

IL RISVEGLIO DEL BORGO FANTASMA



POLITECNICO DI MILANO
SCUOLA DI ARCHITETTURA, URBANISTICA
E INGEGNERIA DELLE COSTRUZIONI
Polo territoriale di Lecco
Anno accademico 2022-2023

Corso di laurea in Ingegneria edile - Architettura

IL RISVEGLIO DEL BORGO FANTASMA

Rigenerazione del borgo di Celleno nell'Alta Tuscia attraverso
la definizione di una metodologia declinabile in contesti simili

Relatrice

Prof.ssa Laura Elisabetta Malighetti

Correlatori

Prof.ssa Silvia Cerisola
Prof. Lorenzo Jurina

Autori

Simona Carlomagno	922344
Andrea Silvestrini	922034
Patrizio Vailati Facchini	921517

Sinossi

Nascosti in angoli remoti del nostro territorio, i piccoli centri sono custodi di un patrimonio inestimabile. Sono luoghi in cui si tessono legami profondi, tra i cui vicoli sono nate tradizioni e culture che continuano a tramandarsi di generazione in generazione, ma dove, allo stesso tempo, fattori sociali, economici e culturali si intrecciano rendendole realtà particolarmente complesse. Tuttavia, nel panorama attuale, in cui la crisi climatica ci sta costringendo a modificare i nostri stili di vita, questi borghi spesso dimenticati rappresentano una nuova prospettiva del vivere sostenibile.

Basandosi sul borgo abbandonato di Celleno, arroccato su uno sperone tufaceo nel territorio dell'Alta Tuscia, il lavoro di tesi mostra la ricerca di una delle possibili soluzioni che offra un nuovo futuro a queste piccole realtà. Molteplici incontri e confronti con figure reali presenti sul territorio hanno portato all'elaborazione di strategie di progetto che si adattano alle esigenze locali. Un nuovo centro culturale renderà, quindi, l'antico nucleo un punto di incontro dinamico in cui i cittadini saranno i veri protagonisti. Edifici esistenti e nuove strutture si intrecceranno per trovare un nuovo equilibrio in costante dialogo con il passato.

Stabilita la concreta opportunità di rinascita per il borgo attraverso l'elaborazione di un modello di valutazione preliminare, il progetto segue un processo dinamico che getta le sue radici in una necessaria fase conoscitiva, la quale si sviluppa parallelamente su differenti scale, da quella territoriale a quella di dettaglio. La prima domanda a cui rispondere riguarda le nuove funzioni da introdurre, affrontando unitamente le sfide connesse all'accessibilità universale, al dissesto idrogeologico e alla fragilità del patrimonio costruito. Dal recupero dell'esistente al controllo del comfort e qualità degli spazi, l'intero iter si sviluppa secondo un approccio interdisciplinare che mira al raggiungimento degli obiettivi 2030 e 2050.

In riferimento all'esperienza di Celleno, la tesi si propone come fine l'individuazione di linee guida flessibili sulla riqualificazione dei borghi abbandonati che possano essere declinate in contesti simili. Imparando dal passato è possibile sviluppare un progetto nel presente e per il futuro, capace di dialogare con la realtà storica del borgo.

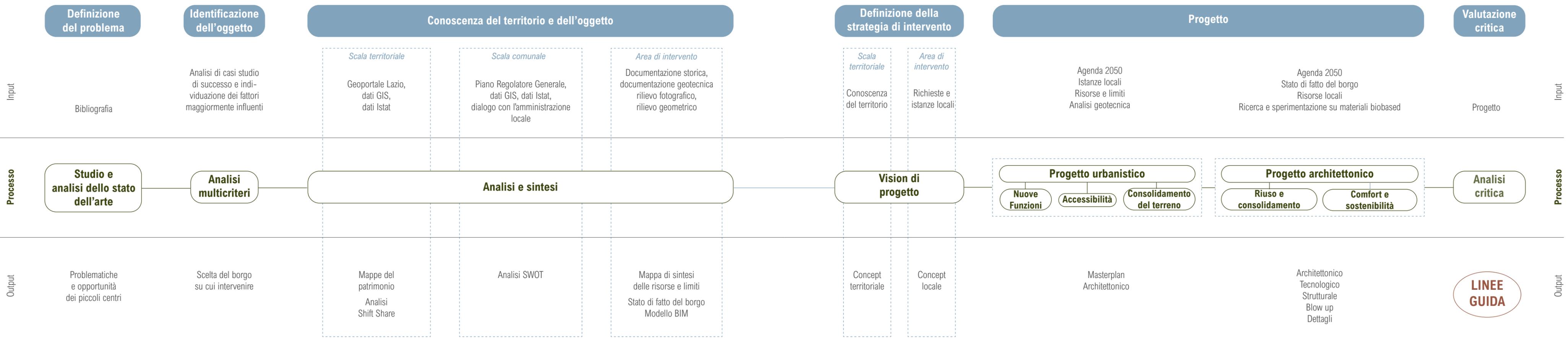
Abstract

Hidden in isolated corners of our country, small towns are caretakers of a priceless heritage. They are places where deep ties are woven, where traditions and cultures were born among whose alleyways they continue to be handed down from generation to generation; nevertheless, social, economic, and cultural factors intertwine, making them particularly complex realities. Nowadays, seeing as the climate crisis is causing us to change our lifestyles, these forgotten places represent a new perspective on sustainable living.

Based on the abandoned village of Celleno, perched on a tuffaceous spur in the Alta Tuscia area, the thesis highlights the search for one of the possible solutions to offer a new future to these small realities. Numerous meetings with stakeholders in the area have led to drawing project strategies adapted to local needs. Thus, a new cultural center will make the old core a dynamic meeting point where citizens will be the real protagonists. Existing buildings and new structures will intertwine to find a new balance in constant dialogue with the past.

Established the concrete opportunity of Celleno rebirth with a preliminary assessment model, the project follows a dynamic process rooted in a necessary cognitive phase, which develops in parallel on different scales, from territorial to detailed. The first question to be answered concerns the new functions to be introduced, handling at once the challenges related to universal accessibility, hydrogeological instability, and the fragility of the built heritage. From reuse to the management of comfort and quality of space, the entire process follows an interdisciplinary approach to achieve the 2030 and 2050 goals.

Concerning the Celleno experience, the thesis aims to identify flexible guidelines for overhauling ghost towns that can be applied in similar contexts. Through the past, it is possible to develop a project in the present and for the future, dialoguing with the history of these small towns.



Indice dei contenuti

01	VISIONI FUTURE PER I PICCOLI CENTRI	9		
	1.1 Piccola grande Italia	11		
	1.2 Problematiche e opportunità	12		
	1.3 Visioni future	14		
02	OBIETTIVO 2050: IL RUOLO DEI BORGHI	20		
	2.1 Attualità delle problematiche ambientali	23		
	2.2 Piani e programmi	25		
	2.3 Applicazione strategica delle iniziative	27		
	2.3.1 Verso la neutralità carbonica	27		
	2.3.2 Il ruolo dei borghi nell'economia circolare	29		
	2.3.3 Primi approcci verso la transizione ambientale	30		
03	UNA SFIDA POSSIBILE	32		
	1.1 Premessa metodologica	35		
	1.2 Analisi multicriteri	38		
04	LA TERRA DEI TUSCI	44		
	3.1 L'Alta Tuscia	47		
	3.1.1 Inquadramento	47		
	3.1.2 Patrimonio naturale e culturale	47		
	3.1.3 La contemporanea visione di Pier Paolo Pasolini	52		
	3.2 Celleno	57		
	3.2.1 Un borgo sospeso nel tempo e nello spazio	58		
	3.2.2 Sistema dei collegamenti, paesaggio e servizi	59		
	3.2.3 L'oro rosso di Celleno	61		
	3.2.4 Stratificazioni del passato	62		
	3.2.5 Nuove opportunità per il borgo	64		
05	IL RISVEGLIO DEL BORGO FANTASMA	66		
	5.1 Analisi SWOT	69		
	5.2 Celleno: nuovo centro culturale	71		
	5.3 Obiettivi e strategie	71		
	5.4 Stakeholders	73		
06	IL BORGO ANTICO	76		
	6.1 Introduzione metodologica	79		
	6.2 Analisi geotecnica	81		
	6.2.1 Analisi morfologica	81		
	6.2.2 Inquadramento sismico	82		
	6.2.3 Analisi idrogeologica	83		
	6.3 Stato di fatto	84		
	6.3.1 Catalogazione edifici esistenti	84		
	6.3.2 Rilievo fotografico	84		
	6.3.3 Rilievi geometrico, materico e del degrado	88		
	6.3.4 Rilievo tecnologico	90		
	6.3.5 Analisi delle prestazioni residue	91		
07	CELLENO: NUOVO CENTRO CULTURALE	94		
	7.1 Rifunzionalizzazione	97		
	7.2 Accessibilità	61		
	7.3 Miglioramento della stabilità dei versanti	61		

08 IN EQUILIBRIO TRA VECCHIO E NUOVO

8.1 Concept architettonico

8.2 Interventi di consolidamento

8.2.1 Analisi dello stato di fatto della chiesa di S.Donato

8.2.2 Miglioramento del comportamento meccanico della muratura

8.2.3 Un nuovo solaio

8.2.3.1 Una struttura reticolare spaziale

8.2.3.2 Considerazioni ergotecniche

8.3 Una nuova struttura

8.3.1 Strategie di addizione

8.3.2 Dimensionamento e verifica struttura in acciaio

8.4 Materiali tradizionali e innovativi

09 NUOVI SPAZI DA VIVERE

9.1 Premessa

9.2 Comfort termico

9.2.1 Strategie passive

9.2.1 Analisi energetiche

9.3 Comfort visivo

9.3.1 Lo spazio espositivo

9.3.2 Il ristorante

9.4 Integrazione impiantistica

9.4.1 Impianto di ventilazione

9.4.2 Impianto di raffrescamento e riscaldamento

9.4.2.1 Spazio espositivo

9.4.2.2 Edifici blocco sud

9.4.3 Impianto idrico-sanitario

9.4.4 Impianto fotovoltaico

9.5 LCA - Life Cycle Assessment

10 LINEE GUIDA

Ringraziamenti

Indice dei riferimenti

Bibliografia

Siti consultati

Piani e programmi

Normativa

Indice delle figure

Indice delle tabelle

Allegati

Rilievo fotografico

Schede catalogazione edifici

Schede del degrado

Schede tecnologiche

Schede di intervento

Analisi dei carichi agenti sulle strutture

Dispersioni termiche invernali

Rientri di calore estivi (ore 9.00-12.00-15.00-18.00)

01 VISIONI FUTURE PER I PICCOLI CENTRI



Immagino città che diventano arcipelaghi di borghi e borghi storici che tornano a essere piccole città

Stefano Boeri

Piccola grande Italia

Come tessere di un mosaico, i piccoli comuni, aree pari o al di sotto dei 5000 abitanti, compongono una realtà piuttosto eterogenea che costituisce circa il 69% del totale nazionale, la cui superficie occupa poco meno del 55% del territorio italiano¹. Complice il boom economico degli anni '50 e '60, i piccoli paesi hanno subito una progressiva riduzione degli abitanti a favore delle grandi città e ad oggi vi risiede meno del 17% della popolazione italiana², una percentuale che probabilmente è destinata a peggiorare nei prossimi anni. Difatti, secondo quanto emerso dall'Atlante dei Piccoli comuni realizzato dall'ANCI, la percentuale dei piccoli comuni che ha registrato una variazione demografica negativa tra il 2011 e il 2018 è del 72,9%, ovvero 4.007 comuni sul totale.

Un'Italia minore spesso dimenticata e, tuttavia, custode di un patrimonio dal valore inestimabile. Basti pensare che il ben 92%³ delle produzioni tipiche nasce in queste piccole realtà.

“Il segreto del miracolo italiano è stato nella capacità di produrre all'ombra dei campanili cose belle, che piacciono al mondo”

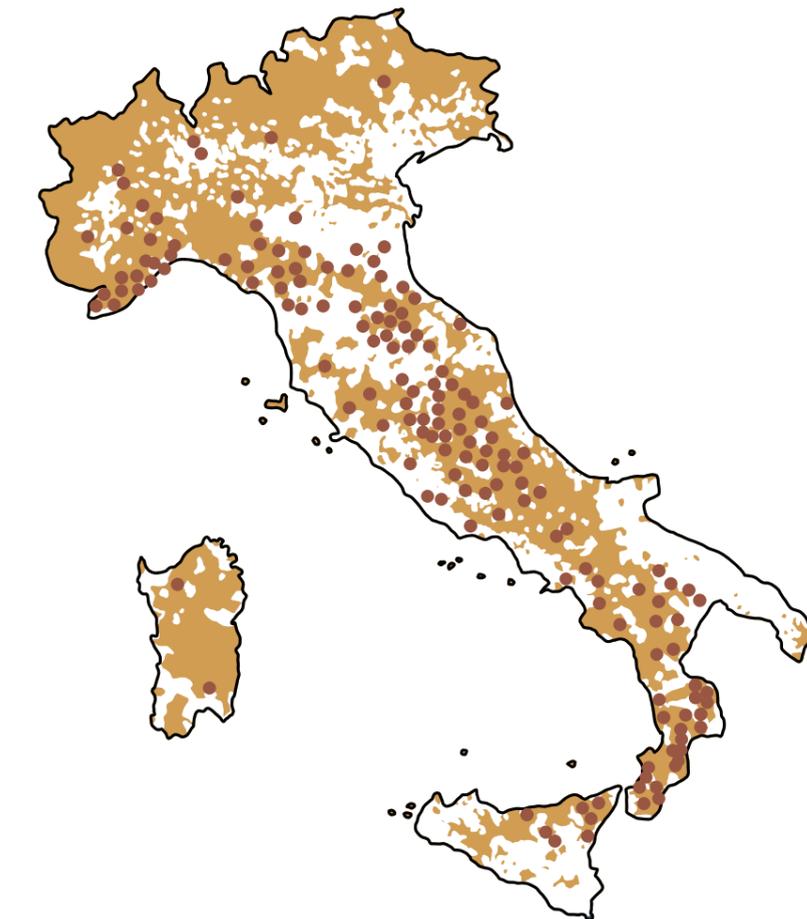
Carlo M. Cipolla

Non solo prodotti agroalimentari, biodiversità, cultura, storia e tradizioni sono le parole chiave che animano il dibattito sui piccoli centri. Una scomparsa di questi luoghi significherebbe accettare la perdita di parte dell'identità del nostro Belpaese.

¹ ANCI, *Atlante dei Piccoli Comuni*, 2019 [Ultimo accesso febbraio 2023]

² ISTAT, *Storia demografica dell'Italia dall'Unità ad oggi*, febbraio 2023.

³ Coldiretti, Fondazione Symbola, *Piccoli comuni e tipicità*, 2018.



Borghi completamente dismessi ●

Piccoli comuni (< 5.000 abitanti) ■

Fig.1.1. Mappa dei piccoli comuni e dei borghi abbandonati in Italia. [Fonte dati: ANCI, *Atlante dei Piccoli Comuni*, 2019 e Geografia dell'abbandono, progetto di ricerca DPA-Politecnico di Milano, 2009].

Problematiche e nuove prospettive

Fig.1.2. Popolazione residente nei piccoli comuni relativa all'anno 2021. [Fonte dati: ISTAT, Censimenti permanenti, 2023]

La discussione sui piccoli centri si è riaccesa recentemente con la pandemia, la quale ha inciso fortemente sui nostri stili di vita costringendo non solo a modificare le nostre abitudini, ma mettendo anche in luce l'inadeguatezza di determinati spazi. In parallelo alla crisi dell'abitare nelle grandi città, si è, quindi, aperta la prospettiva a un possibile ritorno in questi paesini.

Affinché un rinascita sia davvero possibile, è necessario riconoscere le debolezze di queste realtà e comprenderne la complessità. Molte di queste aree, difatti, sono collocate in contesti montani o alto-collinari, il cui accesso è reso ostile sia dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio, sia dall'inadeguatezza delle infrastrutture presenti. Un altro fattore di criticità è legato all'età media degli abitanti di questi paesini, i quali risultano essere prevalentemente anziani. Infatti, sebbene la popolazione italiana sia di tipo regressivo, l'indice di vecchiaia nelle aree marginali è nettamente superiore rispetto alla media nazionale, soprattutto nei comuni periferici e ultraperiferici dove la popolazione anziana supera del doppio quella giovane¹. Dinamiche demografiche di questo tipo causano una scarsa attrattività di queste realtà e, quindi, limitano le potenzialità di sviluppo di questi luoghi, nei quali già mancano o non sono garantiti i servizi di base. Ad oggi un numero considerevole di piccoli comuni non ha né un bar né un negozio di generi alimentari². Ciò, inoltre, incide negativamente anche sulla Superficie Agricola Utilizzata poiché ne

conseguono un abbandono dei terreni agricoli più ostili, per pendenza o estensione, e, pertanto, un aumento della superficie forestale³. Sono territori molto spesso fragili, la cui vulnerabilità è amplificata dai fattori appena citati. Secondo il rapporto ISTAT sulle aree interne, la percentuale di popolazione esposta a elevato rischio sismico e rischio frane aumenta considerevolmente in queste realtà marginali⁴.

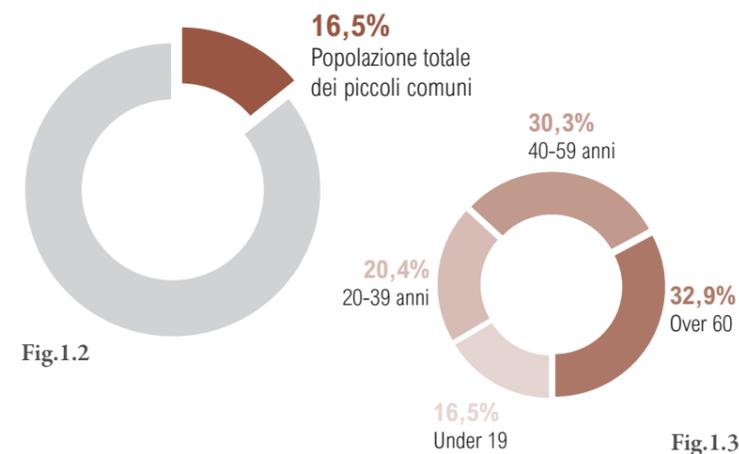


Fig.1.2

Fig.1.3

Nonostante le innumerevoli difficoltà che le caratterizzano, tali aree svolgono un ruolo fondamentale di presidio del territorio dal punto di vista idrogeologico, paesaggistico e di identità culturale e offrono diverse possibilità di sviluppo.

Dal punto di vista naturalistico, investire sulle aree interne è importante per preservare gli ecosistemi e la biodiversità dato che l'incidenza delle aree protette è di circa il doppio in questi territori che nei centri, con una percentuale rispettivamente del 23,8% e del 12,6%. Un ricco patrimonio naturale che spesso si affianca a quello culturale: i luoghi della cultura di queste aree rappresentano ben il 31,1% di quelli totali e tra questi il 32,8% sono musei⁵. L'insieme di questi elementi fa sì che i borghi e i piccoli centri risultino molto attrattivi dal punto di vista turistico. Ciò è dimostrato anche dai numerosi programmi e iniziative che sono nate sul territorio nazionale ed europeo con lo scopo di promuovere un turismo sostenibile, di qualità, per lo sviluppo e la visibilità di *eccellenze certificate*. Tra questi, i più noti nel panorama italiano risultano essere il marchio del Touring Club *Bandiere arancioni*, l'associazione *I Borghi più belli d'Italia* e l'associazione *Borghi autentici d'Italia*. Tuttavia, bisogna fare attenzione a giocare la carta del turismo, perché, affinché questa sia vincente, è necessario che le proposte di sviluppo siano innovative e che coinvolgano i tessuti sociali, economici e produttivi, altrimenti si rischia di investire su progetti effimeri, legati soprattutto alla stagionalità, ma che poi nel concreto non rappresentano una possibilità di rigenerazione.

Il turismo non rappresenta quindi l'unica prospettiva. Se si analizza il patrimonio edilizio dei piccoli comuni, si nota che ogni due case occupate vi è una vuota. Solo il 15% di quelle disponi-

bili potrebbe ospitare 300.000 abitanti⁶. Sebbene non sia stato dimostrato, lo smart working potrebbe rappresentare un contributo decisivo per un ritorno in questi luoghi, caratterizzati da stili di vita più sani e ritmi più lenti. Ciò dovrebbe necessariamente essere supportato da opere di adeguamento edilizio, infrastrutturale e di potenziamento della connessione digitale. In ultimo, anche il settore produttivo rappresenta una ricchezza, non solo per i prodotti locali come già anticipato, ma anche per il saper fare locale. Sebbene le imprese rappresentino solo il 17% del totale, la maggior parte di queste sono di carattere artigianale producendo il 10% del fatturato, rispetto al 5% delle aree centrali⁷. Un settore, quindi, che se innovato e sostenuto da opportuni progetti, potrebbe incidere positivamente a livello nazionale.



Fig.1.4. Susanna Pozzoli, Mario Berta Battiloro, dalla serie *Venetian Way*, Venezia 2017-2018

¹ ISTAT, *La geografia delle aree interne nel 2020: vasti territori tra potenzialità e debolezze*, 2022, p. 7.

² Fondazione Symbola, Fondazione Hubruzzo, Carsa, *Soluzioni e tecnologie per i piccoli comuni e le aree montane*, 2022, pp. 26-27

³ *Ibidem*.

⁴ ISTAT, *La geografia delle aree interne nel 2020: vasti territori tra potenzialità e debolezze*, 2022, pp. 14-16.

⁵ Fondazione Symbola, Fondazione Hubruzzo, Carsa, *Soluzioni e tecnologie per i piccoli comuni e le aree montane*, 2022, pp. 26-27

⁶ ISTAT, *La geografia delle aree interne nel 2020: vasti territori tra potenzialità e debolezze*, 2022, p. 7.

⁷ Fondazione Symbola, Fondazione Hubruzzo, Carsa, *Soluzioni e tecnologie per i piccoli comuni e le aree montane*, 2022, pp. 26-27

È davvero possibile un cambiamento?

Fig.1.5. *Ecovillaggio di Torri Superiori* [Fonte: italiachecambia.org].

Traendo le conclusioni da quanto detto fin ora, i piccoli comuni da aree problematiche possono diventare una risorsa per l'intero territorio italiano. Affinché si trasformi in un progetto concreto, è necessario adottare un approccio *place based*, sviluppando delle politiche che dialoghino con gli attori locali, che siano partecipative e coinvolgano le comunità, utilizzando le conoscenze e le risorse del territorio. È necessario, inoltre, proporre dei progetti integrati e di qualità che partano dal riconoscimento dei valori insiti del territorio, altrimenti il rischio è quello di omologazione e di perdita delle specificità locali¹.

Non solo la voglia di queste piccole comunità di rinascere, ma negli anni è cresciuto anche l'interesse dello Stato nei loro confronti. Già nel 2013 con la *Strategia Nazionale delle Aree interne*, SNAI, l'Agenzia per la coesione territoriale aveva avviato una politica diretta al miglioramento della qualità dei servizi ai cittadini e delle opportunità di sviluppo delle aree interne. Successivamente, con la *Legge Salva Borghi*, n° 158/2017, si riafferma la volontà del governo del recupero di piccole realtà mettendo a disposizione un fondo finanziario per gli anni 2017-2023. Inoltre, risulta essere un tema centrale anche nell'ambito del PNRR, *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*, in cui attraverso il *Piano Nazionale Borghi* sono previsti degli investimenti per il finanziamento di 21 progetti da completare entro giugno 2026.

Attualmente, i casi di piccoli centri recuperati sono diversi, molti dei quali hanno sfruttato prevalentemente la vocazione turisti-

ca. Molto comune è la formula dell'albergo diffuso. Scelta che, probabilmente, risulta essere la più logica e conveniente, ma non può essere l'unica linea da seguire. Un esempio in cui la strategia turistico-ricettiva è stata affiancata ad altre è rappresentato dall'ecovillaggio di Torri Superiori, un antico borgo ligure disabitato in cui negli anni Novanta si è deciso di fondare una comunità sostenibile che vivesse in equilibrio con la natura circostante. Sebbene ci siano voluti una decina di anni affinché questo sogno si realizzasse, ad oggi la comunità ospita poco più di una ventina di abitanti che hanno avviato delle attività legate principalmente all'artigianato, all'agricoltura e alla formazione, i cui ricavi, insieme al capitale privato dei residenti, hanno finanziato l'intero intervento.



¹ N. Carrà, L. Spanò, *Aree interne e centri minori per la competitività del territorio*, in << ArcHistoR >>, extra n° 6, 2019, pp. 384-386.

Un esempio altrettanto virtuoso è il borgo di Solomeo in Umbria, noto anche come il borgo del cashmere e dell'armonia. Nasce dall'impegno quotidiano dell'imprenditore Brunello Cucinelli che negli anni Ottanta, contrariamente a quanto succedeva nel resto di Italia, decise di stabilire la sede dell'impresa nel castello del piccolo borgo, diventando poi un'eccellenza nel mondo del lusso. Successivamente l'azienda venne spostata a valle per far posto, nel 2013, alla Scuola di Alto Artigianato Contemporaneo per le Arti e i Mestieri. La filosofia dietro alla rinascita di questo borgo è quella di *Capitalismo umanistico e Umana sostenibilità*, come la definisce Cucinelli, per trovare il giusto equilibrio tra uomo, natura e lavoro. Infatti, l'antico borgo, ospitando anche un Teatro, il Foro delle Arti, il Giardino dei filosofi e l'Accademia neoumanistica Aureliana, si è trasformato in una sorta di locus amoenus dove *sentirsi custodi della bellezza*².

Le strade da seguire sono infinite, ognuna delle quali deve essere progettata per adattarsi al meglio alle risorse locali e, nel complesso panorama fin ora descritto, quelli citati sono solo alcuni esempi per affermare che un recupero di piccoli centri non è di certo un'utopia ma una realtà concreta. È un processo lungo, faticoso, che richiede impegno e anche un importante sostegno economico, ma che grazie al contributo e alla partecipazione di comunità, stakeholders e amministrazioni locali è certamente realizzabile.

² <https://solomeo.it/it>, ultimo accesso febbraio 2023.



Fig.1.6. Gavin Bond, *Brunello Cucinelli's School Of Arts And Crafts is housed in the village's 14th-century castle*, in *GQ magazine*, febbraio 2019.

Fig.1.7. *Il foro delle arti* [Fonte: Solomeo.it].



02 OBIETTIVO 2050: IL RUOLO DEI BORGHI



Think globally and act locally

Attualità delle problematiche ambientali

“ *We cannot safely live on a planet with the climate that is out of control. But that does not mean that to reduce emissions, we should sacrifice the livelihoods of Europeans. Over the last years, we have shown how to reduce emissions, while creating prosperity, high-quality local jobs, and improving people’s quality of life. Europe will inevitably continue to transform. Our strategy now shows that by 2050, it is realistic to make Europe both climate neutral and prosperous, while leaving no European and no region behind* ”

The Vice-President responsible for the Energy Union, Maroš Šefčovič, 2018.

Il cambiamento climatico è un tema cardine da diversi anni, ma il repentino peggioramento delle condizioni di salute del Pianeta, con un conseguente calo del benessere e dell’integrità degli ecosistemi e delle componenti biotiche del sistema Terra, ha reso la questione ancora più urgente tanto da parlare di crisi climatica, di cui l’aumento della frequenza e intensità degli eventi estremi è solo uno dei tanti segnali.

È ormai ben noto che la principale causa è riconducibile all’enorme quantitativo di gas serra immesso nell’atmosfera, di cui l’anidride carbonica (CO₂), il metano (CH₄), l’ossido di azoto (N₂O) e gli idrofluorocarburi (HFCs) sono i maggiori inquinan-

ti. Rappresentando l’80% delle emissioni totali, quelle di CO₂ sono le più consistenti e sono dovute in primo luogo alle attività antropiche. Si stima, infatti, che il 75% provenga dalle città¹.

Il settore delle costruzioni è attualmente responsabile del 40% di tutte le emissioni di carbonio annue in atmosfera. Questa alta percentuale comprende tutte le fasi del ciclo di vita del processo edilizio, dall’estrazione delle materie prime alla loro lavorazione, dalla cantierizzazione al trasporto dei materiali, e dalla costruzione dell’edificio al suo utilizzo in termini di energia, fino al suo smantellamento. Come in altri settori, la volontà oggi è quella di raggiungere la neutralità climatica per gli edifici, motivo per cui si parla molto di decarbonizzazione della filiera edilizia. Ciò vale per le nuove costruzioni tanto quanto quelle esistenti. Infatti, si stima che i 2/3 del patrimonio edilizio nel 2040 sia coperto dagli attuali edifici esistenti².

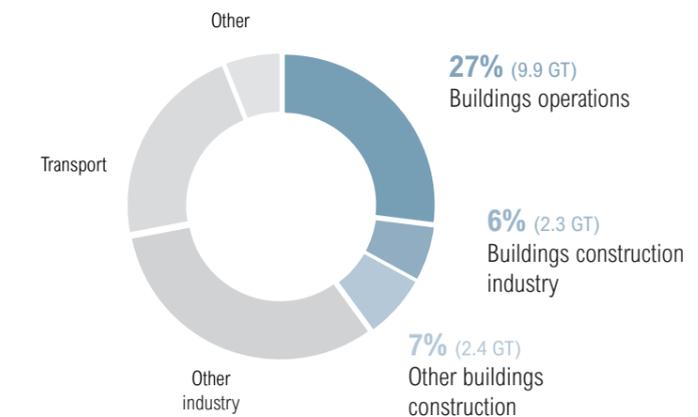


Fig.2.1. Emissioni annue di CO₂, con evidenziate quelle che riguardano il settore dell’edilizia [Fonte dati: IEA (2022), Buildings, IEA, Paris].

¹ MDPI, *CO2 Emissions in Buildings: A Synopsis of Current Studies*, 2022

² IEA Energy Technology Perspectives 2020, 2021

Fig.2.2. Eiko Ojala, *Climate Changed*, 2019.



Oltretutto, dato l'atteso incremento della popolazione, si prevede che entro il 2060 il suolo occupato dall'edilizia raddoppierà, ciò significherebbe costruire un'intera New York City, ogni mese, per 40 anni³.

Da alcune ricerche scientifiche è stato stabilito un budget di carbonio che la Terra si può permettere di sopportare e si stima che questo carico si aggiri attorno alle 800 Gt, di cui ad oggi ne sono già state prodotte circa 200 (solamente nel 2021 il peso dell'edilizia di nuova costruzione ha inciso per un picco di 10 Gt, valore comunque molto ravvicinato a quello degli anni precedenti). E considerando lo stato attuale delle emissioni è previsto che per il 2036 si andrà ad esaurire l'intero budget.

Guardano contesti a noi vicini come l'Europa, l'alterazione del clima determinerebbe gravi conseguenze ecosistemiche: si stima che il 16% dei suoi territori diverrebbero di carattere arido e la produttività del lavoro all'aperto, in particolar modo nelle regioni meridionali del continente, si ridurrebbe del 10-15% rispetto ai livelli odierni⁴. Questo graverebbe sulla disponibilità alimentare, idrica ed energetica, aggravando quindi sulla produttività economica e sulla stabilità politica in quanto verrebbero innescati conflitti e pressioni migratorie non trascurabili. Risulta quindi indispensabile agire subito e con decisione sul fronte clima.

³ Global ABC, *Global Status Report 2017*, 2017

⁴ COMMISSIONE EUROPEA, *Un pianeta pulito per tutti. Visione strategica europea a lungo termine per un'economia prospera, moderna, competitiva e climaticamente neutra*, 2018

Piani e programma verso il 2050

“ *The EU has already started the modernisation and transformation towards a climate neutral economy. And today, we are stepping up our efforts as we propose a strategy for Europe to become the world's first major economy to go climate neutral by 2050. Going climate neutral is necessary, possible and in Europe's interest. It is necessary to meet the long-term temperature goals of the Paris Agreement. It is possible with current technologies and those close to deployment. And it is in Europe's interest to stop spending on fossil fuel imports and invest in meaningful improvements to the daily lives of all Europeans. No European, no region should be left behind. The EU will support those more impacted by this transition so that everyone's ready to adapt to the new requirements of a climate neutral economy.* ”

Commissioner for Climate Action and Energy, Miguel Arias Cañete, 2018.

Le strategie intraprese per la riduzione del riscaldamento globale sono strettamente connesse alla volontà di limitare la produzione di CO2 in atmosfera, fino ad arrivare alla neutralità carbonica e climatica. Sono stati definiti differenti scenari per il futuro, ma è impensabile ipotizzare di imporre un freno immediato alla produzione di CO2, in quanto significherebbe porre un freno al mondo intero e alla sua economia. Al contrario risulta più credibile l'ipotesi di un graduale abbattimento delle emissioni di CO2 attuando strategie di compensazione alla produzione di gas climalteranti, portando sempre più vicino allo zero il bilancio tra anidride carbonica emessa e recuperata.

Sono stati quindi definiti alcuni step programmatici, ciascuno con i propri obiettivi di sostenibilità sociale, economica, ma soprattutto ambientale. L'inserimento di fasi intermedie in vista del raggiungimento della neutralità carbonica in questo trentennio (2020-2050) garantisce una più facile gestione della questione ambientale, permettendo un monitoraggio più accurato e una più immediata rivalutazione delle strategie da mettere in atto nelle fasi consecutive.

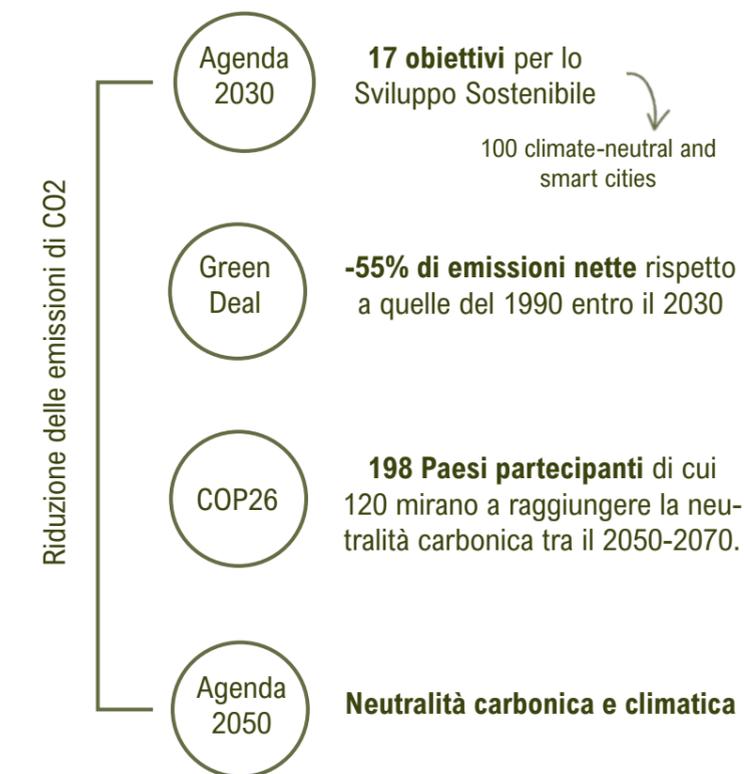


Fig.2.3. Schema riassuntivo dei piani e programmi 2030-2050.

Fig.2.4. Obiettivi dell'Agenda 2030 con evidenziati quelli legati alla progettazione.



Il recupero e la riqualificazione di borghi in stato di degrado e abbandono, come la rigenerazione dei centri storici minori e una loro successiva integrazione all'interno di un sistema connesso ed efficiente rientra perfettamente nelle idee e negli obiettivi di sostenibilità proposti dai piani. La creazione di nuove realtà partendo da un territorio che sta venendo dimenticato offre enormi possibilità di riuscita nel conseguimento dei principi di ecosostenibilità e efficientamento energetico, senza oltretutto gravare sul crescente consumo di suolo.

Lo scenario finale dei diversi piani e programmi può essere riassunto in un'azione definita e congiunta delle sette strategie riportate di seguito:

1. Sfruttare al massimo i benefici derivanti dall'efficienza energetica, compresi gli edifici a zero emissioni
2. Diffondere al massimo le energie rinnovabili e l'uso dell'energia elettrica per decarbonizzare completamente l'approvvigionamento energetico in Europa
3. Abbracciare la mobilità pulita, sicura e connessa
4. Un'industria europea competitiva e l'economia circolare come fattore chiave per ridurre le emissioni di gas serra
5. Sviluppare un'infrastruttura di rete e interconnessioni adeguate e intelligenti
6. Sfruttare appieno i benefici della bioeconomia e creare indispensabili pozzi di assorbimento del carbonio
7. Far fronte alle emissioni residue di CO2 tramite la cattura e lo stoccaggio del carbonio

Nuovamente risulta più facile immaginare come l'applicazione di tutte queste strategie e azioni sia più veloce da concretizzare all'intero di realtà più piccole. La presenza di grandi aree di suolo non urbanizzate nel territorio in cui si insediano i borghi e centri storici minori italiani dà oltretutto la garanzia di una più rapida gestione delle strategie di stoccaggio e cattura dell'anidride carbonica, e diventano così un ottimo punto di partenza per il panorama italiano e la sua transizione.

Applicazione strategica delle iniziative

Verso la neutralità carbonica

Affidandosi allo schema strategico proposto per gli obiettivi dell'Agenda 2050 è possibile ora individuare per ciascuno dei sette punti alcune possibili soluzioni da attuare per avvicinarsi sempre più al traguardo delle zero emissioni.

Per quanto riguarda il tema dell'efficienza energetica e l'edilizia sarà importante concentrarsi, come già visto, soprattutto sul patrimonio costruito esistente aumentando il tasso di ristrutturazione, cambiando la tipologia di combustibile per il sistema di riscaldamento (puntando maggiormente sulle fonti di energia rinnovabile: energia elettrica, teleriscaldamento, gas rinnovabile o solare termico), diffondendo prodotti e apparecchiature domestiche più efficienti, utilizzando sistemi intelligenti di gestione degli edifici e delle apparecchiature, e migliorando i materiali d'isolamento ampliando la scelta sulle componenti bio-based innovative.

Proseguendo sul tema delle energie rinnovabili si prevede un futuro dove la richiesta di gas e petrolio scenderà al di sotto del 20%, mentre aumenterà oltre il 50% quella dell'energia elettrica che diventerebbe quindi primaria. Questo incremento porterà ad una riduzione dei costi sulla sua produzione e di conseguenza sarà possibile una transizione energetica non solo da parte del settore edilizio ed energetico ma offrendo opportunità di miglioramento ed efficientamento anche per i settori dei trasporti e dell'industria, virando verso una loro decarbonizzazione. Per rendere questa trasformazione realmente possibile sarà fondamentale il supporto dato dalla partecipazione dei consumatori,



Fig.2.5. Eiko Ojala, Metropolis Magazine cover for "Green Cities", 2019.

dalle possibilità di stoccaggio di energia su larga scala e dalla digitalizzazione delle pratiche di gestione.

Sul tema della mobilità pulita è logico che la soluzione ottimale è optare per il solo utilizzo di veicoli a basse e zero emissioni dotati di sistemi alternativi di propulsione ad alta efficienza, con una però necessaria miglioria di tutto il sistema di infrastrutture territoriali per consentire un più agevole spostamento anche da parte del servizio di trasporto pubblico. Un aspetto dominante nel tema dei trasporti lo assumeranno le smart cities in quanto caratterizzate principalmente da spostamenti corti. Il modo in cui ci si sposterà sarà completamente diverso da quello cui siamo abituati nel mondo odierno: ci sarà un consistente aumento della costruzione di piste ciclabili e pedonali, si avrà un sistema di trasporto pubblico locale pulito, verranno introdotte nuove tecnologie di consegna (come i droni), ci saranno sempre più servizi di condivisione di automobili e biciclette.

Nell'industria, in particolar modo concentrandosi sulla nuova tematica dell'economia circolare, verrà dato un grande peso all'utilizzo delle materie prime. Sarà indispensabile attuare strategie di riutilizzo e riciclaggio in quanto il settore delle estrazioni è quello maggiormente incidente nell'impatto ambientale. L'innovazione tecnologica nel campo dei materiali svolgerà quindi un ruolo fondamentale, sia per quanto riguarda la riscoperta di usi tradizionali, come il legno nell'edilizia, sia per i nuovi materiali compositi che sostituiscono materie ad alta intensità energetica. Per rendere possibile l'azzeramento delle emissioni sarà però cruciale non limitarsi solamente alla scelta dei materiali, ma bisognerà pure catturare l'anidride carbonica, stoccarla e riuti-

lizzarla. Altre soluzioni sono invece più legate al sistema di produzione dei materiali, soprattutto per quanto riguarda il ciclo di vita del cemento e dell'acciaio che sono i maggiori responsabili delle emissioni industriali.

Le infrastrutture necessiteranno di un ammodernamento nel caso in cui garantiscono la possibilità di riutilizzo per intero o in parte, oppure si opterà per una tempestiva sostituzione di quelle obsolete con infrastrutture compatibili con gli obiettivi per l'anno 2050.

La biomassa assumerà un ruolo importantissimo per l'economia a zero emissioni nette: può fornire energia termica in modo diretto, può essere trasformata in biocarburanti e biogas, può essere trasportata attraverso la rete del gas sostituendo quello naturale, e può oltretutto sostituire i materiali ad alta intensità di carbonio anche in campo edilizio. La produzione agricola non cesserà di rilasciare emissioni di gas climalteranti e l'innovazione sarà in grado trovare soluzioni alla loro riduzione, attuando un'agricoltura di precisione e ottimizzando l'applicazione di fertilizzanti e di prodotti fitosanitari. Oltretutto i terreni offrono ingenti potenzialità di sequestro e stoccaggio del carbonio, e un aiuto verrà dato dall'implemento dei già presenti pozzi naturali grazie all'imboschimento e al ripristino dei terreni forestali, apportando pure benefici alla biodiversità.

Infine, parallelamente al pozzo di assorbimento rappresentato dall'utilizzo del suolo, prenderà posto la tecnologia CCS (Carbon Capture and Storage), complice nella compensazione delle emissioni di gas serra residue. La cattura e lo stoccaggio del

carbonio non sono ancora in fase di commercializzazione e sarà quindi necessario uno sforzo in termini di ricerca e innovazione per consentire la dimostrazione dell'efficienza di questa tecnologia, e occorrerà una rete di infrastrutture apposite per il trasporto e lo stoccaggio della CO₂.

Il ruolo dei borghi nell'economia circolare

Oggi quando si parla di economia circolare non è più contemplato riferirsi soltanto alle città. Il modello di sviluppo basato sull'idea che *"città : progresso = borgo : presepe"* va assolutamente rivalutato.

L'Italia è un Paese di paesi, ma grande importanza, forse troppa, viene ancora data alle metropoli. La tendenza verso il 2050 è un continuo e costante accentramento della popolazione nelle città che per autosostenersi saranno costrette ad espandersi sul proprio circondario. Per evitare che, quindi, diventino mere riserve per le grandi città, è essenziale investire maggiormente sui territori. La scusante che viene oggi data per motivare questo comportamento è l'impreparazione dei territori nei confronti dell'innovazione e dell'economia circolare, ma di fatto non si è mai scommesso realmente su queste realtà minori, i quali non potranno emergere in questo contesto di sviluppo se non viene data loro la giusta attenzione. Nelle metropoli si trovano spesso edifici e grattacieli vuoti, quando si potrebbero organizzare atti-

vità economiche sui territori attraverso piattaforme innovative per il lavoro che comporterebbero sicuramente minori emissioni e minori spostamenti, portando quindi benefici al sistema ambientale.

In Italia esistono 5.500 *"piccoli paesi"*, ma la parola borghi compare solamente una decina di volte nel PNRR, ed è intesa solo in termini di turismo, passeggiate e chiese da visitare¹. Il costruito va in disuso, si continua a costruire, e la manutenzione dei borghi continua a decrescere. Attività di smart working e uffici aperti per i freelance non sono sufficienti per portare capitale umano in questi territori. È necessario attrarre investimenti e risorse, e le attività fini a sé stesse non li garantiranno. E non è una questione di connettività, ma più che altro di gestione dell'innovazione e l'economia circolare può coprire un ruolo fondamentale e trainante su questo tema, in quanto apporta benefici non sulla singola impresa ma sull'intero ecosistema in cui opera.

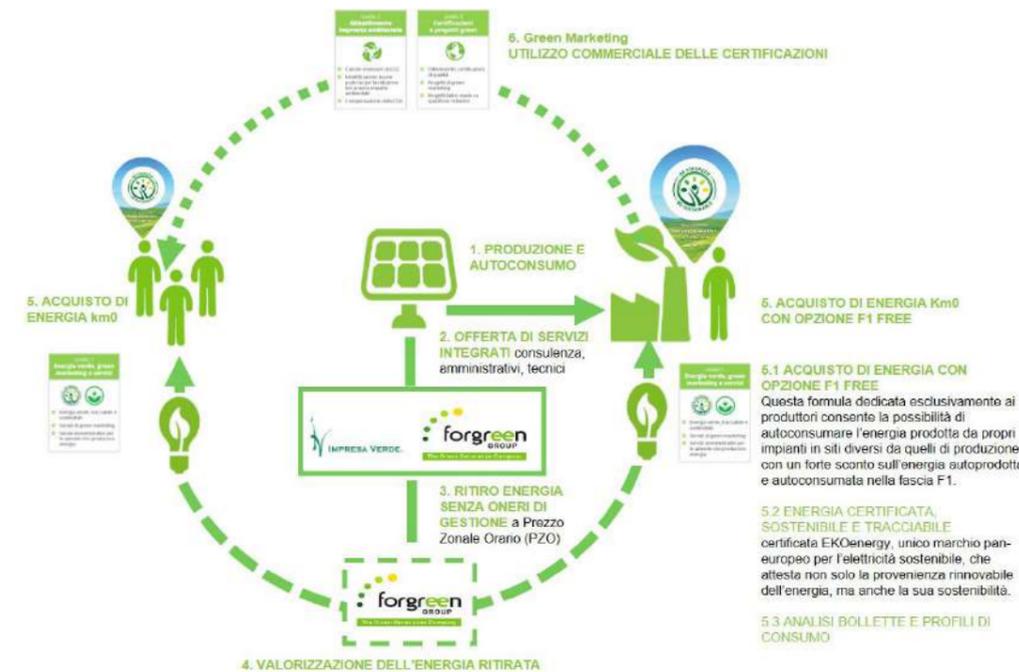
La realtà dei borghi risulta decisamente più piccola di quella delle metropoli e delle grandi città, ed è quindi di più facile gestione. È più semplice rendere un borgo circolare piuttosto che una grande città, e il tema dei rifiuti ne è il principale esempio: l'Italia è il primo Paese in Europa per riduzione dei rifiuti avviata a riciclo con un tasso del 79,3%², e i tassi di raccolta più alti derivano proprio dai piccoli centri, al contrario delle città che invece trovano delle difficoltà nella gestione.

¹ Energia Circolare.com, *L'economia circolare non solo nelle città ma nei territori: una possibile rotta per una ripresa post-Covid*, 2021.

² *Ibidem*.

Fig.2.6. Schema del progetto di filiera *Energia Agricola a km0* promosso da *Coldiretti Veneto e ForGreen SpA Società Benefit*, grazie al quale nel 2018 è nata la prima Comunità Energetica Agricola. [Fonte: Fattorie del sole -Coldiretti]

Oltretutto si è già visto che proprio in Italia esistono già 38 piccoli comuni dichiarati 100% rinnovabili, cioè che grazie alle fonti rinnovabili riescono a produrre una quantità di energia elettrica e termica maggiore di quella consumata dai residenti. Escludendo invece l'aspetto termico, il numero di piccoli comuni 100% elettrici aumenta a 2.271³. La transizione quindi è realmente possibile, e forse avrà veramente efficacia se si parte dalle piccole realtà.



Primi approcci verso la transizione ambientale

In Italia, a seguito dell'attuazione del Green deal europeo che come temi principali ha il digitale e l'ambiente, il Ministero per l'Innovazione tecnologica e la digitalizzazione ha delineato la *Strategia per l'innovazione tecnologica e la digitalizzazione del Paese 2025*, un piano che mira alla modernizzazione del Paese completamente in linea con gli obiettivi dell'Agenda 2030. All'interno di questo piano il punto A10 associa i borghi all'idea di futuro.

I Borghi del Futuro sono sostanzialmente l'equivalente delle smart cities ma in scala più ridotta, che come già anticipato risultano infatti di più semplice gestione, e come primo approccio strategico sono state definite 12 cittadine con meno di 60 mila abitanti, colme di storia e cultura, che possano essere rappresentative per tutto il territorio italiano. I comuni selezionati sono Alghero, Bardonecchia, Campobasso, Carbonia, Cetraro, Concorezzo, Ginosa, Grottole, Otranto, Pantelleria, Pietrelcina e Sestri Levante, e la loro dimensione è certamente differente dalla realtà dei borghi e dei piccoli comuni, ma la ridotta espansione rispetto alle metropoli rende più facile trovare più soluzioni alle diverse problematiche.

L'obiettivo principale di questa strategia prevede la trasformazione di queste realtà in laboratori di sperimentazione su servizi digitali e innovativi al servizio del cittadino, per migliorare la

vita di questi borghi ed evitare pure lo spopolamento. E l'iniziativa prende vita dal raccoglimento delle esigenze e dei bisogni esposti da questi 12 comuni riguardo a quattro aree di riferimento: mobilità, cultura, benessere e cura della persona, salvaguardia dell'ambiente. Questi bisogni verranno infine trasformati in bandi aperti a tutte le imprese private, alle università, ai centri di ricerca, a enti del terzo settore e a persone fisiche, da cui verranno selezionate le migliori proposte e concretizzate grazie alla dotazione finanziaria del progetto.

Vero però che se la transizione ecologica va attuata sull'intero sistema globale nel minor tempo possibile non è possibile attendere l'efficienza delle strategie applicate finora su piccola scala per poi essere applicate a mano a mano su scale territoriali più grandi. Bisogna agire più in fretta anche sulle realtà più grandi, come appunto le metropoli e le città. A favore di questa affermazione, esempio che dà una dimostrazione di come il modello di transizione può essere applicato su sistemi più complessi, giunge il quartiere romano di Centocelle, che grazie all'economia circolare riesce a risparmiare 160 tonnellate di CO2 all'anno con il progetto 'Centocè'. Questa iniziativa coinvolge nel pieno dello sviluppo tutti gli abitanti della zona attraverso numerose attività sostenibili e di lotta allo spreco, seguendo buone pratiche di scambio, riuso e condivisione. Per farlo sono state individuate 14 azioni di economia circolare, tra cui orti urbani, attività a chilometro zero, case dell'acqua, ristoranti con cucina di prodotti locali, coworking, contribuendo fino a una riduzione dell'80% delle emissioni del quartiere.

È quindi possibile, anche grazie alle piccole azioni del quotidiano, garantire l'efficienza e la buona riuscita di progetti e iniziative più grandi come quelli legati alla transizione ecologica, e il contributo dei cittadini, lo sforzo delle piccole realtà e l'impegno di quelle più ampie sono fondamentali per poter raggiungere un benessere globale positivo e condiviso.

³ La nuova ecologia, *Comunità energetiche, opportunità per i borghi italiani. Torna Voler Bene all'Italia*, 2022.

03 UNA SFIDA POSSIBILE



Un paese ci vuole, non fosse che per il gusto di andarsene via. Un paese vuol dire non essere soli, sapere che nella gente, nelle piante, nella terra c'è qualcosa di tuo, che anche quando non ci sei resta ad aspettarti

Cesare Pavese, *La luna e i falò*, Torino 1950

Premessa metodologica

I piccoli centri, come ampiamente trattato nei capitoli precedenti, sono realtà difficili in cui esigenze sociali, culturali ed economiche sono tra loro concatenate e, molto spesso, variano anche a seconda dei contesti in cui si inseriscono. Tale complessità si riflette anche sugli interventi che li riguardano, i quali sono economicamente impegnativi e rischiosi, soprattutto perché molto spesso non si concludono con l'esito sperato.

Da ciò, nasce l'esigenza di definire a priori una metodologia di intervento chiara ed efficace che accompagni nelle diverse fasi di progetto. In primis è necessario definire l'oggetto sul quale intervenire, scelta non banale data la numerosità dei borghi in Italia. A questa segue una fase di conoscenza, la quale deve svilupparsi necessariamente su più scale. È una fase cruciale poiché permette di definire tutte le caratteristiche sulle quali si individueranno delle strategie di intervento mirate al contesto di riferimento. Anche quest'ultime si sviluppano sia alla scala territoriale che a quella dell'area di intervento poiché la sola rifunzionalizzazione dell'oggetto non basta, ma è necessario che questo venga reinserito in un contesto più ampio. A questa segue una fase di progetto che si articola in diverse sottofasi a seconda dell'oggetto.

Nello specifico di questa tesi, si ha l'obiettivo di trarre delle conclusioni critiche dal caso studio di Celleno al fine di stilare delle linee guida utili alla progettazione in contesti simili.



Fig.3.1. M. Tranquillini, senza nome [Fonte: corriere.it https://www.corriere.it/opinioni/18_gennaio_09/borghi-antichi-riportiamo-vita-fc7d5f90-f48a-11e7-8933-313b-cfe78b3e.shtml]

Fig.3.2. Orvieto [Fonte: <https://www.spa-umbria.com/2020/09/04/borghi-umbria/>].



Analisi multicriteri

Come già ampiamente affrontato, i piccoli centri sono una realtà fortemente diffusa su tutta la penisola e il loro elevato numero rende la scelta del borgo su cui intervenire una vera e propria sfida. Difatti, la portata degli investimenti che caratterizza questi interventi, sia dal punto di vista economico che sociale, unita alla consapevolezza che non tutti i luoghi hanno le stesse potenzialità e non tutto può essere riqualificato, rende questa una fase cruciale dell'intero processo. Per tale ragione, si è tentato in questa sede di definire un modello di analisi che possa agevolare le prime fasi decisionali attraverso la comparazione di più alternative.

Uno scenario complesso come quello fin ora descritto richiede l'adozione di un approccio sistematico per la classificazione e valutazione delle alternative, per cui si è deciso di ricorrere a un'analisi multicriteri (MCDA – *Multi-Criteria Decison Analysis*) e in particolare a un metodo di tipo gerarchico (AHP - *Analytic Hierarchy Process*). Questo sistema consente di scomporre la ricerca di una soluzione a un problema in uno schema più semplice, distribuito su più livelli, dall'obiettivo che si pone in testa all'analisi fino alle diverse alternative che fungono da plausibili risposte. I livelli intermedi sono invece costituiti da fattori che influenzano la determinazione dell'alternativa più idonea al soddisfacimento dell'obiettivo, fattori che vengono denominati sotto-criteri, catalogabili all'interno di macrocategorie dette criteri. Nella fig. 3.3 si riporta un esempio di gerarchia a tre livelli.

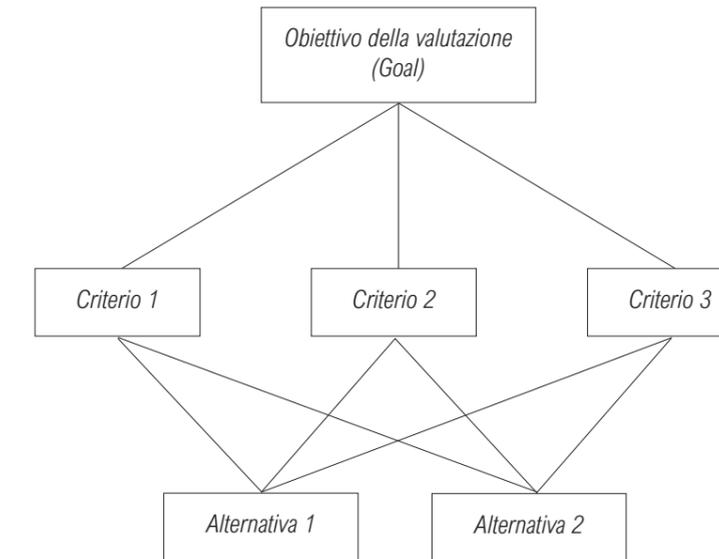


Fig.3.3

Una volta strutturato il problema decisionale, la fase successiva consiste nella raccolta dei dati mediante confronti a coppie al fine di determinare le priorità locali, che esprimono l'importanza relativa degli elementi appartenenti a ogni livello gerarchico considerato rispetto agli elementi del livello immediatamente

superiore¹. Per ogni coppia di elementi di un livello gerarchico il decisore esprime un giudizio di preferibilità attraverso una scala di valutazione composta da due intervalli [9;1] e [1;9], in cui con 1 si indica la stessa importanza tra i criteri e con 9 l'assoluta importanza di uno rispetto all'altro e viceversa. Il risultato ottenuto è un coefficiente a_{ij} che rappresenta una stima della dominanza del primo elemento (i) rispetto al secondo (j) e con il quale poter costruire una matrice quadrata, detta matrice del confronto a coppie. Una volta costruita la matrice dei confronti a coppie occorre sintetizzare i rapporti di preferenza relativi a ciascuna alternativa x_i , cioè $(a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{in})$, in un'unica valutazione w_i rappresentativa di x_i in modo che, rispetto ad un criterio C_j :

$$w_i > w_j \Leftrightarrow x_i > x_j^2$$

$$\begin{matrix}
 & x_1 & x_2 & \dots & x_n \\
 x_1 & \left(\begin{matrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \end{matrix} \right) & \rightarrow w_1 \\
 x_2 & \left(\begin{matrix} a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \end{matrix} \right) & \rightarrow w_2 \\
 \dots & \left(\begin{matrix} \dots & \dots & \dots & \dots \end{matrix} \right) & \\
 x_n & \left(\begin{matrix} a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{matrix} \right) & \rightarrow w_n
 \end{matrix}$$

Fig.3.4

Fig.3.3. Esempio di gerarchia a tre livelli. [Fonte: L. Cirillo, L. Marcarelli, M. Squillante, *Uno strumento matematico per le decisioni complesse. L'analisi multicriteriale*, in <<MatematicaMente>>, MATHESIS, n 153, dicembre 2010.]

Fig.3.4. Matrice di confronto a coppie. [Fonte: L. Cirillo, L. Marcarelli, M. Squillante, *Uno strumento matematico per le decisioni complesse. L'analisi multicriteriale*, in <<MatematicaMente>>, MATHESIS, n 154, dicembre 2010.]

¹ L. Cirillo, L. Marcarelli, M. Squillante, *Uno strumento matematico per le decisioni complesse. L'analisi multicriteriale*, in <<MatematicaMente>>, MATHESIS, n 154, dicembre 2010.

² *Ibidem.*

Il simbolo > significa “*maggiormente preferito*”

Determinato il vettore delle priorità locali $w=(w_1; \dots; w_n)$, si calcolano i pesi globali effettuando la somma pesata tra i punteggi attribuiti a ciascuna alternativa e i pesi attribuiti ai criteri e ai sottocriteri. L’alternativa con il peso globale maggiore è quella che prevale sulle altre.

Al fine di organizzare il nostro problema decisionale si è partiti dallo studio del tema affrontato nei capitoli precedenti. È stato necessario definire tutte quelle caratteristiche ricorrenti che accomunano queste realtà, e che possono essere intese come sottocriteri. Con riferimento alla ricerca condotta da A. Nesticò, P. Fiore e E. D’Andria dell’Università degli Studi di Salerno, si sono individuate le seguenti “invarianti”³:

- Presenza di tradizioni e identità locali
- Attività produttive tipiche
- Assenza di servizi
- Distanza dalle città maggiori
- Assenza di infrastrutture adeguate

- Qualità ambientale
- Inserimento in un contesto naturale
- Estensione limitata e compatta del tessuto costruito
- Dimensione del costruito a scala umana
- Qualità del patrimonio costruito
- Caratteri tipologico-costruttivi tipici del luogo

Queste caratteristiche possono essere organizzate in quattro categorie, che rappresentano i principali criteri dell’analisi: sociale, economico, ambientale e storico-architettonico⁴. Ognuno di questi criteri può essere suddiviso in sotto criteri per i quali è possibile definire degli indicatori di valutazione. I sottocriteri e i relativi indicatori sono stati scelti in modo tale che le alternative potessero essere comparate nonostante una conoscenza limitata del sito. Rispetto allo studio di riferimento, nel caso specifico, si considerano un numero inferiore di sottocriteri e indicatori in quanto l’obiettivo in questa sede riguarda la scelta dell’oggetto e non si riferisce a singole azioni progettuali, per cui il livello di conoscenza del contesto è più generale e meno approfondito. Di seguito si riporta una tabella in cui si riassumono i vari livelli del modello gerarchico di analisi (Tab.3.1).

Tab. 3.1 Schematizzazione dei livelli del modello gerarchico di analisi.

Obiettivo	Criteri	Sottocriteri	Indicatori	Fonte
Scelta del borgo su cui investire	1. Sociale	1.1 Popolazione residente	N° dei residenti	Dati ISTAT
		1.2 Presenza di tradizioni locali	N° di tradizioni religiose/ enogastronomiche/ artigianali e simili	Siti ufficiali dei singoli comuni
		1.3 Eventi socioculturali	N° di eventi culturali	Siti ufficiali dei singoli comuni
		1.4 Partecipazione attiva dei cittadini	N° di associazioni, iniziative locali e simili	Siti ufficiali dei singoli comuni
		1.5 Accesso a servizi di prima necessità (farmacie, alimentari, uffici pubblici, scuole)	Tempo di percorrenza (minuti) a piedi	Google Maps
		1.6 Vicinanza a un polo attrattore (o capoluogo di provincia)	Tempo di percorrenza (minuti) in auto al centro più vicino	Google Maps
	2. Economico	2.1 Vocazione turistica	N° di turisti all’anno pro capite	Dati ISTAT
		2.2 Presenza di strutture ricettive	N° delle strutture nelle vicinanze	Dati GIS
		2.3 Inserimento in iniziative e itinerari di promozione locale e turistica	N° di programmi ed itinerari	Siti ufficiali dei singoli comuni
		2.4 Vicinanza a stazioni di trasporto pubblico	Tempo di percorrenza (minuti) a piedi	Google Maps
		2.5 Vicinanza ad assi stradali principali	Tempo di percorrenza (minuti) in auto all’asse viario principale più vicino	Google Maps
		2.6 Presenza di piste ciclabili	Lunghezza in km delle piste ciclabili presenti pro capite	Pisteciclabili.com
		2.7 Utenze domestiche	% di case fornite di sistema idrico, fognario, elettrico, del gas, telefonico e di internet	Dati ISTAT, dati GIS
		2.8 Fondi economici attivi	N° dei fondi economici attivi (a esclusione del PNRR)	Siti ufficiali dei singoli comuni
	3. Ambientale	3.1 Presenza di siti naturalistici	N° di siti naturalistici nel circondario (Considerati in un raggio di max 5 km)	Dati GIS
		3.2 Vicinanza a corpi idrici turistici	Tempo di percorrenza (minuti) in auto	Google Maps
	4. Storico - Architettonico	4.1 Presenza di beni storici	N° di beni storici	Dati GIS
		4.2 Varietà dell’edificato su cui è possibile intervenire (edifici pubblici/privati, residenziali, religiosi)	N° delle tipologie di edifici disponibili	Dati territoriali forniti dagli enti pubblici
4.3 Stato di conservazione		Scala di punteggio tra edifici a rudere e edifici ben conservati	Indagini visive degli edifici	

³ E. D’Andria, P. Fiore, A. Nesticò, *Centri minori e strategie di valorizzazione*, in *I centri minori... da problema a risorsa. Strategie sostenibili per la valorizzazione del patrimonio edilizio, paesaggistico e culturale nelle aree interne*, atti del convegno, Salerno 19-20 settembre 2019 pagg. 1397-1404.

⁴ E. D’Andria, P. Fiore, A. Nesticò, *Enhancement of Small Towns in Inland Areas. A Novel Indicators Dataset to Evaluate Sustainable Plans*, in << Sustainability >>, vol. 12, n 16, Agosto 2020, pagg. 6359-6383.

Fig.3.5. Patrizio Vailati Facchini, *Borgo di Celleno*, 2022.

Fig.3.6. *Trevinano* [fonte: <https://siviaggia.it/borghi/video/trevinano-borgo-falesia/384997/>].

Fig.3.7. *Castelnuovo dei Sabbioni* [fonte: <https://www.toscanamedia-news.it/cavriglia-borgo-disabitato-baciato-pnrr-castelnuovo-avane.htm>].

Fig.3.8. *Cesi* [fonte: https://www.ilmessaggero.it/umbria/un_week_end_alla_scoperta_di_cesi_con_nubio_di_storia_arte_e_natura-6989913.html].

L'ultimo livello gerarchico dell'AHP si riferisce alle alternative da comparare, le quali variano a seconda dei casi.

Per quanto riguarda il lavoro di tesi, l'attenzione primaria è stata catturata da un piccolo borgo abbandonato in provincia di Viterbo: il borgo fantasma di Celleno. Il modello appena descritto è stato impiegato per capire se questa piccola realtà quasi sconosciuta avesse delle concrete possibilità di intervento rispetto ad altre che già si stanno attivando per contrastare, o quantomeno limitare, il proprio abbandono. Pertanto, la scelta delle alternative è stata basata principalmente sull'individuazione di contesti limitrofi e dalle caratteristiche simili al borgo in esame. Tenendo quindi in considerazione il posizionamento di Celleno nell'Alto Lazio, e i borghi vincitori dell'ultimo Bando del PNRR del 2022, *Imprese Borghi*, la selezione delle alternative da inserire nell'analisi multicriteri è ricaduta su Trevinano, Cesi e Castelnuovo dei Sabbioni, rispettivamente in provincia di Viterbo, di Terni e di Arezzo.



- Borgo di Celleno** (350 m s.l.m.): piccolo borgo arroccato su uno sperone tufaceo in provincia di Viterbo. Considerato un borgo fantasma, sorge a pochi chilometri dal nuovo nucleo costruito negli anni '30 e che ad oggi ospita poco più di 1300 abitanti e in cui si concentrano i principali servizi.
- Borgo di Trevinano** (619 m s.l.m.): frazione del comune di Acquapendente. Come il borgo fantasma di Celleno, sorge su una dolce collina nel territorio dell'Alta Tuscia viterbese. Anche questo borgo ad oggi risulta essere quasi disabitato.
- Borgo di Castelnuovo dei Sabbioni** (280 m s.l.m.): frazione del comune di Cavriglia in provincia di Arezzo. Anche questo, come il primo, è stato progressivamente abbandonato per l'instabilità del territorio a favore di un nuovo nucleo nelle vicinanze.
- Borgo di Cesi** (437 m s.l.m.): frazione del comune di Terni. Situato a circa 10 km dal centro urbano di Terni, questo borgo alle pendici del Monte Eolo è definito "terrazza della conca ternana".

L'analisi multi-criteri è stata sviluppata all'interno del software *Superdecision*, che consente l'impostazione dei molteplici livelli sopracitati e le rispettive interconnessioni. Imponendo come obiettivo "definizione del borgo sul quale conviene maggiormente investire per la sua riqualificazione", come alternative i borghi di **Celleno**, **Trevinano**, **Cesi** e **Castelnuovo dei Sabbioni**, e come criteri e sottocriteri i dati presenti nella tabella Tab.3.1, il software genera autonomamente una matrice di confronto a coppie che

compara i singoli elementi del sistema. Per ogni singola comparazione è richiesto di individuare un "peso" (con valore da 1 a 9) ad indicare quale dei due elementi della coppia possiede una maggior influenza nella definizione dell'alternativa vincente. All'interno di questa analisi si è deciso però di considerare ogni sottocriterio della medesima importanza; perciò, i pesi sono stati impostati tutti con valore pari a 1. Al termine di questa matrice il software genera ulteriori confronti a coppie, ma concentrandosi sulle diverse alternative, domandando, nel caso di questa analisi, quale borgo possiede un carattere vincente rispetto agli altri, per ciascun sottocriterio preso singolarmente (sempre con valori da 1 a 9). Nel caso in cui per determinati indicatori non si abbiano sufficienti dati per la comparazione (nel caso specifico per i sottocriteri 2.1, 2.7 e 2.8), si assegna un valore pari a 1 in modo che ciò non influisca sul peso totale. Terminata la matrice, verrà restituita l'alternativa che meglio risponde all'obiettivo posto in testa all'analisi. Dall'analisi è risultato, come riportato nel grafico Fig. 3.9, che l'alternativa che prevale su tutte è il borgo fantasma di Celleno. Seppur in modo qualitativo, si è quindi dimostrata una concreta possibilità di intervento per questo borgo.



Fig.3.9

Concludendo, si è consapevoli che tale modello necessita di ulteriori livelli di approfondimento e perfezionamento, ma si augura che possa essere una base per ulteriori ricerche future.

Fig.3.9. Risultato dell'analisi multicriteri ricavato dal software *Superdecision*.

04 LA TERRA DEI TUSCI



*Il sole taglia la vallata
piena di querce di un rosa di paradiso;
i due piccoli fiumi si riuniscono in fondo
mormorano come spiriti beati.
Anche il verde del vischio qua e là
è un verde di paradiso.*

Pier Paolo Pasolini, *La nuova gioventù*, vv. IX-XII

L'Alta Tuscia

Inquadramento

L'Alta Tuscia si colloca all'interno della provincia di Viterbo, nel Lazio, a confine con la Toscana, l'Umbria e il Mar Tirreno. Il territorio vanta di una posizione congiunturale strategica tra il Nord Italia e il Mezzogiorno: a pochi chilometri dalla Capitale, l'area del viterbese è attraversata dall'Autostrada del Sole A1 e dalla linea ferroviaria Roma-Firenze (la Lenta e la Direttissima) ad Est e dall'autostrada Aurelia ad Ovest. In particolare, l'importante inserimento della fermata di Orte nella linea ferroviaria dell'Alta Velocità nel 2021, ha reso possibile un collegamento ancora più diretto con il resto della penisola. La provincia di Viterbo, seppur mal collegata internamente in termini di trasporto pubblico, è custodia di borghi, castelli e siti naturalistici ed archeologici dislocati in un territorio di ridotte dimensioni, che permette l'attraversamento in auto di molti siti in tempi brevi. Per considerazioni progettuali successive, il focus dello studio verte soprattutto sull'area Nord-Est della Tuscia, a confine con la provincia di Terni, Siena e Grosseto.

Patrimonio naturale e culturale

Il territorio del viterbese fu per la prima volta identificato con il nome di "Tuscia" con l'imperatore romano Diocleziano, durante la riorganizzazione amministrativa della penisola italiana, per via delle origini etrusche del luogo. Non a caso, l'intera provincia di Viterbo e i comuni limitrofi, tra cui Orvieto, sono, ancora oggi, lo sfondo di alcune tra le più importanti necropoli etrusche, facilmente raggiungibili e visitabili.

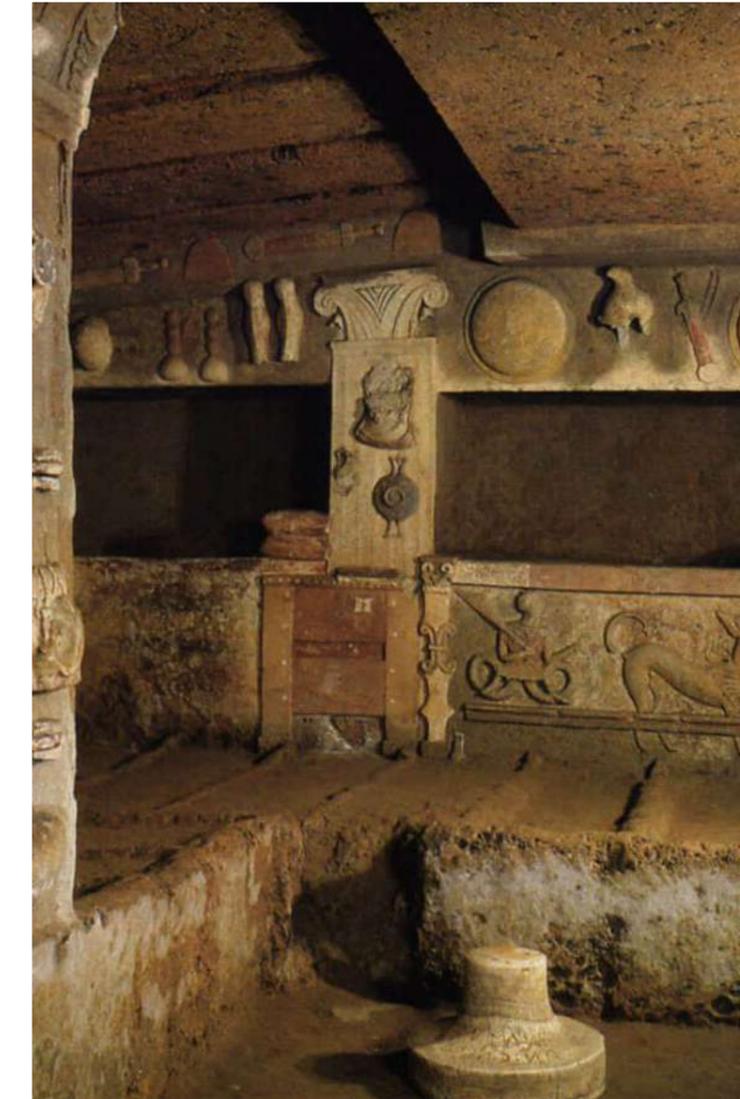


Fig.4.1. *Etruscan Necropolises of Cerveteri and Tarquinia* [Fonte: unesco.beniculturali.it].

Fig.4.2. Patrizio Vailati Facchini, *Civita di bagnoregio*, 2022.

L'Alta Tuscia, in generale, possiede una vasta rete di piccoli borghi arroccati su speroni di tufo e tesori naturali inestimabili che mettono in luce il territorio laziale sull'intero panorama italiano. Numerosi sono i punti naturalistici di attrazione turistica e le aree naturali protette, tra cui rientra la Valle dei Calanchi, Sito di Interesse Comunitario, terra della ben più nota Civita di Bagnoregio, la cosiddetta *città che muore*, simile per caratteristiche geomorfologiche a molti altri borghi dell'area. Altre mete da non trascurare sono il Sacro Bosco di Bomarzo, con le insolite sculture che gli conferiscono il più noto nome di Parco dei Mostri, la Riserva naturale di Monte Rufeno e di Tuscania, il lago vulcanico più grande d'Europa, ovvero quello di Bolsena, i Monti Cimini e il Centro Botanico Moutan, che ospita la più vasta e varia collezione di peonie cinesi al mondo. Al fine di tutelare il patrimonio naturale, e pertanto salvaguardare la biodiversità degli habitat, la regione Lazio ha istituito nel 2009 la REcoRd - Rete Ecologica Regionale del Lazio nella quale si individuano delle aree centrali e delle aree di connessione.



L'insieme di tutti questi siti è valorizzato inoltre dalla presenza piuttosto ricca di sentieri da trekking di livello escursionistico e di percorsi ciclabili che si snodano sulle colline e tra i terreni di ambito agricolo, rimanendo completamente immersi nella natura e che danno la possibilità di mettere a sistema poli di diverso interesse comunitario. In questi termini, la via Francigena, meta di pellegrini provenienti da tutto il mondo, risulta particolarmente strategica per l'Alta Tuscia in quanto, passando per i borghi del Lago di Bolsena fino ad arrivare alla città di Viterbo, ha portato negli anni alla realizzazione di molte strutture ricettive e di ristoro.

Il territorio dell'Alta Tuscia, di origine etrusca e molto fragile per la sua composizione geomorfologica, deve essere altamente preservato per consentire alla sua memoria di essere tramandata nelle generazioni. La cultura e le tradizioni locali, infatti, ricoprono un ruolo importante per la nomea del luogo. Oltre alle necropoli, il rinvenimento di manufatti di ceramica etrusca sono un'ulteriore testimonianza delle antiche origini dell'area e, ancora oggi, negozi e scuole di ceramica artistica, dislocati nei diversi comuni, attraggono persone anche al di fuori del viterbese.

L'Alta Tuscia, con la sua terra di origine vulcanica e un microclima favorevole condizionato dal Lago di Bolsena e dal Mar Mediterraneo, vanta numerosi prodotti enogastronomici di eccellenza. Tra questi, si menziona la Ciliegia di Celleno, la Nocciola della Tuscia, la cui produzione copre il 40%¹ di quella na-

¹ *Le nocciole della Tuscia*, in MyTuscia.com [ultimo accesso marzo 2023].

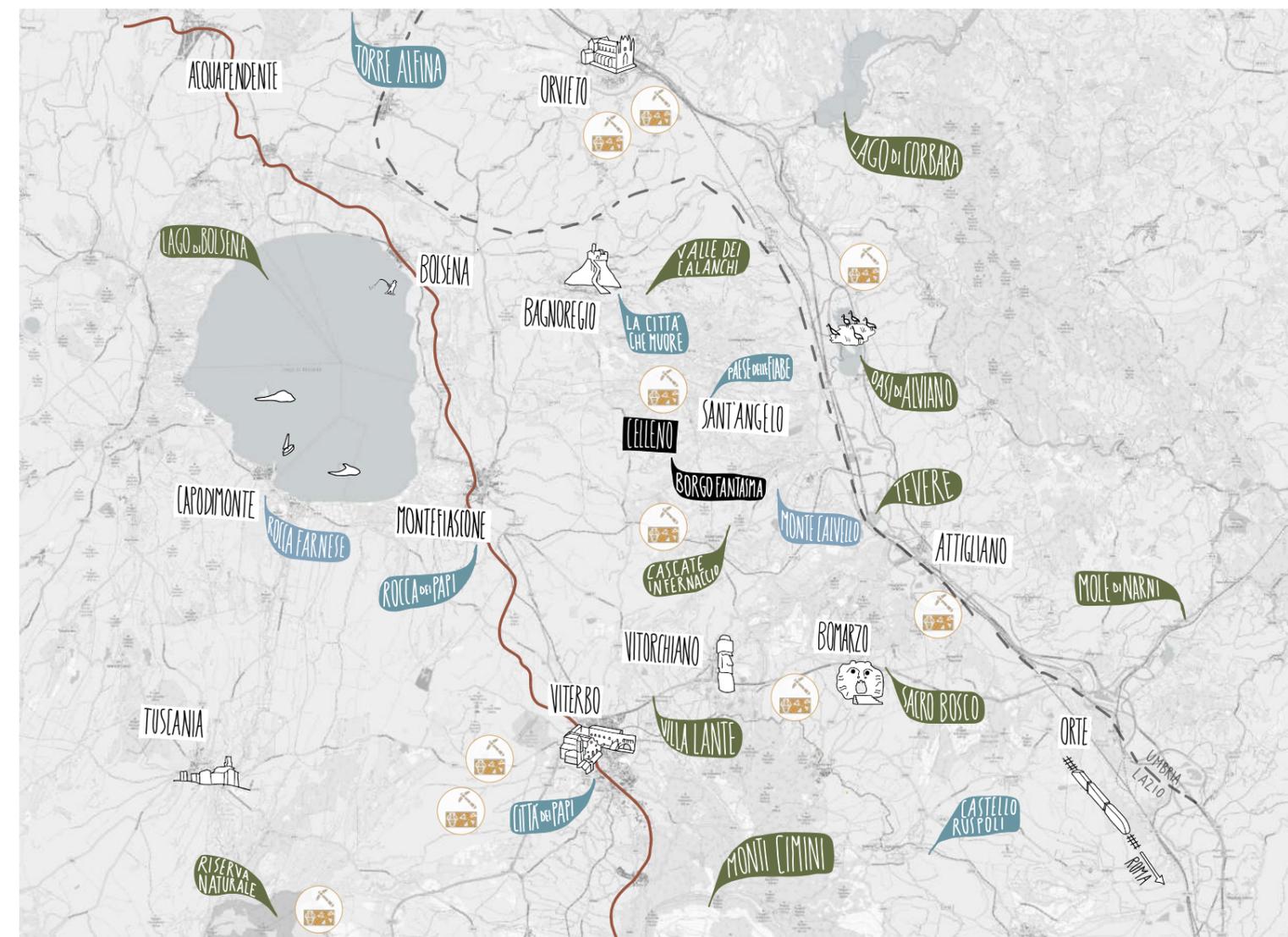


Fig.4.3. Villa Caviciana a Gradoli, [Fonte: *Viterbotoday*].

zionale, i lamponi dei Monti Cimini, la Castagna di Vallerano DOP, la Patata dell'Alto Lazio IGP, l'Aglio Rosso di Proceno, l'Olio Extravergine d'Oliva DOP Tuscia, il Farro del Pungolo, la Lenticchia di Onano, il Pomodoro Scatolone di Bolsena, il pluripremiato in Italia e in Europa miele di Monte Rufeno, e sette vini DOP tra cui il famoso Est!!Est!!Est!! di Montefiascone. Le grandi e piccole aziende agricole possono contare sul Marchio Tuscia Viterbese, istituito nel 2003 dalla Camera di Commercio di Viterbo, per contraddistinguere e promuovere prodotti e

servizi locali. Queste eccellenze gastronomiche sono inoltre promosse e valorizzate grazie alle numerose manifestazioni, sagre e feste religiose che caratterizzano fortemente i comuni dell'Alto Lazio, tra cui lo spettacolare Trasporto della Macchina di Santa Rosa di Viterbo, patrimonio dell'UNESCO dal 2014. Inoltre, nel febbraio 2023, per la prima volta un'azienda agricola produttiva è entrata a far parte dei Beni del FAI - *Fondo per l'Ambiente Italiano*: si tratta di Villa Caviciana, che si trova proprio sulle sponde del lago di Bolsena.

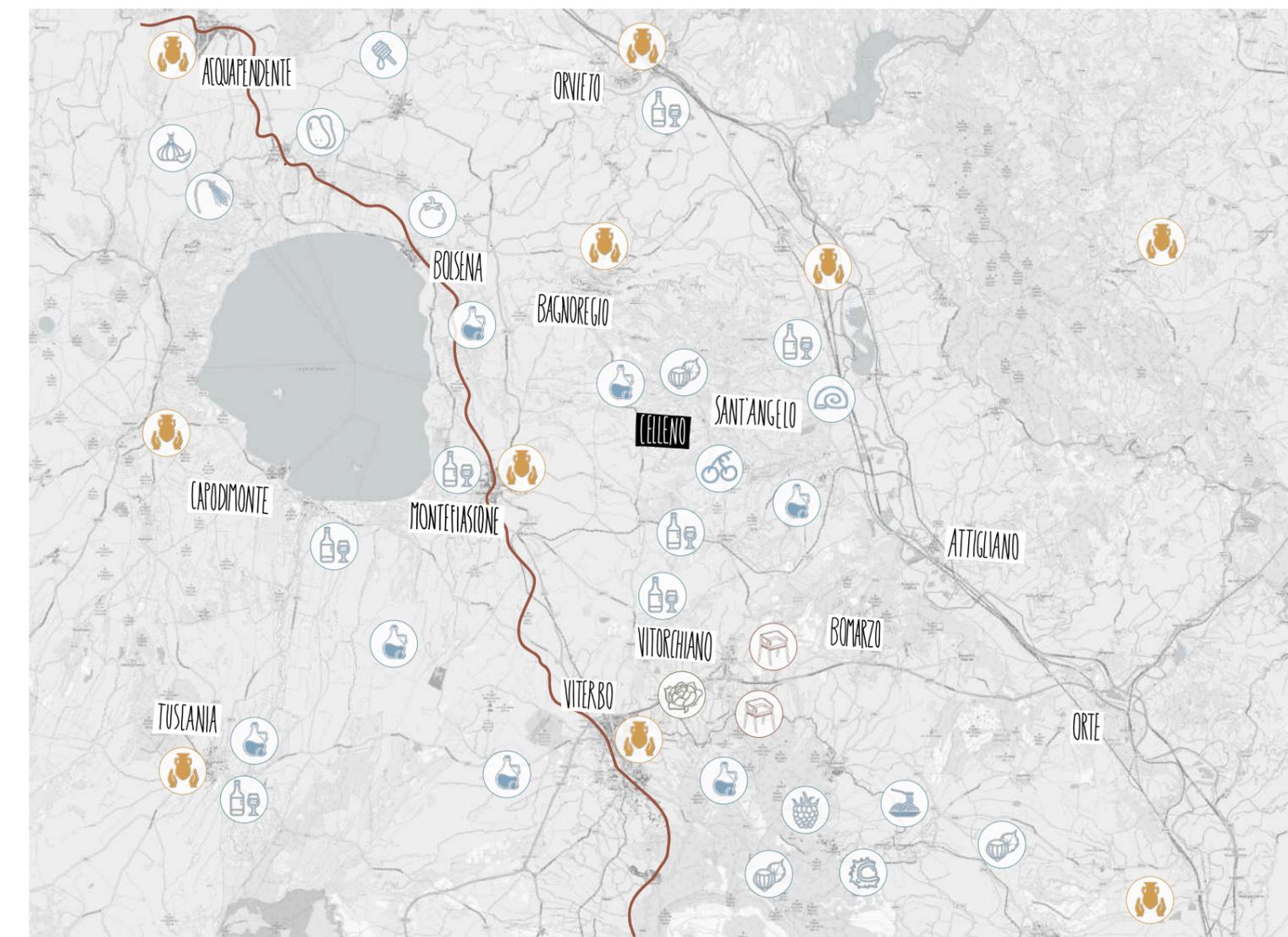
Fig.4.4. Patrimonio naturale e costruito nell'Alta Tuscia.



- Via Francigena
- Strada Teverina
- Parchi e natura
- Città e cultura
- Necropoli e altri siti etruschi



Fig.4.5. Mappa delle produzioni locali dell'Alta Tuscia.



La vie del gusto sulla Francigena (progetto avviato a Marzo 2022)

Produzioni locali:

- Ceramica artistica: una tradizione risalente all'età etrusca
- Peonie: centro botanico ospitante la più vasta e rara collezione di peonie cinesi al mondo
- Design: aziende leader dell'arredo da esterno di design in Italia e nel mondo
- Ciliegie di Celleno: 6.000 alberi per 10 varietà locali
- Lumache di Graffignano
- Olio della Tuscia: olio extravergine d'oliva DOP
- Farro del Pungolo
- Vino: 7 vini DOC e altre qualità
- Pomodoro scatolone di Bolsena
- Miele del Monte Rufeno: pluripremiato in Italia e in Europa
- Lamponi dei Monti Cimini
- Nocciole della Tuscia: 40% di tutta la produzione nazionale di nocciole
- Castagna di Vallerano: prodotto DOP
- Aglio rosso di Proceno
- Fieno di Canepina
- Patate dell'Alta Tuscia: prodotto IGP

Fig.4.6. Pier Paolo Pasolini a Chia
[Fonte: *TusciaUp*].

La contemporanea visione di Pier Paolo Pasolini

Nel secolo scorso, la Tuscia catturò l'attenzione e il cuore di Pier Paolo Pasolini, considerato tra i più grandi intellettuali del Novecento. Pasolini, che visse i suoi ultimi anni proprio in questa terra, nel 1974, quasi un anno prima della sua morte, rilasciò un'intervista che venne pubblicata sul quotidiano "Il Messaggero".

È possibile – si chiede lo scrittore nell'intervista – fare qualcosa per impedire che questa zona ancora abbastanza illesa si trasformi in un'altra lurida macchia sulla mappa deprimente dello sviluppo industriale italiano? Si tratta di pensare per la Tuscia, a un modo di sviluppo alternativo. La creazione, per esempio, di una Università per gli stranieri, sull'esempio di Perugia, e di un centro culturale, potrebbe rappresentare l'avvio di uno sviluppo diverso, in una provincia che finora è riuscita a salvarsi. [...] È una regione povera. E poi non c'è stato come in tante altre regioni il tonfo dell'agricoltura. Solo recentemente sono cominciate a spuntare alcune piccole industrie. Ma sono decentrate e spesso sorgono, queste fabbrichette, proprio nei punti più belli della campagna, con effetti paesistici atroci. Suppongo che ora, con la recessione, questo sviluppo si fermerà. Comunque, non sarà mai terribile come nel Mezzogiorno. Per questo mi sto interessando a questa faccenda dell'Università della Tuscia. Penso di suggerire all'amministrazione comunale di istituire cer-

te facoltà – lingue, economia turistica, archeologia – che possano servire a promuovere un modello di sviluppo regionale diverso da quello industriale. Bisognerebbe ispirarsi all'esempio di Perugia: l'afflusso di centinaia di studenti dagli Stati Uniti, dalla Francia, dall'Inghilterra e dal Terzo Mondo sarebbe una soluzione. Viterbo è molto piccola, poco più di un grande paese. Per una città che non ha altre risorse, sarebbe anche una soluzione economica. Osti, albergatori e commercianti dovrebbero essere interessati alla cosa. E gli effetti sarebbero benefici per tutta la regione, soprattutto ai fini della difesa del paesaggio¹.



¹ *Cara Tuscia. Dal suo nuovo "rifugio" (un castello medioevale nell'Alto Lazio) Pier Paolo Pasolini spiega come una piccola moderna università potrebbe favorire lo sviluppo dell'Alto Lazio salvandone il dolce e ancor quasi intatto paesaggio dagli effetti devastatori di un vorace industrialismo, in <<Il Messaggero>>, 1974 [stralcio di intervista riportata in S. Cappelli, "Cara Tuscia...", Pasolini detta le linee guida per lo sviluppo, in TusciaWeb, 2015.]*

Pasolini, in questo passo dell'intervista, e nei successivi, regala un quadro chiaro della situazione socio economica locale: il viterbese, negli anni '70, si trova in uno stato di sviluppo industriale ben diverso da molte altre aree italiane ed è ancora in tempo per una crescita economica differente attraverso investimenti sull'agricoltura e la cultura. Seppur datata, questa descrizione della Tuscia trova molte connessioni con l'attuale situazione socio economica.

La crisi demografica, che interessa gran parte dell'Italia da diversi anni, è un fenomeno che anche la Tuscia sta affrontando. Secondo i dati ISTAT, l'andamento della popolazione residente della provincia di Viterbo, dall'anno 2002 all'anno 2019, non risulta costante e, dal 2013 al 2019, si registra un calo demografico di 6404 abitanti (- 2,01% rispetto all'anno 2013)².

L'andamento demografico dei comuni viterbesi non è da intendere univoco, ma esistono due aree ben diverse. La prima, che comprende il capoluogo, i comuni sulla costa e altri comuni ben collegati dal punto di vista infrastrutturale come Vitorchiano e Orte, è caratterizzata da una crescita demografica negli ultimi 10 anni che va in contrapposizione con l'andamento della provincia nella sua interezza. Infatti, la seconda area della Tuscia, ovvero quella composta dal resto dei piccoli comuni, più interni e meno collegati, è quella che determina il calo complessivo della popolazione nella provincia. È facilmente deducibile, quindi, che la rete infrastrutturale ha influito molto nell'andamento demografico del viterbese negli ultimi 10 anni.

² Fonte dati: ISTAT.



Fig.4.7. Mappa che mostra l'andamento demografico dei comuni dell'Alta Tuscia. In verde i comuni con saldo demografico positivo, in nero quelli con saldo demografico negativo.

Fig.4.8. Quote occupati per settore Viterbo vs Macroregione per l'anno 2020 [Fonte dati: ISTAT].

Per comprendere le caratteristiche economiche del territorio della Tuscia è stato condotto uno studio del Quoziente di localizzazione (QL) e un'analisi Shift Share. Ciò è importante al fine di predisporre una serie di azioni attraverso cui le componenti tangibili e intangibili del territorio si orientano a soddisfare gli stimoli provenienti dai gruppi di domanda territoriale considerati prioritari. Nel seguente studio viene presa in considerazione non solo la provincia di Viterbo, ma anche altre 13 del Centro Italia con le quali la Tuscia viene messa a confronto. Tali province, che sono state scelte per vicinanza e caratteristiche geomorfologiche simili, così da andare a comporre una macroregione economica di confronto per la provincia di Viterbo, sono Rieti, Frosinone, Latina, Terni, Perugia, Grosseto, Arezzo, Siena, L'Aquila, Teramo, Macerata, Ascoli Piceno e Fermo. Seppur confinante con Viterbo, la provincia di Roma è stata esclusa dall'analisi poiché i dati economici della Capitale avrebbero sicuramente alterato lo studio condotto su province minori.

Le analisi si sono basate sul numero di occupati per i seguenti settori economici:

A: Agricoltura, silvicoltura e pesca

B: Attività estrattiva, attività manifatturiere, fornitura di energia elettrica, gas, vapore e aria condizionata, fornitura di acqua, reti fognarie, attività di trattamento dei rifiuti e risanamento

C: Industria manifatturiera

D: Costruzioni

E: Commercio all'ingrosso e al dettaglio, riparazione di autoveicoli e motocicli, trasporto e magazzinaggio, servizi di alloggio e di ristorazione

F: Servizi di informazione e comunicazione

G: Attività finanziarie e assicurative

H: Attività immobiliari

I: Attività professionali, scientifiche e tecniche, amministrazione e servizi di supporto

L: Amministrazione pubblica e difesa, assicurazione sociale obbligatoria, istruzione, sanità e assistenza sociale

M: Attività artistiche, di intrattenimento e divertimento, riparazione di beni per la casa e altri servizi

Il quoziente di localizzazione è un indicatore statico che serve a valutare la vocazione produttiva di un territorio. Per il grafico a dispersione Fig.4.8 si è considerato il quota di occupati dei vari settori nella macroregione di riferimento nel 2019 e successivamente quello della provincia di Viterbo nel medesimo anno.

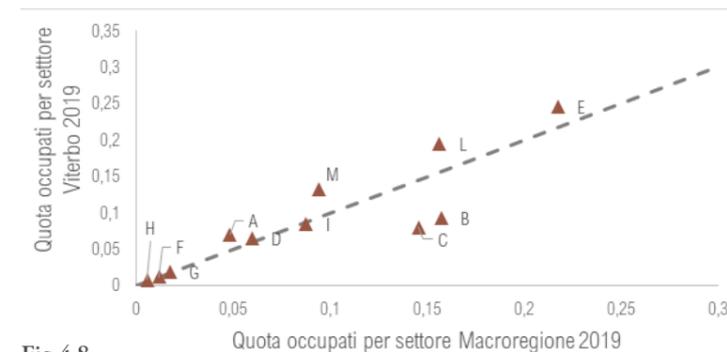


Fig.4.8

Si nota come i settori con un maggior grado di specializzazione rispetto all'area di riferimento sono A, M, L ed E. Il peso dato dai settori E ed L è il risultato di una provincia con un settore

terziario ormai sviluppato e di un capoluogo che ospita ben 4 caserme e un importante aeroporto militare. Più interessanti sono i risultati dei settori A (legato all'agricoltura) ed M (legato alla cultura e all'intrattenimento), che dimostrano come le parole di Pasolini siano ancora attuali.

Quindi, ponendo a confronto la quota di occupazione dei settori A ed M di Viterbo con quella delle altre province, si ottengono i grafici Fig.4.9 e Fig.4.10.

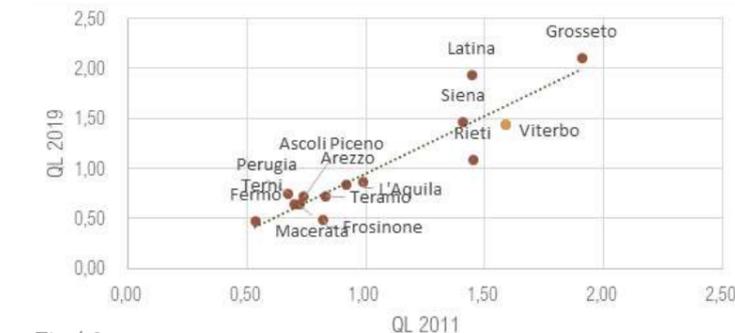


Fig.4.9

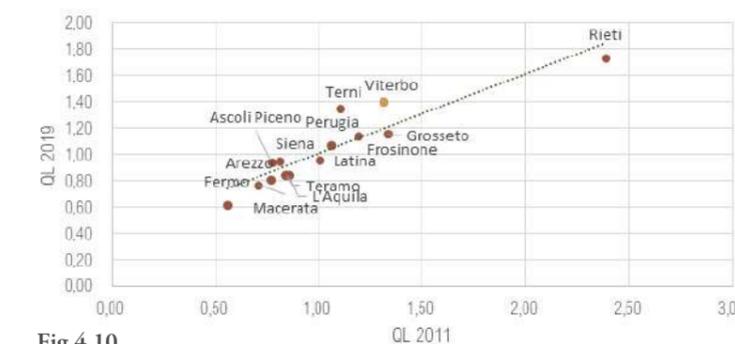


Fig.4.10

Si nota ancora una volta come il settore A, legato all'agricoltura, risulti di grande peso per l'economia del viterbese. Anche il settore M, legato all'intrattenimento e alla cultura, risulta importante per la Tuscia, poiché si trova ad avere un grado di specializzazione maggiore rispetto a tutte le altre province della macroregione. Le attività legate ai siti etruschi, alla ceramica artistica, ai castelli medievali, ai palazzi rinascimentali e ai numerosi festival di rilevanza nazionale e internazionale sono sicuramente il motivo di tale risultato.

Confrontando i dati con quelli dell'anno 2020 emerge che la crisi pandemica, perlomeno per il primo anno di pandemia, non ha influito particolarmente sulla vocazione produttiva della provincia.

La composizione settoriale di una regione spiega il suo tasso di crescita e per determinare le condizioni del tasso di crescita settoriale della provincia di Viterbo, l'analisi Shift-Share è stata condotta in un periodo di tempo tra il 2011 e il 2019 (è stato escluso l'anno 2020 per via delle alterazioni date dalla crisi pandemica). Ogni settore è rappresentato da un punto sul grafico Fig. 3.11, che indica la crescita rispettivamente della macroregione e della provincia.

L'analisi Shift-Share "pesata" aiuta a valutare l'effettivo apporto che ogni settore dà all'economia della provincia per la sua crescita. Il grafico Fig. 3.12 identifica il "peso" che ogni settore ha nell'economia globale della provincia, ovvero quanto il numero di occupati in tale settore sia grande rapportato al numero totale di lavoratori.

Fig.4.9. Quoziente di localizzazione in A (Macroregione, 2011-2019) [Fonte dati: ISTAT].

Fig.4.10. Quoziente di localizzazione in M (Macroregione, 2011-2019) [Fonte dati: ISTAT].

Fig.4.11. Analisi Shift-Share della provincia di Viterbo relativa all'anno 2019 [Fonte dati: ISTAT].

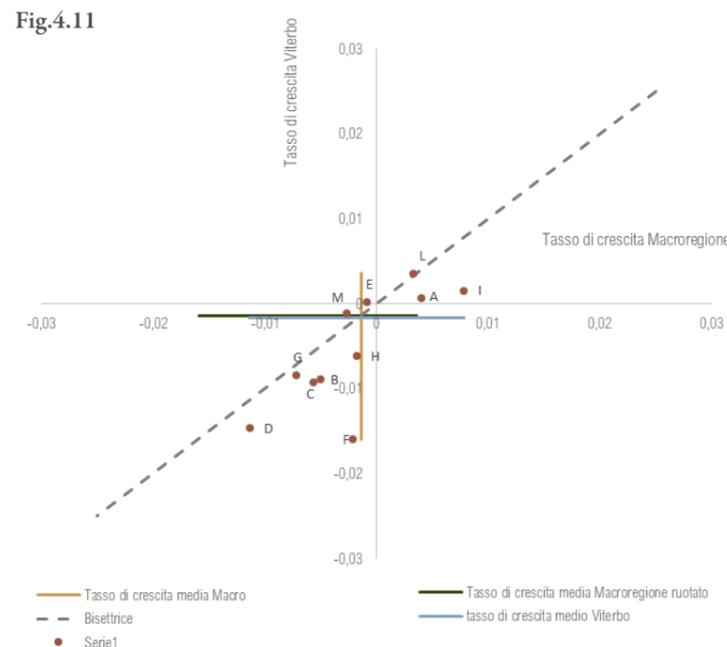
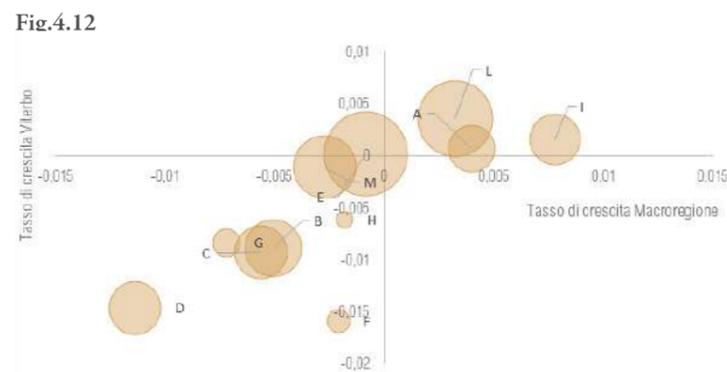


Fig.4.12. Analisi Shift-Share “pesata” della provincia di Viterbo relativa all'anno 2019 [Fonte dati: ISTAT].



Come si può evincere dal grafico Fig.4.11 una condizione di crescita positiva è rappresentata dai settori A, E, I e L che si collocano nelle aree a destra della retta della media settoriale della macroregione e mantengono un livello di sviluppo complessivamente elevato, soprattutto grazie ai settori E e L che si trovano al di sopra della bisettrice, e quindi in una condizione ancor più favorevole in termini di MIX e DIF.

Una condizione altrettanto positiva per la provincia è rappresentata dal settore M che si colloca a sinistra del grafico e al di sopra della bisettrice dove la competitività del settore locale è così elevata da compensare la condizione di crisi in cui il settore si trova a livello della macroregione.

Da quanto emerge dall'analisi Shift-Share “pesata”, grafico Fig.4.12, è evidente come i settori A e M siano dei settori trainanti per la crescita della provincia e quanto incidano sull'economia globale.

Dalle analisi precedenti, si evince come la Tuscia si trovi in una situazione delicata. Con un lento spopolamento e una scarsa rete infrastrutturale, da un lato, e un'economia trainata da pochi settori, dall'altro, questo territorio è ancora in tempo per un massiccio intervento che permetta la crescita socio economica dell'area attraverso i suoi punti di forza.



Fig.4.13. (pagina precedente) Patrizio Vailati Facchini, Ingresso al borgo fantasma di Celleno, 2022.

Fig.4.14. Enrico Castellani [Fonte: movemagazine.it].

Un borgo sospeso nel tempo e nello spazio

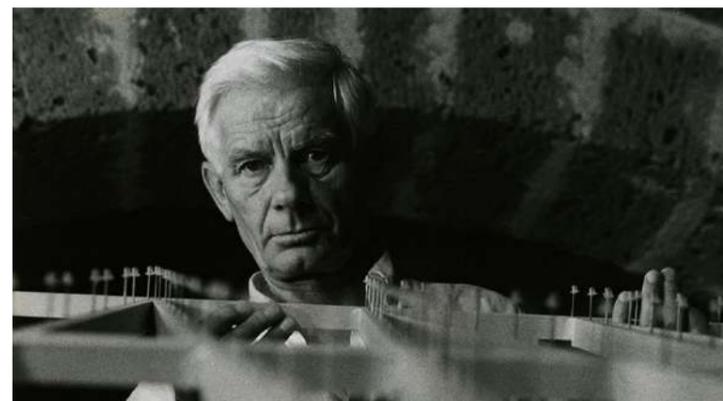
Collocato tra il lago di Bolsena a ovest e la valle del Tevere a est, il comune di Celleno fa tesoro di un borgo abbandonato che solo recentemente sta spiccando nel panorama nazionale e internazionale. Il Borgo fantasma di Celleno, sospeso sul suggestivo paesaggio agreste dell'Alta Tuscia, sorge a circa 1,5 km dal nuovo nucleo su uno sperone tufaceo dal quale si può godere di una vista privilegiata sugli immensi campi di ciliegi, ulivi, viti, noccioli e aree boschive, fino a scorgere il borgo di Roccalvece e Sant'Angelo, detto anche *Il paese delle fiabe*.

La probabile fondazione del borgo risale al 264 a.C., su un territorio etrusco conquistato dai romani. Celleno è sempre stato un luogo strategico: nell'antichità si trovava su un'importante via di comunicazione tra *Volsini* (l'odierna Orvieto) e *Ferento etrusca*, mentre oggi il borgo è centrale in una realtà di piccoli poli caratteristici e attrazioni naturali.

Le caratteristiche geomorfologiche del territorio hanno prodotto nel tempo una lenta erosione del terreno, non solo di Celleno ma anche dei borghi circostanti. Nel XX secolo il borgo è stato vittima di un abbandono sempre più rapido, fino ad arrivare ad un terremoto avvenuto nel 1931 che ha provocato pesanti danneggiamenti. Con la costruzione del nuovo insediamento a partire dagli anni '30, il destino dell'antico borgo era ormai scritto. La lenta morte fu definitivamente legittimata nel 1951 quando il

consiglio comunale approva all'unanimità il trasferimento della sede comunale e dei servizi principali dal vecchio abitato al nuovo, conformemente al progetto del Genio Civile di Viterbo. Negli anni '60, per motivi di sicurezza, furono demolite le case pericolanti rimaste sullo sperone, ad eccezione del castello Orsini e di altri edifici che si sviluppano attorno alla piazza principale.

Nel 1973 il castello venne acquistato da Enrico Castellani, grande protagonista dell'arte italiana del secondo dopoguerra, con opere esposte in tutto il mondo, e ciò ha aiutato ad accrescere la fama del borgo fuori la provincia. Con la morte dell'artista nel 2017, avvenuta proprio a Celleno, la piazza del borgo venne intitolata a suo nome e le sue ceneri sono oggi custodite nel castello. Nel 2019, il noto quotidiano inglese *The Telegraph* inserì Celleno tra i 25 borghi fantasma più belli d'Italia¹.



¹ Beautiful villages lost to time: Italy's incredible ghost towns, in *The Telegraph*, 2019.

Il Comune: sistema dei collegamenti, paesaggio e servizi

Il comune di Celleno si colloca in un punto centrale nel collegamento tra Orvieto e Viterbo lungo la Strada Teverina, antica strada commerciale etrusca, la quale ne costituisce l'unico punto di accesso al centro abitato. In generale, il Comune si colloca in una buona posizione che lo rende facilmente raggiungibile dai principali punti di accesso dell'Alta Tuscia: si impiega circa mezz'ora in auto sia per raggiungere la stazione ferroviaria dell'Alta Velocità di Orte che lo svincolo autostradale di Attigliano (Autostrada del Sole A1). In riferimento al trasporto pubblico è offerta dal servizio COTRAL una sola linea feriale (L12) che collega il centro abitato con Viterbo, che risulta essere il principale polo del circondario per numero di servizi.

Il territorio del Comune è prevalentemente libero da urbanizzazioni, insediato soltanto sullo sviluppo dei due quartieri di Celleno Vecchia e di Celleno Nuova, e con costruzioni di origini rurali diffuse nell'area circostante. Il suolo è per la maggior parte occupato da terreni di coltivazione agricola, con numerose aree dedicate alla produzione di ciliegie.

Molteplici sono i punti naturalistici della Tuscia che sono facilmente raggiungibili in auto da Celleno, tra cui il Lago di Bolsena e la Valle dei Calanchi. Più vicine, invece, sono la Cascata dell'Infernaccio e la Sorgente e Cascata dell'Acquarossa, che prende il nome dal caratteristico colore rossastro delle sue acque dovuto alla presenza di tufo rosso nel suolo su cui nasce. Celleno, inoltre, rientra in uno dei percorsi da trekking della Tuscia, ovvero il Sentiero dei Castelli, un itinerario di 11 chilometri che mette

Fig.4.15. Inquadramento del Comune

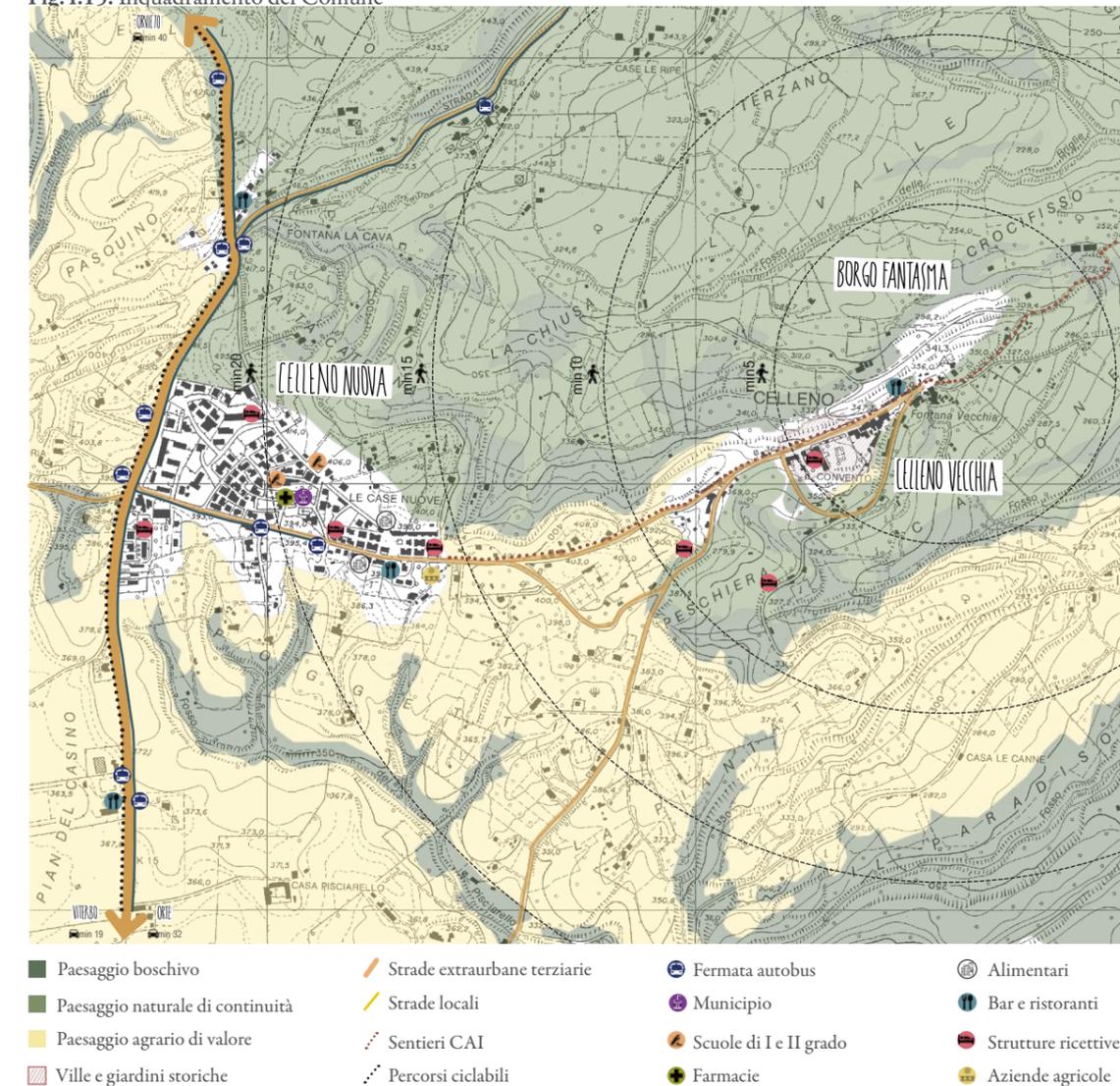


Fig.4.16. Calendario degli eventi cellenesi e del circondario.

Fig.4.17. (in alto a destra) Teverina Buskers [Fonte: sanrocco-celleno.it].

Fig.4.18. (In basso a destra) Notte dell'Arpia [Fonte: ilborgofantasmadicelleno.it].



in connessione Celleno con le vicine Roccalvecce e Sant'Angelo fino a raggiungere Graffignano e Pitigliano.

Complice la marginalità del Comune rispetto ad altri poli limitrofi e la scarsa presenza di linee per il trasporto pubblico, Celleno sta affrontando un lento spopolamento. Secondo l'ISTAT, i residenti del Comune nel 2008 erano 1394, a fronte di 1299 nel 2019. Il tema della crisi demografica è anche legato alla scarsa presenza di servizi, per cui è possibile affermare che Celleno non è autosufficiente. Analogamente agli altri piccoli centri del territorio, il Comune offre solo quei servizi intesi come primari, ovvero alimentari e piccoli supermercati, scuole di primo e secondo grado e farmacie. Per il resto, questi piccoli centri sono costretti a rivolgersi ai poli principali (Viterbo e Orvieto) o a centri maggiori quali Orte e Montefiascone. Data la natura turistica del territorio, sia nel comune oggetto di studio che nei centri limitrofi, sono presenti numerose strutture ricettive.

INVERNO	PRIMAVERA	ESTATE	AUTUNNO
Presepe vivente 26 dicembre	Raccolta ciliegie maggio-giugno	Raccolta ciliegie giugno-luglio	Raccolta nocciole e castagne
	Buongiorno Ceramica! maggio	Notti dell'Arpia 22-23 luglio	Produzione dell'olio
	Mercatino del Torracchio dal 27 maggio	Mercatino del Torracchio fino al 24 luglio	Homofaber ottobre-novembre
	Festa delle Ciliegie 7-18 giugno	Teverina Buskers (festival internazionale degli artisti di strada)	
		Festa del Santo Crocifisso 14 settembre	

Fig.4.15.

L'oro rosso di Celleno

La coltivazione professionale del ciliegio nel viterbese si estende per circa 80 ha., con elevata concentrazione nei territori del comune di Celleno e delle frazioni di Roccalvecce e Sant'Angelo. La provincia di Viterbo contribuisce per oltre il 25% alla produzione regionale del ciliegio, nonostante l'estensione della superficie provinciale destinata a tale coltura rappresenti nel Lazio solo il 9%.¹

Ad oggi si contano 4500 alberi con 10 varietà autoctone di ciliegio², tra cui la *Bella di Pistoia*, la *Biancona*, la *Cora*, la *Crognola*, la *Durona*, la *Ravenna a Gambo Corto* e la *Ravenna a Gambo Lungo*. Nel giugno del 2003, venti comuni italiani hanno costituito l'Associazione Nazionale Città delle Ciliegie di cui Celleno è la città capofila, con la finalità di promuovere il prodotto su scala nazionale ed internazionale. Nel 2008 nasce il Consorzio per la Tutela e la Valorizzazione della Ciliegia di Celleno allo scopo di valorizzare la biodiversità delle varietà autoctone di ciliegio,



¹ *Ciliegia della Tuscia*, in TusciaWelcome.it [ultimo accesso febbraio 2023].

² consorziociliegiacelleno.com [ultimo accesso marzo 2023]

³ AA. VV., *The distortive effect of organic payments: an example of policy failure in the case of hazelnut plantation*, Land Use Policy, 2022

controllare la qualità del prodotto e gestire la produzione di numerosi piccoli produttori nel circondario di Celleno. Le diverse varietà che costituiscono il patrimonio genetico della Ciliegia di Celleno contribuiscono a mantenere alto il valore della biodiversità nel territorio, che insieme alle tipologie di conduzioni tradizionali, promuove una gestione ecosostenibile delle coltivazioni, recuperando al contempo aggregazioni sociali e una tradizione centenaria. Questo prodotto è ulteriormente valorizzato dalla Festa delle Ciliegie, una delle principali fonti d'attrazione per il Comune, e dall'istituzione di un Parco delle Ciliegie in collaborazione con l'ambasciata giapponese.

La produzione della *Ciliegia di Celleno*, così definita nell'elenco nazionale dei Prodotti Tipici Tradizionali, può essere ben apprezzata anche in relazione ad un recente obiettivo dell'Unione Europea, ovvero quello di raggiungere, entro il 2030, l'ambizioso target del 25% di suolo agricolo occupato da agricoltura organica e rigenerativa³.

Durante il XXVII Convegno Nazionale dei Delegati e Volontari FAI tenutosi nel febbraio 2023, il presidente del biodistretto del lago di Bolsena, di cui Celleno fa parte, pone in luce le problematiche relative alla monocultura dei campi agricoli, la quale sta portando ad una standardizzazione del paesaggio e dell'economia, con pesanti danni anche all'ambiente come l'eutrofizzazione delle acque del lago. Le terre della Tuscia stanno riscontrando

Fig.4.19. Logo Ciliegia di Celleno e Logo del Consorzio della Ciliegia di Celleno [Fonte: Consorzio della Ciliegia di Celleno].

Fig.3.20. Parco delle ciliegie [Fonte: Pro loco Celleno].

questo problema soprattutto in relazione al recente *Piano Nocciola Italia*⁴, promosso dalla Ferrero Hazelnut Company, con il quale è previsto un forte aumento della coltura intensiva della nocciola, dovuto ad una crescente domanda del prodotto.

L'invasione della nocciola sta colpendo anche Celleno, dove diversi coltivatori si sono trovati a tagliare i propri alberi di ciliegio e sostituirli con piante di nocciolo per un chiaro vantaggio economico. Un ciliegio, inoltre, richiede più acqua di un nocciolo e le siccità sempre più gravi, dovute al cambiamento climatico, che hanno caratterizzato le ultime estati italiane hanno dato un ulteriore duro colpo alla produzione dell'oro rosso.



⁴ ferrero.it [ultimo accesso marzo 2023].

¹ AA. VV., *Le maioliche medievali del butto di Celleno vecchio*, Viterbo, 2019.

Stratificazioni del passato

Il Borgo fantasma di Celleno è custode di diverse testimonianze tardomedievali ed etrusche che confermano le antiche origini della città. Un lungo percorso di studi e scavi archeologi, a partire dagli anni '80 fino al 2018, infatti, ha portato al rinvenimento, sotto un complesso edilizio allo stato di rudere, del pozzo da *butto*, di probabili origini etrusche, più grande d'Europa. Pozzi simili venivano scavati dagli Etruschi direttamente nella roccia tufacea e utilizzati verosimilmente come serbatoi idrici. In epoca medievale, queste cavità vennero spesso usate come immondezze (da qui il nome *butto*). Questo grande pozzo non è l'unico presente nei sotterranei di Celleno, ma ve ne sono molti altri di dimensioni ridotte.

Grazie agli scavi archeologici dell'area dove è presente il grande butto, sono stati portati in luce 7500 frammenti di maiolica arcaica¹, ovvero un tipo di ceramica prodotta a Viterbo e in altri centri del Centro Italia dalla seconda metà del XIII al XV secolo. Particolarmente significativo è il rinvenimento di un grande contenitore di forma globulare, integralmente ricomponibile da numerosi frammenti. Il manufatto, di origine etrusca e denominato *glirarium*, è caratterizzato dalla presenza di fori circolari passanti ed era destinato all'allevamento dei ghiri, una tradizionale pietanza etrusca e romana. Le maioliche di Celleno e il *glirarium* sono oggi esposti in uno spazio ridotto all'interno di uno dei pochi edifici preservati del Borgo fantasma.

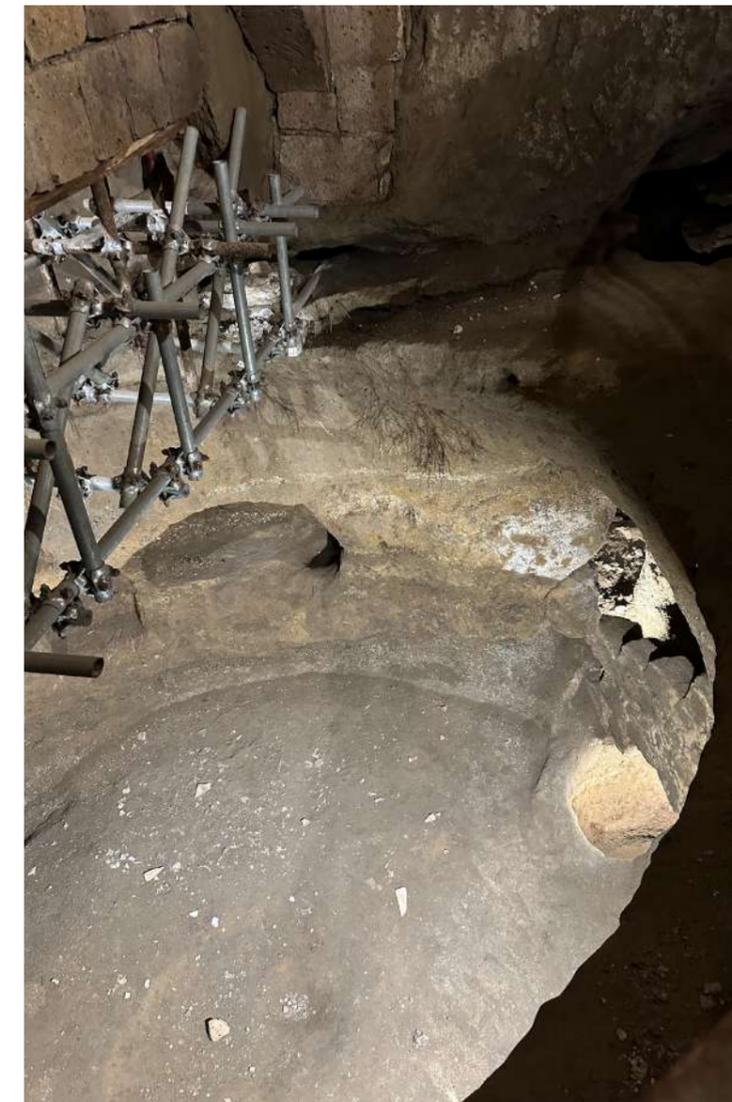


Grazie agli interventi di messa in sicurezza da parte del Comune e alla partecipazione attiva dei residenti nel preservare il borgo, oggi è possibile visitare Celleno attraverso un itinerario turistico che comprende l'accesso a parte della rete di sotterranei formatasi nei secoli dagli scavi dei precedenti abitanti nella roccia tufacea. Non a caso, il nome Celleno dovrebbe derivare da *cella*, relativamente ai numerosi cunicoli sotterranei che caratterizzano la rupe. La visita è arricchita da una collezione di oggetti e utensili d'epoca donati dai cellenesi, esposti per le vie del paese, nelle cantine e nell'antico forno, con il fine di raccontare le abitudini di vita degli abitanti fino agli anni dell'abbandono del borgo stesso.

¹ AA. VV., *Le maioliche medievali del butto di Celleno vecchio*, Viterbo, 2019.

Fig.3.21. Le Maioliche Medioevali dal Butto di Celleno Vecchio [Fonte: *TusciaUp*].

Fig.3.22. Andrea Silvestrini, Il grande butto di Celleno, 2022.



Nuove opportunità per il borgo

Negli ultimi 5 anni il comune di Celleno ha visto un aumento dei finanziamenti volti alla conservazione e valorizzazione del borgo che, insieme ad una sentita partecipazione dei residenti, ha contribuito ad aumentare la fama del paese fuori dai propri confini. Secondo i dati diffusi dalla Proloco di Celleno, a luglio 2020, rispetto a luglio 2019, i visitatori del comune sono aumentati del 132%. A settembre 2020, invece, rispetto a settembre 2019, c'è stato un incremento di visitatori del 251%¹.

Il comune di Celleno, nel 2018, ha promosso un progetto di valorizzazione del borgo insieme alla startup *Hubstract – Made for Art* e all'Università della Tuscia e sostenuto dalla Regione e da Lazio Innova.

Negli ultimi anni – esordì il sindaco di Celleno durante la presentazione del progetto – *il Comune ha aumentato l'attenzione verso il centro storico di Celleno, intervenendo sia sul recupero edilizio sia sulla memoria storica, realizzando oltre 30 ore di interviste agli anziani del posto. A ciò abbiamo aggiunto le convenzioni con la Soprintendenza e con l'Università della Tuscia per uno studio più approfondito possibile del borgo. Con questo progetto puntiamo ora a creare un valore per quel turismo che si rivolge ai borghi e che, sull'onda di Civita di Bagnoregio, sta interessando anche Celleno, senza dimenticare però l'importanza che può rivestire per la comunità locale, eliminando quel doloroso distacco che si ebbe settant'anni fa.*

È importante menzionare, inoltre, il programma della regione Lazio *Un paese ci vuole 2021*, che coinvolge diversi borghi laziali, tra cui Celleno. Per il Comune, è previsto un contributo a fondo perduto di 40.000 euro per il biennio 2022/23 al fine di creare un laboratorio artistico culturale attraverso il recupero dell'ex mattatoio comunale.

Di recente, il Comune sta aspettando l'arrivo di una collezione di reperti etrusco-romani sconnessi tra loro. La provenienza di questi oggetti è dubbia, ma non viene escluso che alcuni di essi provengano proprio da Celleno e dal circondario. L'intento è quello di andare ad esporre questi manufatti proprio all'interno del borgo, andando così ad aumentare il valore culturale dello stesso.

La vicina Civita di Bagnoregio, inoltre, è candidata ufficiale a Capitale italiana della Cultura 2025, con un milione di euro per il vincitore. Ciò potrebbe comportare un ulteriore aumento dei flussi turistici, che risulterebbe particolarmente strategico anche per il comune di Celleno.

I progetti della SNAI e del PNRR, che comprendono anche diverse aree della Tuscia, sono sicuramente un'opportunità per Celleno ma allo stesso tempo, non riguardando direttamente il Comune e il Borgo Fantasma, potrebbero portare ad un ulteriore isolamento dello stesso.

Per quanto riguarda la SNAI, l'area interessata dal progetto riguarda 19 comuni del viterbese, molti dei quali sono prossimi a Celleno. L'obiettivo della strategia approvata dal punto di vista dello sviluppo del territorio è la costituzione di una rete territoriale molto forte, che sia in grado di gestire e valorizzare l'intera area, riposizionandola anche come destinazione turistica, potendo contare sulla vicinanza con Roma e con il porto di Civitavecchia. Importanti per la Strategia sono i finanziamenti per gli interventi sulla mobilità con servizi territoriali di car-pooling, taxi sociale, minibus e la creazione di una infrastruttura di punti di ricarica elettrica e la promozione della ciclabilità in contesti urbani periferici. Inoltre, vengono finanziati interventi lungo la Via Francigena del Lazio, anche in previsione del Giubileo 2025, attraverso la creazione di nuovi percorsi e raccordi, la realizzazione di punti di accoglienza e di un sistema turistico digitale, un'ospitalità turistica sociale nei piccoli comuni e aree camper attrezzate.

Per quanto riguarda il PNRR, entro i prossimi 5 anni è previsto il completamento della superstrada Orte-Civitavecchia, la realizzazione di una ciclovia attorno al Lago di Bolsena, il potenziamento della rete ferroviaria Roma-Civita Castellana-Viterbo e il completamento della ciclovia Ventimiglia-Roma.

¹ laprolocodicelleno.wordpress.com [ultimo accesso marzo 2023]

05 IL RISVEGLIO DEL BORGO FANTASMA



*Cominciate la grande migrazione al contrario.[...]
Tornate, non dovete fare altro.*

Franco Arminio, *La cura dello sguardo*, 2020

Analisi SWOT

Il borgo risulta oggi sconnesso con il comune di Celleno e il sistema territoriale circostante. Il progetto di riqualificazione richiede quindi un'analisi SWOT su più scale, così che, andando a fissare i punti di forza e debolezza del borgo e del suo circondario, si possa definire una vision progettuale e delle strategie intelligenti che possano realmente allargare il raggio d'influenza del singolo borgo e reinserirlo all'interno di un sistema socioeconomico che ne permetta la sopravvivenza.

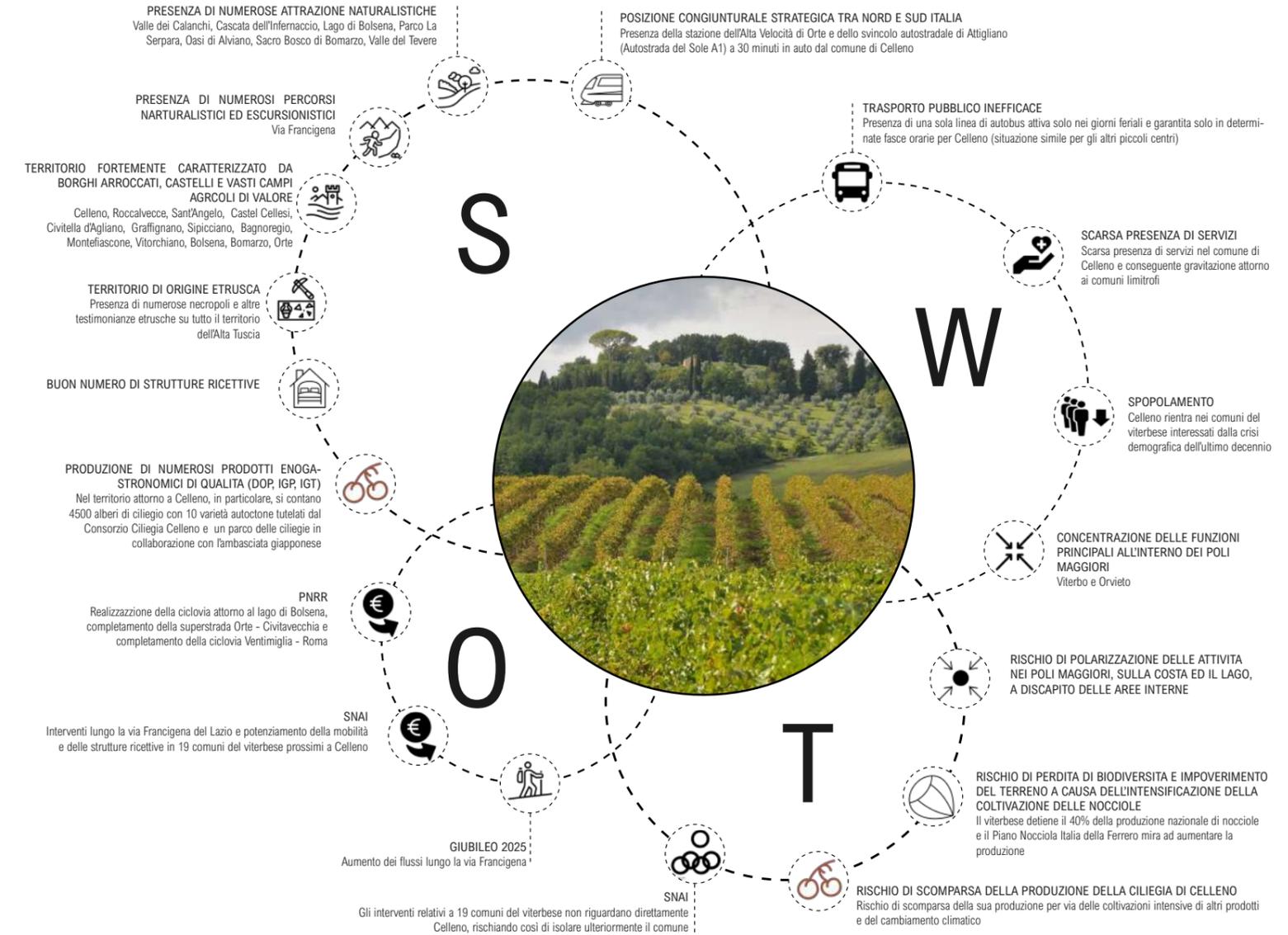
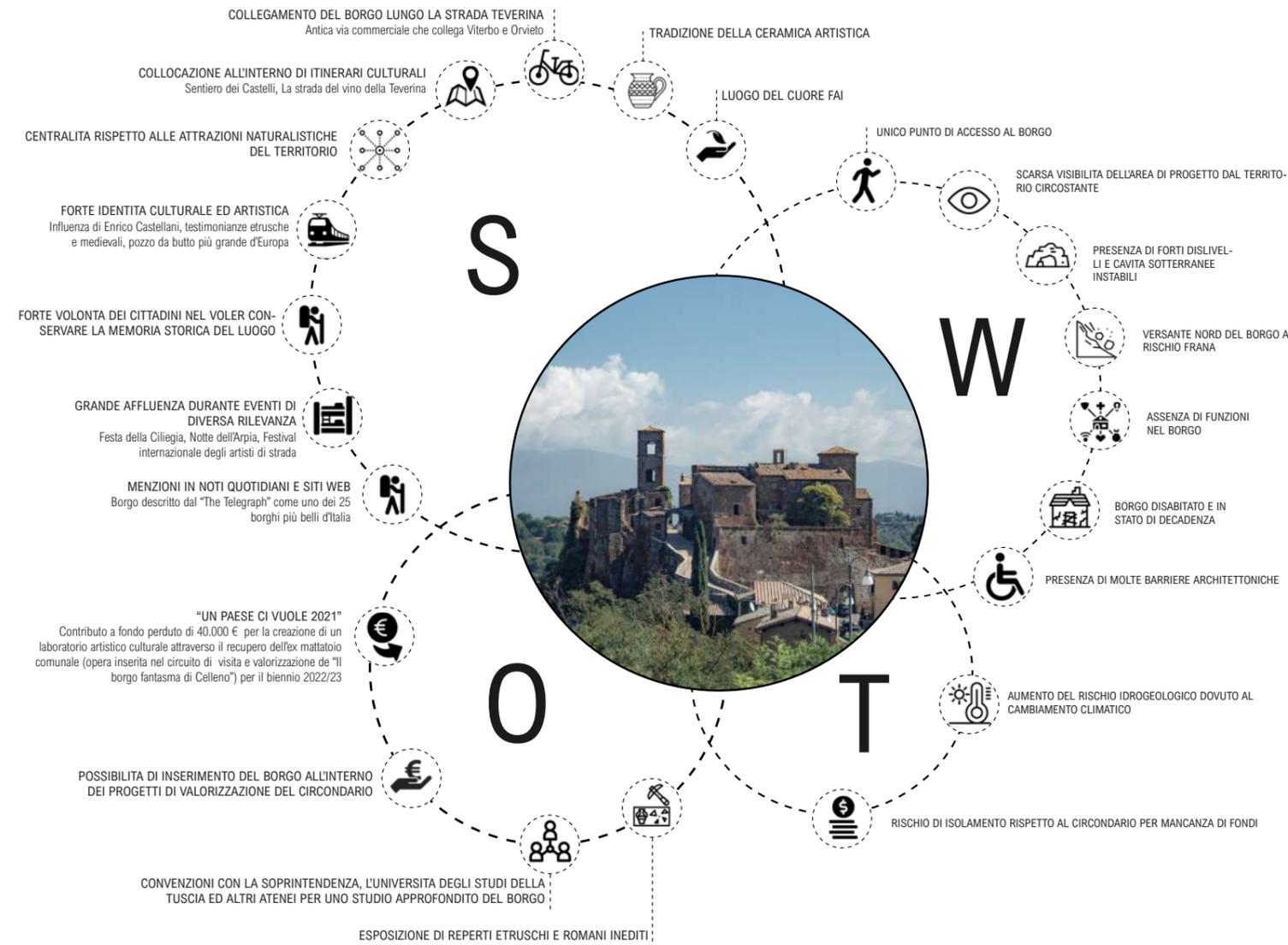


Fig.5.1. Analisi SWOT a scala territoriale.

Fig.5.2. Analisi SWOT a scala locale.



Celleno: nuovo centro culturale

L'autenticità del Borgo fantasma, data dal carattere paesaggistico, dalle forti testimonianze etrusche, dalle tradizioni enogastronomiche e dalla chiara vocazione artistica legata alla ceramica e all'influenza di Enrico Castellani, pone le basi per la nascita di un nuovo polo attrattore per l'intero territorio della Tuscia. Il nuovo borgo sarà un centro culturale che unisce i punti di forza sopracitati attraverso spazi adibiti ad esposizioni, laboratori, punti vendita e di ristoro. Il nuovo polo sarà un punto di incontro tra generazioni differenti che collettivamente saranno il motore che riattiverà il borgo.

Il logo del nuovo centro culturale, ispirandosi ad una delle maioliche di epoca tardomedievale rinvenute nel grande butto, vuole illustrare due punti di forza per cui Celleno è di rilevante importanza al di fuori dei propri confini comunali, ovvero la ceramica artistica e la coltivazione dei ciliegi.

Obiettivi e strategie

Gli obiettivi di progetto convergono tutti alla volontà di contenere il trend di spopolamento del comune di Celleno, focalizzando l'attenzione sulla valorizzazione degli spazi pubblici e delle attività economiche cellenesi attraverso la progettazione di un centro culturale che diventi un nuovo polo attrattore per tutto il territorio della Tuscia e promuovendo attività ed eventi che siano in grado di valorizzare le risorse naturali e culturali locali.



Fig.5.3. Logo del progetto

Ciò sarà possibile con il recupero degli edifici esistenti, attraverso il consolidamento e l'aggiunta di nuovi volumi, e la rifunzionalizzazione degli stessi. Il reinserimento del borgo nel circondario sarà ulteriormente garantito tramite il potenziamento delle principali connessioni tra il borgo e il territorio circostante promuovendo ed incentivando una mobilità di tipo sostenibile.

Tab. 5.1. OSA - Obiettivi, Strategie e Azioni

RECUPERO	Recupero del borgo fantasma di Celleno	Consolidamento del terreno	Inserimento di terrazzamenti a contenimento del terreno sul Belvedere Gestione di raccolta delle acque Inserimento di tiranti a resina espansiva per il consolidamento della Rupe sul fronte nord Inserimento di passerelle metalliche supportate da elementi a colonna di contenimento della Rupe
		Consolidamento degli edifici	Applicazione di armatura invisibile 'reticulatus' e vernice consolidante sulle murature in tufo Rimozione della vegetazione infestante e dei detriti Inserimento di tirantature di contenimento sul versante nord Inserimento di corpi scala consolidanti all'interno del campanile della Chiesa di S. Donato e in un corpo di fabbrica del versante nord Intervento di 'scuci-cuci' in punti critici e di ammorsamento delle murature Restauro degli intonaci
RIFUNZIONALIZZAZIONE	Rifunionalizzazione del borgo fantasma di Celleno	Realizzazione di un nuovo centro culturale	Realizzazione di un nuovo spazio espositivo sul fronte nord e potenziamento dei sotterranei per ulteriori esposizioni Inserimento di uno spazio di co-working nello spazio della ex-chiesa di S. Carlo Inserimento di spazi didattici nel nuovo corpo di fabbrica sul fronte sud Inserimento di un ristorante con cucina tradizionale a km0 Inserimento di un punto vendita di prodotti locali Miglioramento degli spazi esterni per l'organizzazione di eventi e manifestazioni
		Accessibilità del borgo	Miglioramento del sistema di pavimentazione esterna Inserimento di tre corpi di elevazione verticali Inserimento di elementi sensoriali per l'orientamento all'interno del borgo
		Coinvolgimento di attori del territorio	Gestione dei terrazzamenti agricoli da parte degli agricoltori cellenesi Inserimento di temporary shop nell'area del Belvedere ad uso delle aziende dell'Alta Tuscia Gestione delle attività laboratoriali della ceramica artistica in collaborazione con il Museo della Ceramica di Viterbo Gestione dei terrazzamenti agricoli da parte degli agricoltori cellenesi
REINSERIMENTO	Reinserimento del borgo fantasma di Celleno all'interno di un sistema territoriale più ampio	Promozione del centro culturale	Definizione di un logo Organizzazione di eventi e manifestazioni culturali all'interno del borgo Apertura di un sito web e pagine social
		Promozione della mobilità sostenibile	Inserimento di nuove linee feriali che consentano di raggiungere Celleno in più fasce orarie Attivazione di un servizio di navetta continuo che permetta il collegamento tra Celleno nuova e il borgo fantasma Realizzazione di un sistema di collegamento ciclo-pedonale tra Orvieto e Viterbo con anche stazioni di bike sharing lungo il percorso Realizzazione di un sistema di collegamento ciclo-pedonale tra Montefiascone e Celleno che si connetta alla via Francigena Divieto di accesso al borgo fantasma mediante l'utilizzo di veicolo privato Inserimento di un punto di bike sharing all'ingresso del borgo fantasma

Stakeholders

Per garantire il successo di un'iniziativa come quella in oggetto, è necessario già nelle prime fasi individuare quali possano essere tutti i soggetti coinvolti e, in particolare, i portatori di interesse, i cosiddetti "stakeholders". Questi ultimi sono *tutti i soggetti, individui od organizzazioni, attivamente coinvolti in un'iniziativa economica (progetto, azienda), il cui interesse è negativamente o positivamente influenzato dal risultato dell'esecuzione, o dall'andamento, dell'iniziativa e la cui azione o reazione a sua volta influenza le fasi o il completamento di un progetto o il destino di un'organizzazione*¹. Il primo passo è stato, quindi, quello di individuare i *Key Players*, ovvero tutti quei soggetti che giocano un ruolo primario nel progetto e che quindi sono maggiormente interessati.

COMUNE DI CELLENO

Il primo "portatore di interesse" è sicuramente il Comune di Celleno, il quale non rappresenta soltanto la PA, bensì si fa carico anche di tutti gli interessi dei cittadini e delle associazioni locali. Negli anni il Comune ha dimostrato il suo interesse nel recupero del borgo stanziando diversi fondi per interventi di messa in sicurezza e consolidamento sia dei versanti della rupe che degli edifici stessi. Inoltre, nell'ultimo anno ha organizzato una serie di giornate studi nel borgo stesso e in particolare nella giornata di chiusura quattro università italiane (Università La Sapienza di Roma, Università RomaTre, Università degli Studi di Firenze e Politecnico di Milano) sono state invitate a confrontarsi sul tema e sul destino di questo borgo. Le riflessioni emerse

¹ treccani.it [ultimo accesso agosto 2023]



Fig. 5.4. Locandina "Giornate studi" organizzate dal Comune di Celleno a cura dello studio Alma Civita.

Fig. 5.5. (nella pagina seguente) Presentazione del progetto di tesi, Celleno, aprile 2023.

Fig. 5.6. (nella pagina seguente) Loghi dei diversi stakeholders:

- Fondazione Castellani [fonte: <https://www.fondazioneenricocastellani.it/>]
- Proloco Celleno [fonte: <https://laprolocodicelleno.wordpress.com/>]
- Consorzio della Ciliegia di Celleno [Fonte: Consorzio della Ciliegia di Celleno]
- Fondazione Carivit [fonte: <http://www.fondazioneomnia.eu/patrocinio-fondazione-carivit/>]
- Slowfood Lazio [fonte: www.slowfood.it]
- FAI [fonte: fondoambiente.it]

FONDAZIONE
ENRICO CASTELLANI



Slow Food*
Lazio



sono state raccolte in un articolo pubblicato sulla rivista BioArchitettura nel settembre 2023.

REGIONE LAZIO

È in arrivo sul nostro territorio una mole di investimenti mai vista negli ultimi decenni, grazie alla nuova programmazione dei fondi europei, alle risorse del PNRR e a quelle nazionali. [...] La priorità ora è correre, restando concentrati sugli obiettivi di questo grande investimento sul nostro futuro: innanzitutto combattere le disegua-

² www.lazioeuropa.it/la-strategia-unitaria [ultimo accesso agosto 2023]

³ slowfood.it

glianze e garantire i diritti fondamentali delle persone, a partire dalle due grandi infrastrutture pubbliche della salute e della casa; quindi produrre sviluppo sostenibile e lavoro di qualità; valorizzare l'enorme risorsa della conoscenza e della ricerca; connettere meglio tutti i territori del Lazio tra loro e con il resto del Paese, per rendere più facile la vita delle persone e per migliorare la competitività; valorizzare l'incredibile ricchezza di paesaggi, tradizioni e prodotti che custodisce questa nostra terra; puntare sulla leva della cultura e dello sport per produrre valori sociali e felicità².

FONDAZIONE ENRICO CASTELLANI

Si occupa dello studio e della tutela dell'opera di Enrico Castellani, vissuto nel borgo stesso. Negli anni ha investito nel recupero del castello e dell'edificio di fronte, il quale è diventato sede della fondazione.

PROLOCO CELLENO

Da anni si occupa della manutenzione del borgo e, insieme al Comune, dell'organizzazione di diversi eventi, tra cui la Festa della Ciliegia.

CONSORZIO DELLA CILIEGIA

Ente attivo nel territorio cellenese nato con lo scopo di tutela e valorizzazione della Ciliegia di Celleno. Dalla sua fondazione sostiene gli agricoltori locali sia nella produzione che nella vendita del prodotto.

FONDAZIONE CARIVIT

La Fondazione esercita un ruolo attivo nella crescita e nello sviluppo del territorio. Infatti, è l'ente coinvolto in tutte le più rilevanti iniziative a carattere sociale e ogni anno finanzia numerosi progetti in diversi ambiti, avendo particolare attenzione a quelli di carattere culturale.

SLOW FOOD LAZIO

Lavora per dare il giusto valore al cibo, praticando e diffondendo il rispetto verso chi lo produce in armonia con ambiente ed ecosistemi, grazie ai saperi di cui sono custodi territori e tradizioni locali*. Promuove e organizza diversi eventi e iniziative in tutta la regione.

FAI- FONDO AMBIENTE ITALIANO

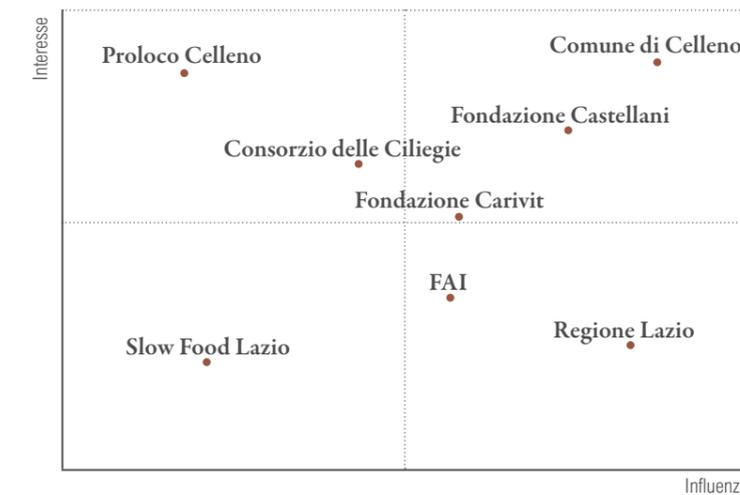
Il borgo di Celleno è stato selezionato dal FAI (Fondo Ambiente Italiano) come *Luogo del cuore* e nelle giornate dedicate alle aperture straordinarie vengono organizzate visite guidate a cura del Gruppo FAI Giovani di Viterbo e dagli Apprendisti Ciceroni del Liceo "Buratti" Unitus.

Il coinvolgimento degli stakeholders riguarda, con differenti responsabilità e ruoli, diverse fasi del processo di sviluppo di un progetto, generalmente riassunte nelle seguenti quattro: progettazione, realizzazione, gestione e uso. Per determinare il grado di coinvolgimento dei singoli attori è utile definire una matrice interesse-influenza (Fig.5.7). Tale analisi è necessaria in quanto fornisce indicazioni utili per le scelte e strategie da intraprendere in modo da soddisfare tutte le parti coinvolte.



Fig. 5.7. Individuazione degli stakeholders.

Fig. 5.8. Matrice interesse-influenza.



06 IL BORGO ANTICO



I paesi abbandonati non sono luoghi che possano essere colti a prima vista, capiti in poco tempo con i minuti contati. Il fatto che non ci sia nessuno ad abitarli, o quasi nessuno, non significa che non vi accada niente. Tutt'altro: l'assenza e il vuoto sono pieni di segni e di tracce che vanno decifrati e interpretati caso per caso.

Vito Teti, *Quel che resta. L'Italia dei paesi, tra abbandoni e ritorni*, Roma 2017

Introduzione metodologica

Al fine di acquisire una conoscenza approfondita dello stato di fatto del borgo che possa essere alla base di un'efficace strategia di intervento, si è proceduti all'analisi dello stato di fatto articolata in più fasi a mano a mano più complesse e specifiche.

Si è partiti quindi da un'analisi evolutiva del borgo al fine di conoscere gli eventi che hanno portato al suo abbandono, focalizzando l'attenzione sui fenomeni sismici e franosi che hanno caratterizzato la storia del sito. Per renderne scorrevole la lettura, è stata realizzata una linea del tempo che raccoglie le date principali (Fig.6.2).

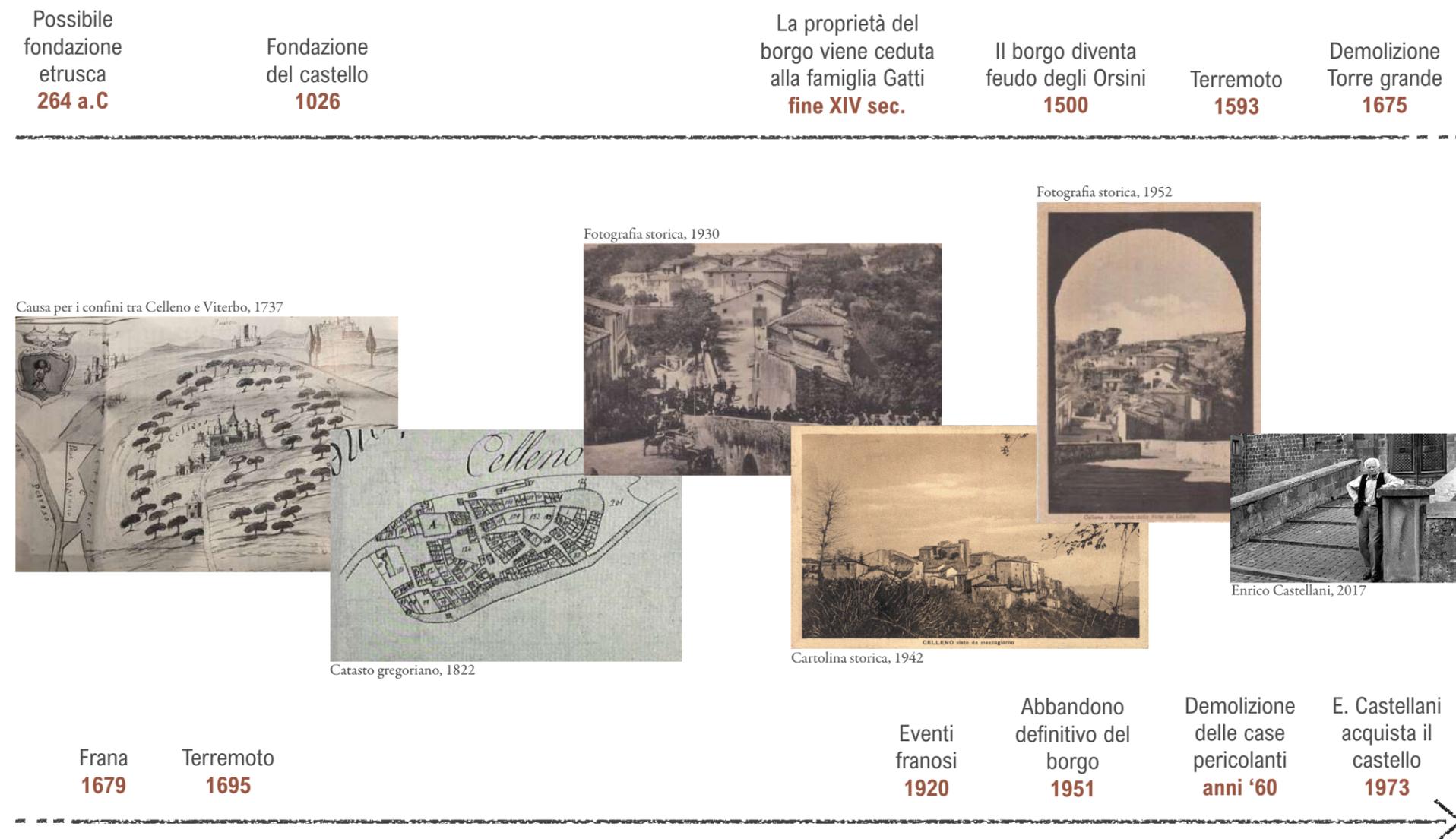
Data la fragilità del terreno, sono state raccolte le informazioni relative alle caratteristiche geotecniche del sito basandosi sulla relazione tecnica del Comune redatta nel 2011 dal geologo Matteo Pelorosso e sulla relazione geologica redatta nel 2017 dalla geologa Angela Antonucci.

L'ultima parte del capitolo si concentra sullo stato attuale del borgo, spiegando le singole fasi di raccolta ed elaborazione dei materiali, dal rilievo fotografico fino all'analisi delle prestazioni residue. Questa fase è stata supportata dai materiali forniti dall'arch. Massimo Fordini Sonni, responsabile dei lavori di consolidamento del borgo.



Fig.6.1. Vista a volo d'uccello del borgo fantasma e di Celleno Vecchio, 1990 [Fonte: Comune di Celleno.]

Fig.6.2. Schema riassuntivo degli eventi caratterizzanti la storia del borgo



Analisi geotecnica

Analisi morfologica

Lo sperone di roccia su cui stanziò il borgo fantasma di Celleno assume le peculiarità tipiche delle aree vulcaniche di tutto il Lazio settentrionale, dove prendono luogo residui di ampi plateaux ignimbrici impostati sul substrato sedimentario Plio-Pleistocenico che è affiorato grazie all'azione erosiva dei corsi d'acqua, e si posiziona proprio sul margine orientale di queste antiche formazioni.

Il territorio del Comune presenta una porzione a nord caratterizzata da versanti e scarpate con inclinazioni piuttosto sostenute e quote massime di 480 m s.l.m., mentre a sud tende ad avere una morfologia più dolce con pendenze inferiori al 10%. La zona intermedia dove pure è impostato l'antico centro abitato di Celleno si sviluppa come territorio di evidenza evolutiva dove convivono crinali con strette cime insieme ad alcune spianate come appunto Celleno.

Il terreno che conforma il territorio del comune presenta delle caratteristiche di instabilità di versante presentando principalmente cinematismi traslazionali, di soliflusso e di scorrimento, soprattutto dove è composto da sedimenti argillo-sabbiosi, ancor di più se alterati, proprio come nel caso dello sperone tufaceo del borgo che è quindi interessata da più frequenti e più probabili dissesti franosi.

In aggiunta, una lunga fascia che collega gli abitati di Celleno e Roccalvecce è interessata da fenomeni di crollo dovuti alla caduta di blocchi tufacei fratturati, motivo per cui negli anni sono state adottate delle misure di protezione e contenimento del ter-

reno attive e passive tra cui il consolidamento corticale e l'applicazione di barriere paramassi.

La facile degradazione evolutiva del territorio ha permesso l'individuazione della morfologia del terreno che è costituita dalle seguenti unità litologiche:

- Argille e argille sabbiose (sequenza sedimentaria risalente al Pliocene Inferiore e al Pleistocene Medio Inferiore), depositi superiori ai 250 m di colore grigiastro con strati argillo sabbiosi nella parte alta della sequenza;
- Tufi leucititici basali, ignimbrite tefritico-fonolitica, tufi leucititici superiori e lave leucititiche e tefritiche (sequenza vulcanica sempre risalente al Pliocene Inferiore e al Pleistocene Medio Inferiore), costituiti da materiali piroclastici, su strati consecutivi inferiori al metro di spessore disposti su un centinaio di metri globali a quote tra i 230 e 420 m s.l.m.

Da indagini geotecniche sono state definite 4 differenti tipologie di terreno con le seguenti caratteristiche geomeccaniche:

	Unità I	Unità II	Unità III	Unità IV	
γ_{nat}	16	19,5	15,5	19	KN/m ³
γ_{sat}	19	21	18,5	21,5	KN/m ³
Φ'	32°	27°	32°	27°	
c'	15	50	7,5	20	KPa

- I Tufi basali vulsini, 20 m c.a.
- II Argille sabbiose
- III Piroclastiti rimaneggiate, 2-4 m
- IV Argille sabbiose alterate, 1-2 m

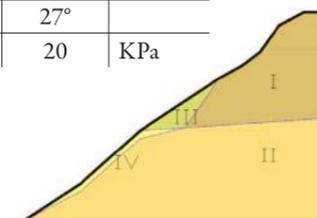


Fig.6.3. Rapporti stratigrafici tra le quattro unità geomeccaniche, in A. Antoniucci, *Relazione geologica*, 2017.

Fig.6.4. Carta geologica, in A. Antonucci, *Relazione geologica*, 2017.

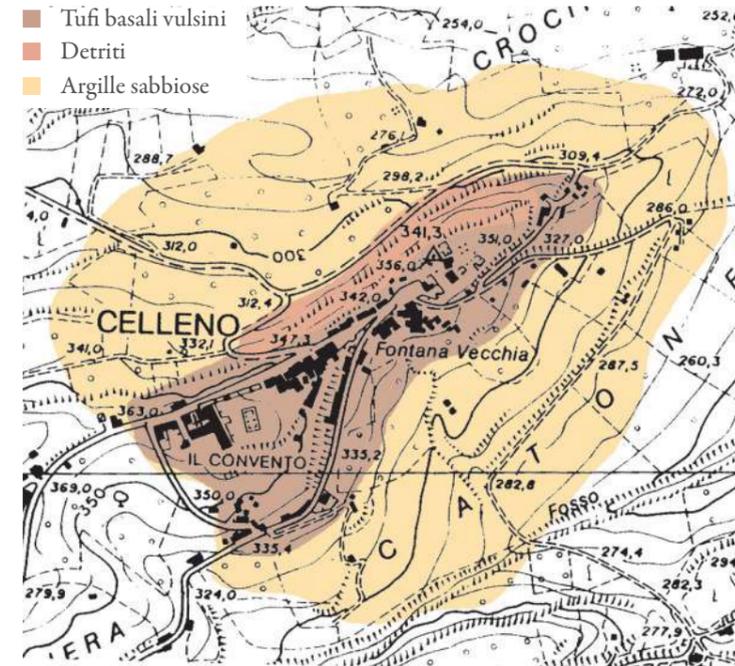


Fig.6.5. Patrizio Vailati Facchini, *Affioramento dei tufi leucititici basali*, 2022.

Inquadramento sismico

Il comune di Celleno è inserito nella zona sismica 2B e attraverso un'indagine per la microzonazione sismica il suo territorio presenta le seguenti condizioni di suscettibilità:

- **Zone Stabili suscettibili di amplificazione sismica (ZAS)**, aree in cui il moto sismico è modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di suolo, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e/o geomorfologiche del territorio;
- **Zone suscettibili di Instabilità (ZI)**, zone nelle quali i terreni sono suscettibili di attivazione di fenomeni di deformazione permanente del territorio a seguito di un evento sismico (instabilità di versante, cedimenti, liquefazioni, faglie attive e/o capaci), individuando le seguenti sottocategorie:
 - **Zona di frana attiva con cinematiso di crollo o ribaltamento (SI1)** lungo la fascia che collega Celleno a Roccalvecce;
 - **Zona di frana attiva con cinematiso complesso (SI4)** comprendendo un'ampia area a nord dell'abitato vecchio di Celleno
 - **Zona di frana quiescente con cinematiso non definito (SI5)** come sulla porzione di terreno immediatamente a sud del centro abitato di Celleno vecchio.

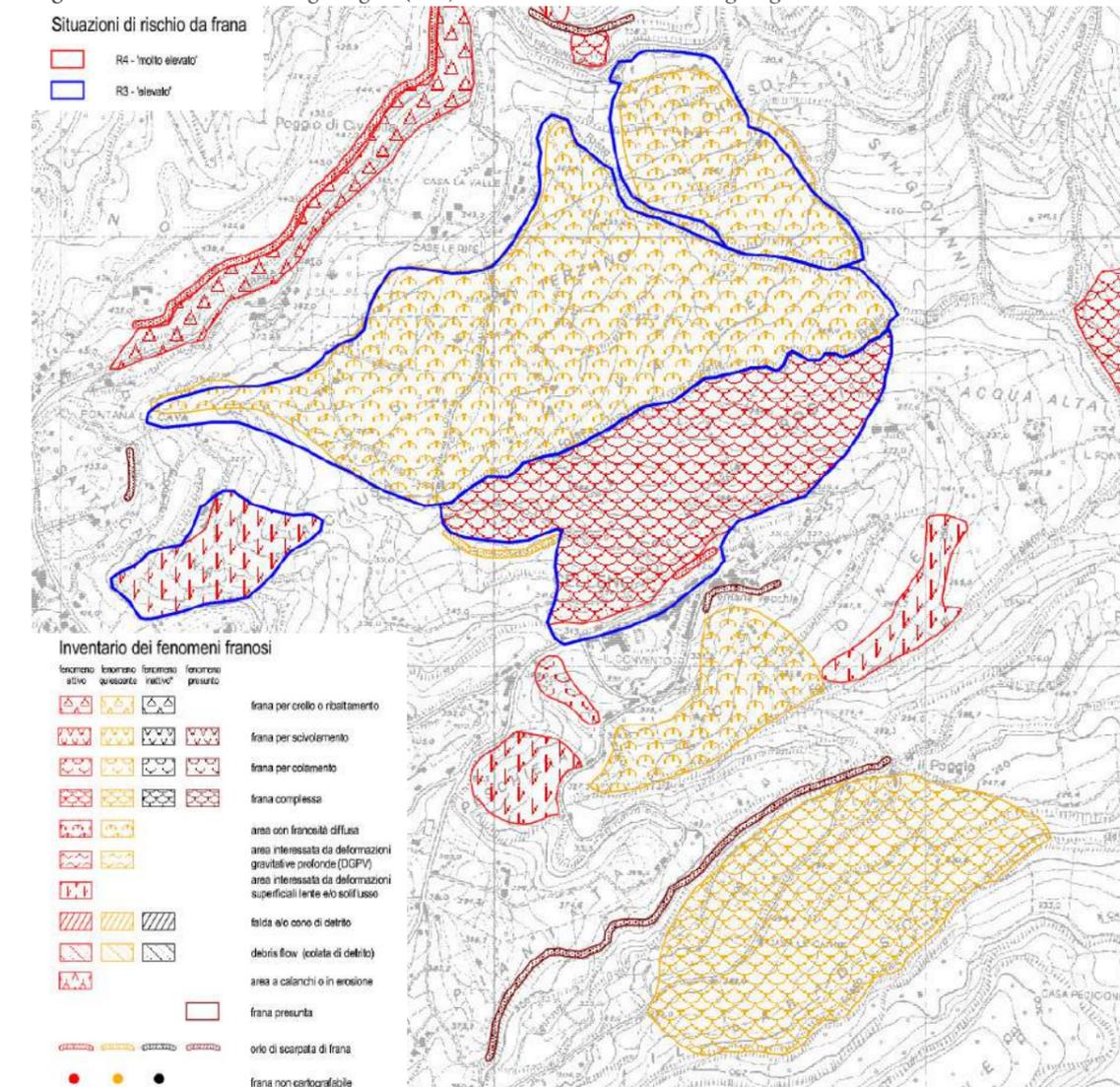
Analisi idrogeologica

I corsi d'acqua presenti assumono un deflusso globale in direzione est e possiedono bacini idrografici di estensione limitata, tempi di corrivazione piuttosto bassi e regime strettamente correlato all'andamento delle precipitazioni, e presentano perciò picchi di piena durante i picchi delle precipitazioni e periodi di secca nel periodo estivo.

L'idrogeologia profonda è denotata dalla presenza di un'unità basale presente su tutto il territorio rappresentata proprio dalle argille Plio-Pleistoceniche citate nel paragrafo relativo all'analisi morfologica. Si ha pertanto la formazione di più falde sovrapposte che permettono una diffusa infiltrazione delle acque meteoriche grazie alla medio-alta permeabilità degli strati rocciosi in superficie.

Queste acque di infiltrazione alimentano sia le piccole falde freatiche sospese con portate di qualche l/min sia la falda basale di produttività idraulica più elevata. Nella località *Selva* è presente una modesta falda sospesa a 30 m di profondità da cui attingono diversi pozzi dell'area. Il drenaggio idraulico complessivo si sviluppa in direzione E-SE guidato dalla topografia del territorio, tant'è che nelle aree orientali, dove lo spessore dei tufi si fa sempre più limitato, l'acquifero assume una maggiore potenzialità e spesso emerge in superficie causando emergenze idrauliche piuttosto diffuse in forma di rivoli fuoriuscenti da scarpate di taglio o naturali o in forma di sorgenti come il caso della Sorgente dell'Acquaforte.

Fig.6.6. Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), in A. Antonucci, *Relazione geologica*, 2017.



Analisi dello stato di fatto

Catalogazione edifici esistenti

Data la sua natura di borgo e, pertanto, la presenza di più edifici, il primo passo è stato quello di redigere delle schede di catalogazione al fine di avere un quadro generale quanto più dettagliato possibile. Per facilitare la loro identificazione ad ogni edificio è stata assegnata una lettera dell'alfabeto dalla A alla N, ad esclusione del Castello Orsini, del quale in questa fase non si è tenuto conto essendo privato e non accessibile. Oltre a un keyplan per facilitare l'orientamento e ad alcune fotografie, nelle singole schede sono state riportate, ove possibile, le informazioni generali riguardanti la data approssimata di edificazione, i dati geometrici, la tipologia costruttiva, lo stato di conservazione e una breve descrizione dell'edificio di riferimento.

Per quanto riguarda lo stato di conservazione a ogni edificio è stato assegnato un grado di conservazione da *macerie* a *buono*. Per chiarezza, di seguito si riporta la definizione dei gradi di conservazioni utilizzati:

- **Macerie**
- **Rudere:** assenza di copertura, staticità carente dei paramenti murari
- **Insufficiente:** copertura presente, non consolidato, staticità carente
- **Sufficiente:** recentemente ricostruito ma inagibile
- **Buono:** ben conservato e ristrutturato

In sintesi, è possibile dire che gli edifici in condizioni peggiori sono collocati prevalentemente sul versante nord del borgo a causa anche delle condizioni precarie del terreno, mentre quelli sul versante sud hanno subito recenti ristrutturazioni, motivo per cui ad oggi risultano essere visitabili.

Nella pagina accanto viene riportata la tavola sullo stato di conservazione.

Rilievo fotografico

A supporto delle successive fasi di rilievo è stata fondamentale l'acquisizione di una corposa documentazione fotografica, realizzata in due giornate nel settembre del 2022 e in una terza nel mese successivo. Sono state realizzate delle viste generali sia in avvicinamento all'area di progetto che al suo interno, fino a delle foto più di dettaglio per i singoli edifici. La campagna fotografica è stata condotta attraverso l'impiego di una Reflex Canon 1300D e di un Drone DJI Mini. Le foto scattate sono state selezionate e successivamente catalogate.

A pag. 86 viene riportato un estratto delle tavole del rilievo fotografico, in particolare quello realizzato all'interno del borgo.

Fig.6.7. Stato di conservazione dei fabbricati esistenti, TAV 12.

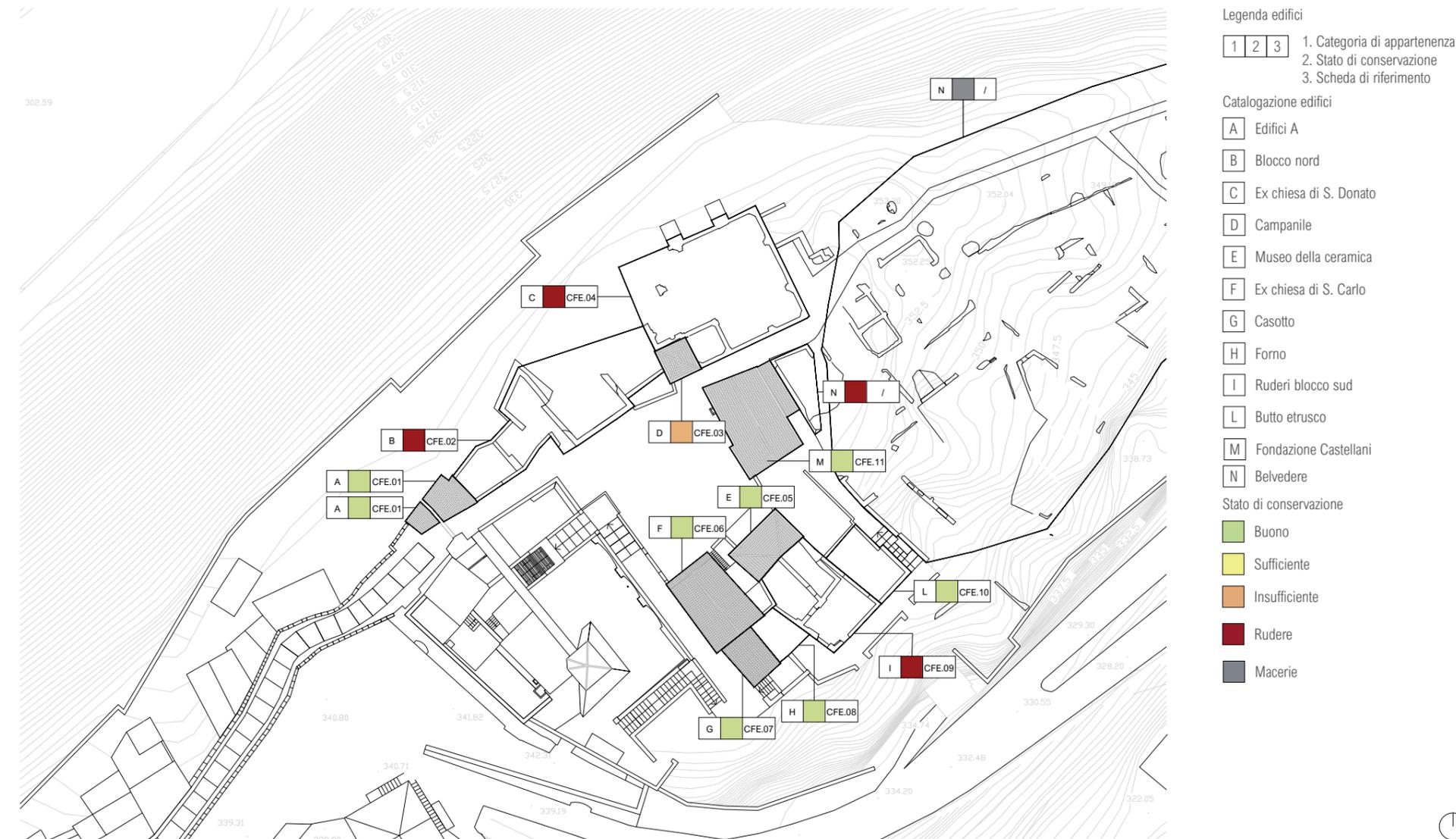


Fig.6.8. Rilievo fotografico all'interno del borgo, TAV. 08.



Rilievo geometrico, materico e del degrado

Successivamente, grazie a programmi di fotoraddrizzamento sono stati ricavati i fotopiani dei singoli edifici. Assieme a questi ultimi, i materiali forniti dall'arch. Fordini Sonni, tra cui una nuvola di punti della Chiesa di S. Donato e i rilievi condotti durante i sopralluoghi precedentemente citati, sono stati la base per la realizzazione del rilievo geometrico e la conseguente restituzione grafica delle caratteristiche dimensionali, planimetriche, altimetriche e volumetriche dei fabbricati.

In questa fase, data la natura arroccata del borgo, si è reso necessario lo studio del profilo del terreno, motivo per cui la realizzazione di sezioni ambientali significative è stata fondamentale per la piena comprensione della sua conformazione.

Fig.6.9. Sezione ambientale del borgo, TAV. 13.

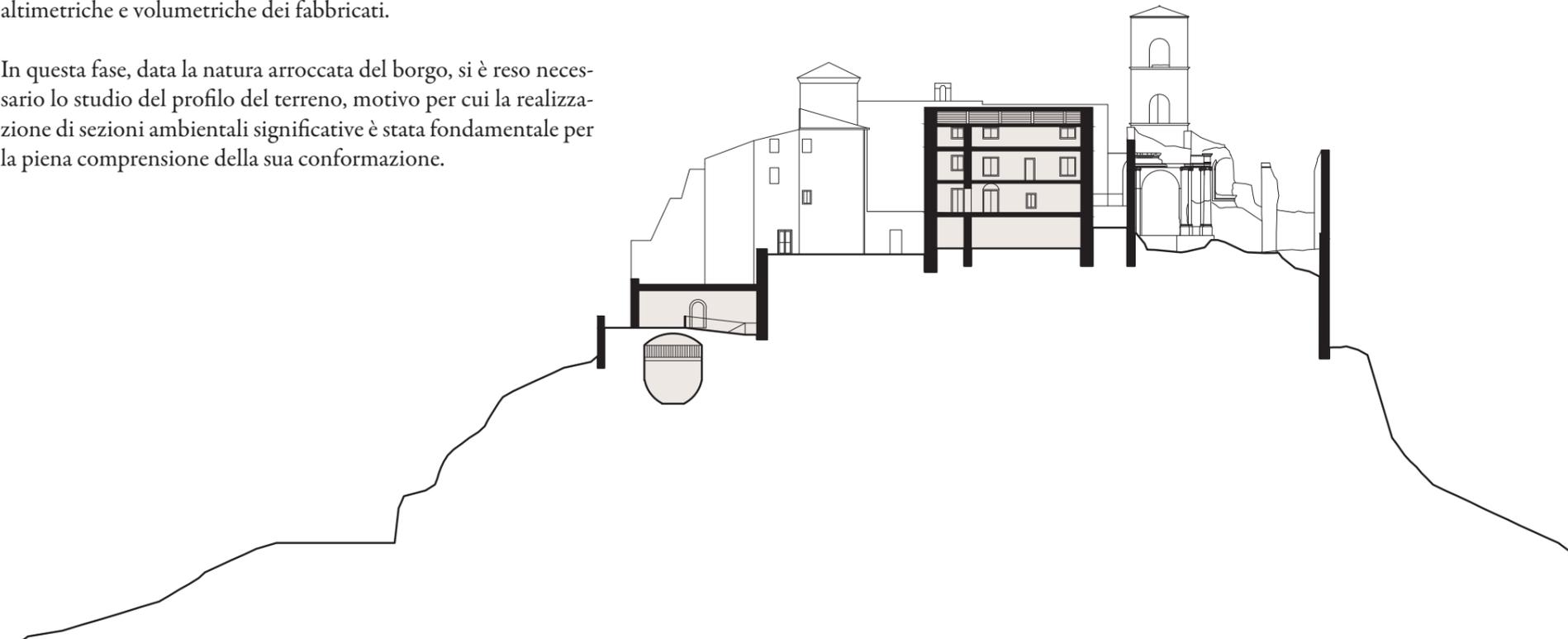


Fig.6.10. Matrice di sintesi dei de-
gradi presenti, scheda D.00.

Altra tappa fondamentale dell'indagine conoscitiva è rappresentata dai rilievi materico e del degrado attraverso i quali si sono ottenute informazioni sui materiali e sullo stato di conservazione dei manufatti. Tali rilievi sono stati basati su un'analisi visiva sia durante i sopralluoghi che attraverso la documentazione fotografica raccolta. Sebbene in alcuni casi sarebbe stato opportuno effettuare delle analisi più specifiche, in assenza della strumentazione necessaria, ci si è limitati ad indicare sulle schede di riferimento le eventuali indagini supplementari.

Per facilitare la comprensione degli elaborati, si è assegnato ad ogni materiale un codice e un colore di riferimento e, analogamente, a ogni degrado un codice e una campitura. In riferimento al rilievo del degrado, le patologie sono state identificate con riferimento alla norma UNI EN 1182 *Descrizione della forma di alterazione - Termini e definizioni del 2006* e al *Glossario illustrato delle forme di alterazione della pietra Icomos-Iscs*. Inoltre, per queste ultime è stata fornita una descrizione più accurata nelle schede del degrado con anche un'indicazione delle ipotetiche cause e conseguenze di tali fenomeni.

Data la numerosità dei fronti da rilevare e le caratteristiche simili degli edifici emerse da una prima analisi generale, si è deciso di focalizzare l'attenzione su quelli ritenuti più significativi e utili alla conoscenza globale del sito di progetto.

Come deducibile dalle tavole di riferimento¹ il materiale che caratterizza il borgo è sicuramente il tufo, che insieme ai laterizi

e a elementi decorativi in basaltina, è presente in tutti gli edifici. Probabilmente gli edifici storicamente erano intonacati sia internamente che esternamente, tant'è che in alcuni punti sono visibili ancora delle tracce, e oltretutto i fronti principali dei due edifici recentemente ristrutturati sono stati totalmente intonacati. Il manto di copertura dei tetti ancora presenti è in coppi di laterizio o in tegole marsigliesi, mentre per quanto riguarda le pavimentazioni, sampietrini e cotto sono i materiali ricorrenti. Per quanto riguarda i degradi, oltre agli elaborati già citati¹, è stata realizzata una matrice di sintesi (Fig. 6.10.) che permette di individuare rapidamente i fenomeni più diffusi e sui quali porre maggiore attenzione.

DEGRADO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L
codice	n	s	e	n	s	e	n	s	e	n
D.01 Alterazione cromatica										
D.02 Alveolizzazione										
D.03 Deposito superficiale										
D.04 Disgregazione										
D.05 Distacco										
D.06 Fessurazione										
D.07 Macchia										
D.08 Mancanza										
D.09 Mancanza di finitura di intonaco										
D.10 Percolamento										
D.11 Patina biologica										
D.12 Presenza di vegetazione										
D.13 Rappezzo incongruo										

■ Diffuso che potrebbe provocare danni strutturali
 ■ Diffuso che non provoca danni strutturali
 ■ Locale
 □ Non presente
 ■ Non rilevabile

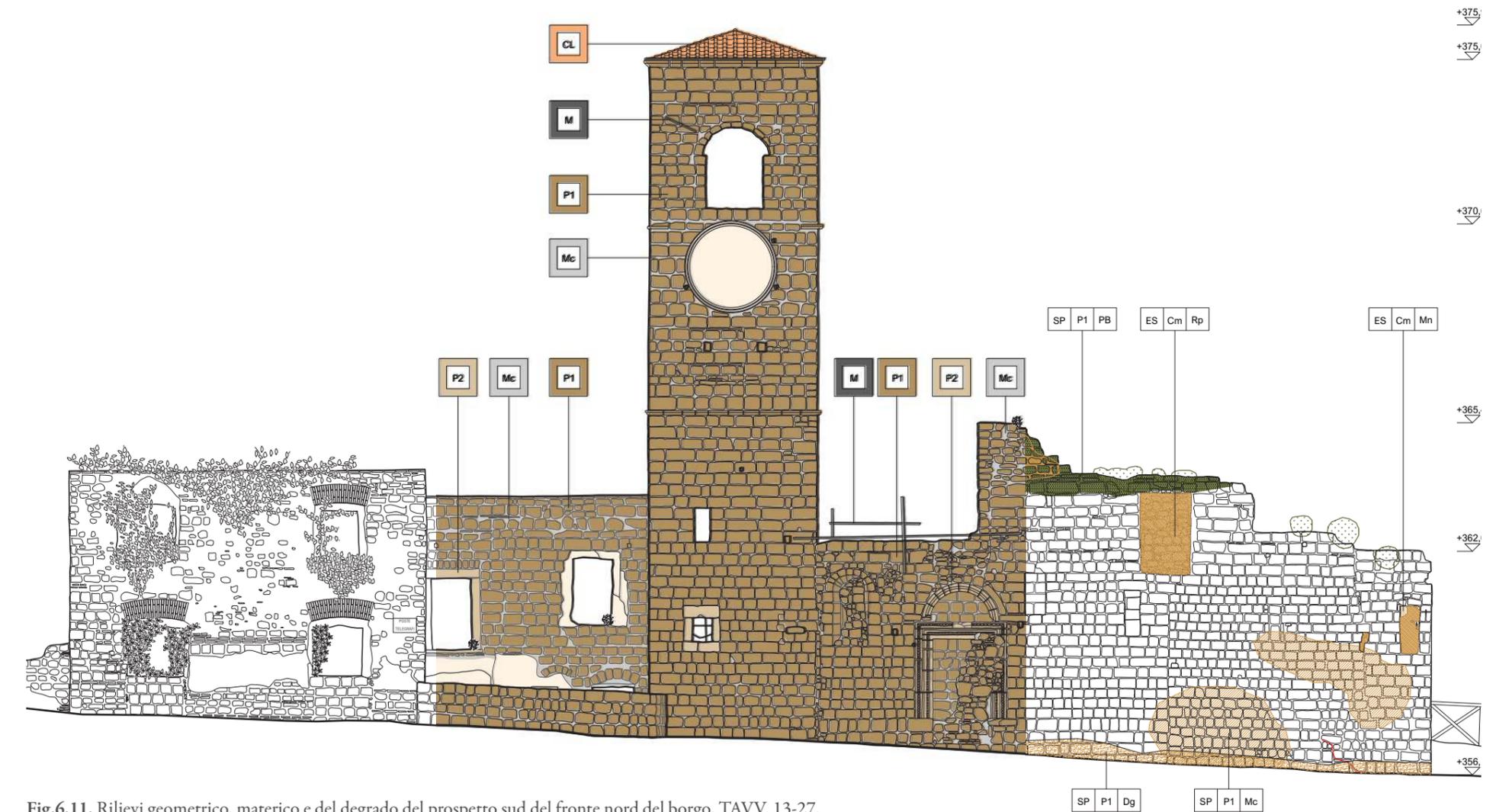
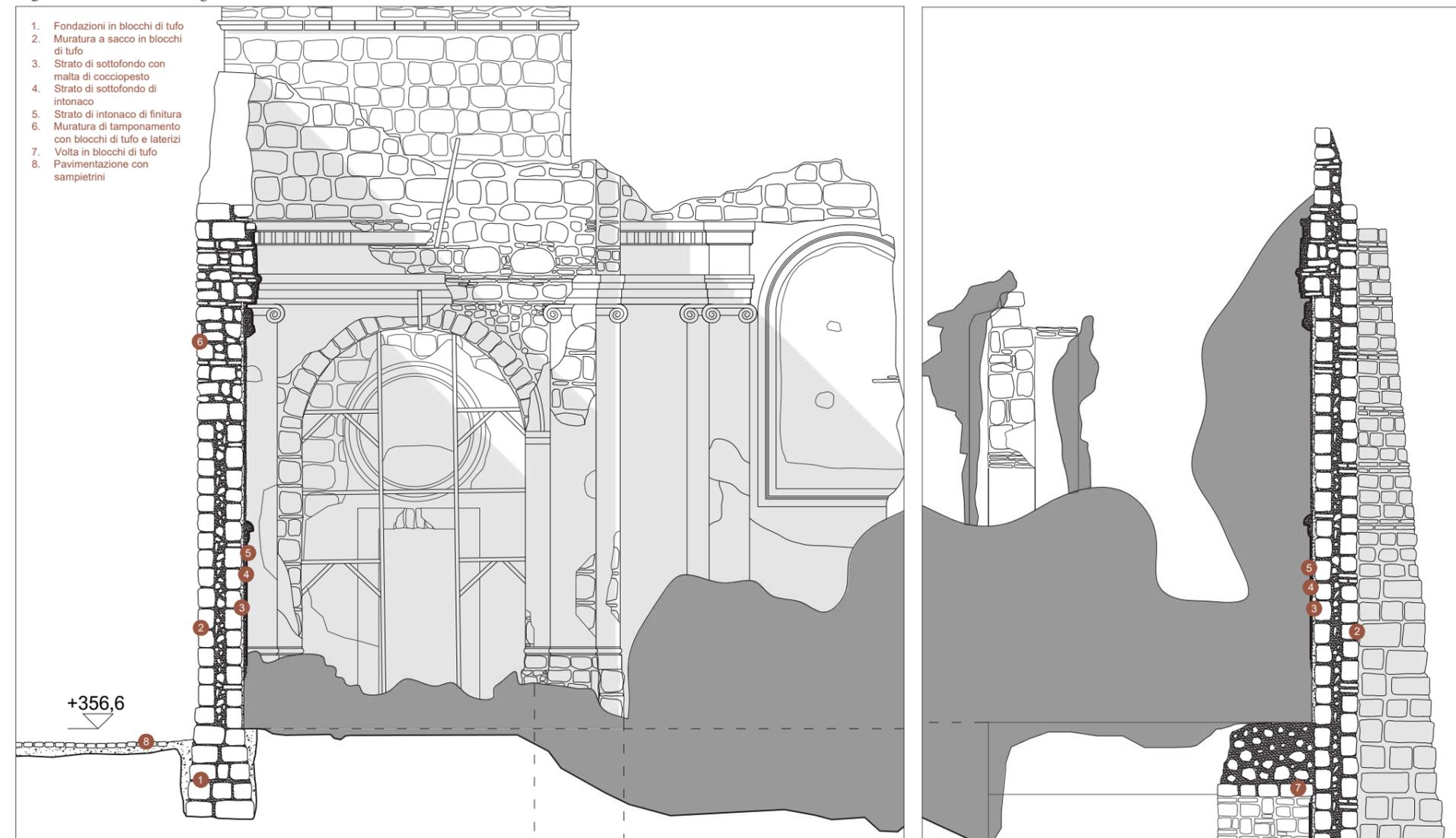


Fig.6.11. Rilievi geometrico, materico e del degrado del prospetto sud del fronte nord del borgo, TAVV. 13-27.

¹ TAVV. 24-27

Fig.6.12. Sezione tecnologica dell'ex chiesa di S. Donato, TAV. 28.



Rilievo tecnologico

Aumentando il livello di dettaglio e diminuendo la scala degli elaborati, si è passati al rilievo tecnologico con l'obiettivo di individuare la tecnologia costruttiva impiegata. Lo stato di abbandono e di rudere di alcuni edifici ha sicuramente facilitato questo studio, sebbene talvolta i lavori di messa in sicurezza per evitare i crolli abbiano impedito una chiara lettura dei caratteri tecnici dell'edificio, specialmente nelle parti in cui erano stati realizzati dei cordoli in calcestruzzo. Per tale motivo questa fase è stata comunque supportata da una ricerca bibliografica¹ comprovata, ove possibile, sul sito di progetto.

Nello specifico, ritroviamo tutti edifici di piccole dimensioni a muratura portante in blocchi di tufo disposti, per la maggior parte, a doppia testa e tripla testa, in alcuni casi anche a quattro teste, a seconda dello spessore murario. Fa eccezione l'ex Chiesa di S. Donato, in quanto dalle foto aeree è possibile riconoscere delle murature a sacco a filari isometrici. È importante aggiungere che su queste ultime sono visibili delle variazioni dovute probabilmente ad ampliamenti e rifacimenti a seguito di crolli per terremoti e cedimenti, ultimo dei quali risale al 1941². Tutte le murature poggiano direttamente sulla roccia viva e se ne ipotizza un leggero allargamento alla base.

¹ Sono stati consultati i seguenti manuali:

C. Formenti, *La pratica del fabbricare*, Milano 1983.

R. Chioveli, *Tecniche costruttive murarie medievali: la Toscana*, Roma 2007

L. Zordan, *Le tradizioni del costruire della casa in pietra: materiali, tecniche, modelli e sperimentazioni*, Firenze 2009.

² comune.celleno.vt.it. [Ultima consultazione febbraio 2023]

Per quanto riguarda i solai, ad eccezione della copertura del campanile, quelli presenti sono di nuova costruzione, e dalle tracce residue si ipotizza che fossero lignei con tavelle in cotto. Questa tipologia è stata riproposta nella nuova copertura della chiesa di S. Carlo, mentre per i solai nel museo della ceramica sono stati impiegati degli assiti lignei. Inoltre, all'interno della chiesa di S. Donato sono visibili delle tracce di voltine a botte in tufo con riempimento in malta e scarti di tufo e laterizi.

Analisi delle prestazioni residue

Per quanto degradato possa essere, un edificio continua a rispondere a delle prestazioni, sebbene queste non rispettino più le normative vigenti. Valutare quali siano queste prestazioni residue, sia termiche che strutturali, è fondamentale per capire il tipo di interventi da attuare. Per tale verifica potrebbe essere necessario l'uso di un'adeguata strumentazione o di prove in situ, ciò nonostante, in alcuni casi può essere sufficiente l'uso di software che consentano una verifica attendibile.

Sebbene, in mancanza della strumentazione adeguata, non sia stato possibile effettuare delle verifiche in situ per determinare lo stato tensionale sulle murature, si è riusciti a prelevare un campione di materiale dal sito di progetto grazie al quale sono state

Fig.6.13. Grafico della prova di compressione uniassiale.

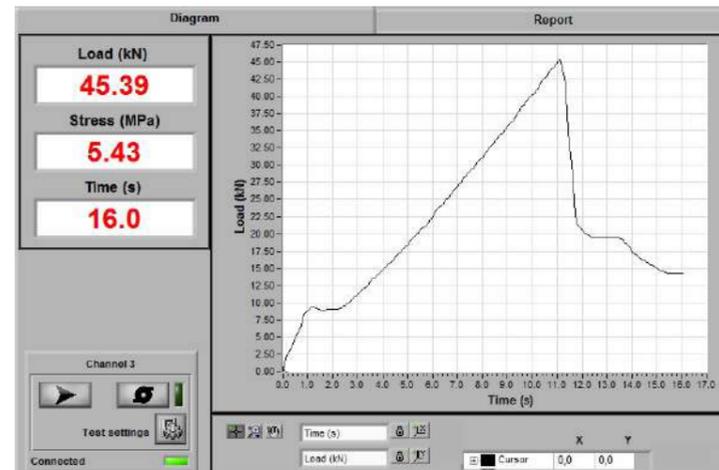


Fig.6.14. Blocco di tufo precedente alla prova di compressione.



Fig.6.15. Blocco di tufo a seguito della prova di compressione.

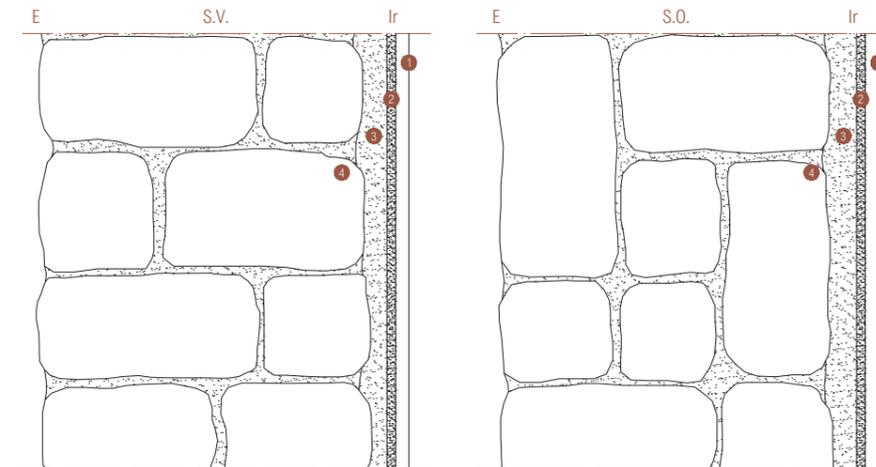


determinate le caratteristiche meccaniche dei blocchi di tufo. È stata, quindi, eseguita una prova di compressione monoassiale presso il laboratorio di materiali e strutture in calcestruzzo del Politecnico di Milano, dalla quale è emerso una tensione massima di compressione di 5,43 MPa.

Infine, sono state verificate le prestazioni residue dal punto di vista termico degli edifici accessibili attraverso il software PAN dell'azienda ANIT. Dalla verifica è emerso un valore non conforme per le chiusure verticali superiore a 0,28 W/m²K, mentre per le chiusure orizzontali un valore conforme inferiore a 0,24 W/m²K grazie alla presenza di uno strato di isolamento*.

* I valori limite fanno riferimento al DM del 26 giugno 2015 per la zona climatica E.

CV.02a: Muratura a due/tre/quattro teste in blocchi di tufo - sp. variabile 45 - 105 cm



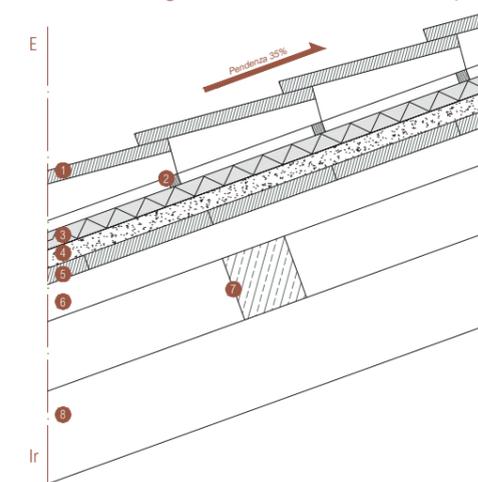
- 1 Strato di rivestimento interno in intonaco sp. 2 cm c.a.
- 2 Strato di sottofondo di intonaco sp. 2 cm c.a.
- 3 Strato di livellamento della superficie in malta sp. 3 cm c.a.
- 4 Strato portante in muratura piena in blocchi di tufo a due/tre/quattro teste sp. variabile 45-105 cm

$$U = 0,562 \text{ W/m}^2\text{K} > 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Verifica non superata

Fig.6.16. Verifica delle prestazioni residue dei pacchetti tecnologici preesistenti, TAV. XX.

CO.01: Copertura a falda in legno e tavelle in laterizio - sp. 45 cm

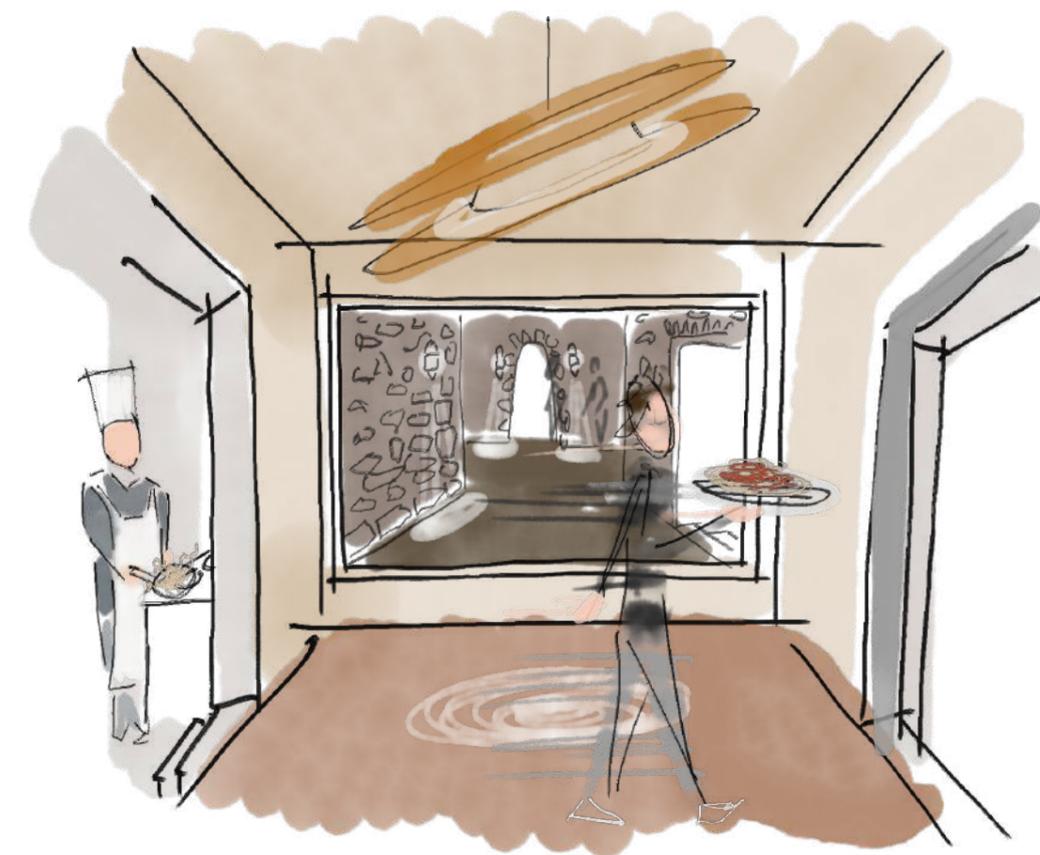


- 1 Strato di rivestimento esterno in coppi in laterizio
- 2 Elementi di sostegno in legno sp. 2,5x2,5 cm
- 3 Strato di isolamento in EPS sp. 4 cm - λ = 0,034 WmK
- 4 Strato di irrigidimento in calcestruzzo magro sp. 4 cm
- 5 Strato di finitura interna in tavelle in cotto 15x30x3,5 cm
- 6 Travetto in legno 12x8 cm
- 7 Terzera in legno 15x15 cm
- 8 Capriata lignea

$$U = 0,205 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Verifica superata

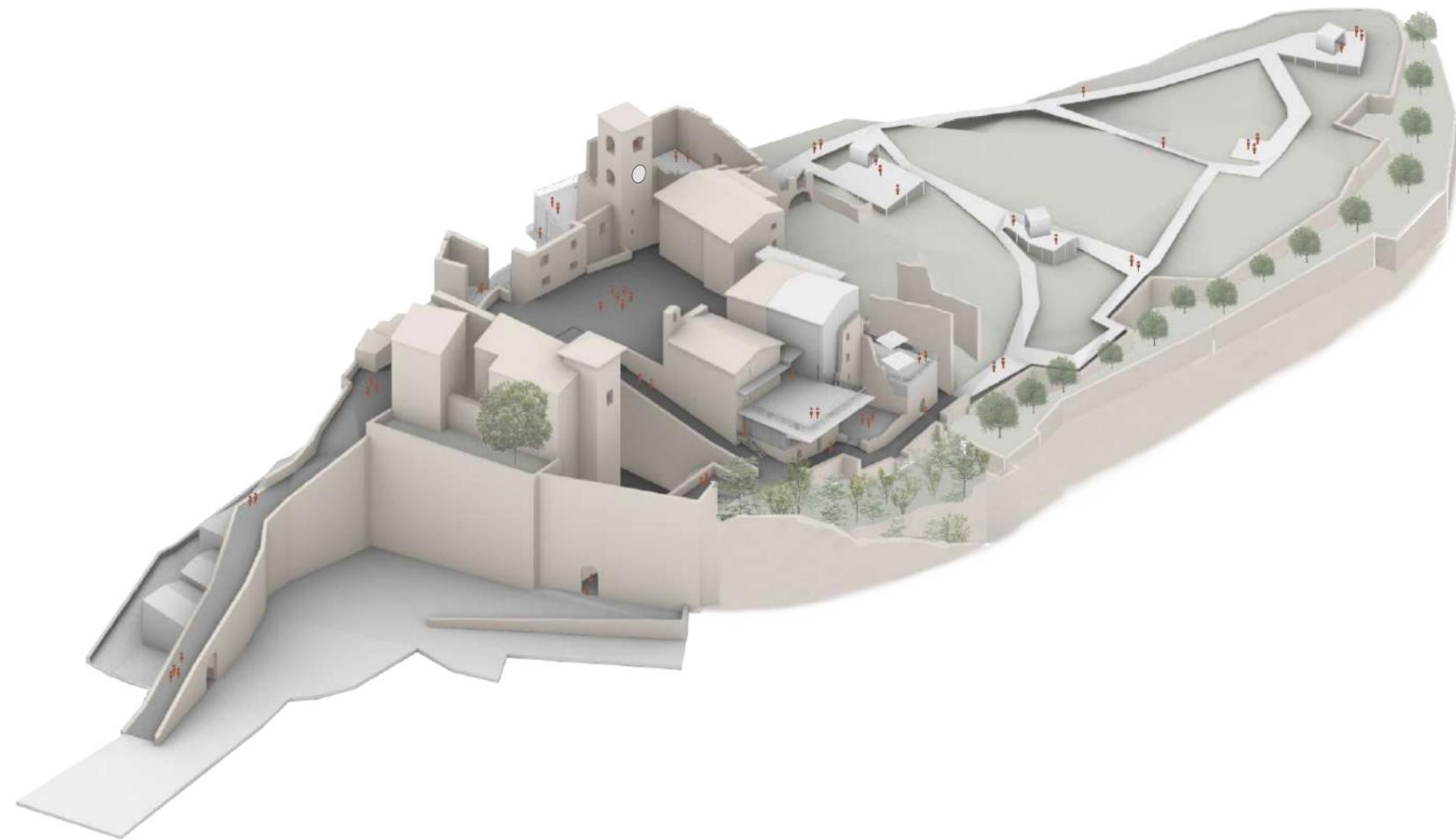
07 CELLENO: NUOVO CENTRO CULTURALE



Fare architettura significa costruire edifici per la gente, università, musei, scuole, sale per concerti: sono tutti luoghi che diventano avamposti contro l'imbarbarimento.

Renzo Piano

Fig.7.1. Assonometria di progetto.



Rifunzionalizzazione

La sfida maggiore intrapresa per lo sviluppo del progetto di riqualificazione di Celleno antica, come già visto in precedenza, ha posto al centro di tutte le analisi l'individuazione delle funzioni che avrebbero consentito la sua effettiva rinascita.

Fig.7.2. Sistema delle funzioni.

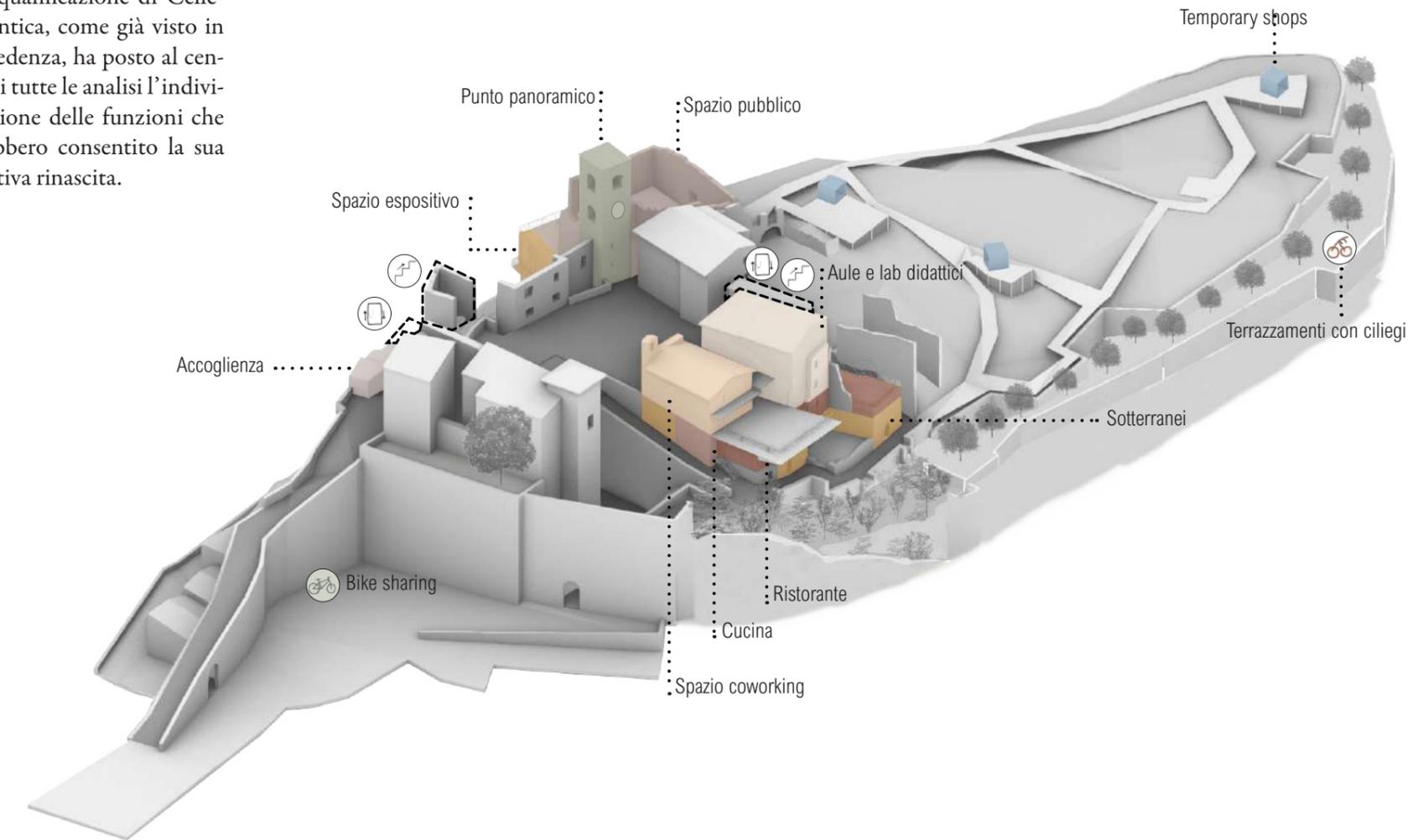


Fig.7.3. Diagramma sostenibilità economica.

Le origini del borgo suggeriscono l’inserimento di attività legate al passato da cui deriva e per questo motivo ospiterà un sistema museale, ramificato in spazi esterni e interni (compresi i sotterranei), privo di un percorso obbligato, capace di tramandare la storia di Celleno e delle arti che negli anni lo hanno caratterizzato. Arte etrusca e contemporanea accompagneranno il visitatore nel suo viaggio alla scoperta del borgo. Lo stesso legame con il passato potrà essere percepito all’interno dei laboratori e aule didattiche, dove l’abitante temporaneo grazie a workshop di ceramica artistica potrà apprendere tale lavorazione.

Fig.7.4. Diagramma orario.

Un punto vendita e degli spot temporanei dislocati all’interno del borgo faranno conoscere i prodotti tipici del territorio e si avrà la possibilità di farsi travolgere dai profumi e dai gusti della cucina locale grazie alla presenza di un ristorante con vista panoramica sul territorio della Toscana, per così meglio sperimentare le emozioni che i piatti preparati con prodotti a chilometro zero saranno in grado di trasmettere. Inoltre, in speciali occasioni la cucina si trasformerà in un laboratorio culinario dove si avrà la possibilità di imparare i segreti della cucina tradizionale.

Non mancheranno infine aree per la comunità di Celleno e del circondario destinate a spazi di lavoro e coworking, e per riunioni e piccoli congressi. Infine, per tutti sarà messo a disposizione un servizio di bike-sharing per incentivare la mobilità lenta e sostenibile, data anche la presenza di più percorsi ciclabili che collegano i dintorni.

La scelta di questo mix funzionale deriva dall’esigenza di rendere il borgo, per quanto possibile, autosufficiente, pertanto le diverse attività tendono a compensarsi economicamente. Inoltre,

le nuove funzioni sono state progettate con l’obiettivo di essere utilizzate lungo tutto l’arco della giornata, durante tutto l’anno, andando anche a coprire quei mesi che in fase di analisi dello stato di fatto erano risultate prive di eventi e occasioni per vivere il borgo.

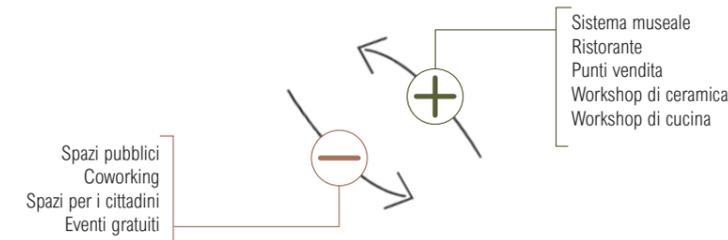


Fig.7.2.

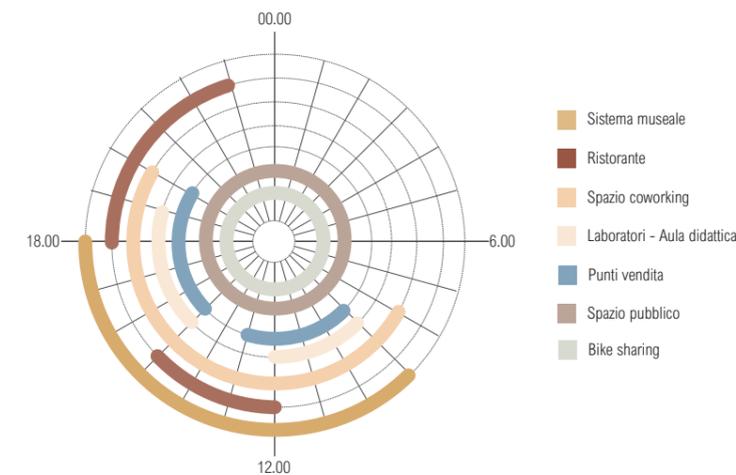


Fig.7.3.

Il nuovo centro culturale prevede, sicuramente, un accrescimento del flusso di turisti e cittadini del circondario verso Celleno antica, ma una delle conseguenze che il progetto si impegna ad evitare è legata al sovraffollamento, o in generale alla tendenza a rendere il borgo un elemento commercializzabile come già è accaduto in altre realtà simili, ad esempio quella di Civita di Bagnoregio. Per questo motivo, gli spazi prevedono un affollamento adeguato alle dimensioni del borgo.

La loro localizzazione all’interno del borgo deriva da un’attenta comparazione tra le superfici utili allo stato di fatto attuale e le superfici di progetto necessarie per poter accogliere un numero definito di utenti, per ciascuna funzione. Allo stato dell’arte il borgo dispone delle seguenti superfici:

Spazio esistente	S. utilizzabile	S. da consolidare
Edifici all’ingresso (A)	23 m ²	-
Chiesa di S. Donato (C)	-	300 m ²
Museo della Ceramica (E)	96 m ²	-
Chiesa di S. Carlo (F)	56 m ²	-
Locale sottostante a S. Carlo (F)	41 m ²	-
Locale retrostante a S. Carlo (G)	25 m ²	-
Belvedere (N)	-	tutta l’area

Tab.7.1

Le funzioni che verranno accolte dal nuovo centro culturale necessitano delle seguenti superfici utili:

Funzione	Utenti	S. necessaria
Info-point	2	5 m ²
Spazio espositivo	-	300 m ²

Punto vendita fisso	-	30 m ²
Aula didattica	30-35	40 m ²
Laboratori	9	70 m ²
Spazio co-working	10-12	50 m ²
Sala ristorante	20-30	150 m ²
Cucina	5	30 m ² + servizi
Bike sharing	2 + 30 biciclette	30 m ²

Tab.7.2

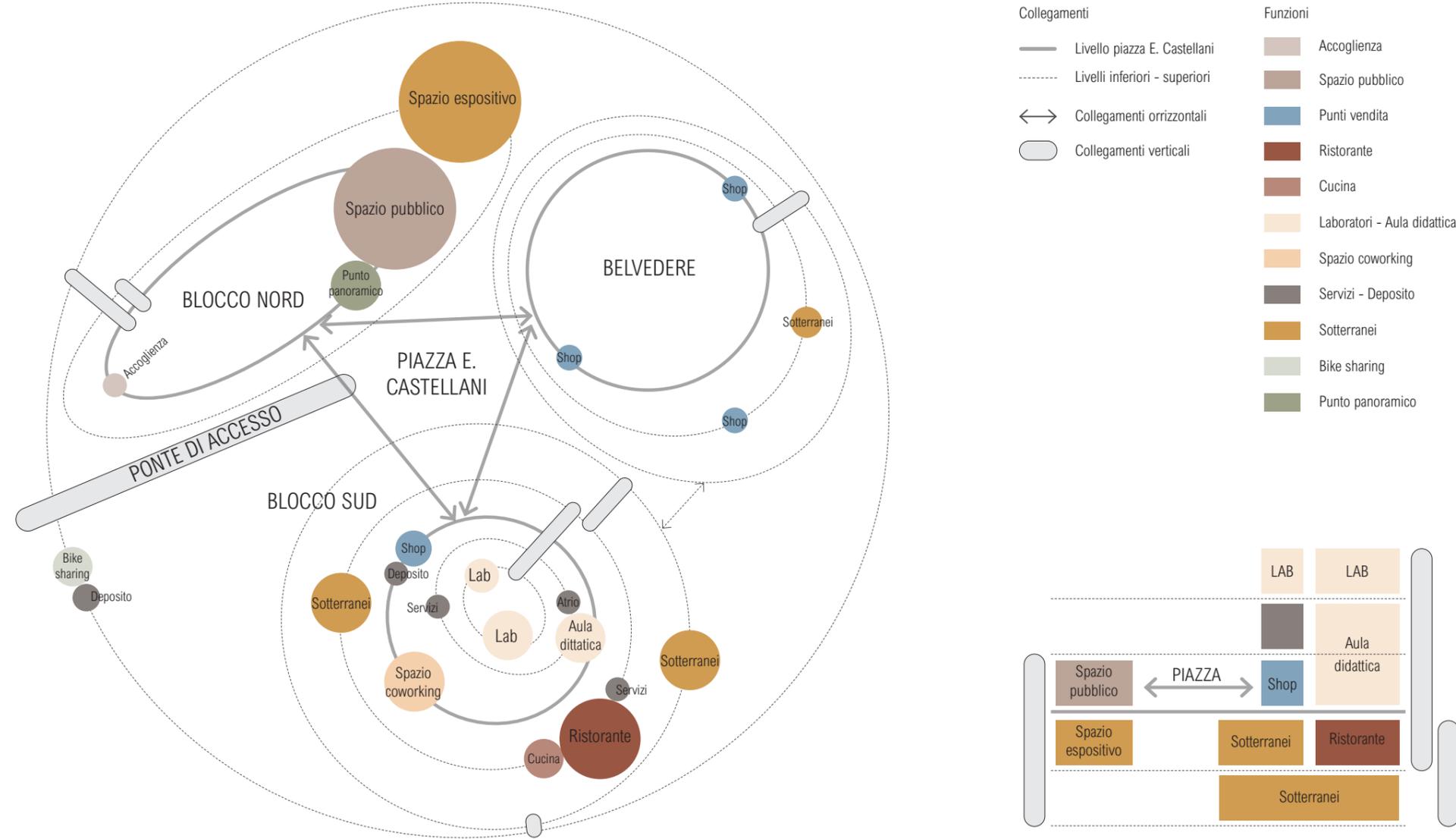
Da un punto di vista complessivo, si può sintetizzare la complessità del borgo raggruppando gli edifici in due macrocategorie: il blocco nord caratterizzato da edifici a rudere e il blocco sud i cui edifici sono per lo più in buono stato. Ciò ha determinato l’individuazione di differenti strategie di progetto.

Di fatti, sul versante nord si è deciso di intaccare il meno possibile l’aspetto estetico e architettonico degli edifici, in quanto è uno dei principali caratteri che rende questo luogo così suggestivo. Inoltre, da qui, volgendo lo sguardo a nord, si scorge una necropoli etrusca sul pendio opposto della valle. Queste considerazioni hanno portato all’inserimento su questo versante uno spazio espositivo. Le altre funzioni, invece, verranno collocate nel blocco sud, dove già alcune attività collettive vengono svolte durante l’anno. Per questi edifici si è ragionato in termini di addizione: sebbene l’ex chiesa di San Carlo ben si presta ad accogliere uno spazio flessibile lavorativo, l’edificio del Museo della Ceramica necessita di un’integrazione, in quanto gli spazi attuali si presentano alquanto ridotti e le rispettive quote di interpiano rendono i locali poco vivibili. In ultimo, i servizi di informazione turistica verranno collocati all’interno delle strutture presenti all’accesso principale del borgo (edifici A).

Tab.7.1. Superfici disponibili allo stato di fatto.

Tab.7.2. Superfici necessarie stato di progetto.

Fig.7.5. Organigramma funzionale.



Accessibilità

La complessità insediativa del borgo genera una serie di difficoltà in termini di accessibilità. La collocazione a ridosso di uno sperone dà vita a numerosi dislivelli con, in molti casi, pendenze non indifferenti, diffuse su tutta l'area di progetto. Rendere accessibile l'intero borgo (dove concretamente possibile) è uno degli obiettivi fondamentali che ha, quindi, determinato alcune scelte progettuali.

Tra le principali sfide da superare si trovano:

- l'accesso alla rampa del ponte d'entrata (elemento principale d'ingresso al borgo);
- il raggiungimento della piazza principale dal fosso del Castello Orsini;
- l'accessibilità dell'intero complesso di edifici affacciati sul versante sud del borgo;
- l'accessibilità al percorso panoramico affacciato sul versante nord del borgo;
- l'accessibilità al percorso su passerelle affacciato sull'area del Belvedere.

- Spazio accessibile a tutti
- ⊗ Fabbricati non accessibili a tutti

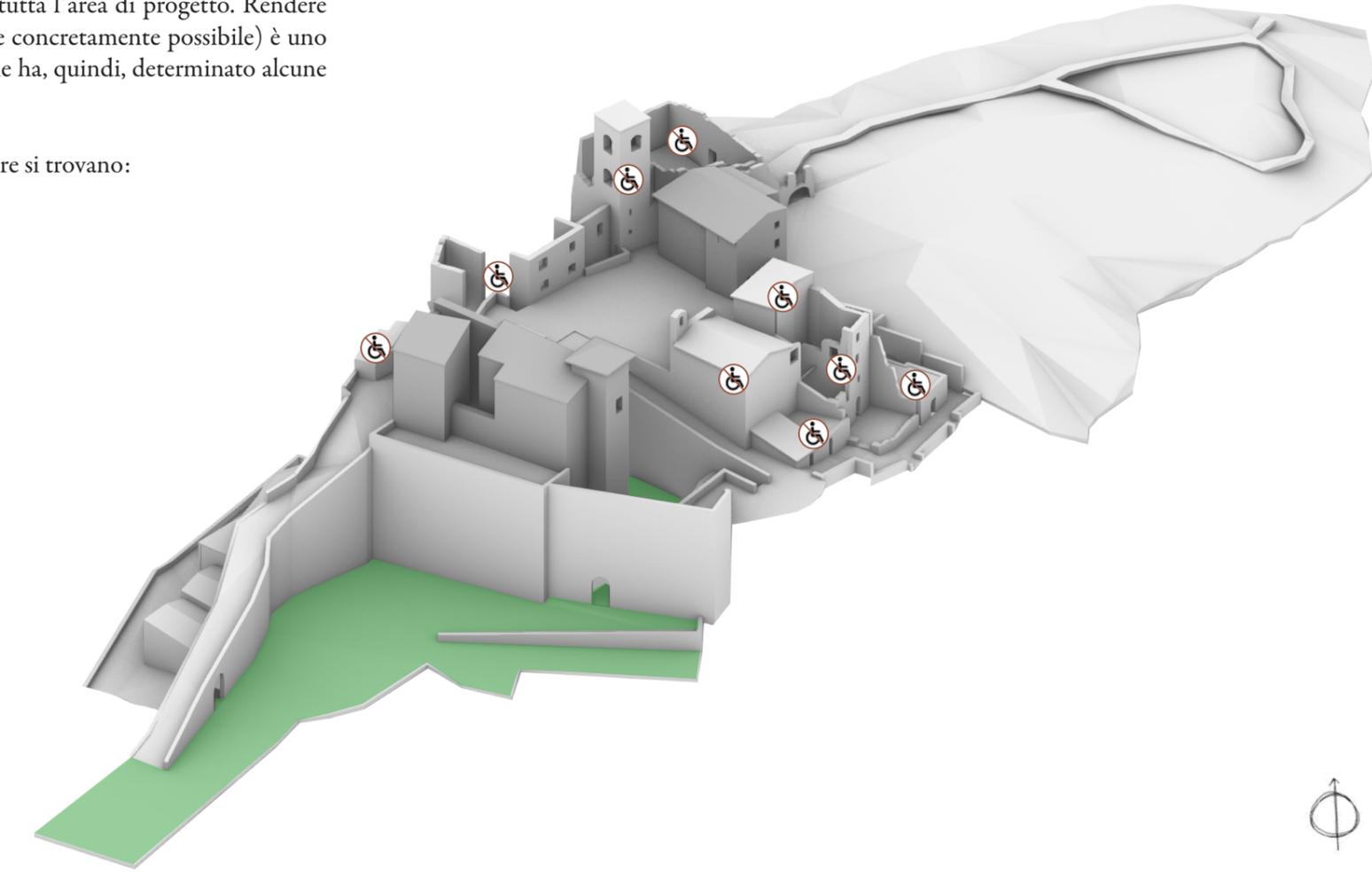
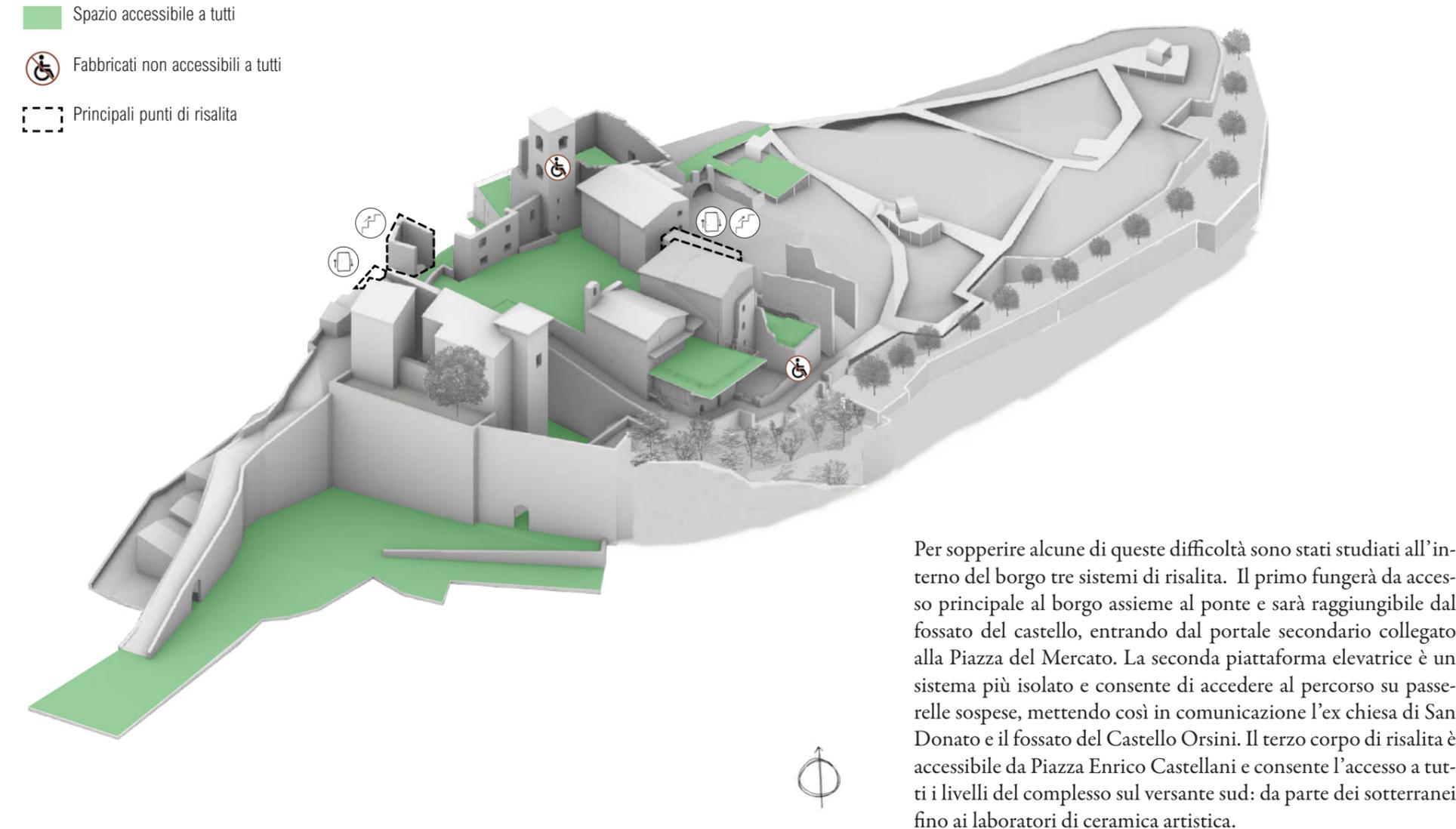


Fig.7.6. Accessibilità interna al borgo allo stato di fatto.

Fig.7.7. Accessibilità interna al borgo allo stato di progetto.



Alcuni spazi del borgo non garantiranno, ad ogni modo, la completa accessibilità. La collocazione e la conformazione di gran parte dei locali sotterranei non permettono l'accesso alle persone con difficoltà motorie, in quanto si presentano come locali particolarmente stretti, con dislivelli importanti e scale di accentuata pendenza. Anche l'area pedonale presente sul Belvedere non sarà completamente accessibile a causa delle forti pendenze del versante. Infine, il campanile dell'ex chiesa di San Donato non consente l'inserimento di un elemento elevatore al suo interno.

Al fine di verificare l'effettiva accessibilità del progetto, è stato impiegato il software *Solibri*, sulla base della modellazione BIM dell'intero borgo eseguita in *Autodesk Revit*. Il programma richiede la definizione di una serie di regole (detta *ruleset*) selezionabili da un database predefinito, e che spazia su diverse tematiche, con la possibilità di verificare anche eventuali interferenze tra le differenti discipline all'interno del modello (architettonico, strutturale, impiantistico).

Per l'analisi di accessibilità, la *ruleset* da verificare è stata composta dalle seguenti regole:

Dimensione dei serramenti:

- dimensione minima delle porte (0,9x2,1m)

Dimensione dei percorsi accessibili:

- larghezza minima (0,9m)
- ampiezza dello spazio per il passaggio di carrozzine (diametro 1,5m nelle aree di manovra e bagni accessibili)

Dati relativi alle scale e alle rampe:

- larghezza minima della rampa (0,9m)
- pedata massima (30cm)
- alzata massima (18cm)
- numero massimo di alzate per ogni rampa (12)
- ampiezza minima dei pianerottoli di sosta (1m)
- spazio libero minimo all'accesso e al termine della scala (1m)
- altezza minima dei parapetti (1m)
- pendenza massima (5%)

I dimensionamenti limite sono stati inseriti manualmente, nel rispetto della Legge 13/89 e relativo D.P.R. 236/1989 sull'accessibilità degli spazi pubblici.

All'esecuzione di una prima verifica preliminare gli errori riscontrati dal software riguardano principalmente imprecisioni della modellazione (sovrapposizioni e interferenze tra gli elementi, insufficienze di spazio libero davanti ai serramenti, posizionamento dei serramenti) che sono state, ove possibile, corrette direttamente all'interno del modello BIM in Revit.

La verifica a scopo di analisi dell'accessibilità ha invece portato alla luce alcuni errori di progettazione, specialmente legati alla realizzazione delle scale di nuova costruzione. Diversi errori sono stati associati alle scale già presenti nel borgo allo stato di fatto, e che non potendo essere modificate si è valutato come valido ciascuno di questi *'falsi'* errori. La scorretta progettazione

Fig.7.8. Schermata di Solibri: verifica dei corpi scala.

Fig.7.9. Schermata di Solibri: errori percorsi.

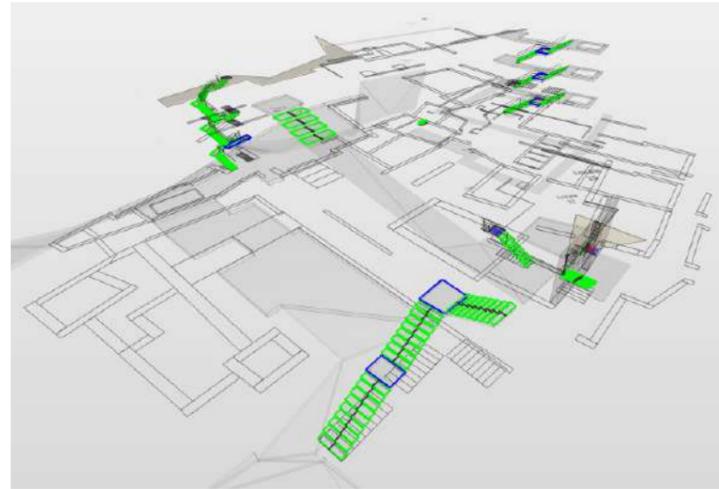


Fig.7.6

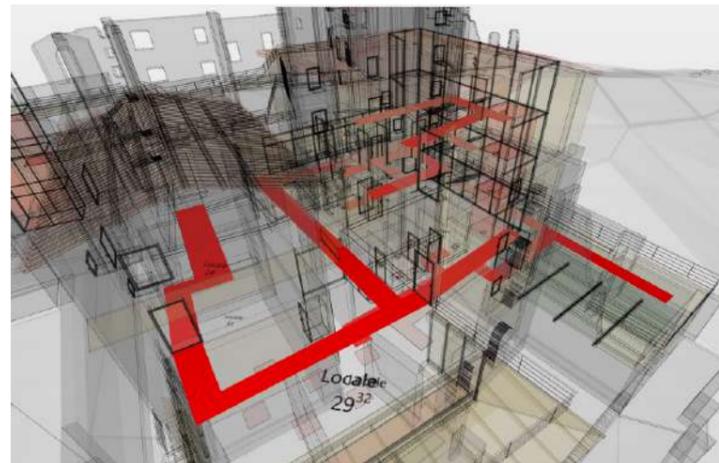


Fig.7.7

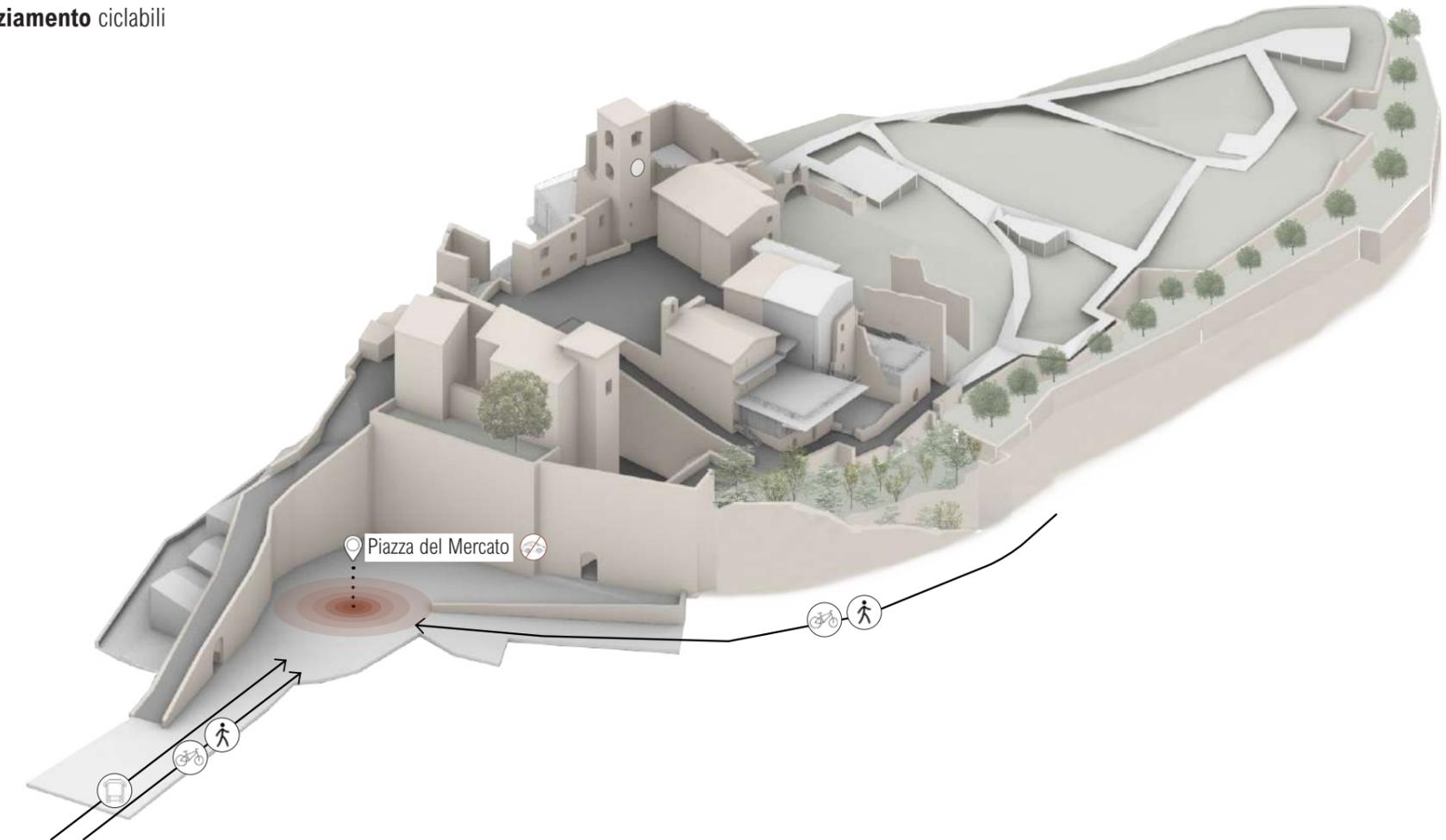
dei corpi scala previsti da progetto è stata sanata apportando i dovuti accorgimenti (Fig. 7.6).

Ulteriori errori sono stati rilevati in corrispondenza di alcune zone di passaggio (Fig. 7.7), ritenute troppo strette secondo la ruleset impostata, e sono stati sopperiti attraverso l'allargamento di alcuni serramenti o modificando la traiettoria del percorso accessibile al fine di consentire ad ogni modo il passaggio della carrozzina.

Oltre all'accessibilità interna al borgo, è necessario lavorare anche sui collegamenti tra quest'ultimo e il contesto circostante al fine di reinserirlo nel sistema territoriale più ampio. Come già riportato nella tabella delle OSA (Tab. 5.1), si rende necessario il potenziamento dei collegamenti ciclo-pedonali tra Orvieto e Viterbo, sul quale Celleno si colloca fisicamente al centro, e tra Montefiascone e Celleno, che rappresenterebbe la principale connessione con la via Francigena. Dal punto di vista del trasporto pubblico risulta fondamentale potenziare le linee già presenti con i principali centri quali Viterbo, Orvieto e in particolar modo con Orte, che risulta essere la porta di accesso al territorio della Tuscia. In ultimo, al fine di incentivare la mobilità sostenibile, si è deciso di limitare l'accesso al borgo con mezzo privato prevedendo una linea di mini bus tra Celleno Nuovo e Celleno Vecchia.

Fig.7.9. Collegamenti con il borgo.

Nuova linea di mini-bus Celleno Nuova-Celleno Vecchia
Potenziamento linea bus Viterbo-Celleno-Orvieto e Orte-Viterbo-Celleno
Potenziamento ciclabili



Miglioramento della stabilità dei versanti

A partire dall'analisi geotecnica riportata nel capitolo 6 è facile intuire come i fenomeni meteorologici siano la principale causa dello sfaldamento dei versanti rocciosi sviluppati in direzione della valle a nord-est, e la fragilità dell'intera superficie del Belvedere è pure enunciata dal totale crollo e demolizione degli edifici residenziali che in passato erano insediati sul declivio e sui versanti laterali.

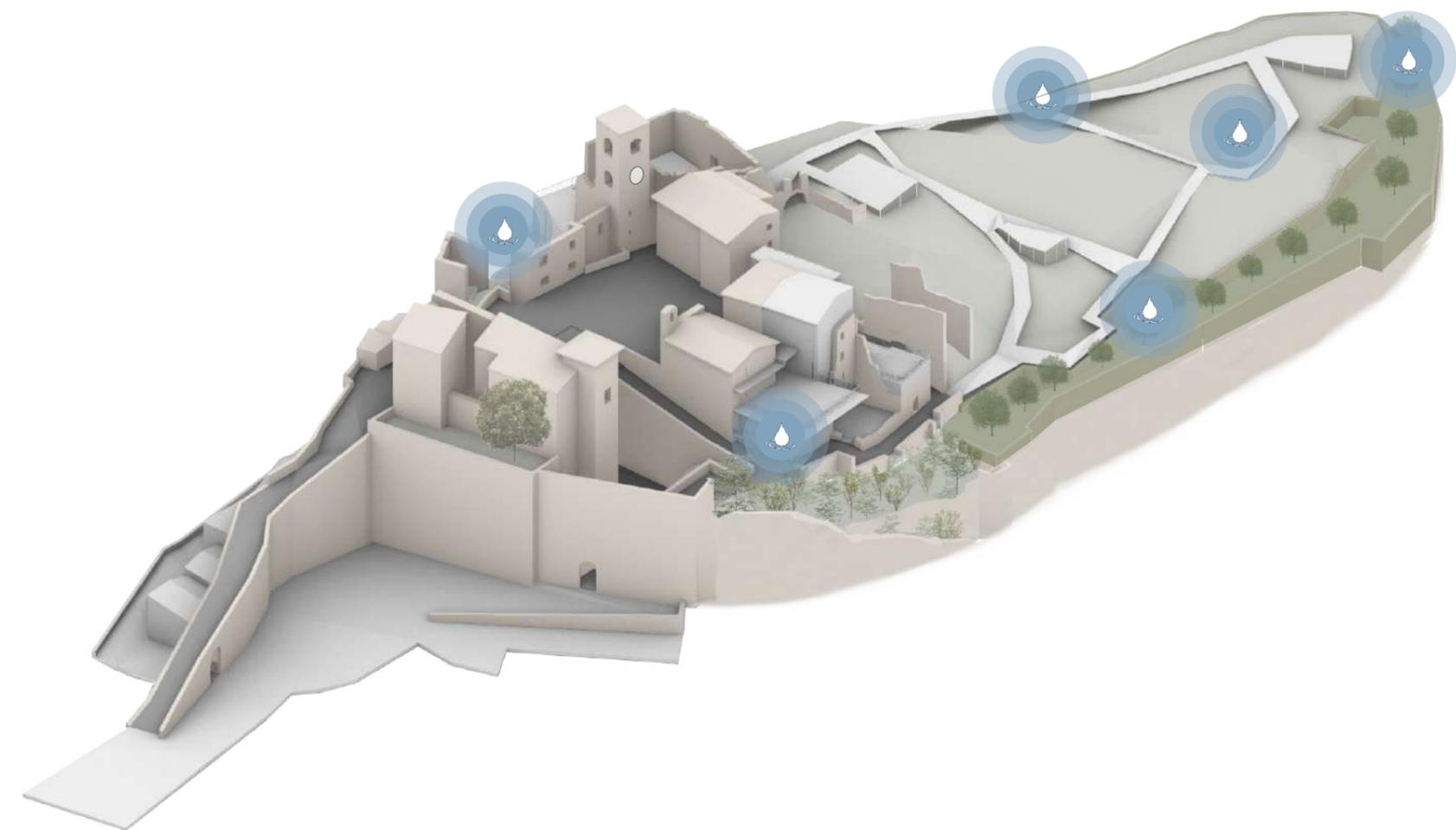
La soluzione che è nata dall'esigenza di trovare una risposta al continuo fenomeno franoso converge nella realizzazione di un sistema di terrazzamenti abbracciato all'intera area del Belvedere, così da creare una *'gabbia di contenimento'* che impedisca alla roccia tufacea di proseguire il suo lento e repentino sgretolamento verso la valle. Le forti pendenze dei versanti rivolti a nord e a sud permettono la costruzione di due semianelli, che verranno utilizzati per la coltivazione di ciliegi. La piantumazione di nuovi ciliegi aiuterà ad attenuare la crisi di questa coltivazione e metterà ancora più in luce l'oro rosso di Celleno ai fruitori del borgo.

La superficie del declivio che si sviluppa in direzione nord-est, ovvero il Belvedere, invece, è caratterizzata dalla presenza di un sistema di cantine e sotterranei che ad oggi non sono ancora stati del tutto identificati. Il progetto prevede la realizzazione di un percorso adagiato sul versante, sulla base degli antichi tracciati stradali che conformavano gli isolati residenziali del borgo. Il percorso sarà costituito da una passerella di legno e da alcuni spazi di sosta più ampi a sospensione sul declivio, su cui verranno installate le strutture mobili per l'inserimento di punti vendita temporanei.

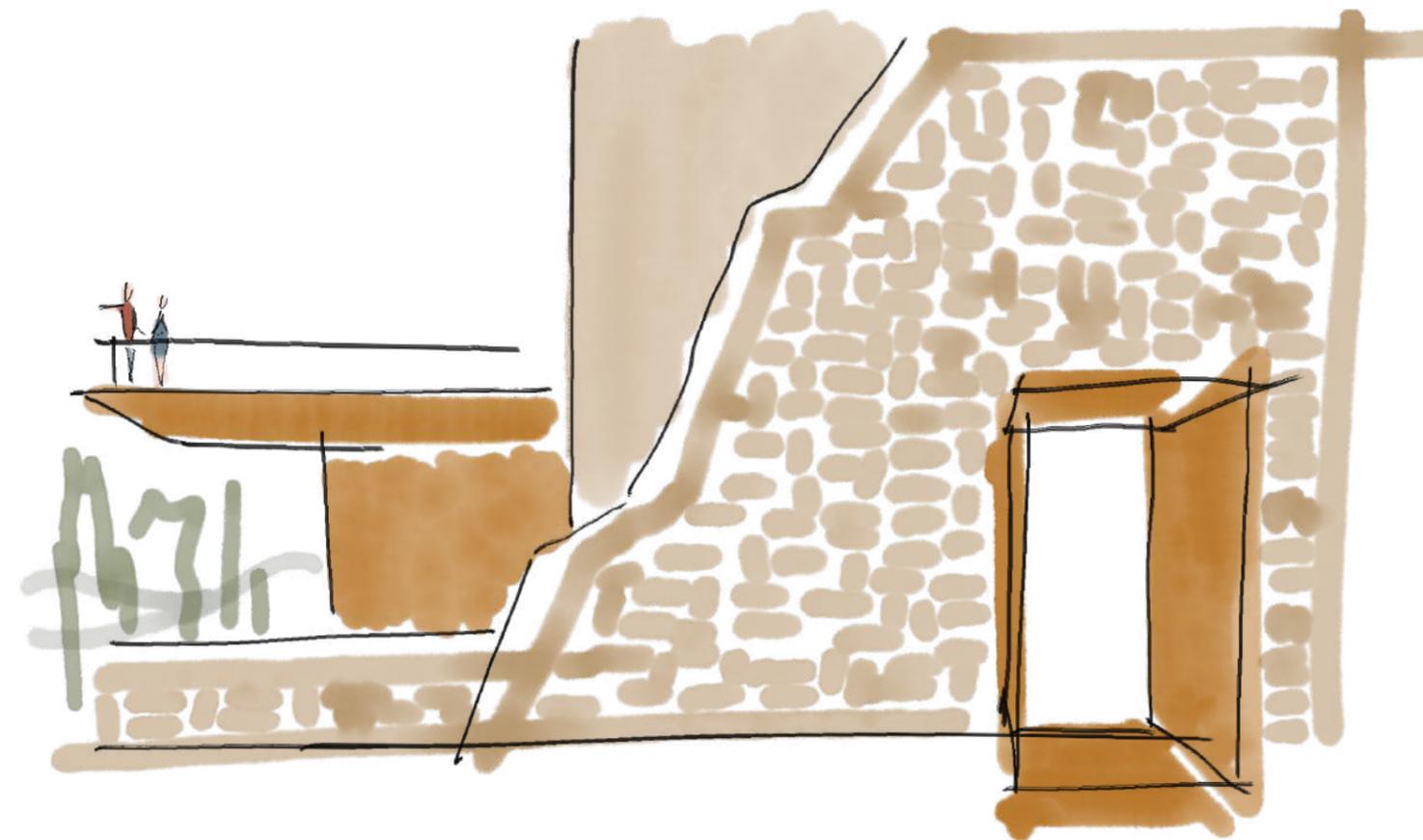
Tutta la superficie del Belvedere verrà oltretutto stabilizzata tramite delle tirantature a iniezione di resina espansiva, effettuate secondo una distribuzione omogenea su tutto il declivio.

Essendo inoltre l'acqua la causa principale del fenomeno franoso, si è ipotizzato un sistema di gestione e recupero delle acque piovane, in un'ottica di riciclo e riutilizzo. Il progetto prevede l'inserimento di vasche di raccolta dell'acqua installate in maniera diffusa all'interno dell'intero borgo, sia nella parte costruita, locandole all'interno dei sotterranei e nei locali tecnici di risulta, sia nell'area del Belvedere, disponendole all'interno delle cantine interrato, messe in sicurezza e rese quindi accessibili. L'acqua piovana che verrà raccolta con questo sistema deriverà dai canali di scolo collegati alle coperture degli edifici costruiti, e da un impianto collettivo disposto sul declivio del Belvedere e sui terrazzamenti, con l'intenzione di riutilizzare l'acqua per l'irrigazione delle colture piantumate su questi ultimi.

Fig.7.10. Sistema dei terrazzamenti e punti di raccolta delle acque.



08 IN EQUILIBRIO TRA VECCHIO E NUOVO



Si può approfittare del vuoto per costruire in maniera nuova luoghi che, però, saranno abitati e collegati in maniera diversa dal passato.

Vito Teti, La restanza, 2022



Fig.8.1. Il borgo fntasma di Celeno [Fonte: in *Bio.Architettura. Abitare la Terra*, n° 141, pag. 50, 2023].

Fig.8.2. Patrizio Vailati Facchini, *Vista sulla necropoli etrusca dal versante nord del borgo*, 2022.



Concept architettonico

A causa della serie di terremoti e frane avvenuti nel passato, e del dissesto idrogeologico in atto sul territorio circostante, il borgo si presenta in uno stato di grande fragilità e instabilità. Pertanto, gran parte degli interventi riguarderanno principalmente il consolidamento di strutture per far sì che tutti gli edifici risultino accessibili al pubblico, oltre alle operazioni da effettuare direttamente sullo sperone tufaceo, trattate nel capitolo precedente.

L'intero versante a ridosso della Ripa, rivolto verso nord, è il più fragile del borgo ed è già stato oggetto negli anni di una serie di interventi di consolidamento geotecnico. Allo stato odierno è possibile identificarlo in due settori ben distinti: l'ex chiesa di San Donato (edificio C) in pessimo stato di stabilità, e gli edifici delle poste affacciati sulla piazza principale del nucleo storico (edifici B), disposti originariamente su cinque livelli ma che si presentano ad oggi totalmente diruti, con la sola parete addossata alla roccia tufacea come elemento superstite. Ma proprio le rovine conferiscono fascino e mistero all'intero borgo, celando tra le loro crepe e tra i loro vuoti pezzi della loro storia.

Le intenzioni del progetto, quindi, spingono alla minor manomissione possibile delle strutture esistenti, portando a definire delle strategie di consolidamento che però rendano il versante accessibile, valorizzandone i punti di forza, come il panorama e gli ampi spazi a cielo aperto. Il versante è infatti pensato come un unico sistema, attraversato da un percorso ben definito che collega l'ex chiesa di San Donato, punto principale di accesso al versante, al fossato del Castello Orsini, conclusione del percorso da cui il visitatore avrà la libertà di esplorare gli altri spazi del borgo senza un percorso prestabilito.

L'ambiente dell'ex chiesa di San Donato, accessibile dal portale affacciato sul Belvedere, si presta quindi come un ampio spazio pubblico a cielo aperto dove poter sostare e godere del panorama, ma che funge anche da porta d'accesso alla scoperta della Ripa. Si ipotizza inoltre l'esistenza di un secondo livello sottostante, storicamente documentato come Cripta dedicata a San Michele Arcangelo, interamente scavata nello sperone tufaceo, che da progetto è raggiungibile tramite un sistema di passerelle metalliche che darà vita al percorso vero e proprio, ideato come maglia consolidante dell'intera parete tufacea della Ripa. La cripta accoglierà un nuovo spazio espositivo in cui verranno esposti i reperti etruschi rinvenuti nel borgo, tra cui il *Glirarium*, un grande vaso in terracotta bucherellato in cui venivano allevati i ghiri, prelibata pietanza del periodo etrusco e romano. La volontà per questo spazio è quella di creare un'atmosfera di solennità e mistero attraverso una luce radente che illumini le pareti scavate della roccia.

Sul versante verranno oltretutto installati due corpi scala consolidanti, uno dei quali parte integrante del percorso su passerelle. Uno degli edifici in completo stato di rudere, infatti, possiede uno sviluppo verticale delle murature in buono stato, nonostante la mancanza della quarta parete perimetrale. L'applicazione di travature metalliche, a sostegno di una scala a tutta altezza, consentirà il contenimento delle tre pareti esistenti, integrate da un sistema di tiranti con disposizione a diamante sulla parte sommitale dell'edificio, privo anch'esso del solaio di copertura. Il secondo corpo scala consolidante prenderà luogo, invece, all'interno del campanile dell'ex chiesa di San Donato, già consolidato in passato tramite delle cerchiature metalliche interne

su molteplici livelli, e svolgerà quindi la funzione di torre panoramica al fine di godere al meglio della vista sulla campagna circostante.



Fig.8.3. Andrea Silvestrini, *Glirarium*, 2022.

Fig.8.4. Prospetto nord sulla piazza.

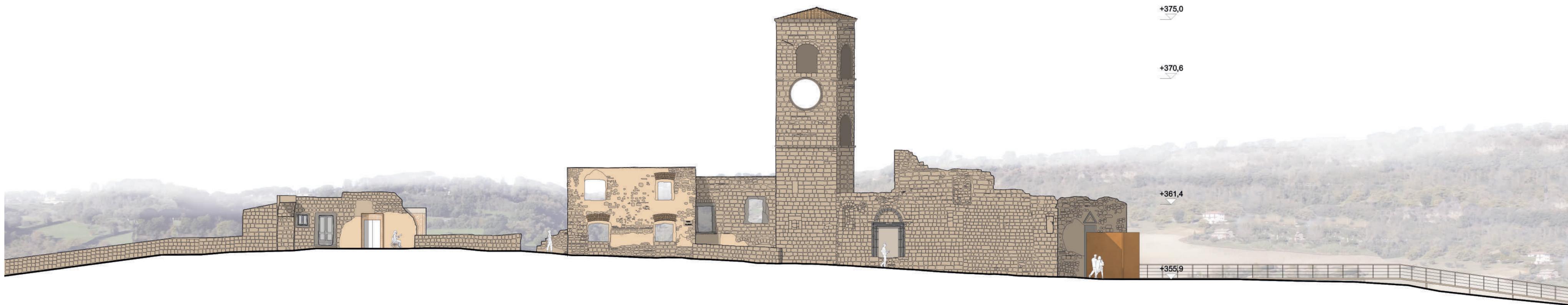


Fig.8.5. Sezione edifici versante nord.

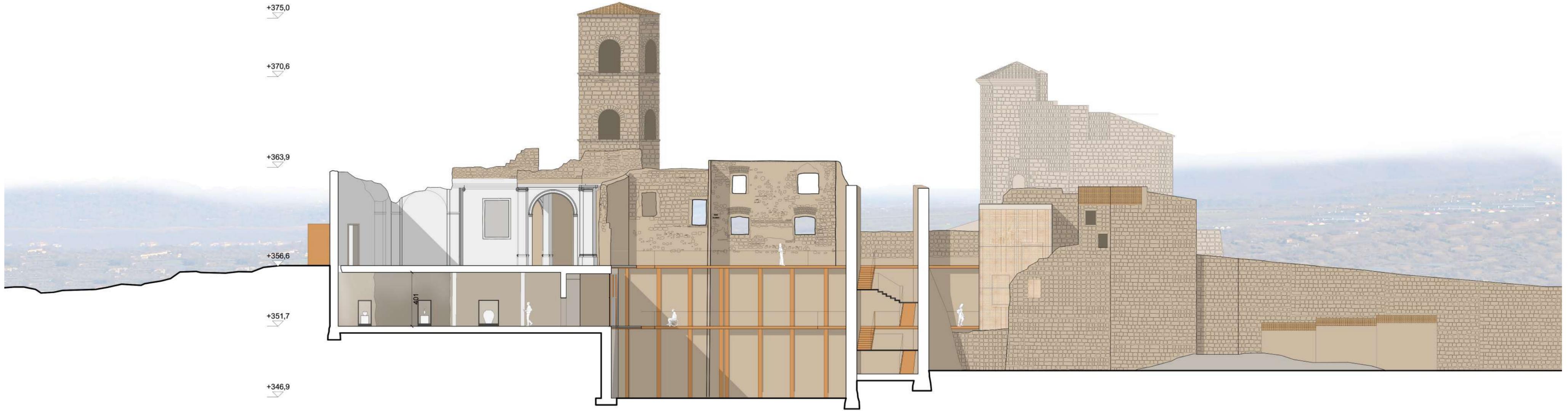


Fig.8.6. Vista a volo d'uccello sul versante sud, 2022.



Gli edifici dell'attuale Museo della Ceramica e dell'ex chiesa di San Carlo (edifici E ed F) si prestano in maniera efficace per accogliere le funzioni più collettive, ma attualmente si presentano come due volumi non comunicanti tra loro. L'inserimento delle nuove funzioni vuole avere come conseguenza un'unificazione dei due edifici, anche grazie all'integrazione e all'addizione di elementi di nuova costruzione, comunicanti su più livelli. La presenza di vuoti nella parte retrostante ai due edifici suggerisce la possibilità di un ampliamento, andandosi ad insediare quindi a ridosso degli edifici G (alle spalle dell'ex chiesa di San Carlo), H (l'antico forno), I ed L (i punti di accesso alle strutture sotterranee, tra cui il butto). Le strutture di nuova costruzione non andranno ad intaccare notevolmente le preesistenze, ma andranno a valorizzarle e ad aumentarne la stabilità, e possono essere intese come due strutture indipendenti che dialogano tra loro, per funzione e linguaggio.

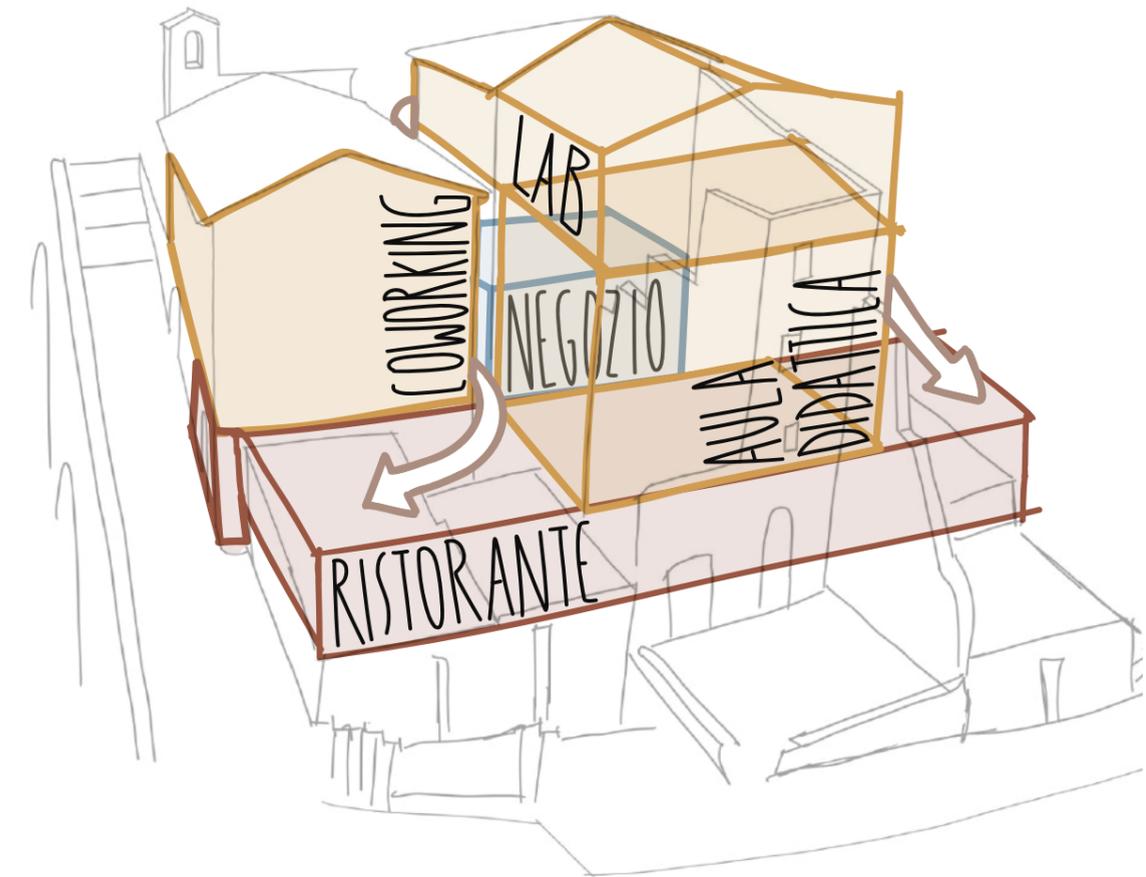
La prima delle due strutture comprende lo spazio dedicato alla ristorazione, e si sviluppa a ridosso di tutti e quattro gli edifici citati prima, integrandosi anche alla struttura dell'ex chiesa di San Carlo. Lo spazio interno è concettualmente suddiviso in due aree, con il bancone di ingresso con funzione bar nello spazio inglobato alle murature dei ruderi esistenti, e la sala ristorazione disposta sull'affaccio più libero direzionata verso il panorama, grazie anche al solaio a sbalzo della terrazza soprastante che si allunga verso il paesaggio fungendo da aggetto ombreggiante (rimando al capitolo della luce naturale). Gli spazi a sedere prenderanno posto anche all'esterno, su una sopraelevazione in corrispondenza dell'edificio L (butto). Il locale destinato alla cucina, invece, sarà inserito nello spazio sottostante all'ex chiesa di San

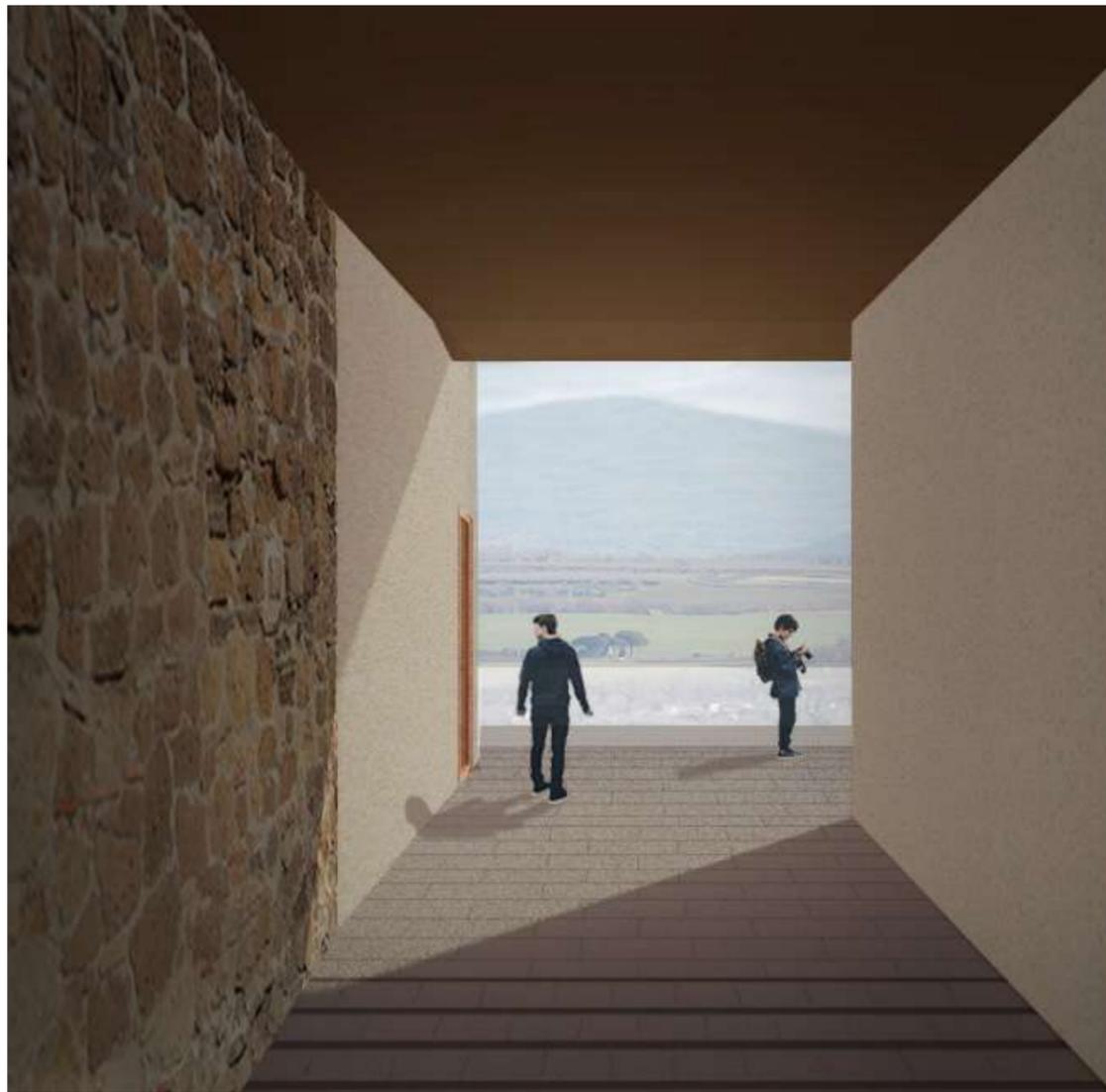
Carlo, con accesso indipendente dalla rampa di accesso proveniente dalla piazza principale.

La seconda struttura si sviluppa invece in altezza, addossata all'edificio del Museo della Ceramica, riprendendo la forma dell'edificio residenziale che ad oggi non esiste più e di cui se ne ha solamente il tracciato (in corrispondenza dell'edificio I). Il volume assumerà l'altezza di tre piani, accogliendo però all'interno una sola divisione. In corrispondenza dei due piani più bassi prenderà posto una sala gradonata per lo svolgimento di eventi e piccoli convegni, mentre il piano superiore sarà dedicato ai laboratori di ceramica artistica, che si svilupperanno anche nell'edificio E, sempre alla stessa quota.

Il linguaggio degli elementi vetrati varia a seconda del rapporto con l'esistente. Le aperture in corrispondenza di murature esistenti saranno di tipo puntuale, nel rispetto dei vani già esistenti (come le nuove finestre sul prospetto ovest della Chiesa di San Carlo), mentre gli elementi vetrati sulle pareti libere di nuova costruzione assumeranno un'apertura più decisa (i volumi del ristorante e dello spazio espositivo sulla Ripa), pur mantenendo un rapporto di similitudine con altri elementi esistenti (ad esempio il rimando delle due aperture verticali del volume verticale, all'apertura retrostante alla Chiesa di San Carlo affacciata sulla terrazza).

Fig.8.7. Concept architettonico.





Il solaio di copertura del ristorante, che funge quindi anche da terrazza panoramica a sbalzo sul panorama, è accessibile direttamente dalla piazza principale del borgo, attraversando un cono ottico che prende forma dall'inserimento di una tettoia metallica abbracciata ai due edifici della Chiesa di San Carlo e del Museo della Ceramica. In questo modo, il visitatore dalla piazza principale verrà proiettato direttamente sul paesaggio circostante.

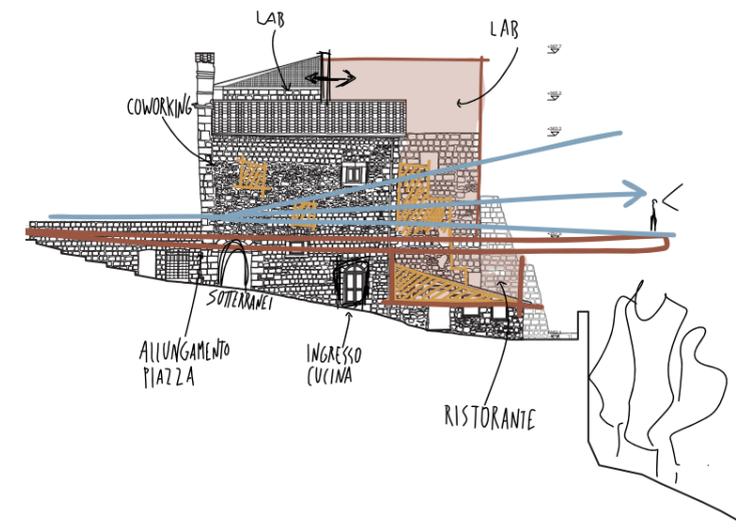


Fig.8.8. Concept architettonico.

Fig.8.9. Vista di progetto: dettaglio cono ottico

Fig.8.10. Prospetto sud sulla piazza.

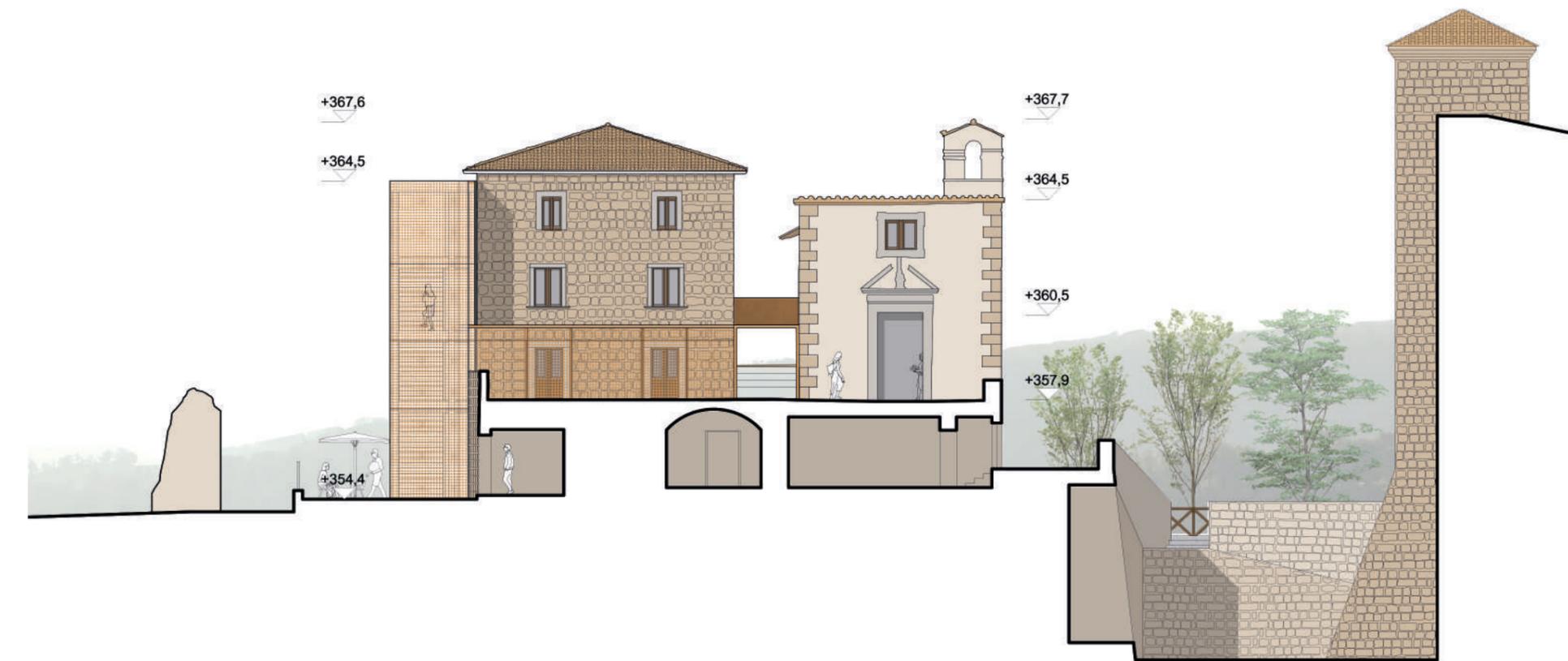


Fig.8.11. Prospetto edifici versante sud.

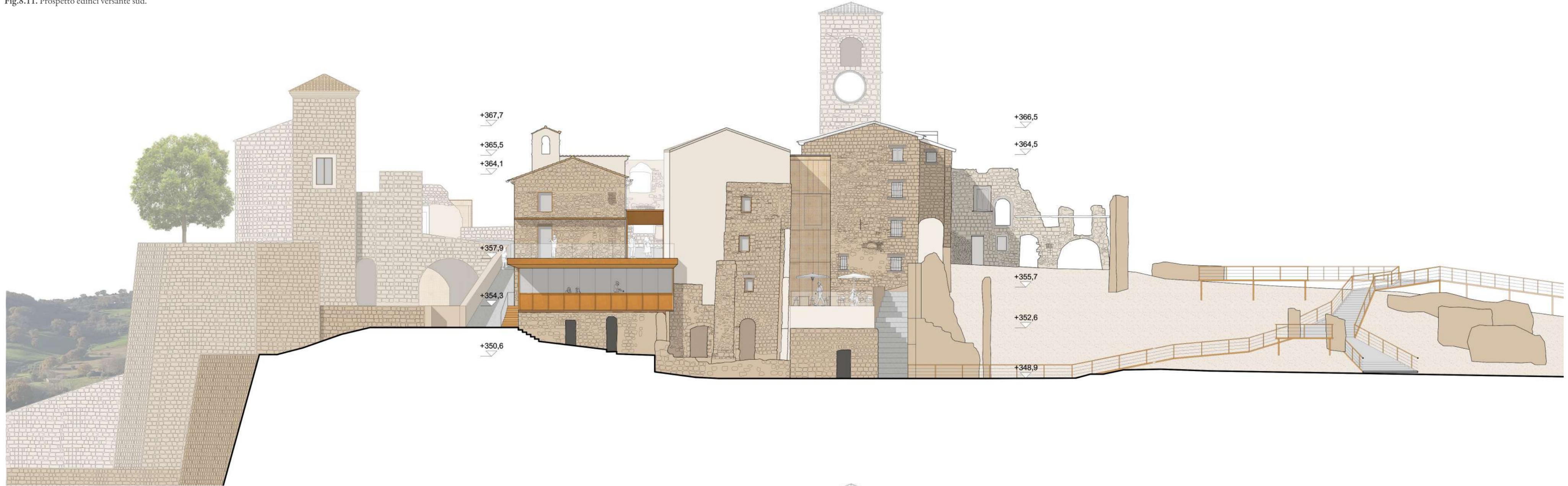
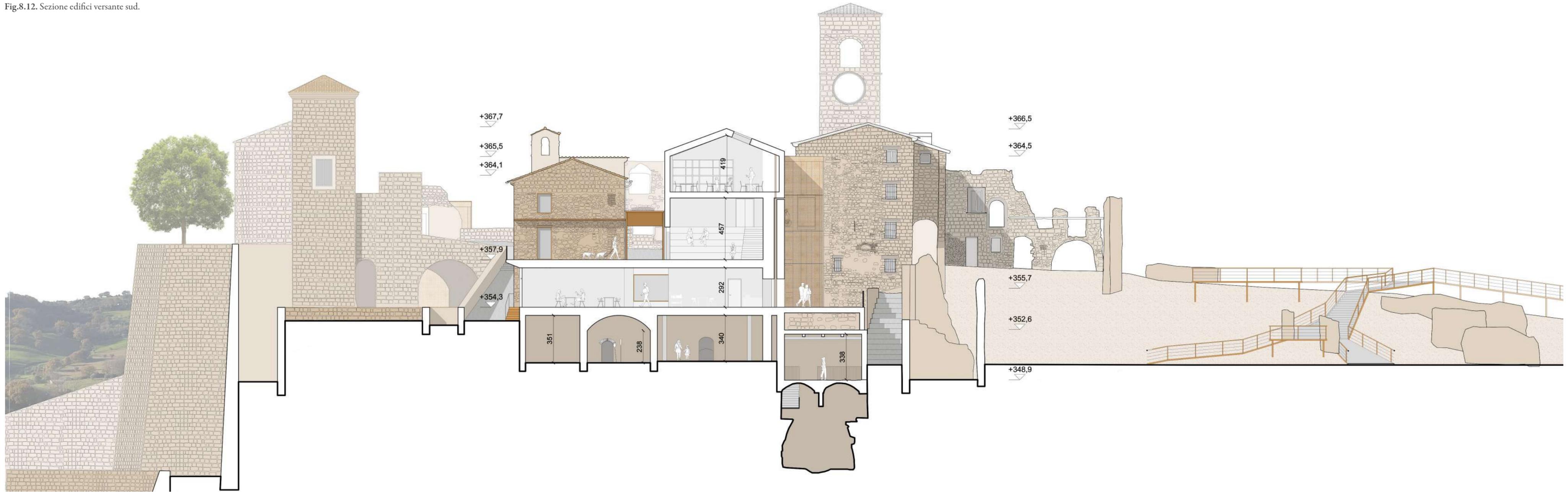


Fig.8.12. Sezione edifici versante sud.



Interventi di consolidamento

Tab.8.1. Caratteristiche meccaniche della muratura.

Analisi dello stato di fatto dell'ex chiesa di San Donato

Il primo passo per definire delle strategie efficaci di consolidamento è la valutazione dello stato di fatto del manufatto, per la quale, come specificato al capitolo 8 delle NTC 2018, è necessaria una conoscenza approfondita dell'oggetto. Quest'ultima si basa su un'analisi storico critica dell'edificio e su un rilievo accurato, per i quali si rimanda al paragrafo 6.3 e alle relative tavole. Queste informazioni vengono successivamente implementate da quelle riguardanti la caratterizzazione meccanica della muratura. In riferimento a ciò, il §11.10 delle NTC 2018 e il §6.3 dell'EC6 forniscono un'indicazione su tali valori. In particolare, assumendo una resistenza media a compressione di 5,43 MPa¹ dei singoli blocchi di tufo e ipotizzando l'uso di una malta a base di calce aerea², si ottengono i seguenti valori:

f_{bm}	5,43	MPa	Resistenza media a compressione blocco di tufo	
f_{bk}	4,07	MPa	Resistenza a compressione blocco di tufo	NTC 2018_EQ. 11.10.3
f_m	2,5	MPa	Resistenza a compressione della malta	NTC 2018_Tab. 11.10. V
f_k	1,58	MPa	Resistenza a compressione della muratura	EC6_EQ. 3.2

f_{v0}	0,15	MPa	Resistenza a taglio della muratura	NTC 2018_Tab. 11.10.VIII
E	1580	MPa	Modulo elastico della muratura	NTC 2018_EQ. 11.10.8

Tab.8.1

Il comportamento meccanico della muratura, però, non dipende solo dai valori di resistenza dei singoli componenti, ma anche da una serie di accorgimenti costruttivi che costituiscono la cosiddetta *regola d'arte*³. Il rispetto o meno dei parametri che la definiscono è un indice della qualità della muratura, la quale rappresenta uno dei punti più rilevanti nella risposta sismica dell'edificio⁴. Tale qualità muraria può essere valutata attraverso la metodologia IQM (Indice di Qualità Muraria), grazie alla quale è possibile attribuire un indice numerico distinto in base alle tre possibili direzioni dell'azione sollecitante (IQM_V per azioni verticali, IQM_{FP} per azioni orizzontali fuori piano ed IQM_{NP} per azioni orizzontali nel piano) e successivamente classificare la muratura in 3 distinte categorie (A – buon comportamento strutturale, B – comportamento di media qualità, C – risposta strutturale insoddisfacente, per ognuna delle quali viene descritto un certo comportamento atteso⁵. I parametri della regola d'arte da osser-

vare sono 7 e per ognuno di questi si indica il grado di rispetto (NR – non rispettato, PR-parzialmente rispettato, R-rispettato) basandosi su una serie regole di seguito riportate⁶:

Forma degli elementi resistenti (F.EL.)		
NR	Prevalenza di elementi di forma irregolare o arrotondata oppure ciottoli su entrambe le facce della parete.	
PR	Compresenza di elementi irregolari o ciottoli e blocchi di forma squadrata o mattoni. Pareti con una faccia di blocchi di forma regolare o mattoni e l'altra faccia di ciottoli od elementi di forma irregolare. Elementi arrotondati o irregolari ma con interstizi riempiti di zeppe ben inserite.	
R	Prevalenza di elementi di forma squadrata o sbazzata oppure mattoni o laterizi di forma parallelepipeda su entrambe le facce della parete.	
Presenza diatoni / ingranamento trasversale (P.D.)		
	Sezione muraria visibile	Sezione muraria non visibile
NR	LMT inferiore a 125 cm. Pietre di piccole dimensioni qualunque sia il valore di LMT.	Pietre piccole rispetto allo spessore del muro; assenza di pietre palesemente disposte in senso trasversale alla parete ("di testa").
PR	LMT compresa fra 155 cm e 125 cm.	Paramento ben tessuto ed ordinato almeno su una faccia; alcune pietre sono disposte "di testa"; spessore del muro non eccessivo rispetto alle dimensioni delle pietre.
R	LMT maggiore di 155 cm.	Paramento ben tessuto; blocchi o pietre di dimensione paragonabile a quella dello spessore della parete; presenza sistematica di pietre disposte "di testa".
Orizzontalità dei filari (OR.)		
NR	I tratti orizzontali sono interrotti o con evidenti sfalsamenti sull'intera facciata muraria.	
PR	Situazioni intermedie fra il rispetto e il non rispetto, compreso il caso di filari orizzontali solo su una faccia della parete.	

R	Filari orizzontali su gran parte della parete, senza presentare interruzioni di continuità (per tratti lunghi circa 100 cm) e su entrambe le facce della parete. Murature listate con listature a interasse inferiore a 100 cm.
Resistenza elementi (RE.EL.)	
NR	Elementi degradati (> 50% del totale degli elementi). Elementi laterizi con percentuale di foratura > 70%. Mattoni in fango o argilla non cotta.
PR	Elementi della muratura degradati (fra 10% e 50% del totale degli elementi). Elementi laterizi con foratura fra 70% e 55%. Elementi in tufo tenero (calcarenite).
R	Pietre non degradate o poco degradate. Muratura con pochi elementi degradati (< 10%). Mattoni pieni cotti. Elementi di tufo duro (vulcanico). Elementi laterizi con foratura < 55%. Blocchi in calcestruzzo (anche forati).
Dimensione degli elementi (D.EL.)	
NR	Prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore sotto i 20 cm. Parete di soli diatoni in mattoni pieni (un solo paramento, elementi tutti in direzione trasversale).
PR	Prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore fra 20 e 40 cm. Compresenza di elementi di dimensione variabile.
R	Prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore sopra i 40 cm.
Qualità della malta / efficace contatto fra elementi / zeppe (MA.)	
NR	Malta scadente o degradata e polverulenta e del tutto priva di coesione. Malta assente (escluso caso previsto sotto in "R"). Giunti di malta di dimensioni eccessive, paragonabili a quelle degli elementi se la malta non è di ottima qualità. Muratura di elementi porosi (es. tufo) con scarsa aderenza fra la malta e gli stessi elementi.
PR	Malta di qualità intermedia, con giunti non eccessivamente erosi. Murature con elementi irregolari e malta degradata ma con zeppe efficacemente inserite negli spazi fra elementi.
R	Malta in buono stato e ben conservata, con giunti di dimensione non eccessiva rispetto alle pietre o ai mattoni o con giunti ampi e malta di ottima qualità. Muratura con grandi elementi squadrate e priva di malta o con strato di malta sottilissimo. In tal caso si intende "rispettato" il requisito di un efficace contatto fra le pietre.

¹ Dato ricavato dalla prova di compressione in laboratorio presso il Politecnico di Milano (si rimanda al §6.3.5 "Analisi delle prestazioni residue").

² Per i manuali consultati durante il rilievo tecnologico si rimanda al capito 6.

³ La regola d'arte è l'insieme di buone regole costruttive che, se seguite durante la costruzione di un muro, garantiscono un buon comportamento del muro e la sua compattezza e monoliticità a fronte delle sollecitazioni esterne. [A. Borri, A. De Maria, *Indice di Qualità Muraria (IQM): correlazione con le caratteristiche meccaniche e livelli di conoscenza*, in <<Progettazione sismica>>, Vol. 6, N. 3, 2015, pagg. 45-63.].

⁴ A. Borri, A. De Maria, *Indice di Qualità Muraria (IQM): correlazione con le caratteristiche meccaniche e livelli di conoscenza*, in <<Progettazione sismica>>, Vol. 6, N. 3, 2015, pag. 46.

⁵ A. Borri, A. De Maria, *Il metodo IQM per la stima delle caratteristiche meccaniche delle murature: allineamento alla circolare n. 7/2019*, XVIII Convegno ANI-DIS, Ascoli Piceno 15-19 settembre 2019, pag. 8.

⁶ A. Borri, A. De Maria, *Il metodo IQM per la stima delle caratteristiche meccaniche delle murature: allineamento alla circolare n. 7/2019*, XVIII Convegno ANI-DIS, Ascoli Piceno 15-19 settembre 2019, pagg. 9-11.

Tab.8.2. Giudizi attribuibili ai parametri della regola dell’arte. [Fonte: A. Borri, A. De Maria, *Il metodo IQM per la stima delle caratteristiche meccaniche delle murature: allineamento alla circolare n. 7/2019*, XVIII Convegno ANIDIS, Ascoli Piceno 15-19 settembre 2019, pagg. 9-10]

Tab.8.3. Grado di rispetto della regola d’arte per l’edificio in esame.

Tab.8.4. Punteggi da attribuire ai parametri della regola dell’arte per il calcolo di IQMV, IQMFP e IQMNP. [Fonte: A. Borri, A. De Maria, *Il metodo IQM per la stima delle caratteristiche meccaniche delle murature: allineamento alla circolare n. 7/2019*, XVIII Convegno ANIDIS, Ascoli Piceno 15-19 settembre 2019, pag. 10]

Sfalsamento giunti verticali / Ingranamento nel piano (S.G.)		
	Metodo quantitativo	Metodo qualitativo
NR	Parete a paramento unico: LMT < 140. Parete a doppio paramento: LMT < 140 su una faccia e LMT < 160 sull'altra faccia. Parete di soli diatoni di mattoni pieni, qualunque sia il valore di LMT. Parete con pietre di piccole dimensioni qualunque sia il valore di LMT. Evidente assenza d'ingranamento su una o più linee verticali della parete.	Giunti verticali allineati. Giunti allineati verticalmente su due o più elementi in ampie porzioni della parete. Parete di soli diatoni di mattoni pieni, anche con giunti verticali sfalsati. Evidente assenza d'ingranamento su una o più linee verticali della parete.
PR	Parete a paramento unico: LMT fra 140 e 160. Parete a doppio paramento: a) entrambi i paramenti con LMT fra 140 e 160. b) LMT rispettato su una faccia e non rispettato sull'altra faccia. c) LMT rispettato su una faccia e parzialmente rispettato sull'altra faccia.	Giunto verticale in posizione intermedia tra zona centrale dell'elemento inferiore e il suo bordo.
R	Parete a paramento unico: LMT > 160 Parete a doppio paramento: LMT > 160 su entrambe le facce.	Giunti verticali in corrispondenza della zona centrale dell'elemento inferiore (escluso il caso di parete in mattoni pieni disposti solo a diatoni).

Tab.8.2

Rispettando i criteri sopracitati si è quindi proceduto all’assegnazione del grado di rispetto per le pareti nord, sud ed est dell’ex Chiesa di San Donato.

	O.R.	P.D.	F.EL.	S.G.	D.EL.	MA	RE.EL.
Parete sud	R	PR	R	NR	PR	NR	PR
Parete est	R	PR	R	NR	PR	NR	PR
Parete nord	R	PR	R	NR	PR	NR	PR

Tab.8.3

Definito il grado è possibile attribuire un certo punteggio rispettando la seguente tabella:

	Punteggi								
	IQM _V (azioni verticali)			IQM _{FP} (azioni fuori piano)			IQM _{NP} (azioni nel piano)		
	NR	PR	R	NR	PR	R	NR	PR	R
OR.	0	1	2	0	1	2	0	0,5	1
P.D.	0	1	1	0	1,5	3	0	1	2
F.EL.	0	1,5	3	0	1	2	0	1	2
S.G.	0	0,5	1	0	0,5	1	0	1	2
D.EL.	0	0,5	1	0	0,5	1	0	0,5	1
MA	0	0,5	2	0	0,5	1	0	1	2
RE.EL.	0,3	0,7	1	0,5	0,7	1	0,3	0,7	1

Tab.8.4

Dato che tutte le pareti rispettano i parametri allo stesso modo, ad esse verrà assegnato lo stesso punteggio, per cui successivamente si farà riferimento a solo un paramento murario. Assegnati i punteggi, è possibile calcolare l’Indice di Qualità Muraria (IQM) per le tre tipologie di sollecitazione attraverso le seguenti formule:

Azioni verticali:

$$IQM_V = m \times g \times r_V \times RE.EL_{V} \times (OR_V + P.D_{V} + F.EL_{V} + S.G_{V} + D.EL_{V} + MA_V)$$

Azioni fuori dal piano:

$$IQM_{FP} = m \times g \times r_{FP} \times RE.EL_{FP} \times (OR_{FP} + P.D_{FP} + F.EL_{FP} + S.G_{FP} + D.EL_{FP} + MA_{FP})$$

Azioni nel piano:

$$IQM_{NP} = m \times g \times r_{NP} \times RE.EL_{NP} \times (OR_{NP} + P.D_{NP} + F.EL_{NP} + S.G_{NP} + D.EL_{NP} + MA_{NP})$$

Il coefficiente correttivo r dipende dal parametro MA “qualità della malta” e per parametro non rispettato vale 0.2 per azioni verticali, 1 per azioni fuori piano e 0.1 per azioni nel piano. I coefficienti m e g vengono assunti pari a 1.

Definiti i punteggi di IQM, in accordo con la seguente tabella, è possibile categorizzare la muratura a seconda della direzione delle sollecitazioni.

Direzione azione	Categoria della muratura		
	A	B	C
azioni verticali	5 ≤ IQM _V ≤ 10	2,5 ≤ IQM _V < 5	0 ≤ IQM _V < 2,5
azioni fuori piano	7 ≤ IQM _{FP} ≤ 10	4 < IQM _{FP} < 7	0 ≤ IQM _{FP} ≤ 4
azioni nel piano	5 < IQM _{NP} ≤ 10	3 < IQM _{NP} ≤ 5	0 ≤ IQM _{NP} ≤ 3

Tab.8.5

Di seguito si riportano i risultati per le murature interessate.

	Parametri regola d’arte							Punteggio	Categoria
	O.R.	P.D.	F.EL.	S.G.	D.EL.	MA	RE.EL.		
IQM_V	2	1	3	0	0,5	0	0,7	0,98	C
IQM_{FP}	2	1,5	2	0	0,5	0	0,7	4,55	B
IQM_{NP}	1	1	2	0	0,5	0	0,7	0,77	C

Tab.8.6

⁷ A. Borri, A. De Maria, *Il metodo IQM per la stima delle caratteristiche meccaniche delle murature: allineamento alla circolare n. 7/2019*, XVIII Convegno ANIDIS, Ascoli Piceno 15-19 settembre 2019, pag. 13.

⁸ *Ivi* pagg. 13-17.

Tab.8.5. Attribuzione delle categorie murarie in base ai valori di IQM. [Fonte: A. Borri, A. De Maria, *Il metodo IQM per la stima delle caratteristiche meccaniche delle murature: allineamento alla circolare n. 7/2019*, XVIII Convegno ANIDIS, Ascoli Piceno 15-19 settembre 2019, pag. 10]

Tab.8.6. Classificazione delle murature dell'ex chiesa di San Donato.

Tab.8.7. Parametri meccanici della muratura dell'ex chiesa di San Donato partendo dall'IQM.

Una parete di categoria C per carichi verticali ha elevata probabilità di subire lesioni o di andare fuori piano per instabilità, mentre per sollecitazioni nel piano ha molte probabilità di subire ampie lesioni. Una parete di categoria B per sollecitazioni fuori dal piano non è in grado di mantenere un comportamento monolitico ed è probabile avere lesioni o spancamenti in caso di sisma, ma è difficile che collassi se è ben collegata agli orizzontamenti e ai muri di spina⁷.

Inoltre, sono state definite delle relazioni dalle quali è possibile ricavare i valori medi dei parametri meccanici partendo dall’I-QM⁸. Di seguito sono riportati i valori ottenuti:

	Valori minimi	Valori medi	Valori massimi
f	1,25 MPa	1,70 MPa	2,14 MPa
f _{v0}	0,12 MPa	0,17 MPa	0,23 MPa
E	675,85 MPa	824,11 MPa	972,11 MPa
G	228,90 MPa	277,02 MPa	324,93 MPa

Tab.8.7

I valori appena citati, con riferimento ai valori medi, sono stati inseriti all’interno di un modello a elementi finiti (FEM) realizzato con il supporto del software *SAP2000*.

Fig.8.13. Verifica meccanismo di collasso locale parete sud.

Conclusa la fase di conoscenza, come descritto al paragrafo C8.7.1 della Circolare 21 gennaio 2019, n 7, C.S.LL.PP., è necessario valutare la sicurezza della struttura verificando la risposta di dissesto locale e successivamente la risposta globale dell'edificio sotto azioni sismiche.

In particolare, i cinematismi locali vengono verificati attraverso un approccio cinematico lineare, ovvero effettuando un confronto tra l'accelerazione necessaria per attivare il cinematismo (a_0) e la massima accelerazione al suolo (PGA) corrispondente allo stato limite di interesse, opportunamente ridotta, nel caso di verifica allo SLV, attraverso il fattore di comportamento q (per strutture in muratura q viene generalmente posta uguale a 2). Per il sito di progetto allo SLV:

$$PGA^{SLV} = (a_g * S) / q = 0,142g$$

dove:

a_g = accelerazione massima al sito di progetto;

S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche

q = fattore di comportamento della struttura

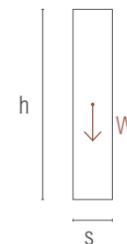
Data l'assenza di orizzontamenti, l'edificio non ha un comportamento scatolare, per cui i meccanismi di collasso locale che possono verificarsi sono meccanismi di ribaltamento semplice o composto e di flessione orizzontale.

Per quanto riguarda la parete rivolta a sud, considerando lo scarso ammorsamento alle pareti trasversali, il meccanismo più probabile è il ribaltamento semplice. In accordo all'equa-

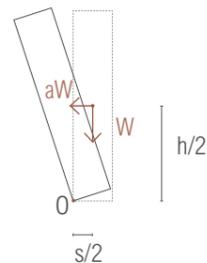
zione C8.7.1.1 della Circolare, applicando il principio dei lavori virtuali è possibile calcolare il moltiplicatore α_0 che attiva il cinematismo. Calcolato il moltiplicatore α_0 , tenendo conto di un fattore di confidenza $FC=1,35$ relativo a un livello di conoscenza L1, è possibile determinare l'accelerazione necessaria per attivare il cinematismo α_0 . In questo caso, il meccanismo risulta non verificato in quanto

$$a_0 = 0,063g < PGA^{SLV}$$

Parete sud - Ribaltamento semplice



$$\begin{aligned} s &= 0,6 \text{ m} \\ h &= 7 \text{ m} \\ l &= 16,8 \text{ m} \\ W &= 1199,52 \text{ kN} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} W*(s/2) - aW*(h/2) &= 0 \\ a &= s/h = 0,086 \text{ [Circolare_EQ. C8.7.1.1]} \\ a_0 &= a*g/(FC*e) = 0,063 \text{ g} < PGA^{SLV} \\ &\text{[Circolare_EQ. C8.7.1.3]} \\ &\text{NON VERIFICATO} \end{aligned}$$

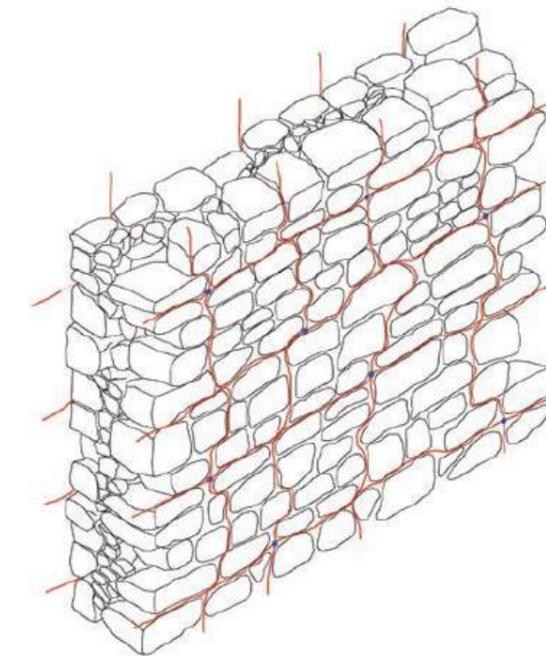
Con un procedimento analogo è possibile verificare il meccanismo di collasso locale per la parete ad est e nord.

In generale, la struttura non è in grado di resistere sotto azioni sismiche, pertanto è necessario intervenire con adeguati consolidamenti.

Miglioramento del comportamento meccanico della muratura

Dall'analisi della qualità muraria del paragrafo precedente è emersa la necessità di applicare alle murature un consolidamento che permetta di migliorare le loro caratteristiche meccaniche ma che, allo stesso tempo, permetta di preservare la tessitura faccia a vista. Fissate queste premesse, si è scelto di optare per la tecnica del Reticolatus.

Tale sistema di rinforzo consiste nell'inserimento nei giunti di malta di un reticolato continuo di piccoli trefoli in acciaio ad alta resistenza, i cui nodi sono fissati mediante barre metalliche trasversali al paramento murario¹ (per la posa in opera si faccia riferimento alla relativa scheda di intervento IN.07). In tal modo si realizza una vera e propria muratura armata in cui gli sforzi di compressione vengono assorbiti dalla muratura, mentre quelli di trazione dai cavi in acciaio (fig. 8.14).



I vantaggi della soluzione proposta sono diversi. In primo luogo, tale tecnica garantisce un miglioramento delle proprietà meccaniche della muratura, sia per quanto riguarda la resistenza a compressione, ma soprattutto nei confronti della resistenza a taglio, con un incremento variabile tra il 129% e il 192%². Inoltre, l'uso

Fig.8.14. Schema tecnica del Reticolatus [Fonte: fibrenet.it].

¹ A. Borri, M. Corradi, E. Speranzini, *Un modello per lo studio del comportamento meccanico della muratura rinforzata con la tecnica del Reticolatus*, XIV Convegno Nazionale L'ingegneria Sismica in Italia, settembre 2011.

² *Ivi* pag. 4.

Tab.8.8. Parametri meccanici della muratura migliorata.

dell'acciaio fornisce alla muratura una certa resistenza a trazione e la continuità dei trefoli contribuisce al collegamento dei vari elementi murari favorendo il comportamento d'insieme dei paramenti. In tal modo si contrastano i principali meccanismi di collasso, ovvero taglio, taglio-scorrimento e flessione per azioni nel piano e fuori del piano. Per i valori relativi alle prestazioni meccaniche da inserire nel modello FE, si fa riferimento al capito 8 della circolare delle NTC 2018, in cui alla tabella C8.5.II si riportano dei coefficienti migliorativi a seconda del tipo di consolidamento e alla tipologia di muratura. Nel nostro caso si fa riferimento alla colonna relativa alla ristilatura armata con connessione dei paramenti per una muratura in conci regolari di pietra tenera, per cui si applica un coefficiente correttivo di 1,2.

	Muratura non rinforzata	Muratura rinforzata
f	1,70 MPa	2,04 MPa
f _{vd}	0,17 MPa	0,204 MPa
E	824,11 MPa	906,52 MPa
G	277,02 MPa	304,72 MPa

Tab.8.8

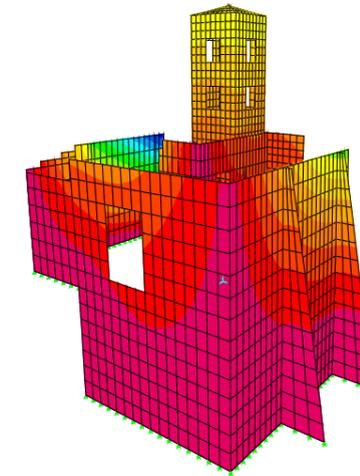
Confrontando i modelli nella situazione senza e con **Reticolatus** si nota una leggera riduzione dello spostamento sotto azioni da sisma, sia in direzione x che in direzione y.

	Senza Reticolatus	Con Reticolatus	Riduzione %
δ _{max} per combinazione sisma direzione x	92,11 mm	87,58 mm	5%
δ _{max} per combinazione sisma direzione y	166,5 mm	148,9 mm	10%

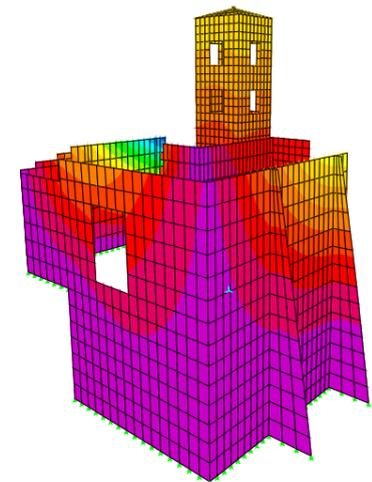
Tab.8.9

Fig.8.15. Diagramma degli spostamenti per la combinazione di carico con azione sismica in direzione Y.

Stato di fatto



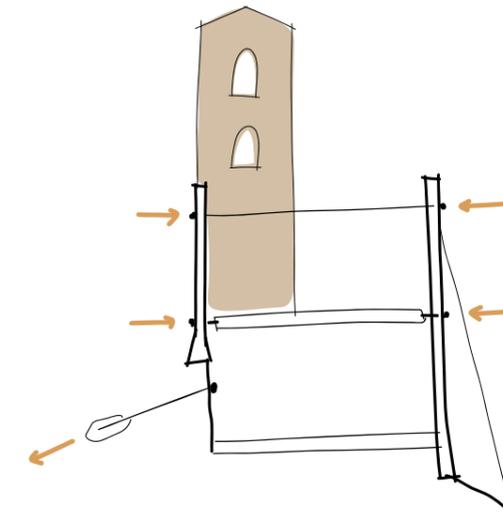
Applicazione del reticolatus alle murature



Un nuovo solaio

Studio della nuova struttura reticolare spaziale

Come già anticipato, il livello interrato dell'ex chiesa di San Donato ospiterà una nuova sala espositiva dove poter conservare i reperti rinvenuti nel borgo stesso. Per far ciò è necessario quindi realizzare un nuovo solaio di copertura che sia anche praticabile, in quanto il livello superiore sarà un nuovo spazio pubblico a cielo aperto.



Data la necessità di un nuovo diaframma orizzontale, si è pensato di sfruttarlo anche ai fini del consolidamento della chiesa, in particolare per migliorare la sua risposta sismica. Infatti, se sufficientemente rigidi ed efficacemente collegati ai paramenti murari, i diaframmi orizzontali favoriscono la trasmissione delle azioni alle pareti parallele al moto del sisma e, inoltre, possono costituire un ulteriore vincolo per ostacolare il ribaltamento delle pareti perpendicolari.

Per il nuovo solaio si è optato per una struttura reticolare spaziale, poiché grazie alla sua geometria consente di realizzare una struttura estremamente leggera e allo stesso tempo caratterizzata da una notevole rigidità. Inoltre, strutture di questo tipo sono contraddistinte dalla facilità di smontaggio delle stesse che consente il recupero del materiale e risponde perfettamente al principio di reversibilità a cui devono rispondere gli interventi di consolidamento.

Le aste di una reticolare spaziale sono disposte in modo che si determini uno stato tensionale più uniforme rispetto a quello di una struttura tradizionale, poiché i carichi vengono assorbiti non solo dalle aste direttamente interessate, ma anche da quelle più distanti dal punto di applicazione del carico. Tale capacità distributiva è detta "effetto spaziale" e dipende dalla geometria dello schema¹. Inoltre, nelle reticolari spaziali questo effetto si estende alla terza dimensione grazie alla ripetizione di un modu-

Fig.8.16. Schema degli interventi di consolidamento ipotizzati per l'ex chiesa di San Donato.

¹M. Majowiecki, *Grandi coperture*, in [a cura di] C. Piano, R. Piano, *L'Almanacco dell'architetto*, vol. 2, Roma 2012, pag. 495.

Fig.8.17. Tipologie di grigliato [Fonte: M. Majowiecki, *Grandi coperture*, in [a cura di] C. Piano, R. Piano, *L'Almanacco dell'architetto*, vol. 2, Roma 2012, pag. 501.].

lo spaziale tipicamente tetraedrico o semi-ottaedrico conferendo alla struttura una notevole rigidezza².

Le strutture reticolari spaziali sono costituite da due reticoli semplici collegati da aste verticali o inclinate³ e nella fig.8.17 vengono schematizzate le principali tipologie di grigliato. In particolare, per il nuovo solaio si è scelta la tipologia quadrato su quadrato sfalsato, la quale risulta essere anche la più impiegata nelle applicazioni pratiche.

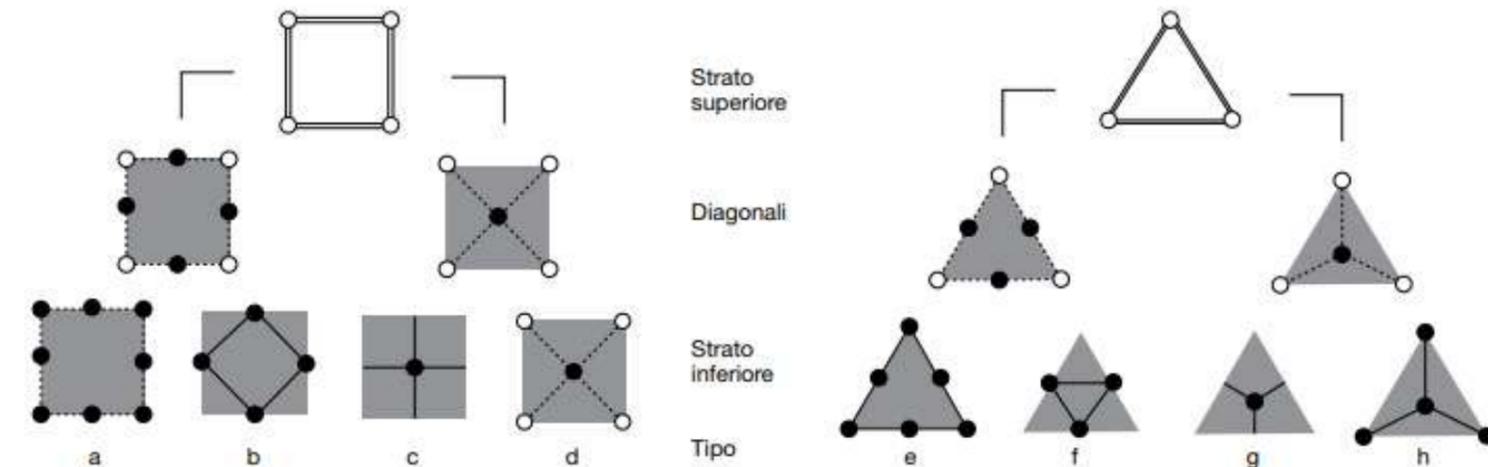


Fig.8.X

²M. Majowiecki, *Grandi coperture*, in [a cura di] C. Piano, R. Piano, *L'Almanacco dell'architetto*, vol. 2, Roma 2012, pag. 500.

³*Ibidem*.

Definita la tipologia di grigliato, è stato necessario stabilire la dimensione del modulo di base, che, nella configurazione finale, risulta avere un lato di base di 90 cm e un'altezza pari alla metà, ovvero 45 cm. Tale modulo permette di coprire in modo quanto più uniforme la superficie interessata e, in aggiunta, ogni elemento che lo compone risulta avere una dimensione che ne consente l'agevole trasporto, e conseguente posa in cantiere, anche in assenza di adeguati mezzi di movimentazione, data la posizione del sito di progetto.

Concluso questo primo step, si è passati alla realizzazione di un modello a elementi finiti (FEM) utilizzando il software SAP2000. Tutte le aste sono state modellate come bielle e i carichi sono stati applicati solo ai nodi in modo che gli elementi risultassero essere sollecitati solo a sforzo normale. Impostate, quindi, le combinazioni di carico, si sono ricavati i massimi valori di trazione e di compressione in modo da ottenere un primo dimensionamento delle aste. La struttura deve essere svincolata dalla struttura esistente, per cui è sostenuta da pilastri in acciaio. Questi ultimi, sono stati inizialmente modellati come carrelli e ciò ha permesso di determinare un primo valore di compressione che ha permesso un primo dimensionamento. Poiché si è pensato di lasciare la nuova struttura a vista, si sono scelti dei pilastri circolari che rendono più elegante l'intera composizione.

Avendo definito un primo dimensionamento, si è passati all'integrazione di quest'ultimo modello con quello precedentemente realizzato dell'edificio esistente, in modo da valutare il comportamento della struttura nel suo insieme. Si sono quindi ricavati gli sforzi massimi nello stato limite ultimo che hanno permesso il definitivo dimensionamento della struttura reticolare, e si è quindi proceduti alla verifica dei nuovi elementi.

Verifica allo SLU delle aste			
Carichi agenti			
$N_{T,ED}$	224,27	kN	Max valore di azione assiale di trazione
$N_{C,ED}$	289,88	kN	Max valore di azione assiale di compressione
Geometria delle aste			
Φ	76,1	mm	Diametro
s	5	mm	Spessore

A	11,2	cm ²	Area della sezione
I	70,9	cm ³	Momento di inerzia
i	2,52	cm	Raggio di inerzia
Materiali			
f_{yk}	355	MPa	Resistenza caratteristica a snervamento acciaio
f_{yd}	308,70	MPa	Resistenza di progetto a snervamento acciaio
E	210000	MPa	Modulo elastico dell'acciaio
V_{MO}	1,05	-	NTC 2018_Tab.4.2.VII
V_{M1}	1,05	-	NTC 2018_Tab.4.2.VII
VERIFICA A TRAZIONE [NTC 2018_EQ.4.2.5]			
N_{RD}	378,67	kN	NTC 2018_EQ. 4.2.6
$N_{T,ED} / N_{RD}$	0,59	<1	Verificato
η	169%		Impegno percentuale
VERIFICA A COMPRESSIONE [NTC 2018_EQ.4.2.41]			
N_{cr}	1440,23	kN	Carico critico euleriano
Δ	0,47	mm	NTC 2018_4.2.45
α	0,49	-	NTC 2018_Tab. 4.2.VIII
Φ	0,68	-	NTC 2018_¶ 4.2.4.1.3.1
χ	0,86	-	NTC 2018_EQ. 4.2.44
N_{RD}	323,48	kN	NTC 2018_EQ. 4.2.42
$N_{C,ED} / N_{RD}$	0,90	<1	Verificato
η	112%		Impegno percentuale

Tab.8.10

Verifica allo SLU dei pilastri			
Carichi agenti			
$N_{C,ED}$	618	kN	Max valore di azione assiale di compressione

Tab.8.10. Verifica allo SLU delle aste.

Tab.8.11. Verifica allo SLU dei pilastri.

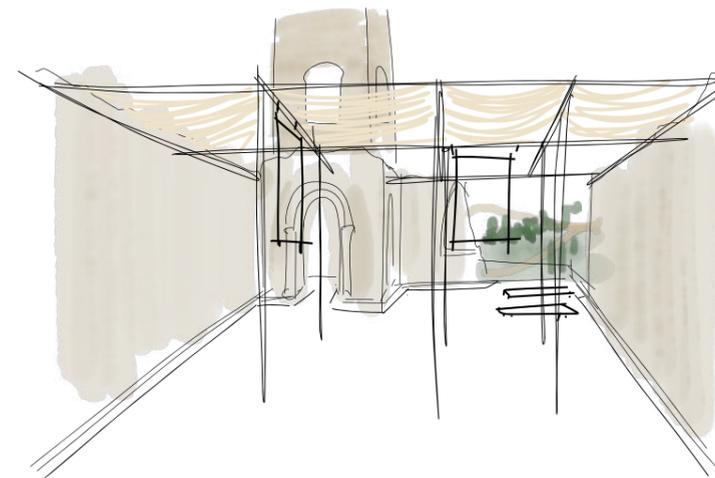
Fig.8.18. Sketch della vista interna all'ex chiesa di San Donato con le tirantature e gli elementi ombreggianti..

Geometria dei pilastri			
Φ	323,9	mm	Diametro
s	10	mm	Spessore
A	98,6	cm ²	Area della sezione
I	12158	cm ³	Momento di inerzia
i	11,1	cm	Raggio di inerzia
Materiali			
f_{yk}	355	MPa	Resistenza caratteristica a snervamento acciaio
f_{yd}	308,70	MPa	Resistenza di progetto a snervamento acciaio
E	210000	MPa	Modulo elastico dell'acciaio
γ_{M0}	1,05	-	NTC 2018_Tab.4.2.VII
γ_{M1}	1,05	-	NTC 2018_Tab.4.2.VII
VERIFICA A COMPRESSIONE [NTC 2018_EQ.4.2.41]			
N_{cr}	3944,60	kN	Carico critico euleriano
λ	0,94	mm	NTC 2018_4.2.45
α	0,49	-	NTC 2018_Tab. 4.2.VIII
Φ	1,13	-	NTC 2018_¶ 4.2.4.1.3.1
χ	0,57	-	NTC 2018_EQ. 4.2.44
N_{RD}	1914,37	kN	NTC 2018_EQ. 4.2.42
$N_{C,ED} / N_{RD}$	0,32	<1	Verificato
η	310%		Impegno percentuale

Tab.8.11

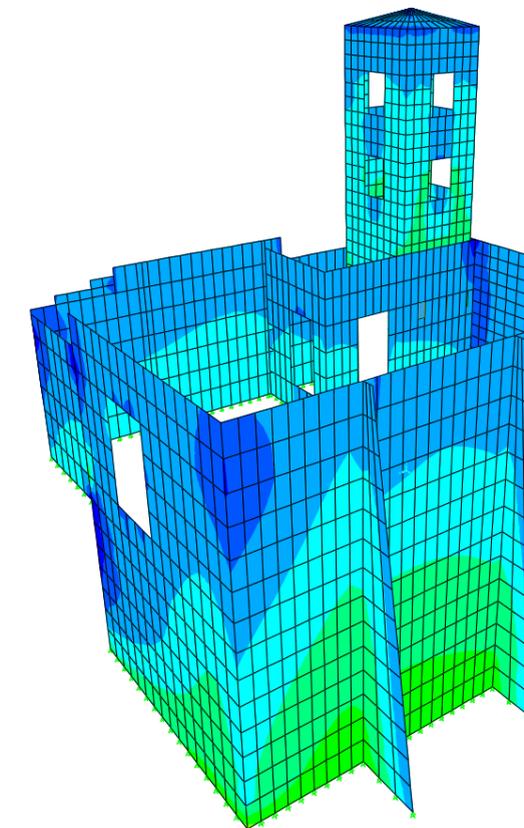
Come visibile nelle immagini nelle pagine seguenti (Figg.8.19 e 8.20) l'aggiunta della nuova struttura, sebbene aumenti lo sforzo

sulla muratura dovuto all'aumento dei carichi della nuova destinazione d'uso, contribuisce a ridurre gli sforzi di trazione nella parte centrale delle pareti. Ciò nonostante la parte sommitale risulta ancora sollecitata a trazione e ciò è dovuto principalmente alla mancanza di un vincolo che limiti gli spostamenti delle mensole. Per tale motivo si è ipotizzato di inserire degli elementi metallici che diventino una sorta di *diaframma virtuale*⁴ che colleghi i paramenti murari per migliorarne il comportamento scatolare, ma che allo stesso tempo non rappresenti un ostacolo visivo. Inoltre, tale sistema all'occorrenza può essere implementato da tendaggi o elementi ombreggianti non fissi che offrano riparo agli utenti nelle giornate più calde.



⁴ L. Jurina, *L'uso degli "stralli" nel consolidamento di murature storiche isolate*, in jurinaradaelli.it.

Stato di fatto



Stato di progetto

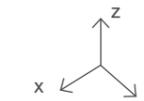
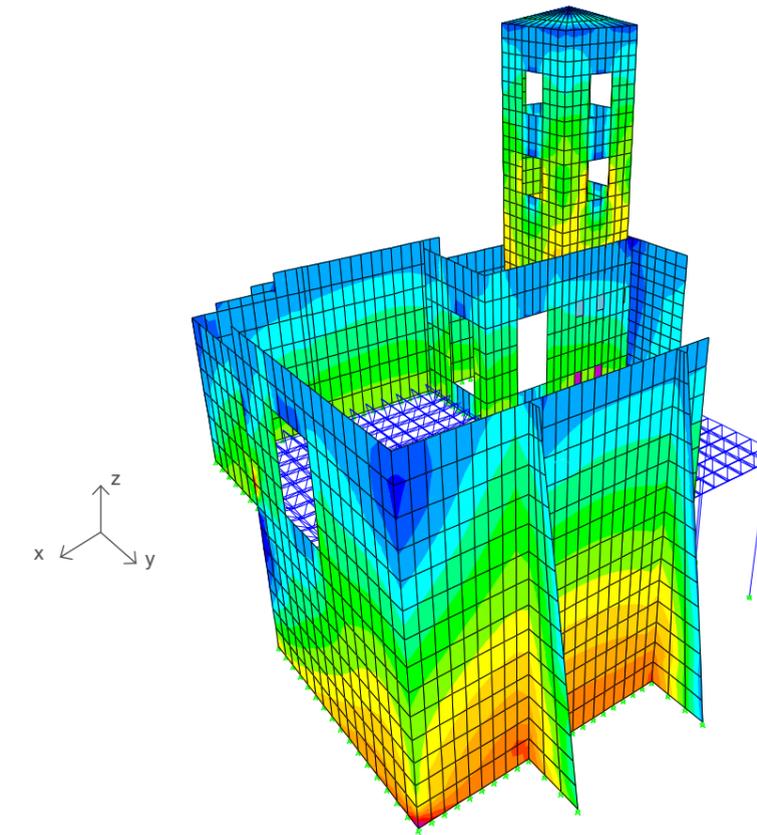
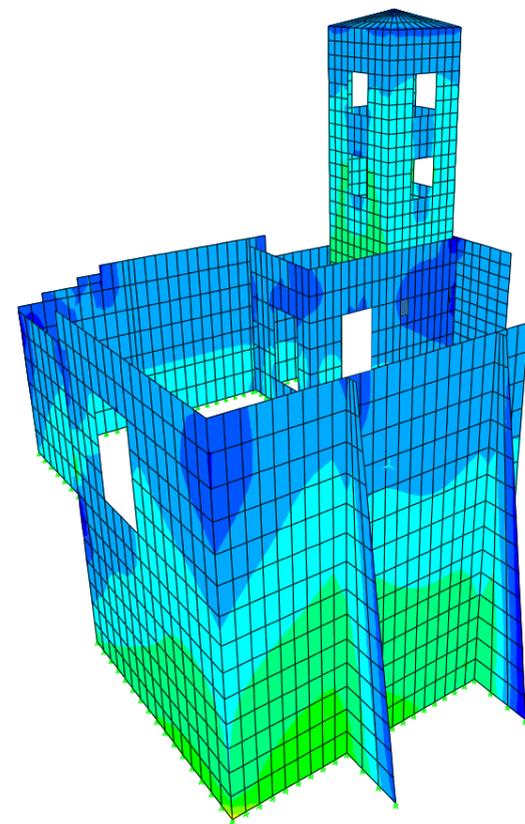


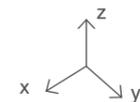
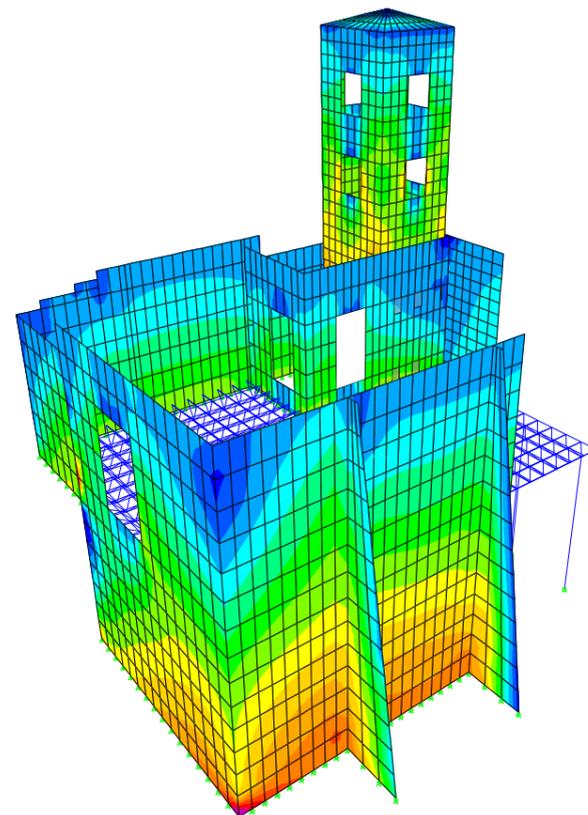
Fig.8.19. Diagramma di distribuzione degli sforzi s_{22} per la combinazione di carico con azione sismica in direzione X.

Fig.8.20. Diagramma di distribuzione degli sforzi s_{22} per la combinazione di carico con azione sismica in direzione Y.

Stato di fatto



Stato di progetto



MPa



Considerazioni ergotecniche

Come ormai ben noto, il borgo sorge su uno sperone tufaceo al quale si accede mediante un ponte pedonale con una discreta pendenza e da un accesso al livello del fossato. Inoltre, la nuova struttura dovrà essere posata all'interno della chiesa esistente che sorge arroccata sul versante nord. Date queste premesse è necessario fare una breve digressione su questo tema delicato. Si ricorda che il tema è piuttosto ampio e non verrà affrontato del tutto in questa sede, ma verranno presentate delle considerazioni utili alla realizzazione della nuova struttura reticolare sul versante nord.

Innanzitutto, data la morfologia del sito, è opportuno definire le fasi che caratterizzano la realizzazione dell'opera e quali mezzi è opportuno impiegare per ognuna di queste, in modo tale da disegnare delle configurazioni di cantiere che meglio si adattino al luogo.



Definizioni delle fasi di intervento

Si riportano di seguito in ordine cronologico le fasi che caratterizzeranno la realizzazione del nuovo solaio. Per alcune si farà riferimento a schede di intervento riportate negli allegati.

1. Messa in sicurezza degli edifici esistenti

Gli edifici del versante nord sono quelli che risultano essere meno stabili, per cui è necessario predisporre tutte quelle opere alla messa in sicurezza degli edifici prima del proseguimento con qualsiasi altra attività.

2. Rimozione della vegetazione presente

Come visibile dagli elaborati dello stato di fatto, all'interno della chiesa sono presenti arbusti cresciuti negli anni a causa dell'incuria e lo stato di abbandono del borgo. Per questa fase si faccia riferimento alla scheda di intervento IN.01.

Fig.8.21. Schematizzazione delle fasi di costruzione.

3. Rimozione dei detriti e demolizione degli elementi non necessari

Per questa fase si faccia riferimento alla scheda di intervento IN.02.

4. Realizzazione delle fondazioni della nuova struttura

Data la tipologia di suolo, ovvero roccia tufacea, per la nuova struttura si è scelto di optare per fondazioni profonde realizzate con micropali di acciaio. I micropali consistono in elementi modulari di lunghezza un metro che vengono infissi nel terreno a pressione costante, grazie all'ausilio di martinetti idraulici solidarizzati alla fondazione dell'edificio mediante piastre in acciaio.

Vantaggi:

- Riduzione dei tempi di realizzazione;
- Non si produce materiale di risulta da smaltire e non vengono impiegati acqua o fanghi lasciando il cantiere asciutto;
- Non produce vibrazioni dannose, aspetto molto importante in quanto si lavora all'interno di un edificio esistente;
- I martinetti idraulici hanno dimensioni contenute e possono essere trasportati agevolmente in situ.

5. Realizzazione degli elementi di elevazione

A seguito della realizzazione delle fondazioni, si procede alla posa dei pilastri in acciaio che si ancorano alle fondazioni mediante piastra in acciaio. I pilastri saranno trasportati in cantiere e successivamente movimentati grazie a una gru cingolata compatta che permette una rotazione di 360° e con braccio telescopico che può estendersi fino a 18 m.

6. Realizzazione del nuovo solaio

Per il montaggio della struttura reticolare non si richiede una manodopera specializzata in quanto gli elementi che la compongono vengono realizzati con tolleranze ristrette e sono contrassegnati da codici univoci. Il loro assemblaggio in cantiere avviene avvitando gli elementi in ordine cronologico, secondo la geometria della reticolare.

Tutto il materiale arriva in cantiere sciolto (le aste preassemblate in officina ad una ad una: 2 bulloni + 2 dadi + 2 spine + 2 coni + 1 tubo). Le aste sono collocate all'interno di cavallette metalliche, mentre i nodi sono collocati in casse di legno. Mentre le aste non hanno una direzione di montaggio preferenziale, i nodi sì, per cui sono contrassegnati da un simbolo per identificare il corretto orientamento.

Nell'assemblaggio i dadi di serraggio devono essere ruotati con una chiave nel senso di rotazione orario e comunque secondo la regola della mano destra, in modo tale che i bulloni vengano avvitati all'interno dei nodi. Per avvitare i dadi occorrono chiavi inglesi di dimensioni standard; i bulloni si serrano con la normale forza di un operaio, senza impiegare prolunghe o altri dispositivi per forzare il serraggio.

Data l'impossibilità di assemblare la struttura a piè d'opera di accesso con mezzi di movimentazione adeguati, il montaggio della struttura avviene unendo i pezzi elementari singolarmente o in gruppi limitati (normalmente 1 nodo + 3 aste) preparati a piè d'opera e sollevati in posizione mediante sollevatore telescopico rotativo, dato che si tratta di pezzi leggeri (peso tipico

100-1000kg). La struttura va idoneamente supportata nel corso dell'avanzamento attraverso torri/puntelli provvisori per non superare gli sforzi ammissibili nel transitorio di montaggio e per ridurre la freccia dovuta allo sbalzo e al peso proprio, che renderebbe difficoltoso il proseguo del montaggio¹.

Montata l'intera struttura reticolare e ancorata alle pareti esistenti si procede alla posa e il fissaggio dell'orditura secondaria per la distribuzione dei carichi sui nodi, alla successiva posa della lamiera grecata e dei pannelli OSB fino al completamento della stratigrafia.

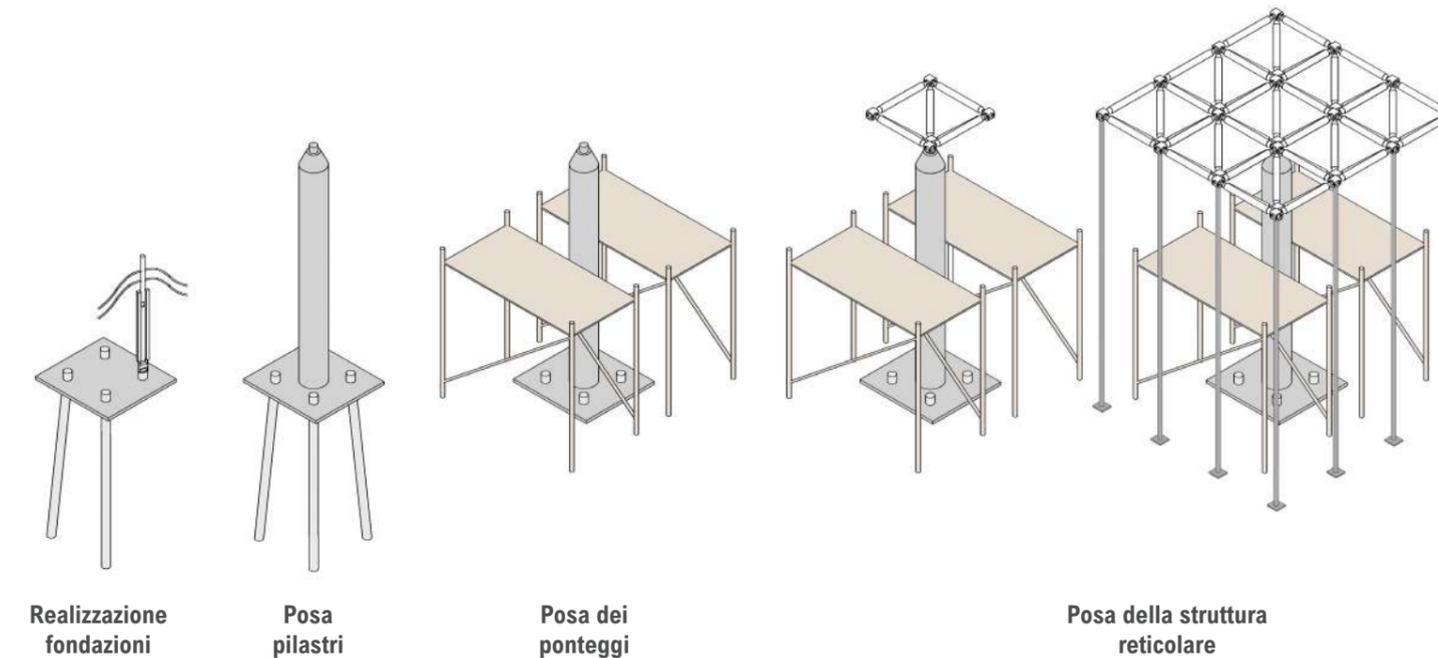


Fig.8.22. Schemi in dettaglio della realizzazione della reticolare.

¹ <https://www.meroitaliana.it/>.

Una nuova struttura

Fig.8.23. Schema delle nuove strutture sul versante sud.

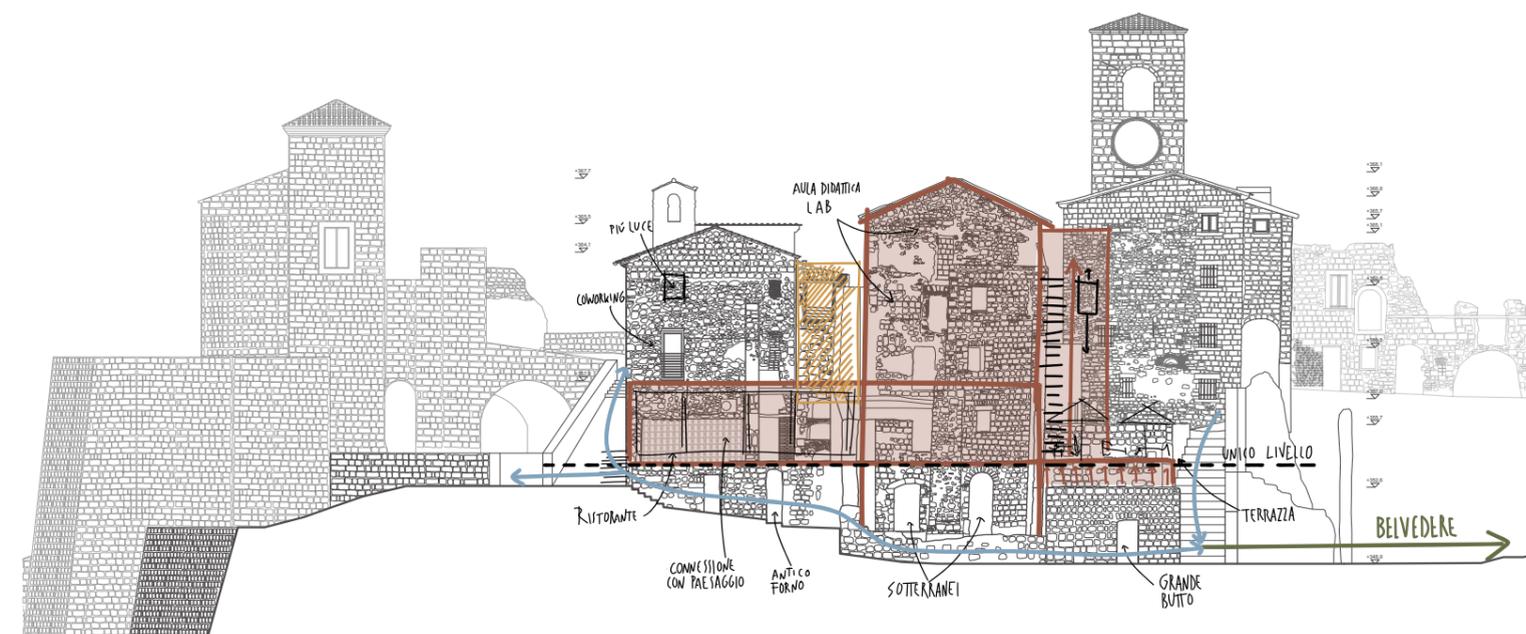
Strategie di addizione

Il complesso di edifici sul versante sud, caratterizzato da fabbricati fortemente eterogenei in termini di stato di conservazione e importanti dislivelli, richiede una serie di interventi non solo di consolidamento, ma anche di nuova costruzione, al fine di ottenere gli spazi fruibili per le nuove funzioni.

Il progetto prevede tre nuovi blocchi strutturalmente indipendenti, che si inseriscono a ridosso dell'ex chiesa di San Carlo e dell'attuale Museo della Ceramica, ben conservati e consolidati,

e che devono confrontarsi con dei fabbricati più piccoli, in parte in stato di rudere, disposti sul fronte sud-est del complesso.

Due nuove strutture portanti in acciaio sono previste per il blocco scale-ascensore e per quello destinato ai laboratori e a parte del ristorante. Il terzo nuovo blocco, caratterizzato da un solo piano che ospiterà l'altra parte del ristorante e con la terrazza in aggetto, è realizzato invece con una struttura in acciaio che può sfruttare parte delle murature esistenti, opportunamente consolidate, come basamento e collegata con le murature dell'ex chiesa di San Carlo.



Dimensionamento e verifica struttura in acciaio

Per il dimensionamento delle strutture portanti in acciaio si è tenuto conto, in ordine di priorità, delle seguenti normative:

- Norme Tecniche per le Costruzioni, Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 (NTC 2018);
- Circolare ministeriale 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- Eurocodice 1 UNI EN 1991;
- Eurocodice 7 UNI EN 1997;
- Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008.

In riferimento al capitolo 2.5 delle NTC 2018, per la progettazione delle strutture sono state prese in considerazione le seguenti azioni:

CARICHI PERMANENTI (G)

- Peso proprio di tutti gli elementi strutturali (G1);
- Peso proprio di tutti gli elementi non strutturali (G2);

CARICHI VARIABILI (Q)

- Sovraccarichi;
- Azioni della neve;
- Azioni del vento.

I valori legati ai sovraccarichi sono stati ricavati dalla Tab. 3.1.II del paragrafo 3.1 delle NTC 2018, in relazione alla destinazione

ne d'uso dei locali. In particolare, il blocco dei laboratori, che comprende anche parte del ristorante, può essere associato alla categoria C1 (Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento), mentre per la struttura della terrazza caratterizzata dal grande aggetto viene considerata la categoria C3 (Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie).

Per un'analisi dettagliata dei carichi agenti sulle strutture si rimanda agli allegati alla fine del documento.

In riferimento al capitolo 4.2 relativo alle strutture in acciaio sono state eseguite le verifiche allo stato limite di esercizio e allo stato limite di ultimo. Nel primo caso si fa riferimento ai valori limite dello spostamento ortogonale all'asse dell'elemento considerato, i cui valori sono da definirsi in funzione di diversi effetti sulla costruzione. Tuttavia, in carenza di più precise indicazioni, si possono adottare i seguenti limiti indicati nella Tab.4.2.XII al paragrafo 4.2.4.2.2 delle NTC 2018:

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	δ_{max}/L	δ_z/L
Coperture in generale	1/200	1/250
Coperture praticabili	1/250	1/300
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	1/250	1/350

Tab.8.12.

Tab.8.12. Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie.

Fig.8.24. Schema assonometrico degli elementi della struttura soggetti a verifica - travi secondarie.

dove:

- δ_{max} è freccia massima dovuta alla combinazione di carico allo stato limite di esercizio;
- δ_{max} è freccia dovuta ai soli carichi variabili;
- L è la luce dell'elemento.

Per quanto riguarda le verifiche allo stato limite ultimi, si fa riferimento alla resistenza di progetto delle membrature R_d si pone nella forma:

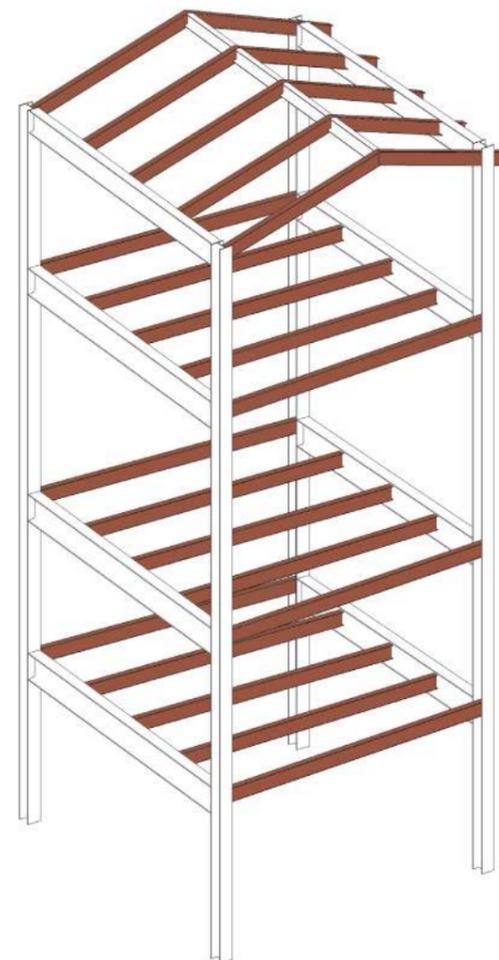
$$R_d = R_k / \gamma_M$$

dove:

- R_k è il valore caratteristico della resistenza (trazione, compressione, flessione, taglio e torsione) della membratura, determinata dai valori caratteristici delle resistenze dei materiali f_{yk} e dalle caratteristiche geometriche degli elementi strutturali, dipendenti dalla classe della sezione.
- γ_M è il fattore parziale globale relativo al modello di resistenza adottato (per l'acciaio si adotta un valore pari a 1,05).

Di seguito si riportano le verifiche svolte per i singoli elementi di riferimento. Per il blocco dei laboratori verranno riportate le verifiche per le travi secondarie, per le travi primarie e per i pilastri. Per quanto riguarda il blocco del ristorante ci si è concentrati con particolare attenzione sulla copertura caratterizzata da un grande oggetto.

Blocco laboratori - Verifica travi secondarie



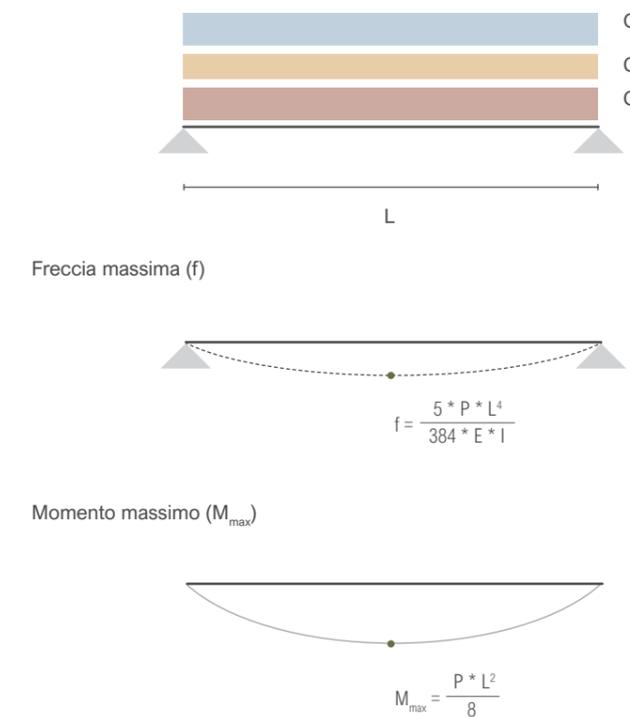
Copertura

Impalcato 2

Impalcato 1

Impalcato 0

Per la verifica delle travi secondarie si è fatto riferimento al seguente schema statico:



Al fine di agevolare il controllo e l'organizzazione del cantiere si è scelto di optare per gli stessi profili sia per le travi centrali che per quelle di bordo, per cui si è proceduti al dimensionamento e alla verifica della condizione più gravosa. Quest'ultima risulta essere la trave di bordo, la quale, pur avendo un'influenza minore, risultano maggiormente caricate in quanto deve sostenere il peso della chiusura verticale.

Verifica travi impalcato 0-1-2

Carichi agenti			
G_{11}	0,49	kN/m	Peso proprio IPE 300
g_{12}	0,07	kN/m ²	Peso lamiera grecata
g_{21}	1,6	kN/m ²	Carichi finiture orizzontali
q_{22}	11,08	kN/m ²	Carichi chiusura verticale
q_k	3	kN/m ²	Sovraccarichi
Geometria IPE 300			
L	6,3	m	Luce
i	2,5	m	Interasse
I	8356	cm ⁴	Momento di inerzia
W_{el}	557,1	cm ³	Modulo di resistenza
Materiali			
E	210	GPa	Modulo elastico acciaio
f_{yk}	275	MPa	Resistenza a snervamento caratteristica
V_{M0}	1,05	-	NTC 2018_Tab.4.2.VII
Combinazioni di carico			
Q_{SLE}	17,4	kN	
Q_{SLU}	25,98	kN	
Verifica SLE: $\delta_{max}/L < 1/250$ [NTC 2018_Tab.4.2.XII]			
δ_{max}	2,03	cm	
δ_{max}/L	1/310	-	Verificato
η	124%		Impegno percentuale
Verifica SLU: $M_{ED}/M_{RD} < 1$ [NTC 2018_EQ.4.2.11]			
M_{RD}	145,9	kN m	NTC 2018_EQ.4.2.12
M_{ED}	128,9	kN m	
M_{ED}/M_{RD}	0,88	<1	Verificato
η	113%		Impegno percentuale

Fig.8.25. Schema statico travi secondarie.

Tab.8.13. Verifica travi secondarie impalcato 0-1-2.

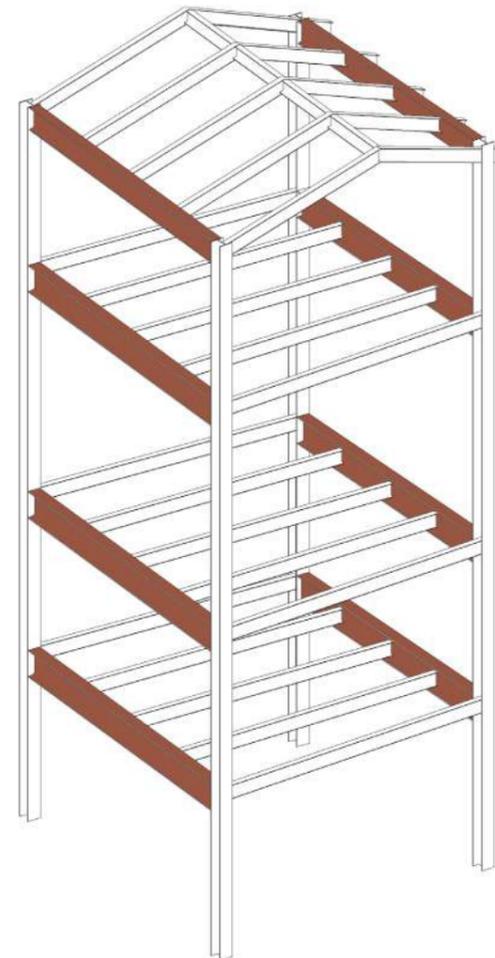
Fig.8.26. Schema assonometrico degli elementi della struttura soggetti a verifica - travi primarie.

Tab.8.14. Verifica travi secondarie copertura.

Verifica travi copertura

Carichi agenti			
G_{11}	0,422	kN/m	Peso proprio IPE 200
g_{12}	0,07	kN/m ²	Peso lamiera grecata
g_2	4,35	kN/m ²	Carichi permanenti non strutturali
q_k	0,5	kN/m ²	Sovraccarichi
q_s	0,63	kN/m ²	Carico da neve
Geometria IPE 200			
L	4,1	m	Luce
i	2,5	m	Interasse
I	1943	cm ⁴	Momento di inerzia
W_{el}	194,3	cm ³	Modulo di resistenza
Materiali			
E	210	GPa	Modulo elastico acciaio
f_{yk}	275	MPa	Resistenza a snervamento caratteristica
γ_{M0}	1,05	-	NTC 2018_Tab.4.2.VII
Combinazioni di carico			
Q_{SLE}	14,28	kN	
Q_{SLU}	21,31	kN	
Verifica SLE: $\delta_{max}/L < 1/250$ [NTC 2018_Tab.4.2.XII]			
δ_{max}	1,3	cm	
δ_{max}/L	3/955	-	Verificato
η	127%		Impegno percentuale
Verifica SLU: $M_{ED}/M_{RD} < 1$ [NTC 2018_EQ.4.2.11]			
M_{RD}	50,89	kN m	NTC 2018_EQ.4.2.12
M_{ED}	44,77	kN m	
M_{ED}/M_{RD}	0,88	<1	Verificato
η	113%		Impegno percentuale

Blocco laboratori - Verifica travi primarie



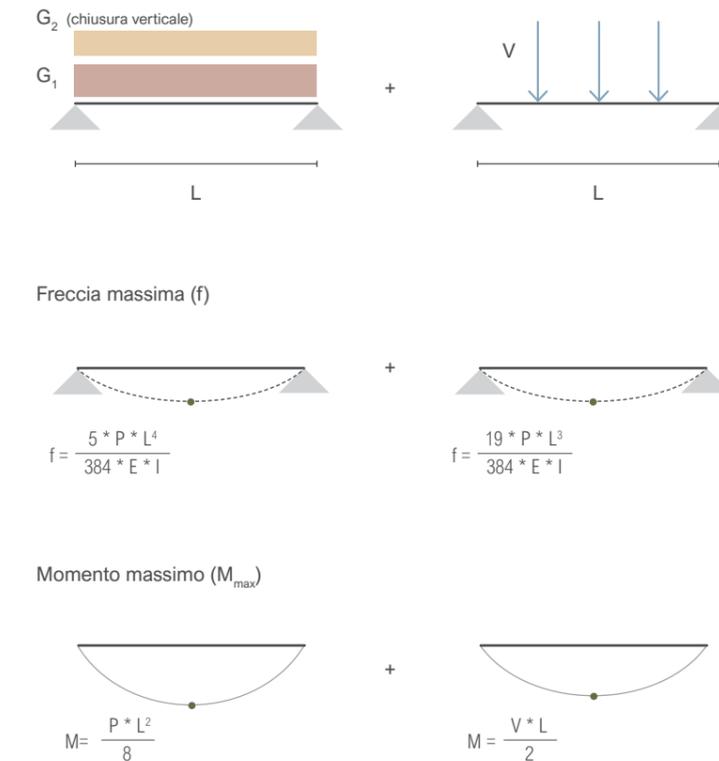
Copertura

Impalcato 2

Impalcato 1

Impalcato 0

Per la verifica delle travi primarie si è fatto riferimento al seguente schema statico:



Dal dimensionamento preliminare sono stati scelti i profili IPE XX, mentre per le travi di copertura si è scelto un profilo IPE XX. Di seguito si riportano le relative verifiche.

Fig.8.27. Schema statico travi primarie.

Tab.8.15. Verifica travi primarie impalcato 0-1-2.

Verifica travi impalcato 0-1-2

Carichi agenti			
G_{11}	0,361	kN/m	Peso proprio IPE 500
g_2	11,08	kN/m ²	Carichi chiusura verticale
V_{SLE}	54,81	kN	Taglio max delle travi secondarie
V_{SLU}	81,85	kN	Taglio max delle travi secondarie
Geometria IPE 500			
L	7	m	Luce
i	2,5	m	Interasse trave secondaria
I	48200	cm ⁴	Momento di inerzia
W_{el}	1928	cm ³	Modulo di resistenza
Materiali			
E	210	GPa	Modulo elastico acciaio
f_{yk}	275	MPa	Resistenza a snervamento caratteristica
γ_{M0}	1,05	-	NTC 2018_Tab.4.2.VII
Combinazioni di carico			
Q_{SLE}	11,99	kN	
Q_{SLU}	17,80	kN	
Verifica SLE: $\delta_{max}/L < 1/250$ [NTC 2018_Tab.4.2.XII]			
δ_{max}	1,3	cm	
δ_{max}/L	1/543	-	Verificato
η	217%		Impegno percentuale
Verifica SLU: $M_{ED}/M_{RD} < 1$ [NTC 2018_EQ.4.2.11]			
M_{RD}	504,9	kN m	NTC 2018_EQ.4.2.12
M_{ED}	395,5	kN m	
M_{ED}/M_{RD}	0,78	<1	Verificato
η	127%		Impegno percentuale

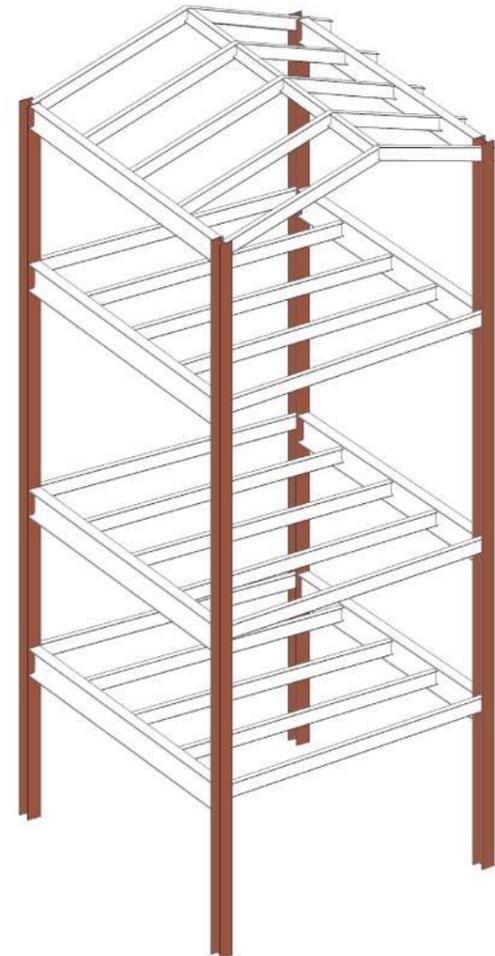
Fig.8.28. Schema assonometrico degli elementi della struttura soggetti a verifica - pilastri.

Tab.8.16. Verifica travi primarie copertura.

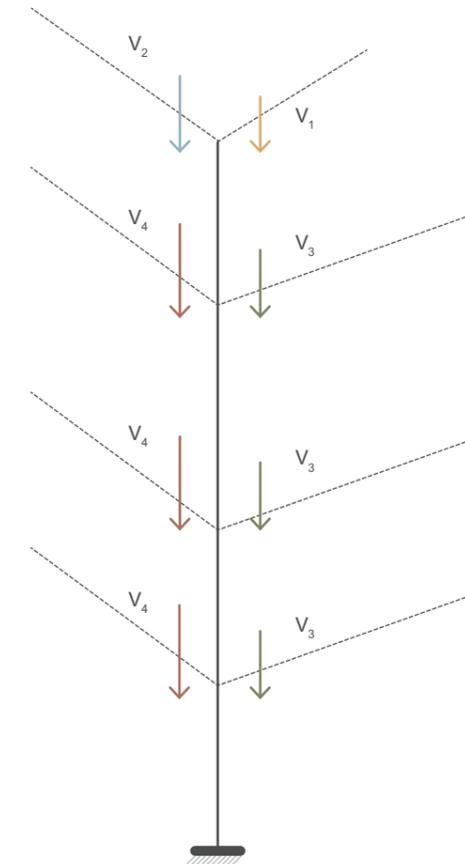
Verifica travi copertura

Carichi agenti			
G_{11}	0,491	kN/m	Peso proprio IPE 330
V_{SLE}	1,6	kN	Taglio max delle travi secondarie
V_{SLU}	3	kN	Taglio max delle travi secondarie
Geometria IPE 330			
L	7	m	Luce
i	2,5	m	Interasse trave secondaria
I	11770	cm ⁴	Momento di inerzia
W_{el}	788,1	cm ³	Modulo di resistenza
Materiali			
E	210	GPa	Modulo elastico acciaio
f_{yk}	275	MPa	Resistenza a snervamento caratteristica
V_{MO}	1,05	-	NTC 2018_Tab.4.2.VII
Combinazioni di carico			
Q_{SLE}	0,49	kN	
Q_{SLU}	0,64	kN	
Verifica SLE: $\delta_{max}/L < 1/250$ [NTC 2018_Tab.4.2.XII]			
δ_{max}	2,1	cm	
δ_{max}/L	1/338	-	Verificato
η	135%		Impegno percentuale
Verifica SLU: $M_{ED}/M_{RD} < 1$ [NTC 2018_EQ.4.2.11]			
M_{RD}	206,4	kN m	NTC 2018_EQ.4.2.12
M_{ED}	156,8	kN m	
M_{ED}/M_{RD}	0,76	<1	Verificato
η	131%		Impegno percentuale

Blocco laboratori - Verifica pilastri



Per i pilastri si è eseguita una sola verifica allo SLU con riferimento al paragrafo 4.2.4.1.3.1 delle NTC 2018 considerando il massimo carico gravante al piede della colonna.



Verifica pilastri

Carichi agenti			
G_{11}	0,61	kN/m	Peso proprio HEB 200
V_1	43,7	kN	Taglio max delle travi di bordo copertura
V_2	67,8	kN	Taglio max delle travi primarie copertura
V_3	81,9	kN	Taglio max delle travi di bordo
V_4	185,1	kN	Taglio max delle travi primarie
Geometria HEB 200			
l_0	3,8	m	Lunghezza di libera inflessione
i	8,54	m	Raggio di inerzia
I	5696	cm ⁴	Momento di inerzia
A	78,08	cm ²	Area della sezione
λ	0,86	-	NTC 2018_EQ.4.2.45
α	0,49	-	NTC 2018_Tab.4.2.VIII
Φ	1,04	-	NTC 2018_EQ.4.2.44
χ	0,62	-	NTC 2018_¶ 4.2.4.1.3.1
Materiali			
E	210	GPa	Modulo elastico acciaio
f_{yk}	275	MPa	Resistenza a snervamento caratteristica
V_{MO}	1,05	-	NTC 2018_Tab.4.2.VII
Verifica SLU: $N_{ED}/N_{b,RD} < 1$ [NTC 2018_¶ 4.2.4.1.3.1]			
$N_{b,RD}$	206,4	kN m	
M_{RD}	913	kN m	
$N_{ED}/N_{b,RD}$	0,72	<1	Verificato
η	139%		Impegno percentuale

Fig.8.29. Schema statico pilastri.

Tab.8.17. Verifica pilastri.

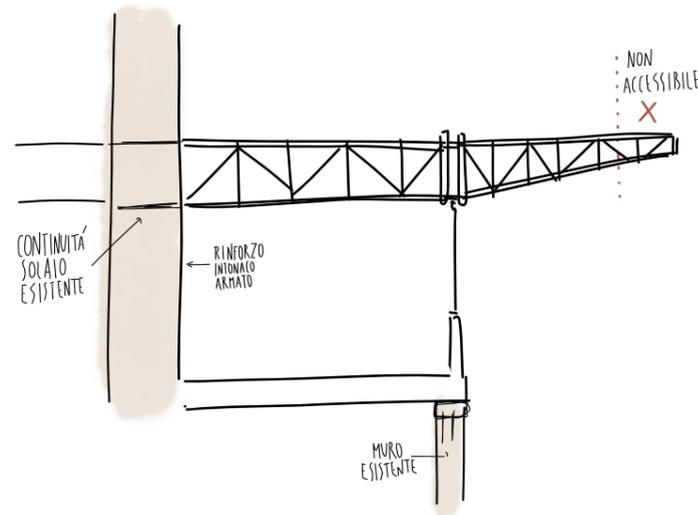
Fig.8.30. Concept strutturale del grande aggetto.

Tab.8.18. Carichi agenti sulla trave reticolare.

Fig.8.31. Schema statico usato per la trave reticolare.

Blocco ristorante

Per quanto riguarda il blocco ristorante, come già anticipato, ci si è concentrati sulla copertura con il grande aggetto di 4,5 m. In aggiunta, vi era la sfida di avere una trave con uno spessore non superiore ai 50 cm in modo da non avere un interpiano al di sotto dei 2,70 m. Date queste premesse si è, quindi, ipotizzato di usare delle travi reticolari posizionate ogni metro circa che andassero ad ancorarsi alla parete esistente dell'ex chiesa di San Carlo, in continuità con il solaio esistente. Inizialmente la volontà era quella di rendere l'intera copertura praticabile, ma in questo modo l'altezza della trave avrebbe superato il limite imposto. Si è, quindi, scelto di impedire l'accesso nell'ultimo tratto (1,5 m circa) e renderlo accessibile per sola manutenzione in modo da ridurre notevolmente i carichi gravanti sull'aggetto.



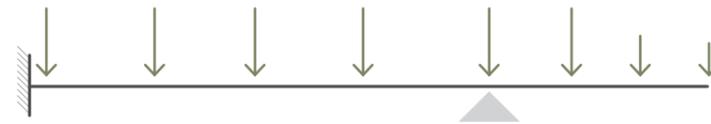
Per il dimensionamento e verifica di questa trave reticolare si è usato il software SAP2000 nel quale sono stati inseriti i seguenti carichi:

Carichi agenti			
G_{11}	0,06	kN/m	Peso trave secondaria
g_{12}	0,07	kN/m ²	Peso lamiera grecata
g_2	1,66	kN/m ²	Carichi permanenti non strutturali
q_{k1}	5	kN/m ²	Sovraccarichi copertura praticabile
q_{k2}	0,5	kN/m ²	Sovraccarichi copertura non praticabile
q_s	0,63	kN/m ²	Carico da neve

Tab.8.18.

Per la geometria si è usato un modulo di 50x50 cm in quanto è quello che meglio si adattava alle esigenze di progetto.

Per quanto riguarda i vincoli, si è considerata la trave incastrata nella muratura esistente con un appoggio nel punto in cui inizia l'aggetto, dove si ipotizza la presenza di una trave che poggia sui pilastri laterali, i quali a loro volta si innestano sulla muratura esistente. Si è quindi tenuto conto del seguente schema statico:

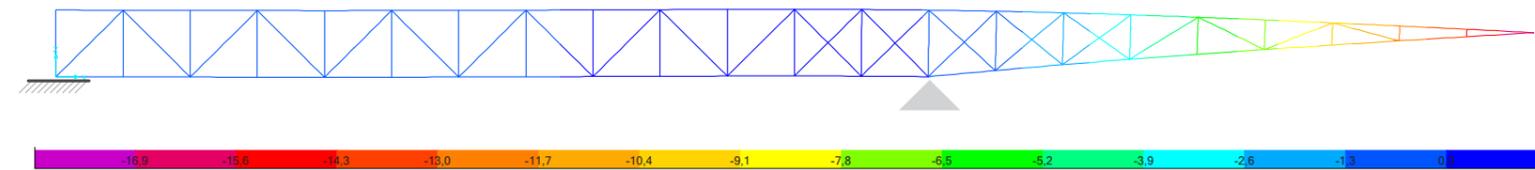


Il primo modello è stato disegnato con le aste inclinate tutte a 45° nella stessa direzione, ma tale geometria avrebbe richiesto un'altezza maggiore della trave affinché quest'ultima fosse verificata. Si è quindi provato ad inserire delle aste inclinate nella direzione opposta e, successivamente, nella zona critica, ovvero quella in corrispondenza dell'appoggio, sono state inserite due aste per ogni modulo in modo da irrigidire il sistema. Così facendo

si è riusciti a limitare l'altezza della trave a quella prefissata. Dal dimensionamento è quindi risultato essere sufficiente impiegare dei profili scatolari a sezione quadrata di 120x120 mm per i correnti superiori e inferiori e di 60x60 mm per le aste di parete. Anche in questo caso si è proceduti a una verifica in termini di spostamento (Fig. 8.30) e di resistenza (Fig. 8.31).

Diagramma degli spostamenti - Stato limite di esercizio

$s_{max} = 1,6 \text{ cm} < s_{lim} = 1,8 \text{ cm}$



Verifica di resistenza- Stato limite ultimo

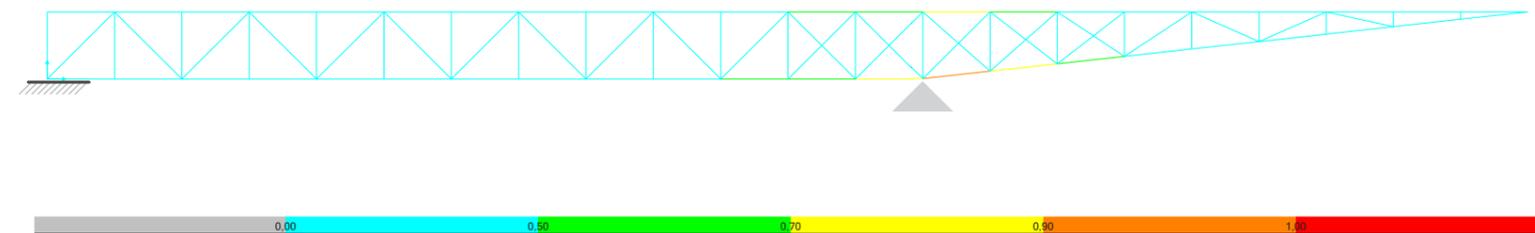


Fig.8.32. Diagramma degli spostamenti.

Fig.8.33. Verifica della trave (Steel design section - NTC 2018).

Fig.8.34. Andrea Silvestrini, *Il fosso del Castello Orsini*, 2022.



Materiali tradizionali e innovativi

Anche all'uso dei materiali è stata posta particolare attenzione attraverso i quali si è voluto mantenere un forte legame con la storia e il passato, nel rispetto dell'esistente ma allo stesso tempo per dare carattere a ciò che è nuovo. Lo studio dei materiali si concentra sull'aspetto estetico ma anche sulla funzionalità, partendo dalle finiture esterne che consentono alle nuove costruzioni di enfatizzare il luogo in cui sono insediate, fino a quelle interne che richiamano le caratteristiche del contesto nel tentativo di incrementare il valore degli spazi.

I materiali che trovano maggior impiego all'interno del progetto (al di là delle strutture portanti in acciaio) sono principalmente quattro: intonaco, lamiera, vetro e la basaltina.

La scelta dell'intonaco deriva dallo studio della storia dell'edificio del borgo. Anticamente gli edifici di Celleno erano interamente intonacati, con tinte anche tendenti al rosso e, ancora oggi, sui ruderi presenti, se ne possono notare alcune tracce. Nel progetto l'intonaco viene impiegato solamente sul volume più alto, poiché, richiamando già dal punto di vista formale l'edificio preesistente, si è volutamente deciso di mantenere questo rapporto anche nella scelta della finitura esterna. La colorazione di quest'ultima risulta essere molto tenue in quanto si vuole mantenere un'armonia cromatica con il tufo delle murature esistenti. Tuttavia, presenta un elemento innovativo, poiché la miscela include il riciclo delle macerie di tufo provenienti dagli elementi demoliti. Queste macerie vengono triturate e aggiunte al composto d'intonaco per conferire una maggiore irregolarità alla su-

perficie e renderla quindi più rugosa e interessante dal punto di vista estetico.

Per quanto riguarda l'utilizzo del materiale metallico, ci si è ispirati alle tradizioni etrusche. Inizialmente, il progetto prevedeva l'impiego di lamiera di bronzo, richiamando l'età del bronzo degli Etruschi. Tuttavia, la produzione di questa lamiera si è rivelata troppo costosa, soprattutto considerando la necessità di elementi personalizzati su misura. Di conseguenza, si è optato per l'utilizzo di una lamiera più economica, trattata con una verniciatura color bronzo. L'esclusione del bronzo puro è dovuta anche alla trasformazione della sua colorazione nel tempo. L'ossidazione che caratterizza questo metallo avrebbe negli anni portato le superfici ad assumere una colorazione tendente al verde. Allo stesso tempo, dato che il progetto mira a mantenere una relazione cromatica con il contesto, la verniciatura che richiama la colorazione bronzea è stata considerata la soluzione migliore per soddisfare i diversi requisiti. Infine, la lamiera è utilizzata con due differenti trattamenti superficiali: liscia e microforata. La lamiera microforata è utilizzata sugli elementi architettonici di passaggio e di collegamento verticale in modo da mantenere una certa permeabilità tra interno ed esterno e conferire una sensazione di leggerezza.

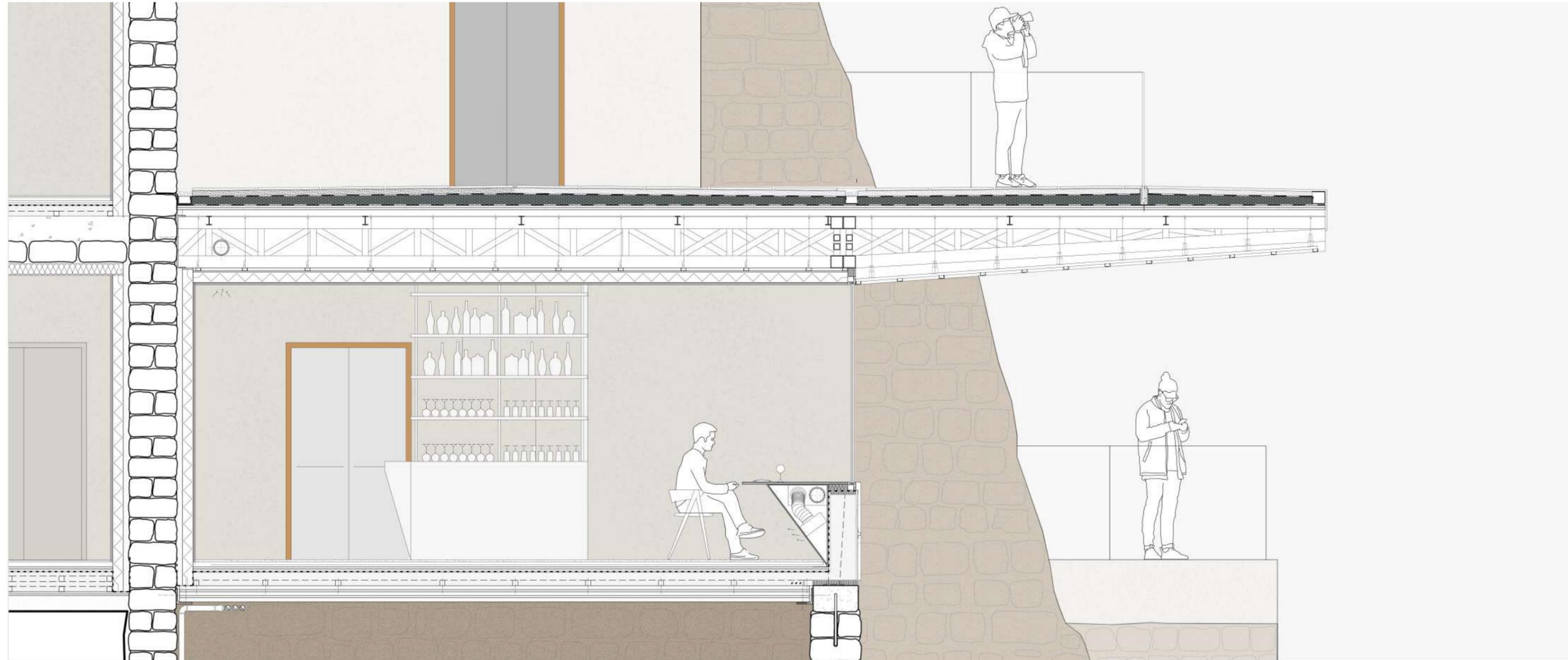
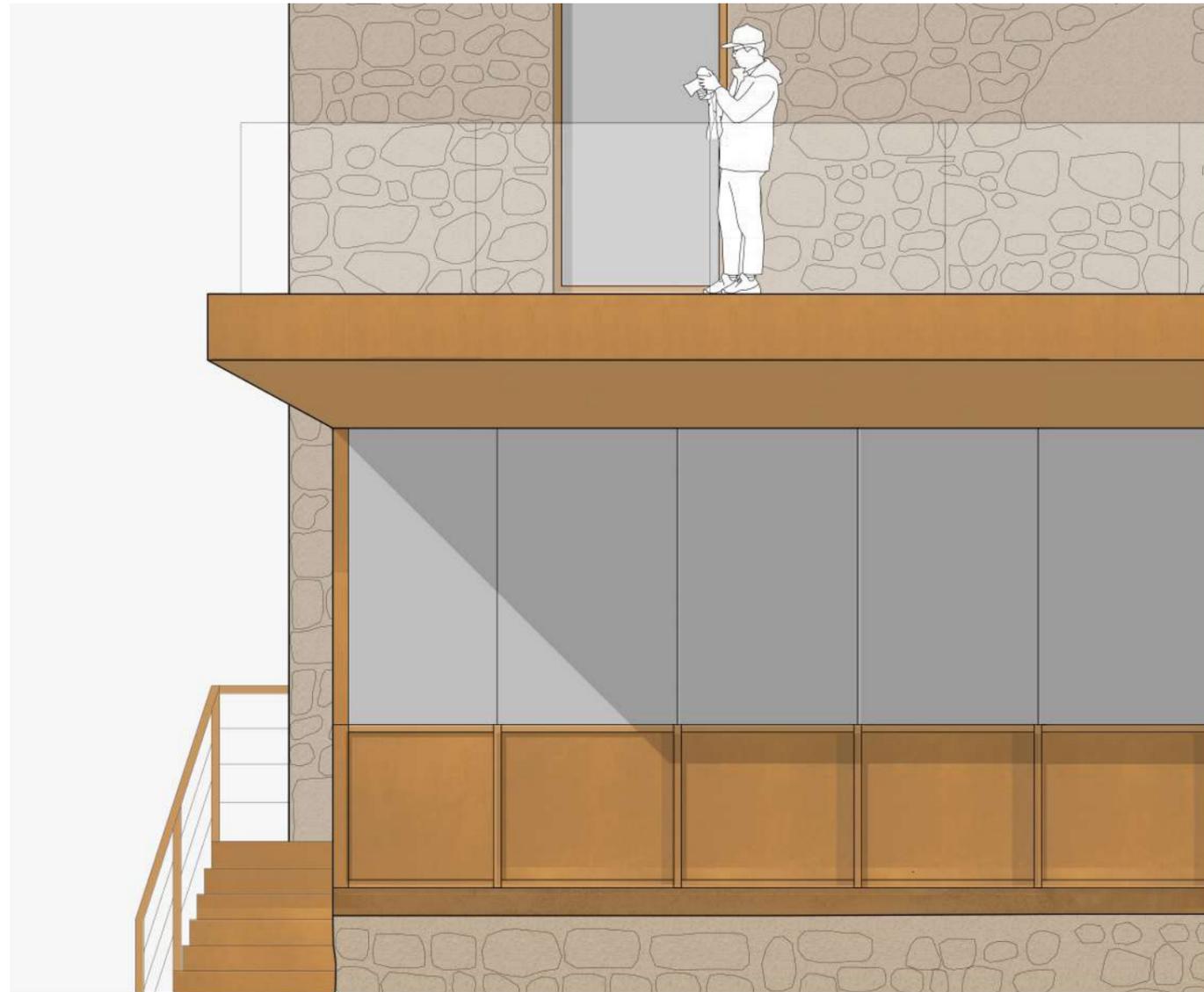
L'impiego del vetro si rapporta anch'esso con l'esistente. Laddove i serramenti vengono inseriti su murature esistenti, o su elementi che richiamano le preesistenze, si è deciso di mantenere il rapporto dimensionale, lavorando quindi con finestrate di dimensioni contenute. È il caso, ad esempio, delle aperture presenti sul volume intonacato, dove il serramento viene inserito in

corrispondenza delle aperture del rudere con cui si interfaccia. Dove invece la superficie trasparente viene applicata sulle nuove costruzioni (in questo caso, quindi, sul volume del ristorante) il progetto consente una maggior apertura.

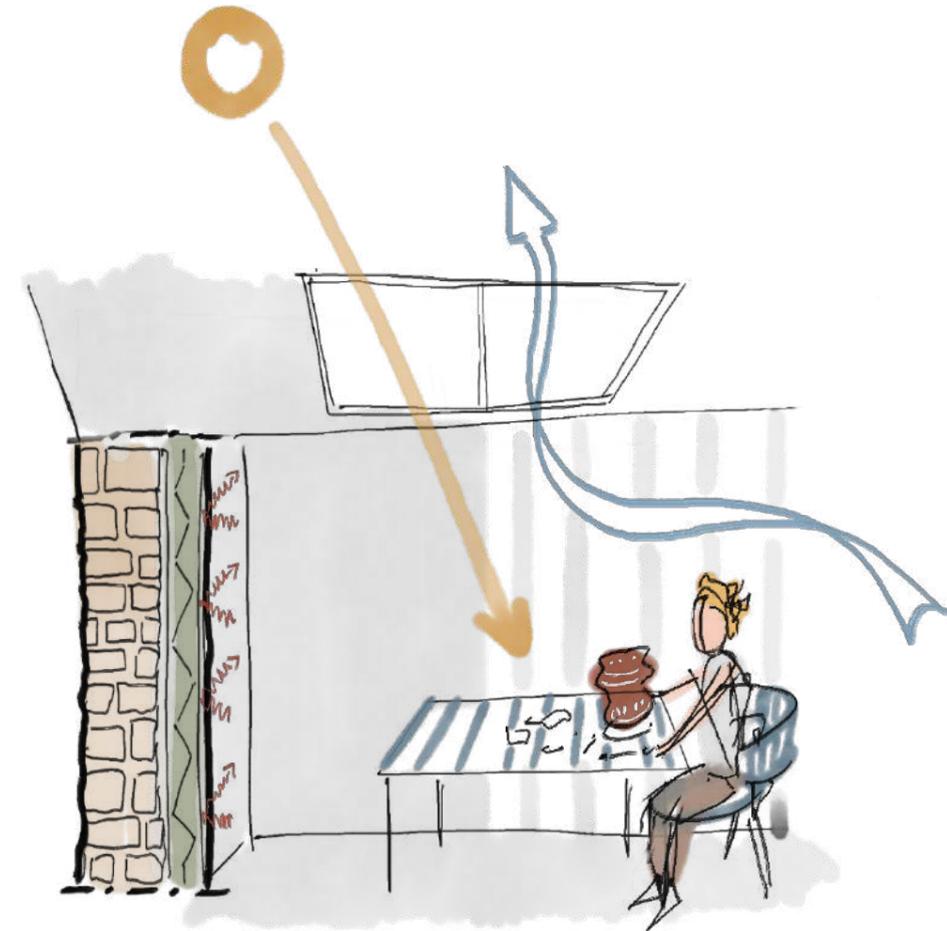
La basaltina, invece, è stata prevalentemente usata per le nuove pavimentazioni esterne, sebbene negli edifici esistenti la troviamo anche in alcune cornici di finestre e portali degli edifici esistenti. È una pietra lavica dal colore grigio molto diffusa nel circondario data la vicina cava di Bagnoregio.

La scelta dei materiali non si è limitata solamente all'aspetto estetico del progetto. Studiando infatti una strategia per le murature di nuova costruzione si è optato ad utilizzare un composto di calce e canapa, in quanto la canapa è un materiale già conosciuto e impiegato dagli etruschi come elemento di rivestimento esterno. L'applicazione in questo progetto si spinge però al suo utilizzo in termini di isolamento termico, costituendo l'anima principale del pacchetto delle murature (si rimanda al capitolo 9 per un maggior approfondimento).

Fig.8.35. Blow up (TAV. 62).



09 SPAZI DA VIVERE



Non si può pensare a un'architettura senza pensare alla gente.

Richard Rogers

Premessa

Il progetto del nuovo centro culturale di Celleno prevede una serie di ambienti interni che saranno vissuti dagli utenti in periodi diversi della giornata ed è quindi importante che siano spazi di qualità e ben pensati a seconda della funzione che viene svolta all'interno.

La qualità dell'ambiente interno di un edificio si riferisce a diverse classi di comfort: termico, olfattivo, visivo e acustico. La progettazione di uno spazio deve quindi far riferimento a queste tematiche in modo tale da ottenere un ambiente dove gli utenti abbiano la possibilità e il piacere di rimanere.

I temi riferiti al comfort si incontrano con quelli dell'Agenda 2030 e 2050 per lo sviluppo sostenibile e il raggiungimento del carbon neutral, per cui risulta essenziale eseguire un'analisi LCA sugli edifici di nuova costruzione.

La maggior parte delle nuove funzioni dedicate alla comunità sono situate sul versante sud del borgo, e per questo motivo le seguenti analisi si concentrano soprattutto su questo blocco.

Comfort termico

Lo studio relativo al comfort termico, che passa attraverso l'analisi climatica ed energetica dell'edificio, può avere implicazioni sostanziali sul consumo di energia e di risorse. Tale studio è uno strumento che deve seguire di pari passo la progettazione, suggerendo possibili alternative e considerazioni progettuali fondamentali per la progettazione di un edificio a basso impatto

energetico.

Tramite il software di calcolo *Leto* è possibile ricavare un'analisi dettagliata e approfondita riguardo al bilancio energetico di qualsiasi tipo di edificio seguendo la norma UNI TS 11300. Per i nuovi fabbricati del blocco sud del borgo, è stata condotta un'analisi energetica sul solo involucro, ottenendo così il bilancio energetico per la stagione di riscaldamento e per quella di raffrescamento, suddividendo le dispersioni per trasmissione, ventilazione e cielo, e differenziando gli apporti tra solari opachi, solari trasparenti e apporti interni. Attraverso la realizzazione di un modello di riferimento con le stesse caratteristiche geometriche, ma con alcuni requisiti minimi sulla tecnologia dell'involucro espressi dalle norme italiane, Leto associa all'edificio una classe energetica in base a quanto il fabbisogno energetico si scosta dal corrispettivo valore di confronto.

Strategie passive

Le condizioni climatiche caratterizzanti il sito di progetto sono parametri fondamentali da cui partire per sfruttare al meglio le strategie definite "passive", prima di spingere sulla tecnologia dell'involucro e sull'efficienza degli impianti. I dati climatici per la località di Celleno sono stati ricavati, nel software Leto, attraverso la UNI 10349:2016 e il DPR 412/93. Il sito si trova in zona climatica E, caratterizzata da un clima prevalentemente mite, con temperature minime in inverno di -2° e massime in estate di 31°, e un'irradiazione solare che, con picchi di 1200 W/m₂, rende particolarmente favorevole l'installazione di pannelli fotovoltaici sul nuovo blocco di edifici.

Fig.9.1. Irradiazione totale.

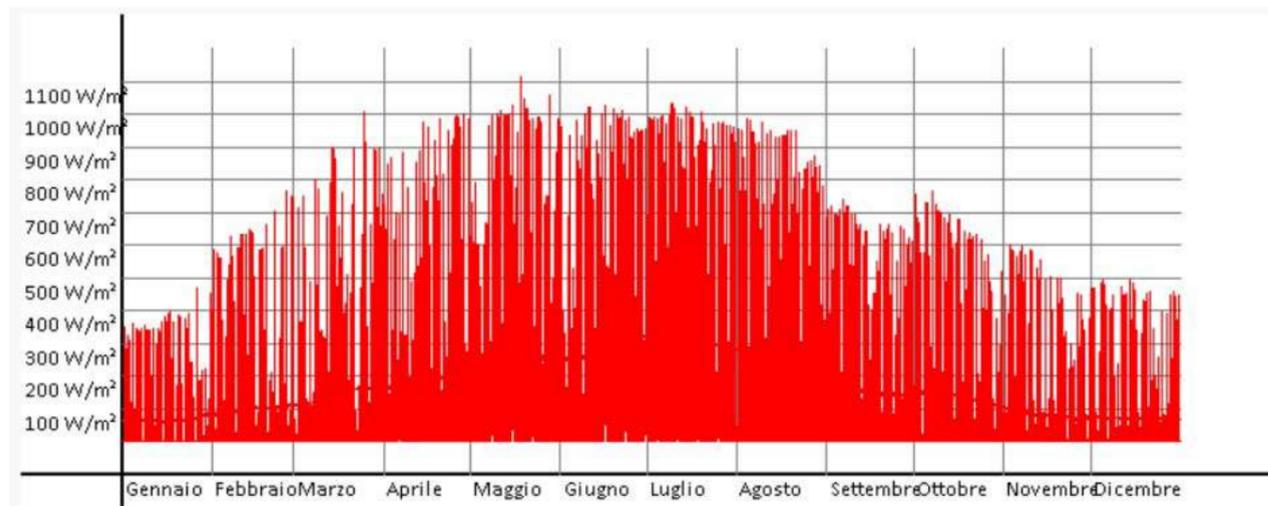
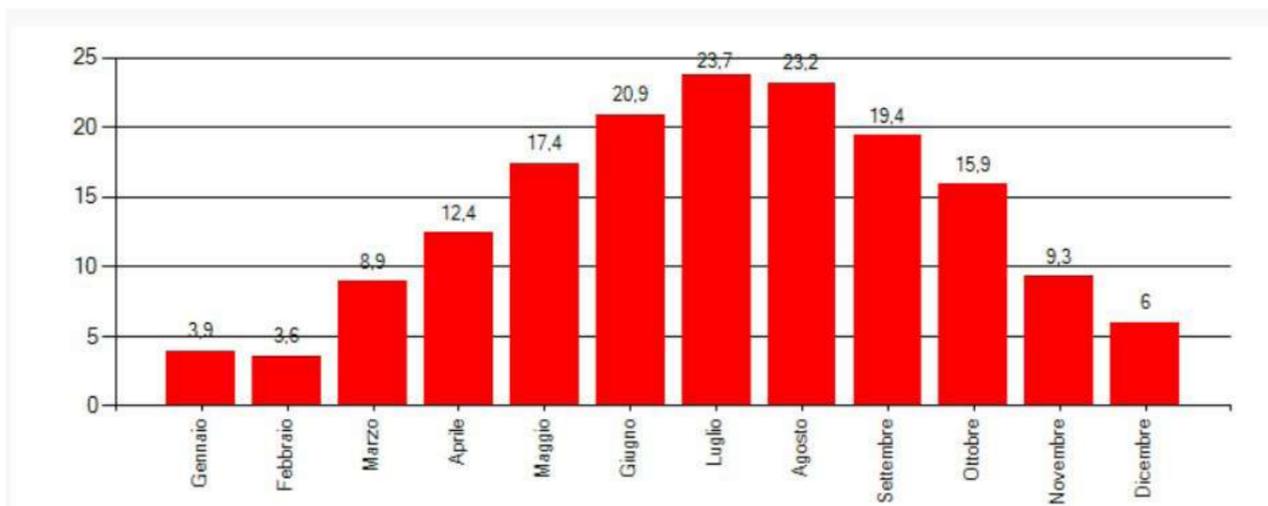


Fig.9.2. Valori di temperatura medi mensili.



L'aumento della temperatura media giornaliera dovuta al cambiamento climatico risulta uno dei maggiori motivi per cui è essenziale cercare delle soluzioni che riducano le dispersioni termiche e gli apporti solari soprattutto nei mesi caldi. Inoltre, il blocco ristorante-laboratori si trova ad avere due fronti completamente esposti, senza alcun tipo di ostruzione, a sud-est e sud-ovest, rendendo quindi ancora più importante l'adozione di alcune strategie passive.

Per garantire un opportuno comfort termico e un fabbisogno energetico che non si scosti troppo dall'edificio di confronto in Leto, si è agito con tre strategie. Innanzitutto, un isolamento termico dell'intero involucro, che comprende anche i paramenti murari esistenti, garantisce la diminuzione della quantità di calore trasferita per irraggiamento attraverso le chiusure. Inoltre, è necessario controllare la radiazione solare che passa attraverso le superfici vetrate. In particolare, le grandi chiusure trasparenti che caratterizzano gli affacci sud-est e sud-ovest del ristorante sono state studiate in modo tale da non avere luce diretta che raggiunga lo spazio interno. Tale studio è approfondito al paragrafo 9.3. Infine, l'imposizione di un limite di persone all'interno degli ambienti del blocco sud, a seconda della funzione, può contribuire alla minimizzazione dei guadagni di calore interni, in quanto esse concorrono all'aumento del calore latente.

Fig.9.3. Schema strategie passive.

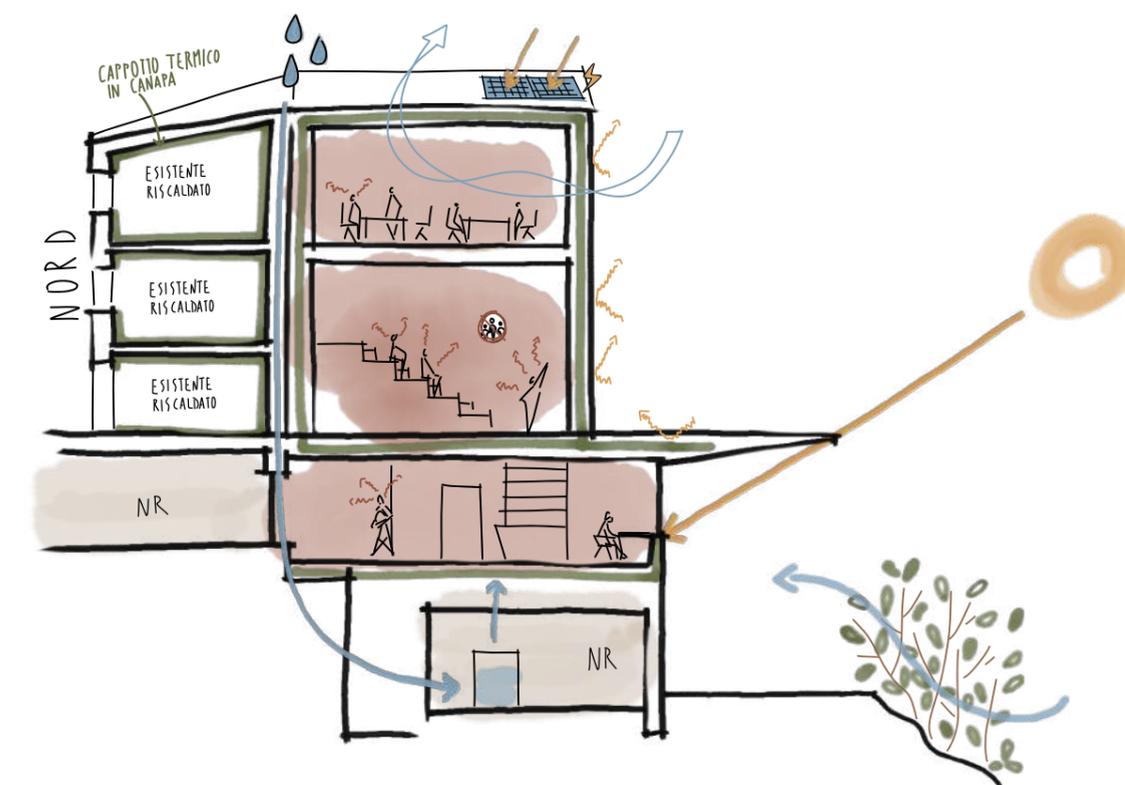


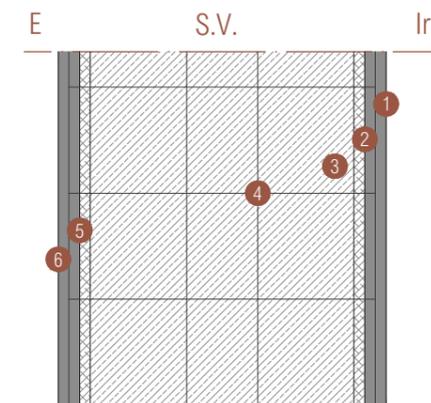
Fig.9.4. Stratigrafie di progetto (riferimento TAVV.59-60).

Analisi energetica

Per l'analisi energetica sono state individuate tre diverse zone termiche, relative ai tre spazi principali di nuova costruzione del blocco sud: il ristorante, l'aula didattica e il laboratorio di ceramica. I dati relativi alla geometria dell'edificio sono stati estratti dal modello Revit, grazie ai quali è stato possibile definire gli elementi disperdenti, opachi e trasparenti, da attribuire ad ogni zona termica.

I pacchetti opachi che compongono l'involucro sono stati inseriti in Leto come elementi disperdenti attraverso il software Pan, grazie al quale è possibile verificare la trasmittanza stazionaria e periodica, il rischio di muffa superficiale e di condensa interstiziale, secondo la norma UNI EN ISO 13788. Si riportano qui di seguito le stratigrafie:

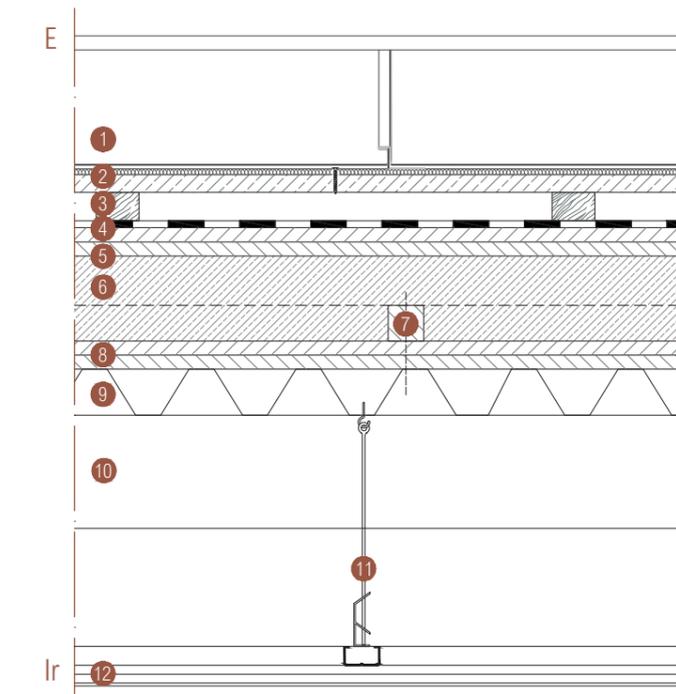
CV.03: Muratura a secco prefabbricata - 46 cm



- 1 Strato di rivestimento interno in intonaco a calce sp. 3 cm
- 2 Strato di sottofondo di intonaco in pannelli di lana di legno sp. 1,5 cm
- 3 Strato di isolamento termico in calce e canapa sp. 37 cm, $\lambda = 0,065 \text{ W/mK}$
- 4 Struttura di contenimento a moduli in acciaio
- 5 Strato di sottofondo di intonaco in pannelli di lana di legno sp. 1,5 cm
- 6 Strato di rivestimento interno in intonaco a calce con inerti di tufo sp. 3 cm

$U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

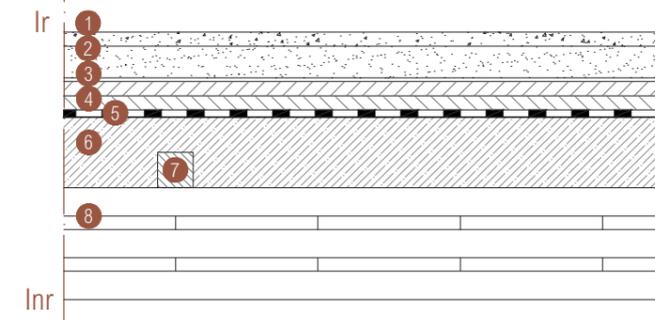
C0.07: Solaio di chiusura a secco - sp. 76 cm



- 1 Strato di rivestimento in lamiera aggraffata in alluminio verniciato bronzo, sp. 0,07 cm
- 2 Strato antirombo in rete tridimensionale in monofili estrusi accoppiata a membrana traspirante, sp. 0,87 cm
- 3 Sottostruttura in legno a doppia orditura
- 4 Strato di tenuta all'acqua in guaina impermeabilizzante in polietilene, sp. 0,05 cm
- 5 Stato di irrigidimento in pannelli OSB sp. 2 + 2 cm
- 6 Strato di isolamento termico in calce e canapa sp. 12 cm - $\lambda = 0,065 \text{ W/mK}$
- 7 Sottostruttura in legno a doppia orditura
- 8 Stato di irrigidimento in pannelli OSB sp. 2 + 2 cm
- 9 Strato di irrigidimento in lamiera grecata sp. 6,5 cm
- 10 Trave portante in acciaio
- 11 Sottostruttura in alluminio a orditura singola con pendini, sp. 35,4 cm
- 12 Strato di finitura interna in cartongesso a doppio strato, sp. 1,25+1,25 cm

$U = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$

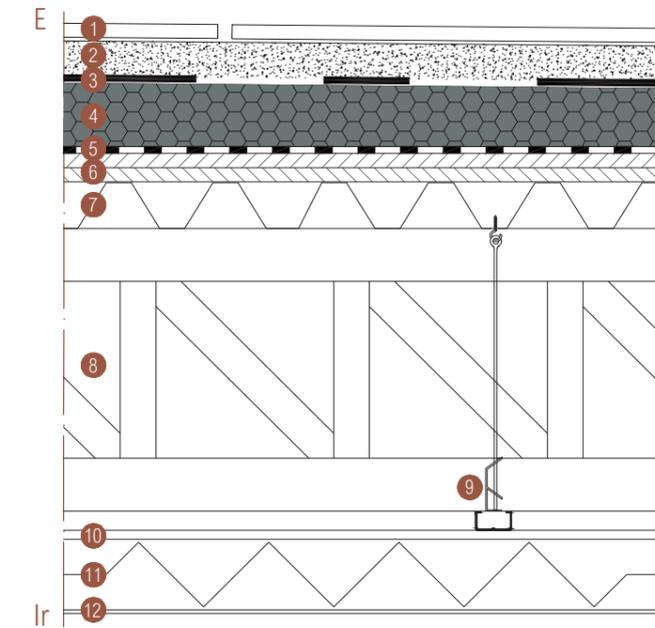
C0.03: Solaio intermedio a secco (ristorante) - sp. 37 cm



- 1 Strato di finitura interna in microcemento con inerti in tufo, sp. 2 cm
- 2 Massetto alleggerito a secco, sp. 5 cm
- 3 Strato di isolamento acustico con tappetino anticalpestio, sp. 0,5 cm $\lambda = 0,075 \text{ W/mK}$ $\rho = 360 \text{ kg/m}^3$
- 4 Stato di irrigidimento in pannelli OSB, sp. 2 + 2 cm
- 5 Strato di tenuta al vapore
- 6 Strato di isolamento termico in calce e canapa, sp. 10 cm - $\lambda = 0,065 \text{ W/mK}$
- 7 Sottostruttura in legno a doppia orditura
- 8 Strato portante solaio in X-LAM, sp. 15,8 cm

$U = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$

C0.05: Solaio di chiusura a secco (ristorante) - sp. 83 cm



- 1 Strato di finitura esterna in lastre di basaltina incollate, 60 x 30 x 2 cm
- 2 Massetto alleggerito a secco, sp. 5 cm
- 3 Doppio strato di tenuta all'acqua in guaina impermeabilizzante in polietilene sp. 0,5+0,5 cm
- 4 Strato di pendenza in pannelli in XPS pendenza 1,67% - $\lambda = 0,035 \text{ WmK}$
- 5 Stato di tenuta al vapore
- 6 Stato di irrigidimento in pannelli OSB sp. 2 + 2 cm
- 7 Strato di irrigidimento in lamiera grecata sp. 6,5 cm
- 8 Strato portante a travi reticolari in acciaio sp. 40 cm
- 9 Sottostruttura in alluminio a orditura singola con pendini, sp. 2,7 cm
- 10 Strato di irrigidimento in cartongesso sp. 1,25 cm
- 11 Strato di isolamento termico in fibra di canapa, sp. 10 cm - $\lambda = 0,039 \text{ WmK}$
- 12 Strato di finitura in intonaco rasante sp. 0,6 cm

$U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Fig.9.5. Bilancio energetico sintetico riscaldamento - senza ventilazione.

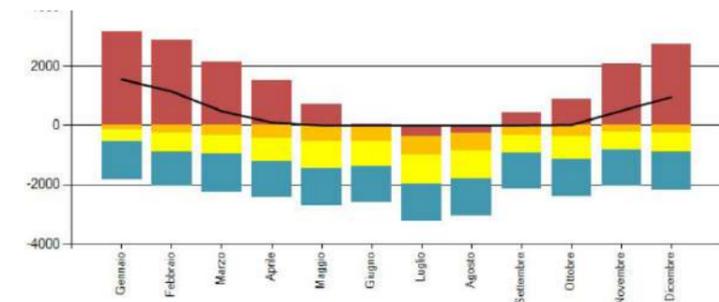
Fig.9.6. Bilancio energetico sintetico raffrescamento - senza ventilazione.

Fig.9.7. Bilancio risolto ai fini del fabbisogno di riscaldamento - senza ventilazione.

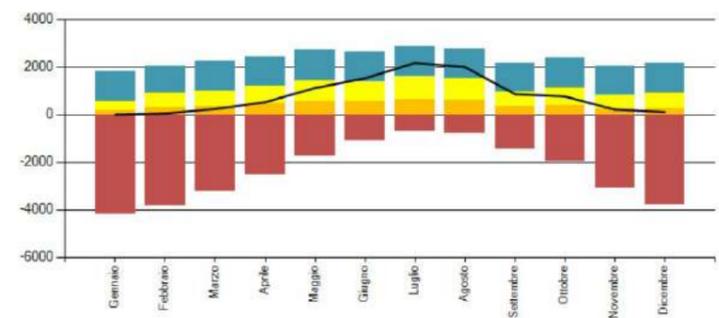
Fig.9.8. Bilancio risolto ai fini del fabbisogno di raffrescamento - senza ventilazione.

Nell'analisi dell'involucro senza l'inserimento di alcun tipo di ventilazione, naturale o meccanica, si nota che nel periodo di riscaldamento i consumi sono decisamente bassi, ma vi sono delle conseguenze negative per il raffrescamento, in quanto, senza la ventilazione, risulta più dispendiosa la climatizzazione. Complessivamente, con questa soluzione, l'edificio consuma 69,45 kWh/m².

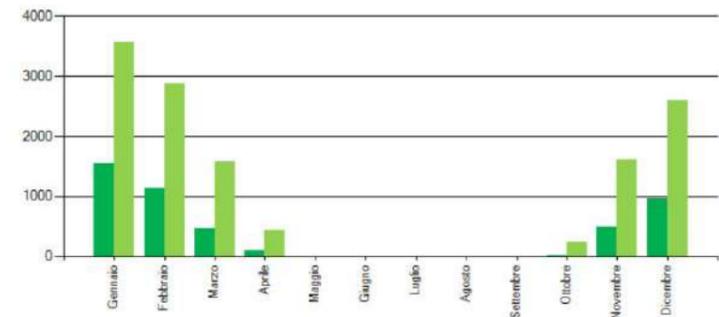
Bilancio energetico sintetico riscaldamento



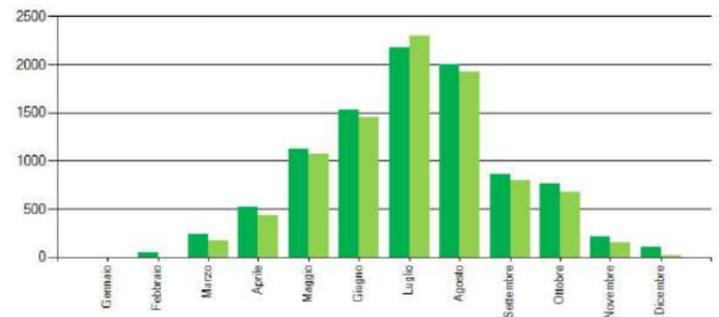
Bilancio energetico sintetico raffrescamento



Bilancio risolto ai fini del fabbisogno di riscaldamento



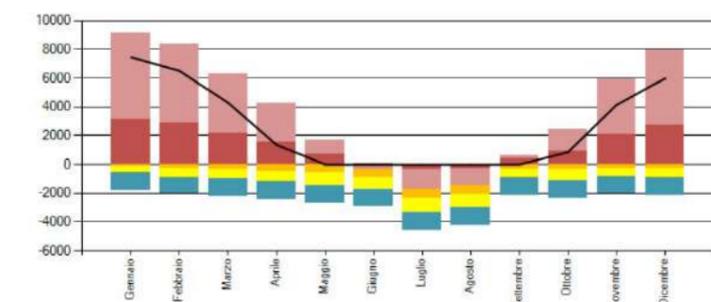
Bilancio risolto ai fini del fabbisogno di raffrescamento



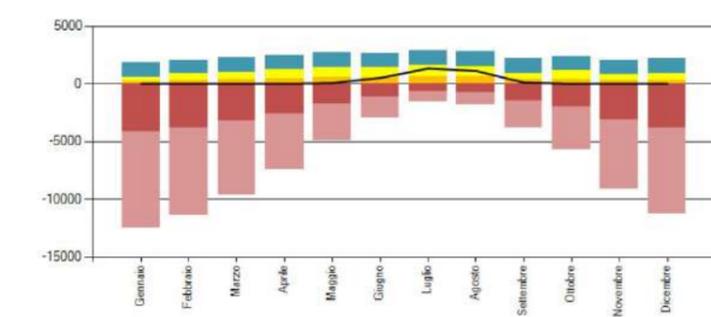
Con l'inserimento di una ventilazione di tipo meccanico nel ristorante e nell'aula didattica, ed una tipo ibrido nel laboratorio, i valori del fabbisogno per riscaldamento registrano un incredibile aumento, passando da 22,98 kWh/m² a 148,17 kWh/m²,

con una variazione del 544,8%. Di contro, per quanto riguarda il bilancio energetico nel periodo di raffrescamento si nota un miglioramento perché il fabbisogno diventa di 15,05 kWh/m², quando originariamente ammontava a 46,47 kWh/m², riportando una variazione del 208,8 %. Riguardo il bilancio globale, l'edificio si trova ad avere un consumo di 163,2 kWh/m².

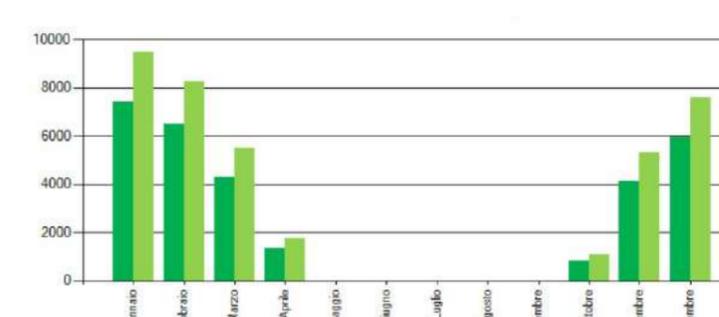
Bilancio energetico sintetico riscaldamento



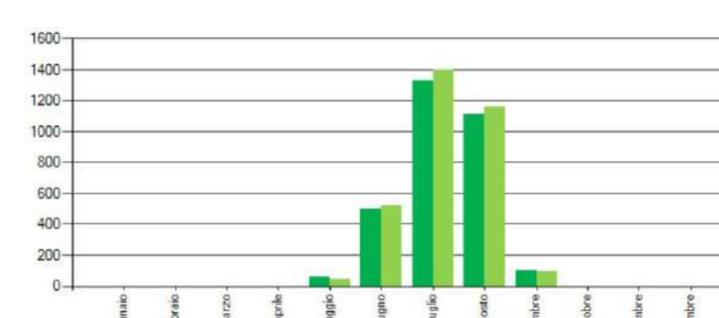
Bilancio energetico sintetico raffrescamento



Bilancio risolto ai fini del fabbisogno di riscaldamento



Bilancio risolto ai fini del fabbisogno di raffrescamento



A fronte di un consumo totale maggiore, la seconda soluzione è quella da seguire per ulteriori approfondimenti, in quanto, secondo la UNI 10339, è necessario garantire un ricambio d'aria all'interno dei locali. Inoltre, la ventilazione degli spazi garantisce, nei mesi estivi, dei valori di fabbisogno energetico inferiori rispetto a quelli dell'edificio di riferimento.

Fig.9.9. Bilancio energetico sintetico riscaldamento - con ventilazione.

Fig.9.10. Bilancio energetico sintetico raffrescamento - con ventilazione.

Fig.9.11. Bilancio risolto ai fini del fabbisogno di riscaldamento - senza ventilazione.

Fig.9.12. Bilancio risolto ai fini del fabbisogno di raffrescamento - senza ventilazione.

Comfort visivo

Fig.9.13. Concept studio della luce nella cripta.

Un tema molto importante nella progettazione, e che consente un efficientamento del comfort interno degli spazi, riguarda lo studio e l'utilizzo della luce naturale, nell'intenzione di sfruttare l'orientamento e gli elementi architettonici del progetto come punti di forza, evitando l'inserimento di tendaggi o vetri basso emissivi. Le analisi sono state eseguite principalmente nello spazio espositivo inserito sul piano della Cripta di San Michele Arcangelo e nel locale destinato alla ristorazione sul versante sud, in quanto ritenuti i più sfidanti.

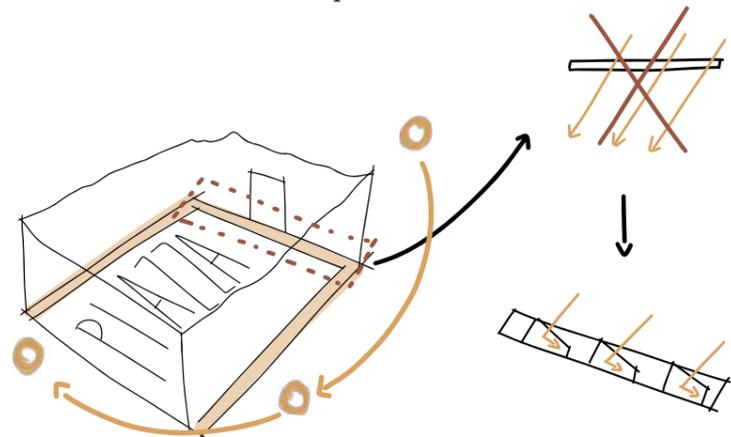
Spazio espositivo nella Cripta

Come già accennato precedentemente, la volontà per lo spazio espositivo auspicava a una sensazione di solennità e mistero, con l'intenzione di dare anche importanza alle opere esposte e alle preesistenze delle murature perimetrali. La luce, in questo senso, è venuta in aiuto, in quanto l'illuminazione radente e zenitale ha consentito di illuminare perimetralmente l'intero spazio, mettendo in risalto gli elementi in tufo che racchiudono l'area (la roccia viva e le murature in blocchi intonacati e, ipoteticamente, affrescate). Per consentire questo genere di illuminazione il solaio di copertura, essendo di nuova costruzione, è stato volutamente separato dalle murature esistenti, anche in segno di rispetto nei confronti dell'edificio, tramite l'inserimento di un elemento vetrato nella fascia di separazione tra il solaio e gli elementi tufacei, permettendo così alla luce naturale di raggiungere lo spazio sottostante in maniera indiretta.

I ragionamenti che hanno portato alla definizione di una soluzione adeguata allo scopo sono stati focalizzati principalmente

sulla larghezza della superficie vetrata e sullo spessore del solaio, la cui struttura reticolare metallica è mantenuta a vista, verniciata con una tinta nera, per evitare che l'eccessivo spessore della soletta impedisse alla luce di raggiungere lo spazio sottostante.

La separazione della soletta è eseguita sui soli tre lati dello spazio aderenti alla parete tufacea a sud, e alle due murature in tufo a nord e a est. A nord e a sud la superficie vetrata è unica in quanto la direzione della luce solare non si immette in modo diretto, mentre a est il taglio è interrotto da degli elementi inclinati a 45° ortogonali alla direzione dei raggi solari, che impediscono alla luce diretta di entrare nello spazio sottostante.



Approfondendo ulteriormente, si è analizzato il punto di connessione del serramento, con l'ipotesi che esso si integri direttamente nella struttura muraria preesistente. Inoltre, questo è posizionato con una leggera elevazione rispetto al piano di calpestio, in modo di agevolare l'installazione, la manutenzione e per prevenire il ristagno d'acqua.

Fig.9.14. Estratto TAV.62.

- 1 Muratura a sacco in blocchi di tufo
- 4 Fondazioni in blocchi di tufo
- 5 Strato di compensazione con malta antiritiro
- 6 Profilo metallico per la posa del serramento sp. 5 mm
- 7 Giunto di dilatazione
- 8 Guarnizione di appoggio periferica
- 9 Vetro strutturale stratificato sp. 30 mm
- 10 Scossalina metallica fissata con silicone
- 11 Profilo di acciaio per il supporto del lucernario saldato al tubolare in acciaio sp. 4 mm
- 12 Tubolare in acciaio 180 x 80 x 4 mm
- 13 Angolare in acciaio per fissaggio tubolare 60 x 60 x 4 mm
- 29 Canalina metallica per la raccolta dell'acqua
- 30 Strato di drenaggio con ciottoli

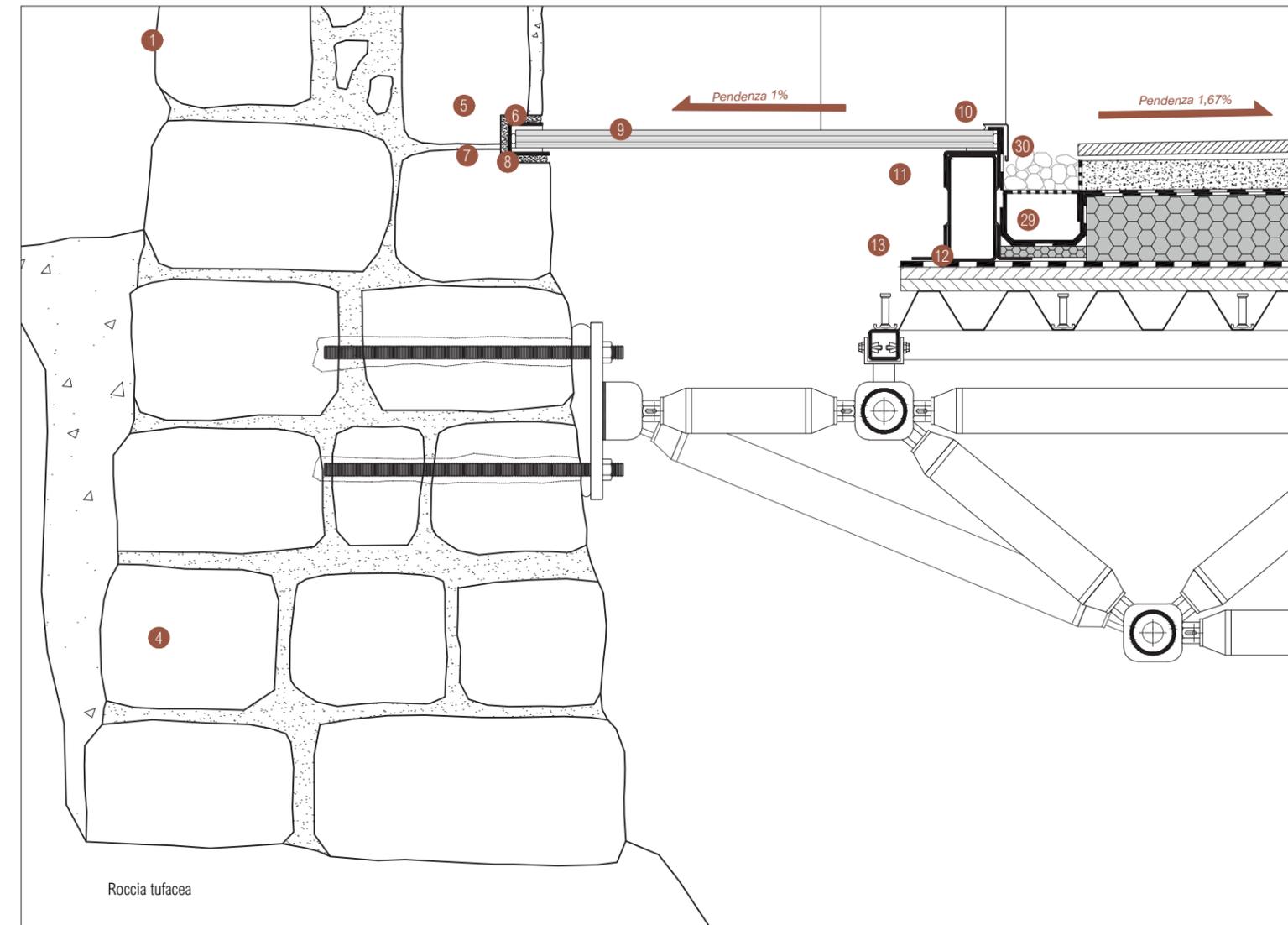
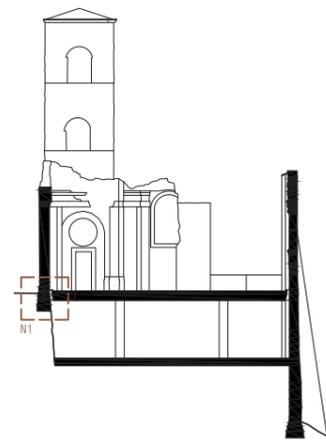
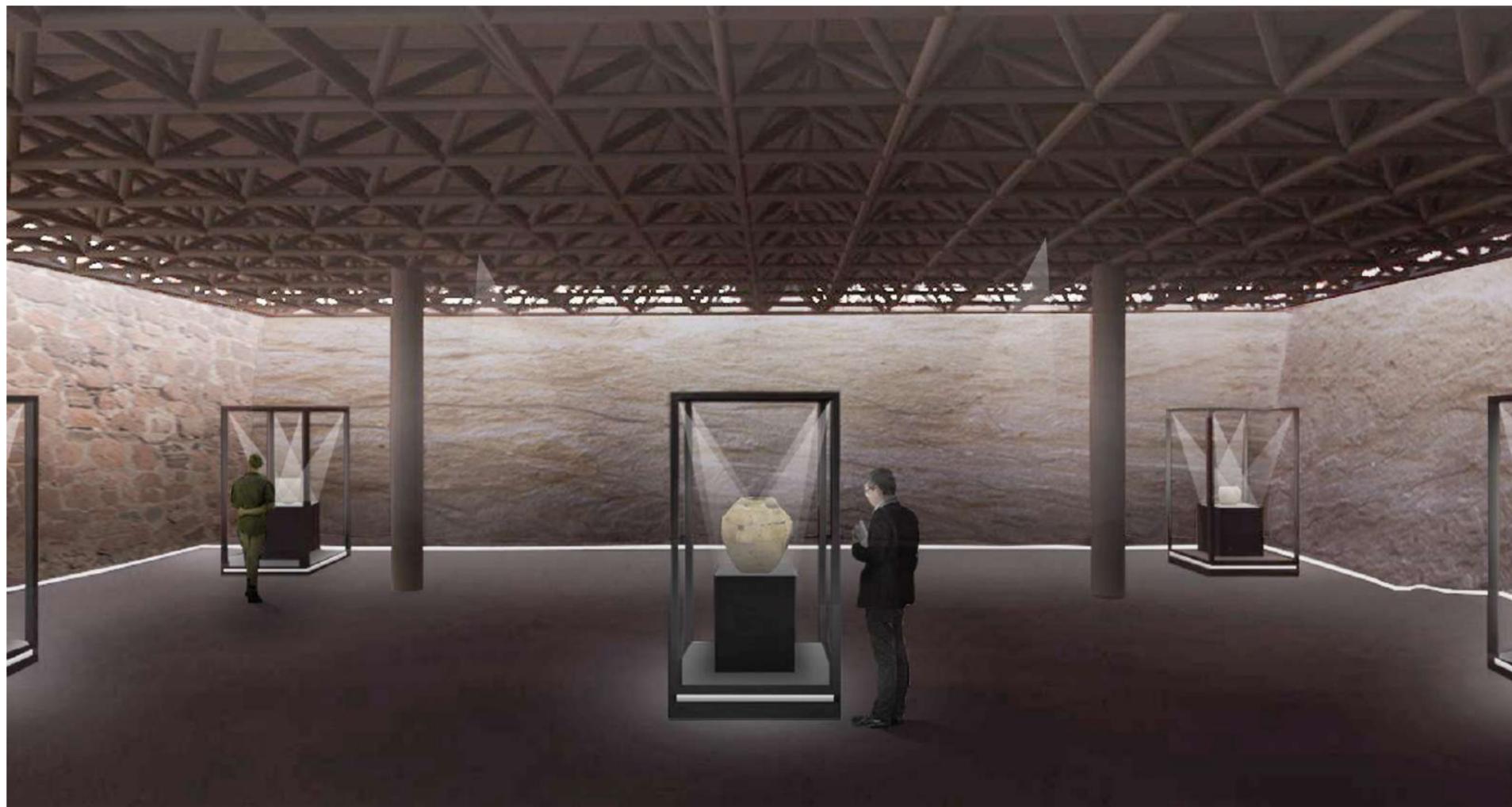


Fig.9.15. Vista renderizzata dello spazio espositivo.



Sala ristorante

La sala ristorante, invece, è concettualmente suddivisa in due aree ben distinte in termini di esposizione luminosa, con l'ingresso maggiormente oscurato, anche dalla presenza di una doppia parete (la muratura dei ruderi e quella di nuova costruzione), mentre la sala dove siederanno i commensali dotata di due ampie superfici vetrate, esposte a sud-ovest e a sud-est.

Le scelte compositive e l'effetto luminoso ricercati per questo volume si sono spesso scontrati nella definizione di una soluzione che potesse soddisfare tutte le esigenze progettuali. Dal punto di vista architettonico si vuole differenziare il volume di nuova costruzione dagli edifici esistenti, applicando delle ampie superfici vetrate che alleggeriscano l'impatto visivo del complesso di volumi. D'altro canto, la totale esposizione a sud rende difficoltoso ottenere all'interno una luce omogenea, in special modo se l'intenzione voleva spingersi ad averla su entrambi gli spazi concettualmente separati. Oltretutto, dal punto di vista del commensale, il progetto vuole dare la possibilità di godere del panorama sul territorio della Toscana, senza avere ostacoli visivi a ridosso della superficie trasparente (soprattutto in direzione sud-est), lasciando quindi la superficie perimetrale il più pulita possibile sia internamente che esternamente.

Diversi sono stati i tentativi nell'obiettivo di soddisfare tutte queste esigenze progettuali. Le analisi di luce sono state effettuate nei giorni 21 giugno e 21 dicembre, dalle ore 9 alle ore 15 (orario di principale interesse per l'utilizzo di questo spazio), e le maggiori problematiche sono state riscontrate durante il perio-

Fig.9.16. Sketch angolo bar .



Fig.9.17. Sketch sala ristorante.

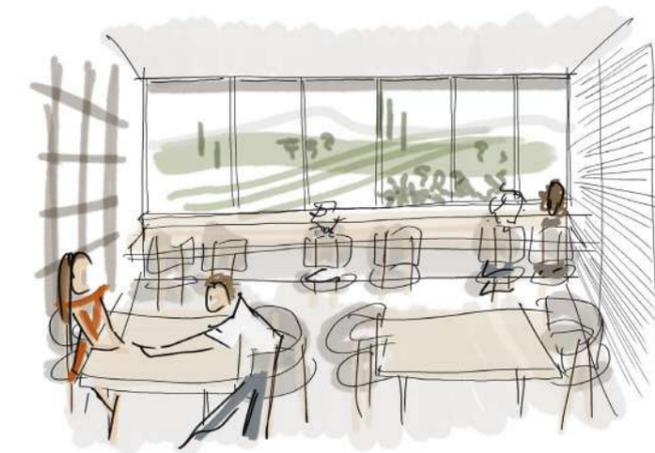
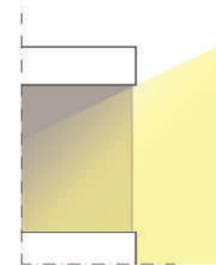


Fig.9.18. Step progettuali parete sud-est.

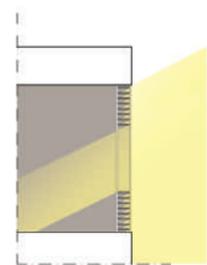
do invernale, quando il sole è più basso sull'orizzonte, in special modo durante le ore dedicate al pranzo (dalle 12 alle 14). Le volontà progettuali hanno fatto sì che si utilizzasse un modulo a sviluppo verticale capace di dare un ritmo definito alle superfici, sia internamente che esternamente, e i due prospetti affacciati a sud-est e sud-ovest sono stati trattati con due differenti strategie progettuali. Di seguito vengono riportati i passaggi più incisivi che hanno consentito di trovare la soluzione finale alla sfida.

Prospetto sud-est

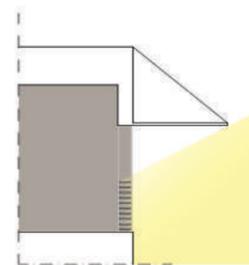
- **Soluzione 1:** frangisole orizzontali disposti a tutta altezza, lasciando libera una fascia centrale di 1m sulla superficie esposta a sud-est;
- **Soluzione 2:** frangisole orizzontali disposti a tutta altezza, lasciando libera una fascia centrale di 1m sulla superficie esposta a sud-est, applicando un oggetto esterno di 2m in corrispondenza del profilo superiore della fascia libera dai frangisole;



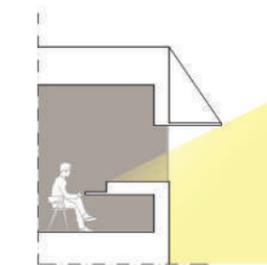
Interamente vetrata



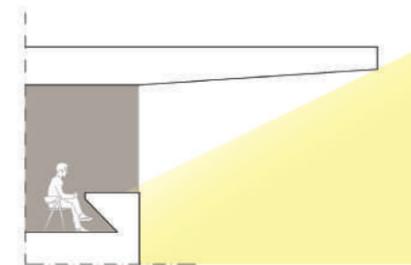
Soluzione 1



Soluzione 2



Soluzione 3



Soluzione 4

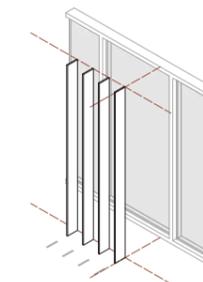
- **Soluzione 3:** applicazione di un oggetto esterno di 1,3m in corrispondenza del solaio di copertura e inserimento di un ripiano interno a tutta lunghezza e profondo 1,5m, utilizzabile come tavolo in affaccio sul panorama (studiato appositamente per evitare che la luce diretta rifletta sui commensali).

Giunti a una soluzione capace di impedire alla luce diretta di entrare a tutte le ore d'interesse, si è studiata quindi una strategia per accrescere l'intensità luminosa interna, optando anche per delle finiture interne che permettessero di riflettere la luce nello spazio.

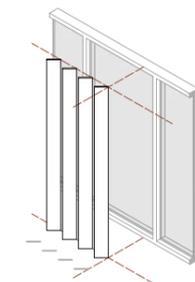
- **Soluzione 4:** applicazione di uno sbalzo esterno di 3,8m in corrispondenza del solaio di copertura e inserimento di un ripiano interno a tutta lunghezza e profondo 0,7m, utilizzabile come tavolo in affaccio sul panorama. Le superfici dei tavoli sono state pensate in travertino bianco ruvido, la superficie del pavimento in mattonelle di cotto, mentre il soffitto è intonacato con una riflettanza del 70%.

Prospetto sud-ovest

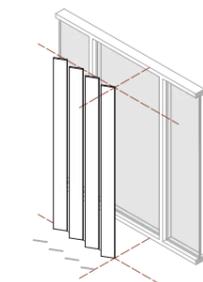
- **Soluzione 1:** frangisole verticali disposti a tutta altezza con inclinazione ortogonale rispetto alla superficie vetrata
- **Soluzione 2:** frangisole verticali disposti a tutta altezza con inclinazione a 45° rispetto alla superficie vetrata
- **Soluzione 3:** frangisole verticali disposti a tutta altezza con inclinazione a 30° rispetto alla superficie vetrata
- **Soluzione 4:** frangisole verticali disposti a tutta altezza con inclinazione a 30° rispetto alla superficie vetrata, con sviluppo tortile per consentire la riflessione interna della luce diretta.



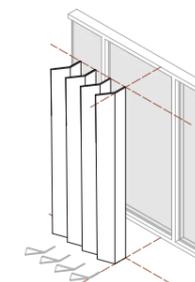
Soluzione 1



Soluzione 2

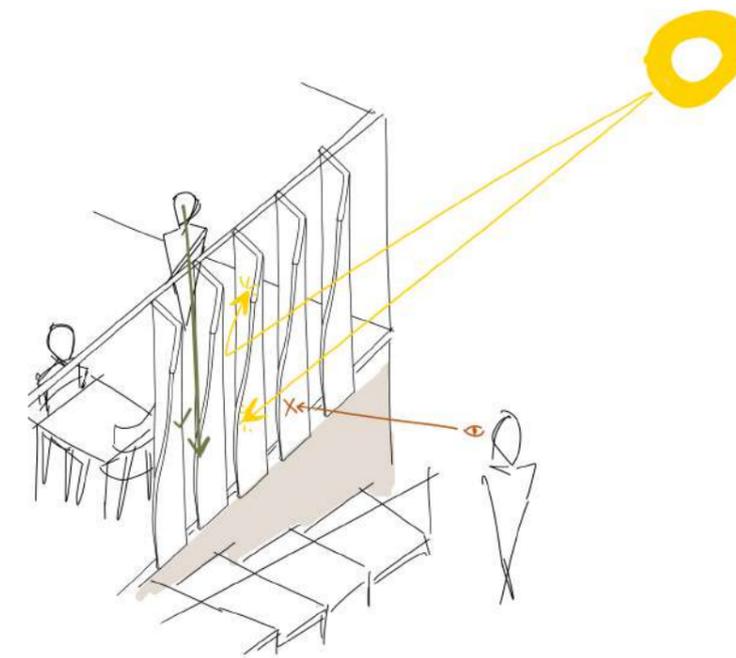


Soluzione 3



Soluzione 4

La scelta di utilizzare dei frangisole a sviluppo tortile è dovuta principalmente per assolvere i requisiti di illuminazione interna della sala, ma contemporaneamente consentono di impedire la vista dall'esterno verso l'interno, pur concedendola dall'interno verso l'esterno.



Tutte queste soluzioni consentono, in definitiva, di avere un'illuminazione di tipo indiretta con delle vibrazioni di luce della parete sud-ovest che aiutano a scandire lo scorrere del tempo.

Fig.9.19. Step progettuali parete sud-ovest.

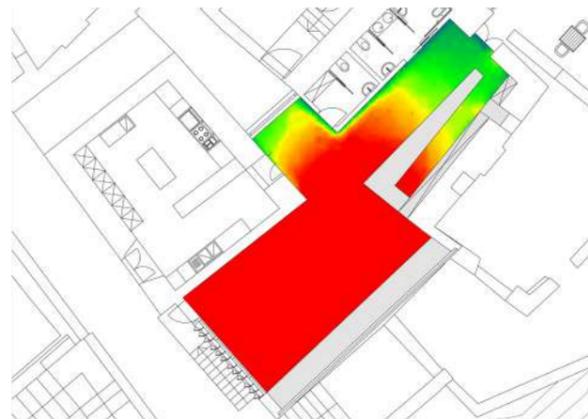
Fig.9.20. Concept studio dei frangisole.

Fig.9.21. Analisi luce naturale 21 dicembre ore 13: confronto parete interamente vetrata e soluzione finale.

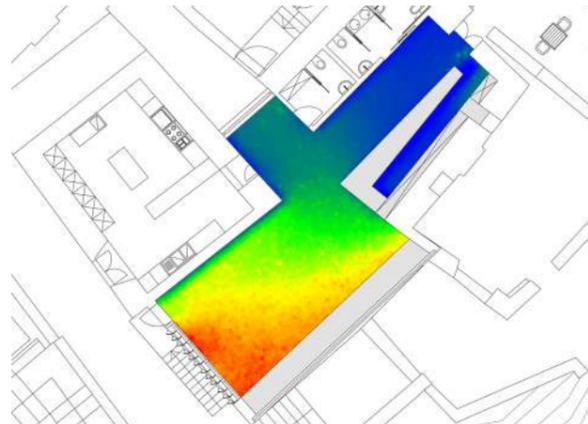
Fig.9.22. Analisi luce naturale 21 giugno ore 13: confronto parete interamente vetrata e soluzione finale.

Analisi luce naturale - 21 dicembre ore 12.00

Parete interamente vetrata

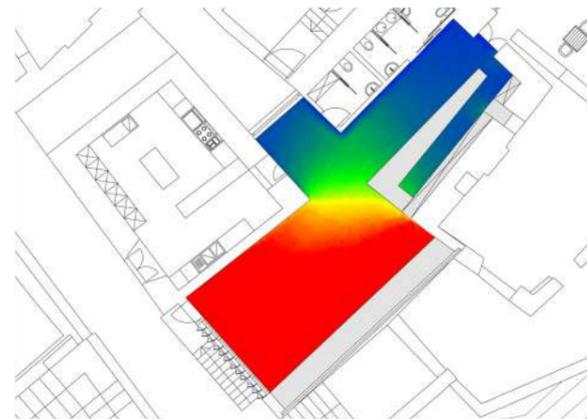


Soluzione finale



Analisi luce naturale - 21 giugno ore 12.00

Parete interamente vetrata



Soluzione finale

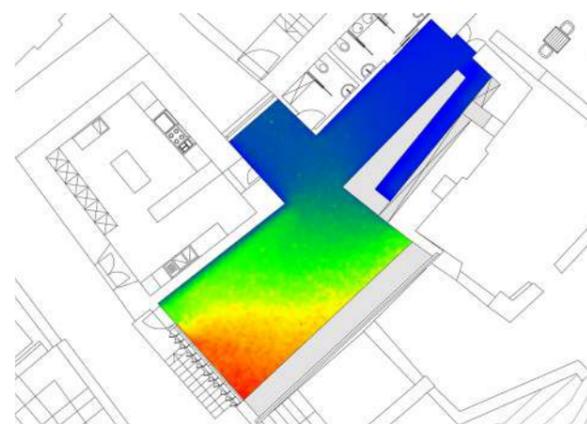


Fig.9.23. Analisi luce naturale: Vista interna con focus sui frangisole.



Lo spazio di accesso, come già anticipato, è stato pensato come uno spazio più intimo, per questo motivo è stata prediletta un'illuminazione di tipo artificiale rispetto a quella naturale in modo da ricreare un'atmosfera più riservata e rilassante.

Verranno inserite:

- luci puntuali con illuminazione a faretto disposte sul piano

del bancone da bar;

- luce lineare posta al di sotto del profilo esterno del bancone da bar;
- luce lineare posta al di sotto del mobilio pensile a parete del bar

Fig.9.24. Vista renderizzata della sala ristorante.



Integrazione impiantistica

Impianto di ventilazione

La qualità dell'aria è uno degli aspetti che maggiormente influenza la salute e il benessere degli utenti. Negli spazi chiusi o semichiusi, l'ossigeno presente si consuma gradualmente e, a causa della respirazione degli occupanti e agli impianti presenti, si accumulano nell'aria sostanze nocive contribuendo al cosiddetto inquinamento indoor. Una corretta ventilazione degli ambienti consente un ricambio d'aria e una diluizione delle sostanze inquinanti e consente di garantire un'esperienza confortevole agli occupanti.

Facendo riferimento alla norma UNI 10339 - *Impianti aeraulici ai fini di benessere*, sono state definite le portate Q_0 necessarie a garantire un corretto ricambio d'aria all'interno degli ambienti, i quali necessitano di differenti accorgimenti data la differente destinazione d'uso. Negli edifici esistenti si è scelto di prediligere una ventilazione di tipo meccanico, mentre in quelli di nuova costruzione si è optato per una ventilazione naturale o, dove possibile, per una ventilazione ibrida.

Versante	Piano	Ambiente	Area	Affollamento	Q_0	Tipo di ventilazione
			[m ²]	n° persone	[m ³ /h]	
Nord	-1	Sala espositiva	220	66	1426	VMC
		Ristorante	104	40	1440	VMC
Sud	-1	Cucina	40	-	2376	VMC
		Coworking	56	20	792	naturale
	0	Punto vendita	32	4	130	naturale
		Aula didattica	44	30	594	VMC

2	Lab1	32	10	252	naturale
	Lab2	44	24	605	ibrida

Tab.9.1.

Nei locali in cui si è scelto di installare la VMC, si è optato per un sistema a doppio flusso con recuperatore di calore in modo da assicurare una migliore depurazione di micro-polveri ed inquinanti indoor, e al contempo di ridurre i consumi energetici. Per quanto riguarda la sala espositiva si è deciso di prevedere la mandata dall'alto attraverso tubi forati a vista, mentre la ripresa attraverso griglie a pavimento.

Per la sala ristorante le bocchette di mandata dell'aria saranno installate all'interno del tavolo sotto la finestra, mentre i canali di ripresa verranno nascosti all'interno del controsoffitto. La ripresa a soffitto verrà installata anche nell'aula gradonata e nei laboratori, spazi in cui la mandata è prevista al di sotto delle gradonate, nel primo ambiente, e a parete, nel secondo.

Impianto di raffrescamento e riscaldamento

Spazio espositivo

Per quanto riguarda lo spazio espositivo a nord, essendo un solo ambiente di dimensioni contenute in cui gli utenti vi trascorrono un breve periodo, si è deciso installare il solo impianto di VMC e di non prevedere un impianto di raffrescamento e riscaldamento. Al contempo, però, all'interno di uno spazio museale è necessario garantire delle adeguate condizioni microclimatiche per la corretta conservazione degli oggetti esposti. È necessario,

Tab.9.1. Portata d'aria di ricambio nei diversi ambienti.

Fig.9.25. Nuovo museo dell'arte Fondazione Luigi Rovati [Fonte: mcarchitects.it].

Tab.9.2. Unità di riscaldamento nei diversi ambienti.

infatti, garantire dei valori di temperatura e umidità relativa il quanto più stabili possibili, poiché repentine variazioni termo-i-grometriche risultano essere tra le maggiori cause di degrado di un reperto. Per questo motivo, si è deciso di allestire questo spazio con delle teche “intelligenti”, ovvero dotate di sistemi di controllo attivo che permettono di regolare il microclima interno per una migliore conservazione dei reperti.



Edifici del blocco sud

Negli ambienti del blocco sud, data la loro dimensione ridotta, si è deciso di installare dei fancoil che possono provvedere sia al riscaldamento invernale che al raffrescamento estivo senza l'installazione di due unità differenti. Inoltre, tali sistemi permettono di raggiungere le condizioni ambientali desiderate in breve tempo, il che li rende ottimi per ambienti con uso discontinuo come quelli in oggetto. In ultimo, a differenza dei classici radiatori, grazie a un sistema di filtraggio dell'aria, risulta essere una scelta vincente per ridurre l'inquinamento indoor.

Per determinare che la potenza e il numero di fancoil da installare si sono calcolate le dispersioni termiche invernali e i rientri di calore estivi (Si faccia riferimento alle tabelle in allegato). Di seguito sono riportate delle tabelle riassuntive.

Ambiente	Dispersioni invernali	n fancoil	Potenza in riscaldamento	Potenza effettiva
	kW		kW	kW
Ristorante	5,14	2	3,05	6,1
Coworking	7,70	3	3,05	9,15
Punto vendita	0,25	1	1,66	1,66
Aula didattica	1,86	2	3,05	6,1
Lab 1	2,34	1	3,05	3,05
Lab 2	2,24	2	1,66	3,32
TOTALE				29,38

Tab.9.2.

Ambiente	Rientri di calore	n fancoil	Potenza in raffrescamento	Potenza effettiva
	kW		kW	kW
Ristorante	5,02	2	2,52	5,04
Coworking	3,25	3	2,52	7,56
Punto vendita	0,93	1	2,52	2,52
Aula didattica	2,99	2	2,52	5,04
Lab 1	1,93	1	2,52	2,52
Lab 2	3,74	2	2,52	5,04
TOTALE				27,72

Tab.9.3.

Per stimare la potenza della pompa di calore da installare, si è tenuto conto dei valori di potenza medi dei fancoil. Qualora, invece, il fabbisogno da coprire sia minore, la loro velocità può essere modulata e il loro consumo sarà minore. La seguente tabella riporta il fabbisogno che la pompa di calore deve soddisfare.

UTENZA	ESTATE		INVERNO		
	Caldo	Freddo	Caldo	Freddo	
ACS	131	-	131	-	kW
FANCOIL	-	28	29	-	kW
TOTALE	131	28	160	-	kW

Tab.9.4.

Impianto idrico sanitario

Al fine del corretto dimensionamento della rete idrico sanitaria si è fatto riferimento alla normativa UNI 9182, per cui si è pro-

ceduti al calcolo delle portate massime contemporanee attraverso il metodo delle unità di carico (UNI 9182 – Appendice D). Sommando le unità di carico per stabilire quale sia la massima portata che dovranno garantire, si associa la portata d'acqua attraverso una specifica tabella riportata nella normativa UNI 9182 – Appendice D.5. Calcolate le portate in litri/ora, è possibile passare al dimensionamento delle tubazioni attraverso le tabelle di perdite di carico continue. Nel caso specifico si è deciso di scegliere dei tubi in acciaio, per tanto si è fatto riferimento alle tabelle di perdite di carico continue per i tubi in acciaio e quelli facente riferimento a una temperatura di 10° C, per dimensionare i tubi dell'acqua fredda sanitaria, e di 50° C, per dimensionare quelli dell'acqua calda sanitaria. Inoltre, si è proceduto al dimensionamento cercando di mantenersi all'interno del range di 100-200 Pa/m di perdite di carico.

Essendo l'acqua una risorsa preziosa e dato il periodo di emergenza idrica che il nostro paese ha vissuto quest'anno, è stata prevista una rete duale che sfrutta la raccolta delle acque meteoriche in modo da ridurre gli sprechi.

Inoltre, si è fatta una stima del consumo di acqua calda sanitaria nell'arco della giornata e, date le destinazioni d'uso, si sono previsti due picchi, come è possibile notare nel grafico Fig.9.27. Ciò ha permesso di stimare il fabbisogno di ACS in questi picchi, consentendo il dimensionamento di un bollitore che dovrà avere una capacità di accumulo di 514 L e una potenza di 130 kW, secondo quanto riportato nelle appendici F e G dell'UNI 9182. Si è scelto quindi di installare un bollitore di 750 L e con due serpentine in modo da poter collegare un collettore solare termico per soddisfare almeno in parte il fabbisogno di ACS.

Tab.9.3. Unità di raffrescamento nei diversi ambienti.

Tab.9.4. Fabbisogno della pompa di calore da installare.

Fig.9.26. Schema funzionale impianto idrico.

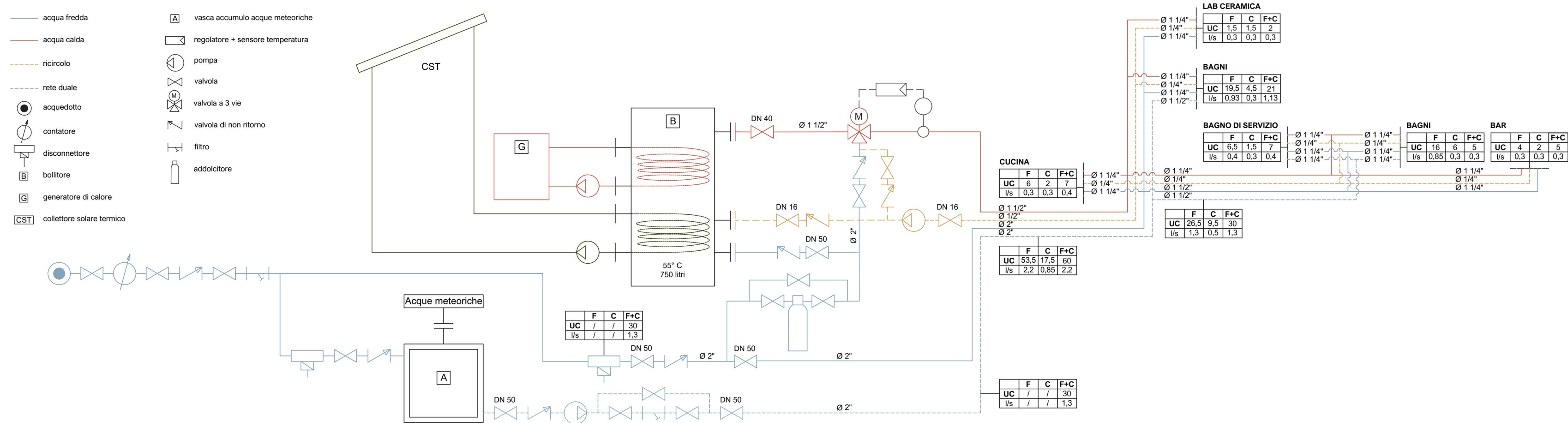


Fig.9.27. Schematizzazione LCA [Fonte: <https://www.phoresta.org/2021/02/03/cosa-e-il-life-cycle-assessment-lca/>].

Impianto fotovoltaico

Il nuovo blocco di edifici ricopre in pianta una superficie di 206 m2 per cui, secondo i nuovi requisiti da normativa del 2022, l'impianto deve avere una potenza minima di 10,3 kW. Per soddisfare tale richiesta, è stata analizzata una tipologia di pannelli fotovoltaici con un modulo della dimensione di 1,64x0,992 m². Questi moduli sono caratterizzati da una potenza di picco di 300 W ognuno, ovvero una potenza media di 181,46 W/m². Per un impianto di tali prestazioni, si prevedono quindi 35 moduli che, coprendo una superficie di 56,94 m², possono essere installati sulla copertura del nuovo blocco laboratori e del nuovo corpo scala. Di seguito si riportano le caratteristiche del pannello selezionato.

Modello SOL 300 M

Dimensione modulo	1640 mm*992 mm
Potenza del modulo	300 Wp
Tolleranza su potenza	0%/+5 W
Efficienza modulo	18,44%
Tensione di massima potenza	32,83 V
Corrente di massima potenza	9,14 A
Tensione a vuoto	39,98 V
Corrente di corto circuito	9,98 A
NOCT	45±2 °C

LCA - Life Cycle Assessment



A conclusione delle precedenti analisi basate sul raggiungimento del comfort interno, è stato effettuato un approfondimento sulle emissioni di anidride carbonica prodotte per la realizzazione dei volumi di nuova costruzione sul versante sud del borgo. Al fine di determinare se la progettazione di questi edifici è conforme con le linee guida stabilite dall'Agenda 2030, è stato utilizzato il software online *OneClickLCA* per poter valutare il quantitativo di CO₂ emessa, considerando tutto il ciclo di vita dei materiali impiegati.

Il software di calcolo, per valutare il totale di emissioni prodotte, fa utilizzo di un database di materiali prodotti nel mondo (principalmente Italia, Francia, Germania, Svizzera, Canada e USA) tra cui poter selezionare ciò che più è simile ai prodotti impiegati nel progetto, in termini di provenienza e produzione. È inoltre possibile inserire i dati legati al metodo di trasporto e alla distanza tra l'azienda produttrice e il cantiere di progetto.

Le fasi del ciclo di vita dei prodotti che vengono prese in considerazione si basano su un sistema definito *from cradle to grave*,

dalla culla alla tomba, e si tiene conto quindi di tutte le emissioni prodotte a partire dall'estrazione del materiale grezzo fino allo smaltimento del prodotto finito. Le fasi che vengono analizzate nel software sono classificate nel seguente modo:

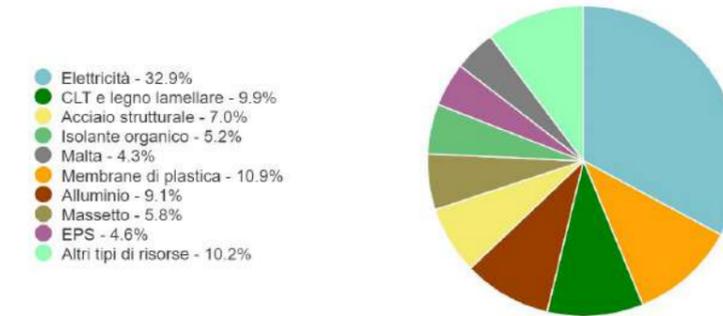
- A1-3 – Fasi di produzione del materiale (dall'estrazione del materiale grezzo alla produzione finita)
- A4 – Trasporto del materiale in cantiere
- B4-B5 – Sostituzione e rifornimento dei materiali in fase di manutenzione
- C2 – Trasporto dei rifiuti dal cantiere
- C3 – Trattamento dei rifiuti

Dopo aver calcolato tutte le quantità di materiali impiegati per la costruzione del blocco ristorante, del volume verticale con i laboratori e la sala gradonata, e per l'isolamento dei due edifici esistenti affacciati sulla piazza, i dati sono stati inseriti all'interno di *OneClickLCA*, che ha fornito di conseguenza i seguenti valori di emissione carbonica.

Cradle to grave (A1-A4, B4-B5, C1-C4)	kg CO ₂ e/m ²	
(< 370) A		355
(370-490) B		
(490-610) C		
(610-730) D		
(730-850) E		
(850-970) F		
(> 970) G		

POTENZIALE DI RISCALDAMENTO GLOBALE Kg CO₂e

Tipi di risorsa



Fasi del Life-Cycle

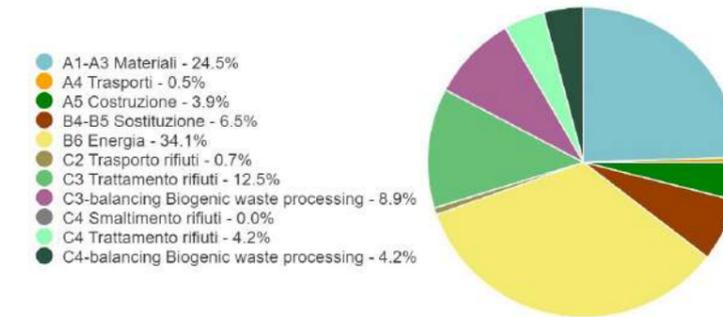


Fig.9.28. Classe di impatto energetico in termini di anidride carbonica. - Stato di progetto

Fig.9.29. Potenziale di riscaldamento globale kg CO₂e. Tipi di risorsa. - Stato di progetto

Fig.9.30. Potenziale di riscaldamento globale kg CO₂e. Fasi del Life Cycle. -Stato di progetto

Fig.9.31. Classe di impatto energetico in termini di anidride carbonica.

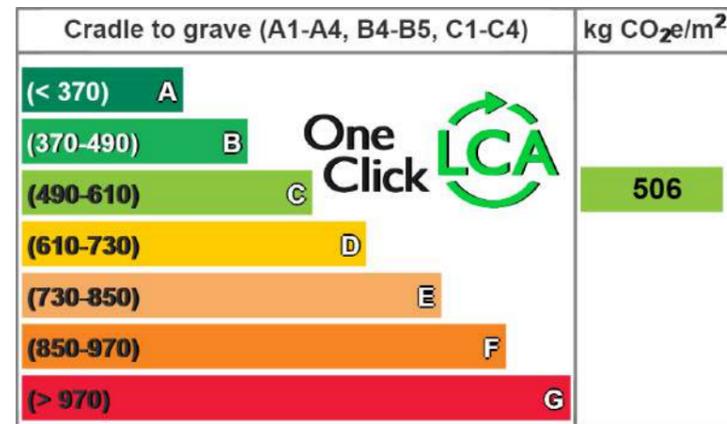
Fig.9.32. Potenziale di riscaldamento globale kg CO₂e. Tipi di risorsa.

Fig.9.33. Potenziale di riscaldamento globale kg CO₂e. Fasi del Life Cycle.

Per poter effettuare un'analisi critica dei risultati, sono state apportate delle modifiche al modello elaborato in *OneClickLCA*, sostituendo alcuni materiali classificabili come più sostenibili, con altri più tradizionali. Le modifiche principali riguardano:

- la sostituzione della struttura in acciaio riciclato, con una in calcestruzzo armato;
- la sostituzione dell'isolamento organico in calce e canapulo, con un isolante sintetico in XPS;
- la sostituzione della lamiera grecata con OSB dei solai, con una soletta di irrigidimento in calcestruzzo alleggerito;
- la sostituzione del solaio in X-LAM, con un solaio in calcestruzzo.

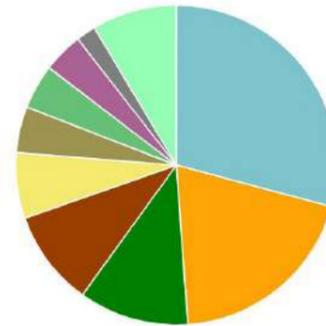
L'elaborazione di questo modello ha portato quindi ai seguenti risultati:



POTENZIALE DI RISCALDAMENTO GLOBALE Kg CO₂e

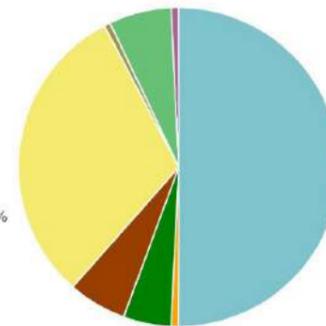
Tipi di risorsa

- Elettricità - 29.2%
- XPS - 11.1%
- Strutture in calcestruzzo - 6.6%
- Premiscelato, pareti e pavimenti - 4.5%
- Intonaco - 2.0%
- Massetto - 19.7%
- Membrane di plastica - 9.7%
- Malta - 4.7%
- EPS - 4.1%
- Altri tipi di risorse - 8.5%



Fasi del Life-Cycle

- A1-A3 Materiali - 50.1%
- A4 Trasporti - 0.7%
- A5 Costruzione - 4.8%
- B4-B5 Sostituzione - 5.9%
- B6 Energia - 30.8%
- C2 Trasporto rifiuti - 0.6%
- C3 Trattamento rifiuti - 6.3%
- C3-balancing Biogenic waste processing - 0.7%
- C4 Smaltimento rifiuti - 0.0%
- C4 Trattamento rifiuti - 0.0%



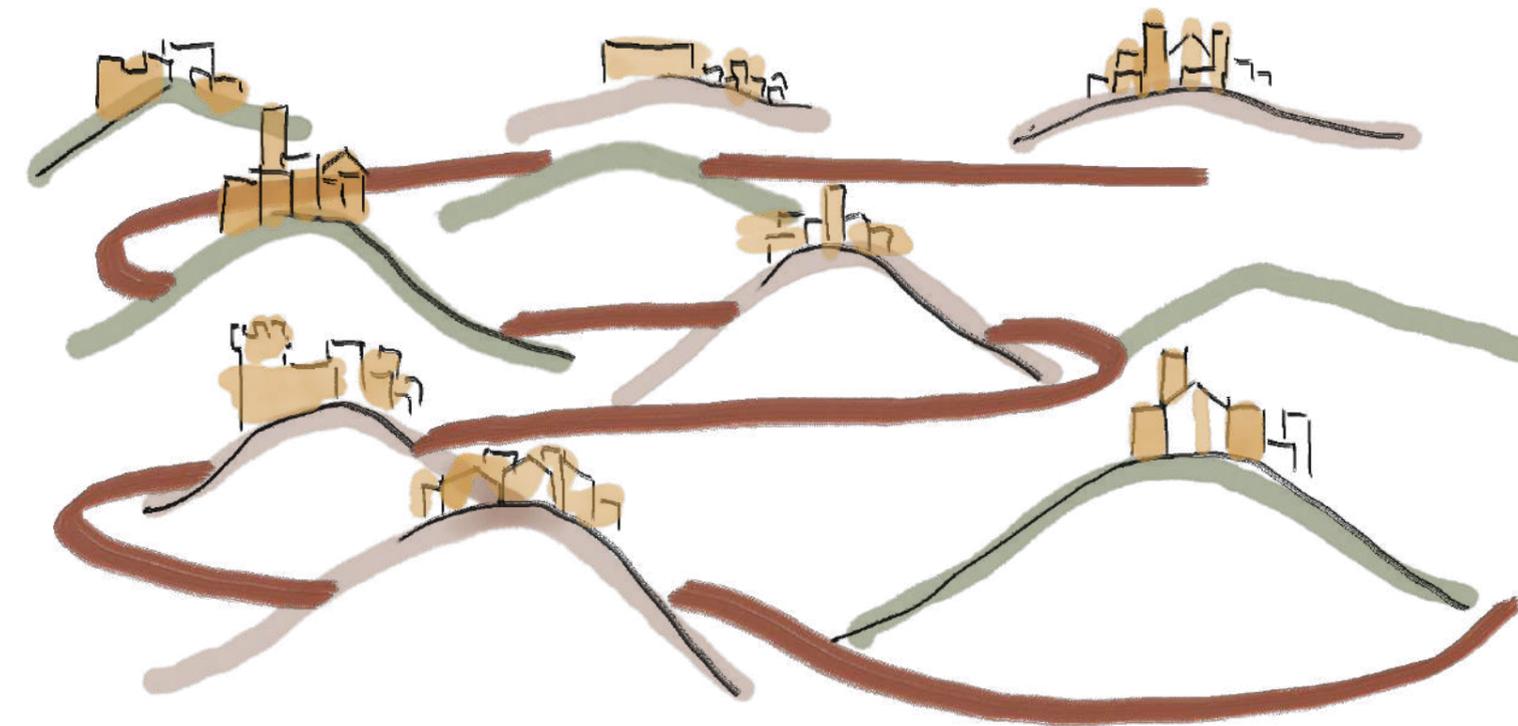
Come si può notare il passaggio dalla classe A alla classe C è principalmente dovuta alla produzione dei materiali impiegati. Se nel modello di progetto le fasi A1-3 hanno un'incidenza del 24,5% sulla totalità delle emissioni di anidride carbonica, nella variante peggiorata questa influenza raddoppia e raggiunge il 50,1%.

Al fine di diminuire il più possibile le emissioni di CO₂ si è scelto di impiegare prodotti edilizi provenienti da aziende e imprese del territorio italiano, ancora meglio se collocate nel circondario della provincia di Viterbo, così da ridurre l'impatto ambientale nei termini della fase A4 sui trasporti.

È chiaro, inoltre, come anche l'utilizzo di acciaio strutturale riciclato sia meno impattante rispetto alla realizzazione di una struttura interamente in calcestruzzo armato. Il calcestruzzo non ha la possibilità di essere reimpiegato come l'acciaio, tant'è che non esistono trattamenti per il suo riutilizzo. La scelta di una struttura in calcestruzzo armato comporterebbe quindi l'estrazione obbligata di nuovo materiale grezzo, per la produzione della polvere di cemento, con un conseguente incremento dell'anidride carbonica prodotta nell'intero ciclo di vita del progetto.

L'impiego di materiali più sostenibili comporta quindi, come appunto dimostrato dal cambio di classe, una differenza di circa 150 kgCO₂/m² (kg di anidride carbonica emessa al metro quadrato), che nella totalità del progetto, considerando una superficie di 295m², porta a una differenza di circa 50 tonnellate di CO₂ emesse (187.330 kgCO₂ in classe A rispetto ai 236.385 kgCO₂ in classe C).

10 LINEE GUIDA



Riabitare significa ricostruire comunità, creare le condizioni essenziali per consentire di rimanere a chi vuole restare, per favorire il ritorno di chi vuole tornare, per accogliere chi ha maturato la scelta della vita da paese.

Vito Teti, La restanza, 2022

Ad oggi, quando si parla dei paesi si hanno due visioni opposte: una *neoromantica* e una *apocalittica*, come le definisce Vito Teti nel suo saggio *La restanza*. La prima guarda al paese come a una sorta di *angulus ridet* di oraziana memoria, un luogo ameno da *custodire nella loro presunta sacralità, in cui ci si muove ammirati, in attesa che la vita riprenda in un imprecisato futuro*¹. La seconda è caratterizzata da un sentimento di rinuncia dichiarando ormai la fine di queste realtà.

A queste due se ne può affiancare una terza, più concreta forse, che guarda ai piccoli centri con disincantato interesse, che cerca di comprenderne la loro anima, proponendo soluzioni reali agli squilibri interni. I paesi sono un intreccio di vicoli e case nei quali si custodiscono memorie e tradizioni, pieni di storie di gente che vi ha vissuto o che vi abita. Per questo bisogna innescare processi di riqualificazione, per garantire un futuro per quelli che sono rimasti e per quelli che decidono di tornare. È proprio da questa riflessione che questo lavoro di tesi ha avuto genesi.

Lo studio fin ora condotto si è svolto secondo una visione globale e interdisciplinare che ha coinvolto diverse scale di progetto, da quella territoriale fino ad una scala di dettaglio, applicandola a un caso specifico. Consapevoli che scelte e strategie di progetto sono strettamente connesse al contesto di riferimento, in questa parte conclusiva, si vuole ripercorrere quanto fatto e trarre da questa esperienza delle linee guida legate principalmente al percorso metodologico.



Fig.10.1. V. Teti, Acherenzia, 2002 [Fonte: <http://www.istitutoeuroarabo.it/DM/riabitare-i-paesi-un-manifesto-per-i-borghi-in-abbandono-e-in-via-di-spopolamento/>].

¹V. Teti, *La restanza*, Torino 2022, pag. 40.

Il proposito non è quello di definire delle regole rigide in quanto si ha a che fare con realtà molto complesse e, soprattutto, caratterizzate da fenomeni che variano caso per caso. Per questo motivo, le linee guida di seguito proposte sono caratterizzate da una natura volutamente flessibile.

Esse si strutturano seguendo una logica che dal generale giunge al particolare proponendo in primis una serie di passi da seguire e in seguito esplicitando ognuno di essi, proponendo anche, in alcuni casi, delle strategie di intervento. Alla fine viene proposto un diagramma di flusso che sintetizza la metodologia proposta.

Indubbiamente, la ricerca non si conclude tra queste pagine, al contrario, si auspica che i suggerimenti raccolti possano innescare riflessioni future.

Linee guida

Esse si articolano secondo i seguenti punti:

- scelta del borgo;
- fase di conoscenza;
- vision;
- nuovo ruolo;
- rapporto con l'esistente;
- qualità degli spazi.

Scelta del borgo

La riqualificazione di un borgo abbandonato è un'operazione complessa che richiede molteplici investimenti a lungo termine. Proprio perché si tratta di progetti lunghi, c'è rischio che questi falliscano in fase di progettazione, di realizzazione o poco dopo una volta finiti. Scegliere su quale borgo investire è quindi una rischiosa scommessa per chi investe e per il futuro di quel territorio. L'adozione di un' **analisi multicriteri** permette di avere un approccio sistematico per la classificazione e la valutazione delle alternative, con il fine di arrivare al nome del borgo sul quale, in un determinato periodo storico, è più conveniente investire rispetto ad altri presi in considerazione. Ciò non deve essere visto in un'ottica di competizione fra borghi, ma come un punto di partenza che possa innescare processi di rigenerazione coinvolgendo anche realtà limitrofe. I criteri da tenere in considerazione per l'analisi devono essere ricercati in diverse categorie di tipo **sociale, economico, ambientale e storico-architettonico**.

Fase di conoscenza

Una fase di conoscenza su più scale deve avere il fine di fissare tutti i punti di forza e debolezza del borgo e del suo circondario, fino ad arrivare alle reali esigenze di quel luogo, così che si possa realmente allargare il raggio d'influenza del singolo borgo e reinserirlo all'interno di un sistema socioeconomico che ne permetta la sopravvivenza. Si riportano di seguito le diverse fasi di analisi da condurre:

1. Conoscenza territoriale e locale

La conoscenza territoriale e locale devono indagare i seguenti aspetti:

- Storia
- Patrimonio naturalistico
- Patrimonio costruito
- Comunità
- Mobilità
- Servizi
- Beni storico-culturali
- Produzioni locali

Dopo questa prima fase, è importante capire quali sono le caratteristiche più singolari che contraddistinguono il luogo in esame, così da avviare una seconda fase di conoscenza più approfondita di quest'ultime.

Se il borgo è ancora parzialmente connesso con il circondario, è importante capire a fondo queste connessioni e in che modo esse si siano indebolite negli anni passati.

È importante filtrare i dati raccolti provenienti dall'area di progetto, poiché aiuta a inquadrare meglio temi e problematiche che andranno in seguito sintetizzate.

2. Dialogo partecipativo con le figure del territorio

Per avere un quadro completo sulle caratteristiche dell'area di

progetto è doveroso aprire un dialogo con la comunità locale. Infatti, tramite i racconti di chi in quei luoghi è cresciuto vengono colti con maggiore efficacia i punti di forza e le problematiche dell'area di studio. Inoltre, per garantire il successo di un progetto di riqualificazione, è necessario, già nelle prime fasi individuare quali possano essere tutti i soggetti coinvolti e, in particolare, gli stakeholders. Processi di progettazione partecipata possono portare ad un progetto di rigenerazione efficace e coerente con le necessità del territorio.

3. Rilievo e conoscenza tecnica

Al fine di acquisire una conoscenza approfondita dello stato di fatto del borgo che possa essere alla base di un'efficace strategia di intervento, si deve procedere ad un'analisi dell'esistente articolata in più fasi a mano a mano più complesse e specifiche. Si riportano di seguito i principali punti da seguire:

- Analisi evolutiva del borgo
- Analisi morfologica, inquadramento sismico e analisi idrogeologica
- Catalogazione degli edifici esistenti
- Rilievo fotografico
- Rilievo geometrico
- Rilievo materico
- Rilievo del degrado
- Rilievo tecnologico
- Analisi delle prestazioni residue

4. Fase di sintesi

Prendendo come base gli input ottenuti dal processo della conoscenza, si può passare con la fase della sintesi raccogliendo per ogni analisi gli aspetti più significativi e pertinenti con il progetto. Uno strumento di sintesi è la **SWOT**, dove vengono definiti in forma scritta i punti di forza, di debolezza, le minacce e le opportunità del territorio oggetto di studio, o in forma grafica, tramite delle mappe dei limiti e delle risorse. Nelle rappresentazioni grafiche si consiglia l'uso del **colore**, in quanto è uno strumento diretto ed elementare per categorizzare le informazioni in maniera comprensibile.

La fase di sintesi della conoscenza aiuta a dare una gerarchia ai temi ricavati dalle analisi precedenti e dal dialogo con la comunità, così da individuare le reali necessità dell'area di studio.

Vision

La definizione delle strategie di progetto per la riqualificazione del sito, a partire dalla scala più ampia a quella locale, deve tenere conto di:

- Esigenze richieste dal territorio, in un'ottica di promozione dei luoghi, della cultura e delle tradizioni;
- Carenze di carattere funzionale nel circondario del sito di progetto;
- Problematiche legate all'accessibilità del sito;
- Caratteristiche intrinseche del sito di progetto;
- Attori e stakeholders che si rendono disponibili per la concretizzazione del progetto

Nuovo ruolo

Una volta definite le nuove funzioni del sito, si suggerisce l'adozione di strategie e interventi che possano essere **flessibili** nel tempo e nello spazio, al fine di non limitarsi a soddisfare le esigenze del presente, ma lanciando uno sguardo verso il futuro del luogo, dando alle nuove strutture un carattere di **resilienza e adattabilità**. Tra le azioni suggerite rientrano:

- Inserimento di funzioni economicamente autosufficienti;
- Progettazione di spazi flessibili, dotati di arredo mobile e riconfigurabile;
- Progettazione di spazi capaci di accogliere diverse funzioni a seconda delle esigenze;
- Adozione dei principi della progettazione universale e inclusiva per tutti;
- Progettazione di componenti mobili ad utilizzo temporaneo da figure esterne al sito (aziende produttive, venditori locali, artigiani, ...);
- Adozione di strumentazioni per l'adattabilità degli spazi aperti in occasione di eventi e manifestazioni per il pubblico

Rapporto con l'esistente

Una volta determinato il nuovo ruolo del borgo è importante definire quali strategie di intervento applicare al fine di rendere possibile e concreta la rifunzionalizzazione, compatibilmente con l'esistente.

Per assolvere le difficoltà derivanti dalla conformazione complessa dei borghi arroccati sono previsti interventi destinati all'**inclusività universale**:

- Inserimento di piattaforme di risalita verticale;
- Rifacimento delle pavimentazioni;
- Risoluzione di dislivelli tramite la sopraelevazione o il ribassamento di componenti edilizie esistenti;
- Inserimento di un arredo che agevoli la movimentazione interna degli utenti con difficoltà motorie;
- Inserimento di dispositivi di orientamento diffusi nel borgo

La **fragilità del territorio** comporta l'adozione di strategie atte a contrastare il suo disfacimento. Si riportano di seguito alcuni suggerimenti.

- Inserimento di corpi a terrazzamento per contenere la franabilità del terreno;
- Applicazione di tiranti a resina espansiva per il consolidamento interno del terreno;
- Creazione di pozzi statici che convogliano le acque meteoriche e consolidano il terreno limitando l'erosione del suolo

L'inserimento di nuove costruzioni e l'esecuzione di nuovi interventi implica infine un occhio attento all'**integrazione del nuovo sul vecchio**:

- Rispetto delle nuove componenti edilizie in rapporto

con i volumi esistenti;

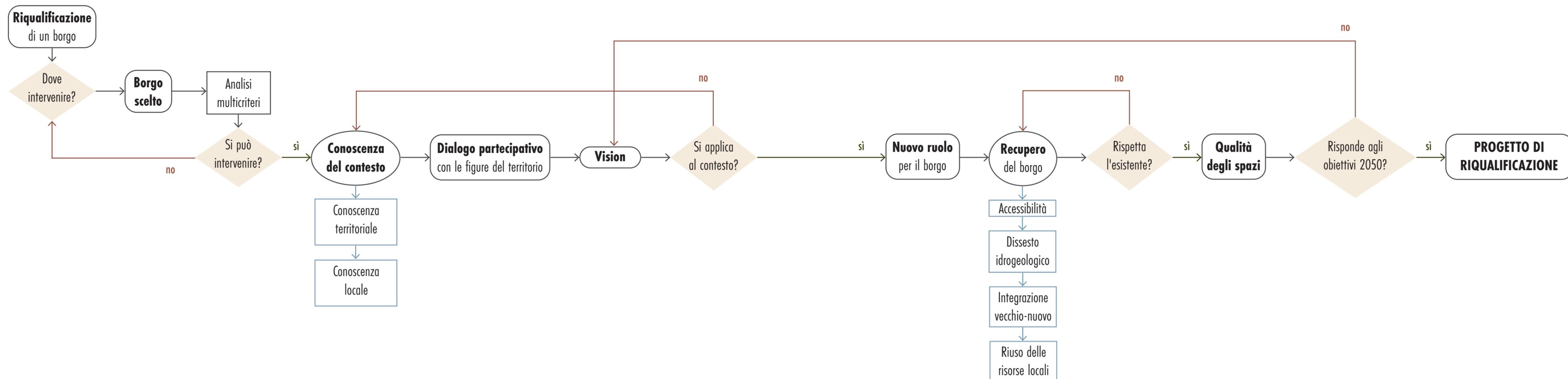
- Reversibilità degli interventi edilizi;
- Scelta dei materiali compatibile con il passato e il presente del luogo;
- Possibilità di riuso delle risorse presenti sul luogo in un'ottica di economia circolare ed eventuali sperimentazioni di nuove tecnologie dei materiali

Qualità degli spazi

Al fine di valorizzare il progetto in linea con i principi previsti dalle **Agende 2030 e 2050** e per garantire un adeguato livello di **comfort** per l'utente, si consiglia di agire sulle seguenti tematiche:

- Adozione di strategie passive al fine di ridurre le emissioni di anidride carbonica dell'edificio;
- Progettazione di elementi architettonici al fine di utilizzare al meglio l'esposizione e l'orientamento degli ambienti interni per un'illuminazione naturale ottimale;
- Inserimento di sistemi di raccolta delle acque meteoriche, in un'ottica di recupero e riutilizzo;
- Progettazione di un sistema impiantistico sostenibile ove possibile (pannelli solari e fotovoltaici, pompe di calore, sistemi di ventilazione naturale, ecc.);
- Utilizzo di materiali ecosostenibili e del luogo, con una preferenza nei confronti delle tecnologie a secco e di componenti biobased

Fig.10.2. (nella pagina seguente)
Diagramma di flusso del percorso metodologico.



Ringraziamenti

A conclusione di questo percorso, vogliamo dedicare queste ultime righe a tutti coloro che ci hanno offerto il loro prezioso sostegno.

Il primo ringraziamento va alla nostra relatrice L. E. Malighetti, che con la sua positività e vicinanza, ci ha permesso di vivere questo nostro momento così importante nella più totale serenità.

Un grazie anche ai nostri co-relatori, la professoressa S. Cerisola e il professor L. Jurina, con la cui esperienza hanno contribuito ad arricchire il lavoro di tesi.

Grazie a tutti coloro che hanno offerto il proprio aiuto nell'occasione di rendere questa esperienza un progetto collaborativo e integrato. Nello specifico ringraziamo il professor E. O. Radaelli per averci supportato nella risoluzione di problematiche strutturali, E. Galdi insieme a L. Pavone ed O. Leonardi per il loro contributo sullo studio della luce naturale, F. Speciale per i numerosi confronti e suggerimenti, il Sindaco di Celleno per averci accolto calorosamente nel suo Comune, e soprattutto l'architetto M. Fordini Sonni per averci fatto conoscere sempre più a fondo la storia e la realtà del borgo, oltre per tutto il materiale conoscitivo fornitoci.

Nei prossimi anni, quando penserò al mio percorso universitario a Lecco, lo ricorderò tramite i volti di tante persone che hanno saputo lasciare un segno permanente nella mia vita.

Un primo ringraziamento va a Pat e Simo, i miei mitici compagni senza i quali il lavoro di tesi non avrebbe raggiunto tale livello.

Grazie alla Manu, Camu, le due Vale e Anto, miei fratelli e sorelle acquisiti di Corso Martiri, con i quali, anche in futuro, mi sentirò sempre a casa.

Grazie a Luke, Gabri, Ric, Giulia, Silvia e Sarah, presenti dal giorno zero nella mia esperienza universitaria, senza i quali sarebbe stata vuota.

Lecco è fatta anche di persone che, seppur non da subito, hanno riempito la mia quotidianità e mi hanno permesso di costruire legami indelebili.

Grazie ad Anja, Leo, Marta, le due Ele, Gennaro, Lori, Nicolò, Sara, Silvia, Nicole e Mttaeo, senza i quali le pause caffè e i weekend in sessione non sarebbero stati qualcosa da ricordare.

Grazie ad Alessandro, Isi, Anna, Jackied, Ricky, Interina e Gio, per avermi accompagnato in questo ultimo periodo difficile a Lecco e per avermi dato così tanto in così poco tempo. Mi avete insegnato che non c'è nulla che generi felicità come l'aprirsi ed essere veri.

C'è una persona, che più di ogni altra, ha reso il mio capitolo lecchese intenso e leggero allo stesso tempo. Grazie Alessandra, da quando ci sei tu la mia vita è più felice.

Tanti anni prima, ho avuto la fortuna di incontrare persone d'oro, compagni di vita, delle presenze tutt'ora costanti. Dentro di me c'è molto di loro e, seppur non sempre vicini, saranno per sempre il mio porto sicuro. Luca(chi), Alby, Chiara, Elena, Fede, Gian, Lollo, Luca, Riccardo, grazie.

Dando uno sguardo a tutti questi nomi che ora mi trovo a ringraziare, mi rendo conto che non sarebbe stato possibile circondarmi di così tante belle persone senza chi, con la propria esperienza, ha saputo fornirmi gli strumenti per vivere nel rispetto e l'amore verso l'altro. Grazie mamma, papà e Sara, grazie a tutta la mia famiglia, siete stati il mio trampolino di lancio e sarete sempre il mio primo riferimento per ogni nuova difficoltà che incontrerò. Se so voler bene a me stesso, è grazie a voi.

Questo lavoro di tesi lo dedico, infine, a nonno Raffaele e nonno Sauro. Sono sicuro che sareste stati fieri di me.

Andrea

Giunto ormai alla conclusione di un altro enorme capitolo di vita, non posso fare altro che dedicare alcune righe a tutti coloro che mi hanno accompagnato lungo questo intenso percorso di EDA... ricco di Emozioni, qualche Dolore, ma soprattutto di grandi Amicizie...

Il primo grazie importante va a Simona e Andrea, i miei "Amici di Gina", senza i quali questa tesi non avrebbe sicuramente potuto assumere la stessa importanza. Quindi a voi il grazie più grande.

Ma al di fuori dell'elaborazione di questa tesi sono tante le persone che mi hanno affiancato in questi cinque lunghi anni...

Un grazie lo dedico senza dubbio alla mia seconda famiglia, la Famiglia di CasaComo10. Fabi, Ali, Robi, Ari, Olly, un grazie

a ciascuna di voi, per aver vestito i panni delle sorelle più grandi che non ho mai avuto; ma un grazie è anche per Negar, Farimah, Chao, Xiaoze, miei ultimi coinquilini, a cui ho dovuto lasciar in mano la Casa, con estrema fiducia, del tutto ripagata.

Un centinaio di grazie andrebbe a tutti i colleghi di corso che hanno intrapreso EDA con me in quel lontano ottobre del 2018, ancora ignari di tutte le peripezie a cui saremmo andati in contro gli anni a venire. Vi nominerei volentieri uno per uno e perdonatemi se non lo faccio... non posso però non ringraziare per nome Annalisa, Alessia, Aurora, Anna, Chiara, Silvia e Oscar, i miei amici più fidati in questa sfidante avventura.

Starete sicuramente pensando che mi sia dimenticato di qualcuno... ebbene, non me ne sono dimenticato. Come potrei? Un grazie grande quanto una montagna lo dedico a colui che in tutti questi anni mi è stato sempre vicino, si è seduto insieme a me nel fango delle nostre sofferenze, è stato una spalla sicura su cui poter piangere, e ha reso ogni scalata e ogni nostra escursione un grande schiaffo alla vita che più e più volte ci ha schiacciato sotto il suo peso... Per tutto questo, Ale... grazie... davvero.

Non posso non nominare anche tutti quei miei compagni spericolati di avventure, chi da più tempo, chi da meno, che mi hanno permesso di vivere infiniti momenti di spensieratezza in questi anni di studio... sappiate che a ognuno di voi voglio un mondo di bene, e per dimostrarvelo vi ringrazierò uno alla volta, nell'ordine in cui avete preso parte a questo incredibile viaggio...

Grazie Fabio, un amico sincero di cui potermi ciecamente fidare, di un'intesa surreale che tante volte stento quasi a credere...

Grazie Erica... la mia sorellina, che anche con poco è sempre capace di dimostrarsi a me vicina ...

Grazie Simone... senza di te non saremmo nessuno, sei il tassello fondamentale delle nostre avventure...

Grazie Roberta... ti voglio bene tanto quanto tuo papà ama il suo laghetto in giardino...

Grazie Silvia... sai perfettamente che quindici brioches non bastano per descrivere tutto il bene che ho in serbo per te...

Un grazie ai miei nonni materni Emma e Santino...

Un grazie ai miei zii e cugini da parte di mamma...

Grazie mamma per esserci sempre...

Grazie papà per esserci sempre stato...

E non credo ci sia bisogno di spiegazioni...

Ci sono, infine, ancora alcuni ringraziamenti un po' più particolari, che mi sento in dovere di fare...

Il primo grazie va a quella che ho sempre considerato la mia città, dal primo momento in cui ci ho messo piede... l'amore che provo per Lecco è indescrivibile e un pezzo del mio cuore rimarrà per sempre incastonato qui, tra le mie montagne...

Il secondo grazie lo spedisco nel passato, a quel folle Pat del 2015 che di punto in bianco ha deciso di iniziare a

scrivere quel diario personale che ancora tutt'oggi sto scrivendo quotidianamente... un aiuto fondamentale, una zattera di salvataggio, una valvola di sfogo, per superare ogni momento di crisi e di difficoltà...

Il terzo grazie lo dedico al mio maestro... Gianluca Gotto... mi sono scontrato nei tuoi libri nel momento migliore... sei stato il mio faro nei momenti più bui, e terrò per sempre i tuoi insegnamenti incisi nella mente e nel cuore... Grazie infinite...

Concludo con un enorme GRAZIE, perché senza tutti voi questa incredibile esperienza non sarebbe stata affatto la stessa.

Patrizio

Ad Andre e Pat. Il primo grazie va voi che avete reso questo percorso indimenticabile.

A papà e mamma, per avermi sostenuto e incoraggiato sempre.

A Ludo. Il nostro legame va al di là dell'essere sorelle. Sei tutto.

Alla mia Grace, per essere il mio porto sicuro.

A Vale e Gaia, per essere una seconda famiglia.

A Luana, Martina e Federica, per essere rimaste nonostante la distanza.

A Sophia, per essere avermi fatto sentire a casa.

A Givi, per ciò che abbiamo condiviso.

Infine, a coloro che in questi anni sono entrati nella mia vita, ognuno dei quali ha lasciato una preziosa impronta.

A tutti voi, dico semplicemente grazie!

Simona

Bibliografia

Saggi in volume

C. E. Ostenberg, *Case etrusche di Acquarossa*, Roma 1975

G. Morolli, *Vetus Etruria: il mito degli etruschi nella letteratura architettonica, nell'arte e nella cultura da Vitruvio a Winckelmann*, Firenze 1985

Architettura etrusca nel viterbese : ricerche svedesi a San Giovenale e Acquarossa 1956-1986, Roma 1986

C. Campanella, *Capitolato speciale di appalto per opere di conservazione e restauro*, Milano 1999

Centri storici minori: progetti per il recupero della bellezza, a cura di C. Cortesi, F. R. Stabile, M. Zampilli, Roma 2003

A. Riccomi, G. Savino, *Celleno. Recupero della bellezza del centro storico*, tesi di laurea, Università degli Studi di Roma Tre, relatore P. Marconi, 2003-2004

C. Campanella, *Il rilievo degli edifici: tecniche di restituzione grafica per il progetto di intervento*, Milano 2004

G. A. Cescutti, F. Della Mora, S. De Venz, *La Tuscia, Società Friulana di Archeologia*, 2007.

M. Battelocchi, *Un marchio per la Tuscia*, tesi di laurea, relatore A. Ruggieri, Università degli studi della Tuscia, 2007

G. Di Paola, *Rapporto tra pianificazione urbanistica ed evoluzione degli insediamenti in aree agricole nel territorio della provincia di Viterbo*, tesi di laurea, relatore M. N. Ripa, Università degli studi della Tuscia, 2007

R. Chiovelli, *Tecniche costruttive murarie medievali: la Tuscia*, Roma 2007

F. Grattarola, P. Bianchini, *La Tuscia nel cinema: film, storie, protagonisti, Melting pot*, Viterbo, 2008.

V. Tiburzi, *La lettura territoriale dei prodotti tipici e di qualità: il caso della Tuscia viterbese*, tesi di laurea, relatore S. Senni, Università degli studi della Tuscia, 2008-2009

L. Zordan, *Le tradizioni del costruire della casa in pietra: materiali, tecniche, modelli e sperimentazioni*, Firenze 2009

F. Bizzarro, *Strategie di intervento per il recupero e la valorizzazione dei centri storici minori: possibili percorsi di sviluppo*, Firenze 2009

M. Bassanelli, Geografie dell'abbandono. *Il caso della valle di Zeri*, tesi di laurea, relatore G. Postiglione, Politecnico di Milano, 2009-2010

M. Majowiecki, *Grandi coperture*, in [a cura di] C. Piano, R. Piano, *L'Almanacco dell'architetto*, vol. 2, Roma 2012, pagg. 486-589

C. Di Benedetto, *Valutazione dei parametri petrofisici del Tufo Giallo Napoletano e della Pietra di Vicenza: indagini sperimentali finalizzate al recupero e alla conservazione di materiali macroporosi*, tesi di dottorato, relatore P. Capelletti, Università degli studi di Sassari, 2013

M. Mathur, S. Awasthi, *Carbon neutral village/cluster: a conceptual framework for envisioning*, India 2016

A. Ammiraglio, *Progettazione di struttura reticolare metallica. Caso studio: la copertura del Bastione di Saint Antoine a Ginevra*, tesi di laurea, relatore S. Tattoni, Politecnico di Milano, 2016-2017

Coldiretti, Fondazione Symbola, *Piccoli comuni e tipicità*, 2018

European Commission, *The commission calls for a climate neutral Europe by 2050*, Bruxelles 2018

European Commission, *Un pianeta pulito per tutti. Visione strategica europea a lungo termine per un'economia prospera, moderna, competitiva e climaticamente neutra*, Bruxelles 2018

INDICE DEI RIFERIMENTI

F. Gelsomini, *Motivazioni economiche ed extraeconomiche nell'impresa agricola multifunzionale: un'indagine qualitativa in provincia di Viterbo*, tesi di laurea, relatore S. Senni, Università degli studi della Tuscia, 2018-2019

Legambiente, UNCEM, *La realtà aumentata dei piccoli comuni*, 2019

R. Luzi, L. Piermartini, G. Romagnoli, *Le maioliche medievali del butto di Celleno vecchio*, Viterbo 2019.

A. Sutto, G. Vernazza, B. Zucchini, *Italia 2050. Ripartire dalle aree interne*, tesi di laurea, relatore L. Fabian, Università IUAV di Venezia, 2019-2020.

John Wiley & Sons Ltd, *Essential outcomes for COP26*, 2021

Fondazione Symbola, Fondazione Hubruzzo, Carsa, *Soluzioni e tecnologie per i piccoli comuni e le aree montane*, 2022

ISTAT, *La geografia delle aree interne nel 2020: vasti territori tra potenzialità e debolezze*, 2022

L. Chen, G. Msigwa, M. Yang, A. I. Osman, S. Fawzy, D. W. Rooney, P. Yap, *Strategies to achieve a carbon neutral society: a review*, 2022

P. J. Zarco-Perián, F. J. Zarco-Soto, I. M. Zarco-Soto, J. L. Martínez-Ramos, R. Sánchez-Durán, *CO2 Emissions in Buildings: A Synopsis of Current Studies*, Spagna 2022

Publications Office of the European Union, EU MISSIONS, *100 Climate-neutral and smart cities*, Lussemburgo 2022

V. Teti, *La restanza*, Torino 2022.

Periodici

M. Bernasconi, C. Choirat, R. Seri, *The Analytic Hierarchy Process and the Theory of Measurement*, in << Management Science>>, Vol. 56, No. 4, aprile 2010, pp. 699-711.

A. L. Palazzo, *Centri minori e cultura della complessità. Problematiche, prospettive e traiettorie di riuso*, in <<ACE. Arquitectura, Ciudad y Entorno>>, n° 33, 2017, pp. 213-218

D. Melis, *Il turismo come opportunità di rigenerazione sostenibile dei centri storici minori*, in <<ACE. Arquitectura, Ciudad y Entorno>>, n° 33, 2017, pp. 181-196

N. Carrà, L. Spanò, *Aree interne e centri minori per la competitività del territorio*, in << ArcHistoR>>, extra n° 6, 2019, pp. 383-397
F. Fatta, *Il borgo rurale di Schisina a Francavilla di Sicilia. Processi di abbandono e analisi per il recupero*, in << ArcHistoR>>, extra n° 7, 2020, pp. 1067-1091

L. Napoleone, *Borghi abbandonati in Liguria. Valorizzazione turistica e trasformazione del senso del luogo*, in << ArcHistoR>>, extra n° 7, 2020, pp. 967-981

M. Zampilli, M. Magazzù, *Borghi abbandonati della Tuscia: una proposta di metodo per riconoscere i caratteri identitari da conservare e restituire*, in << ArcHistoR>>, extra n° 7, 2020, pp. 871-893.

A. Coletta, A. Severini, A. Spiegel, *The distortive effect of organic payments: An example of policy failure in the case of hazelnut plantation*, in <<Land Use Policy>>, vol. 119, n° 106202, agosto 2022.

Y. Wu, Z.Liu, Z. Kong, *Indoor Environmental Quality and Occupant Comfort*, in << Buildings 13>>, n 6, 2023, pag. 1400.

Piani e programmi

Strategia Aree Interne, *Alta Tuscia Antica città di Castro*, 2020 [https://politichecoesione.governo.it/it/strategie-tematiche-e-territoriali/strategie-territoriali/strategia-nazionale-aree-interne-snai/strategie-darea/regioni-del-centro/regione-lazio/alta-tuscia/]

Un paese ci vuole 2021 [https://www.regione.lazio.it/notizie/cultura/un-paese-ci-vuole-2021-finanziati-53-piccoli-comuni#:~:text=Con%20l'edizione%202021%20di,per%20il%20biennio%202022%2F2023]

Siti consultati

Andrea Turco, *“L’economia circolare non solo nelle città ma nei territori”: una possibile rotta per una ripresa post-Covid*, 2021[https://economicircolare.com/economia-circolare-territori-borghi-innovazione/, ultimo accesso febbraio 2023]

architecture2030.org

asvis.it

Comunità energetiche, opportunità per i borghi italiani. Torna Voler Bene all’Italia, in *lanuovaecologia.it*, 2022 [https://www.lanuovaecologia.it/comunita-energetiche-borghi-italiani-voler-bene-allitalia-2022/, ultimo accesso febbraio 2023]

Consiglio dell’Unione Europea, *Green Deal europeo* [https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/, ultimo accesso febbraio 2023]

Donatella Cambosu, *Transizione ecologica e digitale, ecco i 12 borghi del futuro che faranno da laboratorio*, 2021 [https://www.thegoodintown.it/transizione-ecologica-e-digitale-ecco-i-12-borghi-del-futuro-che-faranno-da-laboratorio/, ultimo accesso febbraio 2023]

E. Ventrella, *Quaderno Tecnico. Strutture reticolari spaziali*, in ettoreventrella.com

Madi Ferrucci, *Centocelle, Roma: l’economia circolare di quartiere fa risparmiare 160 tonnellate di CO2 all’anno*, 2021 [https://economicircolare.com/centocelle-economia-circolare-quartiere/, ultimo accesso febbraio 2023]

iea.org

lazioeuropa.it

meroitaliana.it

S. Cappelli, *“Cara Tuscia...”, Pasolini detta le linee guida per lo sviluppo*, in *Tusciaweb*, 2015, [http://www.tusciaweb.eu/2015/10/cara-tuscia-pasolini-detta-linee-guida-per-sviluppo/, ultimo accesso febbraio 2023]

Paul Collins, *COP26: What is it? What are the aims and goals?* [https://climate.selectra.com/en/news/cop26, ultimo accesso febbraio 2023]

S. Roversi, *Borghi. Laboratori di prosperità inclusiva*, in *Il Sole 24 ore*, febbraio 2022 [https://saroveri.nova100.ilsole24ore.com/2022/02/27/borghi/?refresh_ce=1, ultimo accesso 2023]

slowfood.it

Normative

Circolare ministeriale 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.. Istruzioni per l’applicazione dell’ «Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018

Decreto del Ministro dei lavori pubblici 14 giugno 1989, n. 236

Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008

Indice delle figure

Eurocodice 1 UNI EN 1991

Eurocodice 7 UNI EN 1997

Legge 9 gennaio 1989, n. 13. Disposizioni per favorire il superamento e l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici privati
Norme Tecniche per le Costruzioni, Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 (NTC 2018)

UNI 9182 - Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda

UNI 10339 - Impianti aeraulici ai fini di benessere

UNI 10349:2016 - Riscaldamento e raffrescamento degli edifici

UNI/ TS 11300 - Prestazione energetiche degli edifici

Capitolo 01/ Visioni future per i piccoli centri

Fig.1.1. Mappa dei piccoli comuni e dei borghi abbandonati in Italia.

Fig.1.2. Popolazione residente nei piccoli comuni relativa all'anno 2021. [Fonte dati: ISTAT, Censimenti permanenti, 2023]

Fig.1.3. Composizione demografica dei piccoli comuni relativa all'anno 2021. [Fonte dati: ISTAT, Censimenti permanenti, 2023]

Fig.1.4. Susanna Pozzoli, *Mario Berta Battiloro*, dalla serie *Venetian Way*, Venezia 2017-2018

Fig.1.5. *Ecovillaggio di Torri Superiore* [Fonte: italiachecambia.org]

Fig.1.6. Gavin Bond, *Brunello Cucinelli's School Of Arts And Crafts is housed in the village's 14th-century castle*, in *GQ magazine*, febbraio 2019

Fig.1.7. *Il foro delle arti* [Fonte: Solomeo.it]

Capitolo 02/ Obiettivo 2050: il ruolo dei borghi

Fig.2.1. Emissioni annue di CO₂, con evidenziate quelle che riguardano il settore dell'edilizia [Fonte dati: IEA (2022), Buildings, IEA, Paris]

Fig.2.2. Eiko Ojala, *Climate Changed*, 2019

Fig.2.3. Schema riassuntivo dei piani e programmi 2030-2050

Fig.2.4. Obiettivi dell'Agenda 2030 con evidenziati quelli legati alla progettazione

Fig.2.5. Eiko Ojala, *Metropolis Magazine cover for "Green Cities"*, 2019

Fig.2.6. Schema del progetto di filiera *Energia Agricola a km0* promosso da *Col-diretti Veneto* e *ForGreen* SpA Società Benefit [Fonte: Fattorie del sole -Coldiretti]

Capitolo 03/ Una sfida possibile

Fig.3.1.M. Tranquillini, senza nome [Fonte: https://www.corriere.it/opinioni/18_gennaio_09/borghi-antichi-riportiamo-vita-fc7d5f90-f48a-11e7-8933-313bcfe78b3c.shtml]

Fig.3.2. Orvieto [Fonte: <https://www.spa-umbria.com/2020/09/04/borghi-umbria/>].

Fig.3.3. Esempio di gerarchia a tre livelli. [Fonte: L. Cirillo, L. Marcarelli, M. Squillante, *Uno strumento matematico per le decisioni complesse. L'analisi multicriteriale*, in <<MatematicaMente>>, MATHESIS, n 153, dicembre 2010.]

Fig.3.4. Matrice di confronto a coppie. [Fonte: L. Cirillo, L. Marcarelli, M. Squillante, *Uno strumento matematico per le decisioni complesse. L'analisi multicriteriale*, in <<MatematicaMente>>, MATHESIS, n 154, dicembre 2010.]

Fig.3.5. Patrizio Vailati Facchini, *Borgo di Celleno, 2022*.

Fig.3.6. *Trevinano* [fonte: <https://siviaggia.it/borghi/video/trevinano-borgo-falesia/384997/>].

Fig.3.7. *Castelnuovo dei Sabbioni* [fonte: <https://www.toscanamedianews.it/cavriglia-borgo-disabitato-baciato-pnrr-castelnuovo-avane.htm>].

Fig.3.8. *Cesi* [fonte: https://www.ilmessaggero.it/umbria/un_week_end_alla_scoverta_di_cesi_connubio_di_storia_arte_c_natura-6989913.html].

Fig.3.9. Risultato dell'analisi multicriteri ricavato dal software *Superdecion*.

Capitolo 04/ La terra dei Tusci

Fig.4.1. *Etruscan Necropolises of Cerveteri and Tarquinia* [Fonte: unesco.beniculturali.it]

Fig.4.2. Patrizio Vailati Facchini, *Civita di bagnoregio, 2022*

Fig.4.3. Villa Caviciana a Gradoli, [Fonte: *Viterbotoday*]

Fig.4.4. Patrimonio naturale e costruito nell'Alta Tuscia

Fig.4.5. Mappa delle produzioni locali dell'Alta Tuscia

Fig.4.6. Pier Paolo Pasolini a Chia [Fonte: *TusciaUp*]

Fig.4.7. Mappa che mostra l'andamento demografico dei comuni dell'Alta Tuscia

Fig.4.8. Quote occupati per settore Viterbo vs Macroregione per l'anno 2020

Fig.4.9. Quoziente di localizzazione in A (Macroregione, 2011-2019)

Fig.4.10. Quoziente di localizzazione in M (Macroregione, 2011-2019)

Fig.4.11. Analisi Shift-Share della provincia di Viterbo

Fig.4.12. Analisi Shift-Share "pesata" della provincia di Viterbo

Fig.4.13. Patrizio Vailati Facchini, *Ingresso al borgo fantasma di Celleno, 2022*

Fig.4.14. Enrico Castellani [Fonte: movemagazine.it]

Fig.4.15. Inquadramento del Comune

Fig.4.16. Calendario degli eventi cellenesi e del circondario

Fig.4.17. everina Buskers [Fonte: sanrocco-celleno.it]

Fig.4.18. Notte dell'Arpia [Fonte: ilborgofantasmadicelleno.it]

Fig.4.19. Logo Ciliegia di Celleno e Logo del Consorzio della Ciliegia di Celleno [Fonte: Consorzio della Ciliegia di Celleno]

Fig.4.20. Parco delle ciliegie [Fonte: Pro loco Celleno]

Fig.4.21. Le Maioliche Medioevali dal Butto di Celleno Vecchio [Fonte : *Tu-sciaUp*]

Fig.4.22. Andrea Silvestrini, Il grande butto di Celleno, 2022

Capitolo 05/ Il risveglio del borgo fantasma

Fig.5.1. Analisi SWOT a scala territoriale

Fig.5.2. Analisi SWOT a scala locale

Fig.5.3. Logo del progetto

Fig.5.4. Locandina "Giornate studi" organizzate dal Comune di Celleno a cura dello studio Alma Civita [Fonte: Comune di Celleno]

Fig. 5.5. Presentazione del progetto di tesi, Celleno, aprile 2023

Fig. 5.6. Loghi dei diversi stakeholders:

- Fondazione Castellani [fonte: <https://www.fondazioneenricocastellani.it/>]
- Proloco Celleno [fonte: <https://laprolocodicelleno.wordpress.com/>]
- Consorzio della Ciliegia di Celleno [Fonte: Consorzio della Ciliegia di Celleno]
- Fondazione Carivit [fonte: <http://www.fondazioneomnia.eu/patrocinio-fondazione-carivit/>]
- Slowfood Lazio [fonte: www.slowfood.it]
- FAI [fonte: [fondoambiente.it](http://www.fondoambiente.it)]

Fig. 5.7. Individuazione degli stakeholders.

Fig. 5.8. Matrice interesse-influenza.

Capitolo 06/ Il borgo antico

Fig.6.1. Vista a volo d'uccello del borgo fantasma e di Celleno Vecchio, 1990 [Fonte: Comune di Celleno]

Fig.6.2. Schema riassuntivo degli eventi caratterizzanti la storia del borgo

Fig.6.3. Rapporti stratigrafici tra le quattro unità geomeccaniche, in A. Antonucci, *Relazione geologica*, 2017

Fig.6.4. Carta geologica, in A. Antonucci, *Relazione geologica*, 2017

Fig.6.5. Patrizio Vailati Facchini, *Affioramento dei tufi leucititici basali*, 2022

Fig.6.6. Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), in A. Antonucci, *Relazione geologica*, 2017

Fig.6.7. Stato di conservazione dei fabbricati esistenti

Fig.6.8. Rilievo fotografico all'interno del borgo

Fig.6.9. Sezione ambientale del borgo

Fig.6.10. Matrice di sintesi dei degradi presenti

Fig.6.11. Rilievi geometrico, materico e del degrado del prospetto sud del fronte nord del borgo

Fig.6.12. Sezione tecnologica dell'ex chiesa di S. Donato

Fig.6.13. Grafico della prova di compressione uniassiale

Fig.6.14. Blocco di tufo precedente alla prova di compressione

Fig.6.15. Blocco di tufo a seguito della prova di compressione

Fig.6.16. Verifica delle prestazioni residue dei pacchetti tecnologici preesistenti

Capitolo 07/ Celleno: nuovo centro culturale

Fig.7.1. Assonometria di progetto

Fig.7.2. Sistema delle funzioni

Fig.7.3. Diagramma sostenibilità economica

Fig.7.4. Diagramma orario

Fig.7.5. Accessibilità interna al borgo allo stato di fatto

Fig.7.6. Accessibilità interna al borgo allo stato di progetto

Fig.7.7. Schermata di Solibri: verifica corpi scala

Fig.7.8. Schermata di Solibri: errori percorsi

Fig.7.9. Collegamenti con il borgo

Fig.7.10. Sistema dei terrazzamenti e punti di raccolta delle acque

Capitolo 08/ In equilibrio tra vecchio e nuovo

Fig.8.1. Il borgo fantasma di Celleno [Fonte: in *BioArchitettura. Abitare la Terra*, n° 141, pag. 50, 2023].

Fig.8.2. Patrizio Vailati Facchini, *Vista sulla necropoli etrusca dal versante nord del borgo*, 2022.

Fig.8.3. Andrea Silvestrini, *Glirarium*, 2022.

Fig.8.4. Prospetto nord sulla piazza.

Fig.8.5. Sezione edifici versante nord.

Fig.8.6. *Vista a volo d'uccello sul versante sud*, 2022.

Fig.8.7. Concept architettonico.

Fig.8.8. Concept architettonico.

Fig.8.9. Vista di progetto: dettaglio cono ottico.

Fig.8.10. Prospetto sud sulla piazza.

Fig.8.11. Prospetto edifici versante sud.

Fig.8.12. Sezione edifici versante sud.

Fig.8.13. Verifica meccanismo di collasso locale parete sud.

Fig.8.14. Schema tecnica del Reticolatus [Fonte: fibrenet.it].

Fig.8.15. Diagramma degli spostamenti per la combinazione di carico con azione sismica in direzione Y.

Fig.8.16. Schema degli interventi di consolidamento ipotizzati per l'ex chiesa di San Donato.

Fig.8.17. Tipologie di grigliato [Fonte: M. Majowiecki, *Grandi coperture*, in [a cura di] C. Piano, R. Piano, *L'Almanacco dell'architetto*, vol. 2, Roma 2012, pag. 501.].

Fig.8.18. Sketch della vista interna all'ex chiesa di San Donato con le tirature e gli elementi ombreggianti..

Fig.8.19. Diagramma di distribuzione degli sforzi s_{22} per la combinazione di carico con azione sismica in direzione X.

Fig.8.20. Diagramma di distribuzione degli sforzi s_{22} per la combinazione di

carico con azione sismica in direzione Y.

Fig.8.21. Schematizzazione delle fasi di costruzione.

Fig.8.21. Schematizzazione delle fasi di costruzione.

Fig.8.23. Schema delle nuove strutture sul versante sud.

Fig.8.24. Schema assonometrico degli elementi della struttura soggetti a verifica - travi secondarie.

Fig.8.25. Schema statico travi secondarie.

Fig.8.26. Schema assonometrico degli elementi della struttura soggetti a verifica - travi primarie.

Fig.8.27. Schema statico travi primarie.

Fig.8.28. Schema assonometrico degli elementi della struttura soggetti a verifica - pilastri.

Fig.8.29. Schema statico pilastri.

Fig.8.30. Concept strutturale del grande aggetto.

Fig.8.31. Schema statico usato per la trave reticolare.

Fig.8.32. Diagramma degli spostamenti.

Fig.8.33. Verifica della trave (Steel design section - NTC 2018).

Fig.8.34. Andrea Silvestrini, *Il fossato del Castello Orsini*, 2022.

Fig.8.35. Blow up (TAV. 62) .

Capitolo 09/ Nuovi spazi da vivere

Fig.9.1. Irradiazione totale.

Fig.9.2. Valori di temperatura medi mensili.

Fig.9.3. Schema strategie passive.

Fig.9.4. Stratigrafie di progetto (riferimento TAVV.58-59).

Fig.9.5. Bilancio energetico sintetico riscaldamento - senza ventilazione.

Fig.9.6. Bilancio energetico sintetico raffrescamento - senza ventilazione.

Fig.9.7. Bilancio risolto ai fini del fabbisogno di riscaldamento - senza ventilazione.

Fig.9.8. Bilancio risolto ai fini del fabbisogno di raffrescamento - senza ventilazione.

Fig.9.9. Bilancio energetico sintetico riscaldamento - con ventilazione.

Fig.9.10. Bilancio energetico sintetico raffrescamento - con ventilazione.

Fig.9.11. Bilancio risolto ai fini del fabbisogno di riscaldamento - senza ventilazione.

Fig.9.12. Bilancio risolto ai fini del fabbisogno di raffrescamento - senza ventilazione.

Fig.9.15. Vista renderizzata dello spazio espositivo.

Fig.9.16. Sketch angolo bar .

Fig.9.17. Sketch sala ristorante.

Fig.9.18. Step progettuali parete sud-est.

Fig.9.19. Step progettuali parete sud-ovest.

Fig.9.20. Concept studio dei frangisole.

Fig.9.21. Analisi luce naturale 21 dicembre ore 13: confronto parete interamente vetrata e soluzione finale.

Fig.9.22. Analisi luce naturale 21 giugno ore 13: confronto parete interamente vetrata e soluzione finale.

Fig.9.23. Analisi luce naturale: Vista interna.

Fig.9.24. Vista renderizzata della sala ristorante.

Fig.9.25. Nuovo museo dell'arte Fondazione Luigi Rovati [Fonte: mcarchitects.it].

Fig.9.26. Schema funzionale impianto idrico.

Fig.9.27. Schematizzazione LCA [Fonte: <https://www.phoresta.org/2021/02/03/cosa-e-il-life-cycle-assessment-lca/>].

Fig.9.28. Classe di impatto energetico in termini di anidride carbonica. - Stato di progetto

Fig.9.29. Potenziale di riscaldamento globale kg CO₂e. Tipi di risorsa. - Stato di progetto

Fig.9.30. Potenziale di riscaldamento globale kg CO₂e. Fasi del Life Cycle. -Stato di progetto

Fig.9.31. Classe di impatto energetico in termini di anidride carbonica.

Fig.9.34. Potenziale di riscaldamento globale kg CO₂e. Tipi di risorsa.

Fig.9.33. Potenziale di riscaldamento globale kg CO₂e. Fasi del Life Cycle.

Capitolo 10/ Linee guida

Fig.10.1. V. Teti, Acherenzia, 2002 [Fonte: <http://www.istitutoeuroarabo.it/DM/riabitare-i-paesi-un-manifesto-per-i-borghi-in-abbando-no-e-in-via-di-spopolamento/>].

Fig.10.2. Diagramma di flusso del percorso metodologico.

Indice delle tabelle

Capitolo 03/ Una sfida possibile

Tab.3.1 Schematizzazione dei livelli del modello gerarchico di analisi.

Capitolo 05/ Il risveglio del borgo fantasma

Tab.4.1 OSA - Obiettivi, Strategie e Azioni

Capitolo 07/ Celleno: nuovo centro culturale

Tab.7.1 Superfici disponibili allo stato di fatto

Tab.7.2 Superfici necessarie allo stato di progetto

Capitolo 08/ In equilibrio tra vecchio e nuovo

Tab.8.1. Caratteristiche meccaniche della muratura.

Tab.8.2. Giudizi attribuibili ai parametri della regola dell'arte.

Tab.8.3. Grado di rispetto della regola d'arte per l'edificio in esame.

Tab.8.4. Punteggi da attribuire ai parametri della regola dell'arte per il calcolo di IQMV, IQMFP e IQMNP.

Tab.8.5. Attribuzione delle categorie murarie in base ai valori di IQM.

Tab.8.6. Classificazione delle murature dell'ex chiesa di San Donato.

Tab.8.7. Parametri meccanici della muratura dell'ex chiesa di San Donato partendo dall'IQM.

Tab.8.8. Parametri meccanici della muratura migliorata.

Tab.8.9. Riduzione dello spostamento dovuto all'applicazione del Reticolatus.

Tab.8.10. Verifica allo SLU delle aste.

Tab.8.11. Verifica allo SLU dei pilastri.

Tab.8.12. Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie.

Tab.8.13. Verifica travi secondarie impalcati 0-1-2.

Tab.8.14. Verifica travi secondarie copertura.

Tab.8.15. Verifica travi primarie impalcati 0-1-2.

Tab.8.16. Verifica travi primarie copertura.

Tab.8.17. Verifica pilastri.

Tab.8.18. Carichi agenti sulla trave reticolare.

Capitolo 09/ Comfort e sostenibilità

Tab.9.1. Portata d'aria di ricambio nei difersi ambienti.

Tab.9.2. Unità di riscaldamento nei diversi ambienti.

Tab.9.3. Unità di raffrescamento nei diversi ambienti.

Tab.9.4. Fabbisogno della pompa di calore da installare.

Indice allegati

Rilievo fotografico

RF.01 Vista panoramica del borgo fantasma sul territorio
RF.02 Vista a volo d’uccello del borgo fantasma da sud
RF.03 Vista a volo d’uccello del borgo fantasma da ovest
RF.04 Vista d’insieme del borgo fantasma da Celleno vecchio
RF.05 Vista panoramica sul territorio da Piazza Mercato
RF.06 Vista dal basso della ripa, da Via del Ponte
RF.07 Accesso al borgo convista su castello Orsini
RF.08 Vista d’insieme su Celleno vecchio
RF.09 Portale d’accesso al borgo
RF.10 Castello Orsini da Piazza Castellani
RF.11 Vista panoramica del fossato del castello Orsini
RF.12 Museo delle ceramiche e chiesa di San Carlo
RF.13 Esposizione delle ceramiche all’interno del museo
RF.14 Mostra delle macchine parlanti nella chiesa di San Carlo
RF.15 Campanile e Fondazione Castellani
RF.16 Vista interna dell’ex chiesa di San Donato
RF.17 Ruderi dell’ex chiesa di San Donato
RF.18 Ruderi dell’ex chiesa di San Donato
RF.19 Vista di dettaglio dei ruderi dell’ex chiesa di San Donato
RF.20 Strada secondaria del borgo
RF.21 Scalina di avvicinamento al butto etrusco
RF.22 Ruderi sul lato meridionale del borgo
RF.23 Ruderi sul lato meridionale del borgo
RF.24 Antico forno
RF.25 Vista d’insieme dal belvedere
RF.26 Vista d’insieme sul paesaggio
RF.27 Cantine sul lato orientale dell’altopiano
RF.28 Accesso alle antiche botteghe del borgo
RF.29 Vista interna delle cantine

RF.30 Vista interna del grande butto etrusco

Catalogo edifici esistenti

CF.01 Edifici A - Edifici all’entrata
CF.02 Edifici B - Ruderi del blocco nord
CF.03 Edificio C - Ex chiesa di San Donato
CF.04 Edificio D - Campanile
CF.05 Edificio E - Museo della ceramica
CF.06 Edificio F - Ex chiesa di San Carlo
CF.07 Edificio G - Edificio retrostante l’ex chiesa di San Carlo
CF.08 Edificio H - Antico forno
CF.09 Edificio I - Ruderi del blocco sud
CF.10 Edificio L - Butto etrusco

Schede del degrado

D.00 Matrice di sintesi dei degradi presenti
D.01 Alterazione cromatica
D.02 Alveolizzazione
D.03 Deposito superficiale
D.04 Disgregazione
D.05 Distacco
D.06 Fessurazione
D.07 Macchia
D.08 Mancanza
D.09 Mancanza di finitura di intonaco
D.10 Percolamento
D.11 Patina biologica
D.12 Presenza di vegetazione
D.13 Rappezzo incongruo

Schede tecnologiche

T.1 Muratura in blocchi di tufo a due/tre/quattro teste
T.2 Muratura in blocchi di tufo a sacco
T.3 Solaio voltato
T.4 Copertura travi lignee e coppi

Schede di intervento

IN.00 Rimozione della vegetazione infestante
IN.01 Rimozione dei detriti e dei blocchi instabili
IN.02 Consolidamento del terreno
IN.03 Rimozione superficie intonacata esterna
IN.04 Cuci e scuci
IN.05 Realizzazione della nuova struttura reticolare
IN.06 Consolidamento leggero mediante Reticolatus
IN.07 Consolidamento mediante tirantature
IN.09 Realizzazione scala consolidante
IN.10 Realizzazione sopraelevazione
IN.11 Consolidamento corticale facciate in tufo
IN.12 Restauro degli intonaci

Analisi dei carichi agenti sulle strutture

Carichi permanenti strutturali
Carichi permanenti non strutturali
Carichi variabili
Azione del sisma

Dispersioni e apporti di calore attraverso l'involucro

Dispersioni invernali
Apporti di calore - Ore 9.00
Apporti di calore - Ore 12.00
Apporti di calore - Ore 15.00
Apporti di calore - Ore 18.00
Rientri di calore estivi totali nell’ora critica - Ore 18

Schede fotografiche

Vista panoramica del borgo fantasma sul territorio

RF.01



Dati generali

n° fotografia 01
Luogo Celleno (VT)
Oggetto Paesaggio della Toscana
Soggetto Borgo fantasma
Vista Panoramica dall'alto
Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
Risoluzione 5184 x 3456 pixel
Distanza focale 55 mm
Diaframma f/5.6
Tempi di scatto 1/800
Sensibilità ISO 100



Vista a volo d'uccello del borgo fantasma da sud

RF.02



Dati generali

n° fotografia 02
Luogo Celleno (VT)
Oggetto Borgo fantasma
Soggetto Lato meridionale
Vista Volo d'uccello
Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Drone DJI Mini
Risoluzione 5184 x 3456 pixel
Distanza focale -
Diaframma -
Tempi di scatto -
Sensibilità ISO -



Vista a volo d'uccello del borgo fantasma da ovest

RF.03



Dati generali

n° fotografia 03
Luogo Celleno (VT)
Oggetto Borgo fantasma
Soggetto Lato occidentale
Vista Volo d'uccello
Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Drone DJI Mini
Risoluzione 5184 x 3456 pixel
Distanza focale -
Diaframma -
Tempi di scatto -
Sensibilità ISO -



Vista d'insieme del borgo fantasma da Celleno vecchio

RF.04



Dati generali

n° fotografia 04
Luogo Celleno (VT)
Oggetto Borgo fantasma
Soggetto Accesso da Celleno Vecchia
Vista Panoramica
Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
Risoluzione 5184 x 3456 pixel
Distanza focale 36 mm
Diaframma f/4.5
Tempi di scatto 1/250
Sensibilità ISO 100



Vista panoramica sul territorio da Piazza Mercato

RF.05



Dati generali

n° fotografia 05
Luogo Celleno (VT)
Oggetto Piazza del mercato
Soggetto Ponte di accesso al borgo
Vista Prospettiva centrale
Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
Risoluzione 5184 x 3456 pixel
Distanza focale 12 mm
Diaframma f/5
Tempi di scatto 1/1000
Sensibilità ISO 100



Vista dal basso della ripa, da Via del Ponte

RF.06



Dati generali

n° fotografia 06
Luogo Celleno (VT)
Oggetto Borgo fantasma
Soggetto Rupe da Via del Ponte
Vista Panoramica dal basso
Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
Risoluzione 5184 x 3456 pixel
Distanza focale 14 mm
Diaframma f/5
Tempi di scatto 1/250
Sensibilità ISO 100



Accesso al borgo convista su castello Orsini

RF.07



Dati generali

n° fotografia 07
Luogo Celleno (VT)
Oggetto Borgo fantasma
Soggetto Accesso dal ponte
Vista Panoramica
Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
Risoluzione 5184 x 3456 pixel
Distanza focale 18 mm
Diaframma f/3.5
Tempi di scatto 1/320
Sensibilità ISO 100



Vista d'insieme su Celleno vecchio

RF.08



Dati generali

n° fotografia 08
Luogo Celleno (VT)
Oggetto Celleno Vecchia
Soggetto Accesso dal ponte
Vista Panoramica dall'alto
Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
Risoluzione 5184 x 3456 pixel
Distanza focale 18 mm
Diaframma f/3.5
Tempi di scatto 1/400
Sensibilità ISO 100



Portale d'accesso al borgo

RF.09



Dati generali

n° fotografia 09
Luogo Celleno (VT)
Oggetto Borgo fantasma
Soggetto Portale d'accesso
Vista Prospettiva centrale
Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
Risoluzione 5184 x 3456 pixel
Distanza focale 18 mm
Diaframma f/3.5
Tempi di scatto 1/250
Sensibilità ISO 100



Castello Orsini da Piazza Castellani

RF.10



Dati generali

n° fotografia 10
Luogo Celleno (VT)
Oggetto Borgo fantasma
Soggetto Castello Orsini
Vista Panoramica
Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
Risoluzione 5184 x 3456 pixel
Distanza focale 21 mm
Diaframma f/3.5
Tempi di scatto 1/800
Sensibilità ISO 100



Vista panoramica del fossato del castello Orsini

RF.11



Dati generali

n° fotografia 11
 Luogo Celleno (VT)
 Oggetto Borgo fantasma
 Soggetto Fossato del Castello Orsini
 Vista Panoramica dall'alto
 Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
 Risoluzione 5184 x 3456 pixel
 Distanza focale 10 mm
 Diaframma f/4.5
 Tempi di scatto 1/320
 Sensibilità ISO 100



Museo delle ceramiche e chiesa di San Carlo

RF.12



Dati generali

n° fotografia 12
 Luogo Celleno (VT)
 Oggetto Piazza E. Castellani
 Soggetto Museo ceramiche e Chiesa S. Carlo
 Vista Panoramica
 Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
 Risoluzione 5184 x 3456 pixel
 Distanza focale 18 mm
 Diaframma f/3.5
 Tempi di scatto 1/800
 Sensibilità ISO 100



Esposizione delle ceramiche all'interno del museo

RF.13



Dati generali

n° fotografia 13
 Luogo Celleno (VT)
 Oggetto Museo delle ceramiche
 Soggetto Reperti in esposizione
 Vista Dettaglio
 Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
 Risoluzione 5184 x 3456 pixel
 Distanza focale 23 mm
 Diaframma f/3.5
 Tempi di scatto 1/200
 Sensibilità ISO 800



Mostra delle macchine parlanti nella chiesa di San Carlo

RF.14



Dati generali

n° fotografia 14
 Luogo Celleno (VT)
 Oggetto Chiesa di San Carlo
 Soggetto Mostra delle macchine parlanti
 Vista Prospettiva centrale
 Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
 Risoluzione 5184 x 3456 pixel
 Distanza focale 35 mm
 Diaframma f/3.5
 Tempi di scatto 1/200
 Sensibilità ISO 200



Campanile e Fondazione Castellani



Dati generali

n° fotografia 15
Luogo Celleno (VT)
Oggetto Piazza E. Castellani
Soggetto Edifici blocco nord
Vista Panoramica
Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
Risoluzione 5184 x 3456 pixel
Distanza focale 10 mm
Diaframma f/4.5
Tempi di scatto 1/1000
Sensibilità ISO 100



RF.15

Vista interna dell'ex chiesa di San Donato



Dati generali

n° fotografia 16
Luogo Celleno (VT)
Oggetto Chiesa di San Donato
Soggetto Campanile della Chiesa
Vista Panoramica dal basso
Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
Risoluzione 5184 x 3456 pixel
Distanza focale 18 mm
Diaframma f/3.5
Tempi di scatto 1/500
Sensibilità ISO 100



RF.16

Ruderi dell'ex chiesa di San Donato



Dati generali

n° fotografia 17
Luogo Celleno (VT)
Oggetto Chiesa di San Donato
Soggetto Ruderi della Chiesa
Vista Interna
Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
Risoluzione 5184 x 3456 pixel
Distanza focale 18 mm
Diaframma f/3.5
Tempi di scatto 1/800
Sensibilità ISO 100



RF.17

Ruderi dell'ex chiesa di San Donato



Dati generali

n° fotografia 18
Luogo Celleno (VT)
Oggetto Chiesa di San Donato
Soggetto Ruderi della Chiesa di S. Donato
Vista Interna
Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
Risoluzione 5184 x 3456 pixel
Distanza focale 21 mm
Diaframma f/3.5
Tempi di scatto 1/200
Sensibilità ISO 100



RF.18

Vista di dettaglio dei ruderi dell'ex chiesa di San Donato

RF.19

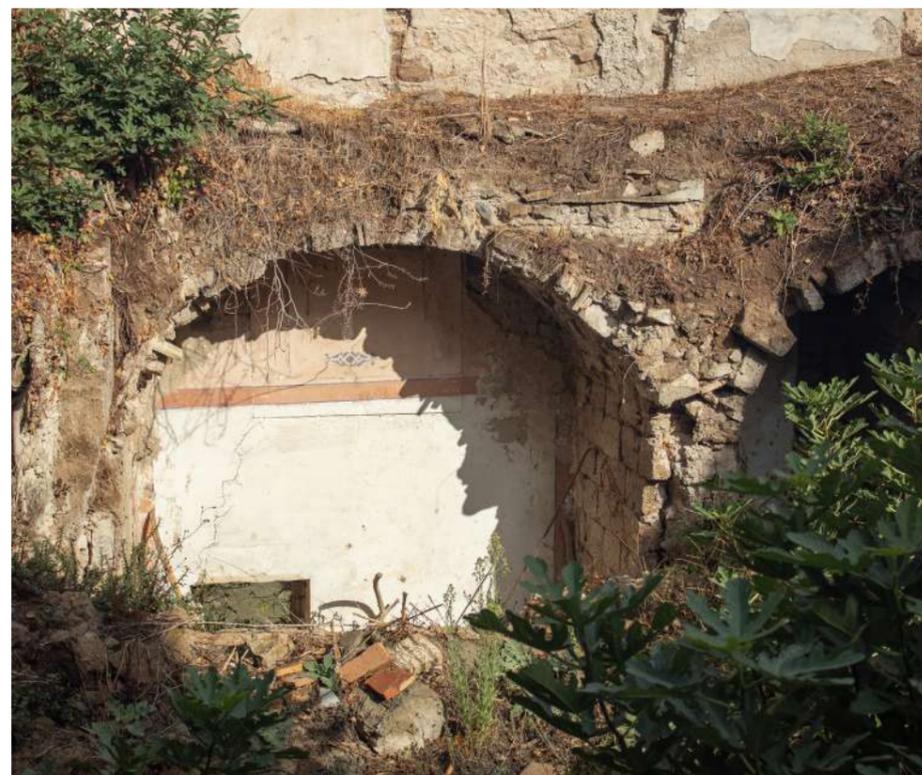


Dati generali

n° fotografia 19
 Luogo Celleno (VT)
 Oggetto Chiesa di S. Donato
 Soggetto Muratura perimetrale
 Vista Dettaglio
 Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
 Risoluzione 5184 x 3456 pixel
 Distanza focale 34 mm
 Diaframma f/4.5
 Tempi di scatto 1/800
 Sensibilità ISO 100



Strada secondaria del borgo

RF.20



Dati generali

n° fotografia 20
 Luogo Celleno (VT)
 Oggetto Borgo fantasma
 Soggetto Strada secondaria
 Vista Prospettiva centrale
 Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
 Risoluzione 5184 x 3456 pixel
 Distanza focale 25 mm
 Diaframma f/4
 Tempi di scatto 1/320
 Sensibilità ISO 100



Scalina di avvicinamento al butto etrusco

RF.21

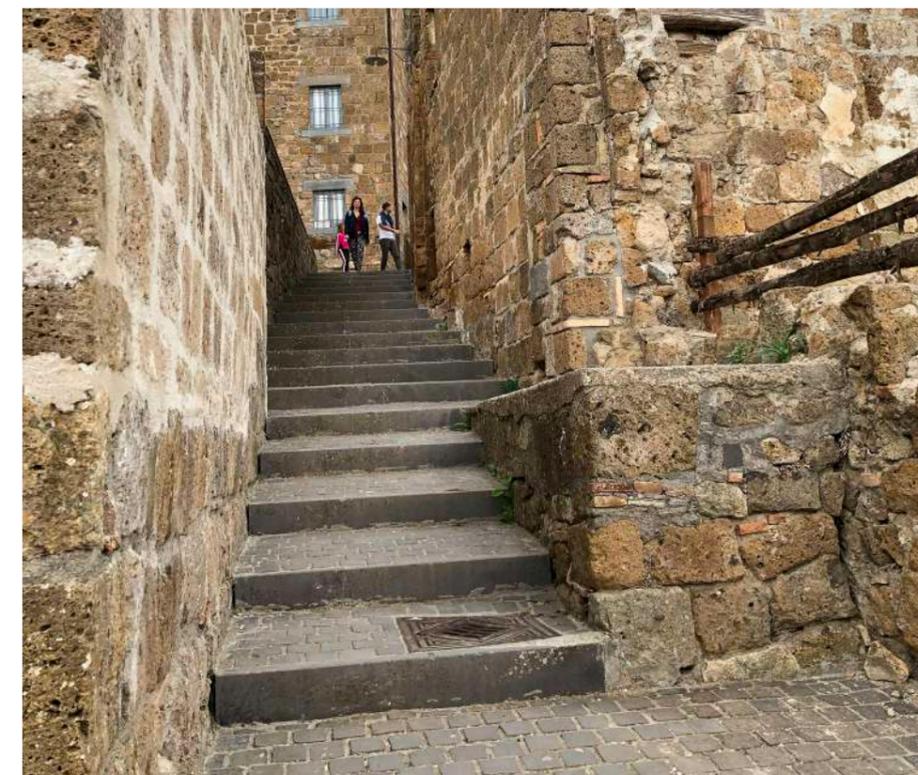


Dati generali

n° fotografia 21
 Luogo Celleno (VT)
 Oggetto Borgo fantasma
 Soggetto Strada secondaria
 Vista Prospettiva laterale
 Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
 Risoluzione 5184 x 3456 pixel
 Distanza focale 32 mm
 Diaframma f/5
 Tempi di scatto 1/800
 Sensibilità ISO 100



Ruderi sul lato meridionale del borgo

RF.22

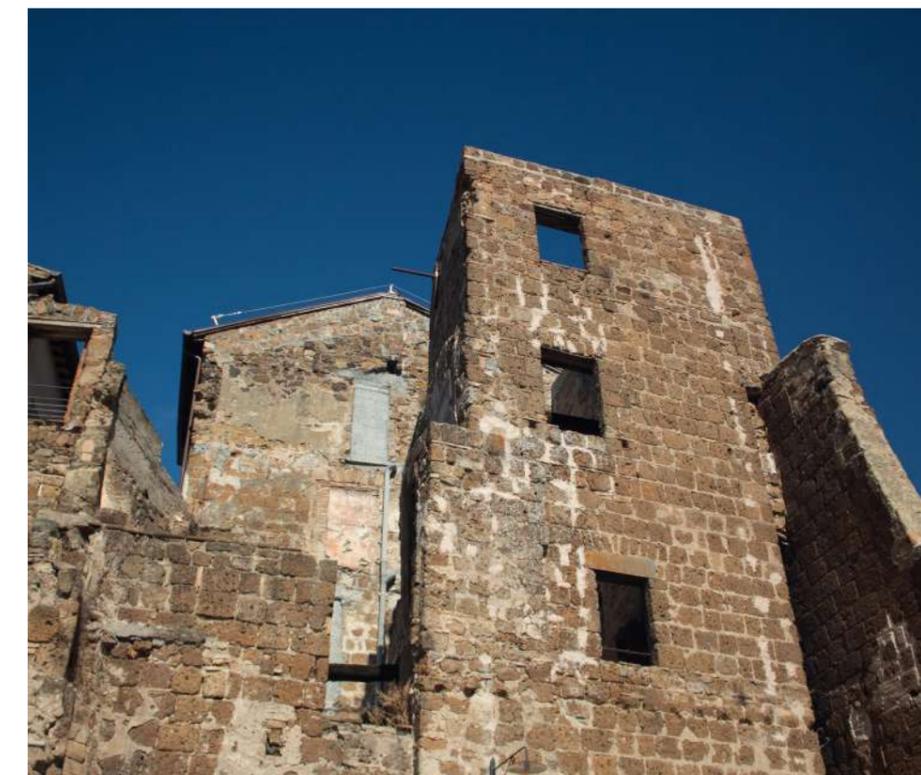


Dati generali

n° fotografia 22
 Luogo Celleno (VT)
 Oggetto Borgo fantasma
 Soggetto Ruderi sul lato meridionale
 Vista Panoramica dal basso
 Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
 Risoluzione 5184 x 3456 pixel
 Distanza focale 20 mm
 Diaframma f/3.5
 Tempi di scatto 1/1600
 Sensibilità ISO 200



Ruderi sul lato meridionale del borgo



Dati generali

n° fotografia 23
Luogo Celleno (VT)
Oggetto Borgo fantasma
Soggetto Ruderi sul lato meridionale
Vista Panoramica dal basso
Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
Risoluzione 5184 x 3456 pixel
Distanza focale 21 mm
Diaframma f/3.5
Tempi di scatto 1/1000
Sensibilità ISO 100



RF.23

Antico forno



Dati generali

n° fotografia 24
Luogo Celleno (VT)
Oggetto Borgo fantasma
Soggetto Antico forno
Vista Prospettiva centrale
Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
Risoluzione 5184 x 3456 pixel
Distanza focale 20 mm
Diaframma f/3.5
Tempi di scatto 1/200
Sensibilità ISO 200



RF.24

Vista d'insieme dal belvedere



Dati generali

n° fotografia 25
Luogo Celleno (VT)
Oggetto Borgo fantasma
Soggetto Lato orientale del borgo
Vista Panoramica
Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
Risoluzione 5184 x 3456 pixel
Distanza focale 21 mm
Diaframma f/3.5
Tempi di scatto 1/640
Sensibilità ISO 100



RF.25

Vista d'insieme sul paesaggio



Dati generali

n° fotografia 26
Luogo Celleno (VT)
Oggetto Paesaggio
Soggetto Passerella panoramica
Vista Panoramica
Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
Risoluzione 5184 x 3456 pixel
Distanza focale 21 mm
Diaframma f/3.5
Tempi di scatto 1/1000
Sensibilità ISO 100



RF.26

Cantine sul lato orientale dell'altopiano

RF.27

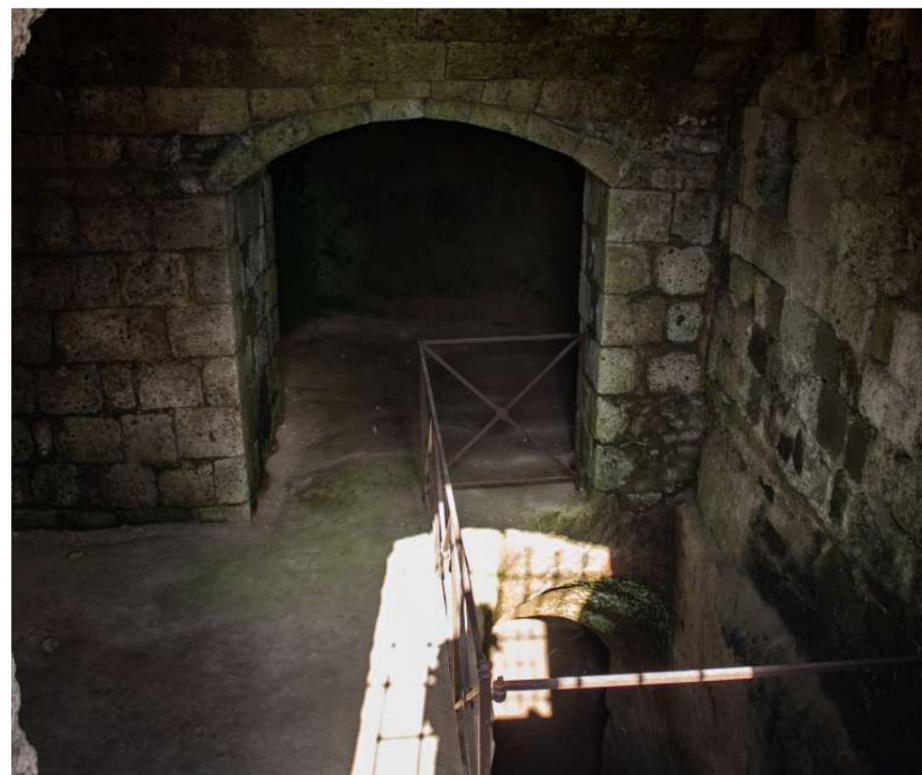


Dati generali

n° fotografia 27
 Luogo Celleno (VT)
 Oggetto Celleno Sotterranea
 Soggetto Cantina sul lato orientale
 Vista Interna
 Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
 Risoluzione 5184 x 3456 pixel
 Distanza focale 18 mm
 Diaframma f/3.5
 Tempi di scatto 1/25
 Sensibilità ISO 100



Accesso alle antiche botteghe del borgo

RF.28



Dati generali

n° fotografia 28
 Luogo Celleno (VT)
 Oggetto Borgo fantasma
 Soggetto Accesso alle storiche botteghe
 Vista Prospettiva centrale
 Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
 Risoluzione 5184 x 3456 pixel
 Distanza focale 17 mm
 Diaframma f/5.6
 Tempi di scatto 1/25
 Sensibilità ISO 200



Vista interna delle cantine

RF.29



Dati generali

n° fotografia 29
 Luogo Celleno (VT)
 Oggetto Celleno sotterranea
 Soggetto Scala d'accesso alle cantine
 Vista Interna
 Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
 Risoluzione 5184 x 3456 pixel
 Distanza focale 18 mm
 Diaframma f/3.5
 Tempi di scatto 1/6
 Sensibilità ISO 800



Vista interna del grande butto etrusco

RF.30

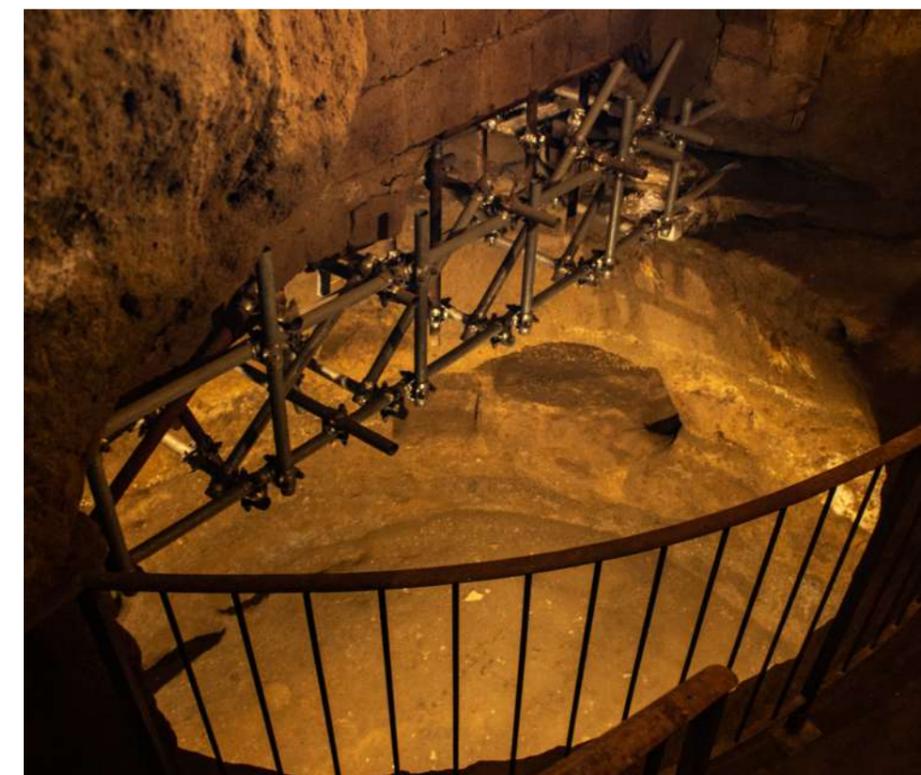


Dati generali

n° fotografia 30
 Luogo Celleno (VT)
 Oggetto Celleno sotterranea
 Soggetto Butto più grande d'Europa
 Vista Interna
 Data 06.09.2022

Dati tecnici

Fotocamera Reflex Canon 1300D
 Risoluzione 5184 x 3456 pixel
 Distanza focale 18 mm
 Diaframma f/3.5
 Tempi di scatto 1/8
 Sensibilità ISO 800



Catalogo edifici esistenti



- A** - Blocco nord: 2 edifici all'entrata
- B** - Blocco nord: Ruleri
- C** - Blocco nord: ex Chiesa di San Donato
- D** - Blocco nord: Campanile
- E** - Blocco sud: Museo della ceramica
- F** - Blocco sud: ex Chiesa di San Carlo
- G** - Blocco sud: Edificio retrostante la chiesa di San Carlo
- H** - Blocco sud: Forno
- I** - Blocco sud: Ruleri
- L** - Blocco sud: Butto etrusco
- M** - Fondazione Castellani (edificio privato)

EDIFICI A

INDICAZIONE PLANIMETRICA



INFORMAZIONI GENERALI

Data di edificazione	XI sec.
Superficie	36,95 m ²
Altezza	non rilevata
Volume	non rilevata
N° di piani	1

TIPOLOGIA COSTRUTTIVA

Struttura portante	Muratura portante in tufo
Chiusure verticali	Muratura a doppia testa
Partizioni verticali	/
Copertura	Travi di legno e coppi
Partizioni orizzontali	/

STATO DI CONSERVAZIONE

Esterno	Ben conservato e ristrutturato
Interno	non rilevata

DESCRIZIONE

Sono due piccoli edifici che si collocano all'entrata del borgo, appena varcato l'arco di ingresso. Sono stati ristrutturati recentemente e si presentano ben conservati. Ad oggi non hanno una funzione specifica, ma vengono usati dagli artigiani durante alcuni eventi.

RIFERIMENTO TAVOLE

12

CFE.01

EDIFICI B

INDICAZIONE PLANIMETRICA



INFORMAZIONI GENERALI

Data di edificazione	XI sec.
Superficie	non rilevabile
Altezza	non rilevabile
Volume	non rilevabile
N° di piani	5 (originari)

TIPOLOGIA COSTRUTTIVA

Struttura portante	Muratura portante in tufo
Chiusure verticali	Muratura a sacco
Partizioni verticali	/
Copertura	/
Partizioni orizzontali	/

STATO DI CONSERVAZIONE

Esterno	Rudere
Interno	/

DESCRIZIONE

Qui un tempo sorgevano le residenze dell'antico borgo. Oggi sono rimasti a testimonianza della loro presenza solo alcuni setti murari in pessimo stato di conservazione. L'impianto distributivo è solamente ipotizzabile data la scarsità di reperti rimasti.

RIFERIMENTO TAVOLE

12

CFE.02

RILIEVO FOTOGRAFICO



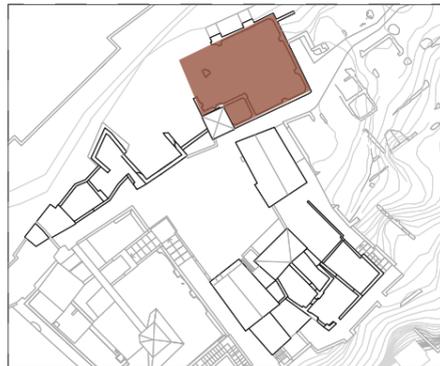
RILIEVO FOTOGRAFICO



EDIFICIO C

CFE.03

INDICAZIONE PLANIMETRICA



RILIEVO FOTOGRAFICO



INFORMAZIONI GENERALI

Data di edificazione	1000
Superficie	293,02 m ²
Altezza	non rilevabile
Volume	non rilevabile
N° di piani	2 (originari)

TIPOLOGIA COSTRUTTIVA

Struttura portante	Muratura portante in tufo
Chiusure verticali	Muratura a sacco
Partizioni verticali	/
Copertura	/
Partizioni orizzontali	/

STATO DI CONSERVAZIONE

Esterno	Rudere
Interno	Rudere

DESCRIZIONE

La costruzione di stile romanico conserva ancora due bei portali in basaltina. La chiesa si distribuiva su due piani, quella inferiore dedicata a S. Michele Arcangelo e quella superiore dedicata a S. Donato. Mentre della prima non si hanno testimonianze dell'impianto originario, quella dedicata a S. Donato si presume fosse a tre navate e, ad oggi, sono visibili la sede dell'altare maggiore e quella degli altari laterali.

RIFERIMENTO TAVOLE

12

EDIFICIO D

CFE.04

INDICAZIONE PLANIMETRICA



RILIEVO FOTOGRAFICO



INFORMAZIONI GENERALI

Data di edificazione	1000
Superficie	11,50 m ²
Altezza	18,95 m
Volume	217,92 m ³
N° di piani	4

TIPOLOGIA COSTRUTTIVA

Struttura portante	Muratura portante in tufo
Chiusure verticali	Muratura a quattro teste
Partizioni verticali	/
Copertura	Travi in legno e coppi
Partizioni orizzontali	/

STATO DI CONSERVAZIONE

Esterno	Esteticamente ben conservato
Interno	Solai non presenti

DESCRIZIONE

Di stile classico a tre ordini. Nonostante, si presenti ben conservato, la torre campanaria risulta essere non agibile per problemi strutturali.

RIFERIMENTO TAVOLE

12

EDIFICIO E

CFE.05

INDICAZIONE PLANIMETRICA



RILIEVO FOTOGRAFICO



INFORMAZIONI GENERALI

Data di edificazione	XI sec.
Superficie	32,15 m ²
Altezza	13,40 m
Volume	430,81 m ³
N° di piani	3

TIPOLOGIA COSTRUTTIVA

Struttura portante	Muratura portante in tufo
Chiusure verticali	Muratura a due teste
Partizioni verticali	/
Copertura	Travi in legno e coppi
Partizioni orizzontali	Travi in legno e tavelle in cotto

STATO DI CONSERVAZIONE

Esterno	Ben conservato
Interno	Ristrutturato e ben conservato

DESCRIZIONE

Questa struttura è stata negli anni sottoposta a consolidamento strutturale delle parti murarie e del tetto. Inoltre anche la facciata ha subito un rinnovamento. Dal punto di vista funzionale questa struttura accoglie al pian terreno lo spazio museale dedicato interamente alla ceramica. Anche il piano primo trova una sua collocazione funzionale all'interno della funzione espositiva dello spazio museale.

RIFERIMENTO TAVOLE

12

EDIFICIO F

CFE.06

INDICAZIONE PLANIMETRICA



RILIEVO FOTOGRAFICO



INFORMAZIONI GENERALI

Data di edificazione	1615
Superficie	55,80 m ²
Altezza	11,80 m
Volume	658,44 m ³
N° di piani	1

TIPOLOGIA COSTRUTTIVA

Struttura portante	Muratura portante in tufo
Chiusure verticali	Muratura a tre teste
Partizioni verticali	/
Copertura	Capriate lignee e coppi
Partizioni orizzontali	/

STATO DI CONSERVAZIONE

Esterno	Ben conservato
Interno	Ristrutturato e ben conservato

DESCRIZIONE

Realizzata per volontà della Congregazione di San Carlo e alle offerte dei fedeli cellenesi. La chiesa sorge sui resti di una più antica chiesa medievale ed è stata costruita a navata unica, con dimensioni molto ridotte. La facciata è semplice e sormontata da un piccolo campanile a vela, mentre sopra al portale si trova un timpano spezzato che racchiude il simbolo del Calvario.

RIFERIMENTO TAVOLE

12



EDIFICIO G

INDICAZIONE PLANIMETRICA



RILIEVO FOTOGRAFICO



INFORMAZIONI GENERALI

Data di edificazione	XI sec.
Superficie	34,36 m ²
Altezza	5,20 m
Volume	178,67 m ³
N° di piani	2

TIPOLOGIA COSTRUTTIVA

Struttura portante	Muratura portante in tufo
Chiusure verticali	Muratura a due teste
Partizioni verticali	/
Copertura	Travi in legno e coppi
Partizioni orizzontali	Travi in legno e tavelle in cotto

STATO DI CONSERVAZIONE

Esterno	Ben conservato
Interno	Ristrutturato e ben conservato

DESCRIZIONE

Struttura ricostruita nel 2017, probabilmente non secondo l'impianto originale, e ad oggi impiegata come esposizione degli oggetti della tradizione.

RIFERIMENTO TAVOLE

12

CFE.07

EDIFICIO H

INDICAZIONE PLANIMETRICA



RILIEVO FOTOGRAFICO



INFORMAZIONI GENERALI

Data di edificazione	XI sec.
Superficie	27,40 m ²
Altezza	3,50 m
Volume	95,9 m ³
N° di piani	1

TIPOLOGIA COSTRUTTIVA

Struttura portante	Muratura portante in tufo
Chiusure verticali	Muratura a doppia testa
Partizioni verticali	/
Copertura	Volta in tufo
Partizioni orizzontali	/

STATO DI CONSERVAZIONE

Esterno	Ben conservato
Interno	Ben conservato

DESCRIZIONE

Antico fornaio del borgo, si ipotizza che il forno originariamente fosse impiegato per la cottura della ceramica.

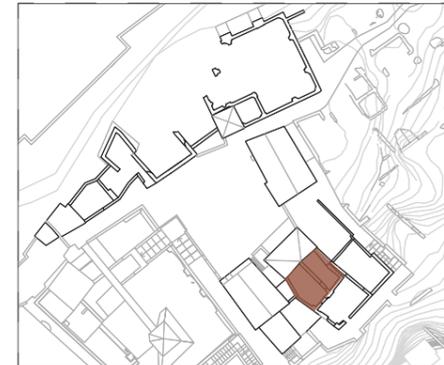
RIFERIMENTO TAVOLE

12

CFE.08

EDIFICIO I

INDICAZIONE PLANIMETRICA



RILIEVO FOTOGRAFICO



INFORMAZIONI GENERALI

Data di edificazione	XI sec.
Superficie	110,90 m ²
Altezza	non rilevabile
Volume	non rilevabile
N° di piani	/

TIPOLOGIA COSTRUTTIVA

Struttura portante	Muratura portante in tufo
Chiusure verticali	Muratura a doppia testa
Partizioni verticali	/
Copertura	/
Partizioni orizzontali	/

STATO DI CONSERVAZIONE

Esterno	Rudere
Interno	/

DESCRIZIONE

Questo spazio si presenta come un unico ambiente. E' composto principalmente da ruderi che lasciano a terra l'impronta dell'impianto una volta presente. Di questo spazio rimangono tutt'oggi accessibili e visitabili gli spazi sotterranei.

RIFERIMENTO TAVOLE

12

CFE.09

EDIFICIO L

INDICAZIONE PLANIMETRICA



RILIEVO FOTOGRAFICO



INFORMAZIONI GENERALI

Data di edificazione	2017
Superficie	54,50 m ²
Altezza	3,70 m
Volume	201,65 m ³
N° di piani	1

TIPOLOGIA COSTRUTTIVA

Struttura portante	Muratura portante in tufo
Chiusure verticali	Muratura a doppia testa
Partizioni verticali	/
Copertura	Travi in acciaio e legno, coppi
Partizioni orizzontali	/

STATO DI CONSERVAZIONE

Esterno	Ben conservato
Interno	Solaio non praticabile

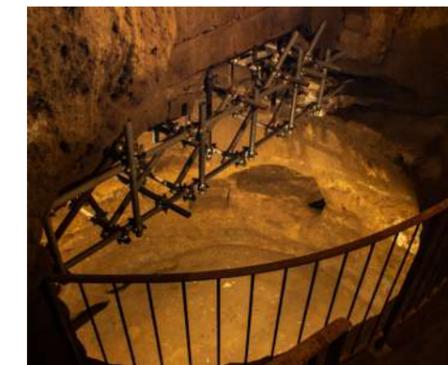
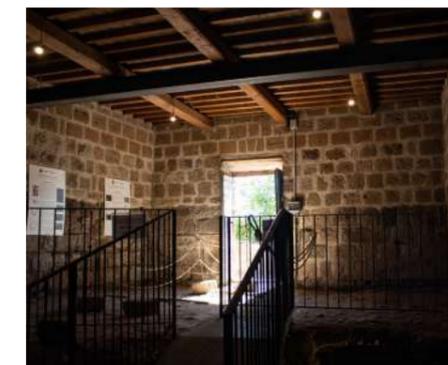
DESCRIZIONE

Al suo interno è visibile quello che è stato definito come il più grande butto etrusco d'Europa. La struttura oggi visibile è stata ricostruita nel 2017.

RIFERIMENTO TAVOLE

12

CFE.10



Schede del degrado

D.00 MATRICE DEI DEGRADI

DEGRADO		A				B				C				D				E				F				G				H				I				L							
codice	tipo di degrado	n	s	e	o	n	s	e	o	n	s	e	o	n	s	e	o	n	s	e	o	n	s	e	o	n	s	e	o	n	s	e	o	n	s	e	o	n	s	e	o	n	s	e	o
D.01	Alterazione cromatica																																												
D.02	Alveolizzazione																																												
D.03	Deposito superficiale																																												
D.04	Disgregazione																																												
D.05	Distacco																																												
D.06	Fessurazione																																												
D.07	Macchia																																												
D.08	Mancanza																																												
D.09	Mancanza di finitura di intonaco																																												
D.10	Percolamento																																												
D.11	Patina biologica																																												
D.12	Presenza di vegetazione																																												
D.13	Rappezzo incongruo																																												

Degrado la cui diffusione potrebbe causare danni strutturali
 Degrado diffuso, ma che non determina danni strutturali
 Degrado locale
 Non presente
 Non rilevabile

ALTERAZIONE CROMATICA

DESCRIZIONE TECNICA
CLASSE UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA
 Struttura portante
UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA
 Chiusura verticale
MATERIALE INTERESSATO
 Intonaco

DESCRIZIONE DEL FENOMENO
DEFINIZIONE DELLA PATOLOGIA (UNI 11182-2006)
 Alterazione che si manifesta attraverso la variazione di uno o più parametri che definiscono il colore: tinta, chiarezza, saturazione. Può manifestarsi con morfologie diverse a seconda delle condizioni e può riferirsi a zone ampie o localizzate

ANOMALIA VISIBILE
 Variazione cromatica delle superfici murarie

DIFFUSIONE ANOMALIA
 Presente in modo diffuso su tutti gli edifici

STATO DI AVANZAMENTO
 Fenomeno in atto
RIFERIMENTI TAVOLE 24-25-26-27

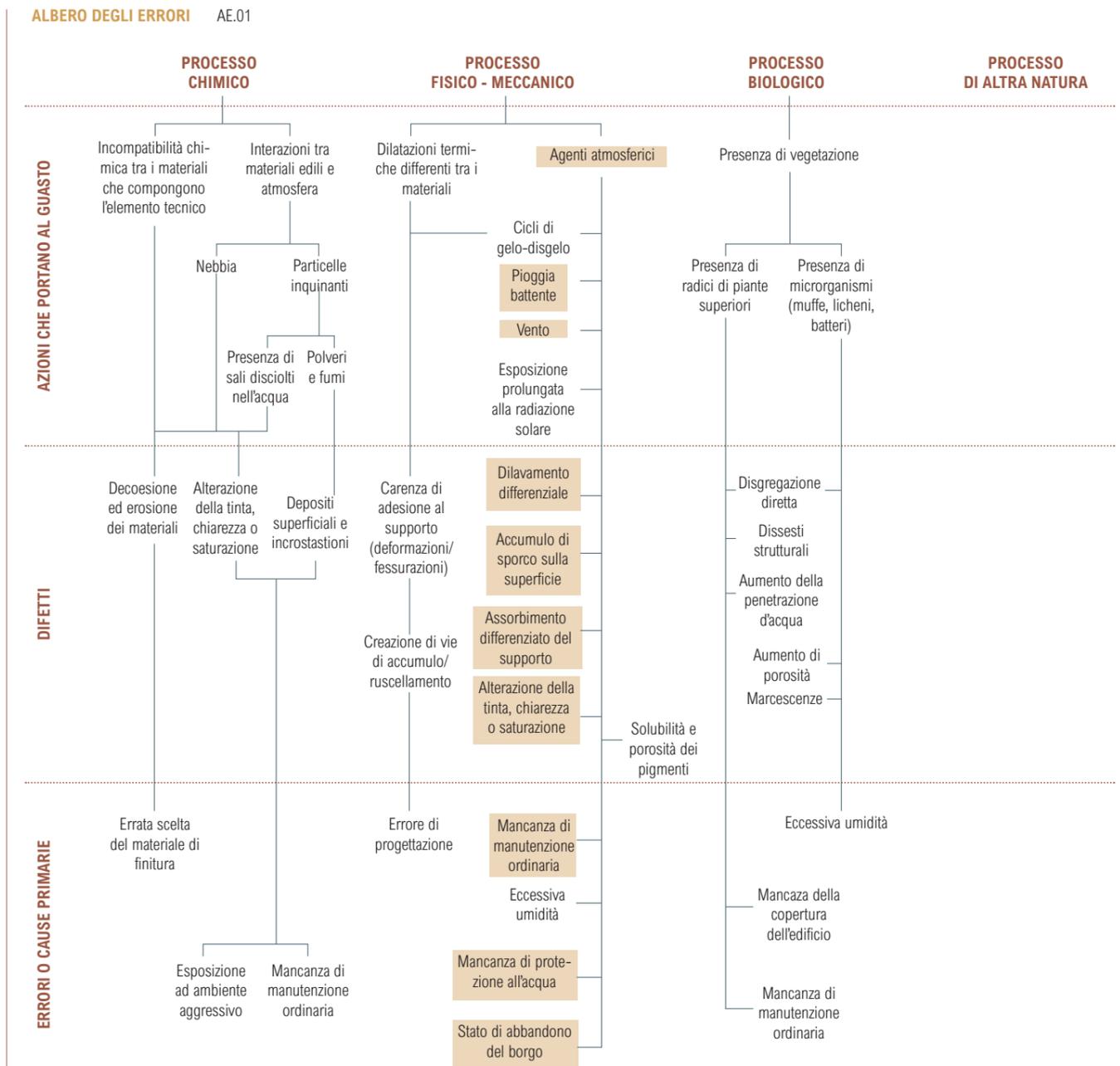
CAUSE ED EFFETTI
POSSIBILI CAUSE
 L'esposizione agli agenti atmosferici ha causato tale anomalia sulle superfici murarie, sia intonacate che in tufo. Per le superfici in tufo la causa può essere ricondotta alla perdita dello strato di finitura a seguito dell'abbandono del borgo.

ERRORI PROGETTUALI O DI ESECUZIONE
 Abbandono del borgo
SITUAZIONI AGGRAVANTI
 Esposizione diretta agli eventi atmosferici

CONSEGUENZE
 Modifica dell'aspetto estetico dell'elemento interessato

INDAGINI SUPPLEMENTARI
 -

TIPO DI INTERVENTO
SCHEDA DI RIFERIMENTO IN.12





ALVEOLIZZAZIONE



DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Struttura portante

UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Chiusura verticale

MATERIALE INTERESSATO

Blocchi tufacei

DESCRIZIONE DEL FENOMENO

DEFINIZIONE DELLA PATOLOGIA (UNI 11182-2006)

Degradazione che si manifesta con la formazione di cavità di forma e dimensione variabili. Gli alveoli sono spesso interconnessi e hanno distribuzione non uniforme

ANOMALIA VISIBILE

Presenza di numerose cavità irregolari sulla superficie dei blocchi tufacei

DIFFUSIONE ANOMALIA

Presente in modo diffuso su tutti gli edifici

STATO DI AVANZAMENTO

Fenomeno in atto

RIFERIMENTI TAVOLE

24-25-26-27

CAUSE ED EFFETTI

POSSIBILI CAUSE

La composizione chimica del materiale e la sua porosità favoriscono tale anomalia. In particolare, essa è causata dalla cristallizzazione dei sali contenuti nel materiale a seguito della penetrazione di acqua all'interno dei blocchi di tufo.

ERRORI PROGETTUALI O DI ESECUZIONE

Stato di abbandono del borgo

SITUAZIONI AGGRAVANTI

Esposizione diretta agli agenti atmosferici

CONSEGUENZE

Disgregazione dell'elemento lapideo, alterazione dell'aspetto estetico e riduzione delle caratteristiche meccaniche

INDAGINI SUPPLEMENTARI

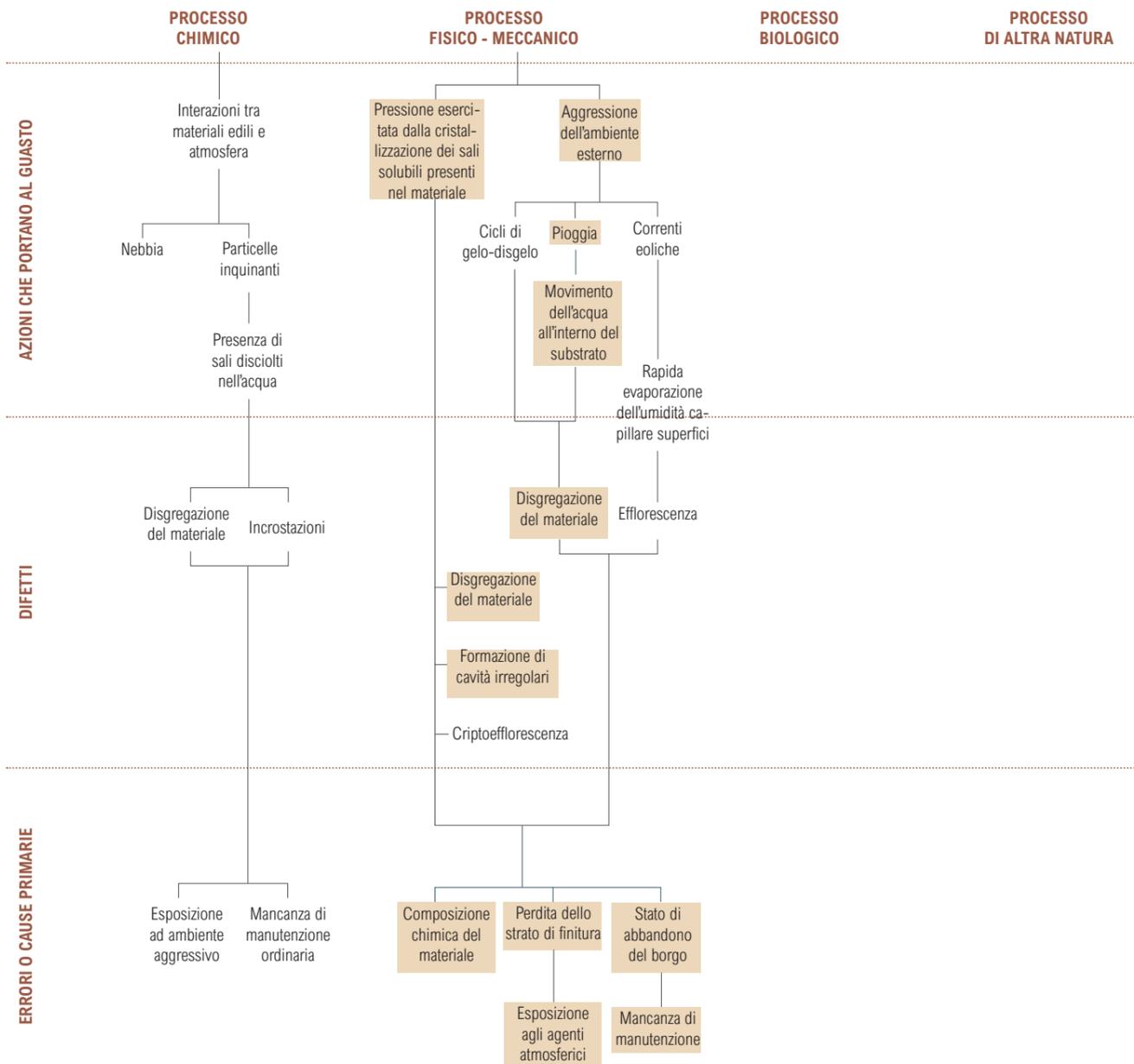
Prova con martinetti piatti doppi, prove ultrasoniche e termografia, test di porosità del materiale

TIPO DI INTERVENTO

SCHEDA DI RIFERIMENTO

IN.11

ALBERO DEGLI ERRORI AE.02



SCHEDA D.02



DEPOSITO SUPERFICIALE



DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Struttura portante

UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Chiusura verticale

MATERIALE INTERESSATO

Blocchi tufacei, intonaco

DESCRIZIONE DEL FENOMENO

DEFINIZIONE DELLA PATOLOGIA (UNI 11182-2006)

Accumulo di materiali estranei di varia natura quali polvere, terriccio, guano, ecc... Ha spessore variabile e, generalmente scarsa coerenza e aderenza al materiale sottostante

ANOMALIA VISIBILE

Variazione cromatica delle superfici murarie a causa della presenza di patine di varia natura

DIFFUSIONE ANOMALIA

Presente in modo diffuso su tutti gli edifici

STATO DI AVANZAMENTO

Fenomeno in atto

RIFERIMENTI TAVOLE

24-25-26-27

CAUSE ED EFFETTI

POSSIBILI CAUSE

Deposizione di sostanze di varia natura dovuta all'accumulo nel tempo di polveri e detriti

ERRORI PROGETTUALI O DI ESECUZIONE

Mancanza di manutenzione

SITUAZIONI AGGRAVANTI

Scabrosità della superficie muraria

CONSEGUENZE

Modifica dell'aspetto estetico dell'elemento interessato

INDAGINI SUPPLEMENTARI

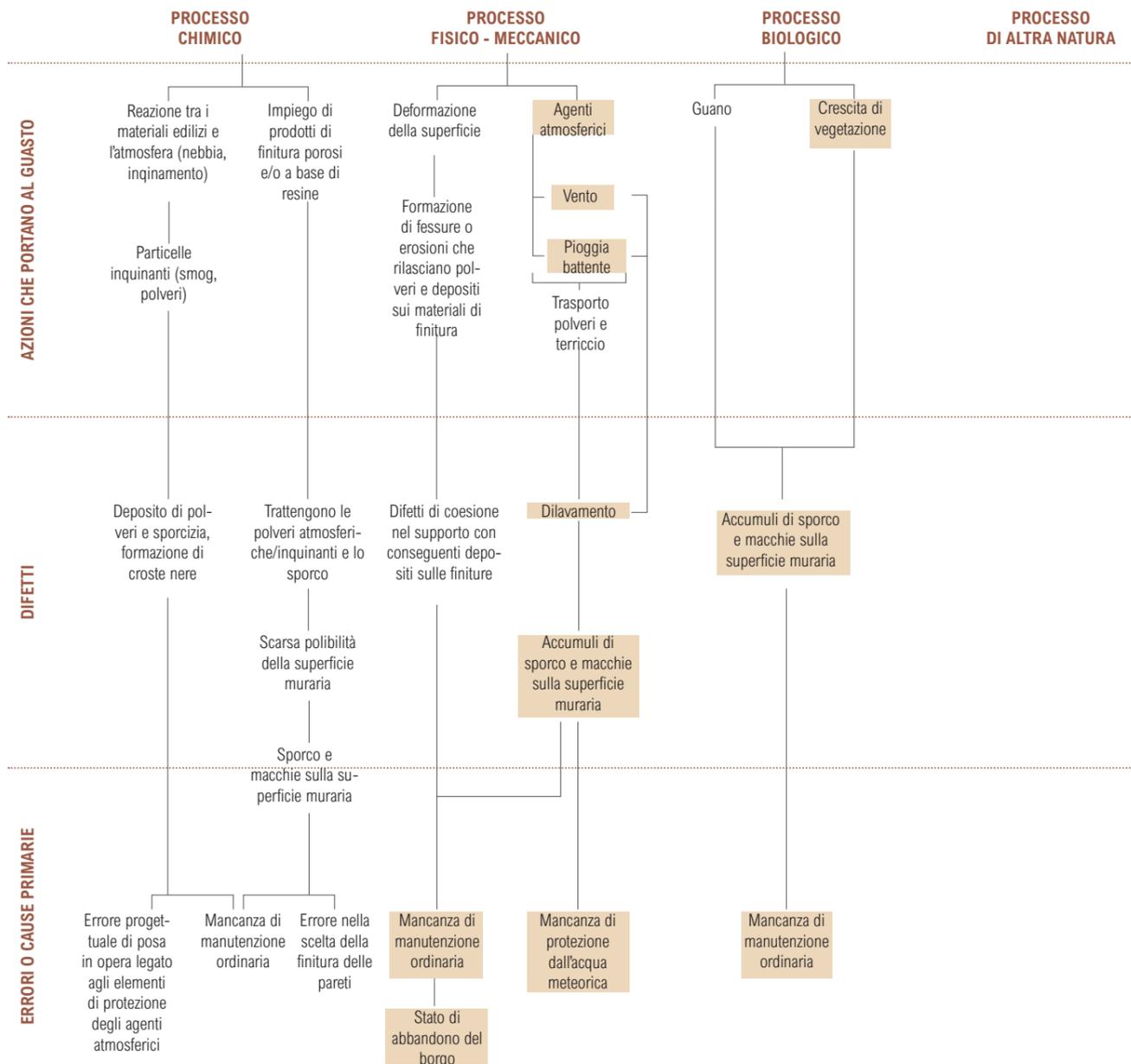
-

TIPO DI INTERVENTO

SCHEDA DI RIFERIMENTO

IN.12

ALBERO DEGLI ERRORI AE.03



SCHEDA D.03



DISGREGAZIONE



DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Struttura portante

UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Chiusura verticale

MATERIALE INTERESSATO

Blocchi tufacei, intonaco

DESCRIZIONE DEL FENOMENO

DEFINIZIONE DELLA PATOLOGIA (UNI 11182-2006)

Decoesione caratterizzata dal distacco di granuli o cristalli sotto minime sollecitazioni meccaniche

ANOMALIA VISIBILE

Digregazione e distacco di parte dei blocchi di tufo e perdita di parte dei paramenti murari/apparati decorativi

DIFFUSIONE ANOMALIA

Presente in modo diffuso, in prevalenza sui ruderi

STATO DI AVANZAMENTO

Fenomeno in atto

RIFERIMENTI TAVOLE

24-25-26-27

CAUSE ED EFFETTI

POSSIBILI CAUSE

Crolli dovuti al eventi sismici e frane, aggravati dalla mancanza di manutenzione a abbandono del luogo, nonché esposizione agli eventi atmosferici

ERRORI PROGETTUALI O DI ESECUZIONE

Stato di abbandono del borgo

SITUAZIONI AGGRAVANTI

Esposizione agli agenti atmosferici

CONSEGUENZE

Perdita di stabilità degli edifici e rischio crollo delle strutture

INDAGINI SUPPLEMENTARI

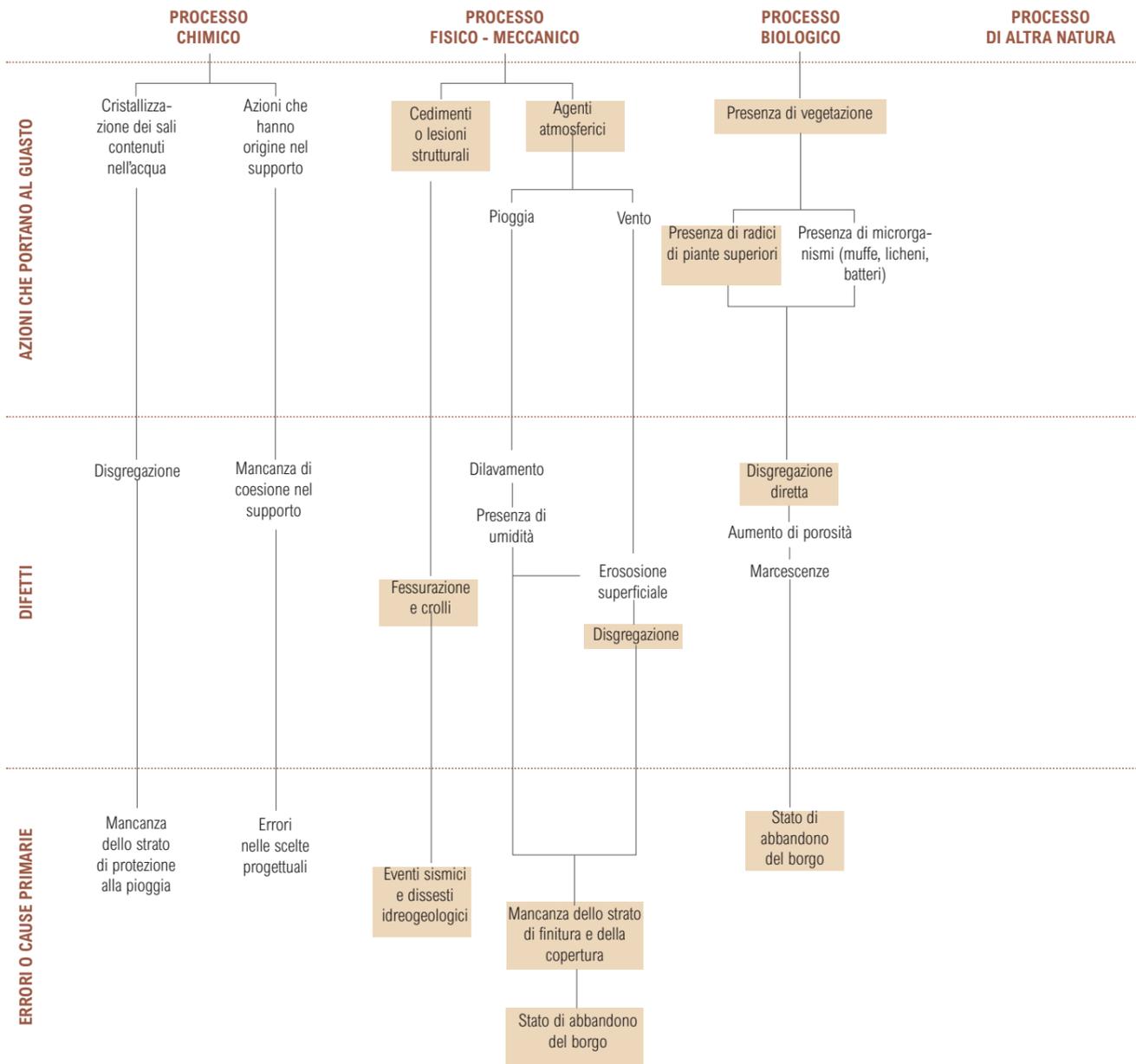
Prova con martinetti piatti doppi

TIPO DI INTERVENTO

SCHEDA DI RIFERIMENTO

IN.05 - IN.11

ALBERO DEGLI ERRORI AE.04



DISTACCO



DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Struttura portante

UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Chiusura verticale

MATERIALE INTERESSATO

Intonaco

DESCRIZIONE DEL FENOMENO

DEFINIZIONE DELLA PATOLOGIA (UNI 11182-2006)

Soluzione di continuità tra strati superficiali del materiale, sia tra loro che rispetto al substrato: prelude in genere alla caduta degli strati stessi.

ANOMALIA VISIBILE

Distacco dello strato superficiale di finitura.

DIFFUSIONE ANOMALIA

Degrado di tipo locale, unicamente sugli edifici che presentano ancora intonaco.

STATO DI AVANZAMENTO

Fenomeno in atto

RIFERIMENTI TAVOLE

24-25-26-27

CAUSE ED EFFETTI

POSSIBILI CAUSE

Umidità di risalita capillare, infiltrazioni d'acqua dovute all'esposizione agli agenti atmosferici e stato di abbandono del borgo.

ERRORI PROGETTUALI O DI ESECUZIONE

Stato di abbandono del borgo, mancanza di manutenzione

SITUAZIONI AGGRAVANTI

Esposizione agli agenti atmosferici

CONSEGUENZE

Perdita dello strato di finitura, alterazione dell'aspetto esteriore ed esposizione della struttura portante alle intemperie.

INDAGINI SUPPLEMENTARI

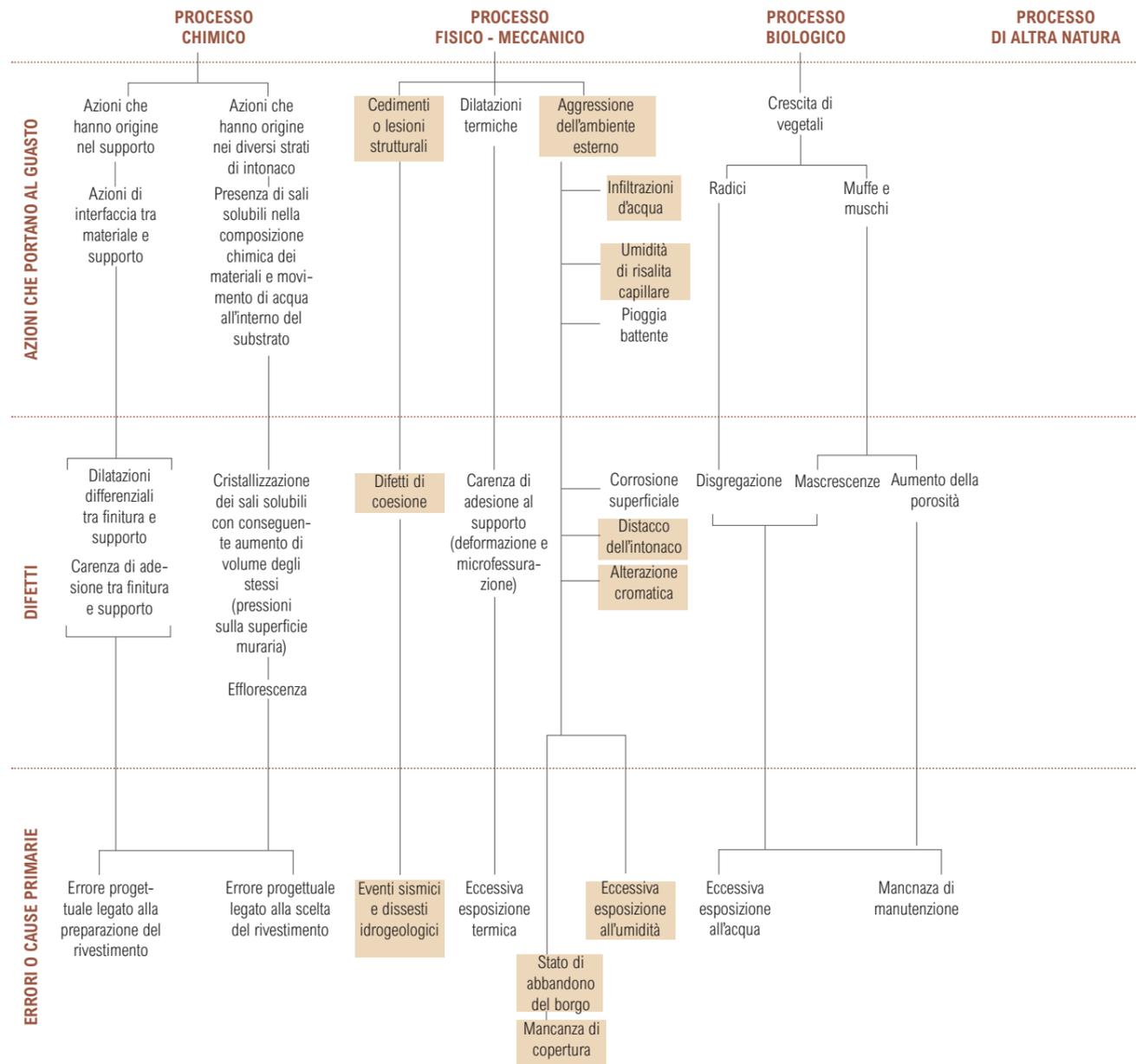
/

TIPO DI INTERVENTO

SCHEDA DI RIFERIMENTO

IN.12

ALBERO DEGLI ERRORI AE.05



SCHEDA D.05

FESSURAZIONE



DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Struttura portante

UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Chiusura verticale

MATERIALE INTERESSATO

Blocchi tufacei

DESCRIZIONE DEL FENOMENO

DEFINIZIONE DELLA PATOLOGIA (UNI 11182-2006)

Degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità nel materiale e che può implicare lo spostamento reciproco delle parti.

ANOMALIA VISIBILE

Fratturazione della struttura portante

DIFFUSIONE ANOMALIA

Anomalia diffusa puntualmente e maggiormente evidenti sugli edifici in stato di rudere

STATO DI AVANZAMENTO

Fenomeno terminato

RIFERIMENTI TAVOLE

24-25-26-27

CAUSE ED EFFETTI

POSSIBILI CAUSE

La causa prevalente è legata agli eventi sismici e dissesti idrogeologici che hanno interessato il borgo, aggravati dall'abbandono dello stesso.

ERRORI PROGETTUALI O DI ESECUZIONE

Stato di abbandono del borgo, mancanza di manutenzione

SITUAZIONI AGGRAVANTI

Abbandono del borgo

CONSEGUENZE

Instabilità delle strutture portanti e possibili crolli

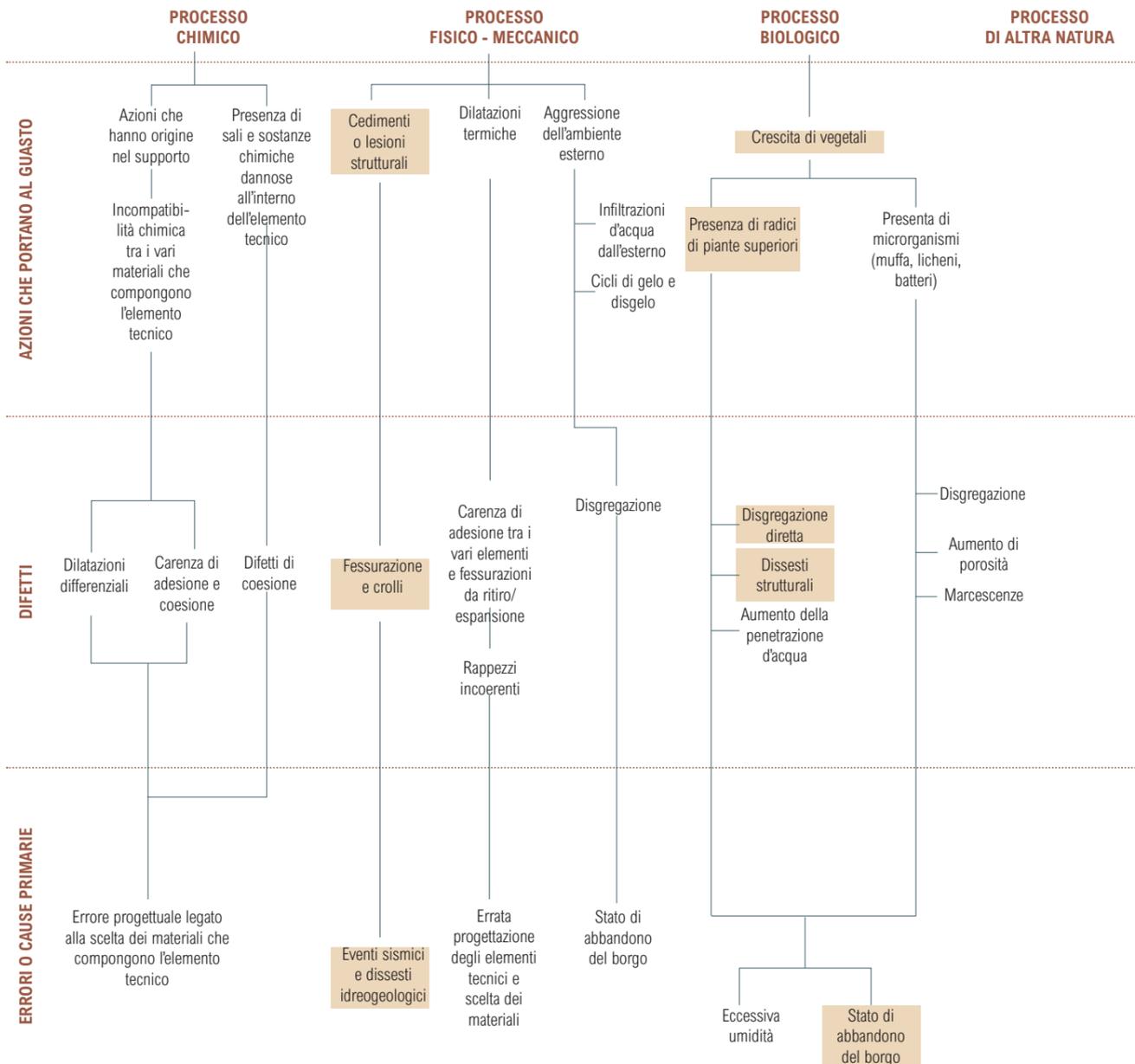
INDAGINI SUPPLEMENTARI

Prova con i martinetti piatti, monitoraggio delle fessure, indagine geologica

TIPO DI INTERVENTO

SCHEDA DI RIFERIMENTO IN.03 -IN.05-IN.06-IN.07-IN.08-IN.09

ALBERO DEGLI ERRORI AE.06



SCHEDA D.06

MACCHIA



DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Struttura portante

UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Chiusura verticale

MATERIALE INTERESSATO

Intonaco

DESCRIZIONE DEL FENOMENO

DEFINIZIONE DELLA PATOLOGIA (UNI 11182-2006)

Alterazione che si manifesta con pigmentazione accidentale e localizzata sulla superficie, è correlata alla presenza di materiale estraneo sul substrato.

ANOMALIA VISIBILE

Macchia di colore scuro e di forma irregolare

DIFFUSIONE ANOMALIA

Anomalia diffusa sulle pareti ancora intonacate

STATO DI AVANZAMENTO

Fenomeno in atto

RIFERIMENTI TAVOLE

24-25-26-27

CAUSE ED EFFETTI

POSSIBILI CAUSE

Infiltrazioni d'acqua, umidità di risalita capillare e presenza di umidità all'interno dei blocchi tufacei.

ERRORI PROGETTUALI O DI ESECUZIONE

Stato di abbandono del borgo, mancanza di manutenzione

SITUAZIONI AGGRAVANTI

Esposizione agli agenti atmosferici

CONSEGUENZE

Alterazione cromatica e possibile perdita dello strato di rivestimento. Formazione di microbatteri, muffe e muschi.

INDAGINI SUPPLEMENTARI

Termografia

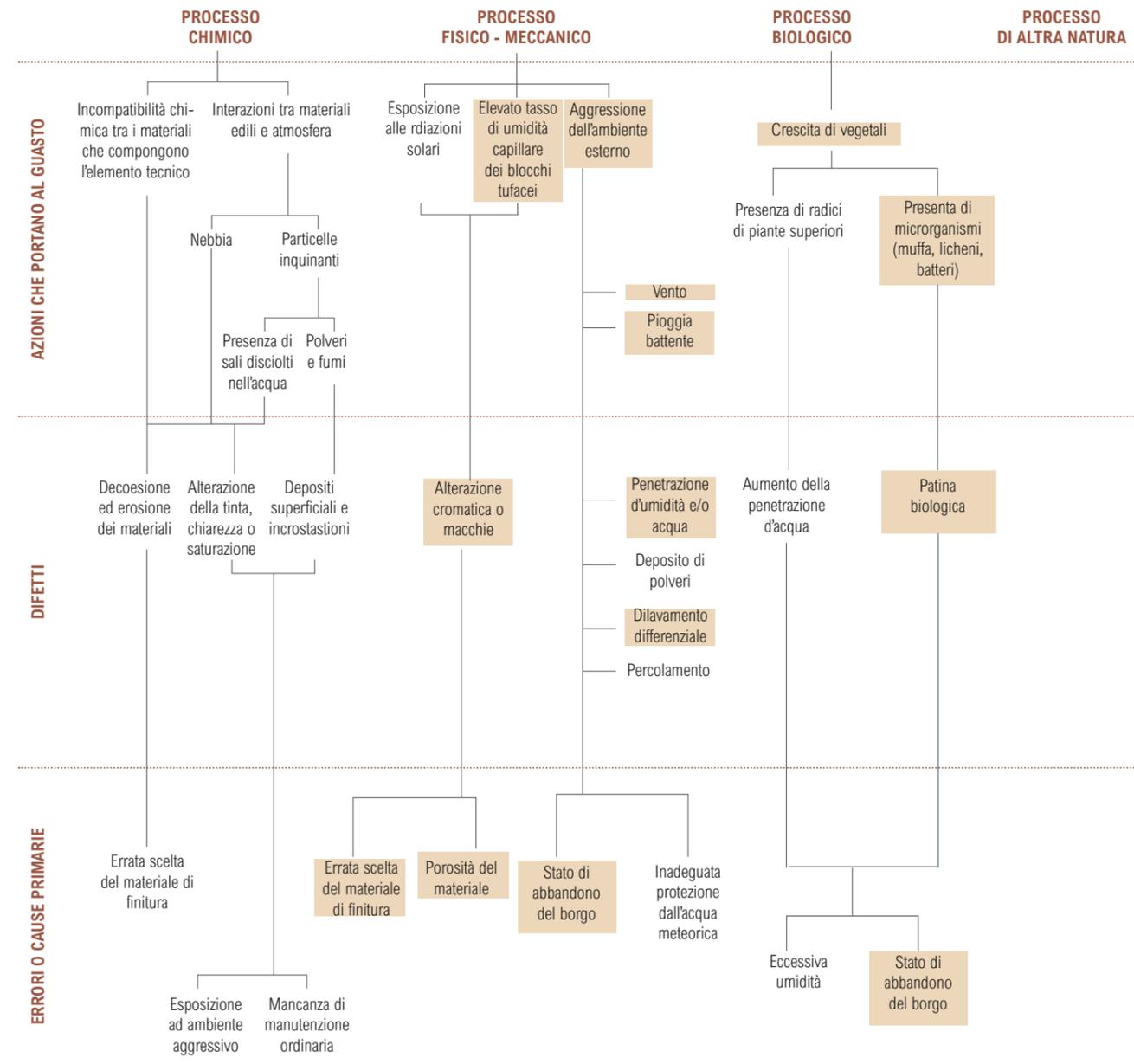
TIPO DI INTERVENTO

SCHEDA DI RIFERIMENTO

IN.12

SCHEDA D.07

ALBERO DEGLI ERRORI AE.07



MANCANZA



DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Struttura portante

UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Chiusura verticale

MATERIALE INTERESSATO

Intonaco, Blocchi tufacei

DESCRIZIONE DEL FENOMENO

DEFINIZIONE DELLA PATOLOGIA (UNI 11182-2006)

Caduta o perdita di parti.

ANOMALIA VISIBILE

Assenza di parti o di rivestimento.

DIFFUSIONE ANOMALIA

Anomalia diffusa su tutti gli edifici

STATO DI AVANZAMENTO

Fenomeno terminato

RIFERIMENTI TAVOLE

24-25-26-27

CAUSE ED EFFETTI

POSSIBILI CAUSE

Eventi sismici e di dissesto idrogeologico aggravati dallo stato di abbandono del borgo

ERRORI PROGETTUALI O DI ESECUZIONE

Stato di abbandono del borgo, mancanza di manutenzione

SITUAZIONI AGGRAVANTI

/

CONSEGUENZE

Esposizione agli eventi atmosferici della muratura portante, infiltrazione d'acqua e crescita di microrganismi/vegetazione

INDAGINI SUPPLEMENTARI

/

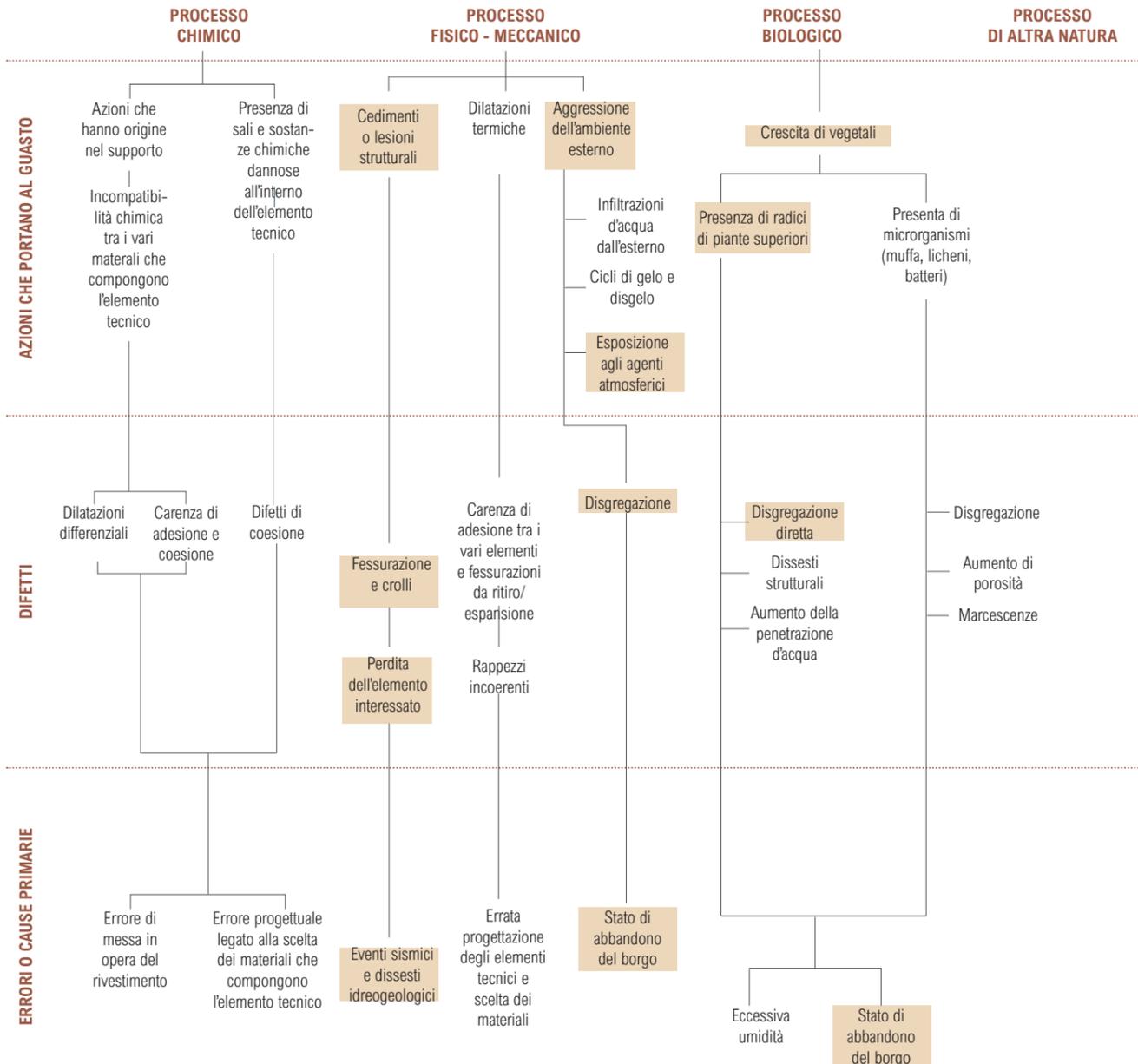
TIPO DI INTERVENTO

SCHEDA DI RIFERIMENTO

/

SCHEDA D.08

ALBERO DEGLI ERRORI AE.08



MANCANZA DI FINITURA D'INTONACO



DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Struttura portante

UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Chiusura verticale

MATERIALE INTERESSATO

Intonaco

DESCRIZIONE DEL FENOMENO

DEFINIZIONE DELLA PATOLOGIA (UNI 11182-2006)

Caduta e perdita di parti di un dipinto murale, con messa in luce degli strati di intonaco più interni o del supporto

ANOMALIA VISIBILE

Manca dello strato superficiale di intonaco.

DIFFUSIONE ANOMALIA

Anomalia diffusa sugli edifici con parti ancora intonacate

STATO DI AVANZAMENTO

Fenomeno in atto

RIFERIMENTI TAVOLE

24-25-26-27

CAUSE ED EFFETTI

POSSIBILI CAUSE

Umidità di risalita capillare e infiltrazioni d'acqua dovute all'esposizione agli eventi atmosferici

ERRORI PROGETTUALI O DI ESECUZIONE

Stato di abbandono del borgo, mancanza di manutenzione

SITUAZIONI AGGRAVANTI

Esposizione agli eventi atmosferici

CONSEGUENZE

Perdita dello strato di finitura ed esposizione della struttura portante alle intemperie

INDAGINI SUPPLEMENTARI

/

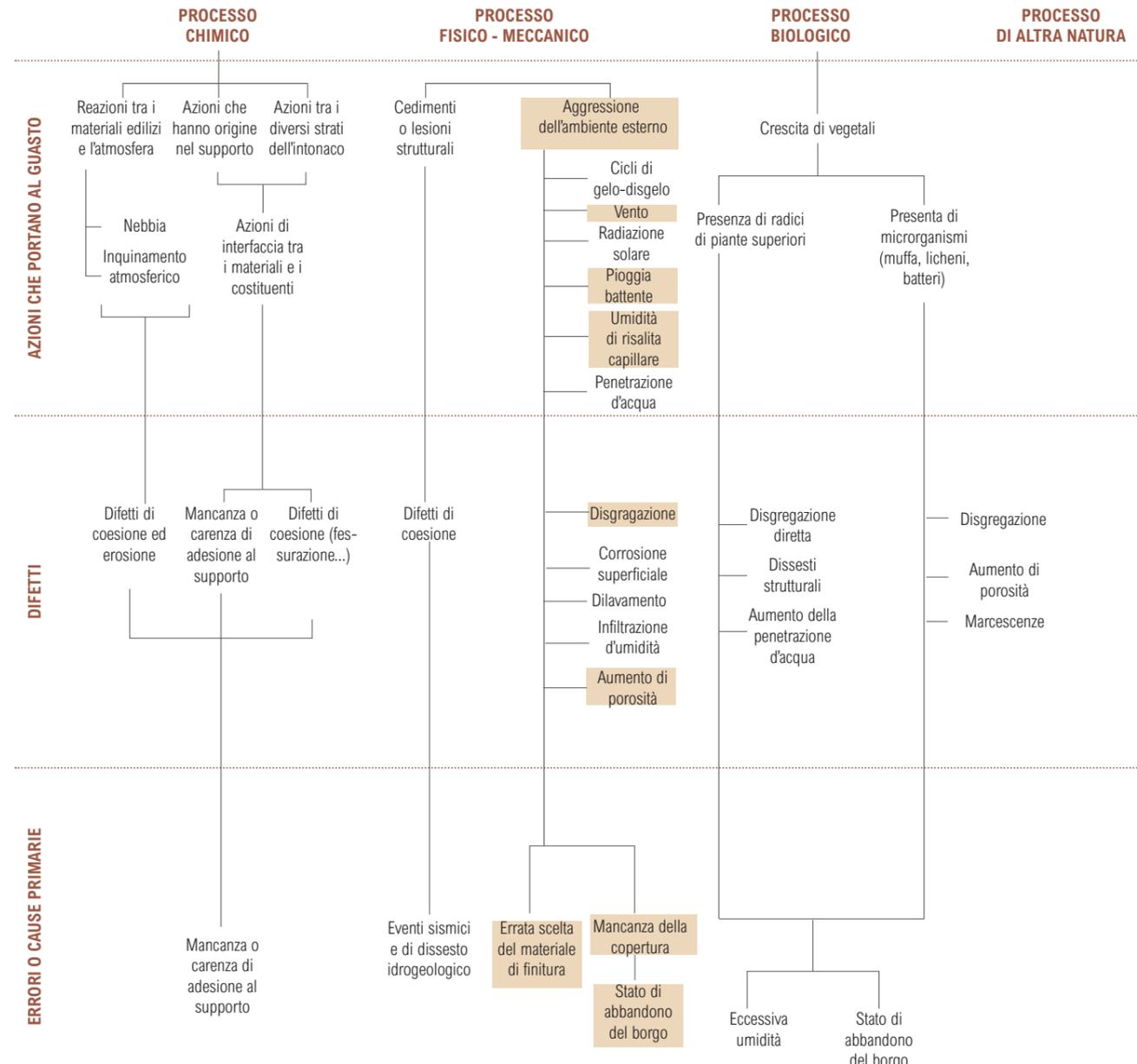
TIPO DI INTERVENTO

SCHEDA DI RIFERIMENTO

IN.12

SCHEDA D.09

ALBERO DEGLI ERRORI AE.09





PATINA BIOLOGICA



DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Struttura portante

UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Chiusura verticale

MATERIALE INTERESSATO

Blocchi tufacei

DESCRIZIONE DEL FENOMENO

DEFINIZIONE DELLA PATOLOGIA (UNI 11182-2006)

Strato sottile, morbido ed omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde.

ANOMALIA VISIBILE

Macchia scura disomogenea presente sulla superfici

DIFFUSIONE ANOMALIA

Anomalia presente sui prevalentemente sulle unità tecnologiche orientate verso nord e in ombra

STATO DI AVANZAMENTO

Fenomeno in atto

RIFERIMENTI TAVOLE

24-25-26-27

CAUSE ED EFFETTI

POSSIBILI CAUSE

Azione di microrganismi autotrofi, dalla presenza di umidità o acqua, e da caratteristiche morfologiche del substrato (scabrosità, asperità, rientranze)

ERRORI PROGETTUALI O DI ESECUZIONE

Stato di abbandono del borgo

SITUAZIONI AGGRAVANTI

Esposizione agli agenti atmosferici

CONSEGUENZE

Possibile disgregazione dei blocchi di tufo e aumento dell'umidità di infiltrazione

INDAGINI SUPPLEMENTARI

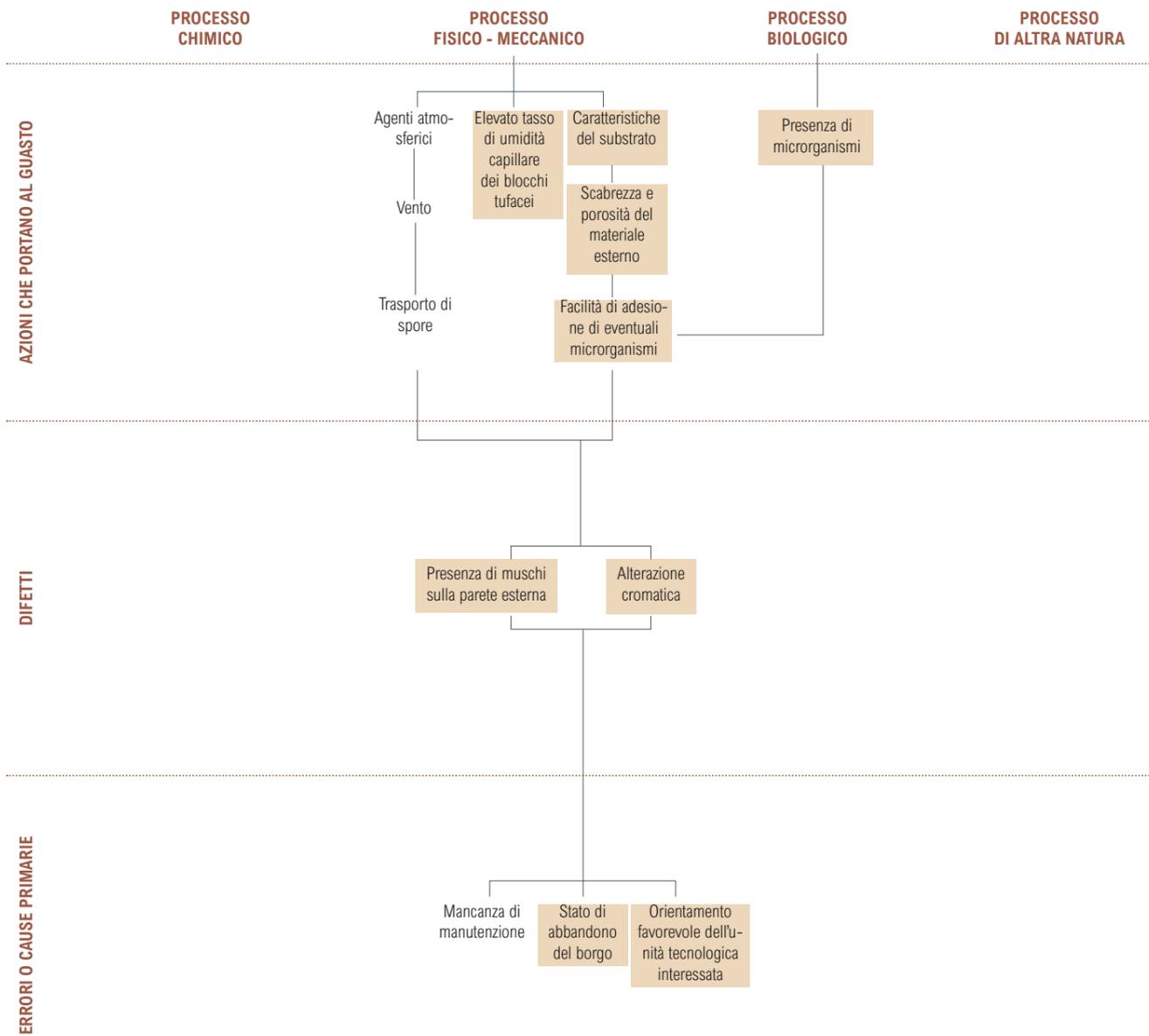
Rilevazione visiva, localizzazione e quantificazione della presenza d'acqua e termografia

TIPO DI INTERVENTO

SCHEDA DI RIFERIMENTO

/

ALBERO DEGLI ERRORI AE.10



SCHEDA D.10



PERCOLAMENTO



DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Struttura portante

UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Chiusura verticale

MATERIALE INTERESSATO

Intonaco

DESCRIZIONE DEL FENOMENO

DEFINIZIONE DELLA PATOLOGIA (UNI 11182-2006)

Traccia ad andamento verticale, frequentemente se ne riscontrano numerose ad andamento parallelo

ANOMALIA VISIBILE

Tracce ad andamento verticale

DIFFUSIONE ANOMALIA

Presente in maniera puntuale sotto gli elementi decorativi in pietra.

STATO DI AVANZAMENTO

Fenomeno in atto

RIFERIMENTI TAVOLE

24-25-26-27

CAUSE ED EFFETTI

POSSIBILI CAUSE

Percolamento di acqua meteorica sulla superficie della parete

ERRORI PROGETTUALI O DI ESECUZIONE

Stato di abbandono del borgo

SITUAZIONI AGGRAVANTI

Esposizione agli agenti atmosferici

CONSEGUENZE

Alterazione cromatica della superficie

INDAGINI SUPPLEMENTARI

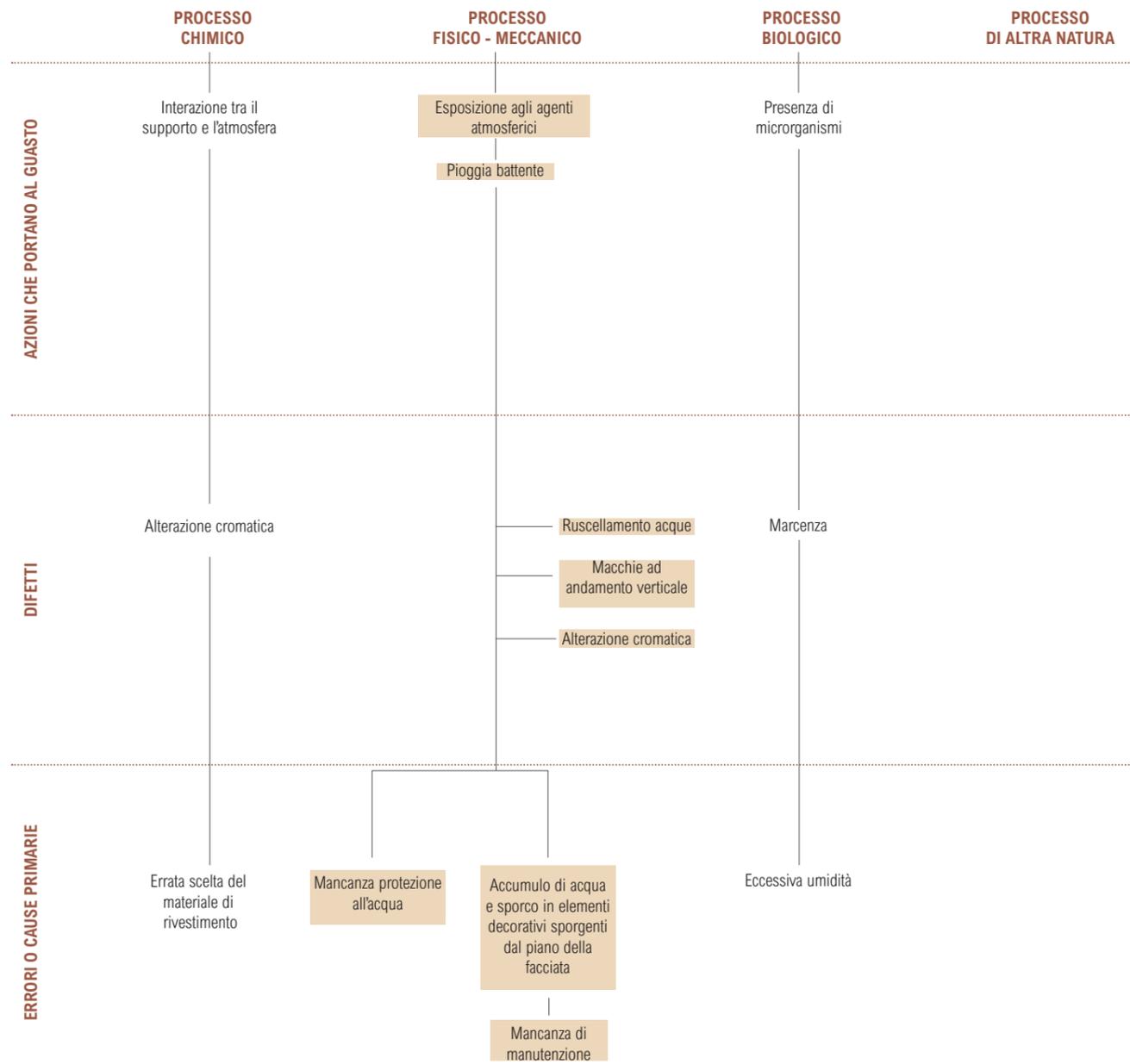
-

TIPO DI INTERVENTO

SCHEDA DI RIFERIMENTO

IN.12

ALBERO DEGLI ERRORI AE.11



SCHEDA D.11

PRESENZA DI VEGETAZIONE



DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Struttura portante

UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Chiusura verticale

MATERIALE INTERESSATO

Blocchi tufacei

DESCRIZIONE DEL FENOMENO

DEFINIZIONE DELLA PATOLOGIA (UNI 11182-2006)

Presenza di individui erbacei, arbustivi o arborei

ANOMALIA VISIBILE

Crescita spontanea di vegetazione infestante

DIFFUSIONE ANOMALIA

Anomalia presente sui ruderi del versante nord del borgo

STATO DI AVANZAMENTO

Fenomeno in atto

RIFERIMENTI TAVOLE

24-25-26-27

CAUSE ED EFFETTI

POSSIBILI CAUSE

Agenti atmosferici che favoriscono il trasporto di spore e la crescita spontanea di individui erbacei e arbustivi

ERRORI PROGETTUALI O DI ESECUZIONE

Mancanza di manutenzione

SITUAZIONI AGGRAVANTI

Clima favorevole alla crescita di vegetazione spontanea

CONSEGUENZE

Sforzi sulla muratura causati dalle presenza delle radici

INDAGINI SUPPLEMENTARI

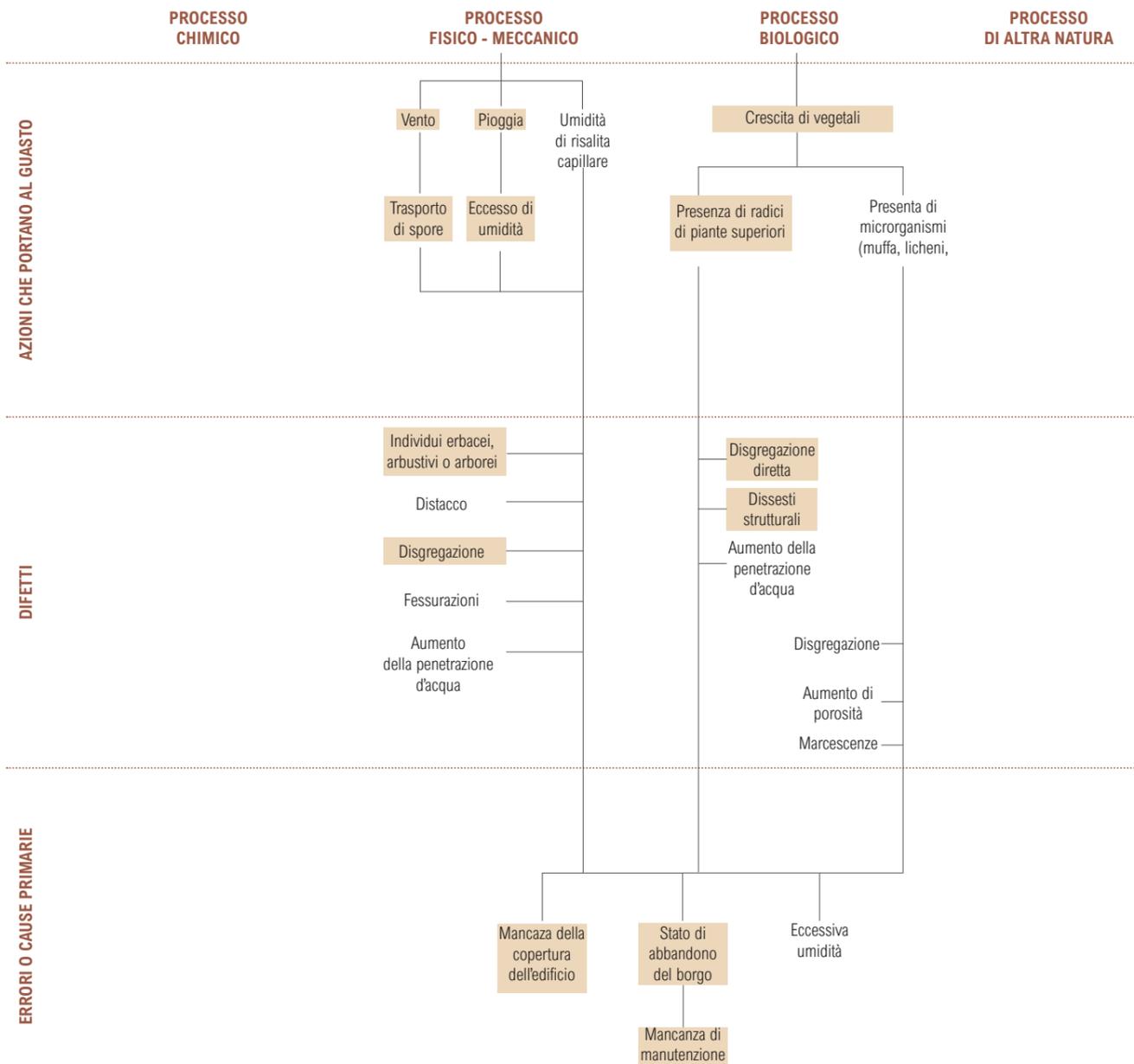
-

TIPO DI INTERVENTO

SCHEDA DI RIFERIMENTO

IN.01

ALBERO DEGLI ERRORI AE.12



SCHEDA D.12

RAPPEZZO INCONGRUO



DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Struttura portante

UNITÀ TECNOLOGICA INTERESSATA

Chiusura verticale

MATERIALE INTERESSATO

Blocchi tufacei

DESCRIZIONE DEL FENOMENO

DEFINIZIONE DELLA PATOLOGIA (UNI 11182-2006)

Rappezzo o ricucitura eseguito con materiale incongruo o non compatibile che risulta non coerente con il materiale limitrofo

ANOMALIA VISIBILE

Aggiunta successiva di malta sulla superficie che non si rapporta in modo coerente con il resto dello strato.

DIFFUSIONE ANOMALIA

Anomalia presente in modo diffuso su tutti gli edifici

STATO DI AVANZAMENTO

Fenomeno in atto

RIFERIMENTI TAVOLE

24-25-26-27

CAUSE ED EFFETTI

POSSIBILI CAUSE

Intervento antropico realizzato in modo inadeguato

ERRORI PROGETTUALI O DI ESECUZIONE

Intervento inadeguato

SITUAZIONI AGGRAVANTI

Distacco della malta del rappezzo

CONSEGUENZE

Aumento delle infiltrazioni d'acqua all'interno della muratura

INDAGINI SUPPLEMENTARI

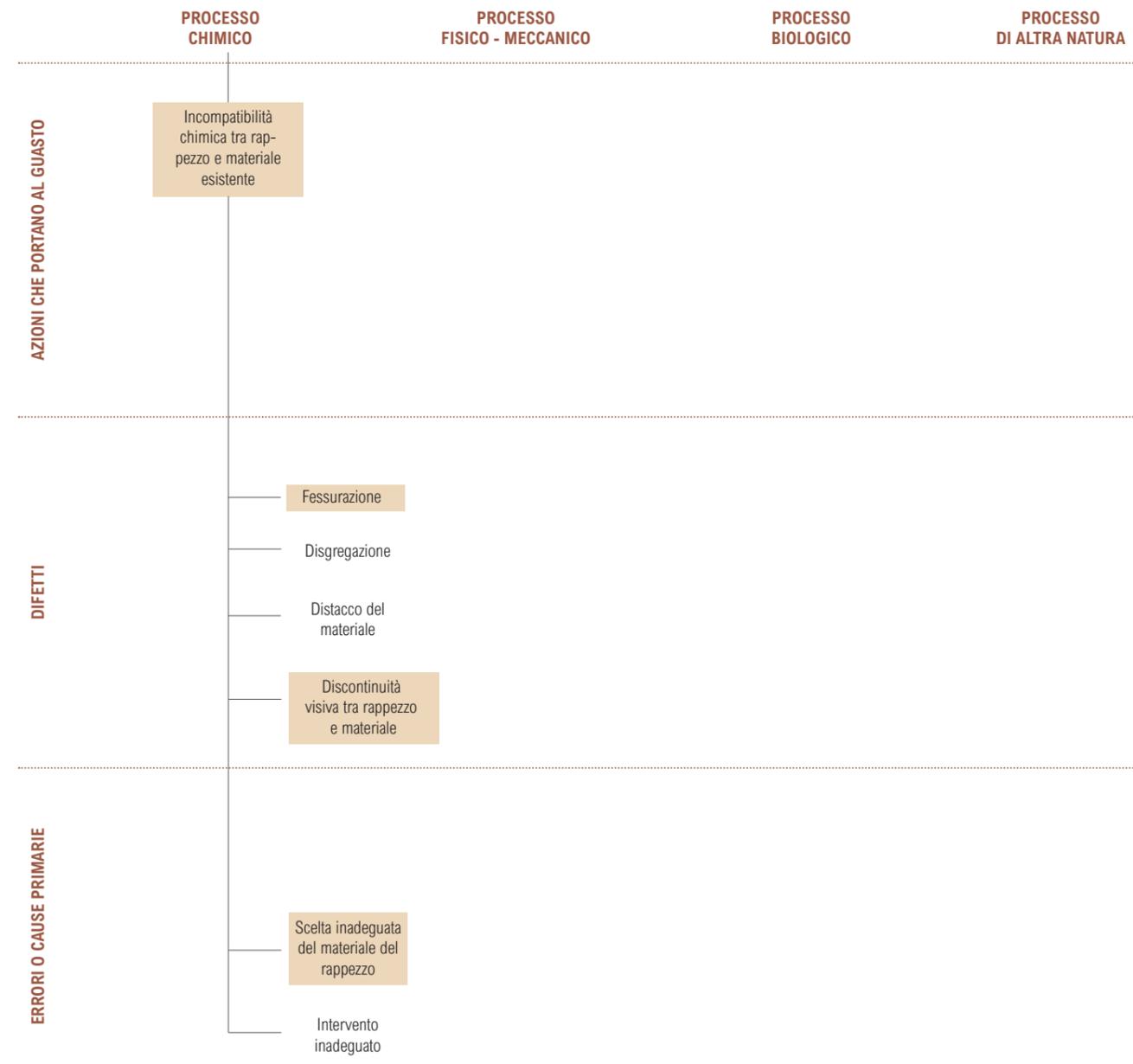
-

TIPO DI INTERVENTO

SCHEDA DI RIFERIMENTO

/

ALBERO DEGLI ERRORI AE.13



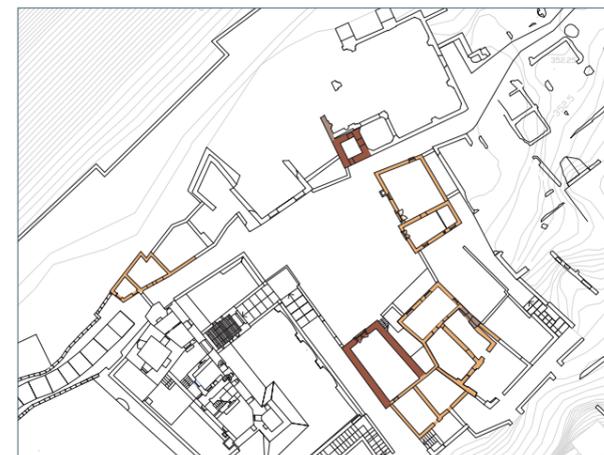
SCHEDA D.13

Schede tecnologiche

MURATURA IN BLOCCHI DI TUFO A 2/3/4 TESTE SCHEDA T.01

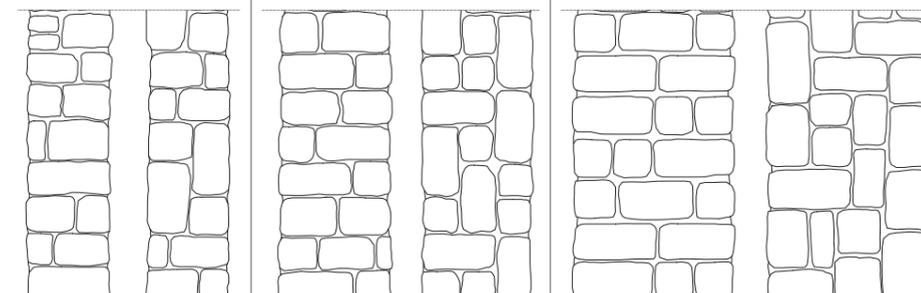


DESCRIZIONE TECNICA
CLASSE DI UNITÀ TECNOLOGICA
 Struttura portante
UNITÀ TECNOLOGICA
 Chiusura verticale
MATERIALI
 Blocchi tufacei, malta di calce aerea, laterizi



TECNOLOGIA COSTRUTTIVA
DESCRIZIONE
 Muratura in elementi tufacei irregolari su filari perlopiù regolari, con inserti di laterizio.
DIMENSIONE
 Spessore variabile 45 - 125 cm
VARIAZIONI
 Si possono riconoscere tre variazioni principali: muratura a doppia testa; muratura a tre teste o muratura a quattro teste.
DATAZIONE
 Incerta
RIFERIMENTO TAVOLE 29

S.V. S.O. S.V. S.O. S.V. S.O.

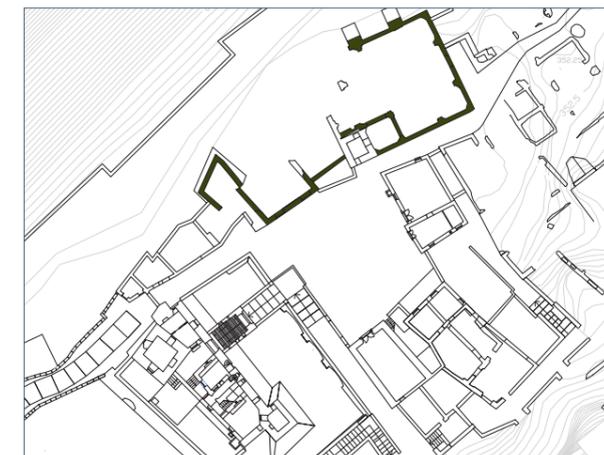


■ Muratura a doppia testa
■ Muratura a tre teste
■ Muratura a quattro teste

MURATURA IN BLOCCHI DI TUFO A SACCO SCHEDA T.02

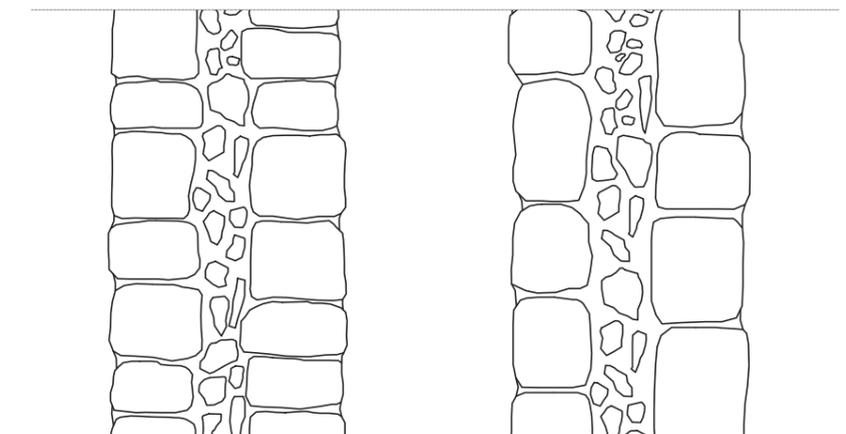


DESCRIZIONE TECNICA
CLASSE DI UNITÀ TECNOLOGICA
 Struttura portante
UNITÀ TECNOLOGICA
 Chiusura verticale
MATERIALI
 Blocchi tufacei, malta di calce aerea, laterizi



TECNOLOGIA COSTRUTTIVA
DESCRIZIONE
 Muratura in elementi tufacei irregolari su due strati a filari perlopiù regolari, con inserti di laterizio e riempimento di coesione in malta e materiale di scarto in laterizio e tufo.
DIMENSIONE
 Spessore variabile 56 - 73 cm
VARIAZIONI
 /
DATAZIONE
 Incerta
RIFERIMENTO TAVOLE 28

S.V. S.O.



SOLAIO VOLTATO

SCHEDA T.03



DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE DI UNITÀ TECNOLOGICA

Struttura portante

UNITÀ TECNOLOGICA

Partizione orizzontale

MATERIALI

Blocchi tufacei, malta di calce aerea, laterizi

TECNOLOGIA COSTRUTTIVA

DESCRIZIONE

Volta in blocchi tufacei e riempimento in malta e scarti di tufi e laterizi.

DIMENSIONE

Variabile

VARIAZIONI

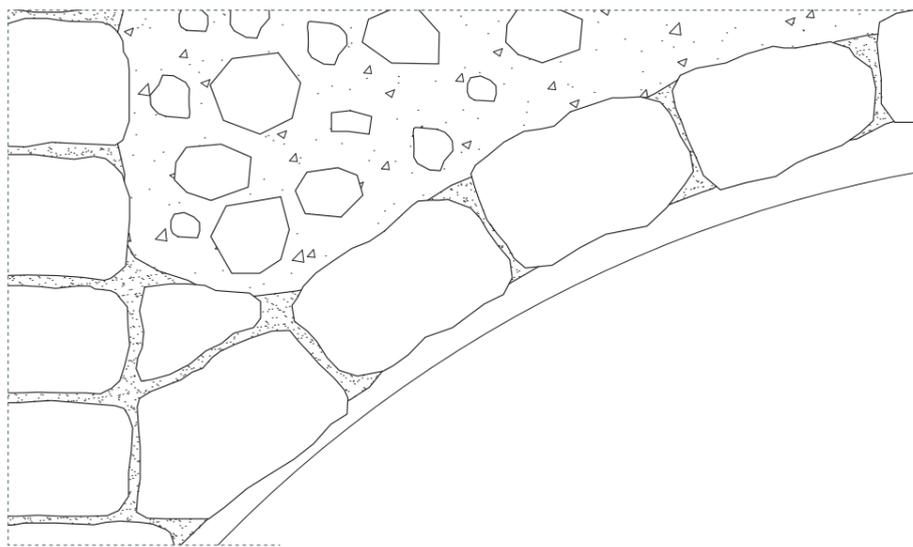
/

DATAZIONE

Incerta

RIFERIMENTO TAVOLE

28-29



COPERTURA TRAVI LIGNEE E COPPI

SCHEDA T.04



DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE DI UNITÀ TECNOLOGICA

Struttura portante

UNITÀ TECNOLOGICA

Partizione orizzontale

MATERIALI

Legno, cotto, coppi

TECNOLOGIA COSTRUTTIVA

DESCRIZIONE

Tetto a falde realizzato con travi lignee a doppia orditura con tavelle in cotto e strato di copertura in coppi. Nella chiesa di S. Carlo il tetto è sostenuto da capriate lignee.

DIMENSIONE

Variabile

VARIAZIONI

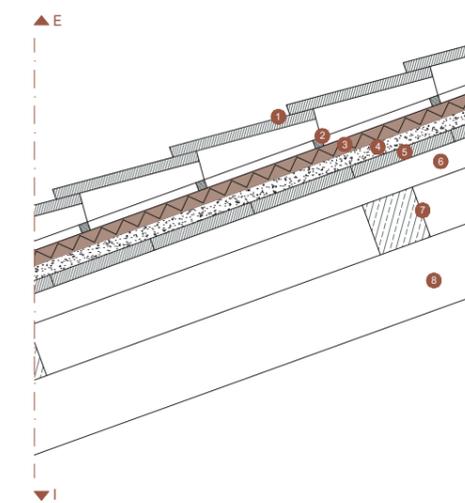
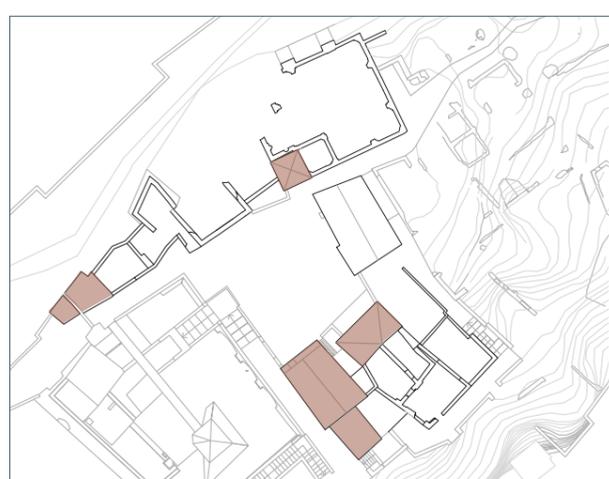
Nell'edificio retrostante la chiesa di S. Carlo, invece delle tavelle in cotto, si ha un tavolato ligneo. Nei tetti sottoposti a restauro, è presente uno strato di isolamento.

DATAZIONE

Originali incerta-rifacimenti 2017

RIFERIMENTO TAVOLE

/



1. Strato di rivestimento esterno in coppi di laterizio
2. Elementi di sostegno in legno
sp. 2,5x2,5 cm
3. Strato di isolamento in EPS
sp. 4 cm
4. Strato di irrigidimento in calcestruzzo magro
sp. 4 cm
5. Strato di finitura interna in tavelle in cotto
15x30x3,5 cm
6. Travetto in legno
12x0,8 cm
7. Terzera in legno
15x15 cm
8. Capriata lignea

Schede di intervento

IN.00 MATRICE DEGLI INTERVENTI

INTERVENTO		EDIFICI										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	
codice	tipologia											
Interventi preliminari												
IN.01	Rimozione della vegetazione infestante											
IN.02	Rimozione dei detriti e blocchi instabili											
IN.03	Consolidamento del terreno											
IN.04	Rimozione superficie intonacata esterna											
Interventi di diagnostica*												
Consolidamento degli edifici esistenti												
IN.05	Cuci - scuci											
IN.06	Realizzazione della struttura reticolare											
IN.07	Consolidamento leggero mediante Reticolatus											
IN.08	Consolidamento partizione isolata											
IN.09	Realizzazione scala consolidante											
IN.10	Realizzazione sopraelevazione											
IN.11	Consolidamento corticale facciate in tufo											
IN.12	Restauro degli intonaci											

*Per le indagini diagnostiche non è stata realizzata nessuna scheda di intervento, ma si rimanda alle schede del degrado.

RIMOZIONE DELLA VEGETAZIONE INFESTANTE

IN.01

DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE DI UNITÀ TECNOLOGICA	Struttura portante
UNITÀ TECNOLOGICA	Chiusura verticale
MATERIALE INTERESSATO	Blocchi tufacei
LOCALIZZAZIONE	Edifici a nord del borgo

SCHEDE DEL DEGRADO DI RIFERIMENTO

D.12

INTERVENTI CORRELATI

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Rimozione della vegetazione infestante attraverso l'estirpazione meccanica e successiva disinfestazione tramite sostanze chimiche, qualora risulti necessario al fine di non recarre ulteriore danno alla muratura.

FASI OPERATIVE

- Identificazione della tipologia, specie e radicamento della vegetazione e degli agenti responsabili e causa del suo sviluppo.
- Rimozione della vegetazione per mezzo di metodi meccanici con spatole, pennelli e bisturi o, se possibile, mediante il taglio a raso con l'ausilio di mezzi a bassa emissione di vibrazioni, prestando attenzione a non danneggiare il substrato e la muratura.
- Applicazione di un prodotto biocida (a pennello o a spruzzo a seconda dell'estensione dell'area interessata) a completamento dell'intervento o nei casi in cui la rimozione meccanica risulterebbe dannosa per il substrato.
- Pulitura del substrato mediante lavaggio con acqua.



1. Presenza di vegetazione sul versante nord del borgo



2. Rimozione manuale della vegetazione infestante sui ruderi del lato nord del borgo [Fonte: Arch. Massimo Fordini Sonni]

NOTE

È necessario identificati la tipologia e specie di vegetazione poter capire la profondità delle radici e definirne di conseguenza la reale possibilità d'intervento al fine di evitare il danneggiamento, nei casi più gravi il crollo, del supporto.

Fonti

C. Arcolao, *Guide pratiche alle tecniche di intervento: disinfestazione con prodotti biocidi*, in *Progetto colore. Il giornale per l'Impresa di tinteggiatura, decorazione, restauro*, Università di Genova, 2009 [https://architettura.unige.it/sla/marsc/pubblicazioni/guide/disinfest.pdf]

G. Così, *Disinfestazione da piante superiori*, in *Arketipo Magazine*, 2007 [https://www.arketipomagazine.it/disinfestazione-da-piante-superiori/]

RIMOZIONE DEI DETRITI E BLOCCHI INSTABILI

IN.02

DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE DI UNITÀ TECNOLOGICA	Struttura portante
UNITÀ TECNOLOGICA	Chiusura verticale
MATERIALE INTERESSATO	Blocchi tufacei
LOCALIZZAZIONE	Edifici a nord del borgo (B e C)

SCHEDE DEL DEGRADO DI RIFERIMENTO

/

INTERVENTI CORRELATI

/

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Rimozione dei detriti tufacei presenti nel borgo al fine di rendere possibile la nuova costruzione e rendere agibili tutte le aree.

FASI OPERATIVE

- Individuazione di tutti i detriti da eliminare, sia dovuti a crolli precedenti che alle demolizioni per la realizzazione del progetto di recupero.
- Accertamento della stabilità delle parti restanti in caso di rimozione dei detriti.
- Rimozione dei detriti tramite piccola ruspa dove possibile e rimozione manuale dove non è possibile utilizzare altri mezzi, avendo cura di non danneggiare le strutture limitrofe.
- Reimpiego dei detriti quando possibile per altri interventi (es. utilizzo della polvere di tufo all'interno dell'intonaco murario delle nove costruzioni) o corretto smaltimento presso centri specializzati come previsto dal D.Lgs. n. 152 del 3 aprile 2006.



1. Rimozione manuale dei detriti [Fonte: borgospurghi.it]

NOTE

È necessario procedere per limitate porzioni di detriti durante la rimozione, in modo da assicurarsi che non venga compromessa la stabilità delle strutture rimanenti.

Fonti

CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO

DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE DI UNITÀ TECNOLOGICA	/
UNITÀ TECNOLOGICA	/
MATERIALE INTERESSATO	Roccia tufacea /
LOCALIZZAZIONE	Versante nord del borgo

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Consolidamento del terreno del versante nord del borgo attraverso ancoraggi profondi, realizzazione di terrazzamenti e impermealizzazione dell'area al fine di fornire un contenimento laterale alla parete della rupe e soprattutto di contrastare fenomeni di ribaltamento, distacco o crollo di porzioni consistenti di roccia.

FASI OPERATIVE

- Realizzazione di indagine geodiagnostiche preliminari al fine di valutare le caratteristiche del terreno e lo stato di vulnerabilità del versante.
- Consolidamento del terreno al di sotto degli edifici B e C mediante tirantature attive realizzate come di seguito:
 - Realizzazione del foro, immediata pulizia dello stesso;
 - Allestimento del tirante e successiva iniezione cementizia ad alta pressione per garantire il corretto ancoraggio al terreno;
 - Tensionamento del tirante.
- Consolidamento corticale del versante del Belvedere mediante chiodature realizzate come di seguito:
 - Posizionamento di barre cave di tipo autoporforante;
 - Stesura della rete metallica accoppiata a bioreti per il consolidamento corticale di pendii;
 - Ancoraggio della rete agli elementi di chiodatura precedentemente posati;
 - Semina del pendio con specie arboree autoctone.
- Realizzazione di terrazzamenti coltivabili con muri in blocchi di tufo e terreno di riporto.

NOTE

È necessario monitorare costantemente il versante e prevedere interventi di manutenzione. Inoltre, è necessario realizzare opere di canalizzazione delle acque al fine di impermealizzare l'area, pertanto si consiglia di prevedere punti di raccolta delle acque meteoriche per il loro successivo impiego nell'irrigazione delle aree verdi.

Fonti

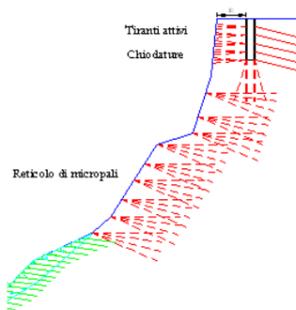
Il consolidamento della rupe e delle pendici di Civita di Bagnoregio: indagini pregresse e proposte di intervento. Linee guida per la salvaguardia dei beni culturali dai rischi naturali, ENEA 2001 [https://www.afs.enea.it/protprev/www/cases/civita/civita.htm]
Idee per salvare Civita di Bagnoregio, in *Geologia dell'Ambiente*, supplemento n° 1/2017, atti del convegno, Bagnoregio 15 ottobre 2015.
Installazione e manutenzione tiranti di ancoraggio per uso geotecnico, in Decanet.it, 2015. [https://www.decanet.it/deca/images/schede/ISTRUZIONI-OPERATIVE-Parte.2--Rev.C--TIRANTI-PERMANENTI--31.08.2015.pdf]
Atlante delle opere di sistemazione dei versanti - Manuali e linee guida 10/2002, in Isprambiente.gov.it

IN.03

SCHEDE DEL DEGRADO DI RIFERIMENTO

D.06

INTERVENTI CORRELATI



1. Schema dell'intervento di consolidamento della rupe di Civita di Bagnoregio [Fonte: www.afs.enea.it/]



2. Terrazzamenti coltivati a vite nel Parco delle Cinque Terre. [Fonte: https://www.isprambiente.gov.it/]

RIMOZIONE SUPERFICIE INTONACATA ESTERNA

DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE DI UNITÀ TECNOLOGICA	Struttura portante
UNITÀ TECNOLOGICA	Chiusura verticale
MATERIALE INTERESSATO	Intonaco
LOCALIZZAZIONE	Facciata nord dell'edificio E

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Rimozione dell'intonaco esterno della facciata nord dell'edificio E al fine di ripristinare la facciata tufacea.

FASI OPERATIVE

- Montaggio del ponteggio per facilitare i lavori e della rete di protezione per evitare la caduta di detriti.
- Rimozione tramite piccolo martello pneumatico deocrazioni in stucco nelle parti più spesse e con scalpello emartello nelle parti più delicate.
- Rimozione delle parti in pietra non soggette all'intervento (come le cornici delle finestre).
- Utilizzo di una fresatrice attaccata a un'unità mobile di aspirazione per eliminare lo strato di intonaco.
- Completa rimozione dello strato di inotnaco manualmente tramite scalpello una volta arrivati allo strato originale.
- Pulizia e consolidamento della superficie tufacea (vedi scheda in.11)

NOTE

È necessario scegliere attentamente gli strumenti adatti per la rimozione dello strato di inotnaco al fine di non danneggiare lo strato tufaceo sottostante.

Fonti

Rimovovere l'intonaco danneggiato dalle pareti, in Festool.it [https://www.festool.it/conoscenza/esempi-di-applicazione/809#Dotazione]

IN.04

SCHEDE DEL DEGRADO DI RIFERIMENTO

/

INTERVENTI CORRELATI

IN.11



1. Rimozione dell'intonaco tramite fresatrice [Fonte: festool.it]

CUCI E SCUCI

DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE DI UNITÀ TECNOLOGICA	Struttura portante
UNITÀ TECNOLOGICA	Chiusura verticale
MATERIALE INTERESSATO	Blocchi tufacei
LOCALIZZAZIONE	Edifici a nord del borgo

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Sostituzione dei blocchi di tufo eccessivamente ammalorati attraverso la tecnica del cuci-scuci al fine di ripristinare la continuità muraria.

FASI OPERATIVE

- Individuazione ed eliminazione delle cause che hanno portato alla fessurazione o all'ammaloramento dei blocchi.
- Valutazione attenta e accurata della fattibilità dell'intervento, il quale non deve provocare lesioni o crolli.
- Rimozione manuale dei blocchi ammalorati avendo cura di realizzare contorni scabri per la successiva ammortatura.
- Lavaggio del paramento murario con utilizzo di acqua spruzzata a bassa pressione.
- Sostituzione dei conci murari avendo cura di ammortarli bene alla muratura preesistente
- Inserimento dei cunei di ribattitura nei giunti
- Ribattitura dei giunti sino a maturazione della malta avvenuta.

NOTE

È necessario scegliere una malta chimicamente compatibile con la muratura preesistente. È necessario procedere per limitate porzioni di muratura e dal basso verso l'alto. È consigliata la scelta dei blocchi della stessa cava di quelli ammalorati per evitare tensioni per un diverso comportamento dei materiali.

Fonti

G. Campanini, *Il compendio Santa Marta a Verona: Interventi di consolidamento sulle murature*, Università IUAV di Venezia, Corso di consolidamento degli edifici storici, 2011-2012. [http://www.iuav.it/Ateneo/1/docenti/architettura/docenti-st/Paolo-Facc/materiali-claMARCH-c/lezione-S.marta1.pdf]
L. E. Malighetti, *Recupero e Conservazione degli edifici - Lez.09 Interventi sulle murature*, Politecnico di Milano, Corso di Recupero e Conservazione degli edifici, 2022-2023.

IN.05

SCHEDE DEL DEGRADO DI RIFERIMENTO

D.02 - D.04 - D.06-D.012

INTERVENTI CORRELATI

IN.01 - IN.03



1. Recupero del compedio di S. Marta a Verona: rimozione dei conci lesionati [Fonte: luav.it]



2. Recupero del compedio di S. Marta a Verona: posa della malta [Fonte: luav.it]



3. Recupero del compedio di S. Marta a Verona: sostituzione dei conci di laterizio [Fonte: luav.it]

REALIZZAZIONE STRUTTURA RETICOLARE

DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE DI UNITÀ TECNOLOGICA	Struttura portante
UNITÀ TECNOLOGICA	Chiusura orizzontale
MATERIALE INTERESSATO	Acciaio
LOCALIZZAZIONE	Ex chiesa di San Donato

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Realizzazione di una struttura reticolare spaziale in acciaio nell'ex chiesa di San Donato per il miglioramento del comportamento scatolare dell'edificio.

FASI OPERATIVE

- Messa in sicurezza degli edifici.
- Rimozione della vegetazione e dei blocchi instabili.
- Realizzazione delle nuove fondazioni attraverso l'infissione nel terreno di micropali in acciaio mediante martinetti idraulici solidarizzati alla fondazione dell'edificio mediante piastre in acciaio.
- posa dei pilastri in acciaio che si ancorano alle fondazioni mediante piastra in acciaio.
- Montaggio della struttura avviene unendo i pezzi elementari singolarmente o in gruppi limitati (normalmente 1 nodo + 3 aste) preparati a piè d'opera e sollevati in posizione mediante sollevatore telescopico rotativo
- posa e il fissaggio dell'orditura secondaria per la distribuzione dei carichi sui nodi, alla successiva posa della lamiera grecata e dei pannelli OSB fino al completamento della stratigrafia.

NOTE

La struttura va idoneamente supportata nel corso dell'avanzamento attraverso torri/puntelli provvisori per non superare gli sforzi ammissibili nel transitorio di montaggio e per ridurre la freccia dovuta allo sbalzo e al peso proprio, che renderebbe difficoltoso il proseguo del montaggio.

Fonti

https://www.meroitaliana.it/

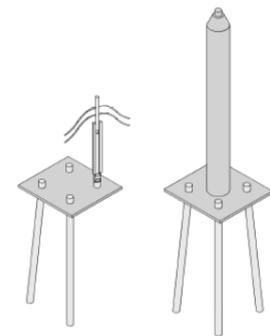
IN.06

SCHEDE DEL DEGRADO DI RIFERIMENTO

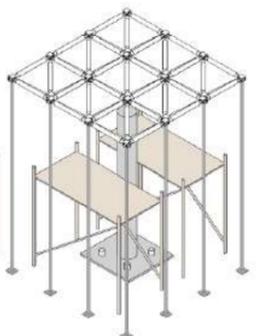
D.06-D.012

INTERVENTI CORRELATI

IN.01 - IN.03



1. Realizzazione delle fondazioni e posa del pilastro.



2. Montaggio dei ponteggi per il supporto della struttura e montaggio della reticolare a singoli moduli.

CONSOLIDAMENTO LEGGERO MEDIANTE RETICOLATUS IN.07

DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE DI UNITÀ TECNOLOGICA	Struttura portante
UNITÀ TECNOLOGICA	Chiusura verticale
MATERIALE INTERESSATO	Blocchi tufacei
LOCALIZZAZIONE	Edifici B, C e I

SCHEDE DEL DEGRADO DI RIFERIMENTO

D.02-D.04-D.06-D.12

INTERVENTI CORRELATI

IN.01-IN.02-IN.03

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Consolidamento delle facciate in blocchi di tufo attraverso l'inserimento nei giunti di malta di una muratura di sottili cavi formati da 3 o 4 trefoli di acciaio UHTSS o materiale composito con diametro di circa 1 millimetro ciascuno, fissati in profondità nello spessore murario con barre metalliche trasversali dotate di occhielli.

FASI OPERATIVE

- Studio della tessitura muraria al fine di valutare il tracciato ottimale secondo cui disporre le funi metalliche e la posizione dei nodi in cui realizzare le perforazioni.
- Scarnitura profonda dei giunti di malta in corrispondenza del tracciato, eseguita asportando completamente la malta originaria per uno spessore di 60 mm.
- Accurata pulitura le superfici da trattare con spazzole e pennelli morbidi per asportare qualsiasi traccia di depositi pulverulenti. La superficie del giunto da trattare va invece lasciata scabra per aumentare l'aderenza della nuova malta.
- Foratura della muratura per una profondità di almeno 2/3 dello spessore della muratura e successiva pulitura attraverso getto d'aria. Per tale operazione si consiglia di minimizzare o eliminare le vibrazioni mediante appositi strumenti.
- Iniezione delle perforazioni con malta antiritiro o resina e posizionamento delle barre filettate, dei rostri e dei dadi.
- Stesura delle funi di acciaio lungo le traiettorie individuate, avendo cura di far passare le funi all'interno dei rostri reggicavi.
- Tensionamento delle funi mediante serraggio dei dadi.
- Ristilatura finale dei giunti e pulizia finale.

NOTE

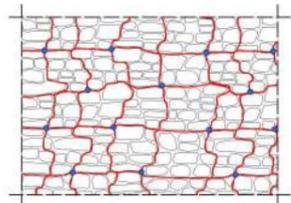
È necessario valutare la compatibilità dei materiali impiegati con quelli esistenti.



1. Consolidamento della muratura faccia a vista della Torre nord del Castello di Compiano (Parma): particolare dei dispositivi di ancoraggio dei trefoli in acciaio [Fonte: www.teknoring.com/]



2. Impiego del sistema Reticolatus del borgo medievale di Montequallieri in Abruzzo. [Fonte: Fibrenet.it]



3. Schematizzazione del rinforzo con Reticolatus; in blu sono evidenziate le posizioni delle connessioni trasversali.[Fonte: Ingenio-web.it]

Fonti

RETICOLA - sperimentazione su murature faccia a vista, in *Fibrenet.com*, 2013 [https://www.fibrenet.it/wp-content/uploads/2020/12/Struttural-2013-Tests-on-Reticola-system-Borri-Sisti-Gattesco-BoemDudine.pdf]

A. Borri, R. Sisti, *Il sistema Reticolatus per il rinforzo di murature faccia a vista: stato dell'arte*, in *Ingenio-web*, 2014 [https://www.ingenio-web.it/articoli/il-sistema-reticolatus-per-il-rinforzo-di-murature-faccia-a-vista-stato-dell-arte/]

E. Matteuzzi, *Come consolidare le murature in pietrame con la tecnica del Reticolatus: la guida*, in *Teknoring.com*, 2019 [https://www.teknoring.com/guide/guide-architettura/come-consolidare-le-murature-in-pietrame-con-la-tecnica-del-reticolatus-la-guida/]

CONSOLIDAMENTO PARTIZIONE ISOLATA IN.08

DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE DI UNITÀ TECNOLOGICA	Partizione interna
UNITÀ TECNOLOGICA	Partizione interna verticale
MATERIALE INTERESSATO	Blocchi tufacei
LOCALIZZAZIONE	Edificio C

SCHEDE DEL DEGRADO DI RIFERIMENTO

D.06

INTERVENTI CORRELATI

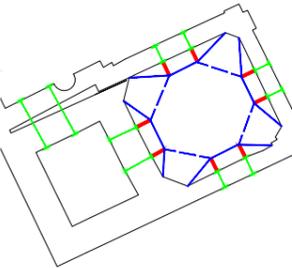
IN.03-IN.12

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Consolidamento delle partizioni interne isolate dell'ex Chiesa di S. Donato mediante l'utilizzo di "diaframmi a diamante" e la tecnica dell'arco armato al fine di evitare il loro ribaltamento e di migliorare la stabilità globale.

FASI OPERATIVE

- Eliminazione della causa del ribaltamento della parete attraverso il consolidamento del terreno (scheda IN.03).
- Messa in sicurezza delle due pareti interessate attraverso puntellamento al fine di evitarne il loro ribaltamento.
- Iniezioni locali di malta al fine di ripristinare la compattezza della struttura muraria.
- Irrigidimento globale delle pareti mediante messa in opera, nella parte sommitale, del diaframma a diamante costituito da trefoli e puntoni in acciaio inox realizzato come di seguito:
 - Individuazione dei punti di ancoraggio e foratura della muratura.
 - Posa delle barre filettate passanti e delle piastre capochiave in acciaio inox. È consigliato predisporre uno strato di regolarizzazione e ripartizione dei carichi in malta cementizia tra la muratura e la piastra.
 - Posa del puntone telescopico in acciaio inox sulla piastra capochiave posta dal lato di realizzazione del diaframma.
 - Posa dei trefoli in acciaio inox fissati al puntone telescopico mediante "sella" sferica conformata per accogliere e distanziare le funi.
 - Ancoraggio delle funi agli spigoli delle murature e messa in tensione attraverso l'allungamento dei puntoni telescopici.
 - Posa delle barre filettate diagonali tra i diversi puntoni telescopici.
- Realizzazione dell'arco armato sulle due aperture ad arco come specificato di seguito:
 - Posa all'intradosso dell'apertura e alle pareti di imposta di staffe in acciaio ancorate chimicamente alla muratura mediante tasselli metallici.
 - Posa dei cavi in acciaio inox e ancorati alla muratura mediante le staffe precedentemente posate.
 - Fissaggio dei cavi al solaio per garantire la stabilità globale della struttura ad arco e tesaggio dei cavi.
- Rimozione delle strutture di sicurezza e restauro degli intonaci (scheda IN.12)



1. Estratto delle tavole strutturali, schema in pianta del diaframma a diamante (in rosso i puntoni telescopici, in blu i trefoli in acciaio e in tratteggiato le barre diagonali, in verde le barre e le piastre di collegamento alla muratura)



1. L. Jurina, Consolidamento mediante arco armato della Villa Borromeo, Senago.

Fonti

L. Jurina, *L'uso degli "stralli" nel consolidamento di murature storiche isolate*, in *Ingenio*, n. 24, luglio 2014. [http://jurina.it/publicazioni/]

L. Jurina, *Evoluzione e declinazioni nell'uso dell'Arco armato (parte 1-2-3)*, atti del convegno ReUso, Madrid 2013. [http://jurina.it/publicazioni/]

L. Jurina, *Cerchiature di strutture murarie: tecniche tradizionali e innovative*, Atti del seminario internazionale CIAS, Creta, 18-25 maggio 2013. [http://jurina.it/publicazioni/]

REALIZZAZIONE SCALA CONSOLIDANTE IN.09

DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE DI UNITÀ TECNOLOGICA	Struttura portante
UNITÀ TECNOLOGICA	Chiusura verticale
MATERIALE INTERESSATO	Blocchi tufacei
LOCALIZZAZIONE	Edifici B-D

SCHEDE DEL DEGRADO DI RIFERIMENTO

/

INTERVENTI CORRELATI

/

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Realizzazione di una nuova scala metallica all'interno del campanile che, opportunamente connessa alle pareti mediante tiranti, permette di migliorare il comportamento statico della struttura rendendola, in oltre, accessibile.

FASI OPERATIVE

- Realizzazione di un corretto rilievo geometrico al fine di poter realizzare una scala su misura.
- Sostituzione dei blocchi danneggiati (scheda IN. 05)
- Smontaggio del tetto del campanile per la posa della scala.
- Realizzazione di una scala in acciaio prefabbricata in acciaio come da progetto.
- Trasporto della scala in cantiere e posa della scala all'interno dei manufatti.
- Fissaggio del blocco scala alle pareti esistenti in modo che i due sistemi collaborino.
- Realizzazione sulla sommità del campanile di un grigliato in acciaio al quale successivamente appendere la scala prefabbricata mediante cavi in acciaio.
- Ripristino della copertura del campanile.
- Realizzazione di un nuovo solaio portante nell'edificio B al quale appendere la scala prefabbricata mediante cavi in acciaio.



1. L. Jurina, consolidamento della Torre Gorano di Milano, particolare del grigliato in acciaio a cui è appesa la scala consolidante. (fonte: https://scl-ingegneria.it/project/palazzo-gorani/#&gid=ef9fe707&pid=5)



2. L. Jurina, consolidamento della Torre Gorano di Milano, particolare della scala consolidante. (fonte: https://scl-ingegneria.it/project/palazzo-gorani/#&gid=ef9fe707&pid=5)

Fonti

L. Jurina, *Scale metalliche in torri murarie*, 31° Convegno Scienza e Beni Culturali, Metalli in Architettura, Conoscenza, Conservazione, Innovazione, Bressanone, 30 giugno-3 luglio 2015. [http://jurina.it/publicazioni/]

L. Jurina, *Nuove scale in edifici antichi*, Atti del convegno "Antico e nuovo. Architettura e architetture", Venezia, 3 aprile 2004. [http://jurina.it/publicazioni/]

REALIZZAZIONE SOPRAELEVAZIONE IN.10

DESCRIZIONE TECNICA

CLASSE DI UNITÀ TECNOLOGICA	Struttura portante
UNITÀ TECNOLOGICA	Chiusura orizzontale e verticale
MATERIALE INTERESSATO	Blocchi tufacei
LOCALIZZAZIONE	Edifici G, H e L

SCHEDE DEL DEGRADO DI RIFERIMENTO

/

INTERVENTI CORRELATI

/

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Consolidamento delle murature in blocchi di tufo mediante un cordolo in c.a. alleggerito per la realizzazione di una sopraelevazione e attraverso la progettazione di un solaio rigido in X-LAM per migliorare il comportamento scatolare dell'edificio e contribuire alla ripartizione uniforme dei carichi aggiunti.

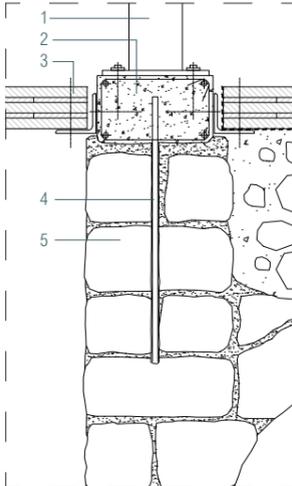
FASI OPERATIVE

- Indagini diagnostiche preliminari per valutare le caratteristiche a compressione della muratura.
- Demolizione controllata del solaio ligneo all'interno dell'edificio G e dei blocchi di tufo non necessari fino a raggiungere la quota indicata dal progetto.
- Realizzazione di fori verticali al centro della muratura.
- Posa di barre filettate in acciaio e successivo riempimento del foro con resine epossidiche compatibili. È necessario che la barra sporga al di sopra della muratura per il corretto ancoraggio del cordolo.
- Realizzazione di un cordolo perimetrale in calcestruzzo armato sulla sommità della muratura. È necessario che si impieghi un calcestruzzo armato alleggerito e che il cordolo sia delle dimensioni minime stabilite dal progetto affinché la rigidezza di quest'ultimo non sia eccessivamente superiore a quella della muratura.
- Realizzazione di un solaio in X-LAM dello spessore di 158 mm collaborante con la muratura sottostante ancorato al cordolo attraverso un profilo metallico angolare di 150 mm.
- Realizzazione della struttura di elevazione in pilastri in acciaio HEB 200 ancorati al cordolo in c.a. mediante tirafondi.
- Realizzazione del solaio di copertura e irrigidimento della sopraelevazione mediante inserimento di controventi per ridurre al minimo gli spostamenti relativi.
- Completamento della struttura come specificato nel progetto.

NOTE

Si suppone che la muratura, grazie al suo spessore, abbia capacità resistenti tali da sostenere i carichi aggiunti, ma, qualora, dalle indagini preliminari risulti che la muratura con sia scarsamente resistente, si consiglia la realizzazione di una nuova struttura indipendente da quella esistente.

Fonti



1. Dettaglio costruttivo sopraelevazione-muratura esistente. [1. Pilastro HEB 200 ancorato al cordolo mediante tirafondi; 2. Cordolo in c.a. alleggerito; 3. Solaio rigido in X-LAM ancorato al cordolo mediante profilo metallico a L; 4. Barra filettata per ancoraggio del cordolo alla muratura; 5. Muratura a doppia testa in blocchi di tufo]

CONSOLIDAMENTO CORTICALE FACCIATE IN TUFO

DESCRIZIONE TECNICA		SCHEDE DEL DEGRADO DI RIFERIMENTO
CLASSE DI UNITÀ TECNOLOGICA	Struttura portante	D.02 - D.10
UNITÀ TECNOLOGICA	Chiusura verticale	INTERVENTI CORRELATI
MATERIALE INTERESSATO	Blocchi tufacei	Interventi di diagnostica (vedi scheda D.02)
LOCALIZZAZIONE	Tutti gli edifici	

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Consolidamento delle facciate in blocchi di tufo attraverso l'applicazione di un consolidante liquido caratterizzato da un elevato potere di penetrazione al fine di migliorare le proprietà meccaniche dei blocchi di tufo ed evitare il disgregamento del materiale.

FASI OPERATIVE

- Preparazione del supporto attraverso la pulitura della muratura. Le superfici da trattare dovranno essere esenti da polvere e parti in fase di distacco. Muffe e altre sostanze dovranno essere eliminate con impacchi, sistemi di pulizia laser o altre metodiche non distruttive. È necessario che il supporto sia sufficientemente asciutto prima di procedere all'applicazione del prodotto.
- Applicare il consolidante a pennello, a rullo o a spruzzo con irroratore di tipo manuale a bassa pressione, a una distanza di almeno 10 cm dal supporto. Durante l'applicazione proteggere la muratura da irraggiamento diretto, gelo e vento. Eseguire il trattamento partendo dalla parte superiore fino ad arrivare a quella inferiore. Eseguire l'applicazione del prodotto a in più riprese sino a rifiuto, in funzione del tipo di supporto e anche della profondità che si desidera raggiungere. Affinchè il consolidamento risulti efficace, è necessario che il prodotto penetri in profondità per garantire una buona adesione e continuità tra lo strato più esterno (generalmente più deteriorato) e quello più interno.
- Proteggere le superfici trattate dalla pioggia per almeno tre giorni.

NOTE

È necessario che il prodotto lasci inalterata la permeabilità della muratura al fine di evitare l'insorgere di tensioni interne, e di conseguenza fratture, in caso di presenza di acqua all'interno dei blocchi di tufo. È necessario che la posa del prodotto avvenga ad una temperatura compresa tra i 5° C e i 30° C, pertanto è sconsigliata la sua applicazione nella stagione estiva e in quella invernale.

SCELTA DEL PRODOTTO

Si consiglia l'uso di un consolidante tipo *HYDRO PRO®Eco Tufo e Pietra leccese* di Camp s.r.l., la cui formula ecologica completamente priva di VOC lo rende non nocivo nè per l'uomo nè per l'ambiente e, inoltre, è infiammabile e antivegetativo.

ALLEGATI

Scheda tecnica *HYDRO PRO®Eco Tufo e Pietra leccese*



1. Pulitura del supporto [Fonte: Mapei.com]



2. Stesura del prodotto [Fonte: Mapei.com]



3. Effetto finale [Fonte: Mapei.com]

Fonti

Consolidante per pietra e tufo: Compatto Eco di Camp Surface Care, in Campitalia.it, 2018 [https://www.campitalia.it/come-proteggere-e-consolidare-pareti-e-volte-in-tufo-o-pietra-naturale/]

Consolidante ETS WR/ Consolidante ETS, in Mapei.com [https://cdnmedia.mapei.com/docs/librariesprovider2/products-documents/1_02948_consolidante-ets-wr_it-it_0db31bbca7ef4bd7b72ddd31f17221e.pdf?sfvrsn=2ff9ad50_0]

Consolidante 8020, in Mapei.com [https://cdnmedia.mapei.com/docs/librariesprovider2/products-documents/1_02905_consolidante-8020_it-it_b6f47528a09445ea8dc9aa0405bc8587.pdf?sfvrsn=24ee5a9b_0]

RESTAURO DEGLI INTONACI

DESCRIZIONE TECNICA		SCHEDE DEL DEGRADO DI RIFERIMENTO
CLASSE DI UNITÀ TECNOLOGICA	Struttura portante/Partizione interna	D.05-D.07-D.09-D.10
UNITÀ TECNOLOGICA	Chiusura verticale/ Partizione interna	INTERVENTI CORRELATI
MATERIALE INTERESSATO	Intonaco	/
LOCALIZZAZIONE	Edificio C e facciata nord edificio E	

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Pulizia e ricoesione dell'intonaco affrescato al fine di ripristinare i decori murari presenti nel borgo.

FASI OPERATIVE

- Indagini diagnostiche preliminari per valutare le caratteristiche del dipinto, analizzare le cause ed i fattori di degrado per avere un quadro completo sullo stato di conservazione dell'opera.
- Operazioni preliminari di messa in sicurezza delle parti di intonaco distaccate, attraverso la velinatura di protezione e il preconsolidamento, per garantire la messa in sicurezza della superficie.
- Operazioni di pulitura che hanno l'obiettivo di rimuovere dalla superficie del manufatto le sostanze estranee, patogene e generatrici di ulteriore degrado sia materico che estetico.
- Consolidamento per riconferire coesione al materiale di base del dipinto, con resine per risarcire i distacchi e aggiunta di legante all'intonaco originario.
- Stuccatura di lacune, mancanze e fessurazioni e rifacimento di porzioni di intonaco cadute, con l'obiettivo di ripristinare la continuità strutturale e rendere la superficie più stabile e leggibile.
- Reintegrazione pittorica, con lo scopo di ripristinare un'adeguata lettura dell'opera d'arte mediante il collegamento cromatico.
- Protezione finale.

È necessario valutare la compatibilità dei materiali impiegati nell'intervento di restauro con quelli esistenti, scegliendo tra prodotti organici, inorganici o semiorganici.

Fonti

Le fasi di intervento nel restauro dei dipinti murali, in restaurars.altervista.org, 2018 [https://restaurars.altervista.org/le-fasi-di-intervento-nel-restauro-dei-dipinti-murali-2/]

Restauro affreschi e dipinti murali, in angelanirestauro.com [https://angelanirestauro.it/restauro-affreschi-e-dipinti-murali/#Come_avviene_il_restaurato_di_affreschi_e_dipinti_murali]

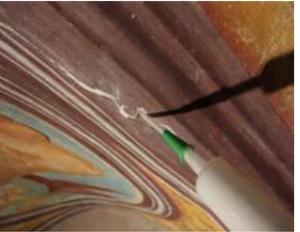
IN.12

DESCRIZIONE TECNICA		SCHEDE DEL DEGRADO DI RIFERIMENTO
CLASSE DI UNITÀ TECNOLOGICA	Struttura portante/Partizione interna	D.05-D.07-D.09-D.10
UNITÀ TECNOLOGICA	Chiusura verticale/ Partizione interna	INTERVENTI CORRELATI
MATERIALE INTERESSATO	Intonaco	/
LOCALIZZAZIONE	Edificio C e facciata nord edificio E	

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO



1. Pulitura dell'affresco [Fonte: restaurars.altervista.org]



2. Risarcimento dei distacchi [Fonte: restaurars.altervista.org]



3. Reintegrazione pittorica [Fonte: restaurars.altervista.org]

Analisi dei carichi agenti sulle strutture

Carichi permanenti strutturali

Le azioni permanenti gravitazionali associate ai pesi propri dei materiali strutturali sono derivate dalle dimensioni geometriche e dai pesi dell'unità di volume dei materiali con cui sono realizzate le parti strutturali della costruzione. Per i materiali più comuni possono essere assunti i valori dei pesi dell'unità di volume riportati nella Tab. 3.1.I. (NTC 2018_Paragrafo 3.1.2)

Materiali	Peso unità di volume [kN/m³]	
Tufo vulcanico	17,0	NTC 2018_TAB. 3.1.I
Acciaio	78,5	NTC 2018_TAB. 3.1.I
XLAM		

Carichi permanenti non strutturali

Sono considerati carichi permanenti non strutturali i carichi presenti sulla costruzione durante il suo normale esercizio, quali quelli relativi a tamponature esterne, divisori interni, massetti, isolamenti, pavimenti e rivestimenti del piano di calpestio, intonaci, controsoffitti, impianti ed altro, ancorché in qualche caso sia necessario considerare situazioni transitorie in cui essi non siano presenti. (NTC 2018_Paragrafo 3.1.3)

Elenco delle finiture:

- CV.02: Muratura a secco
- CO.02: Solaio di copertura San Donato
- CO.03: Solaio di copertura blocco ristorante
- CO.07: Solaio di copertura blocco laboratori
- PO.04: Solaio intermedio blocco laboratori

CV.02: Muratura a secco

Materiali	sp. [m]	ρ [kN/m³]	W [kN/m²]	
1. Rasatura in stucco a base di gesso	0,03	17,0	0,51	NTC 2018
2. Pannelli in lana di legno	0,15	1,47	0,22	scheda tecnica
3. Isolamento in calce e canapa	0,37	1,72	0,64	scheda tecnica
4. Pannelli in lana di legno	0,15	1,47	0,22	scheda tecnica
5. Rasatura in stucco a base di gesso	0,03	17,0	0,51	NTC 2018
Totale $g_{2,1}$			2,10	kN/m²

CO.02: Solaio di copertura San Donato

Materiali	sp. [m]	ρ [kN/m³]	W [kN/m²]	
1. Lastre di pietra	0,02	24	0,48	EC1
2. Massetto a secco	0,05	10	0,5	scheda tecnica
3. Strato di pendenza in XPS	0,1	0,3	0,03	EC1
Totale $g_{2,2}$			1,01	kN/m²

CO.03: Solaio di copertura blocco ristorante

Materiali	sp. [m]	ρ [kN/m³]	W [kN/m²]	
1. Lastre di pietra	0,02	24	0,48	EC1
2. Massetto a secco	0,05	10	0,5	scheda tecnica

3. Strato di pendenza in XPS	0,1	0,3	0,03	EC1
4. Lastra di cartongesso	0,0125	13,0	0,16	NTC 2018
5. Isolante in fibra di canapa	0,1	0,4	0,04	scheda tecnica
6. Rasatura in stucco a base di gesso	0,003	17,0	0,05	NTC 2018
Totale $g_{2,3}$			1,23	kN/m ²

CO.07: Solaio di copertura dei laboratori

Materiali	sp. [m]	ρ [kN/m ³]	W [kN/m ²]	
1. Lamiera	0,007	27	0,19	
2. OBS	0,04	7	0,28	EC1
3. Isolante in calce e canapa	0,12	1,72	0,03	EC1
4. Sottostruttura in legno	-	-	3,43	
5. OBS	0,04	7	0,28	EC1
6. Lastra di cartongesso	0,0125	13,0	0,16	NTC 2018
7. Rasatura in stucco a base di gesso	0,003	17,0	0,05	NTC 2018
Totale $g_{2,4}$			1,01	kN/m ²

PO.03: Solaio intermedio blocco dei laboratori

Materiali	sp. [m]	ρ [kN/m ³]	W [kN/m ²]	
1. Microcemento	0,02	13,72	0,27	

2. Calcestruzzo leggero	0,05	16	0,8	NTC 2018
3. OBS	0,04	7	0,28	EC1
4. Lastra di cartongesso	0,0125	13,0	0,16	NTC 2018
5. Rasatura in stucco a base di gesso	0,003	17,0	0,05	NTC 2018
Totale $g_{2,5}$			1,56	kN/m ²

Azioni variabili

Sovraccarichi

I sovraccarichi, o carichi imposti, comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- *carichi verticali uniformemente distribuiti q_k*
- *carichi verticali concentrati Q_k*
- *carichi orizzontali lineari H_k*

I valori nominali e/o caratteristici di q_k , Q_k ed H_k sono riportati nella Tab. 3.1.II. Tali valori sono comprensivi degli effetti dinamici ordinari, purché non vi sia rischio di rilevanti amplificazioni dinamiche della risposta delle strutture.. (NTC 2018_Paragrafo 3.1.4)

Categoria	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
C	Cat. C1	3,00	3,00	1,00
	Cat. C3	5,00	5,00	3,00
H	Cat. H	0,50	1,20	1,00

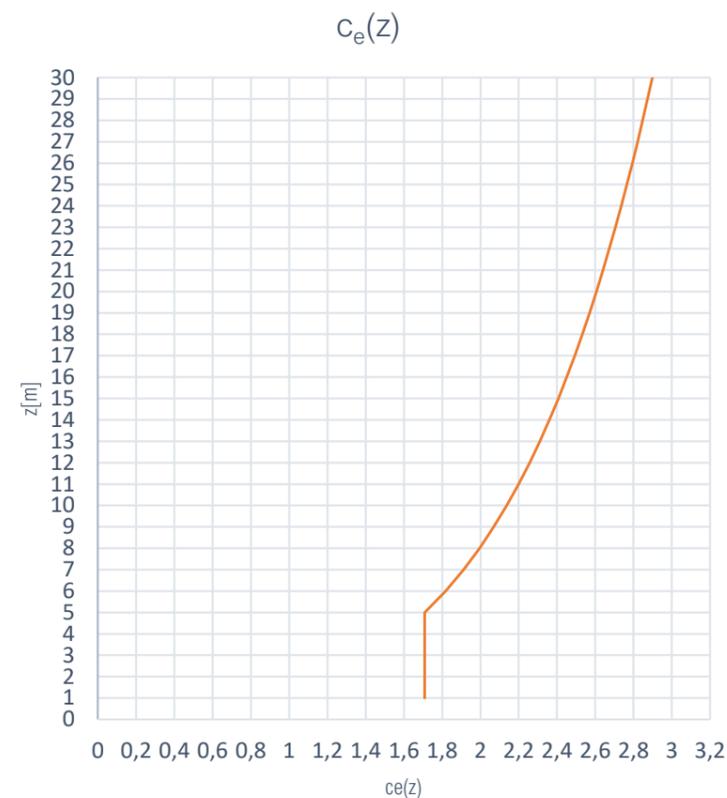
Carico da neve

1. Valore di riferimento carico da neve al suolo			
a_s	350	m	altitudine sito
q_{sk}	0,78	kN/m ²	NTC 2018_EQ. 3.4.5
2. Coefficiente di forma coperture			
η_i	0,8	-	NTC 2018_Tab. 3.4.II
3. Coefficiente di esposizione C_e			
C_e	1	-	NTC 2018_Tab. 3.4.I
4. Coefficiente termico C_t			
C_t	1	-	NTC 2018_Paragrafo 3.4.I
5. Carico da neve			
q_s	0,624	kN/m ²	NTC 2018_EQ. 3.4.1

Azione del vento

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici. Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti definite al § 3.3.3. Per le costruzioni di forma o tipologia inusuale, oppure di grande altezza o lunghezza, o di rilevante snellezza e leggerezza, o di notevole flessibilità e ridotte capacità dissipative, il vento può dare luogo ad effetti la cui valutazione richiede l'uso di metodologie di calcolo e sperimentali adeguate allo stato dell'arte.. (NTC 2018_Paragrafo 3.3)

1. Velocità base di riferimento			
$v_{b,0}$	27	m/s	NTC 2018_Tab. 3.3.I
a_0	500	m	NTC 2018_Tab. 3.3.I
k_s	0,37	-	NTC 2018_Tab. 3.3.I
c_a	1	-	NTC 2018_EQ. 3.3.1.b ($a_s < a_0$)
v_b	27	m/s	NTC 2018_EQ. 3.3.1
2. Velocità di riferimento			
c_r	1	-	NTC 2018_Paragrafo 3.3.2
v_r	27	m/s	NTC 2018_EQ. 3.3.2
3. Azioni statiche equivalenti			
Classe di rugosità del terreno	C	-	NTC 2018_Tab. 3.3.III
Categoria sito	III	-	NTC 2018_Fig. 3.3.2
k_r	0,2	-	NTC 2018_Tab. 3.3.II
z_0	0,1	m	NTC 2018_Tab. 3.3.II
z_{min}	5	m	NTC 2018_Tab. 3.3.II
c_t	1	-	NTC 2018_Paragrafo 3.3.7
3.1. Coefficiente di esposizione			
$C_e(z)$	grafico	-	NTC 2018_EQ. 3.3.7
4. Coefficienti aerodinamici			
c_f	0,02	-	NTC 2018_Tab. C3.3.IXI



Coefficiente di esposizione C_e in funzione dell'altezza z .

Azione del sisma

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione

delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

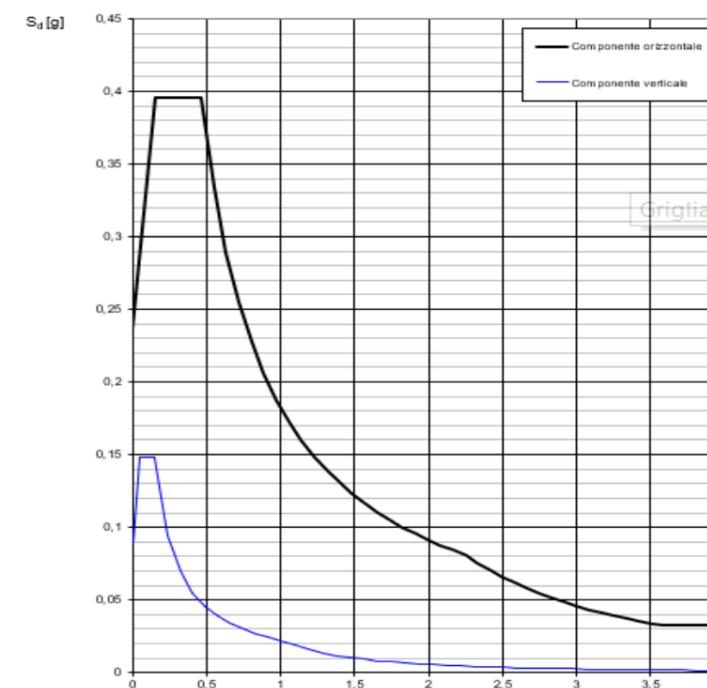
La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione. Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento VR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*C valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di a_g , F_o e T^*C , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.. (NTC 2018_Paragrafo 3.2)

V_N	50	anni	NTC 2018_Tab. 2.4.I
Classe d'uso	III	-	NTC 2018_Paragrafo 2.4.2
Tipologia di sottosuolo	C	-	NTC 2018_Tab. 3.2.II
Categoria topografica	T2	-	NTC 2018_Tab. 3.2.III

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



Dispersioni e apporti di calore attraverso l'involucro

Dispersione termiche invernali

Piano	Ambiente		Area	Esposizione	ΔT	SUP. OPACHE			SUP. TRASPARENTE			VENTILAZIONE	DISPERSIONI
						Area	Trasmittanza	Dispersione	Area	Trasmittanza	Dispersione	Dispersione	TOTALI*
			m2		°K	m2	Wm2/K	W	m2	Wm2/K	W	W	kW
2	Laboratorio 1	copertura	50	cielo	22	50	0,21	231	/	/	/	1851,696	2,34
		chiusure esterne	21	NO		19,4	0,17	72,56	1,6	1,4	49,28		
			11	O		11	0,17	41,14	/	/	/		
			11	E*	10	11	0,17	18,7	/	/	/		
	Laboratorio 2	copertura	67	cielo	22	65,6	0,23	331,936	1,4	1,4	43,12	1333,22112	2,24
		chiusure esterne	26	SO		25,4	0,15	83,82	0,6	1,4	18,48		
			20	E		20	0,15	66	/	/	/		
			20	O		13	0,15	42,9	7	1,4	215,6		
1	Aula didattica	chiusure esterne	39	SO	22	37,8	0,15	124,74	1,2	1,4	36,96	1309,4136	1,86
			22	E		22	0,15	72,6	/	/	/		
			22	O		15	0,15	49,5	7	1,4	215,6		
0	Punto vendita	chiusure esterne	21	NO*	10	17,4	0,17	29,58	3,6	1,4	50,4	129,8592	0,25
			11	E*		10,4	0,17	17,68	0,6	1,4	8,4		
			11	O		11	0,17	0	/	/	/		
	Coworking	copertura	92	cielo	22	92	0,21	425,04	/	/	/	5819,616	7,70
		chiusure esterne	54	NO		49	0,17	183,26	5	1,4	154		
			55	E		54,3	0,17	203,082	0,7	1,4	21,56		
			55	O		50,3	0,17	188,122	4,7	1,4	144,76		
			54	SO		49,5	0,17	185,13	4,5	1,4	138,6		
-1	Ristorante	chiusure esterne	61	SO	22	40,4	0,15	133,32	20,6	1,4	634,48	3174,336	5,14
			16,24	E		13,74	0,15	45,342	2,5	1,4	77		
			22	O		10	0,15	33	12	1,4	369,6		
		soffitto	104	esterno		104	0,23	526,24	/	/	/		

* si tiene conto dello spazio buffer di collegamento in cui si ipotizza una temperatura leggermente maggiore di quella esterna (2°C in più)

* le dispersioni attraverso le superfici opache sono incrementate del 20% per avere una stima delle dispersioni dovute ai ponti termici

Apporti di calore estivi attraverso l'involucro - ore 9.00

Piano	Ambiente		SUP. OPACHE				SUP. TRASPARENTE			APPORTI INVOLUCRO kW			
			Area m2	Esposizione	ΔT °K	ΔT_{eq} °K	Area m2	Trasmittanza Wm2/K	Apporti W				
2	Laboratorio 1	copertura	50	cielo	5	3,6	50	0,21	37,8	/	/	/	0,070
		chiusure esterne	21	NO		1,9	19,4	0,17	6,2662	1,6	1,4	11,2	
			11	O		3	11	0,17	5,61	/	/	/	
	Laboratorio 2	copertura	67	cielo	5	3,6	65,6	0,23	54,3168	1,4	1,4	9,8	0,15
		chiusure esterne	26	SE		2,5	25,4	0,15	9,525	0,6	1,4	4,2	
			20	E		4,2	20	0,15	12,6	/	/	/	
1	Aula didattica	chiusure esterne	20	O	5	3	13	0,15	5,85	7	1,4	49	0,09
			39	SE		2,5	37,8	0,15	14,175	1,2	1,4	8,4	
			22	E		4,2	22	0,15	13,86	/	/	/	
0	Punto vendita	chiusure esterne	22	O	5	3	15	0,15	6,75	7	1,4	49	0,05
			21	NO		1,9	17,4	0,17	5,6202	3,6	1,4	25,2	
			11	E		4,2	10,4	0,17	7,4256	0,6	1,4	4,2	
	Coworking	copertura	92	cielo	5	3,6	92	0,21	69,552	/	/	/	0,28
		chiusure esterne	54	NO		1,9	49	0,17	15,827	5	1,4	35	
			55	E		4,2	54,3	0,17	38,7702	0,7	1,4	4,9	
55			O	3		50,3	0,17	25,653	4,7	1,4	32,9		
-1	Ristorante	chiusure esterne	54	SE	5	2,5	49,5	0,17	21,0375	4,5	1,4	31,5	0,39
			61	SE		2,5	40,4	0,15	15,15	20,6	1,4	144,2	
			16,24	E		4,2	13,74	0,15	8,6562	2,5	1,4	17,5	
		22	O	3		10	0,15	4,5	12	1,4	84		
		solaio	104	esterno		104	0,23	119,6	/	/	/		

* si tiene conto dello spazio buffer di collegamento in cui si ipotizza una temperatura leggermente minore di quella esterna (2°C in meno)

Apporti di calore estivi attraverso l'involucro - ore 12.00

Piano	Ambiente		SUP. OPACHE				SUP. TRASPARENTE			APPORTI INVOLUCRO kW			
			Area m2	Esposizione	ΔT °K	ΔT_{eq} °K	Area m2	Trasmittanza Wm2/K	Apporti W				
2	Laboratorio 1	copertura	50	cielo	5	8,5	50	0,21	89,25	/	/	/	0,122
		chiusure esterne	21	NO		1,9	19,4	0,17	6,2662	1,6	1,4	11,2	
			11	O		3	11	0,17	5,61	/	/	/	
	Laboratorio 2	copertura	67	cielo	5	8,5	11	0,17	9,35	/	/	/	0,14
		chiusure esterne	67	cielo		65,6	0,23	0	1,4	1,4	9,8		
			26	SE		8,5	25,4	0,15	32,385	0,6	1,4	4,2	
1	Aula didattica	chiusure esterne	20	O	5	13,1	20	0,15	39,3	/	/	/	0,16
			20	O		3	13	0,15	5,85	7	1,4	49	
			39	SE		8,5	37,8	0,15	48,195	1,2	1,4	8,4	
0	Punto vendita	chiusure esterne	22	E	5	13,1	22	0,15	43,23	/	/	/	0,06
			22	O		3	15	0,15	6,75	7	1,4	49	
			21	NO		1,9	17,4	0,17	5,6202	3,6	1,4	25,2	
	Coworking	copertura	92	cielo	5	13,1	10,4	0,17	23,1608	0,6	1,4	4,2	0,50
		chiusure esterne	11	E		3	11	0,17	5,61	/	/	/	
			54	NO		8,5	92	0,21	164,22	/	/	/	
55			E	1,9		49	0,17	15,827	5	1,4	35		
-1	Ristorante	chiusure esterne	55	O	5	3	50,3	0,17	25,653	4,7	1,4	32,9	0,45
			54	SE		8,5	49,5	0,17	71,5275	4,5	1,4	31,5	
			61	SE		8,5	40,4	0,15	51,51	20,6	1,4	144,2	
		16,24	E	13,1		13,74	0,15	26,9991	2,5	1,4	17,5		
		solaio	104	esterno		104	0,23	119,6	/	/	/		

Apporti di calore estivi attraverso l'involucro - ore 15.00

Piano	Ambiente		SUP. OPACHE						SUP. TRASPARENTE			APPORTI INVOLUCRO kW		
			Area	Esposizione	ΔT	ΔT_{eq}	Area	Trasmittanza	Apporti	Area	Trasmittanza		Apporti	
			m2		°K	°K	m2	Wm2/K	W	m2	Wm2/K	W		
2	Laboratorio 1	copertura	50	cielo	5	16,9	50	0,21	177,45	/	/	/	0,216	
		chiusure esterne	21	NO		2,5	19,4	0,17	8,245	1,6	1,4	11,2		
			11	O		5,3	11	0,17	9,911	/	/	/		
			11	E		10,8	11	0,17	9,35	/	/	/		
	Laboratorio 2	copertura	67	cielo	5	16,9	65,6	0,23	254,9872	1,4	1,4	9,8	0,40	
		chiusure esterne	26	SE		10,2	25,4	0,15	38,862	0,6	1,4	4,2		
			20	E		10,8	20	0,15	32,4	/	/	/		
			20	O		5,3	13	0,15	10,335	7	1,4	49		
	1	Aula didattica	chiusure esterne	39	SE	5	10,2	37,8	0,15	57,834	1,2	1,4	8,4	0,16
				22	E		10,8	22	0,15	35,64	/	/	/	
22				O	5,3		15	0,15	11,925	7	1,4	49		
0	Punto vendita	chiusure esterne	21	NO	5	2,5	17,4	0,17	7,395	3,6	1,4	25,2	0,07	
			11	E		10,8	10,4	0,17	19,0944	0,6	1,4	4,2		
			11	O		5,3	11	0,17	9,911	/	/	/		
	Coworking	copertura	92	cielo	5	16,9	92	0,21	326,508	/	/	/	0,68	
		chiusure esterne	54	NO		2,5	49	0,17	20,825	5	1,4	35		
			55	E		10,8	54,3	0,17	99,6948	0,7	1,4	4,9		
			55	O		5,3	50,3	0,17	45,3203	4,7	1,4	32,9		
	-1	Ristorante	chiusure esterne	54	SE	5	10,2	49,5	0,17	85,833	4,5	1,4	31,5	0,46
				61	SE		10,2	40,4	0,15	61,812	20,6	1,4	144,2	
				16,24	E		10,8	13,74	0,15	22,2588	2,5	1,4	17,5	
22			O	5,3	10		0,15	7,95	12	1,4	84			
		solaio	104	esterno		104	0,23	119,6	/	/	/			

Apporti di calore estivi attraverso l'involucro - ore 18.00

Piano	Ambiente		SUP. OPACHE						SUP. TRASPARENTE			APPORTI INVOLUCRO kW		
			Area	Esposizione	ΔT	ΔT_{eq}	Area	Trasmittanza	Apporti	Area	Trasmittanza		Apporti	
			m2		°K	°K	m2	Wm2/K	W	m2	Wm2/K	W		
2	Laboratorio 1	copertura	50	cielo	5	21,3	50	0,21	223,65	/	/	/	0,294	
		chiusure esterne	21	NO		6,4	19,4	0,17	21,1072	1,6	1,4	11,2		
			11	O		15,2	11	0,17	28,424	/	/	/		
			11	E		7,4	11	0,17	9,35	/	/	/		
	Laboratorio 2	copertura	67	cielo	5	21,3	65,6	0,23	321,3744	1,4	1,4	9,8	0,46	
		chiusure esterne	26	SE		7,4	25,4	0,15	28,194	0,6	1,4	4,2		
			20	E		7,4	20	0,15	22,2	/	/	/		
			20	O		15,2	13	0,15	29,64	7	1,4	49		
	1	Aula didattica	chiusure esterne	39	SE	5	7,4	37,8	0,15	41,958	1,2	1,4	8,4	0,16
				22	E		7,4	22	0,15	24,42	/	/	/	
22				O	15,2		15	0,15	34,2	7	1,4	49		
0	Punto vendita	chiusure esterne	21	NO	5	6,4	17,4	0,17	18,9312	3,6	1,4	25,2	0,09	
			11	E		7,4	10,4	0,17	13,0832	0,6	1,4	4,2		
			11	O		15,2	11	0,17	28,424	/	/	/		
	Coworking	copertura	92	cielo	5	21,3	92	0,21	411,516	/	/	/	0,83	
		chiusure esterne	54	NO		6,4	49	0,17	53,312	5	1,4	35		
			55	E		7,4	54,3	0,17	68,3094	0,7	1,4	4,9		
			55	O		15,2	50,3	0,17	129,9752	4,7	1,4	32,9		
	-1	Ristorante	chiusure esterne	54	SE	5	7,4	49,5	0,17	62,271	4,5	1,4	31,5	0,45
				61	SE		7,4	40,4	0,15	44,844	20,6	1,4	144,2	
				16,24	E		7,4	13,74	0,15	15,2514	2,5	1,4	17,5	
22			O	15,2	10		0,15	22,8	12	1,4	84			
		solaio	104	esterno		104	0,23	119,6	/	/	/			

Rientri di calore estivi nell'ora critica - ore 18.00

AMBIENTE	area [m2]	Affollamento	Apporti involucro [kW]	Carichi sensibili persone [kW]	Carichi sensibili illuminazione [kW]	Carichi sensibili forza motrice [kW]	Rientri di calore [kW]
Ristorante	104	40	0,46	3	0,52	1,04	5,017
Coworking	56	20	0,83	1,3	0,56	0,56	3,250
Punto vendita	32	4	0,09	0,36	0,16	0,32	0,930
Aula didattica	44	30	0,16	1,95	0,44	0,44	2,993
Laboratorio 1	32	10	0,29	1	0,32	0,32	1,934
Laboratorio 2	44	24	0,46	2,4	0,44	0,44	3,744
TOTALE							17,868

POLITECNICO
MILANO 1863