid problems, heat-insulated enclosures were foreseen, and the equipment was used at regular intervals to avoid thermal stress. The photographs also required careful planning to limit the consequences of the great contrasts and large shaded areas typical of the mountain area, as well as the use of neutral density (ND), a polarizing filter (PF)

and sky light to increase image sharpness and reduce glare and reflections induced by clear skies and white snow [Re 2016; Bregani 2017]. To adequately carry out the 3D laser scans, the frozen surfaces were 'dirtied' with earth and ash (otherwise, reflective 'mirrors' would have altered the metric accuracy of the data), and special bases were made to place the instrument on the ground and to acquire nooks and crannies.

The conversion of the GNSS geographic coordinates into a Cartesian topographic system, which is indispensable for georeferencing all the models in a single reference, required a complex treatment following the large differences between the WGS84 ellipsoid and the local datum. The decision to carry out multiple elaborations by integrating data with different characteristics allowed the graphic rendering of several images enriched by a considerable amount of important information [Achille et al. 2015; Luhmann 2019; Fiorillo, Limongiello, Bolognesi 2021; Pesci et al. 2022]. Specifically, the reconstruction of two large point models was completed using data obtained from both active (range-based) and passive (image-based) sensors. The processing made it possible to obtain the dot representations Overview Map and Texture Map from the former, while the same dot representations plus textured mesh returns and the Digital Elevation Model (DEM) were gotten from the latter. In total, six models, when combined and treated with one another, provided new and singular images capable of highlighting characteristics and particularities that cannot be deduced with traditional data-processing methodologies. The special treatment so called 'tomographic' allows the production of representations in Mongian double projection, which, as a 3D model, highlights the surfaces orthogonal to the painting and hides the parallel ones. An orthogonal projection of the model was placed onto a photographic plate covered by a thin film that darkens according to the states intercepted by the projecting ray: the greater the number of aligned dots, the more intense the grey will be, which, along with it, only intercepts a few white dots. A rendering style, which, if superimposed on a textured image of a planimetry or a section elevation, allows highlighting the deformations of the walls and the out-of-plane elevations, is essential for the design of conservation and consolidation activities (figs. 6-12). As a function of the possible recovery of the structures, a series of 2D graphic drawings were obtained from the integrated model on which the localisation and description of decay and instability phenomena were performed.

Conclusions

The first studies on the Alpine War were based on an analysis of places with photographic images and sketches from life. They were founded on the personal memories of the Italian and Austro-Hungarian officers: fictionalised sources with heroic tones and nationalist accents that were often characterised by a deference to the beauty of the landscape combined with the narration of the drama of a conflict fought in extreme conditions.

Research on the White War received a new impetus following the celebrations of the centenary of the First World War (2014-2018). A series of new infrastructural interventions has therefore been launched for the recovery of these places of memory [Trotti, Milani 2021]. A fertile field of interdisciplinary dialogue has made it possible to abandon the excessive attention to the story of the man with his bare hands against nature to concentrate on a systematic and impartial archival study. This was ac-

complished through a collaboration between the archaeological investigation and scientific-technological analyses, which aimed at understanding the profound anthropic action that sought to make inaccessible places habitable for humans to live on [Morosini 2022].

Today, the *Giogo dello Stelvio* is not only the ancient theatre of war, but also a representation of the Anthropocene and climate change, which is increasingly extreme, frequent and devastating. The retreat of the glaciers has, in fact, brought out a precious historical archive and exposed the artefacts and relics of the great conflict. This may make a long-hidden heritage accessible, allowing its documentation and possibly its recovery. Conversely, it may become a dangerous and worrying effigy of the transformation, which is perhaps irreversible, of our mountains, of the destabilisation of the slopes and of the risks associated with phenomena of change in the Alpine landscape. It is a complex environmental challenge that calls into question all subjects at the local and global levels.

Authors

Alessio Cardaci, Department of Engineering and Applied Sciences, Università degli Studi di Bergamo, alessio.cardaci@unibg.it
Pietro Azzola, Department of Engineering and Applied Sciences, Università degli Studi di Bergamo, pietero.azzola@unibg.it
Antonella Versaci, Faculty of Engineering and Architecture, Università degli Studi di Enna "Kore", antonella.versaci@unikore.it

Reference List

Achille, C. et al. (2015). UAV-Based Photogrammetry and Integrated Technologies for Architectural Applications-Methodological Strategies for the After-Quake Survey of Vertical Structures in Mantua (Italy). In *Sensors*, 15(7), pp. 15520-15539.

Barco, L. (2021). *Le posizioni altissime nel gruppo dell'Ortler 1915-1917: cenni sulle occupazioni e sulle sistemazioni di alta montagna*. Brescia. Temù: Museo della Guerra Bianca in Adamello.

Bellini, S., Pizzarotti, E. M., Pedemonte, S. (2020). Le gallerie militari italiane nella Prima Guerra Mondiale. <http://www.societaitalianagallerie.it/public/files/Articolo%20Bellini%2C%20Pizzarotti%20e%20Pedemonte_italiano.pdf> (accessed February 3, 2023).

Belotti, W. (2009). *I sistemi difensivi e le grandi opere fortificate in Lombardia tra l'Età Moderna e la Grande Guerra: le batterie corazzate*, vol. 1. Temù: Museo della Guerra Bianca.

Bregani, A. (2017). *La montagna in chiaroscuro: saggio sul fotografare tra cime e sentieri*. Portogruaro: Ediciclo.

Corpo di Stato Maggiore dell'Esercito Italiano (1927). *L'esercito italiano nella grande guerra (1915-1918)*. Roma: Proweditorato generale dello Stato.

Ferrario, P. (2016). La Grande Guerra delle teleferiche. In *Avenire.it*, 12 luglio 2016. <<https://www.avenire.it/agora/pagine/teleferiche>> (accessed April 28, 2023).

Fettarappa Sandri, C. (2012). *La Guerra sotto le Stelle: episodi di Guerra Alpina (Stelvio, Ortles, Cevedale, San Matteo)*. Milano: Mursia.

Fiorillo, F., Limongiello, M., Bolognesi, C. (2021). Integrazione dei dati acquisiti con sistemi image-based e range-based per una rappresentazione 3D efficiente. In M. Arena, et al. (a cura di). *Connettere. Un disegno per annodare e tessere. Linguaggi Distanze Tecnologie. Atti del 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Connecting. Drawing for weaving relationship. Languages Distances Technologies. Proceedings of the 42th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Reggio Calabria e Messina, 17-19 settembre 2020, pp. 2319-2336. Milano: FrancoAngeli.

Luhmann, T. et al. (2019). Combination of Terrestrial Laserscanning, Uav and Close-Range Photogrammetry for 3D Reconstruction of Complex Churches in Georgia. In *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing*, n. XLII-2/W11, pp. 753-761.

Marotta, A., De Bernardi, M. L., Bailo, M. (2008). La conoscenza di architettura, città e paesaggio: il "Progetto Logico di Rilievo" in una sperimentazione metodologica. In *DISEGNARECON*, 1(2), pp. 1-13.

Morosini, S. (2022). Following in the footsteps of history': sixteen multimedia itineraries through the First World War Sites in the Stelvio National Park and Adamello Park (Italy). In D. Svensson, K. Saltzman, S. Sörlin (eds.). *Pathways: exploring the routes of a movement heritage*, pp. 114-128. Winwick: White Horse Press.

Papetti, S. (2019). Le ragioni di un forte: il Dossaccio di Oga. <<https://www.fortedioga.it/archivio/>> (accessed January 11, 2023).

Pesci, A. et al. (2022). Studio di possibili effetti sistematici nelle nuvole di punti SfM da APR: confronti con TLS, distorsioni e metodi di mitigazione. In *Quaderni di Geofisica dell'INGV*, 177(126), pp. 7-21.

Re, C. (2016). *Fotografare in montagna: tecniche, consigli, segreti*. Torino: Edizioni del Capricorno.

Robbiati, P., Viazzi, L. (2016). *Guerra bianca: Ortles, Cevedale, Adamello (1915-1916)*. Milano: Mursia.

Rossi, M. (2004). Dal rilievo del territorio al disegno del paesaggio. In M. A. Pignataro (a cura di). *La rappresentazione strumento per l'analisi e il controllo del paesaggio. Atti del Convegno*. Lecco, 17 giugno 2022, pp. 147-155. Roma: Aracne.

Sigurtà, D. (2017). *Montagne di guerra, strade in pace: la Prima Guerra Mondiale dal Garda all'Adamello (tecnologie e infrastrutture belliche)*. Milano: FrancoAngeli.

Thompson, M. (2014). *La guerra bianca: vita e morte sul fronte italiano 1915-1919*. Milano: Il Saggiatore.

Trotti, A. (2011). *I sistemi difensivi e le grandi opere fortificate in Lombardia tra l'età moderna e la Grande Guerra: le grandi opere in caverna della Frontiera Nord*, vol. 2. Temù: Museo della Guerra Bianca.

Trotti, A., Milani, M. (2021). *La valorizzazione delle fortezze moderne dell'arco alpino*. Temù: Museo della Guerra Bianca.

Viazzi, L. (2012). *La guerra alpina sul fronte Ortler-Cevedale, 1915-1918*. Milano: Mursia.

Von Lempruch, A., Von Ompteda, G. (2009). *Ortles, la guerra tra i ghiacci e le stelle*. Bassano del Grappa: Itinera Progetti Editore.

Zaffonato, A. (2017). *In queste montagne altissime della patria: le Alpi nelle testimonianze dei combattenti del primo conflitto mondiale*. Milano: FrancoAngeli.

Architettura e paesaggio d'alta quota: il rilievo per la conservazione delle opere militari del Passo dello Stelvio

Alessio Cardaci, Pietro Azzola, Antonella Versaci

Abstract

Le montagne del Giogo dello Stelvio sono uno scrigno di tesori che documentano e narrano della Grande guerra. Un insieme di vestigia nascoste per oltre un secolo tra i ghiacci di vette alte più di 3000 metri e disvelate oggi a seguito del progressivo aumento delle temperature. Un sistema complesso di piccole fortificazioni, trincee, postazioni d'artiglieria e gallerie per il ricovero di soldati e mezzi che è testimonianza dei violenti scontri combattuti tra i gruppi montuosi dell'Ortles-Cevedale, del Tonale e dell'Adamello. Un sistema integrato in cui l'architettura militare si fonde con il paesaggio, mimetizzandosi con i materiali e i colori del contesto ambientale di alta quota, e la roccia si trasforma in costruito per accogliere spazi e funzioni necessari alla sopravvivenza degli uomini. Una storia poco raccontata ma utile a far conoscere un differente punto di vista del conflitto da diffondere e comunicare anche con gli strumenti della Scienza del Disegno. Il compito del rilevatore è dunque quello di restituire, grazie alla rappresentazione grafica, la misura del territorio e la raffigurazione del paesaggio. Il saggio presenta gli esiti di uno studio storico-architettonico e paesistico che ha incluso la ricostruzione virtuale della fortificazione del valico: dall'acquisizione condotta con sistemi del tipo Aeromobile a Pilotaggio Remoto (APR) alla restituzione tramite la modellazione 3D. Un luogo particolare che l'indagine diretta e l'occhio elettronico dei sensori, che dall'alto del cielo possono leggere la particolarità celata tra le alte vette, hanno permesso di percepire e documentare al fine di conservarne la materia e la memoria.

Parole chiave: Grande guerra, rilievo 3D, disegno, documentazione, valorizzazione.

Introduzione

Le montagne del Parco dello Stelvio sono uno scrigno di tesori che documentano e narrano della Grande Guerra (1914-1918). Un complesso di vestigia e reperti conservati per oltre un secolo tra i ghiacci di cime alte più di tremila metri e resi oggi visibili dal progressivo aumento delle temperature. Un organismo complesso di piccole fortificazioni, trincee, postazioni di artiglieria e gallerie per il ricovero di soldati e mezzi che è testimonianza dei violenti scontri combattuti sul gruppo montuoso dell'Ortles-Cevedale, la cui dorsale ha proprio inizio a nord-ovest del valico (fig. 1). Un sistema integrato in cui straordinari scenari naturali contrastano con la tragicità degli eventi accaduti in un contesto estremo, l'architettura militare si fonde con il paesaggio e si mimetizza con i materiali e i colori dell'ambiente alpino

e la roccia si trasforma in costruito per accogliere spazi e funzioni necessari alla sopravvivenza degli uomini.

La "Guerra Bianca" combattuta sulla catena montuosa fu un conflitto consumatosi tra la neve e le stelle che stravolse la tradizionale "arte della guerra", ponendo problemi tattici e logistici prima impensabili. Una zona di combattimento inaspettata che sorprese gli Stati Maggiori di entrambi i paesi belligeranti che si mostrarono impreparati di fronte alle difficoltà imposte dalle impervie alture; territori che, secondo gli strateghi, sarebbero rimasti terra di nessuno ma che, invece, divennero subito teatro dello scontro tra le pattuglie di esploratori.

Quella che si svolse in alta montagna non fu una guerra di massa – come in pianura con gli attacchi dei grandi

Fig. 1. Il Passo dello Stelvio visto dalla valle del Braulio: al centro, la valle dei Vitelli, a sinistra il monte Scorluzzo, a destra le cime dello Hohe Schneide e del Geisterspitze. Jered Grube ©.



battaglioni – ma si caratterizzò per una serie di combattimenti tra piccoli reparti composti da pochi soldati nei quali l'azione militare si trasformava in un'impresa volta alla conquista della vetta [Thompson 2014; Robbiati, Viazzi 2016]. La resistenza a quote così elevate, in dure condizioni meteorologiche, fu possibile solo grazie a strutture in grado di consentire le operazioni belliche e di garantire la sussistenza degli uomini. Si rese quindi necessaria la costruzione di ricoveri solidi e caldi e di una rete di infrastrutture per il collegamento con il fondovalle che trasformò la montagna in un rutilante cantiere dove soldati-operai scavarono trincee e gallerie, edificarono villaggi sulle creste, arroccati alle pareti o dentro la roccia, realizzarono mulattiere e numerose teleferiche per il trasporto delle merci [Ferrario 2016]. Luoghi che permangono oggi solitari ma ancora colmi della memoria di una tragedia in cui affondava un'autentica vocazione di pace, la cui conoscenza e valorizzazione è pertanto imprescindibile.

Questa ricerca è una delle azioni del progetto *La Grande Guerra, valorizzazione delle testimonianze e recupero dei manufatti: strategia area interna Alta Valtellina*, finanziato nell'ambito dei Programmi Operativi Regionali Lombardia [POR-FESR Lombardia 2014/2020 - Asse VI] che, approfondendo gli aspetti legati alla documentazione per la conoscenza e la conservazione, intende promuovere interventi di tutela e salvaguardia dei siti esistenti.

Le fortificazioni sul Passo dello Stelvio

Le vette intorno al Passo dello Stelvio erano il crocevia dei collegamenti tra l'Impero austro-ungarico, il Regno d'Italia e la neutrale Confederazione Svizzera. Il ruolo di queste vette era strategico per l'esercito italiano, al fine di impedire l'avanzata delle milizie asburgiche in Lombardia e nelle regioni occidentali. Per l'esercito austriaco, invece, esse rappresentavano un freno all'ingresso delle truppe italiane in Alto Adige. Nella zona compresa tra lo Stelvio e il Lago di Garda passava, infatti, un lungo tratto del confine che la Dichiarazione di guerra del 24 maggio 1915 trasformò in fronte bellico [Zaffonato 2017].

L'avamposto italiano presso il celebre attraversamento, da sempre presidiato da un contingente armato, fu conquistato all'inizio del mese di giugno del 1915 da un ristretto gruppo di soldati austriaci che, proprio su queste rocce, predisposero una prima linea di trincea difesa con i soli fucili e alcune mitragliatrici. I tentativi compiuti dalle nostre truppe di



Fig. 2. Il Giogo dello Stelvio, dall'alto in basso: mappa della Lombardia; rilievo militare (1818-1829); cartografia XIX sec e mappa dell'Impero Asburgico; rilievo militare (1869-1887). mapire.eu ©.

Fig. 4. Le testimonianze della Guerra Bianco al Passo dello Stelvio. S.A.B.E. ©.





Fig. 5a. Le fasi di rilevamento del villaggio militare del Filon de Mot. S.A.B.E. ©.

Fig. 5b. Le fasi di rilevamento del rifugio in grotta sul Monte Scorluzzo. S.A.B.E. ©.

fuoco nemico e poco distante dal fronte, collaborato da una rete di trinceramenti “in prima linea” presidiati di giorno, ma, soprattutto, durante la notte; questo impose la realizzazione di ricoveri scavati nella roccia [Bellini, Pizzarotti, Pedemonte 2020]. La Trafoi-Tal era, infatti, una valle ampia e aperta che doveva essere protetta con artiglieria “in quota” perché, un eventuale “sfondamento” dell’esercito d’Italia avrebbe permesso l’aggressione delle regioni dell’Alto Adige. Di contro, la direttrice dello Stelvio, congiungente la Val Venosta con la Valtellina, seguiva «una direttrice eccentrica addossata alla Svizzera di limitata portata logistica e facilmente sbarrabile» [Corpo di Stato Maggiore 1927, p. 301]; in particolare, la Valle del Braulio – verso Bormio – era un budello stretto e tortuoso facilmente difendibile perché poco percorribile con troppi mezzi e molti uomini.

Le difese italiane furono quindi più “leggere” e direttamente sul fronte, perché aventi principalmente una funzione di guardia. Non si edificò un’imponente roccaforte (molto più esposta al fuoco nemico) ma un sistema di villaggi militari collegati con camminamenti e postazioni di tiro per dare ricovero ai soldati e controllare “a pochi metri” il nemico [Sigurtà 2017; Barco 2021]. Nello specifico, il sistema era costituito da due villaggi, uno posto sulla cresta del Filon del Mot e l’altro più in basso, nella piana delle Buse. Entrambi contenevano edifici realizzati in malte cementizie debolmente armate, muri in pietra e possenti ma si differenziavano molto nella disposizione: il primo seguiva un tracciato fortemente irregolare per adattarsi alla montagna mentre il secondo era impostato su una geometria circolare.

Fig. 6. Prospettiva “a volo d’uccello” del modello digitale del villaggio militare del Filon de Mot. S.A.B.E. ©.



Il villaggio del Filon de Mot e il ricovero in caverna del Monte Scorzuzzino

Quella della Guerra Bianca al Giogo dello Stelvio è una storia, a torto, poco conosciuta che offre tuttavia un differente punto di vista sul conflitto che è necessario, anzi, forse doveroso, diffondere e comunicare anche con gli strumenti della Scienza del Disegno. Il compito del rilevatore è quello di restituire, grazie alla rappresentazione grafica, la misura del territorio e la raffigurazione del paesaggio, al fine di acquisire e fornire agli utenti informazioni di natura conoscitiva, stimolandone l'interesse e favorendo l'attività esperienziale e la sensazione soggettiva.

Il rilievo e la rappresentazione del paesaggio montano sono due processi, indissolubili e concatenati, orientati alla comprensione delle aree naturali e dell'ambiente antropizzato; essi rappresentano un'analisi dell'impatto dei fenomeni culturali e ambientali su un determinato territorio, mirata alla comprensione delle trasformazioni diacroniche [Rossi 2004]. Si tratta di un'indagine completa e complessa che coniuga la ricerca storica con i più aggiornati strumenti di acquisizione e restituzione multidimensionale, con l'uso di informazioni provenienti da fonti documentarie, cartografiche, storico-iconografiche, in sinergia con gli strumenti di rilievo, la modellazione, il *rendering* e il *virtual landscaping*. Un progetto logico – programmatico e sistematico – organizzato per fasi flessibili, in grado di consentire una selezione critica delle scelte; non un approccio matematico-scientifico *stricto sensu*, ma un avvicinamento anche emozionale in grado di restituire l'essenza di un luogo [Marotta, De Bernardi, Bailo 2008]. I migliori osservatori non sempre sono coloro che valutano con grande accuratezza gli aspetti metrici, ma piuttosto coloro i quali riconoscono i segni distintivi di un territorio, sia del presente, attraverso la lettura della realtà, sia del passato, grazie alla testimonianza di antiche stampe, schizzi di disegnatori, vecchie fotografie. La capacità di “vedere” si esplica nel cogliere gli elementi caratterizzanti il *genius loci*, per cui sono necessarie una profonda sensibilità e un'abilità percettiva. La rappresentazione della realtà è filtrata dalla personalità dell'esecutore e si muove attraverso il difficile rapporto tra architettura e ambiente; le restituzioni non sono solo immagini metriche ma rappresentazioni virtuali dell'ambiente che rispondono, quindi, sia alla necessità del rilievo metrico sia alla possibilità di comunicare uno spazio rendendone eloquenti tutte le peculiarità, anche quelle di natura estetica.

La ricostruzione virtuale sia dell'area del valico – al contempo incantevole e inospitale – che di due episodi significativi di

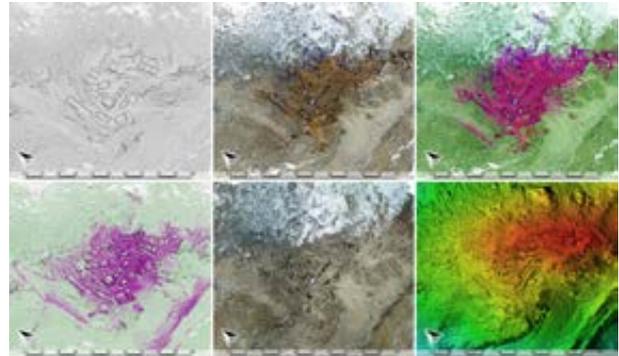
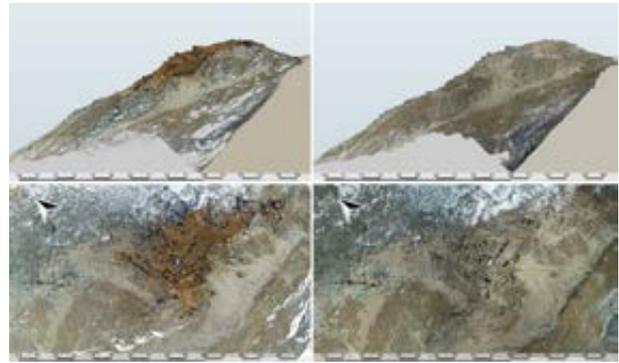


Fig. 7. Rappresentazione in doppia proiezione mongiana del villaggio del Filon de Mot: planimetria e alzato dei modelli integrati. S.A.B.E. ©.

Fig. 8. I modelli digitali del villaggio del Filon de Mot: a sinistra, rappresentazione Point Overview LS-Map & F-Map; al centro, Mesh Texture LS-Map & F-Map; a destra, Point Texture LS&F-Map e DEM. S.A.B.E. ©.

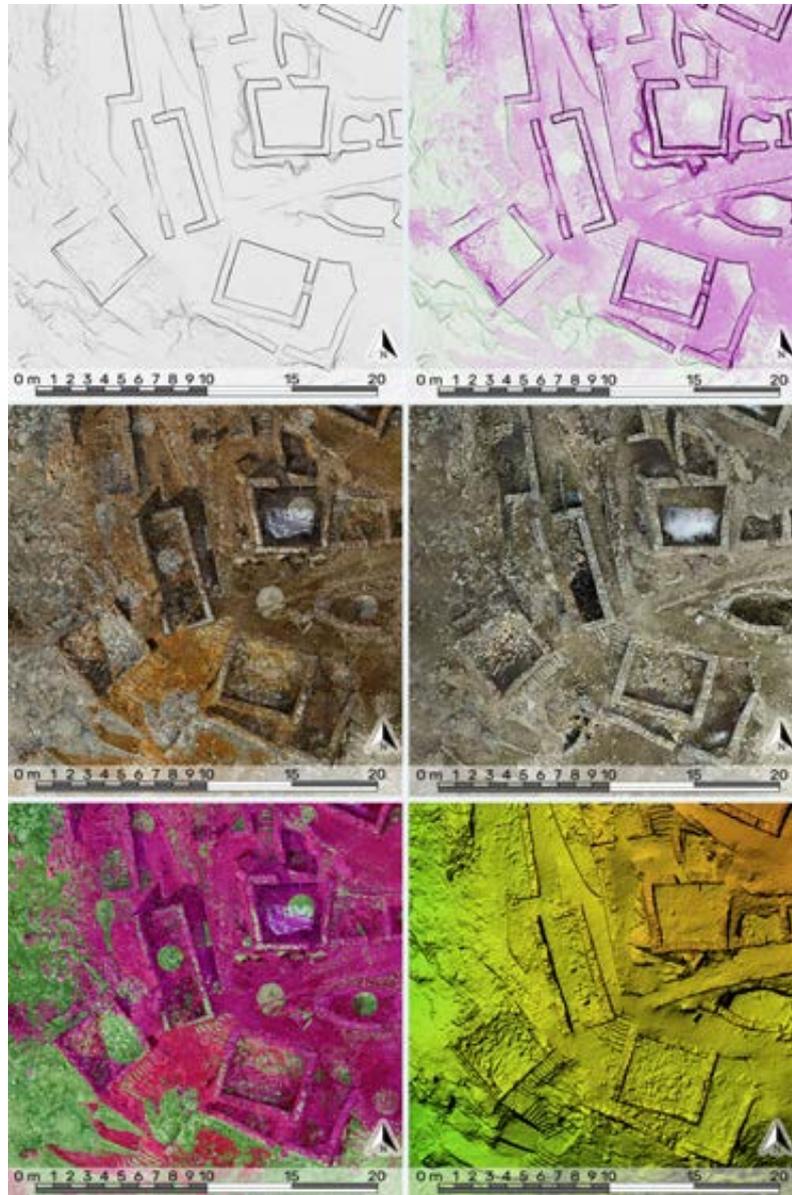


Fig.9. I modelli digitali del villaggio del Filon de Mot; particolari delle diverse rappresentazioni alla scala 1:50, errore di graficismo ± 1.5 cm. e GSD 0.5 mm. S.A.B.E. ©.



Fig. 10. Il rifugio in caverna dello Scorluzzino: particolare dell'ingresso, delle trincee e dell'interno, liberato dal ghiaccio, con i dormitori e i reperti. Stelviopark ©.

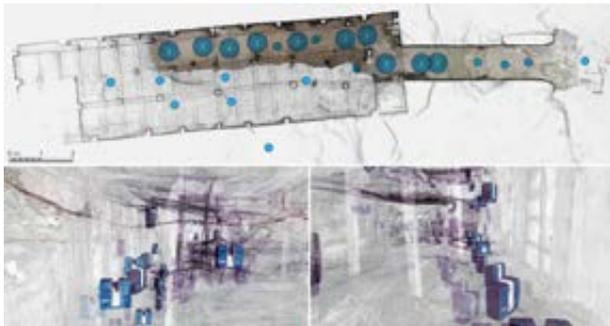


Fig. 11. Il rifugio in caverna dello Scorzuzzino: pianta e alzato. S.A.B.E. ©.

Fig. 12. Il rifugio in caverna dello Scorzuzzino: planimetria e viste interne del modello. S.A.B.E. ©.

architetture adattate alla natura (il villaggio italiano sulla cresta del monte e il rifugio austroungarico scavato nel suo ventre), si è fondata su un processo di acquisizione condotto con sistemi del tipo Aeromobile a Pilotaggio Remoto (APR) cui ha fatto seguito la restituzione tramite modellazione 3D. Quest'ultima si è posta l'obiettivo di svelare la morfologia e le caratteristiche funzionali e costruttive di uno spazio che è stato il cuore pulsante di un'attività di vigilanza di un confine rimasto immutato durante l'intero conflitto. Rocce divenute "casa" per centinaia di giovanissimi militi e oggi da considerare "speciali", che l'indagine diretta e l'occhio elettronico dei sensori, che dall'alto del cielo della montagna possono leggere la particolarità celate dalle alte vette, sono in grado di documentare.

Il villaggio militare del Filon del Mot è un'opera architettonica di elevato pregio articolata su più livelli collegati da scalinate in pietra e affacciata su tre versanti. Si tratta, in effetti, di un vasto insieme di edifici aventi varie funzioni: camerate, armeria, infermeria, mensa e cucina con forno e una cisterna d'acqua. Questi ambienti erano realizzati in muratura a secco, internamente rivestiti in legno e con un'intercapedine riempita di paglia e segatura per garantire un migliore isolamento termico. Anche le coperture lignee erano ricoperte da cartone catramato o da lamiere zincate.

Il borgo era protetto sul lato orientale da un grande muro con feritoie per i fucilieri; da quest'ultimo si dipartiva un fitto reticolo di camminamenti in trincea per giungere alle postazioni di artiglieria, alla teleferica con il villaggio delle Buse a valle e al forte circolare di vedetta. La costruzione del villaggio sulla cresta, realizzato in posizione così elevata (e scomoda, dato che lo spazio per muoversi era molto contenuto), invece che nel pianoro sottostante, era legata sia a un fattore offensivo che difensivo. Dall'alto, si riuscivano meglio a sorvegliare gli spostamenti del nemico e a battere più agevolmente con le artiglierie un'ampia porzione di territorio, giacché queste strutture, posizionate a quota inferiore, sarebbero state più esposte al tiro nemico proveniente dall'alto.

Il ricovero in caverna dello Scorzuzzino appartiene al sistema di fortificazioni difensive messe in opera dall'esercito austroungarico. La grotta è stata scavata ortogonalmente al versante orientale della montagna ed è stata posizionata sul retro di una breve trincea che permette di accedere in copertura a un piccolo osservatorio con feritoie: nei pressi si diramavano i segmenti di trincea verso la vetta fortificata del Monte Scorzuzzo. Al ricovero tuttora si accede scendendo un breve corridoio protetto da due muretti in calcestruzzo armato con putrelle metalliche che reggono

la soletta. In seguito, il vano si allarga ed è caratterizzato da un lato, da una parete rivestita da lamiera, dall'altro, dal dormitorio sostenuto da un mensolone ligneo. In fondo alla cavità, un pannello in tavole di legno isola una piccola stanza adibita ad alloggio del comandante, dotata di branda singola e di tavolino con sgabello. L'interno dell'infrastruttura militare era completamente foderato dalla centinatura lignea e doveva ospitare un presidio composto da circa venti uomini atti a guarnire le limitrofe postazioni.

Il rilievo del paesaggio e del patrimonio costruito in alta quota

Il rilevamento di siti in alta quota richiede delle particolari accortezze sia per la difficile accessibilità e la pericolosità dei luoghi (versanti scoscesi e franosi raggiungibili 'a piedi' e spesso resi insicuri da neve e/o *permafrost*), sia per le condizioni ambientali caratterizzate da basse temperature, molto vento e forte illuminamento. La pianificazione delle fasi di acquisizione *in situ* è pertanto un aspetto cruciale che deve tenere conto sia di questioni logistiche, sia di vari aspetti connessi ai rischi per la sicurezza; lo stesso trasporto delle attrezzature è operazione non agevole, a volte resa possibile solo dall'impiego di elicotteri.

I rilievi al Gioogo dello Stelvio sono stati eseguiti tra la fine della stagione estiva e l'inizio di quella autunnale del 2022, dunque nella fase conclusiva del disgelo e prima delle nevicate invernali (fig. 5a, b). Un lasso di tempo certamente molto breve che, a causa di una anticipata perturbazione e del conseguente innevamento delle vette, non ha reso possibile lo svolgimento delle attività in tutti i siti previsti (le operazioni sono state rimandate all'estate successiva).

Sono state utilizzate tecniche integrate di rilevamento – Global Navigation Satellite System (GNSS), 3D *laser scanning* e fotogrammetria digitale terrestre e aerea – ponendo particolare attenzione alla cura degli strumenti. Le temperature sotto zero possono essere causa di deterioramento dell'elettronica degli strumenti e delle batterie, oltre che risultare dannose per le lenti degli obiettivi e dei sensori. Per evitare l'insorgere di problematiche, è stato previsto l'uso di custodie isolate termicamente e le apparecchiature sono state impiegate a intervalli regolari al fine di non sottoporle a stress termici. Le prese fotografiche hanno inoltre necessitato di un'attenta programmazione per limitare le conseguenze dei grandi contrasti e delle ampie zone d'ombra proprie del territorio montano nonché dell'uso di filtri ND

(*Neutral Density*), PF (*Polarizing Filter*) e *Sky-Light* per aumentare la nitidezza delle immagini, ridurre l'abbagliamento e i riflessi indotti dal cielo terso e dal bianco della neve [Re 2016; Bregani 2017]. Per realizzare adeguatamente le scansioni laser 3D si è invece provveduto a "sporcare" con terra e cenere le superfici ghiacciate (altrimenti specchi riflettenti che avrebbero alterato l'accuratezza metrica dei dati) e a realizzare particolari basette per collocare lo strumento al suolo e poter acquisire anfratti e cavità.

La conversione delle coordinate geografiche GNSS in un sistema topografico cartesiano, indispensabile per geo-riferenziare in un riferimento univoco tutti i modelli, ha richiesto un complesso trattamento a seguito delle grandi differenze tra l'ellissoide WGS84 e il *datum* locale. La scelta di compiere molteplici elaborazioni integrando dati con caratteristiche tra loro differenti ha facilitato la restituzione grafica di più immagini arricchite da una mole notevole di importanti informazioni [Achille et al. 2015; Luhmann et al. 2019; Fiorillo, Limongiello, Bolognesi 2021; Pesci et al. 2022]. Nel dettaglio, è stata eseguita la ricostruzione di due grandi modelli dai dati ottenuti tramite sensori attivi (*range-based*) e passivi (*image-based*). L'elaborazione ha permesso di ottenere: dai primi, le rappresentazioni su nuvola di punti *Overview Map* e *Texture Map* mentre, dai secondi, le stesse rappresentazioni su nuvola di punti più restituzioni *mesh* con *texture* e *Digital Elevation Model* (DEM). In totale, sono stati prodotti sei modelli che, combinati e trattati tra loro, hanno fornito immagini nuove e singolari in grado di evidenziare caratteristiche e particolarità non evincibili con le tradizionali metodologie di processamento dei dati. Lo speciale trattamento cosiddetto "tomografico" garantisce la produzione di rappresentazioni in doppia proiezione mongiana che, di un modello 3D, evidenzia le superfici ortogonali al quadro, nascondendo quelle parallele. Una proiezione ortogonale del modello su una lastra fotografica coperta da un sottile film che si scurisce in ragione degli stati che il raggio proiettante intercetta: maggiore è il numero di punti allineati e più intenso sarà il grigio risultante. Uno stile di *rendering* che, se sovrapposto a un'immagine texturizzata di una planimetria o di una sezione-prospetto, evidenzia le deformazioni delle murature e i fuori-piano degli alzati, elementi indispensabili per la progettazione di attività conservative e di consolidamento (figg. 6-12). Proprio in funzione di un possibile recupero delle strutture, dal modello integrato è stata ricavata una serie di elaborati grafici bidimensionali sui quali è stata eseguita la localizzazione e descrizione delle forme di degrado e dissesto.

Conclusioni

I primi studi sulla guerra alpina erano fondati sulle analisi dei luoghi, con immagini fotografiche e schizzi dal vero, e sulle memorie personali degli ufficiali italiani e austro-ungarici; fonti romanzate con toni eroici e accenti nazionalisti, spesso caratterizzate da una deferenza verso la bellezza del paesaggio combinata alla narrazione della drammaticità di un conflitto combattuto in condizioni estreme.

Le ricerche sulla “Guerra Bianca” hanno ricevuto un nuovo impulso a seguito delle celebrazioni per il Centenario della Prima guerra mondiale (2014-2018). Si è pertanto avviata una serie di nuovi interventi infrastrutturali per il recupero dei luoghi della memoria [Trotti, Milano 2021]. Un campo fertile di dialogo interdisciplinare che ha permesso di abbandonare l'eccessiva attenzione al racconto “dell'uomo con il fucile a mani nude contro natura” per concentrarsi su un sistematico e imparziale approfondi-

mento archivistico – combinato sia all'indagine archeologica, sia all'analisi scientifico-tecnologica – finalizzata alla comprensione della profonda azione antropica volta a rendere abitabili luoghi impervi [Morosini 2022]. Oggi, il Giogo dello Stelvio non è solo l'antico teatro di guerra ma anche una rappresentazione dell'Antropocene e dei cambiamenti climatici, sempre più estremi, frequenti e devastanti. Il ritiro dei ghiacciai ha infatti fatto emergere un archivio storico preziosissimo, riportando alla luce manufatti e reliquie del grande conflitto. Se questo, da una parte, rende accessibile un patrimonio a lungo nascosto, consentendone la documentazione e, possibilmente, il recupero, dall'altra diviene l'effigie pericolosa e preoccupante della trasformazione – forse irreversibile – delle nostre montagne, della destabilizzazione dei versanti e dei rischi connessi ai fenomeni di mutamento del paesaggio alpino: una sfida ambientale estremamente ardua che chiama in causa tutti i soggetti a livello locale e globale.

Autori

Alessio Cardaci, Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate, Università degli Studi di Bergamo, alessio.cardaci@unibg.it
Pietro Azzola, Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate, Università degli Studi di Bergamo, pietro.azzola@unibg.it
Antonella Versaci, Facoltà di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Enna “Kore”, antonella.versaci@unikore.it

Riferimenti bibliografici

Achille, C. et al. (2015). UAV-Based Photogrammetry and Integrated Technologies for Architectural Applications-Methodological Strategies for the After-Quake Survey of Vertical Structures in Mantua (Italy). In *Sensors*, 15(7), pp. 15520-15539.

Barco, L. (2021). *Le posizioni altissime nel gruppo dell'Ortler 1915-1917: cenni sulle occupazioni e sulle sistemazioni di alta montagna*. Brescia. Temù: Museo della Guerra Bianca in Adamello.

Bellini, S., Pizzarotti, E. M., Pedemonte, S. (2020). Le gallerie militari italiane nella Prima Guerra Mondiale. <http://www.societaitalianagallerie.it/public/files/Articolo%20Bellini%2C%20Pizzarotti%20e%20Pedemonte_italiano.pdf> (consultato il 3 febbraio 2023).

Belotti, W. (2009). *I sistemi difensivi e le grandi opere fortificate in Lombardia tra l'Età Moderna e la Grande Guerra: le batterie corazzate*, vol. I. Temù: Museo della Guerra Bianca.

Bregani, A. (2017). *La montagna in chiaroscuro: saggio sul fotografare tra cime e sentieri*. Portogruaro: Ediciclo.

Corpo di Stato Maggiore dell'Esercito Italiano (1927). *L'esercito italiano nella grande guerra (1915-1918)*. Roma: Provveditorato generale dello Stato.

Ferrario, P. (2016). La Grande Guerra delle teleferiche. In *Avenire.it*, 12 luglio 2016. <<https://www.avenire.it/agma/pagine/teleferiche->> (consultato il 28 aprile 2023).

Fettarappa Sandri, C. (2012). *La Guerra sotto le Stelle: episodi di Guerra Alpina (Stelvio, Ortles, Cevedale, San Matteo)*. Milano: Mursia.

Fiorillo, F., Limongiello, M., Bolognesi, C. (2021). Integrazione dei dati acquisiti con sistemi image-based e range-based per una rappresentazione 3D efficiente. In M. Arena, et al. (a cura di). *Connettere. Un disegno per annodare e tessere. Linguaggi Distanze Tecnologie. Atti del 42° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Connecting. Drawing for weaving relationship. Languages Distances Technologies. Proceedings of the 42th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Reggio Calabria e Messina, 17-19 settembre 2020, pp. 2319-2336. Milano: FrancoAngeli.

Luhmann, T. et al. (2019). Combination of Terrestrial Laserscanning, Uav and Close-Range Photogrammetry for 3D Reconstruction of Complex Churches in Georgia. In *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing*, n. XLII-2/W11, pp. 753-761.

Marotta, A., De Bernardi, M. L., Bailo, M. (2008). La conoscenza di architettura, città e paesaggio: il “Progetto Logico di Rilievo” in una sperimentazione metodologica. In *DISEGNARECON*, 1(2), pp. 1-13.

Morosini, S. (2022). Following in the footsteps of history': sixteen multimedia itineraries through the First World War Sites in the Stelvio National Park and Adamello Park (Italy). In D. Svensson, K. Saltzman, S. Sörlin (eds.). *Pathways: exploring the routes of a movement heritage*, pp. 114-128. Winwick: White Horse Press.

Papetti, S. (2019). Le ragioni di un forte: il Dossaccio di Oga. <<https://www.fortedioga.it/archivio/>> (consultato l'11 gennaio 2023).

Pesci, A. et al. (2022). Studio di possibili effetti sistematici nelle nuvole di punti SfM da APR: confronti con TLS, distorsioni e metodi di mitigazione. In *Quaderni di Geofisica dell'INGV*, 177(126), pp. 7-21.

Re, C. (2016). *Fotografare in montagna: tecniche, consigli, segreti*. Torino: Edizioni del Capricorno.

Robbiati, P., Viazzi, L. (2016). *Guerra bianca: Ortles, Cevedale, Adamello (1915-1916)*. Milano: Mursia.

Rossi, M. (2004). Dal rilievo del territorio al disegno del paesaggio. In M. A. Pignataro (a cura di). *La rappresentazione strumento per l'analisi e il controllo del paesaggio. Atti del Convegno*. Lecco, 17 giugno 2022, pp. 147-155. Roma: Aracne.

Sigurtà, D. (2017). *Montagne di guerra, strade in pace: la Prima Guerra Mondiale dal Garda all'Adamello (tecnologie e infrastrutture belliche)*. Milano: FrancoAngeli.

Thompson, M. (2014). *La guerra bianca: vita e morte sul fronte italiano 1915-1919*. Milano: Il Saggiatore.

Trotti, A. (2011). *I sistemi difensivi e le grandi opere fortificate in Lombardia tra l'età moderna e la Grande Guerra: le grandi opere in caverna della Frontiera Nord*, vol. 2. Temù: Museo della Guerra Bianca.

Trotti, A., Milani, M. (2021). *La valorizzazione delle fortezze moderne dell'arco alpino*. Temù: Museo della Guerra Bianca.

Viazzi, L. (2012). *La guerra alpina sul fronte Ortler-Cevedale, 1915-1918*. Milano: Mursia.

Von Lemprich, A., Von Ompteda, G. (2009). *Ortles, la guerra tra i ghiacci e le stelle*. Bassano del Grappa: Itinera Progetti Editore.

Zaffonato, A. (2017). *In queste montagne altissime della patria: le Alpi nelle testimonianze dei combattenti del primo conflitto mondiale*. Milano: FrancoAngeli.