



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea in Architettura Costruzione e città

A.a. 2021 - 2022

Sessione di Laurea di Dicembre 2021

1

BIM – VAR – IoT per il DigitalTwin alla scala urbana, resilienza del costruito nel paese di Rosazza

Relatori:

Prof. Ing. Anna Osello
Ugliotti francesca Maria

Candidato:

Brunazzi Emilio

***“Non capisco perché le persone
chiamano un architetto e poi
gli dicono cosa fare”***

3

Frank Gehry

INDICE

Abstract	7
INTRODUZIONE	11
1. Il caso studio	12
1.1 Inquadramento storico di Rosazza	12
1.2 Inquadramento generale dell'edificio	14
1.3 Evoluzione demografica di Rosazza	22
1.4 BIM	23
1.4.1 Livello di maturità BIM	26
1.5 Internet of things (IoT)	28
1.6 Digital Twin	29
1.7 Il VAR	34
1.7.1 Oculus	36
METODOLOGIA	39
2. Modellazione Valle Cervo	40
2.1 Modellazione Edificio	45
REGOLAMENTO EDILIZIO	51
2.2 Modellazione Edificio di Progetto	58
2.3 UNITY	69
2.3.1 Interfaccia	69
2.4 Creazione dell' ambientazione progettuale in Unity	74
2.4.1 Interoperabilità vs Unity	74
2.4.2 Importazione modelli	76
2.4.3 Programmazione in Unity	80
RISULTATI	98
2.5 Conclusioni	99
2.6 Sviluppi Futuri	101
RINGRAZIAMENTI	103
BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	106

Abstract

Al giorno d'oggi l'indice di edificabilità in Italia è pressochè inesistente, visto il sostanzioso patrimonio architettonico e l'elevata presenza di edifici che necessitano sia di interventi manutentivi e riqualificativi, volti non solo all'efficientamento energetico ma anche al riutilizzo di essi; un'altra tematica fondamentale che ha toccato questa tesi è stata la pandemia di Covid, la quale ha costretto la popolazione a rimaner chiusa nelle proprie abitazioni.

Questo ci ha portato a riflettere sulla qualità di una vita al chiuso e di come le norme vigenti siano sufficienti a garantire o raggiungere questi standard. Tutto ciò è stato possibile utilizzando: la metodologia BIM come strumento innovativo per digitalizzare, informatizzare e gestire il patrimonio architettonico esistente, collegandoci successivamente al VAR, tramite la piattaforma Unity, per una interazione più dinamica e fluida, ma soprattutto immersiva sia per i progettisti ma allo stesso tempo anche per i committenti stessi; dandogli la possibilità di aver una anteprima del risultato finale e soprattutto permettendogli di personalizzare l'ambiente progettato.

Abstract

Nowadays the building index in Italy is almost non-existent, given the substantial architectural heritage and the high presence of buildings that require both maintenance and redevelopment interventions, aimed not only at energy efficiency but also at re-functionalization and reuse of them; another fundamental issue that touched on this thesis was the Covid pandemic, which forced the population to remain closed in their homes.

This has led us to reflect on the quality of an indoor life and how the current regulations are sufficient to guarantee or achieve these standards. All this was possible using: the BIM methodology as an innovative tool to digitize, computerize and manage the existing architectural heritage, subsequently connecting to the VAR, via the Unity platform, for a more dynamic and fluid interaction, but above all immersive for both designers and at the same time also for the clients themselves; giving him the opportunity to have a preview of the final result and above all allowing him to customize the designed environment.

1. Il caso studio

L'edificio oggetto di studio in questa tesi è una casa in stato di abbandono nel paese montano di Rosazza in Provincia di Biella. La Dimora è situata all'interno del paese, di cui si ha scarsa documentazione; non sono presenti piante, sezioni o prospetti. Il periodo di costruzione è stimato nella fine dell'Ottocento.



1. Figura – Vista Aerea del paese di Rosazza (Google Maps)

1.1 Inquadramento storico di Rosazza

Nell'alta Valle Cervo, territorio montano lungo il corso dell'omonimo fiume in provincia di Biella, si trova un piccolo comune (appena 93 abitanti) definito da molti come il borgo più misterioso d'Italia. Federico Rosazza, senatore del Regno, era legato alla massoneria e all'occultismo, interessi che condivideva con l'Architetto Maffei, al quale commissionò la costruzione del castello nel 1883. Inizialmente venne innalzata la torre guelfa e successivamente la palazzina sottostante, che fu poi ampliata in due successive fasi. La sua costruzione terminò nel 1899, anno della morte di Federico.

L'edificio fu progettato sfruttando il tema dell'estetica della rovina: false murature sbrecciate trattate con acido nitrico, finti colonnati ed architravi, allo scopo di richiamare gli antichi templi di Paestum e chiari riferimenti esoterici alla massoneria.

A fine '800, il senatore Federico Rosazza fece demolire un'antica chiesa cristiana e spostare il relativo cimitero per edificarvi un Tempio, pur formalmente adibito anche al culto cristiano, secondo i suggerimenti che avrebbe ricevuto da vari spiriti-guida nel corso delle sedute spiritiche condotte unitamente al suo sodale, il medium e massone Giuseppe Maffei.

L'attuale palazzo comunale, anch'esso progettato dal Maffei nel 1880-81, fu voluto in origine da Federico Rosazza per ospitare la sede del municipio di Piedicavallo, di Piedicavallo, paese dal quale, al tempo, anche Rosazza dipendeva amministrativamente. L'edificio divenne invece sede del comune di Rosazza nel 1909 a seguito dell'autonomia comunale ottenuta nel 1906 rendendo il paese un borgo da scoprire, fatto di arte e di cultura con monumenti arrivati fino ai giorni nostri perfettamente intatti e che testimoniano un passato ricco di storia.

1.2 Inquadramento generale dell'edificio



2. Figura – Inquadramento edificio (Google Maps)

Ad oggi l'edificio sembrerebbe esteticamente invariato rispetto al progetto dell'Ottocento ma si può notare sulla destra come vi sia una successiva annessione alla struttura, distinguibile dall'uso di materiali e metodologia costruttiva più recente.

Allo stato attuale la dimora si sviluppa su quattro piani, due fuori terra e due semi interrati, presenta anche due accessi, uno in corrispondenza del piano terra ed uno alla altezza del terzo piano. I piani che sono connessi tra loro da scale interne, allocate nei pressi della facciata sud-est, che è l'unica dell'edificio esposta alla radiazione solare.

La tipologia costruttiva dell'edificio è tipica del luogo, infatti esso è composto interamente da muri portanti in pietra, solai e travi di legno, ad eccezione per il piano terra che presenta delle volte a botte ribassate anche esse in pietra grezza. Sono da osservare le altezze interne, infatti troviamo una altezza media per i due piani centrali di circa 2,10 metri.

L'edificio si presenta in una condizione di abbandono, in alcune parte il tavolame che costituisce i solai presenta un inizio di marcimento e la copertura, composta soltanto da travi e lose, verte in uno stato di precarietà strutturale.

Seguono delle fotografie e dei codici QR scansionabili per visionare la modellazione dello stato attuale dell'edificio.





4. *Fotografia ingresso piano terzo*



5. *Fotografia copertura ed elementi portanti*





6. Fotografia Scale interne





7. Fotografia solai interni





8. Fotografia interno piano terra





9. *Fotografia volte a botte*

1.3 Evoluzione demografica di Rosazza



10. Figura – Evoluzione demografica Rosazza (Fonte dati ISTAT)

Da un'analisi dell'evoluzione demografica, possiamo notare, in questo istogramma, quanto la popolazione in questo paese si sia drasticamente ridotta con il susseguirsi degli anni. Negli ultimi cinquanta anni, infatti, è diminuita circa del settantacinque per cento. Inoltre, dal grafico sottostante, è evidente come non vi sia affluenza nemmeno da parte di stranieri.



11. Figura – Popolazione per cittadinanza straniera per età e sesso (Fonte dati ISTAT)

Nonostante tutto vi è voglia di rilanciare il paese, nel mese di Ottobre 2020, il sindaco Francesca Delmastro delle Vedove, a seguito di un'alluvione causata dal torrente Cervo che tocca le sponde del Borgo, ha avviato una raccolta fondi per la ricostruzione del paese.

1.4 BIM

L'acronimo BIM venne divulgato per la prima volta dallo studioso americano Jerry Laiserin all'interno delle sue pubblicazioni nel 2002; quest'ultimo si autodefinisce, "un padrino della materia" avendo contribuito in modo attivo alla sponsorizzazione e alla diffusione di questa metodologia; Il National Institute of Building Sciences (NIBS) e BuildingSMARTalliance definiscono il BIM come una rappresentazione digitale dei beni tangibili e funzionali di una costruzione.

L'acronimo BIM in campo applicativo presenta due diversi significati principali:

BIM come Building Information Modeling:

"Building Information Modeling is one of the most promising developments in the architecture, engineering and construction (AEC) industries. With BIM technology, an accurate virtual model of a building is constructed digitally. When completed, the computer-generated model contains precise geometry and relevant data needed to support the construction, fabrication, and procurement activities needed to realize the building" [2].

BIM come Building Information Model:

"The Building information Model is a data-rich, object-oriented, intelligent and parametric digital representation of the facility, from which views and data appropriate to various users' needs can be used to make decisions and improve the process of delivering the facility" [3].

Quindi l'obiettivo principale della metodologia BIM è quello di far interagire e accorpere tutti i professionisti coinvolti nella progettazione e stabilire un flusso di informazioni trasversale tra loro, generando così, un modello virtuale che contiene tutte le informazioni utili all'edificio per tutto il suo ciclo di vita, sino alla demolizione.

Recentemente si sta diffondendo un terzo significato dell'acronimo ovvero BIM come Building Information Management.

Possiamo dire, quindi, che non esiste una descrizione univoca di cosa il BIM, dovrebbe essere, esso va analizzato come un multidimensionale. Questo nuovo sistema, che include le informazioni necessarie per effettuare una comunicazione perfetta e senza intoppi nella gestione dei progetti di costruzione, ci consente di ridurre i nostri costi di progettazione e costruzione fornendo cooperazione, interoperabilità e comunicazione.

Eastman ha affermato che "Un modello di edificio può ora essere definito dal suo contenuto: "quali oggetti descrive?" o per le sue capacità: "che tipo di esigenze informative può supportare?".

Uno dei passi importanti nell'evoluzione del passaggio dal CAD al parametrico, la modellazione e la necessità di condividere i parametri di tutti gli oggetti. Ad esempio, se un muro viene trasportato da un luogo a un altro, anche tutto ciò che è connesso deve essere aggiornato. Qualsiasi modifica ad un oggetto influisce anche sugli altri collegati. Per questo motivo, un BIM Manager analizza questi cambiamenti al fine di migliorare la loro capacità di analizzare e seleziona il modo più efficiente per ordinarli e aggiornarli.

Oltre a questi, Azhar ha affermato che il BIM non è solo un software; è un processo allo stesso tempo. Secondo il suo manifesto; Il BIM è più di semplici modelli intelligenti a 3 dimensioni; consiste anche in cambiamenti significativi in flusso di lavoro, gestione del progetto e consegna. Inoltre, BIM supporta il concetto di "Progetto Integrato Delivery", che è un nuovo approccio di consegna del progetto per integrare persone, sistemi, strutture e pratiche di lavoro in un processo comune per ottimizzare l'efficienza, l'efficacia, la produttività, le prestazioni e la riduzione degli sprechi a ogni fase del ciclo di vita del progetto. Uno dei primi enti governativi a introdurre l'obbligatorietà dell'uso della tecnologia BIM è stato il governo del Regno Unito, per gli appalti di aprile 2016. Mentre in Italia si prevede di aver concluso il passaggio al BIM, anche per gli enti pubblici entro fine l'anno 2022, il BIM verrà introdotto a pieno regime, diventando obbligatorio per tutte le opere ordinarie, ad eccezione di quelle residenziali e non caratterizzate da particolari problematiche legate alla sicurezza. Si arriverà quindi nel 2025 alla digitalizzazione dei processi per tutte le opere, di maggiore o minore complessità, fino a raggiungere importi inferiori al milione di euro.

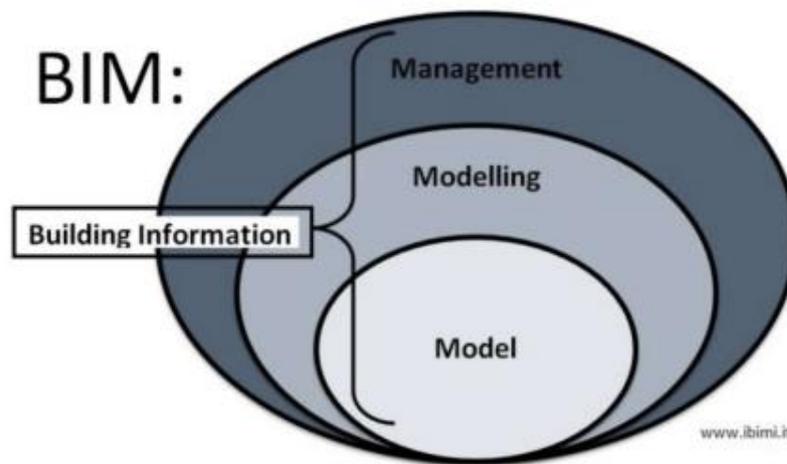
In senso stretto la funzionalità del BIM dipende dai dati di output forniti dal software. D'altra parte, le funzioni determinano informazioni o questioni organizzative; se è necessaria l'analisi energetica di un edificio, determinate informazioni sono necessarie per eseguire l'analisi. Se queste informazioni non sono incluse nel modello BIM, uno scambio di dati strutturato tra il modello BIM e la figura professionale di destinazione deve essere eseguita. A seconda della funzionalità desiderata, la struttura delle informazioni compatibile con il modello e lo scambio di dati sono necessari per garantire l'interoperabilità tra i diversi sistemi software senza perdita di informazioni, i requisiti funzionali e informativi sono specificati tramite i LOD (Livello di dettaglio).

Alcuni dei potenziali benefici che saranno forniti dall'implementazione del Building Information Management System nei progetti di costruzione sono i seguenti:

- È possibile produrre un lavoro di visualizzazione più realistico dal sistema BIM con tempi e budget ridotti.
- I dati CAD classici e la stima dei costi possono essere forniti meglio e direttamente dal modello BIM 3D.
- Tutti i lavori di sovrapposizione, che richiedono troppo tempo, possono essere eseguiti in un ambiente 3D in modo migliore dove, i problemi attesi/imprevisti tra gli elementi costruttivi e i sistemi vengono automaticamente rilevati e segnalati nonché risolti dal sistema BIM prima di iniziare lavorare in cantiere.
- I lavori di costruzione e la pianificazione del sito possono essere eseguiti più agevolmente con 3D, 4D, 5D prevenendo controversie tra le opere e fornire la migliore risoluzione al fine di garantire un flusso efficiente/efficace del progetto.
- Maggiori opportunità di produzione, migliore controllo dei costi nonché efficienza, efficacia e produttività. Il nuovo sistema BIM offre anche notevoli risparmi sui costi in molte aree, in quanto:
 - Accelera i processi di progettazione, poiché le modifiche al progetto possono essere apportate nelle primissime fasi del processo di progettazione senza un grande impatto sul costo del progetto.
 - Riduce la quantità di richieste di modifica delle informazioni dopo l'inizio della costruzione e fornisce la capacità di comunicare in modo più efficiente/efficace con gli altri appaltatori/subappaltatori.

- Le stime dei costi vengono generate automaticamente dai modelli BIM 3D, 4D, 5D in modo più corretto, preciso e rapido rispetto ai metodi tradizionali.

- Anche dopo il completamento della costruzione, può essere utilizzato per la manutenzione e/o il ripristino della struttura. [1] [2]



12. Figura – I significati dell'acronimo Bim (www.ibimi.it)

1.4.1 Livello di maturità BIM

Nella maggior parte dei progetti, specie quando si tratta di interventi di manutenzione/ristrutturazione di edifici storici spesso vincolati dalla soprintendenza, vengono coinvolti una serie di professionisti con competenze diverse, ma collegate tra loro ai fini del progetto. Utilizzare una metodologia BIM comporta la necessità che tutti gli attori coinvolti all'interno del processo progettuale debbano concentrarsi anche sulla qualità e trasferibilità dei "loro" dati. Passaggio fondamentale risulta, quindi, il coordinamento e la raccolta dei dati al fine di definire con chiarezza quali informazioni devono/possono essere scambiate/modificate dai vari attori del processo e quali no e, soprattutto, a che livello di dettaglio deve "spingersi" ogni professionista per quanto riguarda il proprio lavoro.

Esistono 4 livelli di maturità BIM:

- Livello 0: Implica un livello molto basso o praticamente nullo di collaborazione, dove la condivisione dei dati viene fatta probabilmente in formato cartaceo o progetti sviluppati in 2D e non interoperabili.

- Livello 1: Viene stabilito come la fase iniziale del BIM dove si sviluppa la modellazione tridimensionale e fornisce uno strumento di condivisione di dati. Nonostante la presenza di un ambiente di dati comune (CDE), non vi è alcuna collaborazione tra i diversi stakeholders del processo edilizio.
- Livello 2: Questo livello rappresenta la completa efficacia del lavoro collaborativo tra i diversi attori che fanno parte di un progetto. Ciò consente la condivisione dei dati in un unico ambiente che contiene tutte le informazioni di progettazione, dove ognuno lavora sul proprio modello 3D. L'obiettivo è quello di creare un modello che contenga tutte le informazioni delle diverse discipline. L'approccio di collaborazione completa comporta anche lo sviluppo relativo alla gestione del progetto in due ulteriori dimensioni, 4D legato alla gestione del tempo e il 5D, ai costi.
- Livello 3: Conosciuto anche come iBIM, comporta l'integrazione completa dei dati tramite un ambiente basato su cloud o Web Service, che richiede l'uso di formati aperti come IFC o COBi e gestiti da un server modello collaborativo che sarà accessibile a tutti gli attori delle diverse discipline. Questo livello di maturità è rivolto soprattutto al settore delle costruzioni.

[2]

Il BIM incorpora informazioni, per questo viene specializzato in diversi livelli o dimensioni a seconda la norma italiana UNI 11337, come:

- 3D: restituzione tridimensionale del manufatto.
- 4D: analisi della durata
- 5D: analisi dei costi
- 6D: fase di gestione di quanto realizzato
- 7D: valutazione della sostenibilità



13. Figura – I significati delle informazioni Bim (www.biblus.acca.it)

1.5 Internet of things (IoT)

IoT (Internet of Things) si riferisce agli oggetti che possono scambiare e connettere dati ad altri dispositivi e sistemi su Internet include qualsiasi tipo di apparecchiatura capace di scambiare dati attraverso Internet. Esiste tuttavia un altro termine IIoT se tale apparecchiatura viene utilizzata in ambiente industrial.

Il principale vantaggio del IoT è costituito dalla possibilità di aumentare i livelli di automazione e monitoraggio automatico dei macchinari industriali, al fine di migliorarne l'efficienza. Pertanto, non è altro che un sistema di dispositivi intelligenti interconnessi con la capacità di trasferire dati su una rete senza richiedere l'interazione da persona a persona o da persona a computer IoT è un termine generico utilizzato per indicare oggetti di uso quotidiano che si collegano a una rete per scambiare dati con altri dispositivi, include qualsiasi tipo di apparecchiatura capace di scambiare dati attraverso Internet. Se tale apparecchiatura viene utilizzata in ambiente industriale, si parla di IIoT, che in sostanza è una sottocategoria dell'IoT.

Le soluzioni IIoT, in un ambiente industriale, possono essere utilizzate in diversi scenari, principalmente sono impiegate nei settori energetico e manifatturiero.

In ambiente industriale, viene utilizzato per monitorare le condizioni della fabbrica tramite dei sensori installati sui macchinari vengono analizzati in tempo reale e ritrasmessi ai sistemi di controllo, permettendo di migliorare i livelli di efficienza operativa.

I dispositivi IIoT possono raccogliere dati in tempo reale sulle prestazioni della rete elettrica, sui flussi nelle condutture o sul monitoraggio delle emissioni, anche quando le risorse sono distribuite su aree geografiche molto ampie.

A questo punto è doveroso fare una differenza tra “IoT” e il prossimo argomento trattato, ovvero il “DigitalTwin” [2]

- DigitalTwin è nato nel 1991 mentre l’IoT è nato nell’anno 1982.
- Il DigitalTwin è una replica di un prodotto, oggetto, servizio, sistema o processo virtuale e digitalizzato mentre l’IoT può essere costituito da diversi dispositivi che possono essere collegati e controllati da Internet per formare una rete.
- Il DigitalTwin prevede la creazione e la costruzione di un ambiente simulato mentre l’IoT coinvolge centinaia di milioni di dispositivi connessi.
- Il DigitalTwin costituisce la base dell’IoT mentre l’IoT costituisce la base dell’unione di oggetti fisici con il mondo virtuale.
- DigitalTwin è costituito da tre tipi: il prodotto fisico, il prodotto digitale o virtuale e la connessione che viene stabilita tra i due prodotti mentre la rete IoT è composta da quattro tipi: reti cellulari, locali e di area personale (LAN/PAN), Low Power Reti geografiche (LPWAN) e reti mesh.

1.6 Digital Twin

Un digital twin o gemello digitale è una replica digitale di un’entità fisica, che può essere un oggetto semplice o complesso, una risorsa o un processo; tecnologicamente parlando, si basa su tre pilastri: un oggetto o dispositivo fisico e reale, un alter ego virtuale esistente nel mondo digitale e un “ponte” che connette, raccoglie e invia informazioni. Al giorno d’oggi questa tecnologia viene impiegata maggiormente nel settore dell’industria, per la produzione e per la manutenzione.

I gemelli digitali che vivono nell’etere informatico e sono legati alla diffusione crescente di progetti IoT (Internet of Things), ma anche di tutti quei dati presenti in chiave digitale come i social media come Instagram, Twitter e Facebook, ma anche piattaforme di lavoro come LinkedIn e Indeed, stanno raccogliendo parti del nostro io digitale; basti pensare anche ai cookies che ci si presentano alla apertura di una pagina internet. Se facciamo riferimento

all'applicazione a livello industriale, il modello di sviluppo associato al concetto di digital twin ha il potenziale per cambiare radicalmente la progettazione, la produzione, le vendite e la manutenzione di prodotti complessi in più settori. Il gemello digitale serve come replica virtuale di ciò che sta effettivamente accadendo in un ambiente in tempo reale. Questo è possibile grazie ai sensori, distribuiti ovunque nell'ambiente fisico e nelle componenti di processo, che processano i segnali, di vario tipo, permettendo al gemello digitale di catturare dati operazionali e ambientali, e grazie alla tecnologia di aggregazione tra il mondo fisico e il mondo digitale vengono elaborati mediante tecniche analitiche, impiegate per analizzare i dati attraverso simulazioni algoritmiche.

Grazie ad una maggiore collaborazione, sia interna all'azienda che con i vari partner e fornitori esterni, le aziende riducono i tempi di sviluppo di prodotti complessi del 25%, con risparmi nell'ordine del 10-15% (Fonte: "Digital Twins: Identical, But Different" – Oliver Wyman). Un esempio concreto è quello che tramite il mirroring virtuale in tempo reale gli ingegneri riescono a simulare il comportamento di sistemi complessi riuscendo a prevedere e prevenire guasti meccanici, riducendo così inefficienze e costi.

Michael Grieves descriveva il gemello digitale come l'equivalente virtuale e digitale di un prodotto fisico. Egli evidenziava un Mirrored Spaces Model riferito secondo cui la dimensione reale e la dimensione virtuale rimanevano collegate durante l'intero ciclo di vita del sistema, attraversando tutte le fasi dalla produzione, funzionamento allo smaltimento. Per la realizzazione di un gemello digitale sono necessarie:

- prodotti fisici nello spazio reale
- prodotti virtuali nello spazio virtuale
- sistemi di collegamento del flusso di dati e informazioni che uniscono lo spazio fisico a quello virtuale e ai sottospazi virtuali

Nel corso degli ultimi 30 anni si è cercato di sviluppare modelli 3D che permettono di riunire l'intero Sistema in uno spazio virtuale in modo tale che conflitti e criticità vengano scoperti in modo preventivo, più economico e rapido; questa metodologia è per lo più usata per edifici industriali. Grazie al digital twin è possibile testare e capire come si comporteranno i sistemi e i prodotti che si vogliono realizzare in un'ampia varietà di ambienti, usando lo spazio virtuale e la simulazione.

Un gemello digitale può evolversi fino a diventare una vera e propria replica digitale di risorse fisiche potenziali ed effettive (gemello fisico), di processi, persone, luoghi, infrastrutture, sistemi e dispositivi che possono essere utilizzati per vari scopi.

I gemelli digitali sono di due tipi: Digital Twin Prototype (DTP) e Digital Twin Instance (DTI) e vengono gestiti attraverso un Digital Twin Environment (DTE).

L'associazione tra realtà fisica e realtà virtuale consente di attivare un'analisi dei dati e un monitoraggio dei sistemi tale per cui è possibile ragionare in modalità predittiva, affrontando i problemi prima ancora che questi si verifichino. Oltre a prevenire anomalie, tempi di inattività e inefficienze, utilizzando simulazioni appropriate è possibile sviluppare nuove opportunità, pianificando i business futuri.

L'eliminazione dei tempi di inattività non pianificati e la riduzione dei costi di manutenzione sono i principali fattori considerati dalle aziende di vari settori per migliorare la produttività e l'efficienza. Secondo gli analisti, circa l'82% delle aziende ha subito almeno un'interruzione di inattività non pianificata in un arco di 3 anni (Fonte: Vanson Bourne 2017). Questi tempi di fermo nelle aziende influiscono su tutto il processo di produzione, impattando negativamente sulla produttività, sull'efficienza e sul servizio clienti. La riduzione dei tempi di fermo può essere raggiunta con l'implementazione di un gemello digitale che aiuta le aziende a raccogliere dati e utilizzarli per generare risultati aziendali specifici in modo tale da aumentare l'efficienza complessiva.

Oltre a portare vantaggi al processo produttivo, il modello digital twin aiuta a regolamentare i rapporti fra i diversi reparti in un'ottica di condivisione e di collaborazione che consente di immettere sul mercato prodotti altamente funzionali. Non va dimenticato che un prodotto spesso è un aggregato di varie componenti, normalmente realizzate da aziende diverse. In un'ottica di azienda estesa o di supply chain collaborativa i digital twin permettono massima trasparenza informativa in fase di progettazione e di realizzazione. Un'azienda sviluppa il suo modello e lo consegna all'altra che lo integrerà nel proprio modello (o lo farà interagire) fino ad arrivare alla azienda che dovrà assemblare tutti i componenti che simulerà questa operazione sui diversi modelli ricevuti.

Non bisogna confondere però il BIM con il DigitalTwin; come accennato precedentemente, il digital twin è una replica digitale di un'entità fisica, che può essere un oggetto semplice o complesso, una risorsa o un processo ed è considerabile come l'evoluzione del BIM, un processo basato su modelli 3D che fornisce ai professionisti settore le conoscenze e gli strumenti per pianificare, progettare, costruire e gestire edifici e infrastrutture in modo più efficiente. In sostanza potremmo affermare che il BIM caratterizza l'edificio come dovrebbe essere, mentre il digital twin è come l'edificio sarà. Più nel dettaglio, il BIM nasce per coadiuvare il progettista a contare su tutte le informazioni utili per la realizzazione di un edificio. Ma non può fornire informazioni in tempo reale, cosa invece possibile al digital twin. Quest'ultimo, contando su sensoristica IoT applicata e su funzioni di Intelligenza Artificiale, abilita lo sviluppo di smart building, edifici capaci di rispondere immediatamente ai bisogni e ai desideri degli utenti. Le informazioni ricavate dall'analisi dei dati in tali edifici vengono gestite automaticamente per migliorare le prestazioni degli utenti, abilitando servizi e informandoli. La tecnologia che caratterizza il gemello digitale può essere di aiuto al mondo immobiliare, ad esempio, per comprendere meglio le esigenze dei clienti, consentendo di apportare migliorie più rilevanti su prodotti, servizi e modelli di valore che migliorano significativamente l'esperienza del cliente.

«Immaginiamo di avere un modello in 3D di un edificio, in cui collocare sensori in grado di monitorare le sue grandezze fisiche (temperatura, umidità, luminosità, consumi energetici dei vari apparati...). Mettere in comunicazione le due parti, virtuale e reale, è fattibile, tecnologicamente parlando – spiega Franco Fummi, docente di Ingegneria informatica dell'Università di Verona – Questo consente di avere un modello visibile in una control room dove poter vedere come sta evolvendo, dal punto di vista delle grandezze, il mio edificio fisico. Però il modello 3D non è assimilabile al concetto di digital twin, ovvero non è capace di rappresentare l'evoluzione dell'edificio, ma sta offrendo una geolocalizzazione della sensoristica, al pari di una mappatura».

Il tema della predizione è più complesso ed è per questo che serve un modello più sofisticato per la simulazione. Per esempio, se si vuole gestire il comfort di una struttura, bisognerà considerare diversi fattori come: il numero di persone all'interno, i flussi di entrata e uscita, per monitorare questi cambiamenti in tempo reale, occorre aggiungere sensoristica

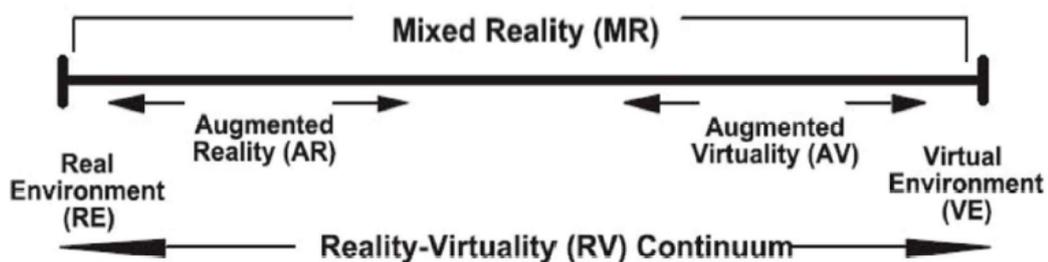
specifica. Se poi consideriamo il grado di temperatura prevista da una determinate normativa, facendo coincidere esposizione e di orientamento solare, il modello assume una complessità ancor più avanzata. Quindi bisogna capire quale e che tipo di modello si voglia ottenere. Il gemello digitale può fornire soluzioni utili a gestire questioni complesse unendo BIM e DigitalTwin.

«quando si parlava prima di modello 3D è, in sintesi, ciò che è possibile col BIM, che è la summa di tutte le informazioni raccolte riguardanti l'edificio – specifica Fummi – Se si aggiunge capacità simulativa al BIM, tramite la connessione a sensori reali, si avrebbe il digital twin di un building».

In Italia, a Genova, si stanno facendo diverse sperimentazioni sul campo. In particolare, sono in fase di sviluppo tre casi interessanti legati alla riqualificazione di alcune infrastrutture che vedo il coinvolgimento di alcune istituzioni e centri tecnologici di eccellenza, come Start 4.0, Leonardo e l'IIT (Istituto Italiano di Tecnologia). [2]

1.7 Il VAR

Possiamo definire il concetto di “realtà mediata” come un’alterazione della percezione attraverso i cinque sensi della realtà circostante; la realtà viene quindi restituita all’utente dopo una mediazione che può essere attuata da un computer o tramite un dispositivo portatile o indossabile. Nel tempo la definizione di realtà mediata è stata modificata e implementata; al momento sono definite in modo più o meno dettagliato quattro sottocategorie: la realtà virtuale (Virtual Reality o VR), la realtà aumentata (Augmented Reality o AR), la realtà mista (Mixed Reality o MR) e la virtualità aumentata (Augmented Virtuality o AV). Per mettere ordine tra le varie categorie è utile definire un concetto introdotto da Paul Milgram nel 1994: il continuo reale-virtuale (Realityvirtuality continuum). La scala, rappresentata nell’immagine sottostante, presenta due estremi che sono il mondo reale così come lo percepiamo e il mondo virtuale ovvero il mondo fittizio che viene generato da un dispositivo elettronico come ad esempio un computer.



14. Figura – Reality-Virtuality RV Continuum (www.researchgate.net)

La Realtà Aumentata (AR) può essere definita come la capacità di sovrapporre alla realtà osservata dal soggetto (mondo reale) un insieme di informazioni aggiuntive, generate da un elaboratore (es. computer, tablet, smartphone), relative al contesto. Le informazioni possono essere sia oggetti virtuali posti nell’ambiente reale sia informazioni relative ad oggetti reali. In altre parole il concetto di realtà aumentata può essere descritto come la sovrapposizione di informazioni utili all’utente relative al mondo reale; esempio di questo genere può essere un’applicazione che inquadrando tramite una fotocamera un edificio pubblico ci restituisce informazioni a riguardo come gli orari di apertura. Sulla scala del continuo reale virtuale ci si trova quindi vicino all’estremo reale ma non lo si raggiunge;

l'utente è conscio dell'ambiente reale che lo circonda ma in esso vi sono delle aggiunte di informazioni virtuali.

La Virtualità Aumentata (AV) descrive i contesti in cui entità reali sono inserite in un ambiente generato dal computer e rappresenta sistemi che tipicamente includono input reali multi-sensoriali che integrano con l'ambiente virtuale. Nell'ambiente aumentato è necessario localizzare in maniera corretta dove si trova un dato elemento rispetto all'ambiente reale per capire dove posizionare in modo esatto la parte digitale. La Realtà Virtuale (VR) è una realtà simulata, rappresenta in genere un ambiente tridimensionale che viene modellizzato al computer; l'ambiente virtuale può essere esplorato e con esso è possibile interagire usando dispositivi informatici come visori, guanti e auricolari che proiettano chi li indossa in uno scenario così realistico da sembrare vero. Questa realtà si colloca quindi all'estremo virtuale del continuo. L'ambiente virtuale è completamente digitale e quindi non è necessaria la sincronizzazione tra il mondo reale e quello virtuale; l'unica cosa che serve è l'interazione con l'utente. All'interno di questa definizione si possono definire ancora due sotto-ambiti che sono:

- La Realtà Virtuale Immersiva (RVI). È accompagnata da una forte sensazione di immersione nello spazio esplorabile visivamente grazie alla possibilità di interagire con gli oggetti raffigurati virtualmente.
- Realtà Virtuale Non Immersiva (desktop RV) invece, non suscita una sensazione di coinvolgimento poiché l'ambiente creato non viene percepito come reale ma è visibile esclusivamente attraverso uno schermo (tv, pc ecc.).

Milgram definisce la Realtà Mista (MR) come tutto quello che è compreso tra gli estremi del continuo, sono quindi incluse la realtà aumentata, la virtualità aumentata e tutte le altre configurazioni di tipo misto che si possono creare.

Negli ultimi anni il concetto di realtà mista si è un po' modificato; viene definita MR come una particolare realtà aumentata nella quale l'utente ha la percezione del mondo reale, vengono aggiunti elementi virtuali e in questo caso, non si tratta di oggetti distaccati semplicemente sovrapposti, ma di rappresentazioni realistiche che interagiscono con la realtà. L'utente ha la percezione di una realtà che è commista di elementi reali e virtuali. Un esempio potrebbe essere una scrivania a cui vengono aggiunti cassetti, ante o moduli

attraverso un visore per la realtà mista: gli elementi virtuali saranno quindi ancorati al mobile reale e l'utente avrà percezione sia del mobile reale che degli elementi virtuali ad esso aggiunti.

In altre parole la scala del continuo può essere meglio descritta se si analizzano due aspetti fondamentali della realtà mediata: il primo è il livello di immersione dell'utente all'interno dell'esperienza e il secondo è la connessione tra utente e mondo reale. Il livello di immersione aumenta passando da AR a VR mentre la connessione tra utente e mondo reale diminuisce. Attualmente, il nuovo trend emergente consiste nel definire tutti i contenuti che usano queste tecnologie come "XR". Tuttavia il termine XR è usato anche per definire la "Cross Reality", traducibile come Realtà Trasversale, vale a dire qualsiasi hardware che combini aspetti AR, MR e VR. [1]

1.7.1 Oculus



15. Figura – Oculus Rift s (www.vrs.org.uk)

La tecnologia della realtà virtuale consiste nell'immergere l'utente in un mondo interamente digitale generato da un computer, in cui i sensi non percepiscono più il mondo reale, immergendo l'utente in un ambiente alternativo.

Per realizzare un'esperienza di realtà virtuale sono necessari dispositivi speciali, cioè, occhiali o headsets che permettono la realtà virtuale. Questi possono essere collegati a un computer, essere completamente portatili o richiedere un telefono cellulare da inserire negli occhiali.

I dispositivi più avanzati utilizzano computer ad alte prestazioni poiché permettono molto più realismo e qualità grafica negli ambienti virtuali che vengono proposti all'utente, e vengono applicati principalmente in ambienti professionali come l'industria o la medicina. I dispositivi più popolari per lo sviluppo di un'esperienza immersiva sono HTC VIVE e Oculus Rift, che sono stati i pionieri del settore e offrono la realtà virtuale più coinvolgente. [2]

Il dispositivo scelto è Oculus Rift S, il PC è il motore che alimenta questo dispositivo, quindi richiede un PC con alte prestazioni e preparato per la realtà virtuale (come citato in precedenza il pc usato non soddisfaceva i requisiti minimi). Il dispositivo rileva i movimenti del corpo parzialmente in un'area di circa 3m². Include anche l'uso di due controller touch che trasferiscono i movimenti della mano al mondo virtuale attraverso sensori e molteplici pulsanti, inoltre per coprendere se si sta interagendo, ad esempio con un tasto, è presente un puntatore rosso che ci indica se stiamo interagendo con la scena.

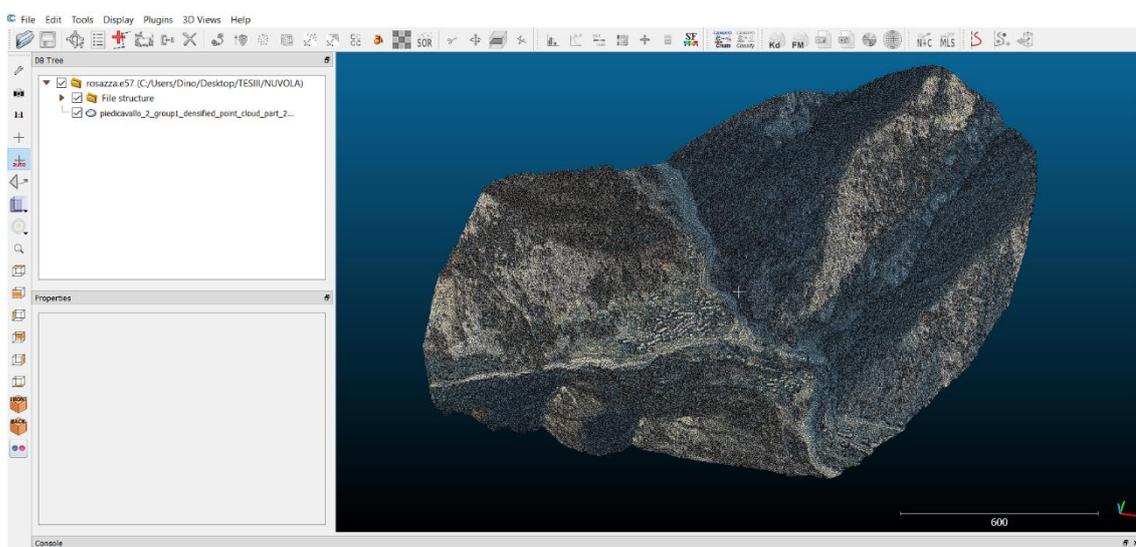


16. Figura – Puntatore rosso per interazione in Unity

2. Modellazione Valle Cervo

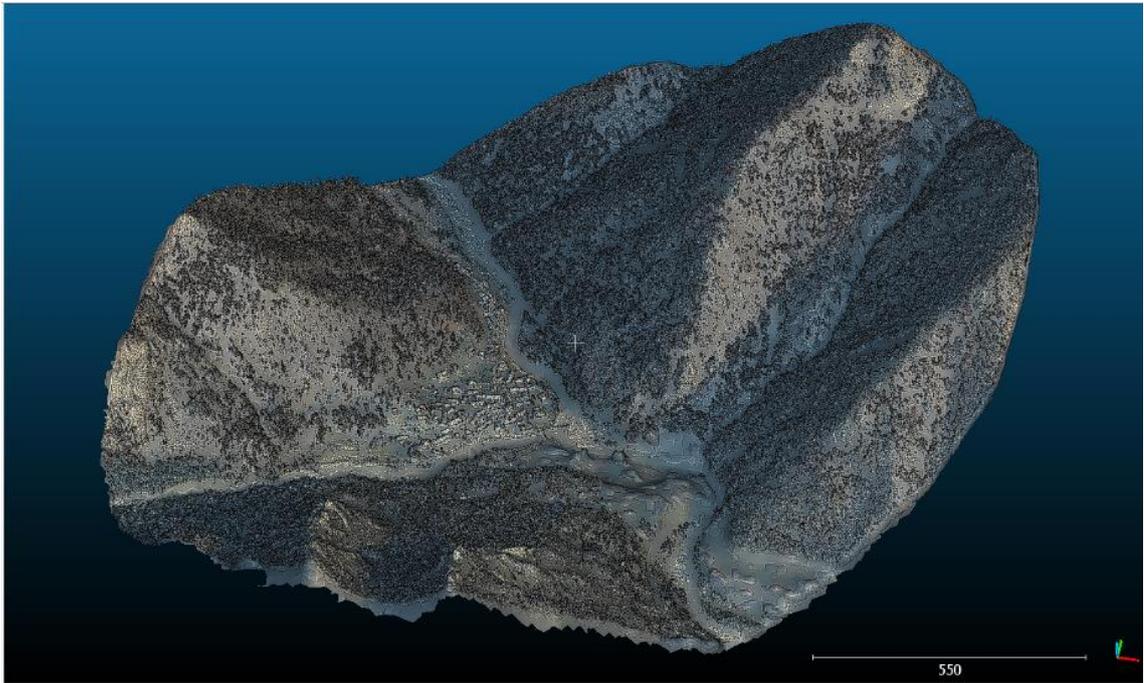
Per comprendere meglio sia il contesto urbano nella quale si inserisce il fabbricato oggetto di studio si è deciso di: restituire una porzione di terreno della valle Cervo, tramite una nuvola di punti, che risulta essenziale per la modellazione volumetrica del paese di Rosazza. Successivamente è stato eseguito un rilievo di massima dell'immobile tramite disto laser e appunti digitali. Fondamentale, per la realizzazione di un qualsiasi modello in Archicad che rappresenti la conformazione del terreno, è la volumetria generale del paese e la restituzione dell'intero edificio.

Un primo problema riscontrato nell'approccio iniziale è stata la notevole dimensione della nuvola di punti, sia a livello di estensione della stessa che per il livello di dettaglio, ovvero per numero di punti che comporta un'ingente dimensione del file stesso. Un problema secondario è stata la impossibilità di trasformare suddetta nuvola in un oggetto tridimensionale tramite il programma Bim Archicad. Si è allora deciso di ricorrere all'utilizzo di "Cloud Compare", software apposto per l'editazione di nuvole di punti, grazie al quale è stato possibile ritagliare la porzione di nuvola interessata, successivamente pulirla dai maggiori elementi di "disturbo" come ad esempio alberi ed auto che appesantivano ulteriormente l'elaborazione.



17. Figura – Cloud compare, porzione di nuvola di punti

Infine, dopo aver diminuito la sensibilità e quantità dei punti è stato possibile iniziare la ricostruzione generale di una mesh del terreno.



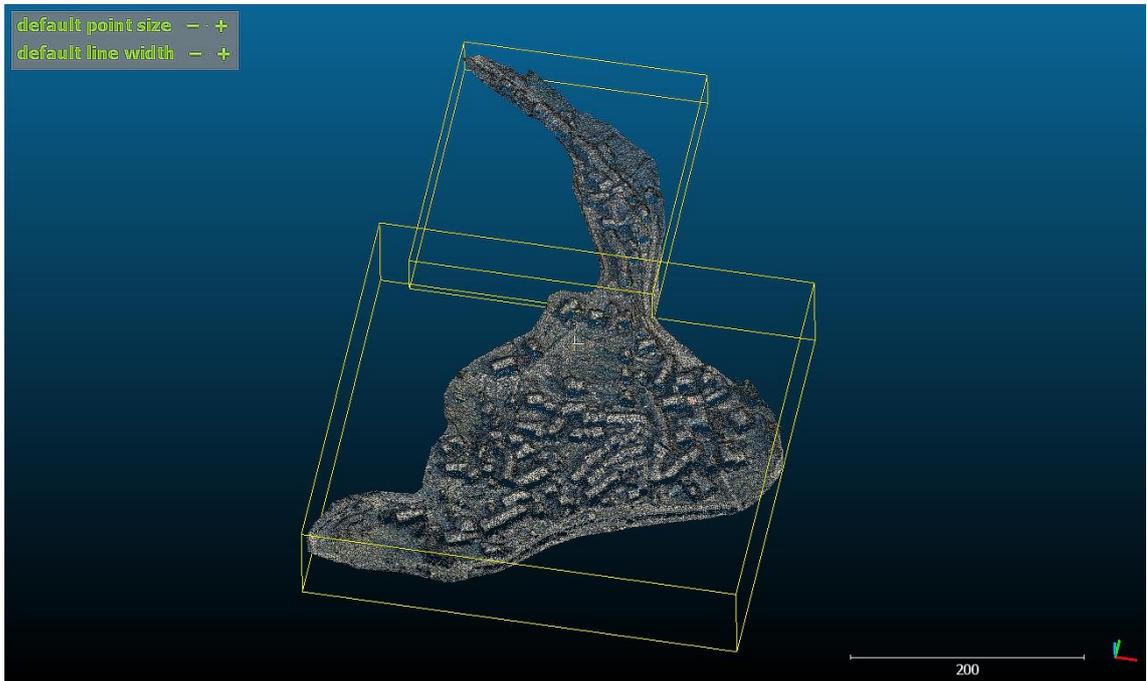
18. Figura – Cloud Compare, creazione Mesh + sovrapposizione nuvola di punti

Usando la medesima logica, si è divisa ulteriormente la nuvola in due aree focalizzate sul paese di Rosazza, così da poter comprendere al meglio le pendenze delle falde e relative altezze degli edifici.

41

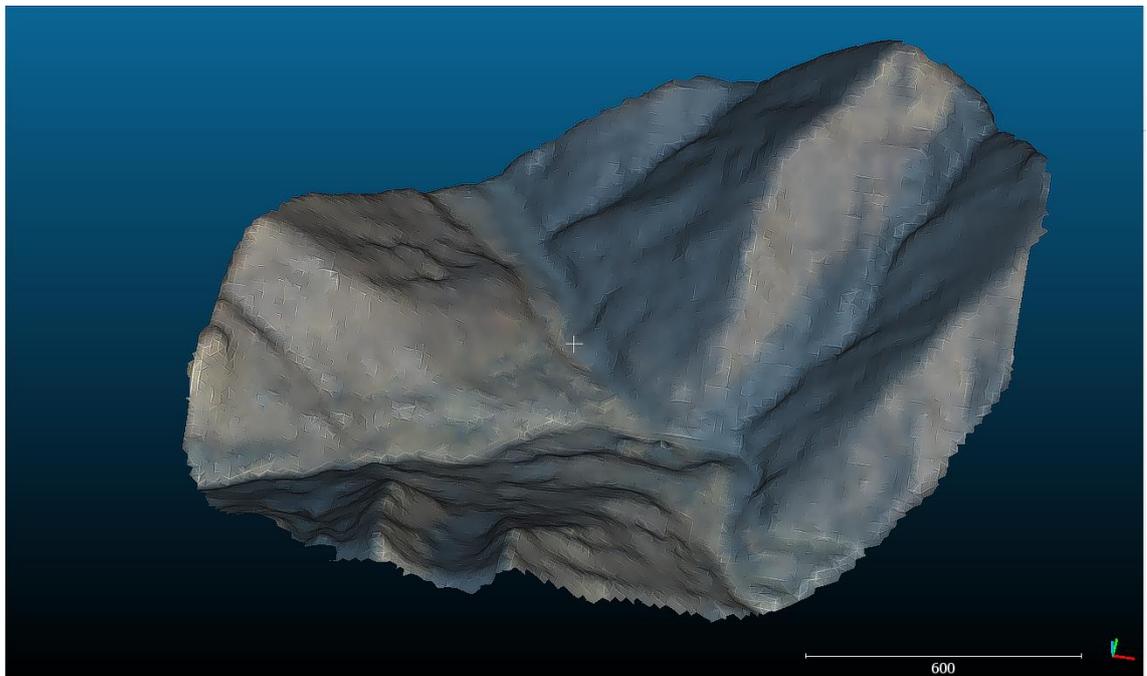


19. Figura – Cloud Compare, identificazione del paese



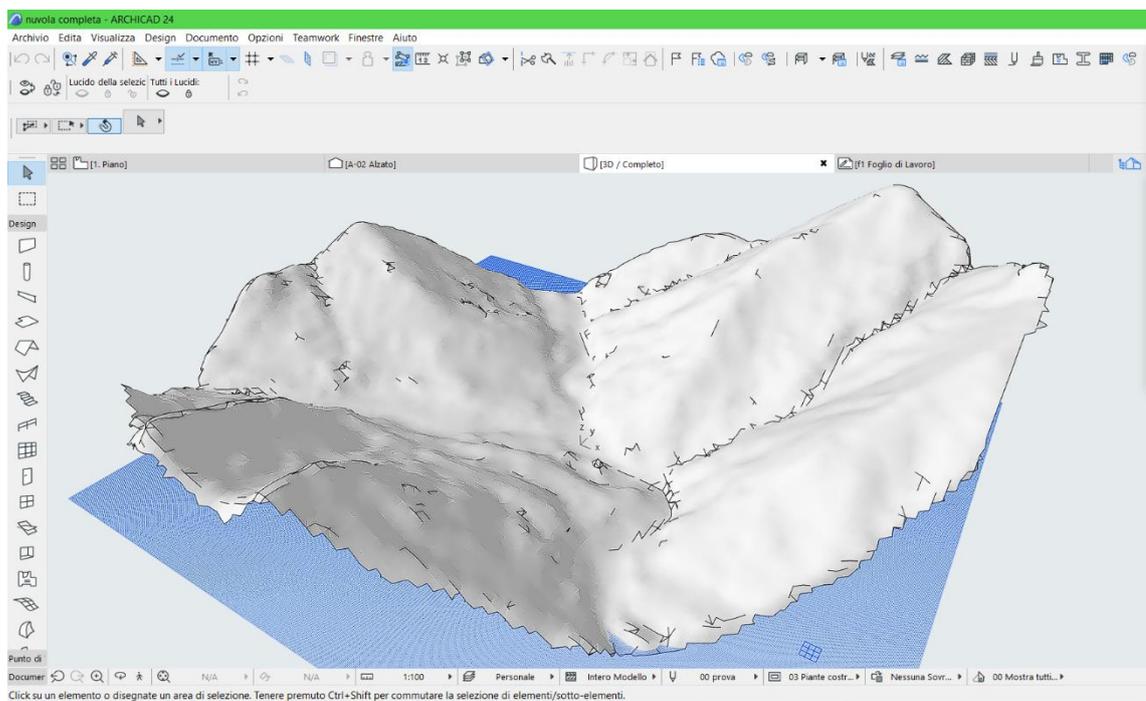
20. Figura – Cloud Compare, dettaglio del paese

Il risultato finale di queste operazioni è quello che possiamo apprezzare nell' immagine sottostante, che rappresenta la restituzione definitiva del terreno.



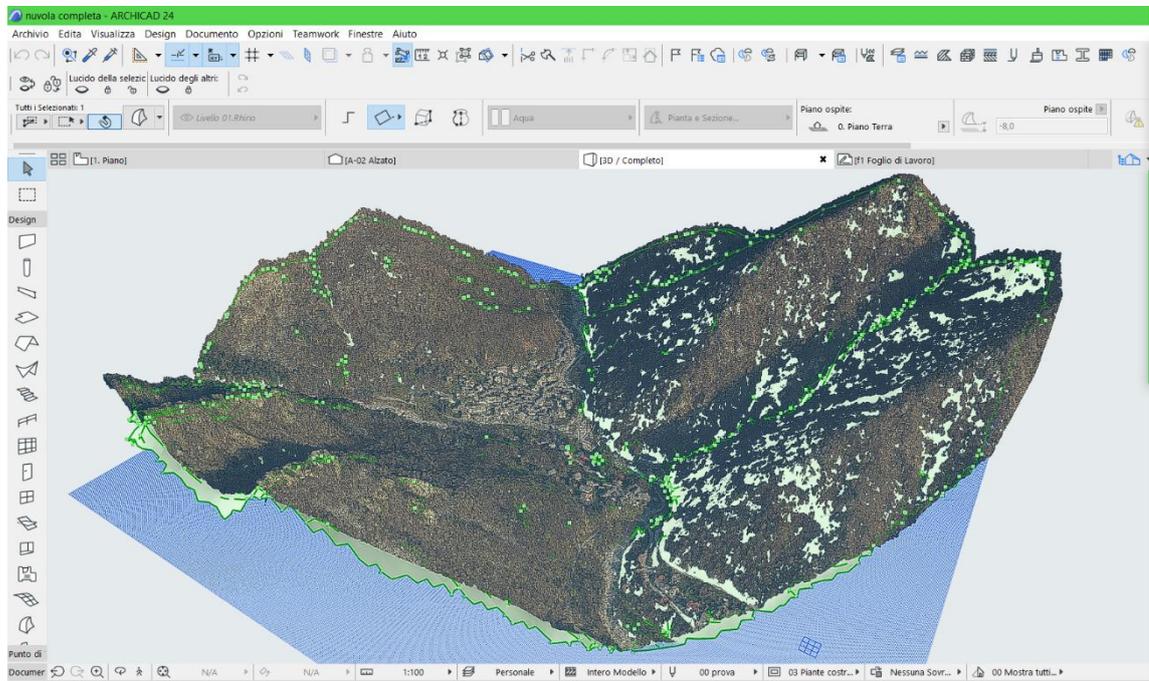
21. Figura – Cloud Compare, mesh finale del terreno

Si è provveduto allora ad esportare il modello 3D del terreno nei file di esportazione: .ply, .obj, e .stl, leggibili ed eventualmente editabili per il software Archicad. Siamo incorsi dunque in un ulteriore problema: la mesh del terreno precedentemente generata, alla lettura da parte del programma Bim, risultava considerevolmente pesante, non per dimensioni del file stesso, e ne comprometteva la possibilità di una elaborazione successiva, considerando anche le prestazioni del pc (non propriamente performante, scheda grafica Nvidia 1080GTX, 16GB Ram, processore intel i7 8th, SSD 512GB. Poichè non era possibile far affidamento sui mezzi del Politecnico, vista la pandemia di Covid che imperversava in Italia) ci ha spinto a sperimentare la interoperabilità tra programmi non Bim, in questo caso si consiglia, essendo un elemento complesso composto da una notevole quantità di triangoli che costituiscono la superficie del terreno, dei programmi di pura modellazione tridimensionale come Blender o come in questo caso Rhinoceros, che ci ha permesso di esportare in .3dm, un file più congeniale ad Archicad.

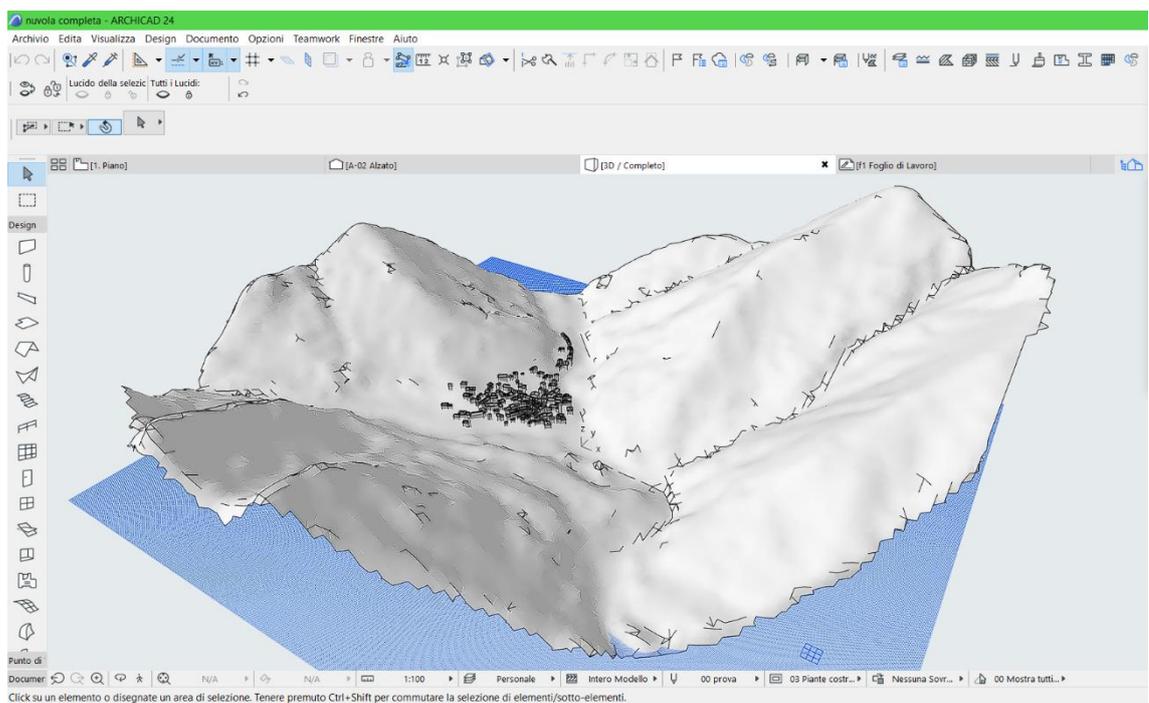


22. Figura – Mesh finale del terreno importata in Archicad

Successivamente, dopo l'importazione della mesh è stato possibile importare e sovrapporre la nuvola di punti alleggerita e iniziare a modellare volumetricamente il paese per un risultato di maggior precisione.



23. Figura – ArchiCAD, mesh finale del terreno con sovrapposizione nuvola di punti



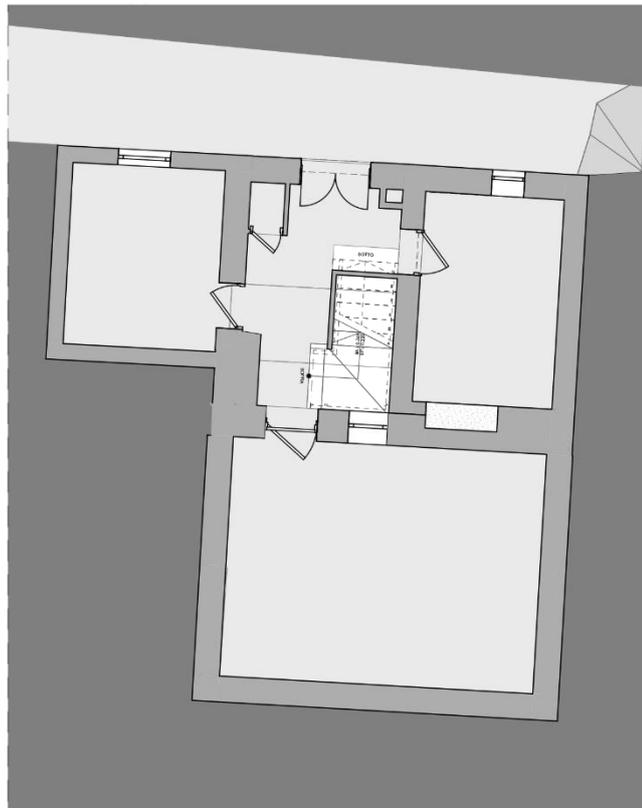
24. Figura – ArchiCAD, modellazione volumetrica del paese

2.1 Modellazione Edificio

Per la modellazione dell'edificio è stato fatto un sopralluogo e relativo rilievo di tutti i quattro piani fuori terra, poichè l'immobile accatastato presentava qualche carenza e discrepanza con la realtà, ad esempio l'ortogonalità dei muri completamente inesistente nello stato di fatto e la mancanza di sezioni e quote per l'altezza dei piani all'intradosso dei solai.

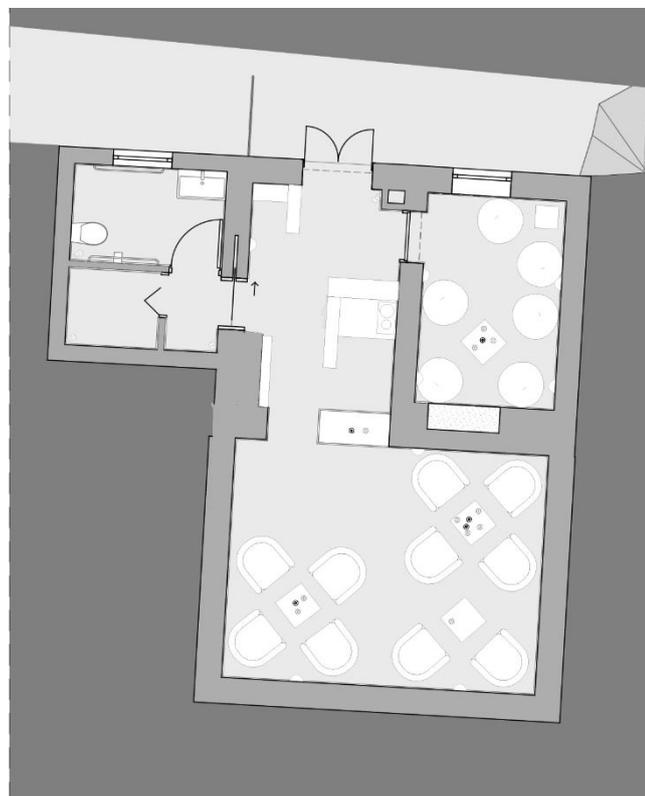
I dati verificati e acquisiti sono stati successivamente modellati in Archicad nella versione 24 ottenendo il rilievo riportato nelle piante che seguono

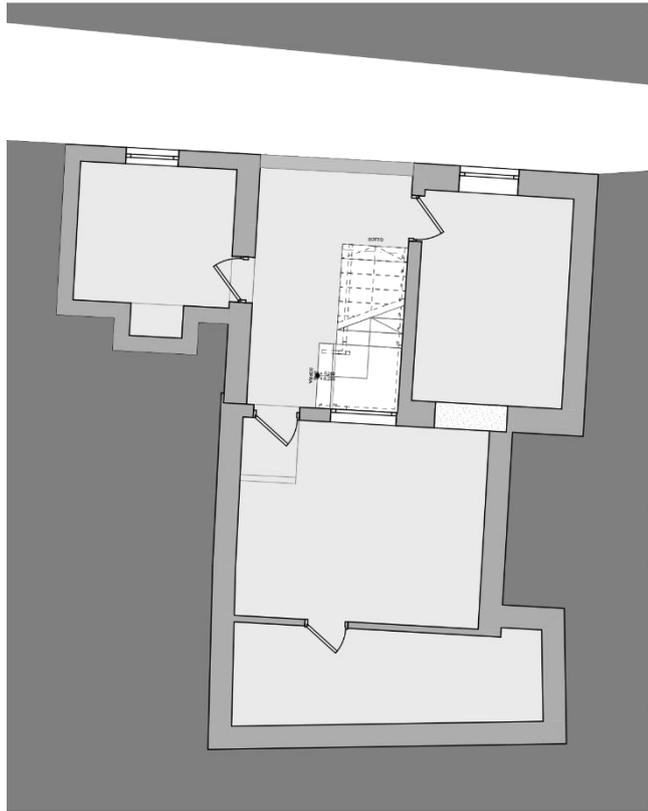
Piante di rilievo dell'edificio



Pianta Piano Terra, stato di fatto (sopra), progetto (sotto)

Scala 1:100

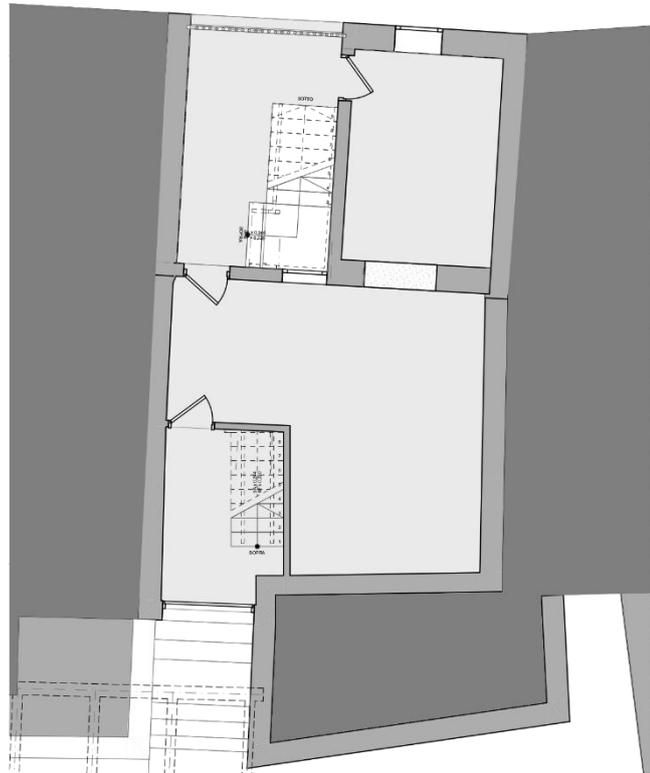




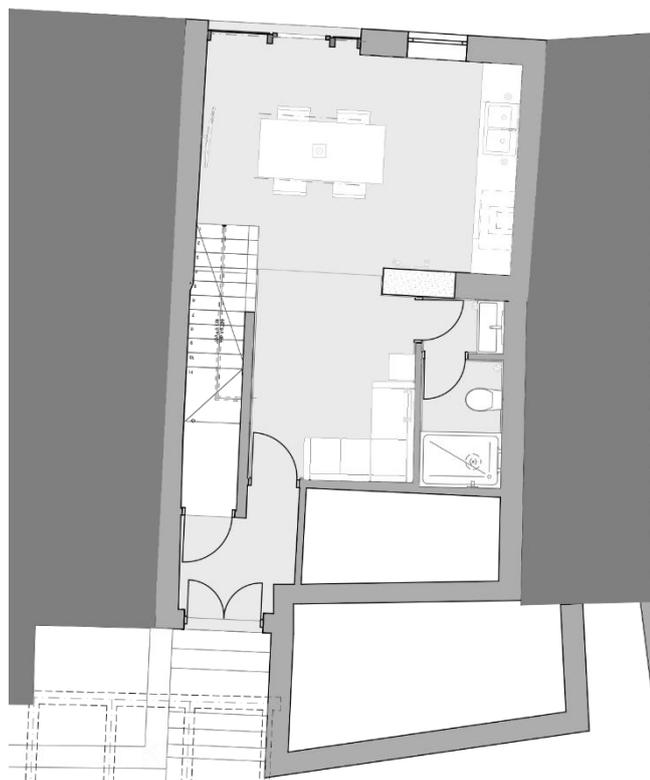
Pianta Piano Primo, stato di fatto (sopra), progetto (sotto)

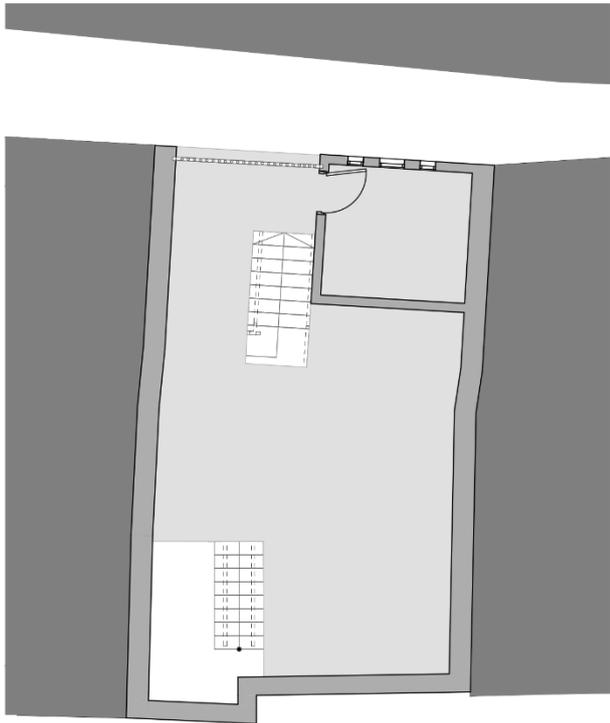
Scala 1:100



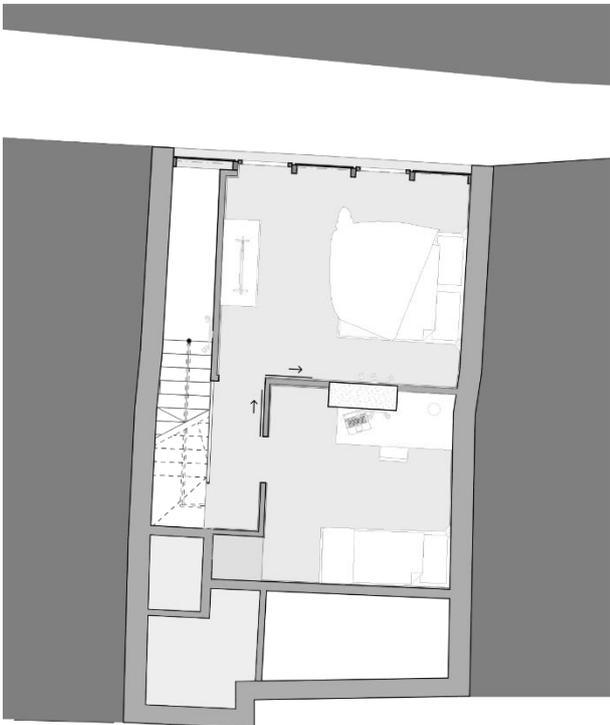


Pianta Piano Secondo, stato di fatto (sopra), progetto (sotto)
Scala 1:100



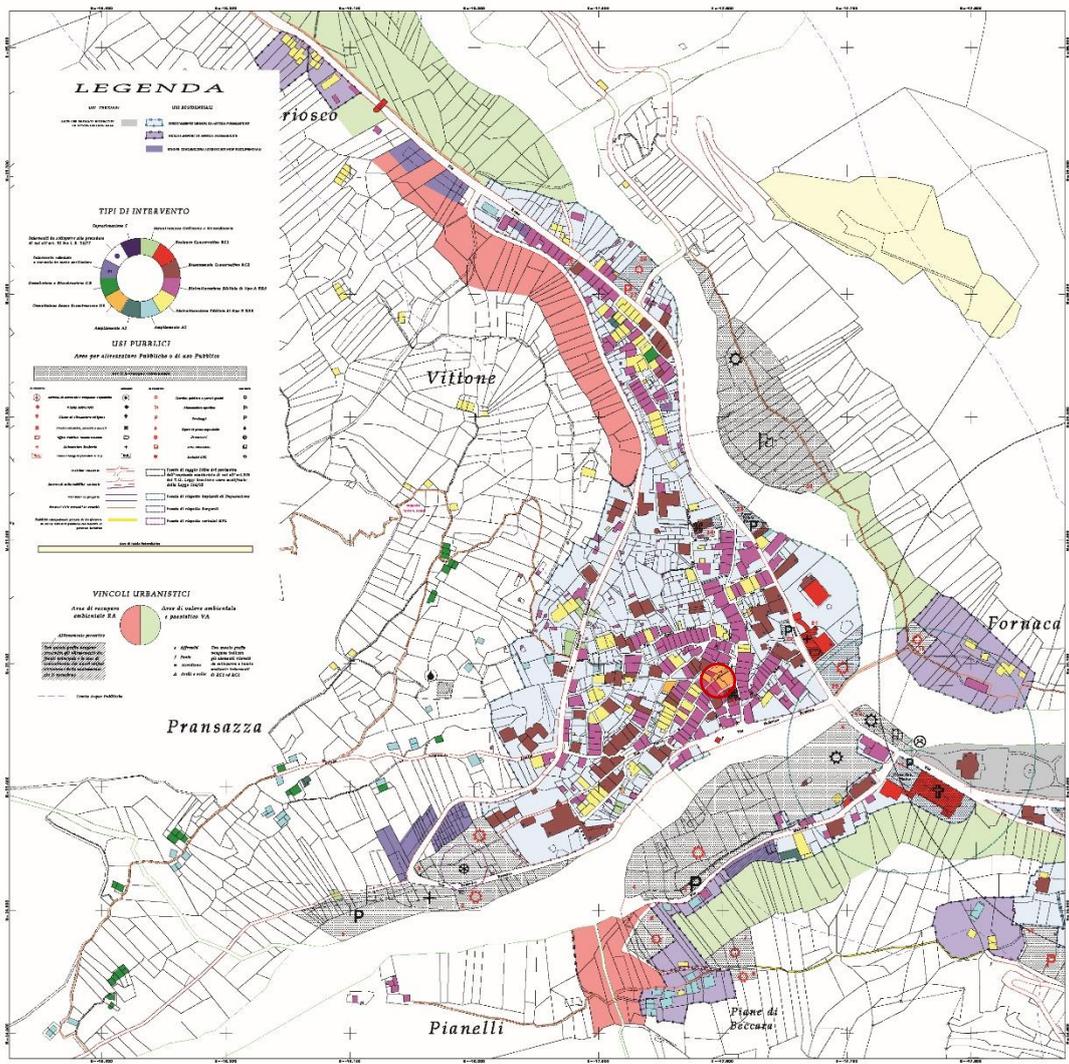


Pianta piano Sottotetto, stato di fatto (sopra), progetto (sotto)
Scala 1:100



Successivamente alla modellazione del rilievo è stata ipotizzata una prima ri-progettazione dell'edificio, che vede come obiettivo finale la realizzazione: al piano terra di una cantina aperta al pubblico per gustare alcuni prodotti tipici della valle montana e ai piani superiori la realizzazione di due o tre mono/bi-locali.

Durante la fase progettuale sono stati raccolti i vincoli progettuali forniti della tavola del PRG di Rosazza e dal regolamento edilizio, (che nel luglio 2021) è in fase di redazione da parte di alcuni professionisti del settore, poichè al momento ne è sprovvista, regolamento che dovrebbe essere reso ufficiale nei mesi di novembre-dicembre 2020. Questa potrebbe essere un'ottima opportunità per sensibilizzare e ragionare sulle norme relative ad altezze per superfici minime e renderle eventualmente più flessibili. Per esempio il rispetto dell 1/8 della superficie aereo illuminante o il cercare di non preservare un muro storico se ne va a scapito della rifunzionalizzazione e di conseguenza la vivibilità della abitazione.



25. Figura – Tavola PRG Rosazza

Come si può dedurre dalla cartografia soprastante la struttura è un una zona delimitato da colore azzurrino, da legenda, fa parte “insediamenti di antica formazione”, quindi sottoposta a vincolo paesagistico, inoltre l’abitazione è associata al colore giallo, ovvero alla “ristrutturazione Edilizia di tipo B REB”.

Tali vincoli che non impediscono in alcun modo la realizzazione del progetto ipotizzato di due appartamenti e di una cantina al piano terra dell’edificio. Tuttavia, esso non rientra negli edifici che dispongono la possibilità di aumentare la cubatura, e questa ha comportato una prima difficoltà progettuale poiché, come già citato, le altezze interne sono considerevolmente ridotte, con una media di circa 200 - 210 cm.

REGOLAMENTO EDILIZIO

...• Articolo 77 Specificazioni sui requisiti e sulle dotazioni igienico sanitarie dei servizi e dei locali ad uso abitativo e commerciale

1. Ai fini del presente articolo è definita altezza interna di un locale ad uso abitativo e commerciale la distanza tra pavimento finito e soffitto finito, misurata in metri (m) sulla perpendicolare ad entrambe le superfici; nel caso il soffitto non presenti andamento orizzontale o il locale sia articolato in parti a differenti sezioni verticali, la misura dell'altezza interna si ottiene, convenzionalmente, dividendo il volume del locale per l'area netta del pavimento ricavata escludendo le soglie di passaggio da un vano all'altro e gli sguinci di porte e finestre, fino ad una profondità massima di 0,50 m.

2. La misura minima dell'altezza interna dei locali adibiti ad abitazione e dei vani accessori è fissata dalle vigenti leggi statali e, per quanto in esse specificamente disposto, dal regolamento di igiene e sanità pubblica.

3. Sono quindi consentite misure minime dell'altezza interna inferiori a quelle prescritte dalle leggi statali:

a. per le nuove costruzioni, nei casi di:

1. ricostruzione di edificio di valore storico e/o artistico e/o ambientale, che deve necessariamente mantenere le caratteristiche originarie;

2. inserimento di nuovo edificio a completamento di costruzioni di valore storico e/o artistico e/o ambientale, disposte a cortina, per cui è richiesto l'allineamento con gli orizzontamenti contigui e preesistenti;

3. *mpliamento di edificio di valore storico e/o artistico e/o ambientale, per cui è richiesto l'allineamento con gli orizzontamenti preesistenti;*

b. per le costruzioni esistenti, nei casi di:

1. interventi edilizi volti al recupero di costruzioni in cui è in atto una funzione abitativa;

2. interventi edilizi volti al recupero di costruzioni in cui non è in atto una funzione abitativa, ma di valore storico e/o artistico e/o ambientale, per cui sia necessario il mantenimento delle caratteristiche originarie ed il rispetto dei valori degli orizzontamenti e del colmo.

4. Ferme restando le prescrizioni di cui ai commi 2 e 3, nei locali di nuova costruzione destinati ad uso abitativo non è consentita, in alcun punto, una altezza tra pavimento e soffitto inferiore a 1,70 m.

5. La superficie netta del soppalco, anche se distribuita su più livelli, non può superare 2/3 della superficie netta del vano in cui esso è ricavato.

6. La realizzazione del soppalco è consentita nel rispetto dei requisiti di illuminazione e ventilazione prescritti dalle leggi vigenti e, in caso di destinazione ad uso lavorativo, anche di tutte le specifiche norme che regolano l'attività esercitata.

7. E' comunque richiesto il rispetto delle seguenti prescrizioni:

a. la parte superiore del soppalco deve essere munita di balaustra di altezza non inferiore a 1,00 m;

b. l'altezza tra il pavimento finito del soppalco ed il punto più basso del soffitto finito deve risultare non inferiore a 2,00 m;

c. l'altezza tra il pavimento del locale e il punto più basso dell'intradosso della struttura del soppalco deve risultare non inferiore a 2,20 m.

• Articolo 108 Allineamenti

L'allineamento con edifici o manufatti preesistenti è quello riferito alla costruzione più arretrata rispetto al sedime stradale, salvo che, per garantire il rispetto dell'unitarietà compositiva o il mantenimento di caratteri formali, non risulti più conveniente allineare la costruzione in progetto ad una cortina più avanzata.

NOTE

Si rimanda alle norme tecniche di attuazione del PRG Vigente.

•Articolo 114 Serramenti esterni degli edifici

1. Le porte di accesso alle costruzioni dalle strade e dagli spazi pubblici o di uso pubblico devono essere dotate di serramenti che si aprono verso l'interno o a scorrimento, senza invadere gli spazi medesimi, fatta eccezione per i serramenti la cui apertura è prescritta verso l'esterno da norme di sicurezza, in tal caso saranno posti arretrati rispetto allo spazio pubblico ove possibile.

2. I serramenti delle finestre prospicienti spazi pubblici o di uso pubblico possono aprire verso l'esterno solo se siti ad un'altezza di 3,00 m dal piano del marciapiede o ad un'altezza di 4,50 m dal piano stradale, per le strade prive di marciapiedi; in nessun caso l'apertura delle ante deve invadere il sedime stradale impegnato dal transito dei veicoli, potranno essere scorrevoli parallelamente alla sede stradale se contenute in una sporgenza massima di cm 10 dal filo della facciata.

3. I serramenti esistenti che non rispondono ai requisiti di cui al comma 2 sono mantenuti nella situazione di fatto; nel caso di interventi di trasformazione dei fabbricati che implicano il rifacimento dei prospetti, è richiesto l'adeguamento alle norme regolamentari.

• Articolo 115 Insegne commerciali, mostre, vetrine, tende, targhe

1. Le definizioni, le caratteristiche e le modalità di installazione di mezzi pubblicitari quali insegne, sorgenti luminose, cartelli (esclusi quelli di cantiere), manifesti, striscioni, locandine, stendardi, segni reclamistici, impianti di pubblicità o propaganda, sono normate dal Codice della strada e dal suo regolamento di esecuzione e di attuazione; per quanto di competenza comunale valgono le disposizioni del presente articolo.

2. L'installazione di mezzi pubblicitari non deve essere fonte di molestia o di nocimento per l'ambiente circostante: in particolare le insegne luminose e la cartellonistica motorizzata non devono provocare alcun disturbo ai locali adiacenti e prospicienti.

3. Il rilascio dei provvedimenti comunali autorizzativi alla installazione è subordinato alla presentazione di domanda corredata di estratti planimetrici dello strumento urbanistico e di disegni di progetto in scala non inferiore a 1:20.

4. Il rilascio dei provvedimenti autorizzativi per aree o edifici soggetti a specifici vincoli, è subordinato all'acquisizione del parere favorevole dell'organo di tutela del vincolo medesimo per la fattispecie richiesta.

5. I provvedimenti autorizzativi sono temporanei e rinnovabili; possono essere revocati in qualsiasi momento se lo richiedono ragioni di interesse pubblico.

6. Nel caso in cui sia concessa l'occupazione di suolo pubblico per l'installazione o mezzi pubblicitari, valgono le disposizioni per il pubblico decoro.

7. Il comune ha facoltà di definire spazi idonei per la posa, l'installazione e l'affissione di mezzi pubblicitari all'interno del centro abitato fissandone, di volta in volta, la distanza dal limite delle carreggiate stradali, nel rispetto della legge vigente.

NOTE

I riferimenti normativi sono il d.lgs. 285/1992 e il d.p.r. 495/1992.

• **Articolo 121 Superamento barriere architettoniche, rampe e altre misure per l'abbattimento di barriere architettoniche**

1. Si definisce rampa la superficie inclinata carrabile o pedonale atta al superamento di dislivelli.

2. Le rampe carrabili devono essere realizzate in materiale antisdrucchiolevole, con apposite scanalature per il deflusso delle acque.

3. Tutte le rampe pedonali esterne o interne alle costruzioni, escluse quelle di servizio, debbono rispettare le prescrizioni delle leggi e delle direttive di settore per il superamento e l'eliminazione delle barriere architettoniche.

NOTE

Si rinvia a quanto disciplinato nella l.n. 13/1989.

• **Articolo 129 Materiali, tecniche costruttive degli edifici**

1. *Aspetti Tipologici*

...

APERTURE ESTERNE

Nelle operazioni di composizione di prospetti di edifici appartenenti ai nuclei di antica formazione ed ai nuclei minori di valore storico documentario dotati di tipologia edilizia tradizionale, sono da ripetere rapporti dimensionali (larghezza/altezza) simili a quelli delle aperture esterne aderenti al taglio tradizionale che possono essere indicati in 0,65 per le finestre, in 0,45 per le porte e porte finestra ed 1,00 per i finestrini; le persiane a ventola e le ante a doghe verticali in legno non sono sostituibili con avvolgibili. Tali

richiami ai tipi tradizionali sono auspicabili anche per gli interventi nelle zone diverse dalle precedenti.

COPERTURE

Sono da escludersi le coperture piane con la sola eccezione prevista per le costruzioni accessorie parzialmente interrato e addossate all'edificio principale per le quali viene a crearsi continuità compositiva con il giardino. Le coperture a falde inclinate dovranno essere aderenti alla tipologia tradizionale per inclinazione delle falde e per semplicità e regolarità delle stesse; negli edifici formanti cortina è da utilizzare la tipologia a capanna con due falde mentre per gli edifici isolati e per quelli di fine cortina è ammessa anche la tipologia a padiglione. Negli interventi nei quali il solaio di copertura formante le singole falde sia del tipo in calcestruzzo armato o misto a laterizio, tale solaio dovrà essere contenuto entro la sagoma delle murature esterne; l'eventuale sporto di gronda (pantalera) dovrà ripetere il tipo tradizionale con orditura portante in legno. Sono da preferirsi le simmetrie di falda e non ammesse le forti asimmetrie di colmo come le falde singole ove sia possibile ripetere la tipologia tradizionale a due falde. Nell'ambito degli edifici appartenenti ai nuclei di antica formazione ed ai nuclei minori di valore storico documentario dotati di tipologia edilizia tradizionale, i materiali di copertura sono da scegliere tra coppi e tegole curve, cercando di ripetere per tipologia e colore, quelli in uso nelle adiacenze significative; per le restanti zone normative è ammesso anche l'utilizzo di tegole del tipo canadese simil coppo, purché coerenti per foggia e colore, con il contesto di riferimento, nonché l'impiego di lamiere metalliche, di colore simile a quello prevalente nelle coperture adiacenti, unicamente nel caso di sostituzione di manti di copertura in fibrocemento contenente amianto (o fibre minerali a questo riconducibili), debitamente autorizzati ai tempi di realizzazione; per gli edifici in area produttiva è ammesso l'utilizzo di materiali differenti dai precedenti, purché siano evitate colorazioni differenti da quelle proposte dai materiali tradizionali; la Commissione Igiene Edilizia Comunale, per esigenze ambientali, potrà imporre tipologie, materiali e colori, per edifici siti in aree di particolare pregio.

2. Materiali

COPERTURE

Nell'ambito degli edifici appartenenti ai nuclei di antica formazione ed ai nuclei minori di valore storico documentario dotati di tipologia edilizia tradizionale, è ammesso quale materiale di copertura esclusivamente l'uso delle tipiche lastre in pietra (lose); nel caso di edifici isolati o abitazioni e residenze in area agricola, per gli annessi rustici e zootecnici delle aziende agricole, è ammesso anche l'utilizzo di tegole del tipo canadese o in laminato metallico di colore simile a quello delle coperture lapidee tradizionali;

INFISSI

Oltre agli infissi tradizionali in legno, sono ammessi infissi in metallo, gli infissi a materiali multipli (legno/PVC/metallo) a condizione che la parte esterna di tali infissi sia riconducibile ai tipi precedenti; anche per le persiane sono ammesse quelle formate da elementi in metallo, oltre a quelle formate da elementi in legno, mentre per le ante a ventola (persiane) sono preferibili quelle tradizionali in legno.

RIVESTIMENTI ESTERNI

Nell'ambito degli edifici appartenenti ai nuclei di antica formazione ed ai nuclei minori di valore storico documentario dotati di tipologia edilizia tradizionale sono vietate finiture esterne difformi da quelle tradizionali e l'uso di materiali impropri quali ceramiche, marmi e pietre non tradizionali; le zoccolature lapidee non dovranno avere altezza maggiore di 1,20m e dovranno essere formate da lastre uniche accostate, a spacco naturale o segate, di altezza pari all'altezza della zoccolatura, con eventuale cornice di finitura; per le pavimentazioni esterne potranno essere utilizzati esclusivamente i materiali tradizionali quali ciottoli, e cubetti; in alternativa possono essere utilizzate lastre in pietra tradizionali; sono non ammesse le pavimentazioni in conglomerato bituminoso di ogni genere ed in getto di calcestruzzo.

FACCIAE VETRATE TRASPARENTI

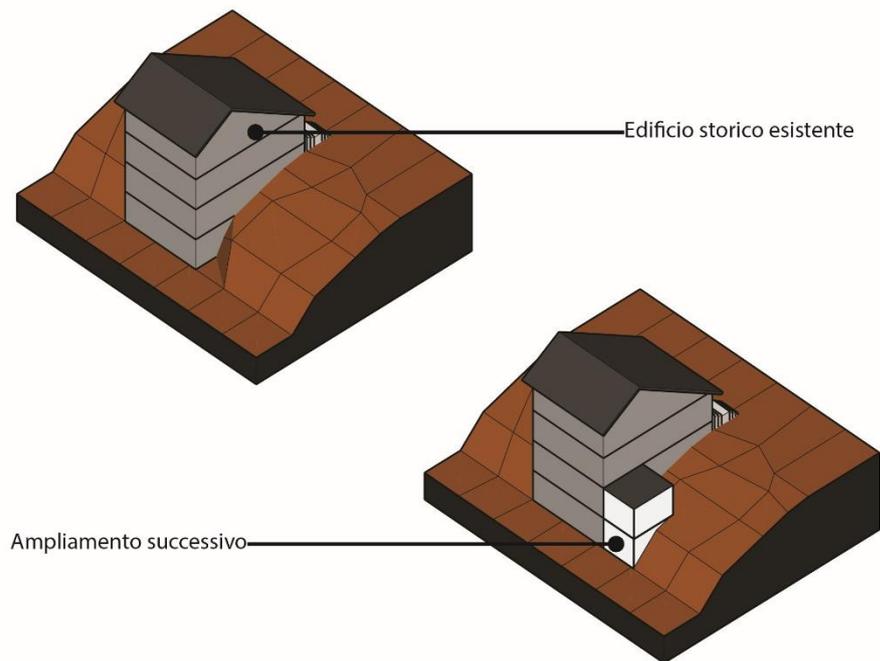
al fine di ridurre il potenziale impatto causato sull'avifauna a seguito della realizzazione di edifici con facciate costituite da vetrate trasparenti, con particolare attenzione per gli ambiti produttivi e terziari, dovranno essere impiegati i necessari accorgimenti tali da rendere tali superfici vetrate, visibili all'avifauna, evitando le collisioni. Per tali accorgimenti viene fatto esplicito rimando a quanto contenuto nella pubblicazione

“Costruire con vetro e luce rispettando gli uccelli” (Stazione Ornitologica Svizzera Sempach, 2013.)

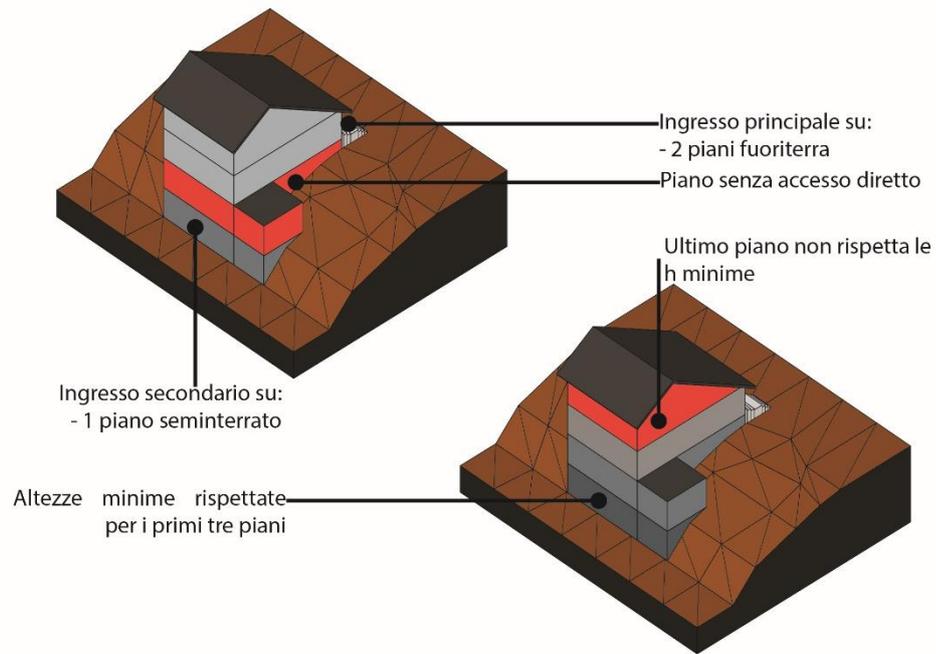
2.2 Modellazione Edificio di Progetto

Concept

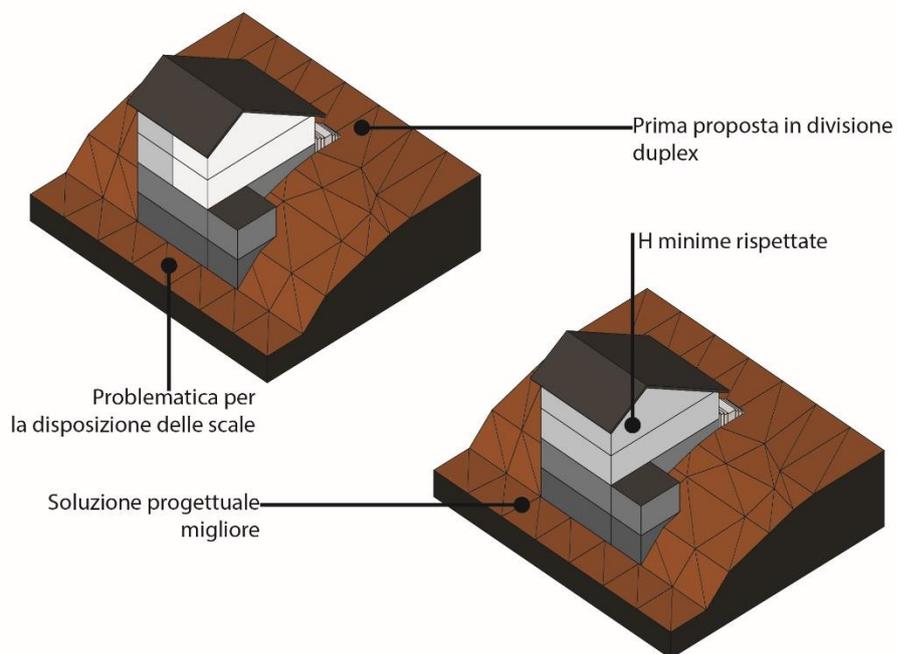
L'obiettivo, come citato in precedenza, è quello di ripopolare il borgo, la miglior soluzione è, quindi, creare inizialmente un monocale ed un bilocale con un servizio di ristoro adiacente, in modo da offrire un servizio permanente al paese.



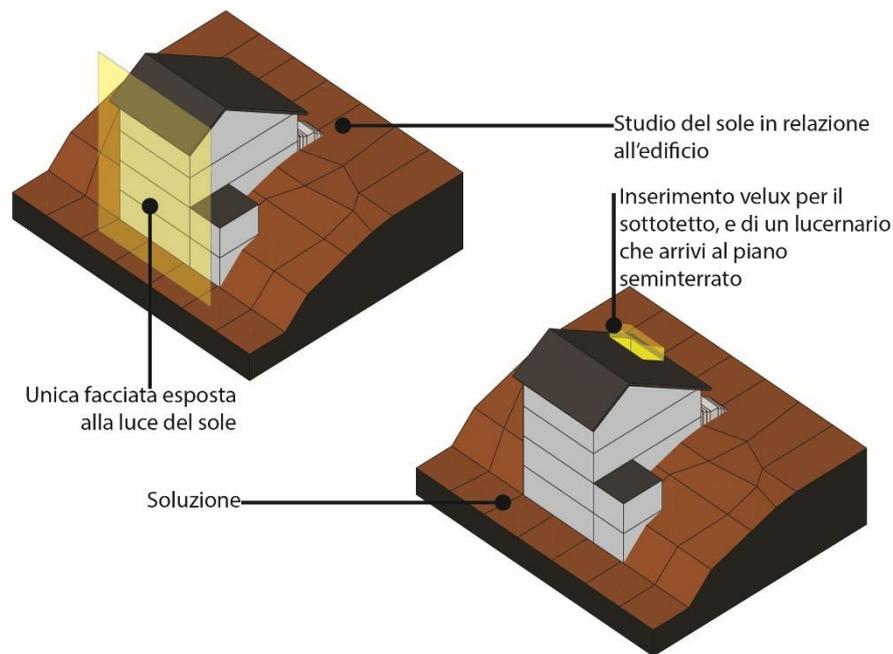
Inizialmente abbiamo esaminato l'edificio esistente, analizzandone lo sviluppo, esso è composto da una parte originaria suddivisa su quattro piani di cui due seminterrati, il tetto a falde è molto ripido, la dimensione in pianta è contenuta, circa 7x4 m, il prospetto principale presenta delle aperture delimitate da dei parapetti in legno.



Successivamente abbiamo analizzato: i punti di accesso, come suddividere gli spazi e le prime problematiche con cui avremmo dovuto confrontarci.

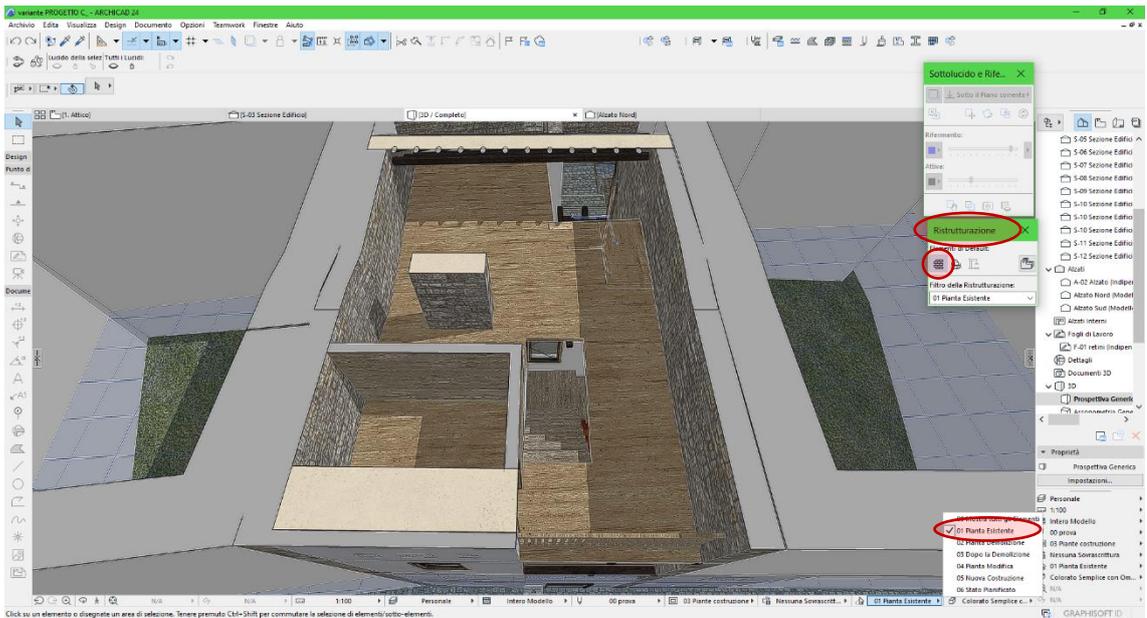


In seguito le due soluzioni progettuali migliori sono state quelle qui sopra riportate, tuttavia la versione che vedeva la realizzazione di due appartamenti duplex risultava irrealizzabile poichè le scale di accesso avrebbero occupato troppa superficie utile. Così si è deciso di procedere unendo dei due piani fuori terra.

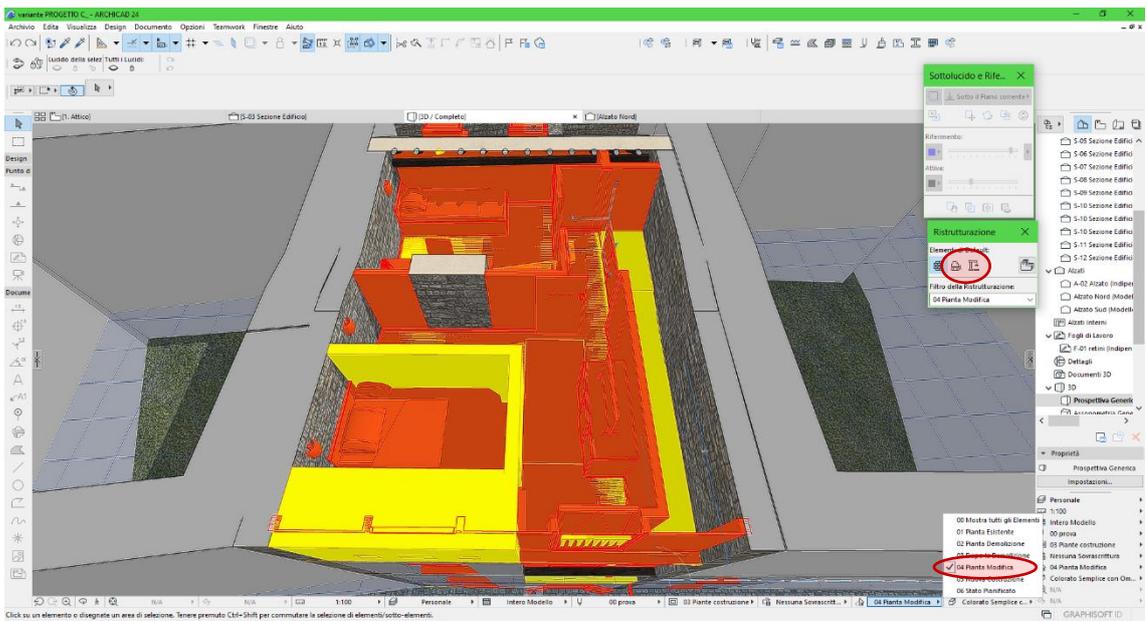


Parallelemente ai ragionamenti sino ad ora riportati, una particolare attenzione è stata posta all'illuminazione naturale dell'edificio. Esso, infatti, presenta un solo prospetto esposto alla luce solare; ed i 2 piani più bassi essendo in prossimità di un edificio alto non beneficiano di molta illuminazione. Per risolvere questo problema si è ricorsi all'inserimento di un lucernario che si sviluppa per una altezza di due piani, dove i muri adiacenti verranno realizzati in un materiale di vetrocemento, così da garantire una maggiore illuminazione; anche se *La normativa nazionale (Decreto Ministeriale 5 luglio 1975) stabilisce un Fattore Medio di Luce Diurna non inferiore al 2% e una superficie apribile non inferiore a 1/8 della superficie calpestabile.* era ampiamente soddisfatta.

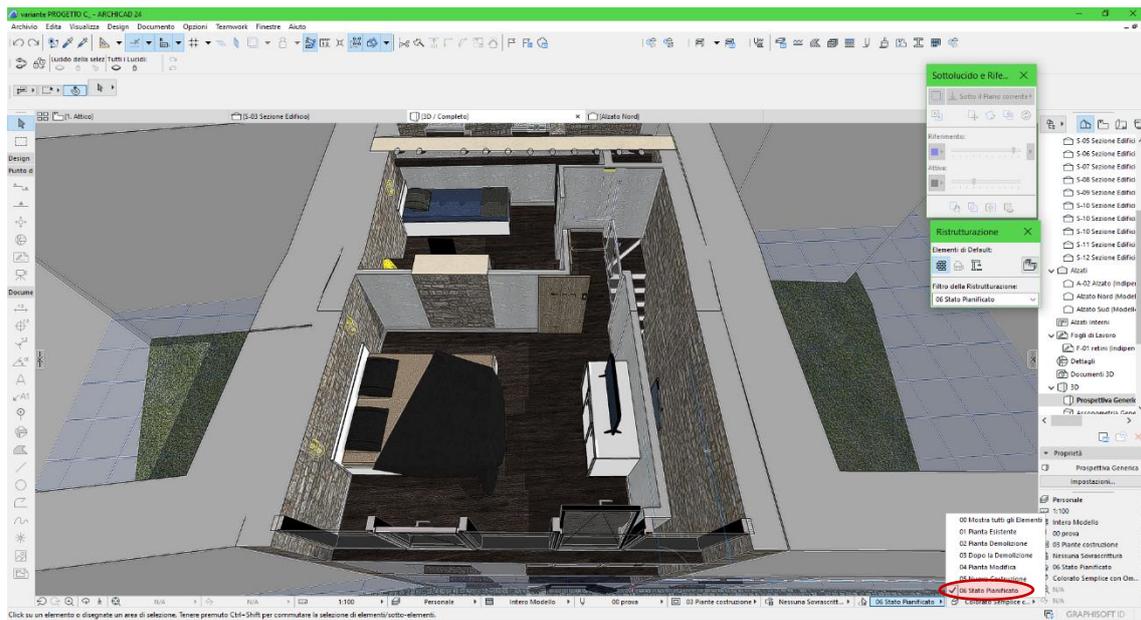
Successivamente abbiamo iniziato a modellare sulla base del rilievo la progettazione e redistribuzione dell'edificio usando i filtri di ristrutturazione di Archicad i quali hanno permesso di utilizzare il modello di rilievo come base, senza la necessità di crearne un altro ed avendo una restituzione fedele dei gialli (demolizioni) e dei rossi (costruzioni). Tutto ciò consente di monitorare e quantificare la mole di lavoro. In secondo luogo, sono state impostate le texture dei materiali al fine di rendere più realistica la modellazione. Tale operazione è stata utile anche per la fase successiva che vedrà l'utilizzo del VAR.



26. Figura – Archicad, filtri ristrutturazione: Esistente

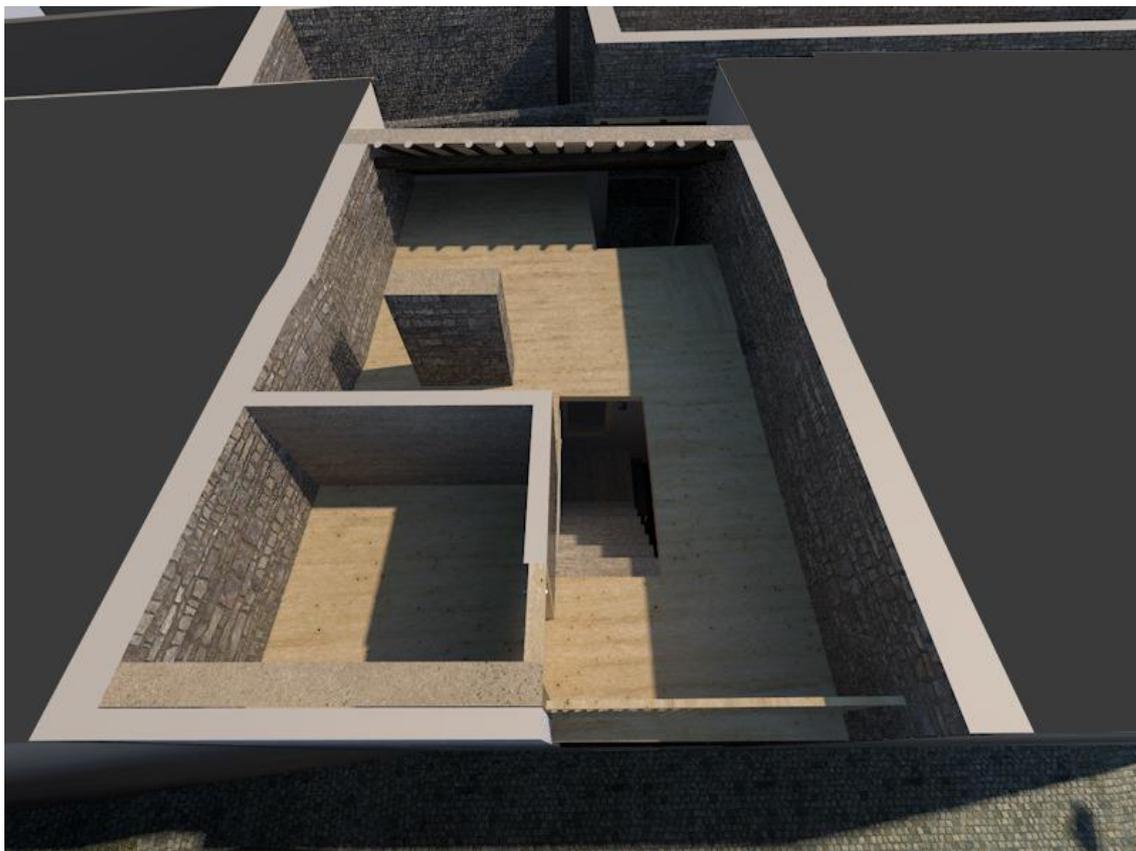


27. Figura – Archicad, filtri ristrutturazione:Gialli e Rossi (demolizione e costruzione)



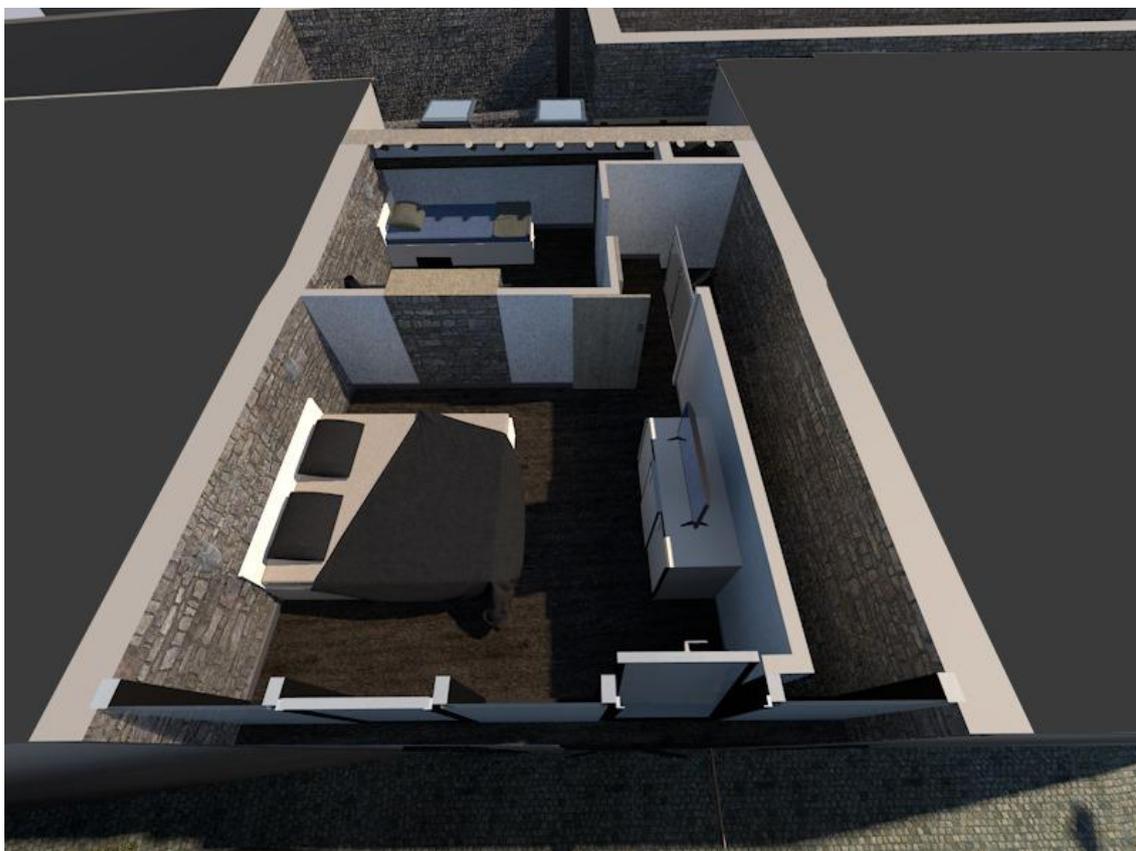
28. Figura - Archicad, filtri ristrutturazione: Stato Pianificato

SPACCATI PROSPETTICI TRA STATO ESISTENTE E STATO DI PROGETTO



63

29. Figura - Spaccato piano sottotetto, rilievo (sopra) e progetto (sotto)





30. Figura - Spaccato piano ingresso principale, rilievo (sopra) e progetto (sotto)



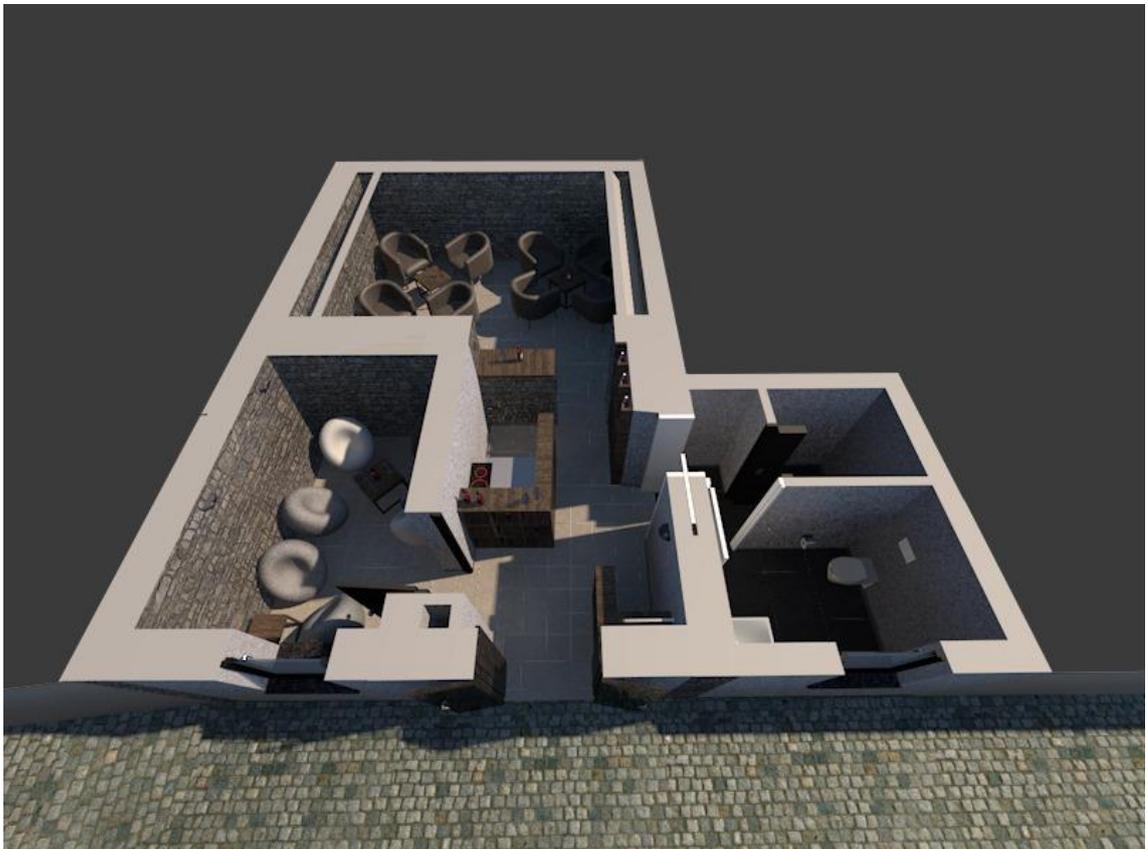


31. Figura - Spaccato piano semi-interrato, rilievo (sopra) e progetto (sotto)





32. Figura - Spaccato piano terra, rilievo (sopra) e progetto (sotto)



SEZIONI PROSPETTICHE TRA STATO ESISTENTE E STATO DI PROGETTO



33. Figura -- Sezione longitudinale A-A, rilievo (sopra) e progetto (sotto)





34. Figura – Sezione longitudinale B-B, rilievo (sopra) e progetto (sotto)



2.3 UNITY

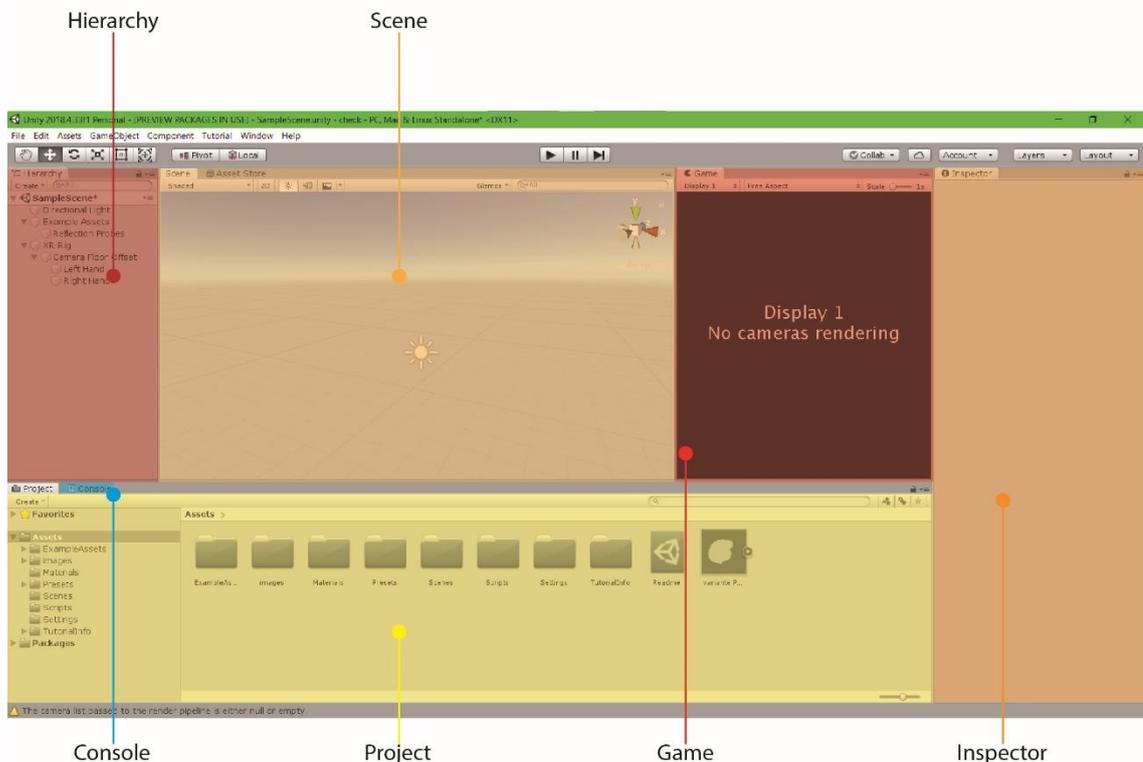
2.3.1 Interfaccia

Come citato precedentemente la piattaforma scelta per la creazione delle interazioni è Unity, uno strumento di authoring integrato multiplatforma per la creazione di videogiochi 2D e 3D e di altri contenuti interattivi, come ad esempio visualizzazioni architettoniche o animazioni 3D in tempo reale.

Unity prevede l'utilizzo di tre linguaggi di programmazione diversi: C# o C Sharp e Javascript; è possibile ottenere gli stessi risultati con tutti i linguaggi ma, è stato scelto C# perché è quello più diffuso e più conosciuto in quanto è un po' più intuitivo da comprendere per chi non ha basi di programmazione. Inoltre è anche quello per cui si trovano più risorse (script, tutorial ecc.).

Il programma Unity

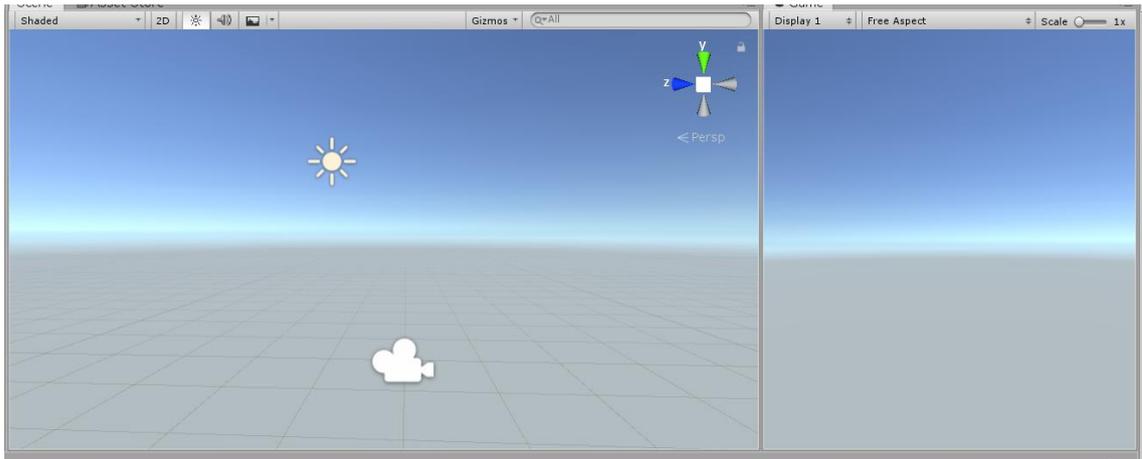
Per procedere con Unity ho dovuto individuare innanzitutto quali elementi volevo venissero evidenziati e quali simulazioni sarebbero dovute apparire. Poi si è cominciato ad usare tali elementi nel programma tramite i vari pannelli



35. Figura – Interfaccia base Unity

Scene Panel

È il pannello in cui viene mostrata la scena ed i relativi oggetti. Per oggetto si intende ogni elemento che costituisce il gioco come ad esempio telecamere, luci, oggetti 3D ecc; mentre la scena è il contenitore che racchiude tali oggetti. Quando si apre un nuovo progetto sono già presenti una Camera e una Directional light.



36. Figura – Scene Pannel e Game Unity

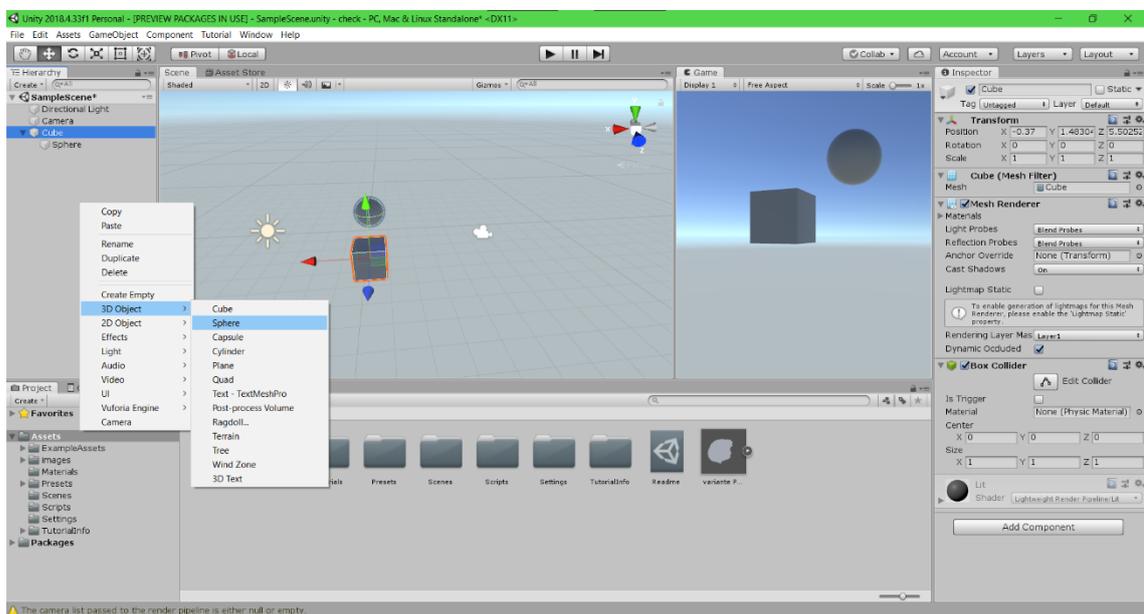
La Camera rappresenta il punto dal quale viene ripresa l'azione all'interno del gioco. La directional light è una luce che serve a illuminare la scena.

Game Panel

È il pannello, se avviato, che ci mostra il funzionamento del nostro progetto e allo stesso tempo ci permette di renderci conto di eventuali errori e malfunzionamenti generali, e quindi di correggerli, ma solo una volta usciti dalla modalità, infatti qualsiasi modifica apportata nel pannello Game non viene salvata.

Hierarchy Panel

Rappresenta il “pannello delle gerarchie” e al suo interno vengono elencati tutti gli oggetti presenti nella nostra scena. Tramite il pulsante Create è possibile inserire nuovi oggetti nella scena e creare una relazione di parentela fra due o più oggetti. L’oggetto esterno verrà chiamato “padre” (nell’immagine il Cube), mentre quello interno sarà il “figlio”(nell’immagine la Sphere); in questo modo quando si va a spostare l’oggetto padre anche l’oggetto figlio subisce la modifica mentre non risulta vero il contrario.



37. Figura – Hierarchy pannel Game Unity

Project Pannel

È il pannello in che contiene gli assets; questi sono tutti gli elementi che vengono utilizzati per il nostro gioco ovvero texture, modelli 3D, materiali, scene, script, effetti sonori ecc.

Console Pannel

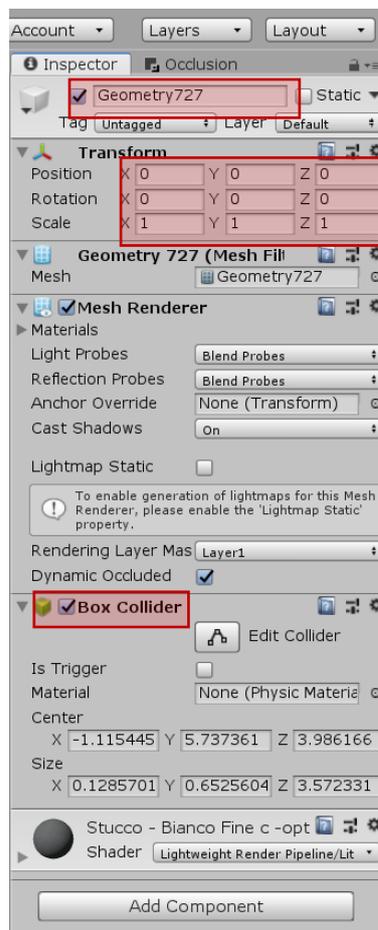
In questo pannello vengono mostrati tutti gli errori, diventa utile quando bisogna risolvere un bug o per testare il corretto funzionamento di uno script.

Asset store Pannel

In questo pannello vengono mostrati dei modelli scaricabili di oggetti 3D, luci e altri effetti, ma più importante troviamo dei pacchetti VAR come “Steam VR” o “VTK” per impostare correttamente l’associazione al visore.

Inspector Panel

L’inspector panel raccoglie tutte le impostazioni ed i settaggi relativi a un determinato oggetto selezionato; quando si seleziona un “GameObject” all’interno dell’inspector vengono visualizzati script, suoni, mesh e altri elementi grafici come Lights ad esso associati.



38. Figura – Esempio pannello Inspector della Geometria 727

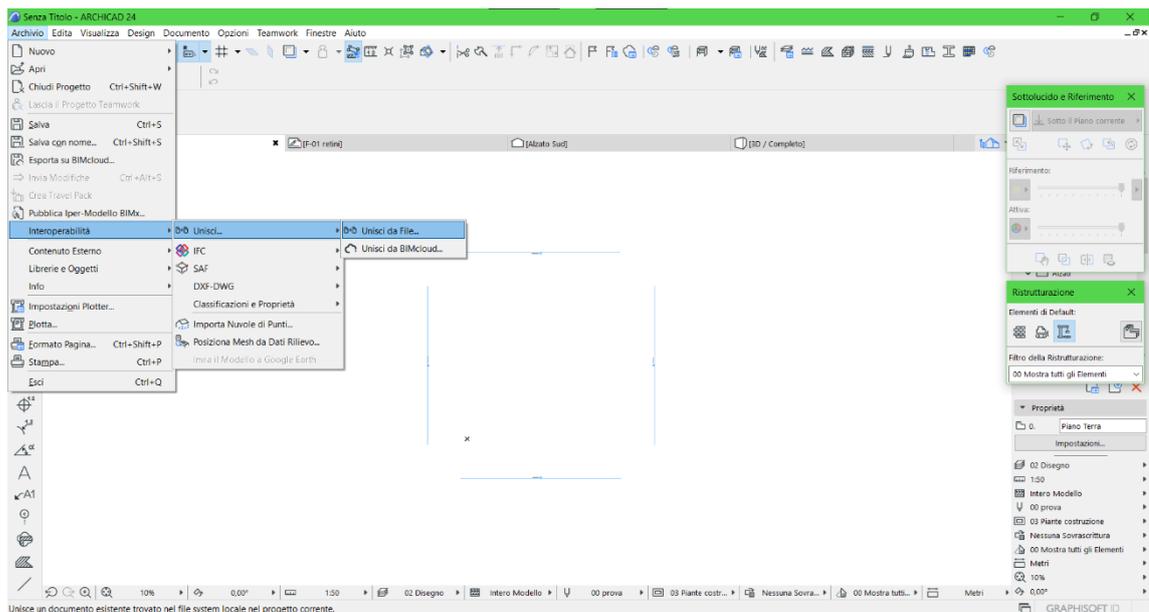
In alto nella figura sovrastante sono fornite le informazioni generali: come il suo nome ovvero "oggetto 727", o la sua visibilità cioè se l'oggetto è visibile o meno nella scena, nel caso in esempio troviamo altri componenti che sono: Il Transform, un mesh filter, un mesh renderer, un box collider e uno shader. Ovvero i componenti gestiscono tutti gli aspetti del nostro oggetto. Questi settaggi permettono di conoscere: che forma ha il nostro oggetto, tramite il transform le sue coordinate, che guardando i valori delle "x, y, z" sono tutti zero, non perché sia l'origine del progetto ma perché essendo geometrie importate da un altro software, esse varieranno se ruotate, scalate o spostate. Il "collider" indica, invece, come deve comportarsi un eventuale personaggio se va a urtare l'oggetto in questione; lo "shader" permette di associare una texture all'oggetto. Così come per gli oggetti generali possiamo ritrovare lo stesso pannello per le luci che andremo a inserire nella scena, grazie al quale potremo regolare: forma, colore, intensità, raggiatura e profondità e di conseguenza anche le ombre se renderle più o meno evidenti e dettagliate (per lo più per una questione di elaborazione del risultato finale e per non appesantire il progetto).

2.4 Creazione dell' ambientazione progettuale in Unity

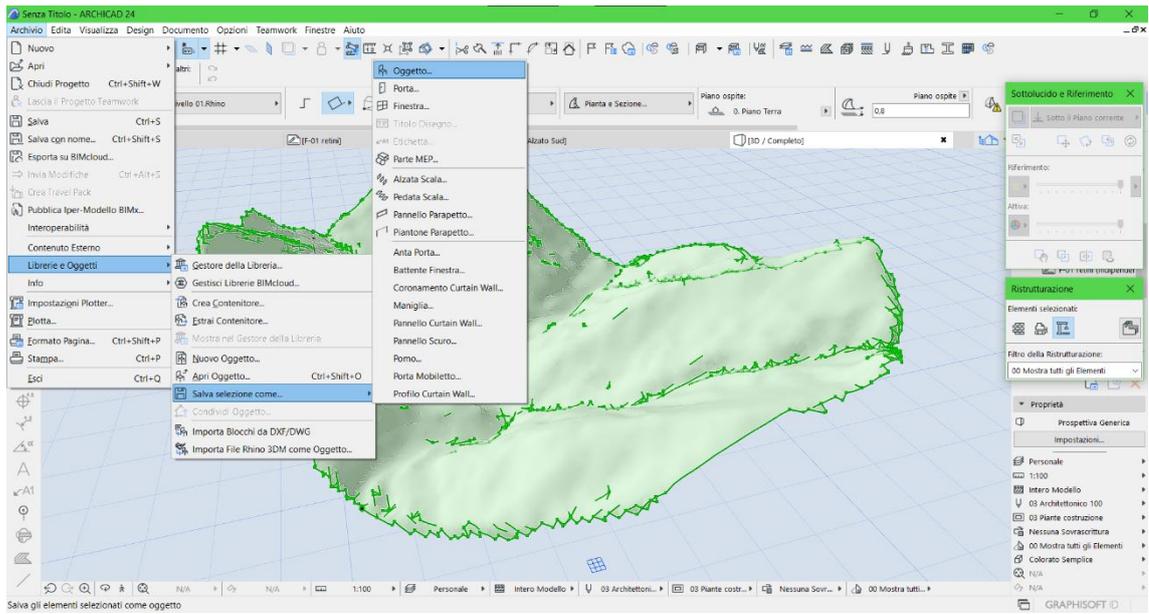
2.4.1 Interoperabilità vs Unity

Avendo già modellato interamente l'edificio e il contesto su Archicad, ed avendovi applicato le texture e alcuni oggetti di arredo, abbiamo eseguito alcune prove di esportazione per scegliere la modalità ottimale per la lettura nel software Unity.

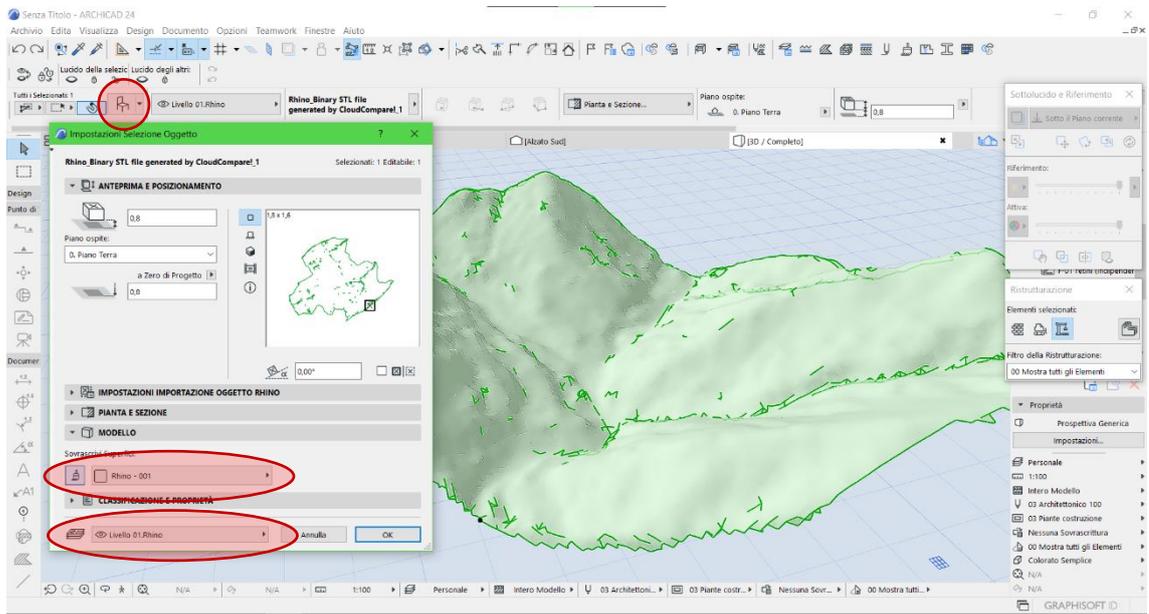
In primo luogo risultava necessario esportare un file di una dimensione accettabile vista la vastità del modello, per poi poter programmare su Unity. Questo è stato reso possibile salvando come "oggetti" alcuni elementi come: il terreno e la volumetria generale del paese di Rosazza. In questo modo essi vengono integrati e ottimizzati per e nella libreria degli oggetti del software alleggerendo il peso del file. Inoltre classificandoli come "oggetti" essi sono più facilmente escludibili nella redazione di un eventuale abaco.



39. Figura – Importazione modello 3D terreno da Rihno



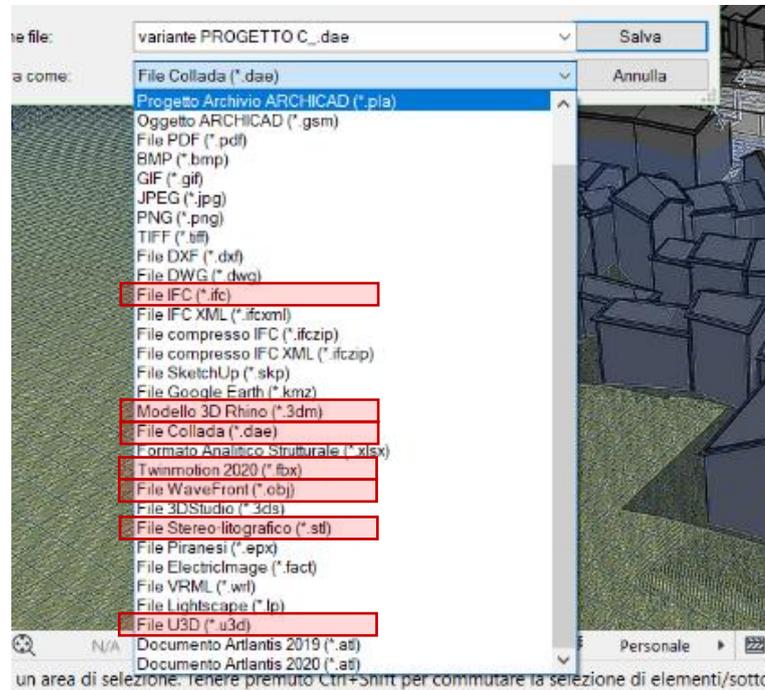
40. Figura – Salvataggio del modello 3D nella libreria



41. Figura – Modello 3D della libreria Archicad

2.4.2 Importazione modelli

Per importare in Unity sono state fatte diverse prove grazie alle numerose possibilità di esportazione offerte da Archicad.



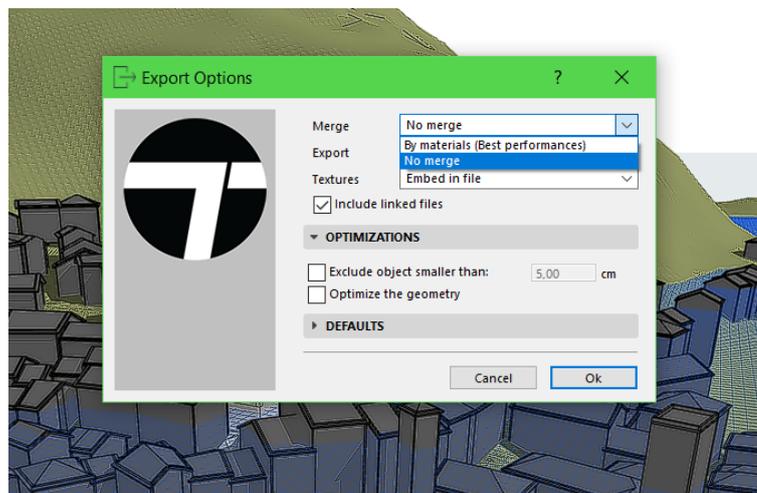
42. Figura – File di esportazione Archicad

Tra questi sono stati considerati i file: .3dm, .dae, .fbx, .ifc, .stl, .U3d, .obj. Questi ultimi due sono stati scartati poiché: presentavano alcuni problemi di importazione, inoltre i file generati erano di grandi dimensioni e quindi avrebbero complicato la lavorazione su di Unity. Mentre i file .stl, .3dm e .ifc non sono leggibili da Unity agevolmente.

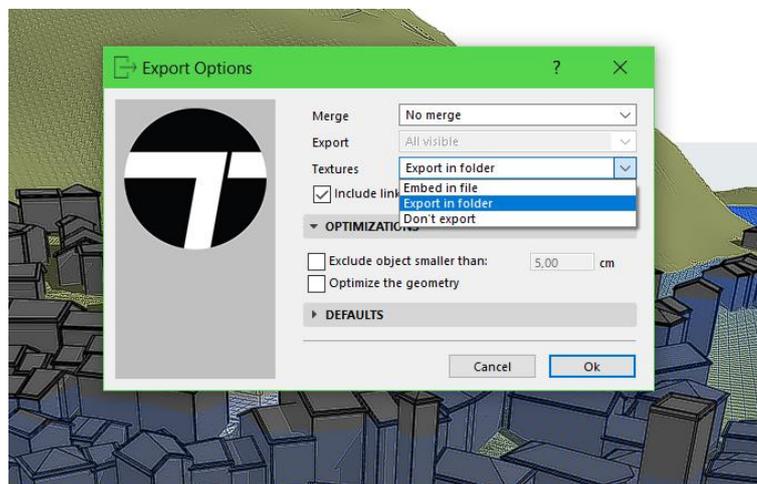
Sono stati considerati i file di esportazione comunemente usati dai e per i programmi di renderizzazione. In quanto in questi casi non è necessario un file che trasmetta dei dati precisi come potrebbe fare il file .ifc ma serve che mantengano le texture applicatevi.

1. Esportando da Archicad 24 un file .fbx, per il motore di renderizzazione Twinmotion 2020, si ha la possibilità di esportare le textures unite al modello 3D, tuttavia non sono riconosciute da Unity.

Nella seconda immagine vediamo la possibilità di esportare le texture in una cartella a parte, ma essendo stato usato Archicad 23 precedentemente questo plugin verso Twinmotion non è presente, per questo, successivamente, viene considerata una seconda possibilità di esportazione.

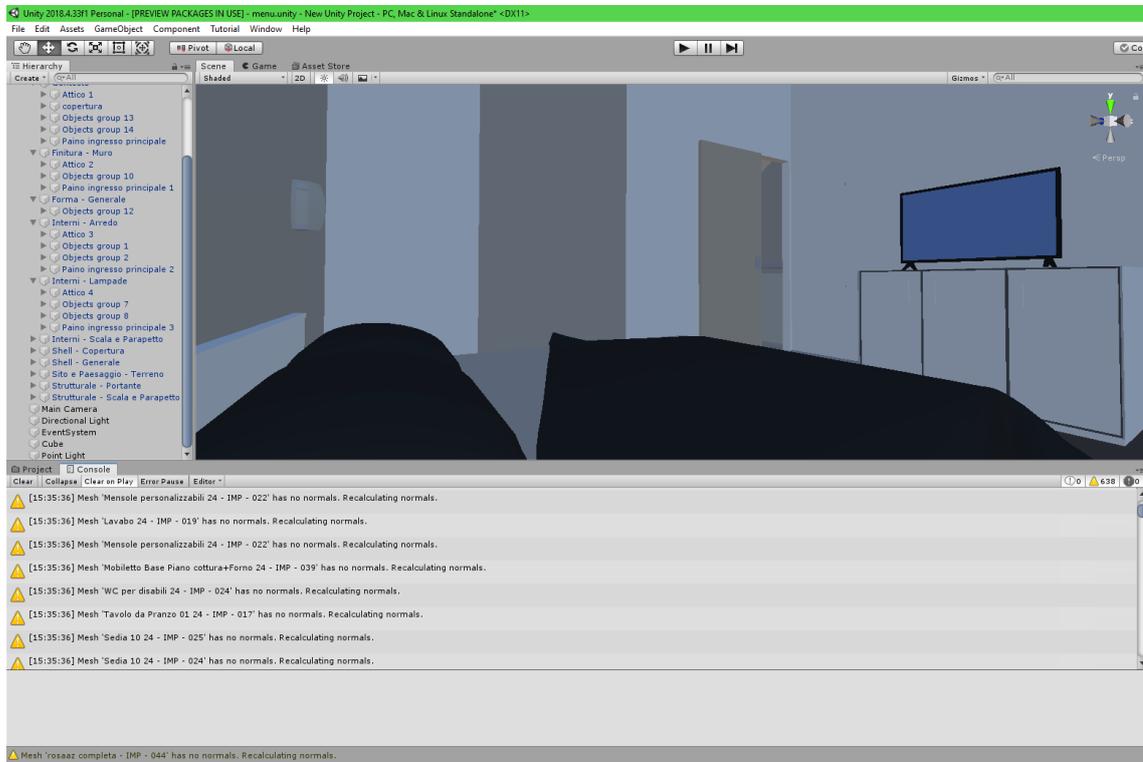


43. Figura – Esportazione file .fbx



44. Figura – Esportazione file .fbx

Una volta fatta l'importazione su Unity il file .fbx, vediamo che esso tiene parzialmente in memoria la gerarchia costruttiva della struttura di Archicad.



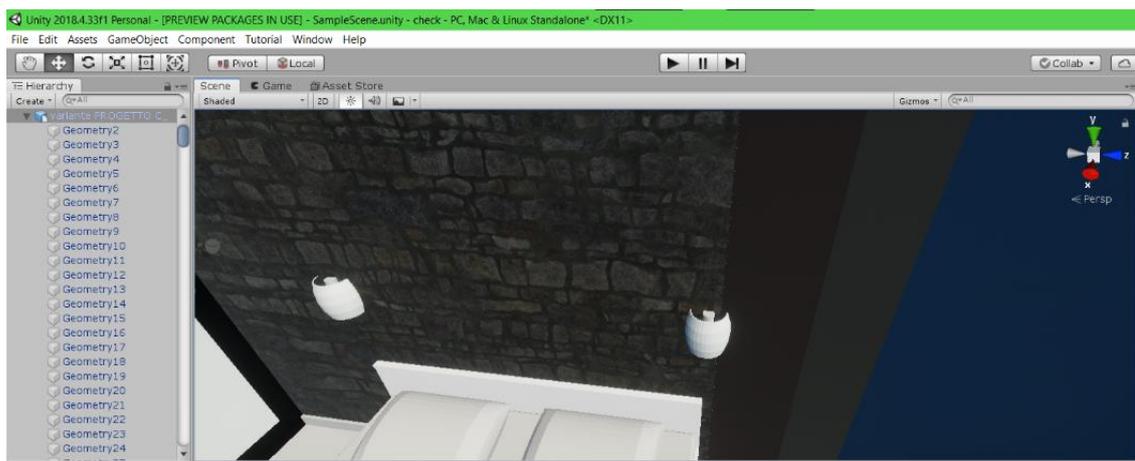
45. Figura – Importazione file .fbx in Unity

46.

Come possiamo vedere dall' immagine soprastante nel pannello hierarchy vengono riportate le classificazioni di Archicad, ma non vengono esportate le texture applicate precedentemente; come possiamo vedere dal pannello della console vengono visualizzati i file di errore riferite ad esse, pur riconoscendone alcuni colori primari.

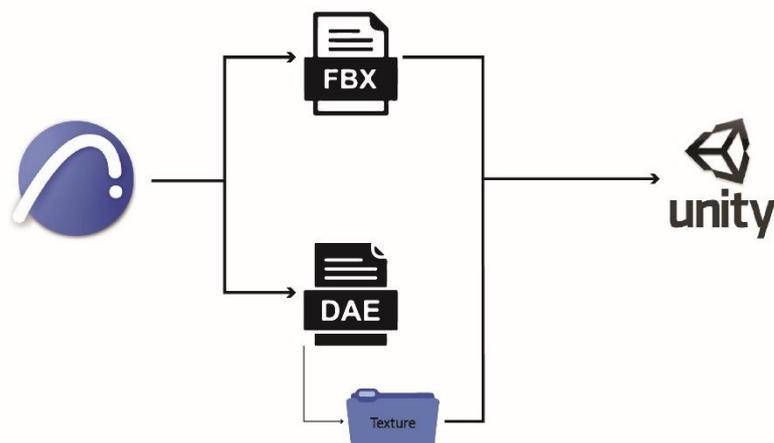
2. Differentemente il file .dae nella fase di esportazione di default esporta separatamente una cartella delle texture applicate, in modo tale da poterle eventualmente riapplicare sul programma destinatario, anche se, per un motivo non chiaro, alcune superfici e modelli 3D non sono in grado di riconoscere la texture o la visualizzano erroneamente una volta applicata. (Figura 45)

Invece, nell'immagine successiva, in questo caso le gerarchie di Archicad non vengono riportate ma ogni elemento viene classificato da Unity come una geometria indipendente.



47. Figura – Problema di lettura texture da parte di Unity

3. Successivamente abbiamo constatato che il problema di associazione delle texture non è presente se viene usato il file .fbx e vi si applicano le texture esportate parallelamente ad esso (se si usa la versione 24 di Archicad) oppure si può usare il file .dae, che è risultato più raccomandabile per evitare di dover rimodellare parzialmente il modello tridimensionale. Tuttavia è inevitabile la necessità di reinserire manualmente delle texture.



Schema di interoperabilità migliore verso Unity, con versioni di Archicad 23 o precedenti.

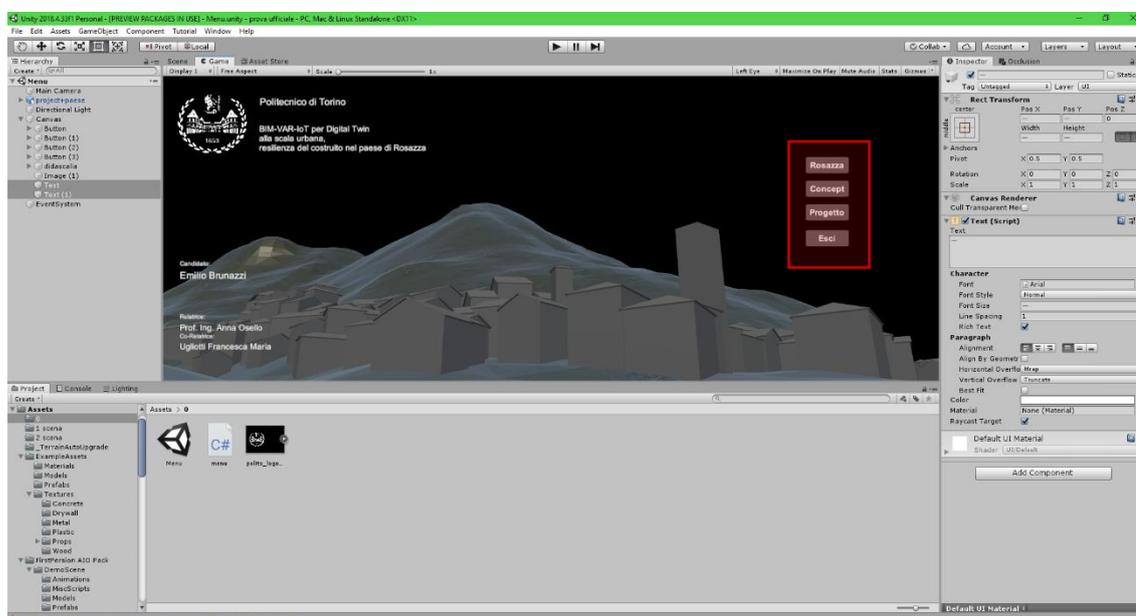
2.4.3 Programmazione in Unity

Successivamente all' importazione in Unity è stato possibile iniziare la fase di programmazione del VAR e delle sue funzionalità. Inizialmente si è creato il tutto su un pc e parallelamente è stato associato il pacchetto scaricabile da asset Store "Steam VR", il quale permette la programmazione senza la necessità di usare il visore, ma permette anche l'utilizzo della tastiera.

• Menù

Inizialmente è stato necessario la creazione di un Menù, attraverso il quale fosse possibile:

- "interrogare" il paese di Rosazza, nella sua storia e nei suoi servizi;
- visionare il concept di progetto;
- esplorare in prima persona l'intervento di ristrutturazione e riqualificazione dell'immobile, avendo la possibilità di personalizzare la proposta progettuale. Il tutto è stato realizzato tramite la creazione di diverse scene, che sono state poi ricollegate a dei pulsanti. Come sfondo è stata usata la modellazione volumetrica del borgo.



48. Figura – Impostazione e Menu

Di seguito viene riportato lo script utilizzato per i vari pulsanti presenti nelle diverse scene. Esso è il medesimo per tutte, eccetto per le variabili di destinazione; ad esempio premendo il tasto “Rosazza” verremo riportati alla “Scena 1”, mentre premendo il tasto “Menu” verremo riportati alla schermata iniziale del Menu. (Per rendere possibile tutto ciò prima di tutto vanno gerarchizzate le scene dal menu a tendina “File”).

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.SceneManagement;

public class menu : MonoBehaviour
{

    public void Rosazza()
    {
        SceneManager.LoadScene(1);

    }

    public void Concept()
    {
        SceneManager.LoadScene(3);

    }

    public void Progetto()
    {
        SceneManager.LoadScene(2);

    }

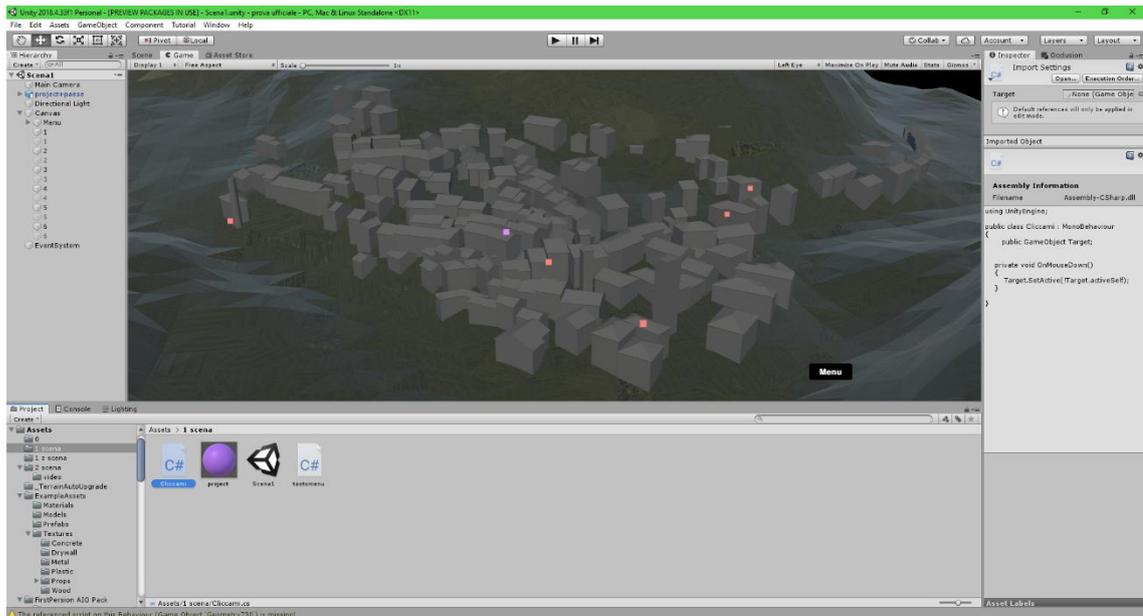
    public void Esci()
    {

    }

}
```

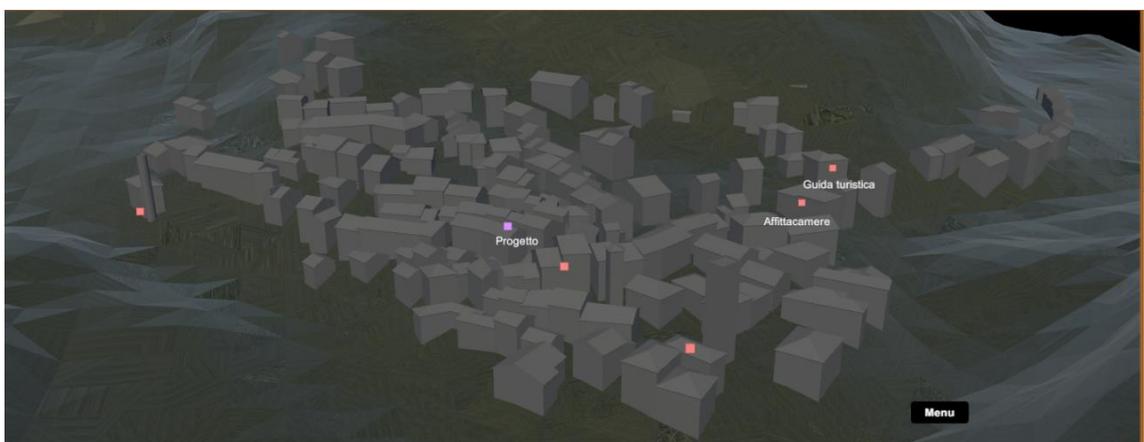
Analizzando le funzionalità dei vari tasti:

- Premendo il tasto **“Rosazza”** ci ritroveremo sempre in una schermata bidimensionale, poiché visionarla interamente in realtà aumentata sarebbe risultato inconsistente e dispendioso sia in termini di esplorazione che di programmazione.



49. Figura - Schermata dopo aver premuto il tasto **“Rosazza”**

Una volta caricata la scena ci viene mostrato una vista più ampia su tutta la volumetria del paese di Rosazza, attraverso la quale potremo **“indagare”** il borgo nei suoi servizi e nella sua storia. Il tutto è reso possibile grazie all’inserimento di alcuni bottoni colorati, che, una volta premuti, ci mostrano le informazioni inerenti all’edificio o la funzione che esso rappresenta ed offre.



50. Figura - Schermata che mostra l’interrogazione del paese

Di seguito viene riportato lo script usato che permette di rendere visibili le informazioni su Rosazza.

```
using UnityEngine;
```

```
public class Cliccami : MonoBehaviour
```

```
{
```

```
    public GameObject Target;
```

```
    private void OnMouseDown()
```

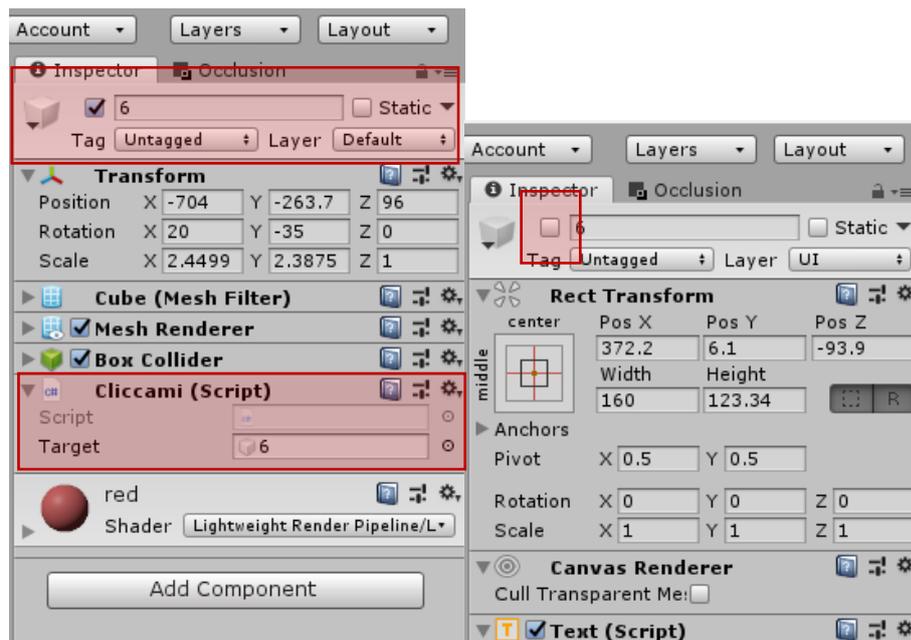
```
{
```

```
        Target.SetActive(!Target.activeSelf);
```

```
}
```

```
}
```

Script che poi va associato al tasto, e in seguito alla voce “target” va dato il testo informativo che si vuol far comparire una volta cliccato; il quale va “deflaggato” o meglio “reso invisibile” poiché sarà leggibile una volta acceso il tasto. (vedi immagini successive)



- Se clicchiamo invece il tasto del **“Concept”** ci ritroveremo in una schermata, dove sono presenti due tavoli: uno utile a comprendere il movimento e come afferrare degli oggetti generici, sull’altro troviamo le volumetrie del concept divise, con l’intento di ricomporle si comprende e apprezza l’idea di progetto nonché dei vincoli presenti, nel contesto: per esempio la presenza di due ingressi su due livelli differenti o la singola possibilità di esposizione alla luce solare.

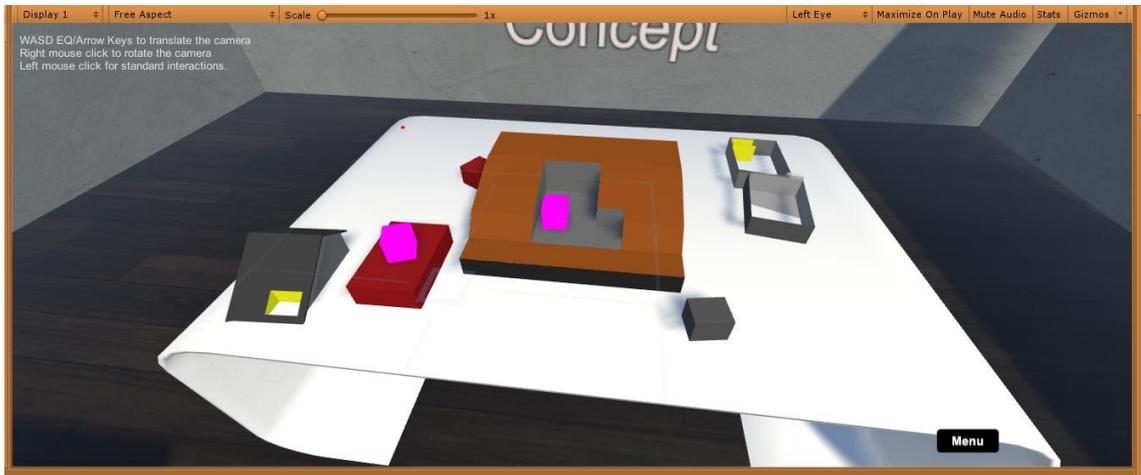


51. Figura - Schermata dopo aver premuto il tasto “Concept”

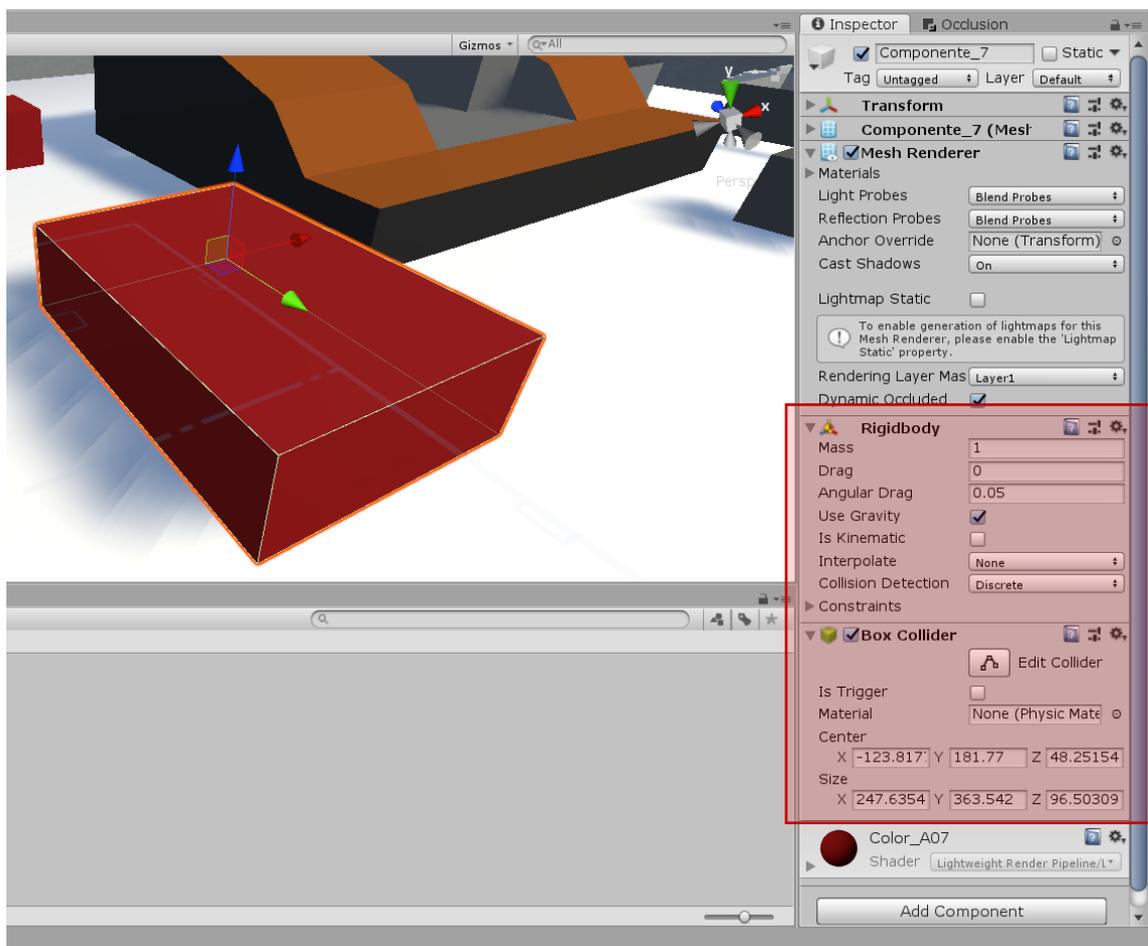
Se ci focalizziamo sulla scrivania dell’interazione presa da SteamVR, scaricata tramite Asset Store, troviamo degli oggetti che risultano lanciabili e afferrabili grazie agli script, ma anche la presenza di un “rigid body” a cui è possibile associare una massa, ma anche la collisione con gli altri oggetti senza che si inglobino a vicenda; troviamo anche altri script come quelli che determinano la velocità di spostamento ed eventualmente di un lancio dell’oggetto stesso ecc.

Un problema riscontrato in questa fase è l’assenza dello script che rende afferrabile l’oggetto, così da non poterlo applicare ai pezzi del concept e renderli componibili. Sono stati visionati diversi tutorial ma sono risultati inefficaci. Tuttavia inizialmente i pezzi sono stati preparati aggiungendo un rigid body e un box collider per farli interagire tra loro; sono anche state testate le loro componenti afferrando uno degli oggetti base e facendoli collidere tra

loro, per verificarne il corretto comportamento fisico, come si può apprezzare al meglio nell'immagine sottostante.

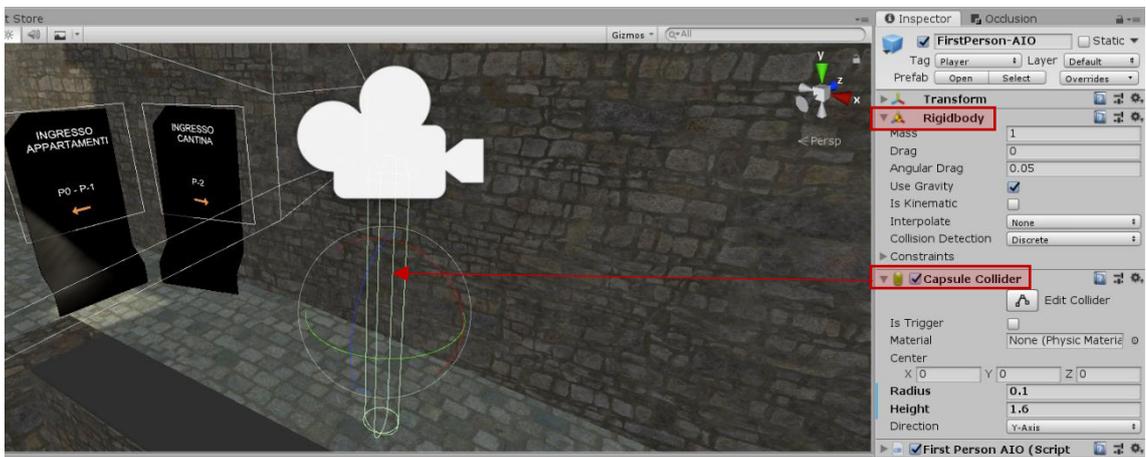


52. Figura - Schermata che mostra le interazioni tra gli oggetti di scena del Concept

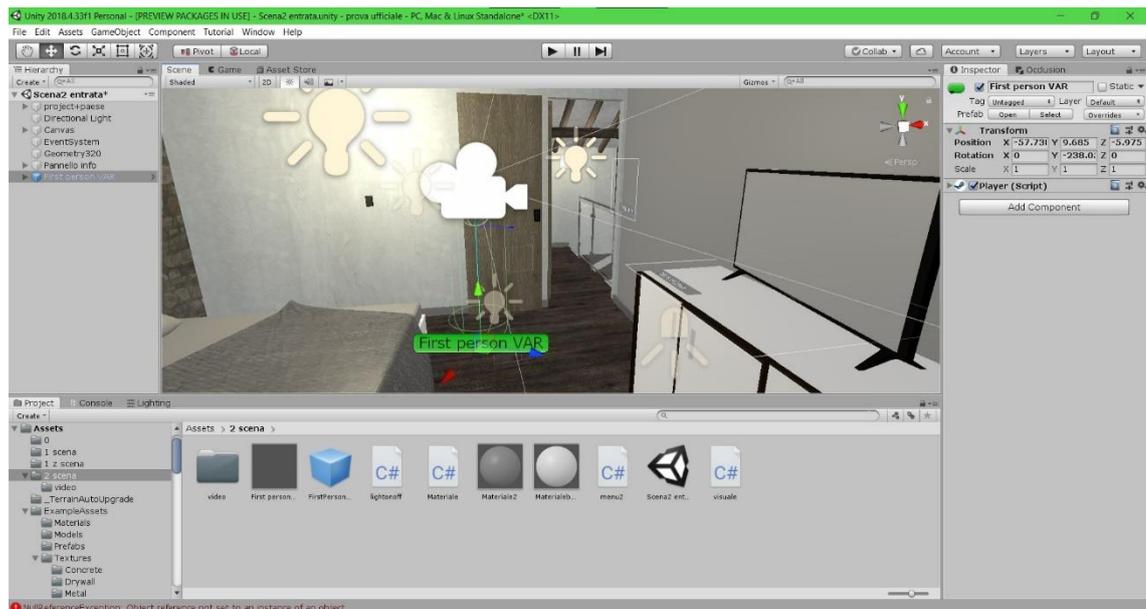


53. Figura - Rigid body e Collider dell'oggetto

- Infine premendo **“Progetto”** entreremo nel vivo della progettazione dell’intervento, attraverso la quale sia tramite la tastiera del PC che del VAR potremmo esplorare e interfacciarci con esso. L’elemento fondamentale è il personaggio che simula la prima persona (scaricato dall’Asset store, ne sono stati scaricati due, uno per la versione desktop e uno per il VAR) a cui sono state impostate delle funzioni aggiuntive come: la regolazione della telecamera che simula il campo visivo umano, l’aggiunta di un rigid body per simulare il peso della nostra ipotetica persona ed un capsule collider, il quale non ci permetterà di passare attraverso ai muri, porte e altri elementi di progetto. Inoltre è stato redatto uno script, riportato in seguito, che imposta il movimento della telecamera e ne limita la rotazione.



54. Figura - Personaggio della scena desktop



55. Figura - Personaggio della scena VAR

```

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;

public class visuale : MonoBehaviour
{
    public Transform player;

    float rotazione;

    // Start is called before the first frame update
    void Start()
    {

    }

    // Update is called once per frame
    void Update()
    {
        float x = Input.GetAxis("Mouse X") * Time.deltaTime;
        float y = Input.GetAxis("Mouse Y") * Time.deltaTime;

        rotazione -= y;
        rotazione = Mathf.Clamp(rotazione, -60f, 60f);

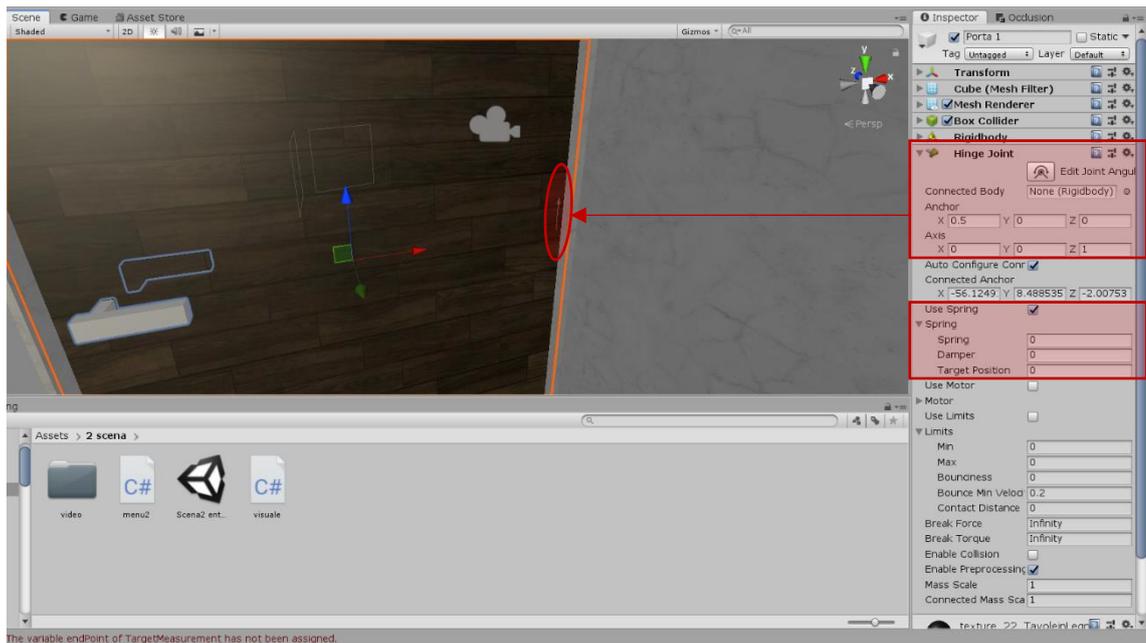
        transform.localRotation = Quaternion.Euler(rotazione, 0, 0);

        player.Rotate(Vector3.up * x);
    }
}

```

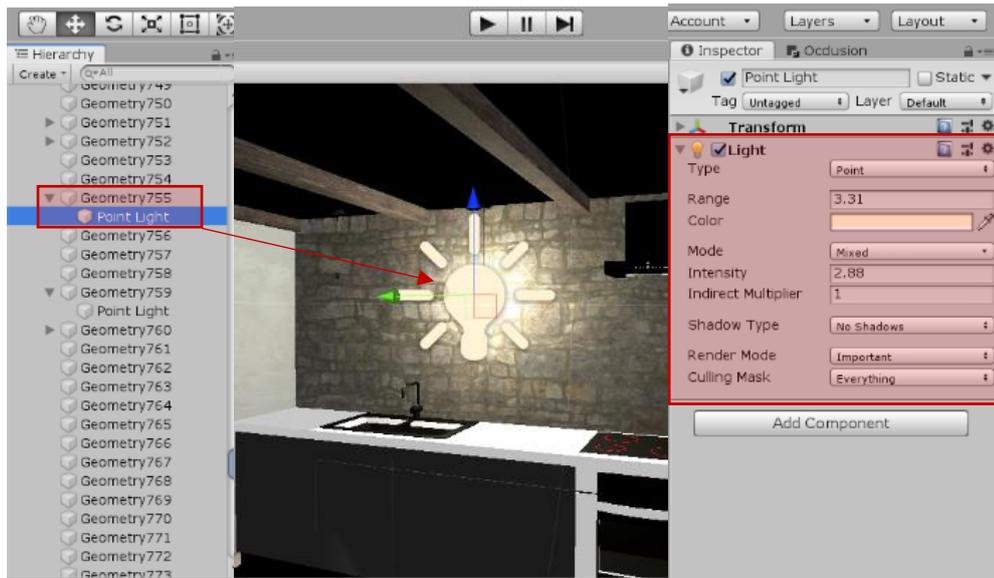
In seguito si è proseguito aggiungendo i “box collider” per le figure geometriche regolari e squadrate come prima citato per muri, porte e ovviamente solai; invece per il terreno o le parti non perfettamente piane, come la strada che porta alla cantina, è stata usata la “mesh collider” che meglio si adatta alle superfici irregolari.

Per rendere il più realistico possibile l'esplorazione del modello abbiamo dovuto rendere apribili le porte. Questo è stato reso possibile grazie alla funzione "hinge Joint" che permette all'oggetto di ruotare su di un asse impostato da noi. Inoltre, per renderla richiudibile, possiamo aggiungere uno script di chiusura, oppure, come in questo caso spuntare l'opzione "use spring", in modo che una volta che i collider del personaggio e della porta si scontrano, essa ruota sulla sua cerniera permettendo il passaggio del personaggio.



56. Figura - Posizionamento Hinge Joint

Un altro elemento aggiunto alla scena sono state le luci e regolandone le impostazioni di raggio, colore, intensità con la possibilità di renderle accendibili e spegnibili, di scegliere la risoluzione delle ombre, ed infine scegliere se avere delle ombre inerenti al movimento di componenti della scena operazioni che, in questo caso, non sono spuntate essendo una ambientazione con elementi statici, fatta eccezione per il personaggio.



57. Figura - Impostazione delle luci di scena

Gli script usati per la luce sono due:

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
```

```
public class lightonoff : MonoBehaviour
{

    public GameObject txtToDisplay;    //display the UI text

    private bool PlayerInZone;        //check if the player is in trigger

    public GameObject lightorobj;

    private void Start()
    {

        PlayerInZone = false;        //player not in zone
        txtToDisplay.SetActive(false);
    }
}
```

```

private void Update()
{
    if (PlayerInZone && Input.GetKeyDown(KeyCode.F)) //if in zone and press F key
    {
        lightobj.SetActive(!lightobj.activeSelf);
        gameObject.GetComponent().Play();
        gameObject.GetComponent().Play("switch");
    }
}

```

```

private void OnTriggerEnter(Collider other)
{
    if (other.gameObject.tag == "Player") //if player in zone
    {
        txtToDisplay.SetActive(true);
        PlayerInZone = true;
    }
}

```

```

private void OnTriggerExit(Collider other) //if player exit zone
{
    if (other.gameObject.tag == "Player")
    {
        PlayerInZone = false;
        txtToDisplay.SetActive(false);
    }
}
}

```

Questo primo script è il più complesso poiché ci permette di personalizzare diverse opzioni, come l'animazione del pulsante, il suono e la sua area di influenza entro la quale è premibile tramite un tasto, in questo caso il tasto "F". Un secondo script che è stato provato in via sperimentale è il seguente:

```

using UnityEngine;

```

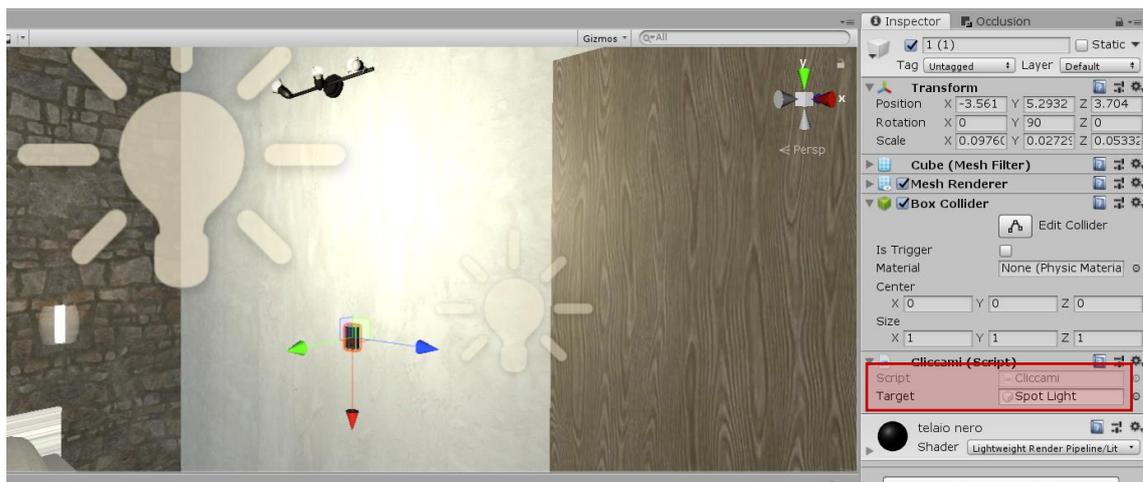
```

public class Cliccamiluce : MonoBehaviour
{
    public GameObject Target;

    private void OnMouseDown()
    {
        Target.SetActive(!Target.activeSelf);
    }
}

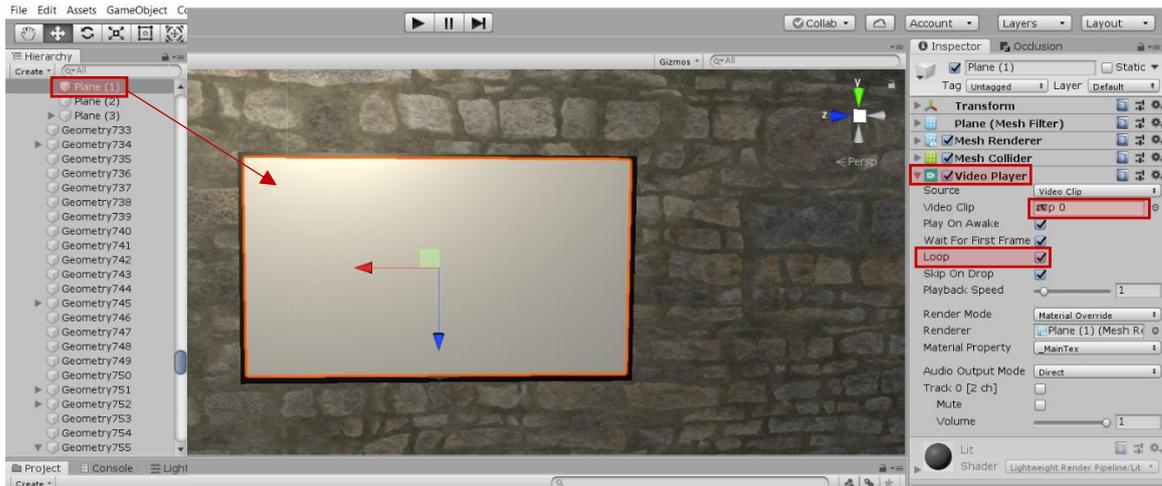
```

Che è il medesimo usato nella Scena 1 per le informazioni sul borgo di Rosazza. Esso infatti alla voce “target” al posto di un testo, è stata inserita direttamente la “spotlight”, il risultato è che al posto della scritta compare la sorgente luminosa, che rende la scena più realistica.

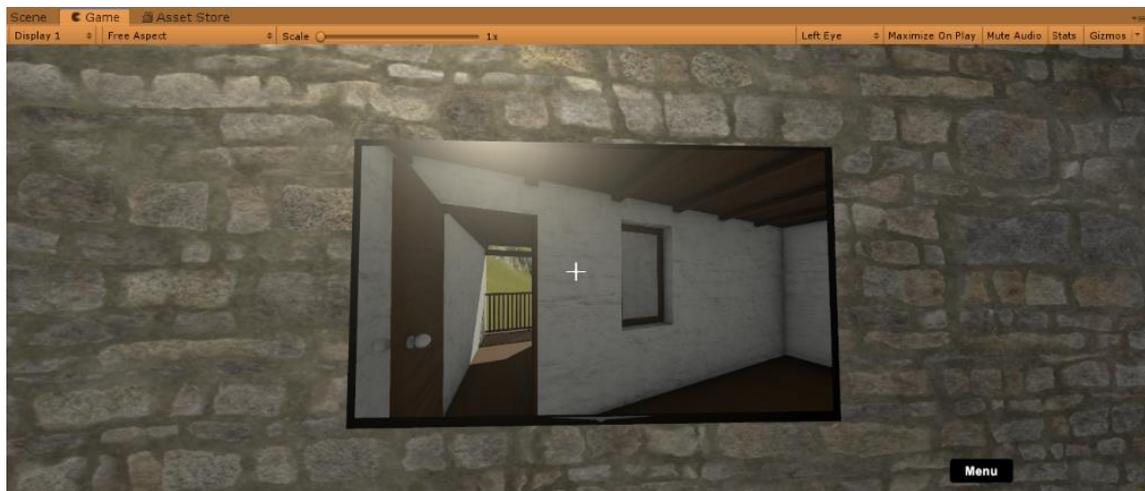


58. Figura - Associazione della luce allo script “cliccami”

Onde evitare di ricreare una scena per lo stato esistente, si è pensato di inserire dei video render realizzati con Lumion da inserire nella scena, realizzandone uno per piano. Questo è stato reso possibile aggiungendo il componente “video player” che, una volta associato a una superficie anteposta al modello della televisione, rende visibile la clip realizzata precedentemente.



59. Figura - Associazione del filmato alla televisione



60. Figura - Risultato Video player avviato

La possibilità di rendere personalizzabile le superfici di alcuni oggetti e anche elementi più caratterizzanti come i muri o i solai, è la parte fondamentale del progetto. La realizzazione è stata possibile grazie alla creazione di un “hint canvas” che a differenza del “canvas” principale, è maggiormente modificabile. In seguito, abbiamo creato un pulsante da premere per cambiare il colore della superficie o della texture del materiale.

Per far si che il tasto avesse questa funzione è stato necessario scrivere uno script qui riportato:

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;
```

```

public class Materiale : MonoBehaviour
{
    [SerializeField]
    private GameObject cube;

    [SerializeField]
    private Texture[] textures;

    private Renderer cubeRenderer;

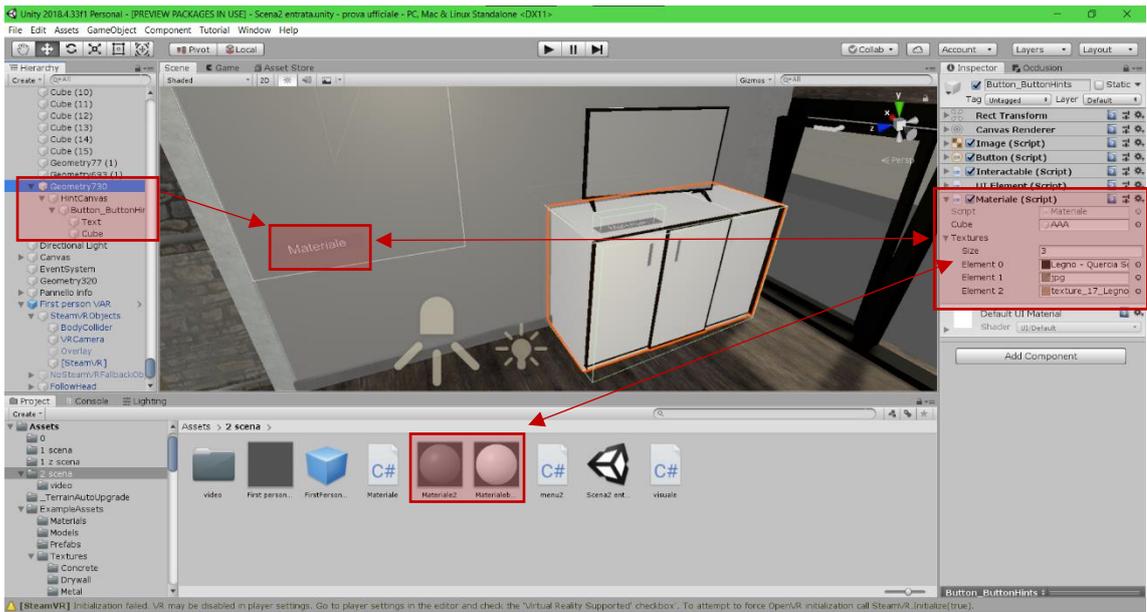
    private int randomTextureIndex;

    // Start is called before the first frame update
    void Start()
    {
        cubeRenderer = cube.GetComponent<Renderer>();
        gameObject.GetComponent<Button>().onClick.AddListener(ChangeCubeTexture);
    }

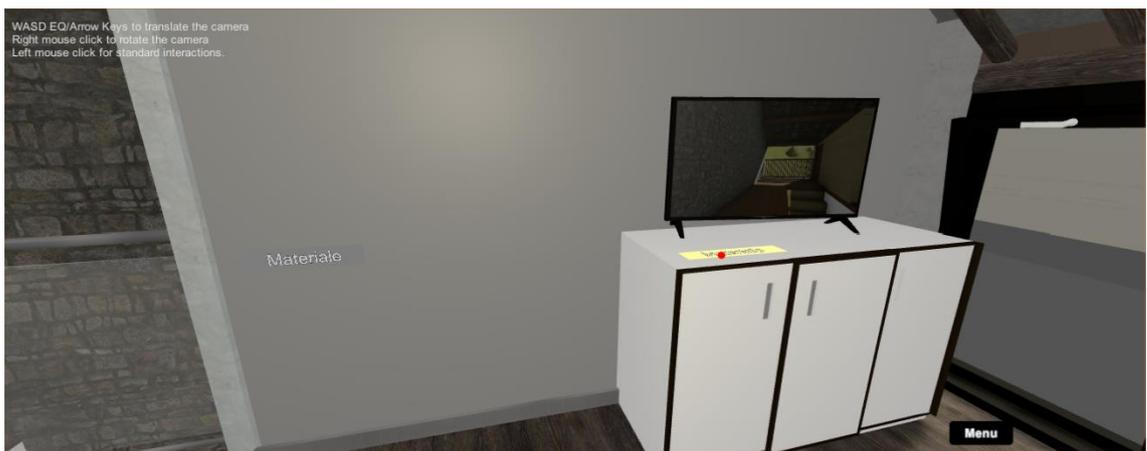
    private void ChangeCubeTexture()
    {
        randomTextureIndex = Random.Range(0, textures.Length);
        cubeRenderer.material.mainTexture = textures[randomTextureIndex];
    }
}

```

...dopo averlo associato al tasto, ed aver associato l'oggetto a cui verranno cambiate le superfici, sono state caricati i colori o le texture proposte.



61. Figura – Creazione del tasto per cambiare il materiale



62. Figura – Attivazione del tasto per cambiare il materiale (prima)



(dopo)

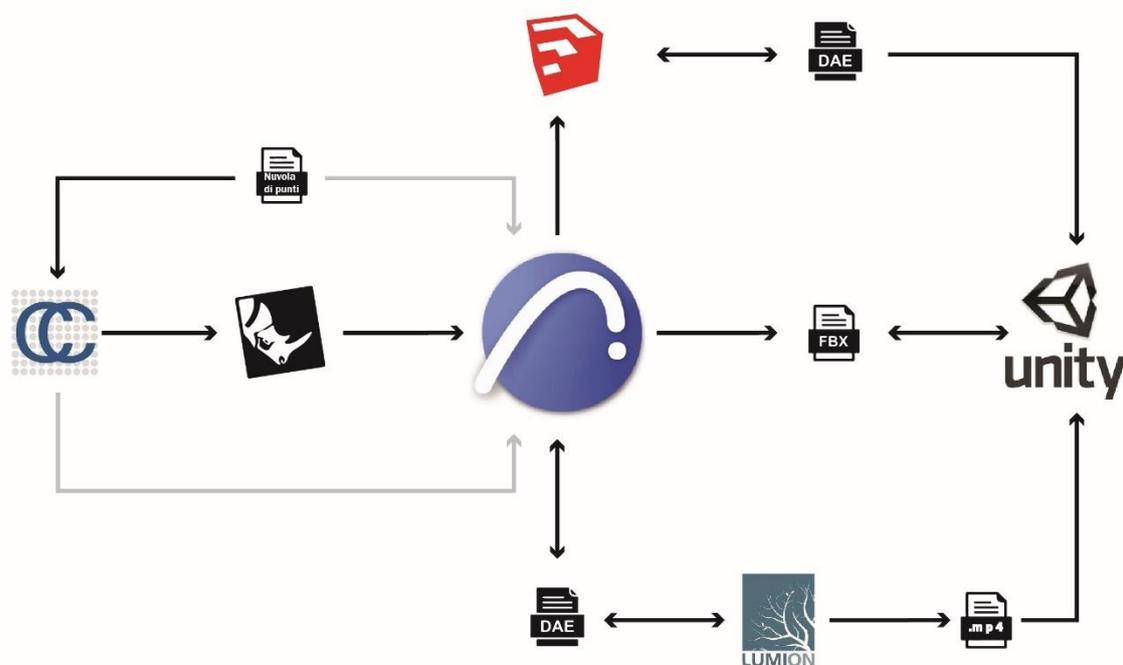


63. Figura – Attivazione del tasto per cambiare il materiale (prima)



(dopo)

Possiamo riassumere nel seguente schema il dialogo tra tutti i programmi utilizzati fino a questo momento. Le doppie frecce indicano una interoperabilità diretta, quelle singole no, mentre quelle in grigio rappresentano delle problematiche.



Schema riassuntivo di interoperabilità della tesi

2.5 Conclusioni

Lo sviluppo della tecnologia BIM sta cambiando radicalmente l'approccio al mondo del lavoro e spaziando in diversi ambiti, non solo architettonici. In questa tesi è stato usato per mappare il paese di Rosazza allo scopo di iniziare una riqualificazione intervenendo su un'abitazione del posto, con l'intento di coinvolgere in prima persona il committente e di mostrargli l'intervento di ristrutturazione dell'edificio.

Dopo una prima fase di modellazione del terreno partendo da una nuvola di punti, la stessa è stata utilizzata anche per la modellazione volumetrica del paese di Rosazza.

Successivamente è stato modellato il rilievo dello stato di fatto della dimora, usando il programma BIM Archicad, che ha consentito, in un secondo tempo, di modellare la proposta progettuale e di confrontarla in tempo reale con lo stato di fatto. Come già accennato aiuterebbe per gli edifici in un contesto montano considerare di avere una tolleranza maggiore dei vincoli edilizi, in particolar modo per esempio mese consideriamo, per esempio, il rapporto aereo-illuminante, questo è ampiamente soddisfatto, ma se ci relazioniamo alla pianta del primo piano possiamo osservare come detta superficie irragerà la solo la zona della cucina, mentre l non si ha la medesima situazione nella camera da letto che non ha nemmeno uno sbocco aereo-illuminante diretto con l'esterno. Il problema è stato risolto con l'inserimento di un lucernario che si sviluppa in altezza per due piani. Un'altra tematica di rilievo è quella del restauro, che spesso stride con la rifunzionalizzazione di una dimora; in questo caso si è scelto di mediare tra le due filosofie, inserendo le parti vetrate laddove vi erano già dei vuoti, per un risultato ottimale

Dopo questa prima fase di progettazione si è cercato di sfruttare un plug-in di Archicad per Cinema 4D, un noto motore di renderizzazione, per mostrare in tempo reale le modifiche che vengono apportate durante la modellazione BIM e in parallelo riportarle sul motore di Cinema 4D (in particolar modo la renderizzazione dei materiali). Purtroppo nella fase di dialogo tra Archicad a Unity, non è stato possibile sfruttarlo, così si è ricorsi alla interoperabilità del programma ed analisi dei file di esportazione, per individuarne la miglior soluzione.

Sebbene Unity sia molto flessibile sui file di importazione, non permette di usare il file principale di dialogo tra programmi BIM, ovvero il file ".ifc". Anche se in questo caso la mole di informazioni che doveva essere trasferita non era particolarmente vasta e dettagliata, il file ottimale per l'esportazione si è rivelato essere il file ".fbx" anch'esso, tuttavia, presenta

delle lacune macroscopiche inerenti al passaggio dell'unico elemento di interesse: le texture. Texture che sono state riapplicate singolarmente, tuttavia in un modo più semplice e dinamico rispetto ad un programma BIM. Questo primo spunto evidenzia quanto non sia facilmente "preparabile" un file .ifc per un qualsiasi tipo di esportazione, ad esempio non è stato possibile esportare le luci e i parametri ad esse associate; in secondo luogo, inerente all'utilizzo di Unity, esso offre una modellazione tridimensionale più macchinosa, limitata nello sviluppo di forme complesse e lacunosa in termini di precisione distributiva dei vari oggetti e forme. Tuttavia ne permette una forte personalizzazione estetica e di programmabilità in termini di funzioni ed interazioni, che necessitano di una conoscenza informatica e di programmazione di base, pertanto questa fase è risultata più complessa e dispendiosa in termini di apprendimento e tempo. Anche se la stesura dei vari script non è stata una delle più fini e pratiche, risultano comunque efficaci, soddisfano e rendono comprensibile e apprezzabile lo scopo finale dell'utilizzo del VAR.

Da questi processi è emerso che la tecnologia è fondamentale sia per avere rilievi più precisi su cui lavorare limitando le discrepanze tra teoria e realizzato, nonché per presentare e valutare il progetto a tutti i livelli dal tecnico al cliente e fare in modo di avere file più leggeri e lavorabili in tempi contenuti senza dover ricorrere a macchinari dalle performance carissime quasi esclusive. Tuttavia soprattutto la interoperabilità tra i programmi può essere migliorata ancora e con essa il file .ifc ancora difficilmente sfruttabile a pieno delle sue potenzialità. Al momento i programmi BIM e la loro flessibilità permettono di sviluppare modellazioni di dimensioni considerevoli, come, questa anche con l'utilizzo di apparecchiature commerciali.

2.6Sviluppi Futuri

Per quanto riguarda gli sviluppi futuri, potrebbero essere:

- Orientati verso l'esportazione da Archicad a Unity tramite un file ifc che racchiuda tutti i parametri e valori grafici del modello, soprattutto di texture e luci per una scena sempre più realistica.
- Un ulteriore studio potrebbe essere fatto usando il VAR come mezzo di sensibilizzazione progettuale per e con delle persone disabili e daltoniche al fine studiare e creare al meglio un ambiente lavorativo o di vita quotidiana stimolante o rilassante.
- Indagare l'efficientamento energetico tramite il DigitalTwin associato al IoT.
- Integrazione nella fase di rilievo tramite la tecnologia lidar che oggi giorno possiamo ritrovare persino su degli smartphone.
- Bim come revisione/implementazione/sensibilizzazione nella redazione dei regolamenti edilizi.

Ringrazio la mia relatrice e corelatrice, La professoressa Anna Osello e Francesca Ugliotti, che, nonostante le difficoltà e avventure di questo anno, sono riuscite ad affidarmi lo sviluppo di una tesi che tratta e tocca temi molto stimolanti e di forte interesse per me.

104

Vorrei, inoltre, ringraziare la mia famiglia, per il continuo sostegno ed i miei amici di infanzia e di università per aver condiviso con me momenti di crescita fisica e professionale.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- TESI di LAUREA “BIM e VR per le STRUTTURE SANITARIE tra GESTIONE e RIABILITAZIONE
Caso Studio: l’Ospedale S.S. Trinità di Fossano”, Relatrice Anna Osello. [1]
- TESI di LAUREA “BIM-IoT-VR Il Digital Twin in Smart Factory per il risparmio energetico.
Caso studio: FCA, Mirafiori. Relatrice Anna Osello [2]

- Barnaghi P. et al. (2012) Semantics for the Internet of Things: early progress and back to the future. *International Journal on Semantic Web & Information Systems* 8(1): 1–21, 10.4018/jswis.2012010101.

- Bonetti, F., Warnaby, G., & Quinn, L. (2017). Augmented Reality and Virtual Reality in Physical and Online Retailing: A Review, Synthesis and Research Agenda. *Augmented Reality And Virtual Reality*. 119-132. doi: 10.1007/978-3-319-64027-3_9.

- Bruce, D. (2016). Virtual Reality History: Complete Timeline Explained. Retrieved from <https://www.knowledgenile.com/blogs/virtknowledgenileualreality-history-complete-timeline-explained>.

- Ebert, C. (2015). Looking into the Future. *IEEE Software*, 32(6), 92-97. doi: 10.1109/ms.2015.142

- Giffinger, Rudolf & Gudrun, Haindlmaier & Gudrun, & Haindlmaier, Gudrun. (2010). Smart cities ranking: An effective instrument for the positioning of the cities. *ACE: Architecture, City and Environment*.

- Grieves, Michael. (2015). Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication.

- Griffin, T. & Giberson, J. & Lee, S. & Guttentag, D., & Kandaurova, M. (2017). Virtual Reality and Implications for Destination Marketing. Retrieved from

<http://scholarworks>

- Riikonen, P. & Arvo, J. & Lehtonen, T. (2017). Data transfer from BIMserver to Unity 3D applications with the BIMconnect asset. Submitted to the Advanced Engineering Informatics.

- Skarbez, R., Smith, M., & Whitton, M. (2021). Revisiting Milgram and Kishino's Reality-Virtuality Continuum. *Frontiers In Virtual Reality*, 2. doi: 10.3389/frvir.2021.647997

- [<http://www.quarkts.com/en/the-fourth-industrial-revolution-the-greatestact-in-the-history-of-humanity/>

- Bimserver.org

- <https://biblus.acca.it/focus/le-7-dimensioni-del-bim/>

- <https://biblus.accasoftware.com/en/ifc-format-and-open-bim-all-you-need-to-know/>

- <https://bimserver.center/es>

- <https://consulenzaagricola.it/circolari/varie/12176-realta-aumentata-stato-dell-arte-e-applicazioni-parte-1>

- <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html>

- <https://ee-ip.org/it/article/03-realta-aumentata-ar-dai-dati-visualizzati-alle-x-applicazioni-per-lindustria-energetica-digitale-5830>

- <https://elettromagazine.it/ondigital-digitalizzazione/realta-virtuale-e-realta-aumentata/>

- https://realmore.net/it/?gclid=Cj0KCQjw5JSLBhCxARIsAHgO2SfanOg-do47AJ4pBno7KAdA1IVLiy3HGYxkhB3IZVsRfpmQDkb6qMAaAmE3EALw_wcB

- <https://tt.utu.fi/ar/research/marin2/>

- <https://vitolavecchia.altervista.org/cosa-sono-e-differenza-tra-digital-twin-e-iot/>

- <https://www.arealitymarket.com/i-settori-di-utilizzo-della-realta-aumentata/>

- <https://www.bakom.admin.ch/bakom/it/pagina-iniziale/digitale-einternet/internet/internet-of-things.html>

- <https://www.digital4.biz/executive/realta-aumentata-cose-come-funziona-e-ambiti-applicativi-in-italia/>

- <https://www.guidatorino.com/rosazza-piemonte-il-borgo-piu-misterioso-italia/>
- <https://www.interris.it/rubriche/opinione/realta-aumentata-applicazioni-militari/>
- <https://www.itssi.it/realta-aumentata-applicazioni-nel-settore-medico/amp/>
- <https://www.lumi4innovation.it/digital-twin-cose-come-funziona-e-perche-e-utile-agli-smart-building/>
- <https://www.prosoftweb.it/post/realta-virtuale-realta-aumentata-smart-industry>
- <https://www.redhat.com/it/topics/internet-of-things/what-is-iot>
- https://www.reply.com/it/topics/internet-of-things/industrial-iot-a-reality-check?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=Industrial-IoT&utm_term=ITA&utm_content=search&gclid=Cj0KCQiA15yNBhDTARIsAGnwe0W1ja-_6SgW3hJlB8Bw8_E8yruuz1-Jvi-Fj4JXKVERW0rGN9O6gp8aAhSMEALw_wcB---
- https://www.researchgate.net/publication/333791457_Building_Information_Management_BIM_A_New_Approach_to_Project_Management/link/5d8d589792851c33e940689a/download
- <https://www.tesionline.it/glossario/3887/interoperabilit%C3%A0#:~:text=interoperabilit%C3%A0%20orizzontale%2C%20che%20riguarda%20programmi,di%20calcolo%20strutturale%20o%20energetico.>
- <https://www.tridify.com/>
- <https://www.viaggiaescopri.it/rosazza-valle-cervo/>
- <https://www.wikiwand.com/it/Rosazza>
- <http://www.drawingtothefuture.polito.it>