

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Architettura

Corso di Laurea Magistrale in Architettura Costruzione e Città

Tesi di Laurea Magistrale

**Modellazione digitale parametrica: un approccio
BIM attraverso il Generative Design per una
struttura modulare provvisoria**



RELATORE

Anna Osello

CANDIDATO

Francesca Battiston

Febbraio 2019

ABSTRACT

Il progetto di costruzione è arrivato nel tempo a coinvolgere una compagine sempre più articolata di relazioni e figure, tra settori con differenti background professionali che cercano di raggiungere obiettivi molto complessi in risposta alla crescente richiesta di sostenibilità e innovazione del mercato odierno, in termini di costi anche e soprattutto. Nel momento storico di crisi in cui si lavora oggi, si ricercano i meccanismi propulsori di un processo di cambiamento dell'architettura nelle tecnologie che consentano ai diversi professionisti in causa di progettare e collaborare insieme. Il Building Information Modelling (BIM), permettendo la gestione dell'intero processo edilizio attraverso lo scambio di informazioni interdisciplinare controllato, può rappresentare quel veicolo che accompagna l'industria delle costruzioni nell'era digitale. Questo approccio è utile per un cambiamento di leadership dal basso, valorizzando il ruolo dell'architetto come ideatore dell'idea progettuale, avvicinandosi ai team di costruzione specifici. La realtà del Santuario del Trompone a Moncrivello rappresenta "il caso studio", la palestra per la sperimentazione di queste nuove tecnologie/tecniche integrate. Il progetto di una struttura provvisoria (temporary structure) per un giardino d'inverno dalle strutture flessibili e modulari sorge da uno stimolo di sostenibilità di costi e tempi con un budget di spesa ridotto. Questo aspetto ha costituito una sfida compositiva sia nei confronti del rispetto del vincolo (e del senso) storico del complesso, sia per la replicabilità della soluzione in vista della possibilità di allestire ampi spazi, in tempi piuttosto brevi, per manifestazioni future. Lo studio affrontato in questa tesi mira ad esplorare un processo per facilitare l'apporto progettuale alla

replicabilità di una struttura modulare, limitandolo alla definizione dei parametri nell'ottica della generazione automatica delle forme e utilizzando il modello 3D parametrico come banca dati unica da cui estrarre informazioni per diverse finalità, migliorando l'efficienza del processo BIM di progetto attraverso l'interoperabilità.

RINGRAZIAMENTI

Grazie alla professoressa Anna Osello e all'ing. Matteo Del Giudice, al laboratorio DrawingTOtheFuture del DISEG e a tutte le persone che ci lavorano ogni giorno per avermi aiutato in questo lungo percorso di tesi.

Grazie alla mia famiglia per il costante sostegno, per aver sempre creduto in me, e non avermi mai fatto mancare nulla.

Grazie a Cate e Samu per aver segnato un altro capitolo indelebile della mia vita, e per tutto l'amore per cui mi sento vincolata.

Grazie a Enrico, il mio mentore, per avermi fatto appassionare e senza il quale tutto questo non sarebbe possibile.

Grazie al Poli, per avermi insegnato cosa vuol dire la resilienza.

INDICE DEI CONTENUTI

ABSTRACT	4
RINGRAZIAMENTI	4
INTRODUZIONE	4
1.INTRODUZIONE	10
1.1	6
.....	6

1.

INTRODUZIONE

1.1

IL BIM:

DEFINIZIONI E AMBITI

INTRODUZIONE AL BIM

DEFINIZIONI

L'acronimo BIM viene interpretato in diversi modi nella letteratura. Alcune letture mettono l'accento sull'aspetto processuale del BIM, che permette di simulare virtualmente tutta la sequenza del processo di costruzione di un edificio [1]. Altre sul modello come prodotto, rappresentazione fisica e funzionale delle caratteristiche di una struttura e di tutti i dati che la descrivono [2]. Altre ancora vedono il BIM come un sistema basato sullo scambio di informazioni che va oltre i limiti del progetto e dell'edificio, un metodo che permette di generare valori e opportunità e che rappresenta un radicale punto di svolta nel rapporto tra le persone e l'ambiente costruito [3].

Secondo la definizione fornita da Bilal Succar, uno dei principali esperti e ricercatori di Building Information Modelling fin dal 1994, è un "set di tecnologie, processi e

norme che consentono a numerose parti in causa di progettare, costruire e gestire una struttura in modo collaborativo, all'interno di uno spazio virtuale". Per il National British Standard Institute invece, il BIM "descrive i mezzi attraverso i quali chiunque può comprendere un edificio attraverso l'uso di un modello digitale che attinge ad un set di dati assemblati in modo collaborativo prima, durante e dopo la sua costruzione".

CARATTERISTICHE

Il BIM (Building Information Modelling) è un metodo basato su un modello tridimensionale a cui è possibile integrare informazioni non geometriche che permette di pianificare, progettare, costruire e gestire edifici e infrastrutture durante tutto il corso del loro ciclo di vita. La peculiarità del BIM è quella di andare oltre i tradizionali disegni CAD dando "un'intelligenza" ai singoli componenti dell'edificio, fornendo informazioni e consapevolezza a livello di sistema e di edificio (flussi di sistema o carichi di costruzione) oltre alle semplici relazioni spaziali. Il processo BIM coinvolge i partecipanti dell'intero ciclo di vita del progetto (architetti, ingegneri, appaltatori, proprietari, gestore delle strutture, etc.), che possono contribuire e comunicare con i progettisti BIM, ai quali viene chiesto di fornire i dati ed i parametri di modellazione [1].

Il BIM non è quindi un software, ma viene considerato una metodologia per sviluppare il processo di progettazione di un'opera, utilizzando modelli digitali per la progettazione, la costruzione e tutte le operazioni che riguardano l'intero ciclo di vita dell'opera stessa. I modelli BIM combinano rappresentazioni 2D e 3D insieme a informazioni esterne, come la posizione geografica e le condizioni locali, in un database che fornisce un'unica fonte integrata per tutte le informazioni associate al progetto di quell'edificio. L'interazione "intelligente" che si può sviluppare tra informazioni grafiche e non, parametricamente definite, fornisce uno strumento per rappresentare relazioni geometriche e funzionali tra gli elementi dell'edificio. Queste informazioni alimentano un database integrato, che a sua volta permette di sviluppare tutti i documenti di progettazione. Quando viene apportata una modifica

al modello virtuale, tutti gli elaborati del progetto quali le viste grafiche (piante, sezioni, assonometrie, prospetti), nonché le viste non grafiche (computo, informazioni tecniche e quantitative...), subiscono una variazione automatica e dinamica.

Questo tipo di descrizione unificata del progetto e della sua realizzazione permette di migliorare significativamente il flusso di informazioni in ogni fase della progettazione, costruzione e ciclo di vita di un edificio, aumentando le possibilità di interoperabilità. Il modello digitale, reso accessibile a tutte le figure interessate nelle diverse fasi del progetto, favorisce una collaborazione più efficace tra le diverse competenze. Gli operatori possono aggiungere, estrarre o modificare informazioni nel modello, mantenendo una visione chiara del progetto d'insieme e degli effetti prodotti da ogni variazione, in modo da prendere decisioni più consapevoli, ridurre gli errori e migliorare la produttività.

Con l'avvento del BIM nel settore delle costruzioni sono nate nuove figure professionali indispensabili per ottenere un processo efficiente. Emergono così nuove figure professionali dotate di specifiche competenze sui processi di Building Information Modelling. Il BIM Specialist è specializzato negli aspetti tecnici e il gruppo di lavoro vi si può rivolgere per la modellazione o la gestione di elementi particolarmente complessi. A livello manageriale le due figure principali sono invece il BIM coordinator, che opera a livello di progetto, ed il BIM manager, che opera a livello aziendale. Il BIM coordinator è una figura gestionale ed è l'interprete del progetto nel contesto dello specifico metodo e degli specifici strumenti BIM. Il BIM manager si occupa delle risorse, di direzionare lo sviluppo degli standard, delle fasi preliminari all'assegnazione del progetto a un coordinator [2].

LE DIMENSIONI

Il progetto BIM supera il sistema di rappresentazione tridimensionale tipico dei programmi CAD, permettendo di integrare una più ampia gamma di livelli di informazioni:

2D/3D: il BIM può produrre disegni bi e tridimensionali tradizionali. La peculiarità rispetto al CAD è che il software produce e modifica automaticamente tutte le rappresentazioni contemporaneamente.

4D: è possibile inoltre includere la dimensione temporale, fondamentale soprattutto nell'attività manageriale per gestire e coordinare tutte le fasi del processo. Inoltre si può in questo modo gestire l'organizzazione e le attività di cantiere nella loro successione, evitando sovrapposizioni e minimizzando il rischio di imprevisti.

5D: la quinta dimensione è rappresentata dai costi. Il BIM permette di monitorare costantemente gli elementi costruttivi e i materiali necessari e integrarli con l'evoluzione dei costi sul mercato, dando così gli strumenti per fare previsioni molto più dettagliate e verosimili.

6D: il sesto livello di informazioni che viene attribuito al BIM è relativo alla sostenibilità. Questo approccio permette infatti di servirsi di tutte le tipologie di informazioni presenti nel modello e sviluppare simulazioni e scenari diversi attraverso le opportunità dell'interoperabilità. In questo senso diventa uno strumento per valutare le scelte più sostenibili in corso d'opera.

7D: la settima dimensione è quella gestionale. Infatti il BIM permette di utilizzare le informazioni del modello durante l'intero ciclo di vita dell'edificio, sviluppando piani di manutenzione e programmando i diversi usi possibili.

8D: un'eventuale ottava dimensione può essere considerata quella legata alla sicurezza durante e dopo la costruzione.

Tutte queste dimensioni sono tra loro collegate e si alimentano a vicenda. Se si continua ad integrare il potenziale che caratterizza ognuno di questi livelli le dimensioni del BIM diventano sostanzialmente infinite [6].

GLI ELEMENTI

L'ambiente BIM in Revit dispone di una struttura gerarchica che permette di classificare tutti gli elementi presenti nei modelli. In questo modo è possibile

lavorare a diversi livelli e gradi di dettaglio mantenendo una semplice gestione delle informazioni presenti nel modello. Tutti gli oggetti predefiniti nel modello Revit rientrano quindi in tutti questi livelli di categorizzazione, gerarchicamente ordinati: Elementi, Famiglie, Tipi e Istanze. Questa distinzione risulta fondamentale per associare ad ogni oggetto i parametri necessari a descriverlo.

Categorie o Elementi: ogni oggetto è innanzi tutto descritto come un Elemento, corrispondente alla prima e più ampia forma di categorizzazione. Ogni gruppo include sostanzialmente tutti gli elementi costruttivi della stessa categoria, come porta, finestre, pavimenti, ecc..

Famiglie: il secondo livello di approssimazione, le famiglie, distingue gruppi di elementi che hanno geometrie simili. In particolare due oggetti rientrano nella stessa famiglia se hanno le stesse proprietà, anche se in valori diversi. Esistono tre tipi di famiglie: le famiglie di sistema, completamente definite dagli sviluppatori Revit e già presenti nel software, motivo per cui non possono essere eliminate ma solo copiate e modificate; le famiglie caricabili, che consistono spesso in componenti costruttivi come porte, finestre o mobili, che vengono normalmente portate nel cantiere solo per il montaggio e che possono essere create o modificate direttamente in Revit; le famiglie locali sono solitamente create nello stesso modello BIM con gli stessi strumenti di quelle caricabili, ma quando occorre inserire nel progetto elementi unici che non si prevede di duplicare (non è possibile pertanto creare diversi tipi di queste specifiche famiglie).

Tipi: si tratta di una sotto-categoria definita da parametri. Possono esservi diversi tipi della stessa famiglia in base al valore dei parametri che li caratterizzano. Ad esempio non solo si tratta della stessa famiglia di porte, ma hanno anche la stessa dimensione.

Istanze: è l'ultimo livello di dettaglio e dipende fondamentalmente da dove l'elemento viene caricato. Ad esempio i parametri di istanza di una finestra saranno quelli necessari alla posizione in cui si trova nel muro.

I PARAMETRI

I parametri usati in un progetto Revit sono essenzialmente di tre tipi. Tutti e tre possono essere collegati ad un “Tipo” o “Istanza”.

Parametri condivisi: sono parametri indipendenti da ogni progetto o famiglia. Sono infatti creati e organizzati in un file di testo indipendente, che può essere condiviso. È un tipo di parametri molto utile nei progetti che vengono sviluppati su molti file e in cui tutti devono condividere gli stessi parametri, evitando di dover ripetere la stessa procedura ogni volta. Il software riconosce infatti gli stessi parametri anche in file diversi.

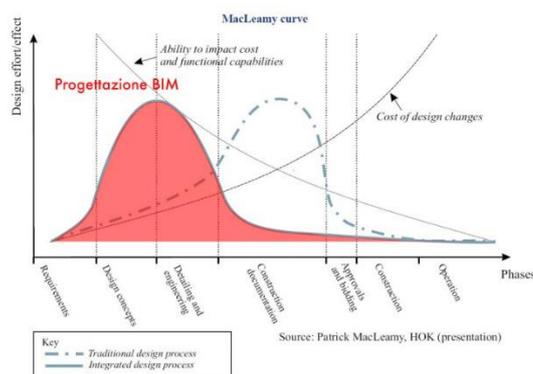
Parametri di progetto: sono definiti all'interno di uno specifico progetto. In questo caso non è permessa la condivisione tra modelli diversi. Normalmente questo tipo di parametri sono usati per progetti sviluppati in un unico file o quando si sa che non verrà replicato lo stesso parametro nel progetto.

Parametri globali: sono molto simili ai parametri di progetto ma sono usati per descrivere i caratteri del progetto e non gli elementi al suo interno. Indicano per esempio i valori necessari a valutare i costi del progetto.

I VANTAGGI DEL BIM

La metodologia BIM rappresenta la seconda rivoluzione nei software di progettazione architettonica e ingegneristica. Sviluppato dalla metà degli anni '90, diventò ampiamente utilizzato a partire da dieci anni dopo. La principale differenza dal CAD è la possibilità di inserire altri livelli di informazioni oltre a quello rappresentativo del disegno. In questo modo il modello diventa uno strumento utile a seguire tutto il processo di costruzione ed uso di un edificio. Inoltre il sistema BIM permette di associare ai vari oggetti una serie di parametri che li caratterizzano specificatamente per quello che sono e non come linee e superfici. La progettazione parametrica infine permette un agile e rapido controllo delle dimensioni e proprietà di ogni elemento, rendendo gli oggetti “intelligenti”.

Il diagramma di MacLeamy, sviluppato e reso pubblico dall'architetto nel 2005, mostra i vantaggi della metodologia BIM nel ciclo di vita di un edificio. Dal diagramma emerge che il BIM, rispetto ad una metodologia tradizionale, richiede un grande sforzo nella fase preliminare, che porta tuttavia molte facilitazioni in tutte le fasi successive come la produzione di documenti e la costruzione. Il grafico mostra inoltre come l'uso del BIM produca risparmi in termini di costi e tempi e un miglioramento nella qualità complessiva del progetto.



Oltre a tutti questi aspetti, la maggiore forza del BIM è l'interoperabilità, che permette l'esportazione delle informazioni necessarie ad ogni step della progettazione, costruzione e gestione del processo a partire da un singolo modello condiviso tra tutti gli attori coinvolti.

INTEROPERABILITÀ

Come precedentemente accennato uno degli aspetti più importanti del BIM è l'interoperabilità che il sistema garantisce tra software usati da professionisti che intervengono in fasi diverse del processo, permettendo di valorizzare l'aspetto multidimensionale che è proprio all'ingegneria e all'architettura. Il BIM si configura così come uno spazio di lavoro multidisciplinare, che porta enormi vantaggi alle possibilità di scambio di informazioni che permettevano, ad esempio, i software CAD. Il modello può essere infatti condiviso e incrementato senza le perdite di dati inevitabili nel passaggio tra un formato e l'altro.

Esistono tre principali forme di condivisione delle informazioni del modello:

- Worksets: la condivisione è organizzata a partire da un file centrale che coordina tutti gli altri. È l'attore responsabile del processo a sviluppare il file centrale e di coordinare tutti gli altri modelli locali. Questo sistema permette di lavorare su aspetti diversi dello stesso progetto contemporaneamente e verificare le eventuali interferenze in corso d'opera. Solitamente ogni progetto locale corrisponde ad un ambito del progetto.

- Copie: questa metodologia funziona copiando un elemento selezionato da un altro file in quello corrente. Se l'elemento copiato cambia nel file di origine un messaggio informa l'utente e all'occorrenza può essere aggiornato automaticamente.

- Modello collegato: in questo caso viene creato un modello federato composto da sotto-modelli più piccoli. Tutti i modelli condividono lo stesso sistema di coordinate. Questo tipo di condivisione permette connessioni diverse tra i vari modelli, che possono essere gestiti e personalizzati. In particolare si può scegliere che i modelli collegati vengano o meno caricati e mostrati nel progetto che li ospita.

Alcuni formati in particolare permettono di ottimizzare lo scambio di informazioni tra gli attori del processo BIM. Il formato .IFC (Industry Foundation Classes) unisce è basato sulla relazione tra oggetti e dati. Tutti gli elementi presenti nel progetto sono classificate in "rooted" e "non-rooted". I primi sono geo-localizzati e associati ad una serie di attributi. I secondi sono collegati ai "rooted" e la loro presenza e posizione dipende da essi. Il sistema è quindi basato su tre concetti: la definizione degli oggetti, le relazioni che li legano e gli attributi dinamici che li descrivono temporaneamente. Date le possibilità che genera questo tipo di organizzazione dei dati, il formato .IFC viene impiegato per la realizzazione dell'Open BIM, un approccio universale nella collaborazione per le fasi di progettazione e costruzione basate su standard e flussi di lavoro aperti, senza perdita di informazioni. Il formato .XML è un modello spaziale semplificato, nonché un'alternativa all'IFC dal momento che permette di condividere dati estratti dal modello BIM con altri software, permettendo di sviluppare delle analisi multi-dimensionali degli aspetti tecnici (strutture, impianti...).

NORMATIVA E LOD

Quando si parla di BIM, ci si riferisce ad un metodo. Di conseguenza, considerando la diffusione e il successo sempre più evidente di questo sistema nella progettazione architettonica e ingegneristica, è risultato indispensabile elaborare delle linee guida e normative tecniche per regolamentare e guidare l'uso del BIM. L'Unione Europea nel 2014 ha varato una norma sugli appalti, in cui si incoraggia l'utilizzo del BIM oltre una certa soglia di complessità del progetto, direttiva nota come EUPPD. In Italia l'introduzione del BIM è stata anticipata dall'approvazione del "nuovo codice appalti" del 2016, mentre a livello normativo vige la UNI 11337 del 2017, la quale si divide in dieci parti:

Parte 1: modelli, elaborati ed oggetti informativi

Parte 2: criteri di denominazione e classificazione di modelli, prodotti e processi

Parte 3: schede informative digitali, LOG e LOI

Parte 4: LOD e oggetti

Parte 5: gestione dei modelli e degli elaborati

Parte 6: esemplificazione di capitolato informativo

Parte 7: qualificazione ruoli

Parte 8: organizzazione delle figure coinvolte nella gestione digitale dei processi informativi

Parte 9: fascicolo del costruito

Parte 10: verifica amministrativa

Un aspetto che si è rivelato particolarmente urgente normare è il livello di dettaglio necessario ai diversi scopi, in modo da sfruttare al meglio il potenziale del programma in termini di accuratezza, ricchezza di informazioni e l'attualità dei dati. I Level Of Development (o Level of Details) vengono tradotti come "Livelli di

sviluppo degli Oggetti Digitali” e definiscono le informazioni sugli attributi geometrici e non geometrici forniti da un componente del modello. [3]

I LOD sono definiti in due modi:

- Il livello di dettaglio (LOD): descrive sostanzialmente quanto l’oggetto è dettagliato e accurato rispetto alla realtà a partire dal modello 3D.

- Il livello di sviluppo (LOD): corrisponde al livello di informazioni associate ad ogni oggetto del modello, ovvero il livello di affidabilità e accuratezza dei dati inseriti. In questo caso l’obiettivo è quello di fornire un’indicazione utile a chi deve proseguire o implementare il processo progettuale.

Ogni LOD ha definizioni che differiscono per accuratezza, qualità o completezza geometrica di informazioni semantiche. Modellare ogni oggetto con lo stesso livello di dettaglio può infatti risultare non solo inutile, ma anche improduttivo per il costo in termini di tempo e sforzo che necessita un livello di LOD molto alto. Per chiarire quale LOD applicare ad ogni elemento e progetto sono emersi una serie di regolamenti internazionali e nazionali. Oggi ogni paese ha la sua regolamentazione specifica, che in Italia è l’UNI 11337-1:2017. L’organizzazione statunitense BIMForum dal 2011 ha iniziato a lavorare sul documento “Level of Development Specification” in modo da poter standardizzare ed utilizzare in modo coerente il concetto LOD. Durante gli anni sono state pubblicate una serie di aggiornamenti, in cui si delineano e vengono elencati i vari tipi di LOD. In generale tuttavia i LOD sono suddivisi in cinque categorie in ordine crescente per dettaglio e quantità di informazioni presenti nel modello.

LOD 100: l’elemento può essere rappresentato graficamente nel modello con un simbolo o altra rappresentazione generica. Le informazioni relative all’elemento possono essere derivate da altre componenti del modello. Gli elementi LOD 100 non sono rappresentazioni geometriche. Degli esempi sono le informazioni allegare ad altri elementi del modello o simboli che mostrano l’esistenza di un componente ma

non la sua forma, dimensione o posizione precisa. Qualsiasi informazione derivata dagli elementi LOD 100 deve essere considerata approssimativa.

LOD 200: l'elemento è rappresentato graficamente all'interno del modello come un sistema generico, un oggetto, o un raggruppamento con quantità, dimensioni, forma, posizione e orientamento approssimative. Informazioni non-grafiche possono anche essere collegate all'elemento del modello. A questo LOD gli elementi sono segnalati generici. Essi possono essere riconoscibili come i componenti che rappresentano, o possono essere volumi per l'occupazione di spazio. Ogni informazione derivata da elementi al LOD 200 dovrà essere considerata indicativa.

LOD 300: l'elemento è rappresentato graficamente all'interno del modello come un sistema specifico, un oggetto, un raggruppamento in termini di quantità, dimensioni, forma, posizione e orientamento. Informazioni non-grafiche possono anche essere collegate all'elemento del modello. La quantità, le dimensioni, la forma, la posizione e l'orientamento dell'elemento come progettato possono essere misurate direttamente dal modello senza fare riferimento a informazioni non modellate, come appunti o annotazioni dimensionali.

LOD 350: l'elemento è rappresentato graficamente all'interno del modello come un specifico sistema, un oggetto, o un raggruppamento in termini di quantità, dimensioni, forma, posizione, orientamento e interfacce con altri sistemi dell'edificio. Informazioni non grafiche possono anche essere collegate all'elemento del modello. Sono modellate le parti necessarie per il coordinamento degli elementi con elementi vicini o in aderenza. Queste parti comprendono elementi quali supporti e connessioni. La quantità, la dimensione, la forma, la posizione e l'orientamento dell'elemento come progettato possono essere misurate direttamente dal modello senza fare riferimento a informazioni non modellate, come appunti o annotazioni dimensionali.

LOD 400: l'elemento del è rappresentato graficamente all'interno del modello come un sistema specifico, un oggetto o un raggruppamento in termini di dimensioni, forma, posizione, quantità e orientamento con dettagli, informazioni per la

fabbricazione, l'assemblaggio e l'installazione. Informazioni non-grafiche possono anche essere collegate all'elemento del modello. Un elemento LOD 400 è modellato in sufficiente dettaglio e precisione per la fabbricazione del componente rappresentato. La quantità, la dimensione, la forma, la posizione e l'orientamento dell'elemento come progettato possono essere misurate direttamente dal modello senza fare riferimento a informazioni non modellate, come appunti o annotazioni dimensionali.

LOD 500: l'elemento del modello è una rappresentazione verificata in cantiere in termini di dimensione, forma, posizione, quantità e orientamento. Informazioni non-grafiche possono anche essere collegate all'elemento del modello. Poiché LOD 500 si riferisce alla verifica in cantiere e non è indice di progressione verso un livello superiore della geometria dell'elemento del modello o delle informazioni non grafiche, questa specifica non lo definisce o illustra [4].

1.2

BIM E SALUTE:

L'APPLICAZIONE IN AMBITO SANITARIO

La domanda del settore

Il settore delle strutture sanitarie si è rivelato un campo di sperimentazione e applicazione particolarmente proficuo del metodo BIM. Indipendentemente dalle loro dimensioni, le strutture sanitarie sono infatti sistemi eterogenei e complessi, richiedono la massima ottimizzazione di tempi e organizzazione sia in fase di progettazione che di uso e sono tenute ad agire sempre più su diversi fronti in costante aggiornamento, rispettando elevati standard normativi. Per raggiungere questi obiettivi è indispensabile la partecipazione e la collaborazione di una molteplicità di figure professionali e un perfetto coordinamento tra fasi e ambiti di progettazione molto diversi. La sicurezza antincendio, la progettazione per l'accessibilità e i flussi, l'attenzione al risparmio energetico sono solo alcuni requisiti ospedalieri che il design è chiamato a integrare. Si aggiunga l'aspetto dei finanziamenti pubblici, per cui l'estrema razionalizzazione dei tempi e dei costi



[11]

diventa oggi una prerogativa essenziale di ogni progetto di azienda ospedaliera, che in sede di gara deve soddisfare prima di tutto il miglioramento del capitale.

Nel quadro della complessità che contraddistingue questi edifici, l'impiego della tecnologia BIM risulta uno strumento particolarmente adatto a favorire l'interazione tra specialisti, professionisti attori e stakeholders dell'ambito, sia durante la pianificazione della costruzione sia nel corso di tutto il suo ciclo di vita. Richiamando quanto detto in precedenza, la tecnologia BIM permette di progettare e gestire un edificio attraverso un unico modello tridimensionale contenente dati: la creazione degli elementi costruttivi viene resa possibile solo attraverso lo scambio di informazioni e con un sistema di condivisione efficiente. Grazie al sistema BIM tali informazioni possono essere di natura e dimensioni diverse, spaziando da quelle più propriamente associate agli elementi costruttivi e agli arredi impiegati, a quelle riferentesi ai costi, ai tempi, ai consumi, alla manutenzione, all'occupazione e all'uso degli ambienti per citarne alcune. Ben si comprende come questa macchina che mira a integrare persone, sistemi e strutture all'interno di un unico processo si riveli potenzialmente compatibile per natura con il mondo della salute, permettendo non solo di conciliare le esigenze progettuali dei molteplici utenti coinvolti, ad alimentare un unico e grande database da cui attingere, ma anche di simulare le varie attività che si svolgono all'interno dei vari reparti, a monitorare con facilità la struttura ospedaliera nel suo complesso. In quest'ultimo frangente di applicabilità, il BIM si offre come valido e flessibile supporto alla gestione degli spazi, con l'accesso ai dati in merito alla destinazione d'uso, alla capienza e ai reali fruitori dei locali dell'edificio, con abachi personalizzabili e utilizzabili per la manutenzione ordinaria. Semplificando la gestione in toto, il BIM si offre anche come strumento per reinvestire l'attenzione sull'utenza di un ospedale, variegata per età, aspettative e obiettivi d'uso, rendendo nuova l'immagine della struttura stessa principalmente attraverso: il database, che monitora in modo aggiornato le caratteristiche degli



Immagine tratta dalla brochure "BIM E SALUTE" per l'RSA di Moncrivello



Esperienza VR [12]

ambienti, dalla volumetria ai dispositivi elettronici; la realizzazione di complementi di arredo e attrezzature tecniche; il controllo dei costi di costruzione e le attività di marketing per i media. In tal senso, i traguardi più recenti raggiunti vedono coinvolti pazienti con disabilità motorie che possono accedere alle informazioni interattive tramite realtà virtuale (virtual reality), e che ad esempio simulano una visita interna dell'edificio da remoto o tour virtuali a 360° del giardino o del museo che non possono fisicamente raggiungere. Mettendo poi in rete i dati su piattaforme gestionali cloud si ha la possibilità di accedere facilmente quando si vuole, e con modalità diverse dalle applicazioni usate per progettare.

Con l'utilizzo del BIM, in un futuro prossimo la salute si avvarrà di tecnologie sempre più adatte all'organizzazione degli ambienti, per migliorare il benessere fisico e psichico del degente, e che rendano possibile la completa riabilitazione del paziente (cave technology o braincontrol).

Il team “Bim for Health”

Si colloca in questo contesto il “BIM for Health”, un programma di ricerca che coinvolge un gruppo di studenti (e i loro lavori di tesi) in corso di svolgimento da quasi due anni (settembre 2017) presso il dipartimento DISEG del Politecnico di Torino, il cui intento è sfruttare i vantaggi della metodologia BIM e l'interoperabilità dei sistemi per la progettazione e gestione delle strutture sanitarie. Questo piano vede il coinvolgimento di un gruppo di tesisti che attraverso i loro lavori di tesi approfondiscono il tema attraverso specifici ambiti studio. Il progetto e il focus di questa tesi di ricerca è parte integrante di tale programma, andando ad investigare alcune possibili applicazioni del BIM e contribuendo così ad un campo di studi molto inesplorato ed ancora in fase di sviluppo.

Il lavoro di tesi in questione aderisce al programma “BIM for Health” con il progetto di un giardino d'inverno per la Residenza Sanitaria Assistenziale (RSA) del complesso del Trompone a Moncrivello, mostrando un'implementazione della tecnologia BIM volta a funzionalizzare il progetto e il ruolo che tale costruzione assume all'interno dell'ambito sanitario in questione.



The Texas Health Harris Methodist Alliance Hospital in Fort Worth Texas [13]

CONTENTS	 <p style="font-size: small; margin-top: 10px;">Front cover: The Summit at Queens College Student Residence Hall, Queens, NY</p> <p style="font-size: small; margin-top: 10px;">From left to right: Texas Health Harris Methodist Alliance Hospital, Fort Worth, Texas; Fort Sam Houston Medical Education and Training Complex Barracks, San Antonio, Texas</p> 
	<p>46 Contractors</p> <ul style="list-style-type: none"> 46 Usage 47 Productivity 48 Drivers
	<p>49 Architects and Engineers</p> <ul style="list-style-type: none"> 49 Usage 50 Drivers and Productivity
	<p>43 Data Sidebar: Drivers Behind Owner Adoption of Prefabrication and Modularization</p>
	<p>Sidebars</p> <ul style="list-style-type: none"> 9 Brief History of Prefabrication/Modularization 25 Lean Construction
	<p>Thought Leader Interviews</p> <ul style="list-style-type: none"> 15 J. Doug Pruitt, Chairman and CEO, Sundt Construction 24 Gregory Howell, Cofounder and Managing Director, Lean Construction Institute
	<p>Case Studies</p> <ul style="list-style-type: none"> 16 Speeding Delivery to Meet a Military Mission: Fort Sam Houston Medical Education and Training Complex Barracks, San Antonio, Texas 26 Pushing the Envelope in Prefabrication: Texas Health Harris Methodist Alliance Hospital, Fort Worth, Texas 36 Innovation in Prefabrication to Achieve a Tight Schedule and Green Results: The Summit at Queens College Student Residence Hall, Queens, New York
	<p>51 Glossary</p>
	<p>52 Methodology</p>
	<p>53 Resources</p>

Casi di applicazione BIM nella progettazione sanitaria

Di seguito verranno presentati una serie di recenti esempi di applicazione del BIM nella progettazione di strutture ospedaliere, utili ad illustrare il potenziale dello strumento indagato in questa tesi e relativo al settore.

L'ospedale Texas Health Harris Methodist in Fort Worth è costituito da un'imponente struttura di quattro piani fuori terra. Il progetto del 2012 nasce nel contesto di un'area che stava conoscendo una fortissima crescita demografica da ormai un decennio e che non disponeva fino ad allora di un servizio sanitario integrato adeguato entro un raggio di sette miglia. A causa dell'urgenza nel fornire la città di tale servizio, si imposero dei limiti di tempo molto stringenti per la realizzazione dell'ospedale. Tuttavia l'impegno di sistemi di prefabbricazione modulare ha permesso non solo di rispettare i tempi richiesti, ma anche risparmi in costo di manodopera e materiali perfino superiori alle aspettative. Ryan Hullinger, responsabile del progetto, attribuisce questo successo alla perfetta sovrapposizione tra i diversi sistemi ingegneristici "risolta digitalmente in BIM" [5]. Il sistema BIM ha infatti consentito di coordinare efficacemente il complesso processo di prefabbricazione – impiegato per la realizzazione di pareti, bagni, sistema idraulico e una serie di altri elementi costruttivi –, riducendo notevolmente tempi e costi del progetto e rendendo minimo il rischio di imprevisti in fase di cantiere.

Un altro esempio di progetto di una struttura ospedaliera sviluppato con il BIM è il Sutter Medical Center Santa Rosa Replacement Hospital in California. Si tratta di un edificio di due piani di oltre 17.000 metri quadri e consistente in un'ala per i pazienti e un centro diagnostico. L'ospedale è stato realizzato secondo il modello contrattuale dell'Integrated Project Delivery (IPD), che promuove la collaborazione e la condivisione dei risultati in un team di lavoro multidisciplinare, che include cliente, progettisti e costruttori. L'obiettivo del modello IPD è quello di facilitare e stimolare il coordinamento di un processo che integri tutte le componenti del lavoro. Il BIM risulta quindi uno strumento ottimale per rispondere a questa necessità e spostare nelle fasi iniziali del processo le scelte coordinate, grazie a un modello BIM



Sutter Medical Center Santa Rosa Replacement Hospital [14]



implementato continuamente rispetto allo sviluppo del progetto. In particolare in una serie di incontri preliminari i diversi componenti del gruppo di lavoro hanno individuato collettivamente obiettivi e scadenze chiave, da cui si è andata a definire la timeline del progetto e ad identificare le informazioni tecniche che era necessario inserire nel modello BIM. Così tutti i membri del team di lavoro disponevano di una conoscenza condivisa dell'intero processo, e non solo del loro specifico campo di competenza. Anche in questo caso, inoltre, il BIM ha permesso di incrementare e rendere più efficiente il processo di prefabbricazione fuori dal cantiere, impiegato per le parti impiantistiche in particolare. Con l'integrazione di una stazione totale di misurazione in sito, il montaggio delle componenti prefabbricate è risultata molto più rapida ed efficace, garantendo il rispetto delle indicazioni fornite nel modello BIM. Tutte le verifiche possono essere fatte prima dell'installazione, risolvendo digitalmente un processo che spesso risultava lento e ricorsivo. Nel caso di Sutter Santa Rosa in particolare il BIM ha permesso di evitare incongruenza nel complesso del sistema impiantistico localizzato nel controsoffitto e nei sistemi sotterranei. [6]

In questi casi, i sistemi di costruzione modulari si dimostrano uno strumento utile al raggiungimento di rapidità ed efficienza da un lato, e garanzie di qualità dall'altro, entrambi obiettivi fondamentali nell'ambito dell'Healthcare. La prefabbricazione, quasi del tutto esclusa dalla costruzione di ospedali fino ad una decina di anni fa, viene oggi impiegata per pareti divisorie, bagni e perfino ospedali interi. Al punto che quello sanitario è oggi uno settore di punta del mercato della costruzione modulare. Inoltre l'organizzazione degli ospedali tende a diventare sempre più standardizzata e sistematica, rendendosi particolarmente adatta all'impiego di elementi modulari. Il BIM, prestandosi particolarmente alla gestione di processi e cantieri complessi che richiedono un alto livello di coordinamento, diventa così uno strumento prezioso alla progettazione di queste strutture.

1.3

COMPUTATIONAL DESIGN: UN GIARDINO D'INVERNO PER IL TROMPONE

un approccio in cui la creatività dei progettisti viene affiancata da una visione “informatica” del **design come problema matematico** da risolvere: date le condizioni di partenza e i limiti progettuali, usare il calcolo per trovare tutte le possibili soluzioni che li soddisfano.

Di norma, gli architetti o i designer userebbero invece **la loro esperienza e l'intuizione**, ma – sostengono i fautori del computational design – in questo modo si arriva solo a un numero limitato di possibilità.

Il computational design richiede prevedibilmente di usare i software di progettazione in un modo diverso dal solito, **definendo parametri e condizioni** invece di generare direttamente oggetti e superfici.

L'idea non è quella di trasformare i designer in programmatori, ma un ambiente di sviluppo visuale è **necessario** per definire i vari elementi del progetto, i parametri

entro quali i loro attributi possono variare e la correlazione tra questi attributi nell'ambito del singolo oggetto e della relazione con gli altri oggetti. Definito così un modello "relazionale" della nostra (ad esempio) struttura, potremo **esplorarne le possibili variazioni** grazie al calcolo matematico.

Gli algoritmi generativi

Facciamo un passo avanti e immaginiamo di lasciare al calcolo non solo l'esplorazione delle molte varianti di un progetto che soddisfano le relazioni tra i suoi parametri, ma anche **la generazione stessa** delle possibili soluzioni. In questo caso non basta il calcolo matematico in senso classico, servono funzioni di **intelligenza artificiale** (da qui il ruolo del cloud) che partano dalle condizioni base del problema-design, elaborino migliaia di soluzioni e arrivino alla migliore.

Parliamo quindi di algoritmi generativi o in sintesi del **generative design**, una delle ormai molte applicazioni dei modelli di intelligenza artificiale alla creatività, in questo caso al design. In questo approccio il progettista ha un ruolo anomalo rispetto al solito. In una prima fase dà in pasto agli algoritmi di intelligenza artificiale **tutte le condizioni del problema-design** da risolvere: dimensioni, costi, materiali, strutture, vincoli, relazioni e via dicendo. L'intelligenza artificiale genera migliaia di soluzioni al problema, analizzando ovviamente la fattibilità di ciascuna ed eliminando le peggiori.

In una seconda fase gli architetti, il progettista o il designer esaminano i progetti migliori generati dagli algoritmi e **affina ulteriormente** i limiti e le condizioni al contorno, in modo che l'intelligenza artificiale possa tornare al lavoro e generare altre soluzioni più ottimizzate. In un processo di sviluppo "collaborativo" e iterativo di questo tipo si arriva infine alle (si spera poche) soluzioni più convincenti.

L'obiettivo del generative design è duplice, sia razionale sia creativo.

È **razionale** nel senso che intende far risparmiare tempo grazie al fatto che il

processo di generazione delle soluzioni da parte dell'intelligenza artificiale è molto più veloce di quello di progettazione umana e comprende già la parte di analisi strutturale.

È **creativo** perché i progetti di design generativo che sono già stati concretizzati mostrano come gli algoritmi di intelligenza artificiale arrivino a soluzioni che il progettista umano **non considererebbe** perché troppo lontane dall'esperienza e all'intuizione personale.

La modellazione parametrica consente un'esplorazione rapida di geometrie complesse e può essere combinata con algoritmi di analisi e ottimizzazione per la progettazione guidata dalle prestazioni. Tuttavia, questa metodologia limita spesso la paternità del designer, poiché si basa sull'uso di ottimizzatori black-box. D'altra parte, l'ottimizzazione evolutiva interattiva consente all'utente di riconoscere il proprio input come fondamentale e di includerlo nel processo di ottimizzazione evolutiva.

Ogni software house ha il suo approccio nell'estendere a questo modello di lavoro le piattaforme tradizionali che già possiede, la soluzione scelta da quasi tutte è mettere a disposizione un **ambiente di programmazione visuale**: **Autodesk** ha Dynamo

forniremo la comprensione di come implementare un raffinato processo di coordinamento. Analizzeremo anche le strategie per stabilire efficienti flussi di lavoro standardizzati per l'implementazione.

introducendo modelli predittivi in cui i comportamenti di strutture o gruppi di persone possono essere simulati e osservati. In questo modo possono facilitare la progettazione dell'ambiente costruito per far fronte agli eventi di emergenza . Le applicazioni di modellazione e simulazione possono essere particolarmente utili in fase di pre-

pianificazione, prevedendo possibili danni, rispondendo alla formazione , sensibilizzando l'opinione pubblica e valutando le prestazioni per la ricostruzione.

Queste attività

interoperabili rientrano nelle potenzialità del processo BIM,

distinguendo le cosiddette “dimensioni”:

- 3D > modellazione tridimensionale;
- 4D> pianificazione e gestione dei tempi;

gli output, da cui poter ottenere le analisi in base alle finalità volute.

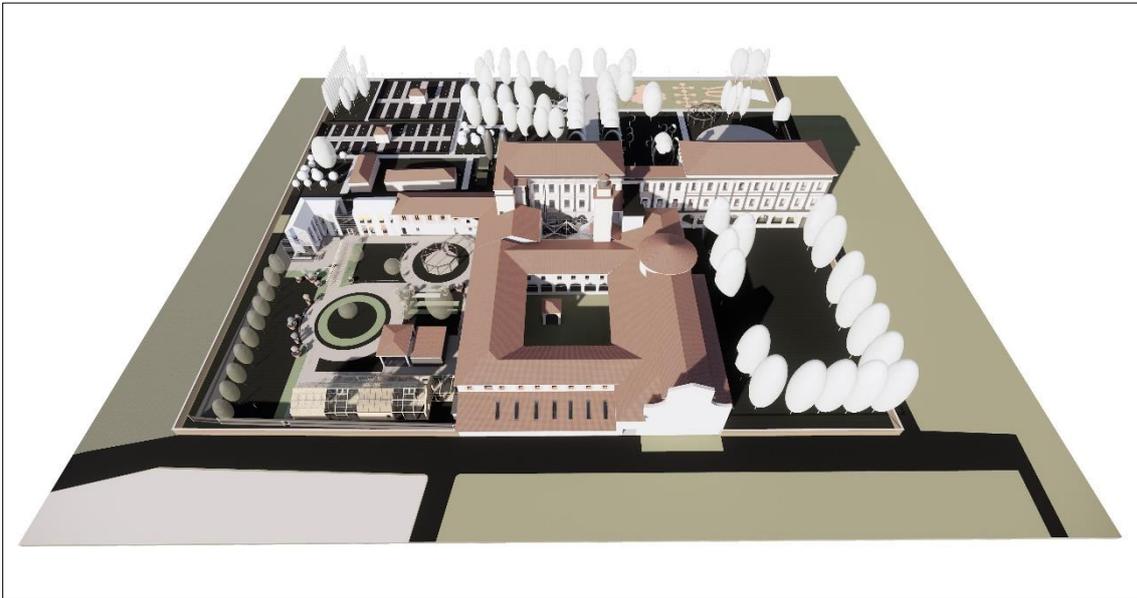
l'adozione di un approccio BIM all'interno delle proprie metodiche lavorative può rappresentare un bonus di competitività in un mercato oggettivamente ancora piuttosto critico

una adozione consapevole e condivisa delle metodiche BIM da parte del...

non permettevano una lettura trasparente del progetto,

I proprietari di case e gli aspiranti acquirenti sono sempre più interessati all'acquisto di case ecocompatibili e sostenibili . Il compratore moderno ora si preoccupa maggiormente dell'ambiente circostante e del pianeta in generale, oltre a diventare più prudente risparmiando soldi sulle bollette.

metodi di costruzione modulare. Ciò significa che ogni piano è stato creato in una struttura esterna come contenitore separato, contribuendo a ridurre gli sprechi e risparmiare risorse durante il processo di costruzione.



Complesso del Santuario del Trompone con i nuovi interventi di progetto. Immagine ad elaborazione propria.

1.4

IL CASO STUDIO:

UN GIARDINO D'INVERNO PER IL TROMPONE

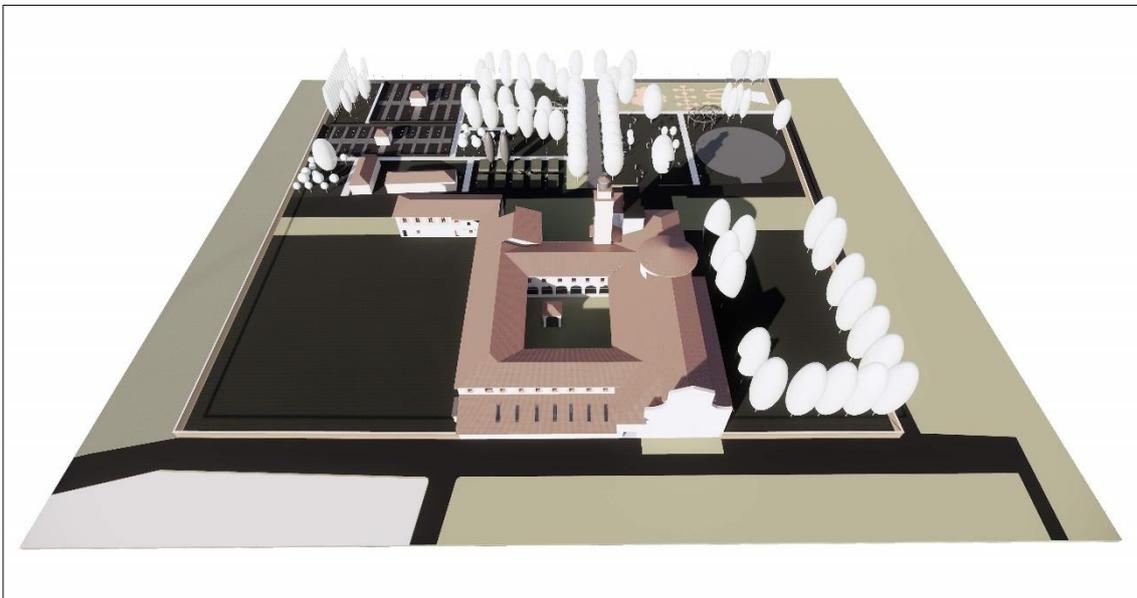
Contesto

Il caso studio oggetto della tesi è parte integrante di un intervento di ricerca e riqualificazione che riguarda il complesso storico del Santuario della Beata Vergine del Trompone, e un gruppo di tesisti su ambiti diversi; la rivalorizzazione di un manufatto storico come questo è infatti coerente con una serie di interventi progettuali gestibili e coordinabili tra loro attraverso l'uso del BIM.

Situato a Moncrivello, un comune di 1400 abitanti circa nella provincia di Vercelli, il grande complesso storico del Trompone si presenta come un corpo di fabbricati articolatisi nel corso dei secoli attorno all'omonimo Santuario cinquecentesco.

La Rotonda

Le origini di questo luogo risalgono al 1562, anno in cui il marchese di Moncrivello, su richiesta della consorte, commissiona la costruzione di una rotonda come



Il Complesso verso la fine del '600. Immagine ad elaborazione propria.

santuario celebrativo di un'apparizione mariana a una donna malata, guarita miracolosamente dopo la visione; poiché la comparsa della Vergine sarebbe avvenuta sul tronco di un albero potato di castagno, in dialetto locale "trumpone", la nuova chiesa viene ribattezzata con il nome che porta ancora oggi l'intero complesso, Santuario del Trompone.

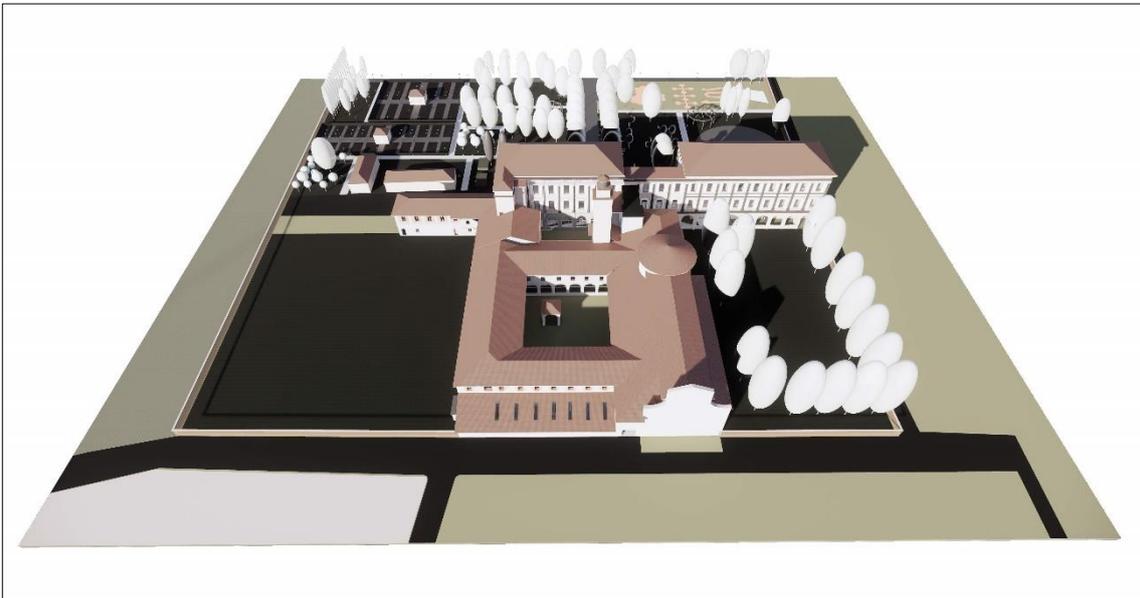
Il Santuario

Sormontata da una grande cupola rivestita con laterizi, la costruzione della rotonda tardorinascimentale viene conclusa nel 1568, rivelandosi sin da subito troppo piccola per poter accogliere tutti i pellegrini; si decide così di procedere successivamente all'ampliamento dell'edificio su progetto dell'ingegner Melchiorre Piantino, prolungando il fabbricato sul lato sud mediante l'impianto di 3 navate antistanti di 5 archi, sostenute da piccole colonne in pietra terminate nel 1600, mentre ad ovest s'intraprende la costruzione del convento e del chiostro, concludendo i lavori nel 1659.

Il convento

Nel 1628 viene affidata la custodia del complesso ai Frati Francescani Minori della Provincia di Torino. La presenza francescana contribuisce a promuovere la partecipazione popolare e il pellegrinaggio al Santuario: a tal proposito vengono modificati gli spazi del convento, adattandoli per avere una capienza maggiore all'accoglienza.

All'inizio del 1700 la chiesa è interessata da alcuni importanti interventi in facciata e nelle decorazioni, insieme alla posa dell'altare maggiore. Il complesso del convento, dotato ora di un cortile porticato, all'interno dell'edificio monastico, e di un'estensione di fabbricati rurali, acquisisce in questo momento i tratti che ancora oggi conserva. Radicalmente rinnovata nelle sue linee, la chiesa viene infine consacrata nel 1781.



Il Complesso con l'aggiunta degli spazi del Seminario, oggi convertiti a RSA. Immagine ad elaborazione propria.

Nel 1802 ai francescani si sostituiscono i monaci Cistercensi della Consolata di Torino, i nuovi titolari per diritto di usufrutto del santuario e del convento.

Il Seminario

Dopo l'espulsione dei monaci cistercensi, il santuario rimane chiuso fino al 1881, anno in cui viene riaperto al culto e affidato al clero diocesano. Una volta rientrati in possesso del complesso del Trompone, i vescovi di Vercelli decidono di destinare a sede del Seminario minore della Diocesi l'intera struttura, facendo costruire tra il 1885 e il 1893, su disegno di Vincenzo Canetti, i due grandi palazzi di gusto neoclassico che chiudono il piazzale alle spalle della chiesa, atti a ospitare chierici e insegnanti, adeguando inoltre ulteriormente gli spazi del convento e del chiostro. Unitamente a questi interventi nel 1890 viene fatta decorare la facciata della chiesa in stile neoclassico, sotto cui sorge un piccolo atrio a cinque archi.

La seconda metà del XX secolo segna un punto di svolta per la funzione e l'utilizzo del complesso. Dall'incontro tra l'arcivescovo Monsignor Albino Mensa e Monsignor Luigi Novarese, fondatore dei Silenziosi Operai della Croce, nasce il progetto comune per la realizzazione di una struttura sanitaria riabilitativa.

La nuova struttura sanitaria assistenziale RSA VIRGO POTENS

Dopo la chiusura del seminario, la cui attività dura fino al 1970, il Trompone viene quindi concesso in usufrutto e poi in titolarità (nel 2000) all'Associazione ONLUS dei Silenziosi Operai della Croce, che promuovono un progetto per accogliere e recuperare persone affette da disabilità neurologiche gravi, prevedendo a tal fine la realizzazione di una residenza sanitaria assistenziale (RSA) in grado di ospitare persone in stato vegetativo e di alta complessità neurologica cronica.

Tra il 2005 e il 2011 si procede pertanto con i lavori di ripristino di tutti gli aspetti strutturali, impiantistici e tecnologici degli spazi fino a quel momento in disuso, recuperando e trasformando gli edifici neoclassici di fine '800, sede dell'ex-seminario arcivescovile.



Vista aerea del lato Nord-est del Complesso [17].



Facciata monumentale Nord dell'attuale RSA [15].



Vista aerea della Casa di Cura CRFF Monsignor Luigi Novarese [16].

Nel 2006 intanto vengono conclusi i lavori per la Casa di Cura “Mons. Luigi Novarese” specializzata in riabilitazione: il centro occupa un edificio di 3 piani fuori terra e un seminterrato che tramite un tunnel sotterraneo è collegato direttamente al complesso del Trompone.

Gli edifici che ospitano la RSA Virgo Potens sono oggi circondati da un parco secolare e la stretta unione tra la struttura socio-assistenziale e quella ospedaliera consente utili sinergie funzionali e organizzative a beneficio dei ricoverati, per le diverse necessità di tipo clinico, diagnostico e terapeutico. Per tutti questi motivi e per la sua valenza storica di polo religioso-ospedaliero-assistenziale, il complesso del Trompone continua a rappresentare un importante punto di riferimento per l'intera provincia di Vercelli.

Il progetto del giardino d'inverno

I giardini d'inverno sono ambienti che amplificano la superficie abitabile, consentendo di vivere degli spazi esterni anche d'inverno e di godere in relax un ambiente. La proposta di un giardino d'inverno per il complesso del Trompone nasce dall'esigenza di rioccupare un cortile interno inutilizzato, impiegando la metodologia BIM per utilizzare la progettazione condivisa nel miglioramento qualitativo della vita dei degenti e delle persone che li accompagnano, investendo sui servizi e sugli ambienti della struttura in cui si colloca: recuperare superficie vivibile significa ripristinare spazi adeguati per la convivenza interna degli ospiti e dei familiari, per donare loro un luogo di intimità rilassante. Il progetto richiedeva spazi inclusivi, accoglienti, comunicanti, luminosi e innovativi, tutte linee guida su cui confrontarsi. Inoltre, per la sua realizzazione era richiesto di rimanere entro un limite di spesa prestabilito di 100.000 euro, con l'obiettivo di massimizzare la sostenibilità in fatto di costi. Questo aspetto più di ogni altro ha rappresentato una sfida tanto nei confronti del rispetto compositivo del vincolo (e del senso) storico del complesso, quanto sul fronte decisionale.

1.5

USI DEL MODELLO: INTENZIONALITÀ E WORKFLOW DI RICERCA.

Il padiglione del giardino d'inverno

L'idea di una struttura temporanea per il progetto di un giardino d'inverno nasce principalmente in risposta allo stimolo iniziale di budget ridotto, in termini di sostenibilità dei costi, trovando tuttavia la giusta spinta nel voler testare un tipo di funzionalità applicata al framework specifico del BIM per il complesso del Trompone. Infatti, in occasione della festa del santo patrono e di tante altre manifestazioni religiose nel corso dell'anno, il complesso chiama a sé molti visitatori da tutto il territorio, ospitando, soprattutto di recente, eventi di promozione e manifestazioni di raccolta fondi (come "Motori e sapori al Trompone") che prevedono la presenza svariati stand e spazi fieristici, e divenute ormai un appuntamento fisso.

I sistemi di costruzione prefabbricati stanno guadagnando nuovamente popolarità, e non solo nel BIM (come precedentemente illustrato). Il nuovo paradigma

prefabbricato offre l'integrazione di diversi approcci precedentemente ignorati, come la produzione automatizzata, i servizi integrati di costruzione e soprattutto i principi ambientali sostenibili: coerenza, controllo ambientale prevedibile, flessibilità modulare, rapidità di assemblaggio e convenienza sono caratteristiche ricercate nell'industria moderna delle costruzioni.

Il progetto di una struttura provvisoria per un giardino d'inverno, uno spazio che fosse "smontabile e rimontabile", ha rappresentato una sfida compositiva per la replicabilità della soluzione in vista dell'allestimento rapido e ergonomico degli spazi più ampi del complesso, al di là del cortile interno, atti a ospitare le manifestazioni ricorrenti. Nell'ottica di ottimizzare i processi sostenibili (di cui sopra), lo sviluppo di tale proposito è stato portato avanti con il metodo BIM, la palestra per la sperimentazione delle nuove tecnologie/tecniche integrate e collaborative che mirano all'abbattimento dei costi e degli errori.

Il Building Information Modelling (BIM), permettendo la gestione dell'intero processo edilizio attraverso lo scambio di informazioni interdisciplinare controllato, può rappresentare quel veicolo che accompagna l'industria delle costruzioni nell'era digitale. Questo approccio è utile per un cambiamento di leadership dal basso, valorizzando il ruolo dell'architetto come ideatore dell'idea progettuale, avvicinandosi ai team di costruzione specifici.

Come viene affrontato il progetto: flusso di lavoro e metodologia

Il progetto di ricerca deriva da una proposta di tesi del dipartimento DISEG all'Interno del macro tema "BIM for Health". Il flusso di lavoro metodologico si articola di tre parti principali:

- Ricerca (concetti BIM/Computational Design)

- Caso studio (composizione)

- Modellazione e Interoperabilità

Il lavoro metodologico termina con l'osservazione dei risultati ottenuti e sviluppa le conclusioni e gli sviluppi futuri al riguardo.

Il caso studio prevede la progettazione BIM del padiglione di inverno del Trompone, con relative verifiche di fattibilità. Dal punto di vista compositivo oltre alle valutazioni fisico ambientali (esposizione), tecniche (superficie massima occupabile) ed economiche, il progetto si sviluppa in parte grazie al supporto offerto dalle metodologie e strumenti digitali disponibili oggi giorno: grazie a loro infatti è stato possibile approfondire molti aspetti del progetto, dalla resa grafica, alla costruibilità, al controllo delle quantità, fino alle simulazioni e verifiche di esodo in caso di emergenza.

La sfida principale della tesi è stata quella di capire fin dove la macchina può aiutare il progettista e fin dove può addirittura andare oltre utilizzando quello che oggi comunemente si chiama Computational Design, la progettazione derivata dai software. Si è cercato dunque di parametrizzare la modularità del progetto attraverso l'utilizzo di avanzate tecniche di modellazione e sviluppo di script parametrici, che hanno reso possibile l'infinita replicabilità automatica del progetto sulla base delle metrature permesse e dall'area del modulo scelto.

In sintesi, la ricerca svolta in questa tesi mira ad esplorare un processo per facilitare l'apporto progettuale alla replicabilità di una struttura modulare, limitandolo alla definizione dei parametri nell'ottica della generazione automatica delle forme e utilizzando il modello 3D parametrico come banca dati unica da cui estrarre informazioni per diverse finalità, migliorando l'efficienza del processo BIM di progetto attraverso l'interoperabilità.

2.

METODOLOGIA

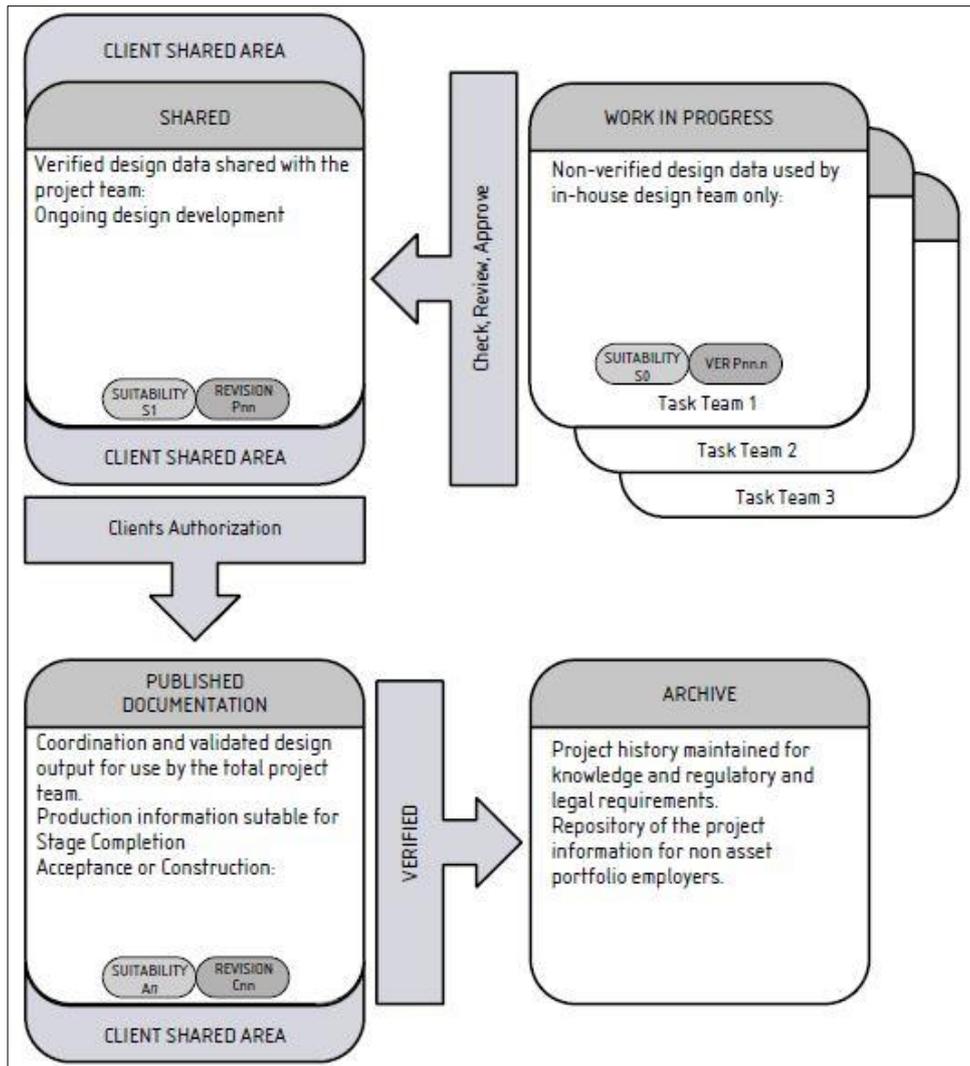
2.1

STRATEGIA DI CONDIVISIONE: ACCOMODAMENTI DEL CDE “BIM FOR HEALTH”

Il Common Data Environment “Bim for Health”

Dato il ruolo centrale dell'interoperabilità all'interno dei processi di Building Information Modeling, ovvero la capacità di un prodotto (o di un sistema) di scambiare dati con altri, è naturale che uno dei temi cruciali sia quello della collaborazione, e le modalità con cui questa avvenga. [2] Nel processo d'implementazione che porta all'adozione del metodo BIM da parte di una struttura presa in esame, come in questo caso, una volta individuato lo strumento principale di design che i progettisti andranno ad utilizzare (come il software Revit) gli sforzi sono concentrati a far sì che tutto lo staff impari ad operare coordinatamente, all'interno di un frame comune.

Pertanto, con l'intento di ricreare un ideale sistema di lavoro collaborativo entro cui interagire, all'alba dei primi progetti di ricerca sul Trompone il team “Bim for



BS 1192:2007 standards, rappresentazione del workflow [18].

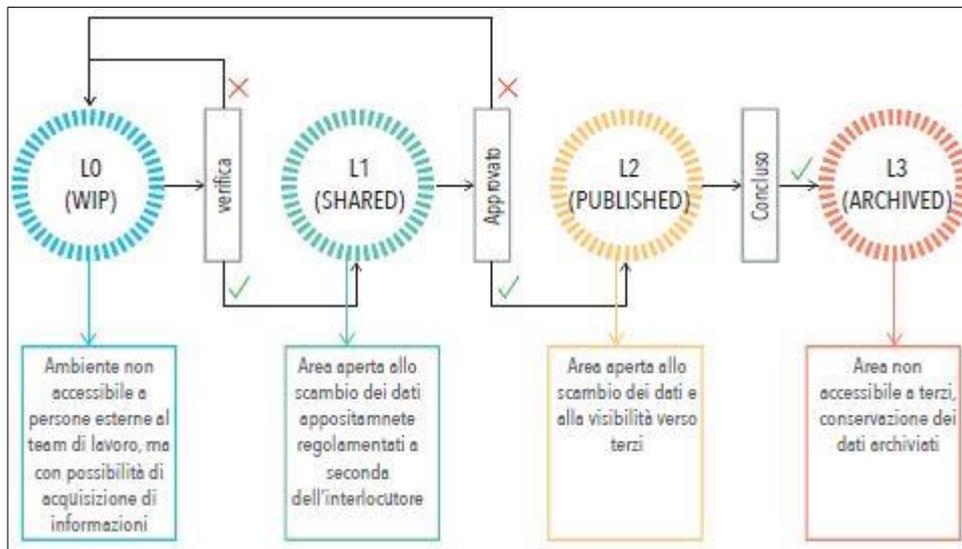
Health” ha organizzato un Common Data Environment (o più comunemente conosciuto come CDE, approfondito nel capitolo “1.Introduzione” della tesi) all’interno di Dropbox, scelto come spazio cloud-storage di gestione e archivio dei file di modello.

Accedendo alla cartella “BIMforHealth” si accede ad una prima macro-sistemazione del materiale da inserire, conseguita secondo il principale utilizzo che di tale materiale si vuol fare: “CDE” è infatti la cartella in cui si raccolgono tutti i dati grafici e non grafici relativi allo sviluppo del modello, e dove avviene lo scambio informativo tra le parti in causa; la cartella “DOCUMENTI” invece raggruppa sostanzialmente tutta la documentazione utilizzata in qualità di supporto, come foto, tavole di riferimento, tabelle e materiale cartaceo.

Entrando nel merito dell’organizzazione operativa vera e propria adoperata, ossia quella contenuta nella cartella “CDE”, essa è stata condotta secondo le specifiche dei British Standards BS 1192:2007 (BS 1192:2B00S71+1A912:2010567), le normative europee più solide in materia di BIM che forniscono una precisa struttura per l’“Ambiente comune di condivisione dati” e regole per il suo uso corretto. Obiettivo del framework britannico è che tutti i professionisti lavorino contemporaneamente allo stesso modello, in modo da recepire gli aggiornamenti in tempo reale [2]. In questo lavoro si sono seguite in parallelo le linee guida introdotte dalla corrispondente normativa di riferimento italiana, la UNI 11337-5, che pone accento soprattutto sulle caratteristiche di accessibilità e di tracciabilità del flusso dati, a supporto di tutti i tipi di formati.

Al netto di riferirsi a queste direttive, nella cartella CDE è stata predisposta una suddivisione primaria di altre cartelle che rispecchia i quattro settori in cui si divide il Common Data Environment:

- “1_WIP” contiene tutti i file temporanei e “in lavorazione” di ogni partecipante, risultando uno spazio in cui i membri del team lavorano indipendentemente e non si scambiano fra loro il materiale, seppur questo



Flusso di lavoro in ambiente condiviso secondo la UNI 11337-5 [8]

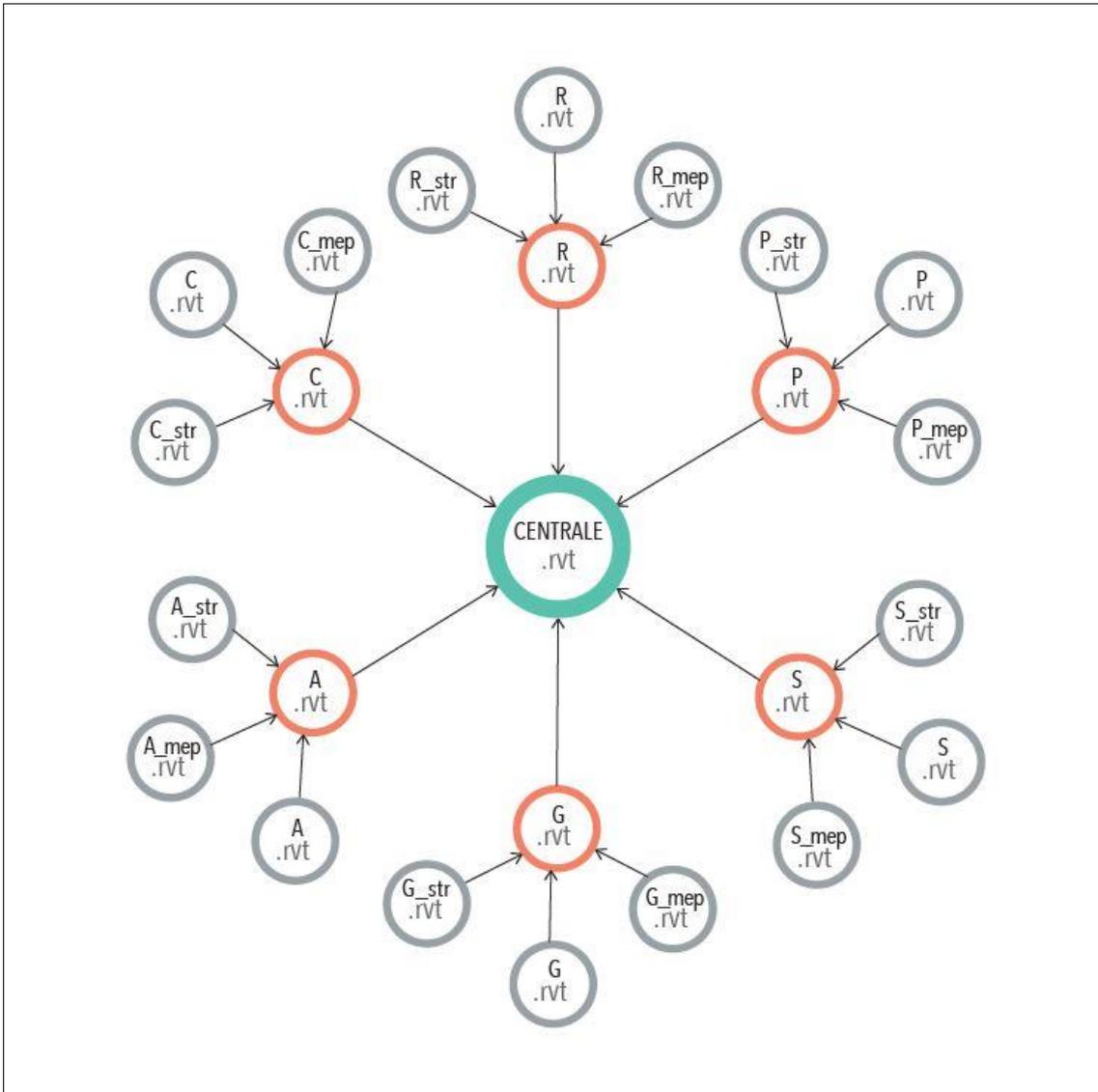
- rimanga visibile e alla portata di tutti gli altri ogni volta che viene caricato o rimosso, quasi ad indicare uno stato di aggiornamento sulle azioni degli altri.
- “2_SHARED” raggruppa i file che passano un check di grado superiore, e che per questo vengono qualificati e ritenuti idonei ad essere messi in condivisione con gli altri partecipanti, per poter essere usati in ulteriori lavori come materiale informativo di background. Per questo motivo è molto importante che la cartella Shared non contenga duplicati che possano produrre ridondanze e sovrapposizioni.
- « 3_PUBLISHED » ospita tutti quei file di modello che abbiano passato formalmente una revisione, e conseguentemente approvati come definitivi. In questa sede l’informazione deve essere costantemente sostituita con in favore del materiale più recente.
- « 4_ARCHIVED » è la cartella che traccia la storia dei modelli di progetto definitivi che formano il Trompone.

Sistemazione delle strategie di condivisione

Lavorando all’interno dell’ambiente di condivisione dati CDE predisposto dai primi tesisti, si è reso necessario sistemare alcune incongruenze risultanti dall’utilizzo dei file di modello centrali.

Secondo il precedente metodo all’interno della cartella “2_SHARED” si era prevista una sistemazione dei file secondo due strategie di condivisione distinte, concepite in tal modo secondo i diversi utilizzi dei modelli supposti al principio, quando il lavoro dei progetti era appena stato avviato.

La strategia “condivisione 1” era organizzata per disciplina, il che significava che la parte architettonica, strutturale o MEP di progetto modellata si andava a unire con le corrispettive degli altri modelli di progetto del Trompone, a formare dei modelli federati (“MF_ARCH”, “MF_STRUT” e “MF_MEP”) per disciplina appunto. In base a questo schema, i modelli federati così pensati vengono poi collegati insieme a formare un modello centrale (unico) degli interventi sul Complesso.



Strategia di "condivisione_2"

La seconda strategia prevedeva invece un modello centrale del complesso come risultato del collegamento dei vari progetti federati formati ciascuno dall'unione dei tre modelli corrispondenti a discipline diverse.

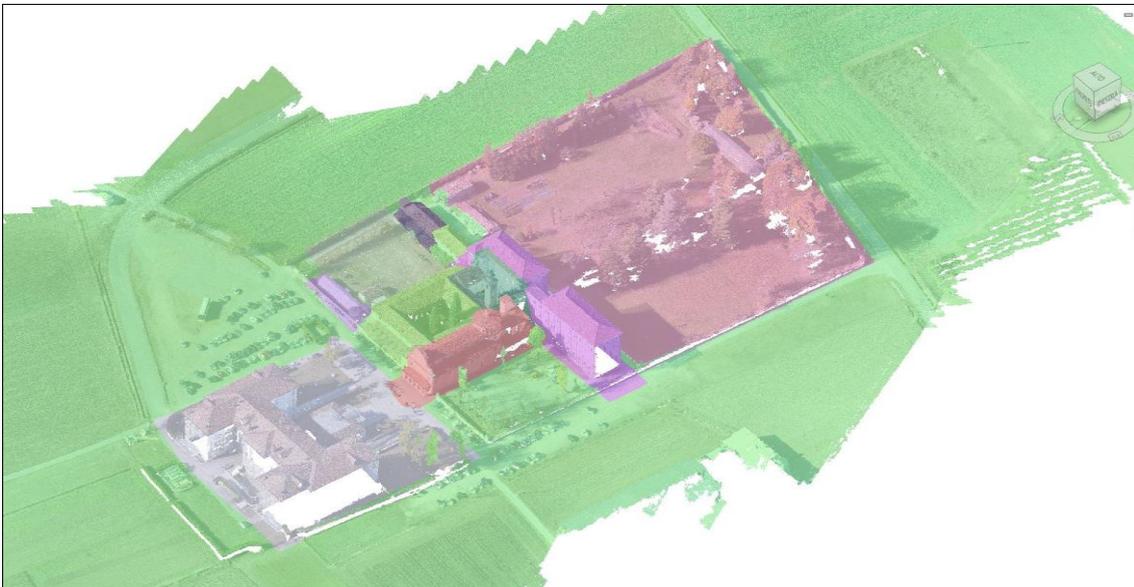
Mentre la "condivisione_1" non riscontrava grandi problematiche, se non per qualche link di cui accenneremo più tardi, (le parti singole e il modello totale provenivano da link puliti), la "condivisione 2" soffriva di qualche lacuna di sistema, a causa di un mancato controllo/ alcune caratteristiche interne ed esterne mancate (per errore) irrisolte dagli studenti precedenti.

Per rendere chiare le cose, ciascuno dei files linkati nella cartella "modelli da linkare" è stato aperto e verificato, per evitare alcun problema interno. Quello che è risultato è stato che alcuni links interni, nominalmente il modello strutturale di un progetto linkato all'interno del modello architettonico dello stesso progetto per scopi di verifica, o altri casi simili, erano collegati per associazione invece che esserlo per sovrapposizione. Questo ha avuto la conseguenza di avere links circolari nei modelli federati, perché i links collegati per associazione fan sì che i modelli collegati siano visibili in qualsiasi altro collegamento consequenziale, il quale era necessario per i links esterni dei singoli modelli. Questo problema era fissato dal ricaricare ogni file link internamente dal scratch.

Un'altra discrepanza incontrata si fondava sulla base di una falsa credenza sistematica: ossia che una volta che un modello è linkato al modello federato, non può essere collegato a nessun altro file federato. Questo ha creato il falso bisogno di avere due cartelle di condivisione separate, che sono risultate nell'avere file duplicati per le due strategie di condivisione, le quali sono state eloquentemente chiamate "modelli da linkare 2". Per correggere questa ulteriore discrepanza ogni modello in "modelli da linkare 2" è stato aperto e ogni link verificato, sia internamente (per sovrapposizione, tra i singoli modelli) e esternamente (per associazione, ai file federati). Alla fine, tutti i links nei modelli federati della seconda strategia di condivisione sono stati scaricati dalla cartella duplicata e

completamente ricaricati dalla cartella dei modelli originali. Questo ha permesso infine la cancellazione della cartella duplicata/la seconda cartella dei modelli.

Questo procedimento per correggere il CDE ha portato via tempo ma è risultato estremamente necessario per il corretto lavoro tra i modellatori nell'ambiente digitale, perchè questo modo confuso e di incorretto di caricare i modelli fosse, se non completamente evitato, almeno significativamente ridotto, avendo quindi solo una cartella in cui caricare e update models. Inoltre, questa operazione "di pulizia" del CDE ha permesso, specialmente la cartella "Shared", di ritornare a rispettare gli standards di non-duplicazione e non-ridondanza dell'informazione richiesta da entrambe le BS 1192 e le UNI 11337-5.



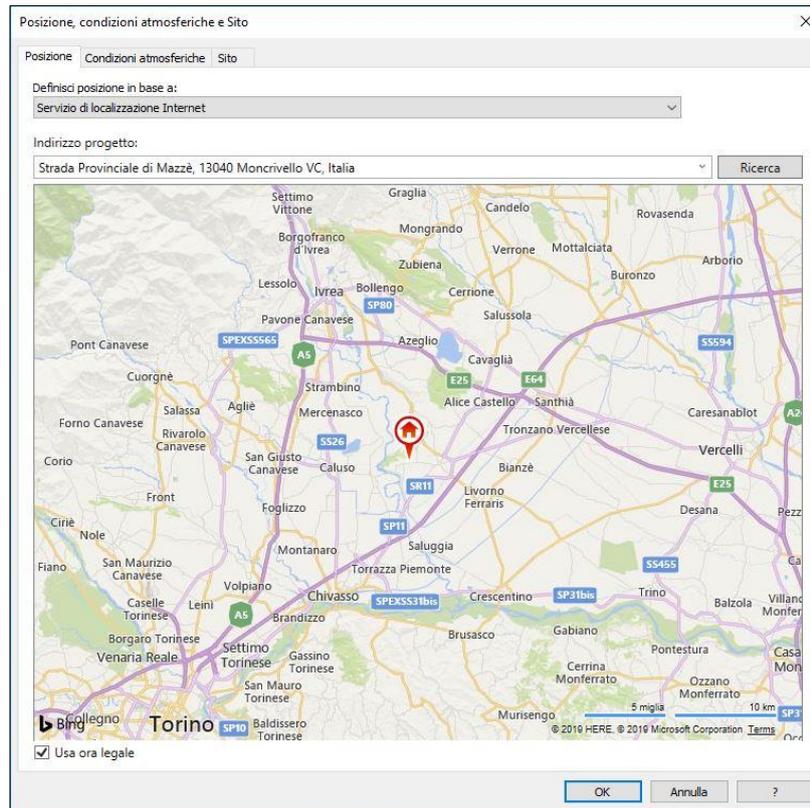
Viste 3D della nuvola di punti inserita all'interno di Revit.

2.2

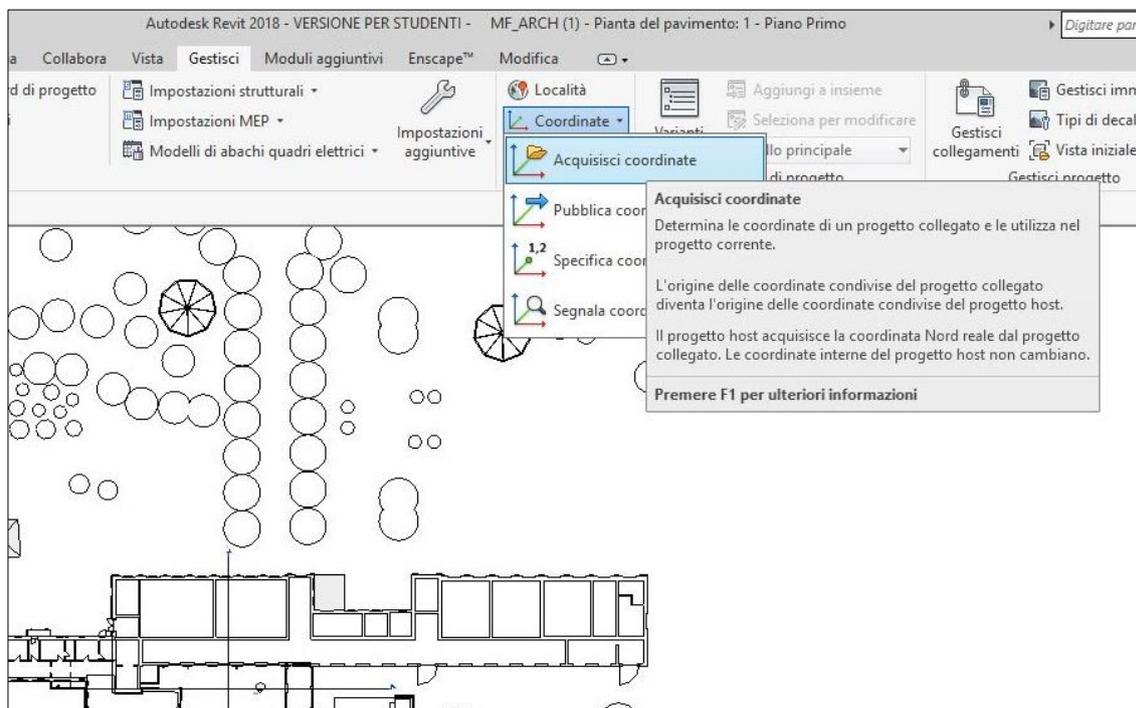
IPOTESI DI PROGETTO: IL PROCESSO COMPOSITIVO

Il modello per masse

Nella fase iniziale del processo è stato necessario intervenire sullo stato attuale del materiale (data collection) condiviso dal team di tesisti, in vista di alcuni suoi necessari aggiornamenti. Infatti in seguito al lavoro di rilievo del Complesso con le nuvole di punti (create tramite laser 3d da terra e droni), eseguito prima del mio arrivo, la modellazione e la documentazione “As built” del Trompone esistente andava rivisitata confrontandola con lo stato di fatto del complesso restituito dalle scansioni. Si tratta di un procedimento ancora in atto (work-in progress) e facente parte della ricerca di altre tesi, ma l’urgenza in quel momento era rappresentata da una verifica del Piano Regolatore Comunale di Moncrivello a controllare, sul piano urbanistico, l’attendibilità degli interventi progettuali in ampliamento, oggetto dei nostri lavori di ricerca.



*Inserimento manuale dei dati geografici nel file sorgente "MF_ARCH.rvt",
dal pannello delle proprietà della vista (sotto Nord reale).*



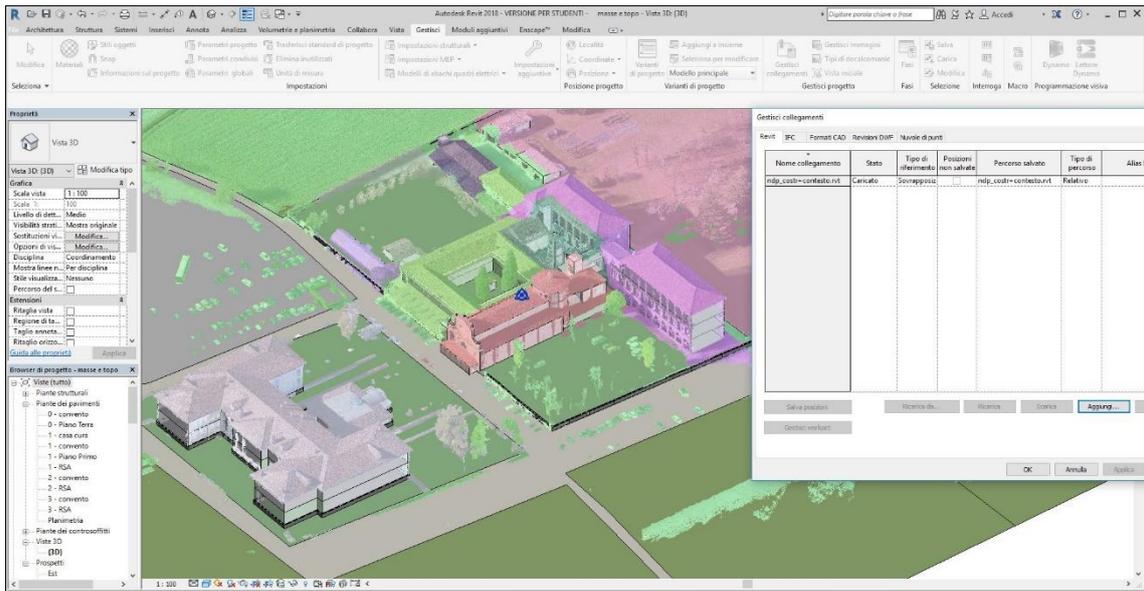
Acquisizione automatica delle coordinate dal file sorgente collegato.

Per poter apportare al modello BIM del complesso un'analisi di quanto definito e descritto dal PRGC si è proceduto a ricreare il modello delle masse sulla base della nuvola di punti (non esiste ad oggi un procedimento automatico per passare da un rilievo di punti ad una modellazione ad oggetti), in modo da poterlo successivamente utilizzare come file di riferimento per il calcolo preciso delle aree.

Secondo le regole comuni al team di ricerca "Bim for Health", quando si inizia a lavorare con un file Revit© nuovo per prima cosa si devono acquisire automaticamente le coordinate (Nord reale) e il posizionamento (nello spazio digitale) dal modello federato dell'architettonico, il file sorgente ("MF_ARCH.rvt" nella cartella "condivisione_1") in cui si è previamente impostata la località reale a mano e da cui ogni volta si prelevano le coordinate. In questo modo tutti i nuovi progetti saranno sviluppati secondo un corretto studio degli ombreggiamenti, conoscendo il reale percorso del sole sul sito ed evitando per esempio il surriscaldamento degli ambienti per effetto del sole.

Questo procedimento fa nuovamente capo al discorso di collaborare in maniera ottimale all'interno di un unico e complesso ambiente di condivisione, dove si interagisce con un molteplice numero di file che devono dialogare correttamente ed essere coerenti tra loro, per non avere perdita di informazione e causare incongruenze. Perché ciò avvenga tutti i file devono essere governati dallo stesso sistema di coordinate, riferimento allo spazio geografico reale, e avere un posizionamento comune, riferimento a una precisa parte di spazio geometrico in cui si modella.

Si procede collegando all'interno del file nuovo il file sorgente (il quale deve essere sempre lo stesso per evitare quegli errori sistematici che si producono con la natura dei collegamenti in Revit©) e inserendolo con il sistema di riferimento "da origine a origine"; una volta effettuata l'acquisizione automatica il link va scaricato e rimosso. Da questo momento, ogni altro file che viene linkato al file corrente (nuovo) deve utilizzare il posizionamento "da coordinate condivise".



Collegamento per sovrapposizione del file .rvt con la nuvola di punti nel file di creazione delle masse.

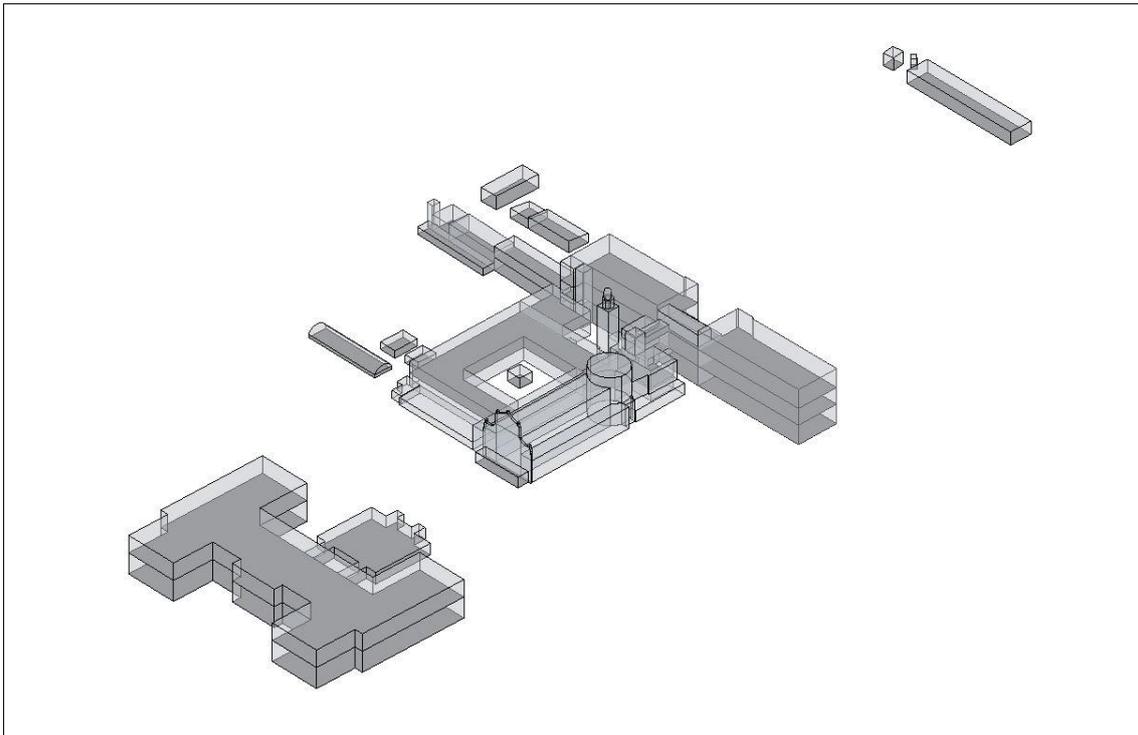


Opzioni di modifica delle masse.

Ottenuto il sistema di riferimento necessario, si è inserita la nuvola di punti collegando il suo file .rvt, e non .rcp come la procedura BIM standard richiede, a quello nuovo. Questo passaggio effettuato in tal modo è stato il frutto di alcune riflessioni in una precedente ricerca di tesi, che doveva fare i conti con la gestione della nuvola di punti di una campagna di rilevamento venuta ad uno stadio molto successivo del progetto, dopo l'organizzazione delle strategie comuni di condivisione. La criticità sostanziale era costituita dal fatto che i file .rcp e i file .rcs non seguivano nei link le stesse logiche che seguivano i file .rvt: funzionava molto bene la gestione nel singolo file della nuvola di punti .rcp, in cui si inserivano i più file di scansione .rcs (le regioni dell'.rcp), ma si riscontravano molti problemi quando quel file veniva linkato ad altri (soprattutto nel collegamento di secondo livello). Pertanto si è scelto di creare da ogni file .rcs un file di progetto .rvt (ogni .rcs è stato inserito con "Inserisci nuvola di punti" all'interno di un file .rvt), affinché in questo modo fosse possibile linkare "per associazione" o "per sovrapposizione", a seconda della specifica esigenza.

Alla luce delle suddette constatazioni, viene scelto di collegare il file revit contenente la nuvola di punti come link "per sovrapposizione" all'interno del file nuovo, consentendo quindi di perdere automaticamente la visualizzazione (e il contenuto) della nuvola di punti quando si sarebbe collegato nuovamente il file ad uno nuovo per progettare.

Utilizzando la nuvola di punti come "sfondo" di supporto per ricalcare la volumetria esistente con il metodo ordinario delle masse, sono emerse alcune problematiche, seppur di piccola entità. Quella di maggior conto è stata sicuramente la restituzione imprecisa della tridimensionalità del costruito: quasi tutti (se non tutti) i muri storici erano fuori squadra e fuori piombo di molto, e la possibilità di ricostruire una superficie inclinata esatta attraverso la manipolazione dei vertici e dei segmenti degli elementi di massa risultava difficile e inservibile in molti casi. Inoltre le masse sono famiglie a cui non si possono aggiungere degli "elementi secondari" (come nelle famiglie dei pavimenti), ovvero altri vertici o segmenti per governare con precisione le inclinazioni e i cambi di pendenza delle superfici.



Vista complessiva 3D delle masse e dei relativi pavimenti di massa del Complesso.

<Abaco dei pavimenti di massa>		
A	B	C
Massa: famiglia e tipo	Livello	Area di pavimento
0 - Piano Terra		
cucina_esterna: cucina_esterna	0 - Piano Terra	24,67 m ²
crrf_luigi_monsignore: crrf_luigi_monsignore	0 - Piano Terra	2526,77 m ²
serra_sud_ovest: serra_sud_ovest	0 - Piano Terra	141,09 m ²
CDAI: CDAI	0 - Piano Terra	207,37 m ²
Giardino_d'inverno: Giardino_d'inverno	0 - Piano Terra	122,75 m ²
1 - Piano Primo		
crrf_luigi_monsignore: crrf_luigi_monsignore	1 - Piano Primo	2526,77 m ²
Livello 3.5		
CDAI: CDAI	Livello 3.5	207,37 m ²
Totale generale: 7		5756,79 m²

Per ottenere le superfici di progetto da calcolare nella S.u.I. si è creato un abaco dei pavimenti delle masse.

Pertanto si è deciso di modellare le masse cercando di rispettare quanto più possibile il volume nella sua intera altezza tralasciando le coperture e il perfetto combaciare delle superfici con le facciate, dove la precisione del rilevato e del restituito è relativa di per sé e per lo studio dei vincoli urbanistici.

Dopo la modellazione si è assegnato un nome univoco ad ogni massa secondo la destinazione d'uso della costruzione, differenziando in questo modo i fabbricati. Infine per poter analizzare a livello urbanistico le aree delle superfici, i perimetri e i volumi si sono creati i "pavimenti di massa" per ogni piano, ossia delle entità specifiche in grado di sezionare la massa e da cui si possono ricavare dati geometrici sulle dimensioni delle porzioni comprese tra due sezioni.

Modellare la volumetria esistente sulla base di una ricostruzione digitale del contesto (la nuvola di punti) ha permesso di disporre in tempi brevi di una rappresentazione del contesto generale su cui avanzare considerazioni preliminari, facilitando il processo di documentazione per gli altri tesisti del gruppo (uno di loro ha già utilizzato il modello per la stampa 3D del Complesso) e permettendo di verificare lo status dei precedenti modelli come punto di partenza per eventuali aggiustamenti.

Il lavoro parallelo di verifica dei vincoli urbanistici ha influenzato l'accuratezza con cui è stata eseguita la ricomposizione volumetrica delle masse; nella fase di esecuzione infatti si sono raccolte e passate al vaglio tutte le informazioni riguardanti l'ambiente costruito esistente, dai documenti di archivio alle foto e ai modelli precedentemente creati, prendendo confidenza con il sito di progetto e iniziando a capire quali funzioni includere nello sviluppo di una soluzione e le specifiche dell'ambiente da costruire. La progettazione non è partita dal canonico foglio bianco - "tabula rasa", come spesso capita nei tradizionali flussi di lavoro, bensì da uno spazio volumetrico corrispondente alla realtà (lo stato di fatto) che mostra gli ingombri dei fabbricati, la loro distribuzione in pianta, i piani di riferimento, il parco e l'intorno, rapportandosi a un contesto spaziale e informativo preciso.

Considerazioni e analisi preliminari ad impostare le linee guida di progetto

La proposta di un progetto all'interno del cortile nord del Complesso nasce innanzitutto dall'esigenza reale di uno spazio che sostituisca l'attuale basso fabbricato esistente, riservato ai distributori del caffè. Durante i due sopralluoghi sopraggiunti prima e dopo l'estate si è potuta verificare l'apparente fatiscenza di questa struttura a veranda, realizzata a partire dalla preesistenza del corridoio, collegante la manica est del convento con l'RSA, e da una tettoia con spiovente inclinato che poggia lungo il suo muro perimetrale; sfruttando le delimitazioni ai lati della tettoia, costituite dall'aggetto di un locale tecnico da una parte e dalla manica trasversale dell'RSA dall'altra, per realizzare la costruzione è stato sufficiente tamponare nella parte frontale con delle vetrate fisse intelaiate e controsoffittare. Oltre all'aspetto dell'incomodità degli spazi (la larghezza è di circa 3 metri), nei mesi caldi la piccola struttura risente di un forte surriscaldamento dovuto alla concentrazione dei raggi solari in quell'ala della corte durante le ore principali della giornata (dall'ora di pranzo fino al tardo pomeriggio), oltre che alla sua natura costruttiva, provocando in questo modo un effetto serra e un calore smisurato anche a porte aperte.

La corte dove sorge il progetto in questione è un'area formata planimetricamente dall'unione degli edifici preesistenti del convento e dalla struttura dell'RSA, costruita in una fase successiva. Questa sua morfologia nativa è anche il motivo dell'isolamento "funzionale" rispetto al resto del complesso, nonostante rappresenti un punto di connessione strategico.

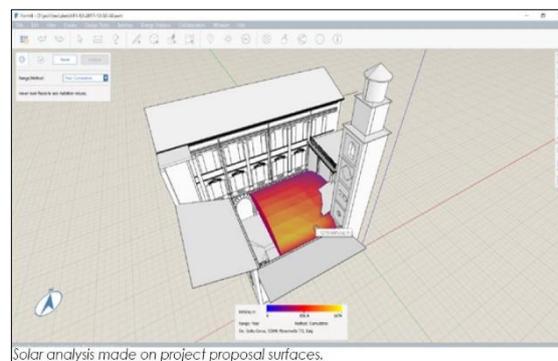
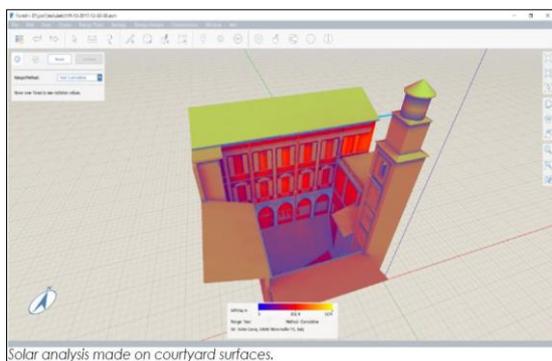
Nel tempo si sono aggiunti degli ingressi secondari (di servizio) per poter impiegare il cortile come "spazio calmo" in caso di emergenza e per abbreviare il tragitto agli operatori che passano da una struttura all'altra. I percorsi e le accessibilità diventano quindi gli elementi che giustificano la funzionalità del sito, destinandolo a luogo di transito e di aggregazione sociale, di "piazza pubblica" a piccola scala, e per questo da tenere necessariamente in conto.



Vista dall'angolo sud (uscendo dal convento)



Vista dall'angolo nord (uscendo dal corridoio dell'RSA)

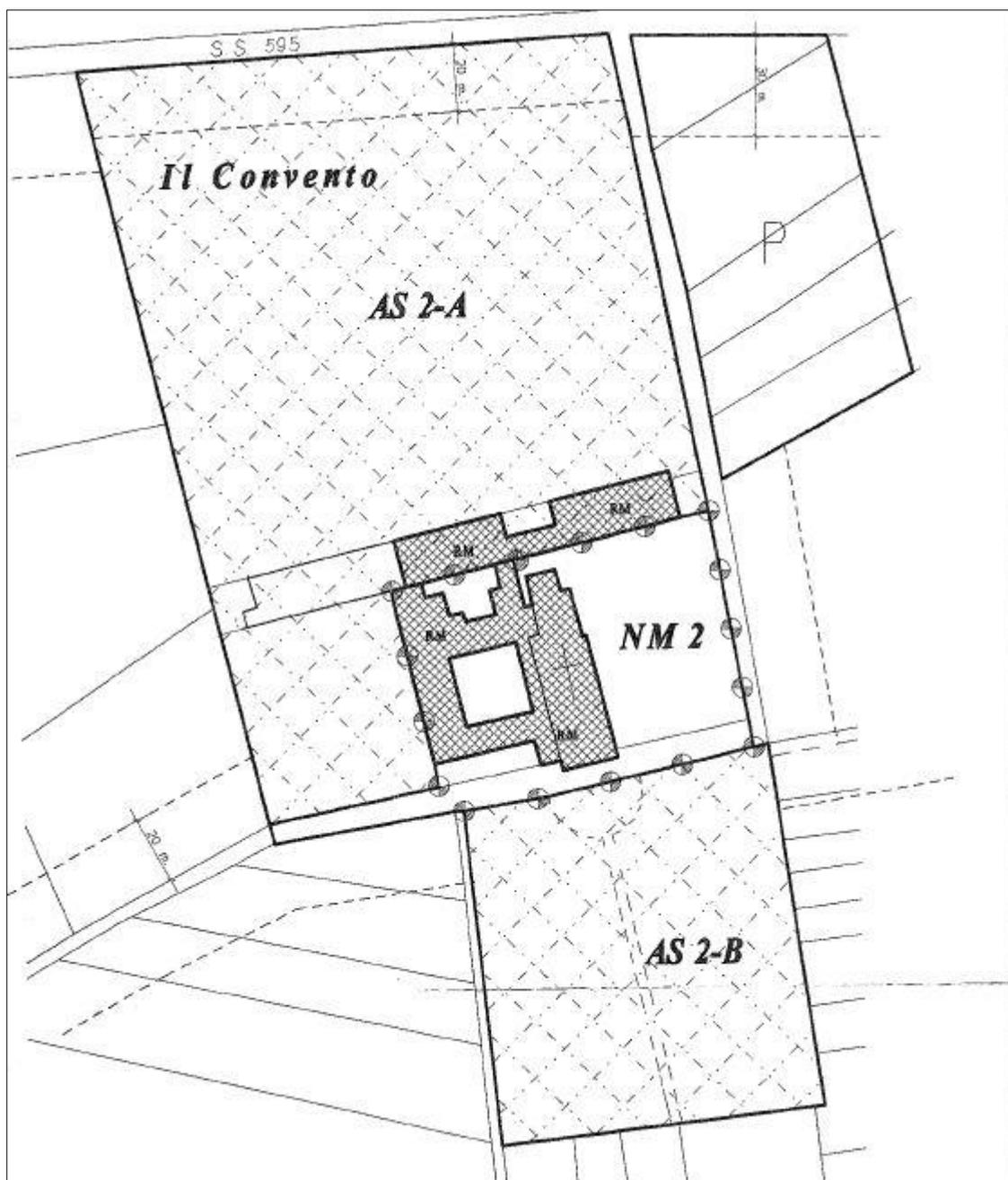


Schemi di analisi solare con Autodesk Formit. Immagini tratte dalla tesi di Francesco Montaldo (2018)

Il sopralluoghi si sono dimostrati utili anche ad osservare dal vivo certe dinamiche in atto nel luogo di progetto: molto spesso durante il giorno gli operatori che lavorano nei locali della mensa e nella parte ovest del convento attraversano il cortile per concedersi una pausa caffè, senza il bisogno di dover percorrere il giro lungo uscendo dal corridoio dell’RSA; allo stesso modo con la fine del clima freddo i familiari, chi assiste i pazienti e gli altri operatori provenienti dall’RSA sono soliti sedersi all’ombra dei due gazebi centrali, impiegando la corte come luogo di ritrovo privato. La particolare morfologia del luogo, chiuso e circondato da alti edifici di vecchia costruzione, è anche la causa del surriscaldamento estivo che compromette il suo funzionamento bioclimatico, ragione per cui il cortile non viene “affollato” come dovrebbe e come le sue potenzialità di utilizzo lasciano intendere. Questo aspetto è stato ulteriormente verificato in corso di progettazione grazie all’utilizzo del plug-in Enscape (approfondito in seguito), vedendo realisticamente l’effetto delle ombre portate degli edifici lungo il perimetro sul sito di progetto. Inoltre per capire meglio l’incidenza solare ci si è serviti degli studi preliminari dell’irraggiamento sulle facciate esistenti (Figure 2.1.10 e 2.1.11) contenuti nella tesi di Francesco Montaldo [7].

Da questi accertamenti preliminari emergono le principali intenzionalità di progetto e le tematiche attraverso cui si è sviluppata la parte compositiva della ricerca. L’ipotesi del giardino d’inverno, uno spazio coperto vivibile anche nella stagione fredda, deve integrare l’uso attuale del cortile esterno e precisarne il valore pubblico, diventando un elemento di connessione con l’interno del complesso. Per il manufatto architettonico si è seguita una linea progettuale che individuasse soluzioni innovative sia sul piano della sperimentazione di tecniche costruttive, strettamente correlate alla sostenibilità e al limite di budget previsto (100.000 euro), sia sul piano dell’articolazione spaziale, per non dover necessariamente uscire dalla struttura e per vivere gli spazi all’aperto anche nei mesi invernali.

Per quanto riguarda i vincoli da rispettare si è fatto riferimento al Piano Regolatore Comunale di Moncrivello, il quale indica la zona di territorio su cui sussiste il complesso del Trompone come “area destinata ad attrezzature sanitarie



Estratto del PRGC di Moncrivello (scala 1:1000).

- NR** *Nuclei rurali*
- AS** *Aree per attrezzature sanitarie assistenziali*
- NM** *Nuclei minori monumentali*
- Edifici con vincolo monumentale*
- Ambito vincolato*
- RM** *Restauro monumentale*

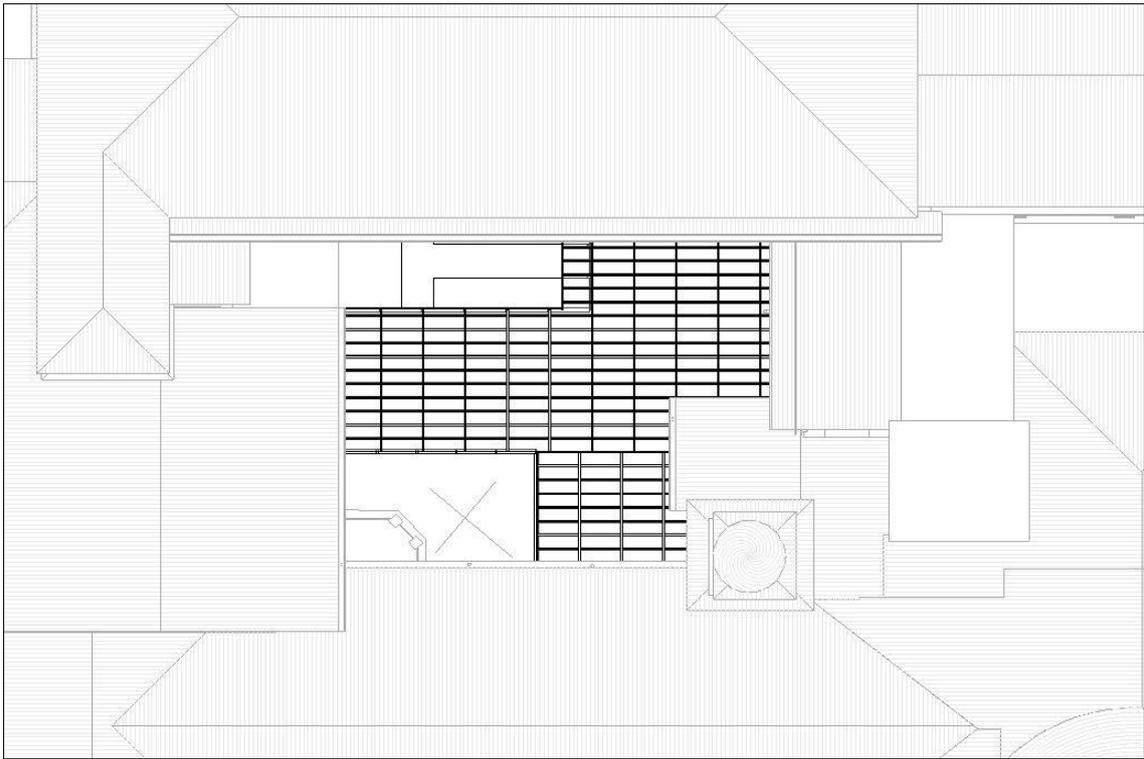
assistenziali” (AS 2), contenente strutture soggette a vincolo monumentale e a restauro.

Considerando l’idea di una costruzione in stile “temporary house”, si è valutato il progetto in qualità di “intervento di completamento” per le verifiche con i limiti di costruzione.

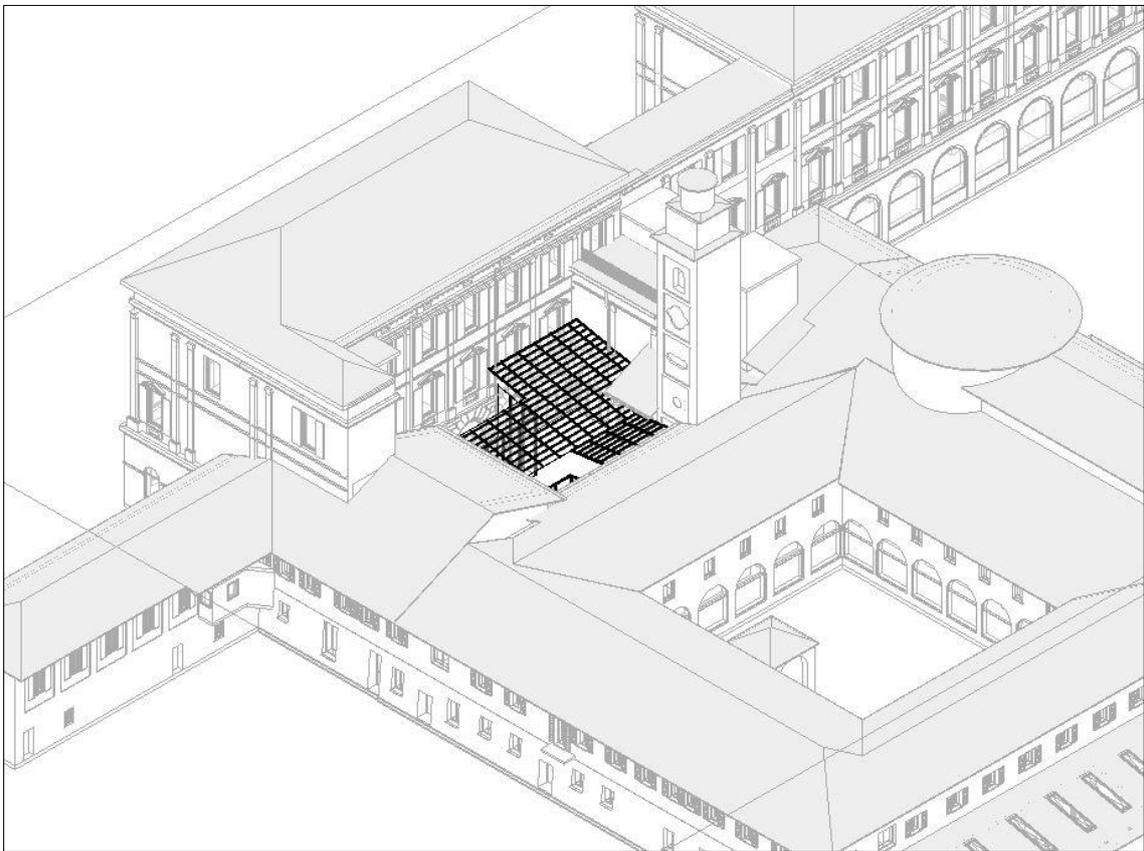
Nello sviluppo del progetto si è cercato di osservare (per quanto possibile) i parametri urbanistici ed edilizi indicati dalle Norme di attuazione del Piano, di cui si riportano i punti salienti pertinenti al sito e al tipo di intervento (“di completamento”):

- « Nell'area sono ammessi: - interventi di completamento rivolti alla realizzazione di nuove opere, su porzioni del territorio già parzialmente edificate, da disciplinare con specifiche prescrizioni relative agli allineamenti e alle altezze massime; - interventi costituenti elementi accessori destinati a contenere le strutture amministrative, di servizio e riabilitative; - l’uso in atto per terapie riabilitative e di cura in genere, le attività di residenze assistenziali, nonché le attività di studio e di ricerca in genere connesse alle attività principali svolte nell’area AS2. »
- « Per gli interventi, aventi volume chiuso, costituenti elementi accessori destinati a contenere le strutture amministrative, di servizio e riabilitative, quali impianti di tipo sportivo coperti, laboratori ecc. si prevede un indice di edificabilità fondiario pari a 0,6 mc/mq, per 2 p.f.t ed un'altezza massima di m. 7,50; sono salve maggiori altezze se richieste da impianti accessori con particolari strutturali che le giustifichino. Quando l'intervento si configuri come ampliamento di un edificio esistente (intervento di completamento) l'altezza massima, anche ove superi quelle di cui ai commi precedenti (oltre i m. 3,50), potrà coincidere con quella dell'edificio preesistente. La superficie coperta nel complesso da edifici, chiusi o aperti su uno o più lati, non dovrà superare il 60 % della superficie fondiaria dell'area. »

- « Distanze minime tra fabbricati nel caso di interventi di completamento: - distanza minima di m. 2 tra pareti finestrate e pareti di edifici antistanti; »
- « Nelle aree di recupero, sarà sempre possibile realizzare l'aderenza ad altri fabbricati nelle operazioni previste all'art. 15 ed ai commi seguenti»
- « Nelle operazioni prevedenti nuova costruzione e riordino di bassi fabbricati dovrà sempre essere garantita l'agibilità dei cortili su cui insistono, dove dovrà potersi inscrivere un cerchio di almeno m. 6,00 di diametro su superfici comunque adeguate al transito ed alla manovra di automezzi. »
- « Dovranno essere lasciate in vista, almeno nelle loro parti più significative quelle strutture o particolari, sia evidenziati dalle tavole in scala 1:1000, sia di fatto esistenti e/o oggetto di ritrovamento durante i lavori, che presentino elementi di pregio per fattura della muratura (a spina di pesce, ecc,) sia dotati di elementi architettonici di rilievo (cornici, riquadrature di aperture in cotto o pietra, ecc). Con lo stesso criterio dovrà essere salvaguardato e conservato, nelle sue parti più significative qualsiasi elemento di pregio o di valore documentario, rinvenuto o esistente su tutto il territorio comunale a prescindere dalle zone di Piano. »
- « In qualsiasi zona, eventuali interventi di demolizione senza ricostruzione possono essere ammessi per questioni di pubblica incolumità nonché nei casi di documentata fatiscenza ed al fine di migliorare le condizioni igieniche e d'insolazione delle aree o edifici coerenti. Sono salvi i casi in cui la demolizione venga a costituire grave alterazione delle caratteristiche ambientali o interessi edifici comunque di pregio o con tipi di intervento di restauro. »



Vista copertura di prima ipotesi di progetto ottenuta dalla creazione di una superficie di massa.



Grazie al lavoro di verifica svolto [8] confrontando l'Indice di utilizzazione fondiaria (relativo al nucleo monumentale NM2) indicato dal Piano con le aree di nuova costruzione (il volume e la superficie dei progetti oggetto di ricerca), pur immaginando di occupare interamente la superficie di calpestio del cortile (di m² 189) per un piano fuori terra di m. 3,50 di altezza (il massimo consentito), l'intervento progettuale "di completamento" in questione rientrerebbe nel calcolo di superficie edificabile (S.u.l.) rimanente.

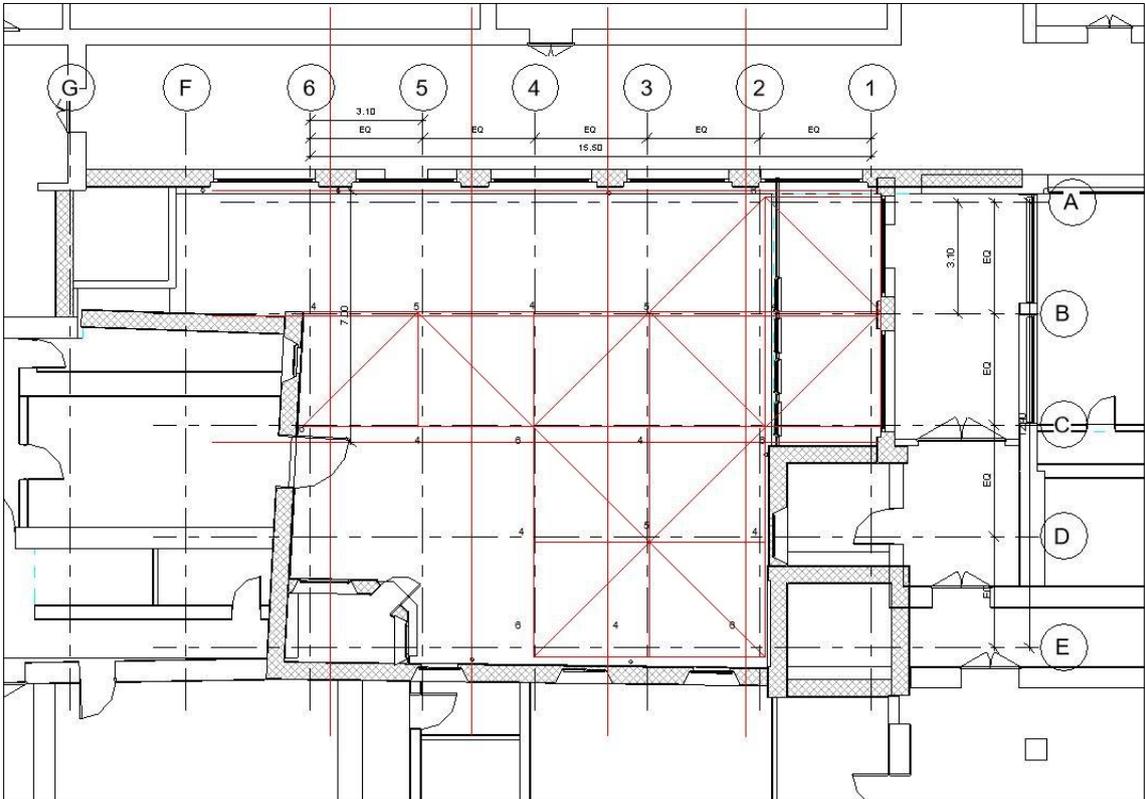
In ultimo risultava necessario considerare come vincolo la presenza di un'uscita di sicurezza che dalla manica dell'RSA affaccia sulla corte, prevedendo un distacco di costruzione da essa di almeno 4 metri.

Organizzazione e primi output di modello

Dopo le prime valutazioni preliminari, preparatorie al contesto d'inserimento del progetto, è cominciata la vera fase di progetto, finalizzata alla modellazione di un giardino d'inverno.

Il primo passo per l'elaborazione è stato quello di definire all'interno della pianta della corte un perimetro che delimitasse l'area di intervento e l'ingombro del manufatto, a stabilire un confine in cui poter agire attenendosi ai parametri che la normativa imponeva circa il rispetto delle distanze dalle facciate monumentali. Modellando con le famiglie di massa "concettuali" si sono iniziate a valutare le prime idee di progetto e le prime forme del fabbricato nello spazio così definito, nell'ottica di individuare un collegamento possibile tra gli accessi delle strutture preesistenti.

Questo tipo di famiglie si sono rivelate estremamente efficaci all'inizio del processo di modellazione in Revit grazie alla serie di strumenti di cui dispongono e che sono dedicati alla creazione di elementi costruttivi basati su superficie: tra l'elemento di massa e gli elementi realizzati a partire da essa s'instaura una corrispondenza, per cui ad ogni modifica della massa è possibile aggiornare i componenti creati. Tale meccanismo risulta utile quando le variazioni del concept iniziale sono frequenti e



La griglia per l'individuazione di un modulo e dei punti di posizionamento.

si cerca di capire alcuni aspetti compositivi, ma può diventare difficoltoso e limitante se utilizzato fino allo stato esecutivo del manufatto.

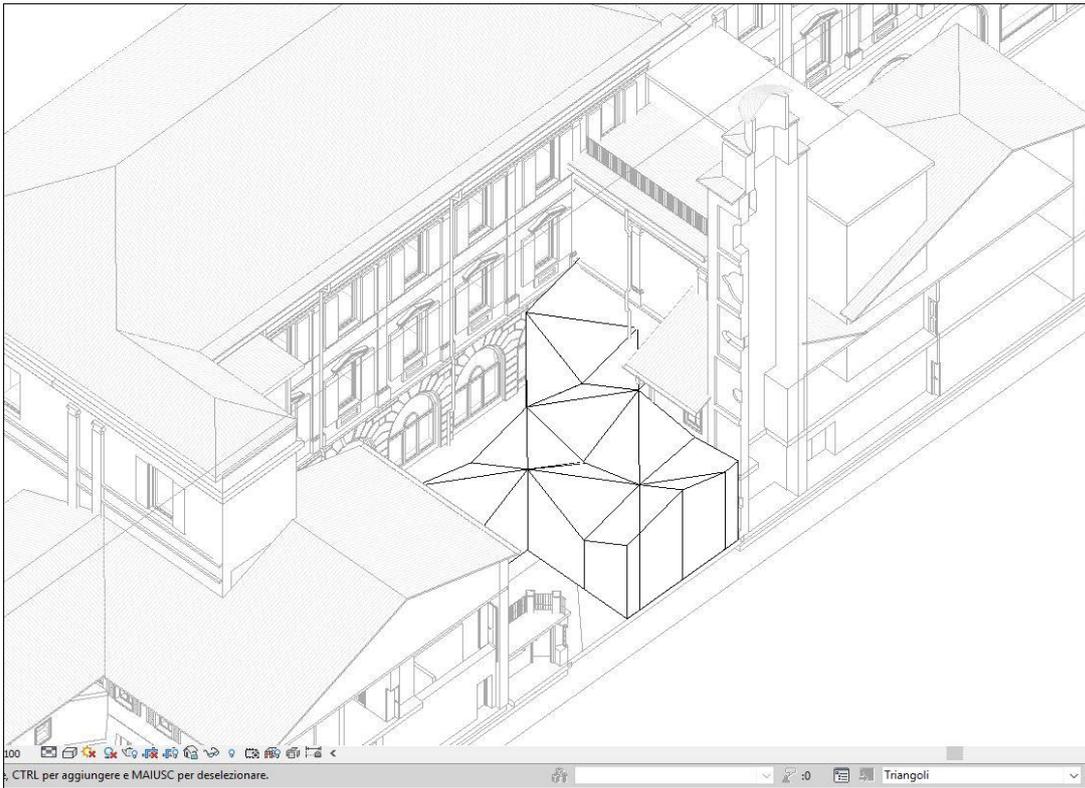
Seguendo con questo sistema di lavoro si è avanzata la prima ipotesi di progetto, realizzando a partire dall'estradosso della superficie di una famiglia di massa locale (con il comando "sistema di facciata continua") una struttura intelaiata chiusa da vetrate con montanti e traversi in alluminio. Il passo, la tipologia dei pannelli e dei profili sono personalizzabili attraverso la modifica delle proprietà del Tipo, esattamente come avviene per un muro di "facciata continua".

Il giardino d'inverno così pensato seguiva dei precisi ragionamenti di composizione che consideravano al di là dei vincoli: gli accessi dalle preesistenze; delle aree d'interesse di un certo tipo (di percorrenza e di relax/attesa); uno spazio dedicato al verde ad affiancare la struttura e che includesse uno specchio d'acqua per il raffrescamento dell'ambiente. Il risultato di queste valutazioni si era concretizzato in un'architettura che, sviluppandosi in orizzontale, andava a formare un percorso chiuso e continuo tra gli accessi delle due preesistenze (il convento e l'RSA), e da cui fosse possibile recepire l'intorno in sintonia con il costruito.

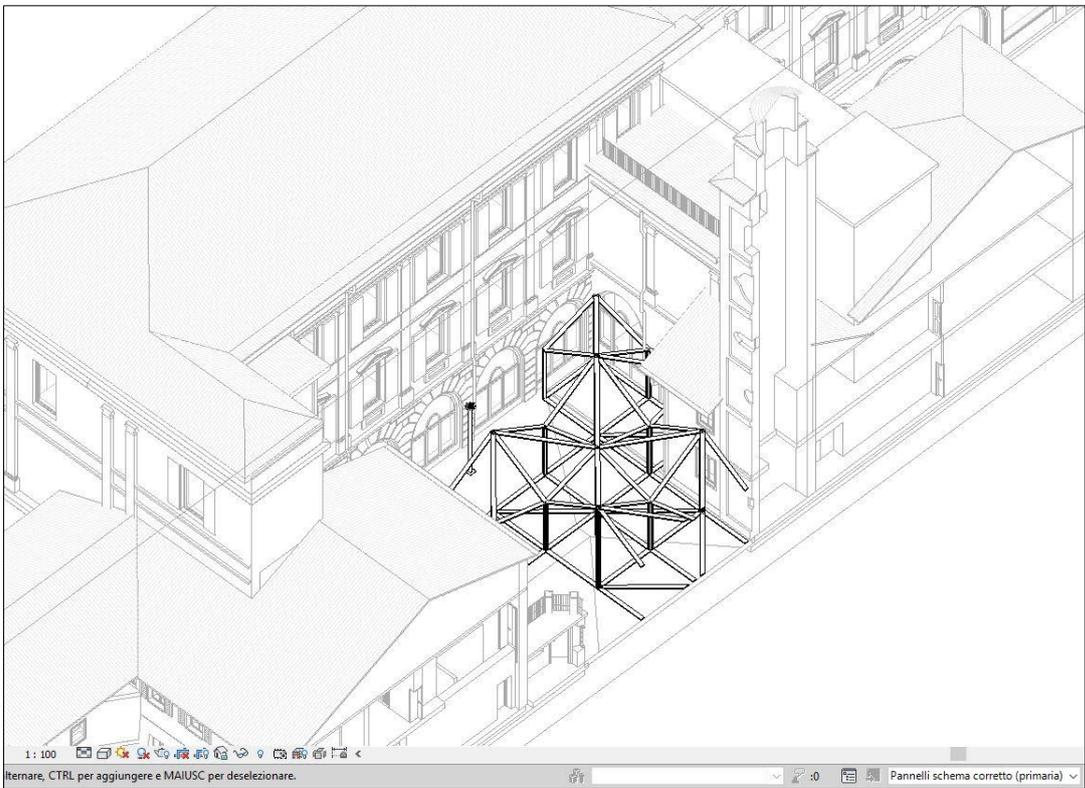
Grid e modularità

Nel tentativo di rendere rispondente alle esigenze tecniche della tipologia costruttiva scelta (una struttura provvisoria) il primo modello di progetto, si è pensato di razionalizzare e suddividere il problema volumetrico in una griglia, ripercorrendo in un altro modo il tradizionale procedimento di creazione dei riferimenti fissi per il posizionamento strutturale. L'elemento della "grid" avrebbe fornito un valido aiuto al ragionamento sulla componibilità delle parti.

Dato il contesto, la distanza dalle facciate storiche e le aperture, si sono posizionati gli estremi della griglia sui 4 lati della corte rispettando i dovuti vincoli, dopodiché si sono prese le distanze totali e si sono divise verticalmente e orizzontalmente secondo un passo di dimensioni ragionevoli (di m. 3x3) e costante, grazie al vincolo



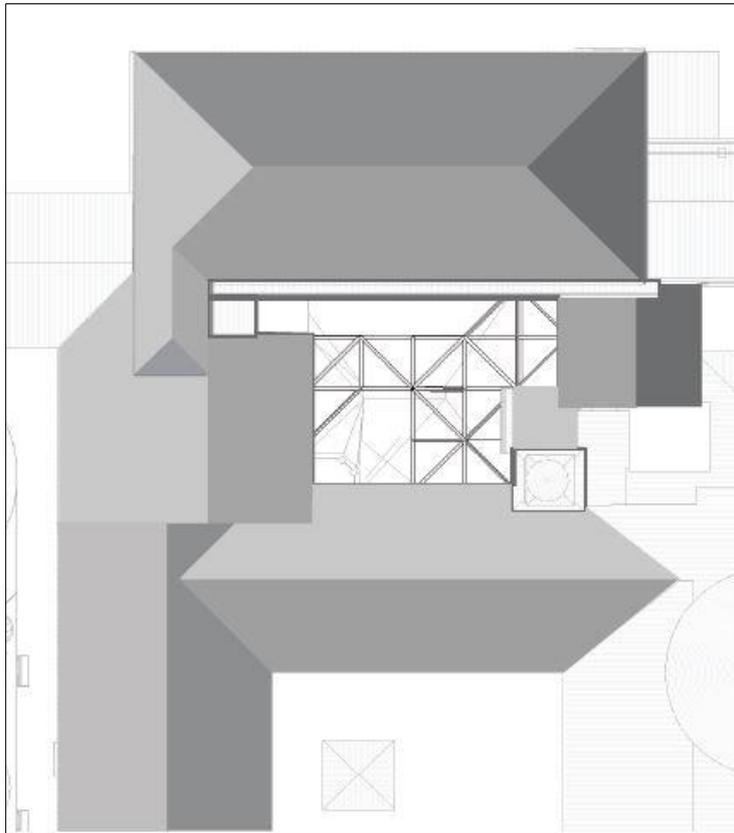
Prime valutazioni di componibilità dei moduli preliminari grazie all'utilizzo del comando "varianti di progetto."



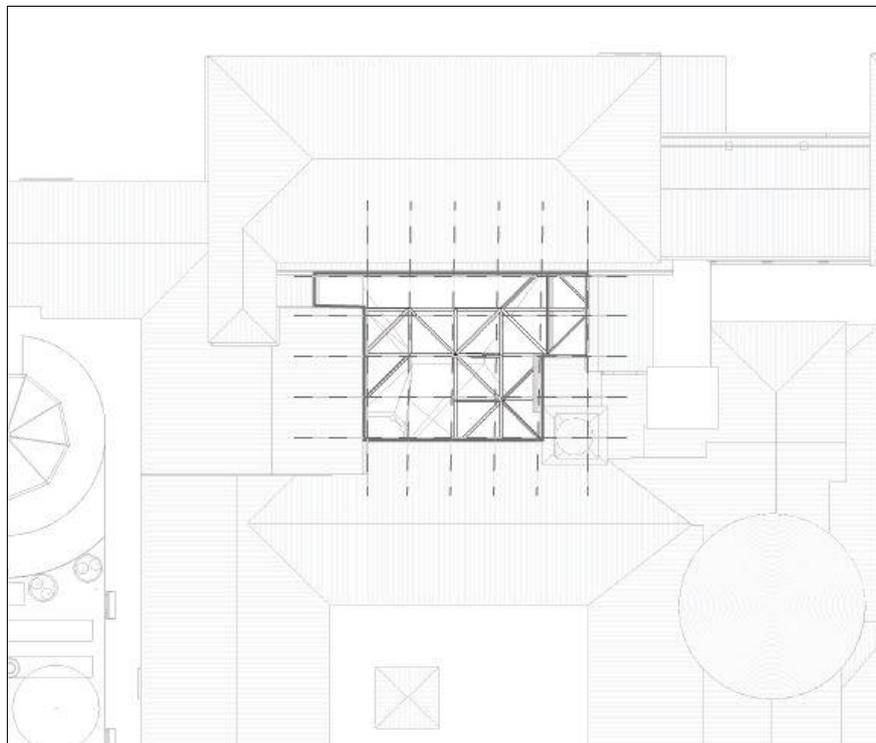
di equidistanza: in questo modo si è ottenuta una maglia che potesse contenere strutture modulabili e indipendenti.

Con l'aiuto delle "varianti di progetto", uno strumento messo a disposizione da Revit (dalla scheda Gestisci) per creare e gestire più progetti all'interno dello stesso spazio evitando il conflitto tra di loro, è stato possibile studiare più di un layout di modello all'interno della griglia.

Dalla discretizzazione della prima struttura si è passati all'ipotesi di un vero e proprio modulo di funzionamento singolo, replicabile e componibile come pattern all'interno della griglia.



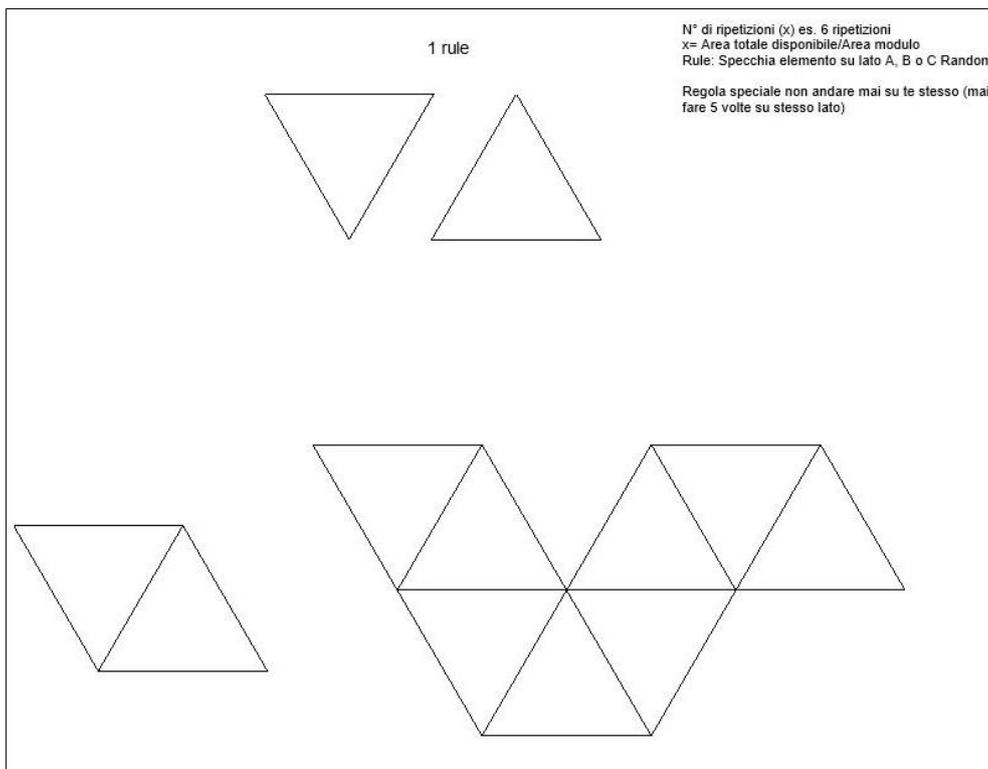
Razionalizzazione dei modelli precedenti: scomposizione in una griglia.



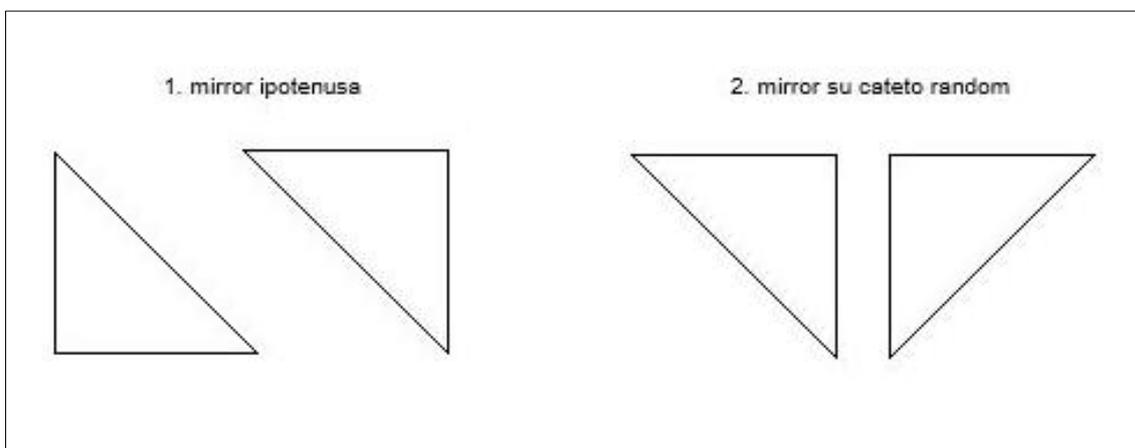
Individuazione della componibilità: un passo indietro

Una volta individuata la griglia di progetto a maglie regolari, scelto l'elemento modulare di base del triangolo e calcolata la quantità di moduli consentita secondo i vincoli urbanistici (24 moduli per il 60% di copertura massima del cortile), è stato necessario capire come sviluppare il progetto modulare e dunque quale schema compositivo seguire per ottenere la struttura d'insieme di un giardino d'inverno.

Insieme alle valutazioni preliminari precedentemente avanzate sullo stato di fatto del sito si è reso necessario puntualizzare le linee guida di progetto da seguire in questo schema, dando loro un riferimento spaziale nel sito che conducesse lo schema compositivo definendone alcuni aspetti precisi, come il punto di partenza e di fine e quali accessi collegare.



Prime ricerche di formalismi secondo la Shape Grammar.



Individuazione delle regole di Shape Grammar.

N° di ripetizioni (x) es. 6 ripetizioni
 $x = \text{Area totale disponibile} (210\text{m}^2) \cdot 0.6 / \text{Area modulo} (5.12\text{m}^2) = 25$
 Specchia elemento su lato A
 Specchia elemento su B o C

Regola speciale non andare mai su te stesso (mai fare 4 volte su stesso cateto)

es.
 1 mirror su lato A (ipotenusa)
 2 mirror su lato B o C (cateto)
 Seleziona nuovo elemento
 3 mirror su lato A (ipotenusa)
 4 mirror su lato B o C (cateto)
 Seleziona nuovo elemento
 5 mirror su lato A (ipotenusa)
 6 mirror su lato B o C (cateto)

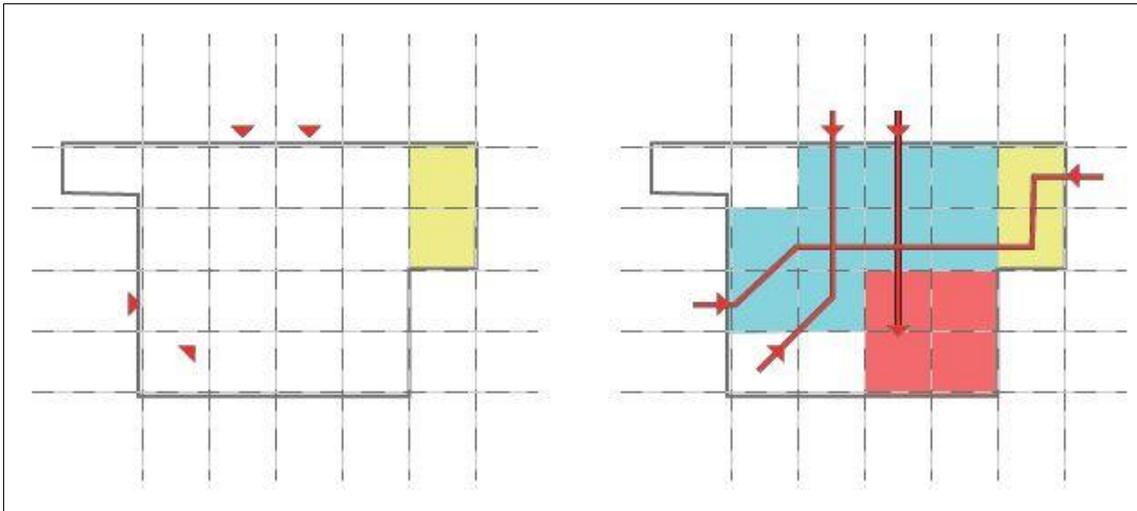
Shape Grammar come schema di composizione

In un senso più esteso del termine, Shape Grammar, la “grammatica della forma”, viene utilizzato in riferimento a tutte le trasformazioni geometriche che una forma iniziale di partenza assume, descrivendo il meccanismo e gli step in cui esse si succedono. In architettura si parla spesso di Shape Grammar quando si devono descrivere i movimenti di traslazione, la scala, le rotazioni e le riflessioni che permettono ad una forma di essere parte di un'altra [9]: le regole geometriche sono solitamente utilizzate per specificare un modo per sostituire forme particolari oppure per descrivere la procedura con cui si decompongono forme complesse.

Quando ci si riferisce alla sfera computazionale, la Shape Grammar indica una categoria specifica dei sistemi “di produzione”, ossia i programmi dedicati a fornire forme di intelligenza artificiale, in grado di produrre forme geometriche. In questo senso, ciò che contraddistingue la Shape grammar dagli altri sistemi di intelligenza artificiale è che l'insieme di un numero finito di regole e forme può generare un numero indefinito di soluzioni [10]. In modo semplicistico si potrebbe dire che la Shape Grammar consiste in una serie di regole (geometriche e matematiche) che in forma di algoritmo risolvono una forma iniziale di partenza quando azionate da un motore (hardware o software) di generazione, che le seleziona e le elabora in modo ricorsivo, per un numero infinito di volte.

Che si consideri l'una o l'altra accezione del termine, la grammatica della forma è un campo molto studiato nell'architettura in ragione del fatto di poter analizzare, creare, sintetizzare e scomporre i formalismi alla base dei progetti e delle morfologie degli elementi. Seguendo queste logiche, la Shape Grammar risulta tanto più utile quanto più viene circoscritta ad un problema di generazione piccolo ben definito, come i layout degli interni di un alloggio o, come nel nostro caso, una corte chiusa.

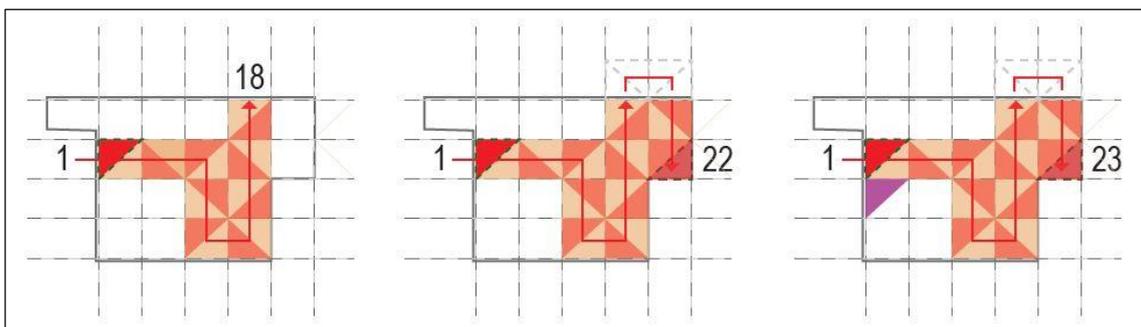
Indagando su come comporre i moduli e come creare layout compositivi particolari, si è scelto pertanto di approcciare il tema della Shape Grammar utilizzando delle regole geometriche (in questo caso bidimensionali) da ripetere sul terreno di



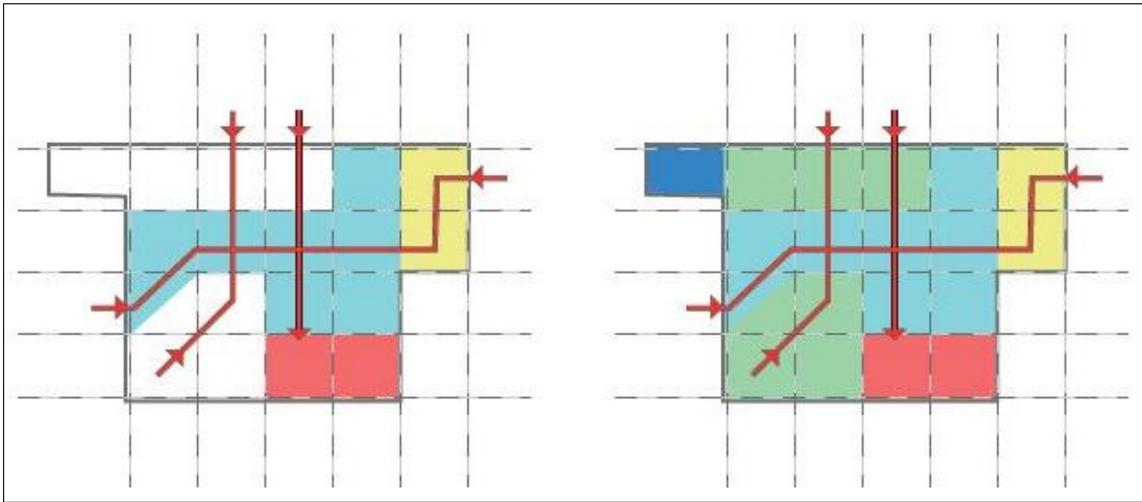
Accessi; aree d'interesse/punti di aggregazione; percorsi per definire le linee guida da seguire

È nata così: c'era un punto nodale e degli accessi. Negli accessi si è deciso di fare uno spazio distributivo, e di raccolta, e due nodi principali che erano questo, poi da qui si è deciso di fare la shape grammar.

ma ci serviva un modulo ancora per unire ultimo accesso...spazio distributivo in azzurro..e dato spazio distributivo alla fine si decide cosa fare verde e cosa acqua.. spazio distributivo, si creano queste due corti che vengono riempite con verde, e poi acqua che fa da raffrescamento all'ambiente..etc, aiuta ad abbassare la temperatura e raccolta della acqua



Massimo di 24 step/moduli per 190m²di area: applicazione delle regole si Shape Grammar veicolate dalle scelte progettuali.



Definizione contorni aree d'interesse/punti di aggregazione, rifiniti secondo la Shape Grammar.

-  Specchio d'acqua (fontana)
-  Aree verdi (giardino)
-  Spazio di percorrenza
-  Ingrasso
-  Zona Relax
-  Eccezione alla regola

progetto, in modo da creare un'impronta utile per la sistemazione dei moduli e dei componenti prefabbricati, che nel mio caso si sono tradotte in:

- data una geometria triangolare, specchiare l'elemento una volta sulla propria ipotenusa;
- successivamente, specchiare di nuovo l'elemento una volta su uno dei due cateti; (e ripetere i passaggi nell'ordine.)

Per definire da dove iniziare la generazione compositiva delle forme, si è scelto di studiare le relazioni spaziali tra gli elementi in pianta, tenendo in conto lo schema degli accessi e delle aree d'interesse. Scelto quindi un punto di partenza della griglia, il footprint di progetto è il risultato dei passi in cui si generano moltiplicandosi i triangoli, in base alle logiche della Shape Grammar scelte.

Le regole di replicabilità bidimensionali vengono così definite per consentire di scegliere in maniera strategica su quale dei due cateti specchiare il nuovo triangolo, cambiando a piacimento il senso di movimento delle nuove forme e la morfologia generativa d'insieme: questo è stato reso necessario nel rispetto di alcuni vincoli di progetto previamente imposti e scelti, come alcuni punti di distanza dalle facciate monumentali e gli ingressi d'interesse da collegare. Nel caso del progetto specifico quindi è stato possibile veicolare la scelta in base a determinati fattori progettuali quali: l'esposizione del sito, le aree di aggregazione intenzionalmente individuate e lo spazio distributivo di connessione tra i corpi di fabbrica esistenti.

Il metodo compositivo sviluppato attraverso la Shape Grammar si sintetizza pertanto nell'individuazione di una forma composta di un numero preciso moduli, calcolato a partire dalla superficie calpestabile permessa nell'area, che viene regolata dagli step in cui si specchiano/ribaltano, moltiplicandosi, i triangoli. Nel caso specifico, questo movimento di ripetizione in alcuni punti viene controllato o modificato dall'azione del progettista, che agisce sulla forma in base alle linee guida compositive scelte.

Lo spazio adibito a giardino non è altro che lo spazio libero risultante, negativo dell'impronta del terreno lasciata dal costruito.

Generative Design con Dynamo

COMPUTATIONAL DESIGN

Nella progettazione, il disegno computazionale si presta come strumento la programmazione visuale avanzata e applicabile in un contesto diversificato come quello di una RSA.

Partendo da parametri (dimensioni, materiali, strutture, costi, relazioni e altro) e condizioni assegnate ad un design standard (modellazione parametrica), attraverso algoritmi generativi (generative design) si arriva ad elaborare possibili soluzioni.

L'architetto, il designer o il progettista esamina le soluzioni proposte ed opera scelte che restituisce al software perché affini o sviluppi nuovi possibili progetti, creando output in modo interattivo con lo strumento multimediale, arricchiti di immagini in 3D, suoni, digital tectonics.

Con l'ottimizzazione dei tempi e risultati, l'innovazione che viene dall'applicare il computational design e in generale i sistemi BIM risulta essere la simulazione:

prima di vedere una struttura finita ed edificata è possibile simularne la stabilità e le prestazioni di vario genere.

Nel corso del lavoro di tesi però mi sono spinta nel voler capire quanto questo schema mentale si potesse automatizzare grazie ai software di modellazione parametrica, per vedere quanto la macchina potesse supportare o addirittura sostituire la progettazione.

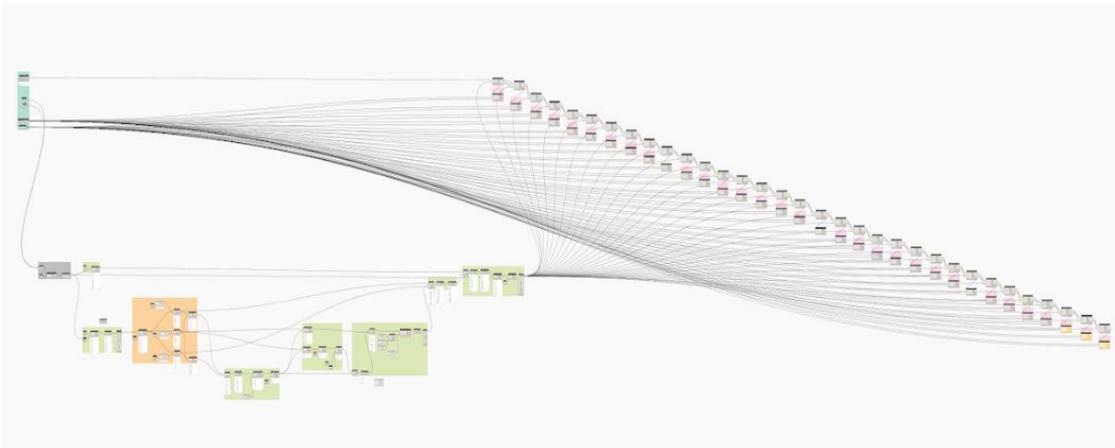
Pertanto si è deciso sviluppare uno script, utilizzabile dal cliente per future installazioni, che ragionasse secondo quelle regole geometriche individuate

precedentemente Il procedimento doveva seguire la traduzione delle logiche d'implementazione dello Shape Grammar, ossia:

- prendere la geometria di superficie del triangolo;
- seguire le due regole (specchia prima sull'ipotenusa e poi su uno dei due cateti) fino al numero di step definiti dall'area di superficie concessa.

Questa formula, all'apparenza semplice da poter replicare, presentava numerose "insidie" in linea teorica, come il fatto di dover vincolare la scelta casuale di uno dei due cateti per un massimo di tre volte ad evitare che i moduli si sovrapponevano l'uno sull'altro.

Di seguito s'illustra come si sviluppa il nodo su citato (presente poi negli allegati):



Esso si divide in 3 parti:

1) INPUT

Pacchetti di input dati

2) SHAPE GRAMMAR

Pacchetti che delineano la regola compositiva specchia geometria prima sull'ipotenusa e poi su uno dei due catechi casualmente.

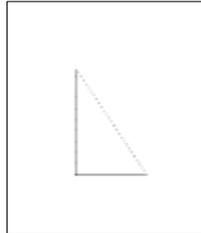
3) GENERATIVE DESIGN

Pacchetti che eseguono tale script generando delle superfici che seguono le regole previamente imposte.

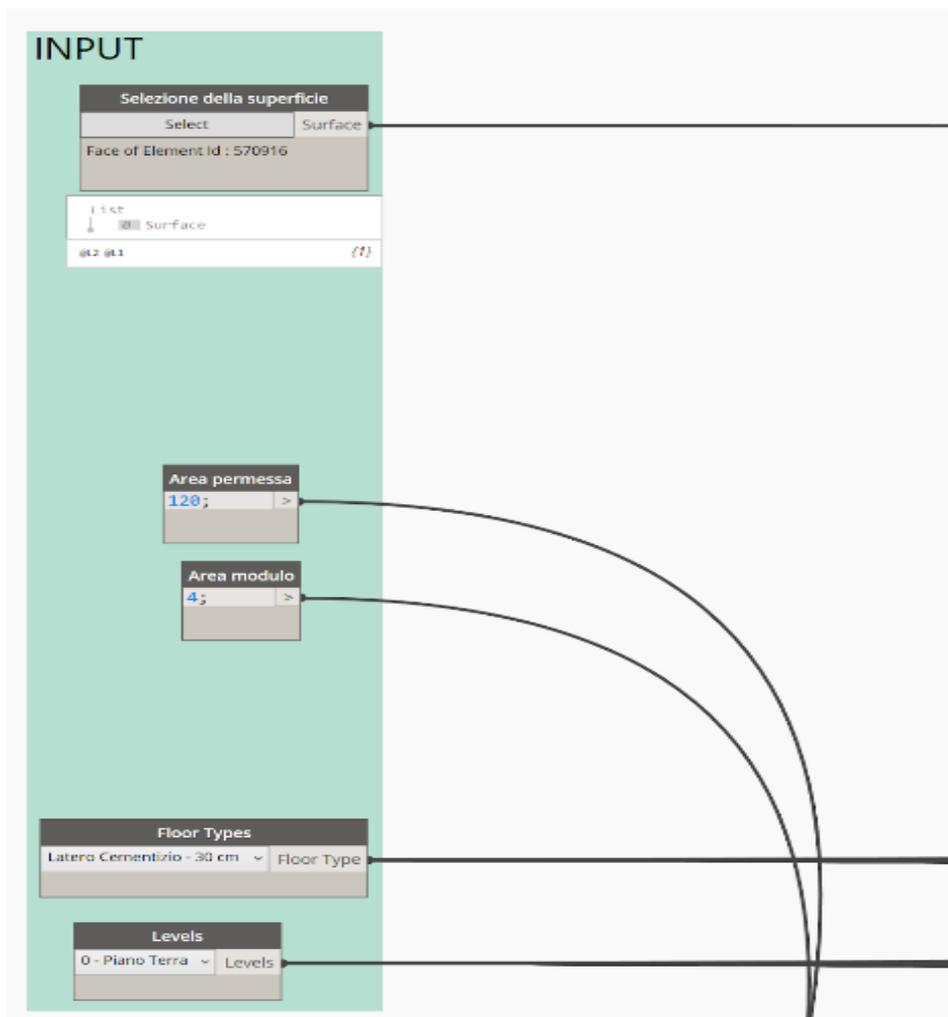
1_INPUT:

Come descritto i dati di input dello script si sono tradotti in:

- una geometria di superficie da selezionare (il triangolo in questo caso);



- un'area permessa: es. 140 m² (Area massima concessa per la struttura temporanea);
- l'area del modulo: es. 4 m²

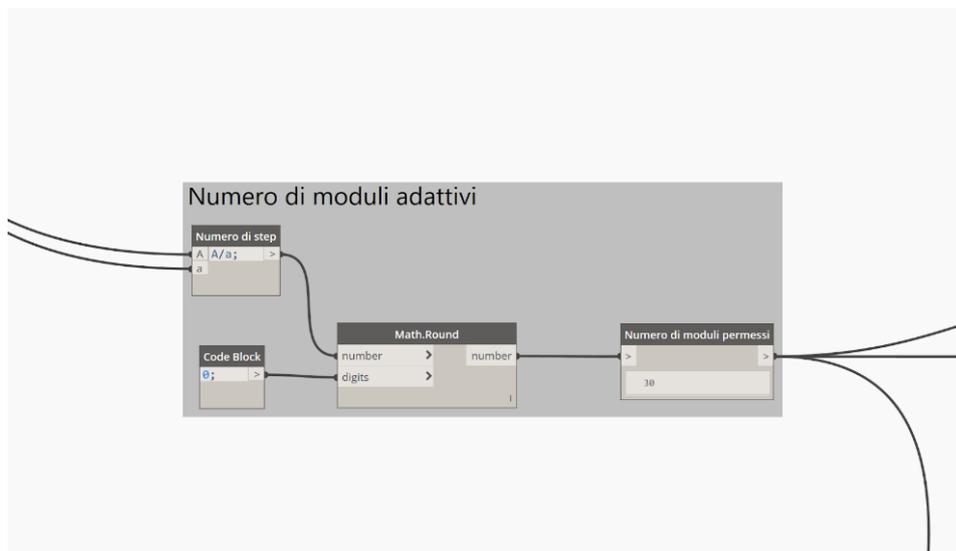


- una tipologia di solaio per poter generare i vari triangoli in pianta (come floor);
- un livello a cui associare questi triangoli: es. Piano terra.

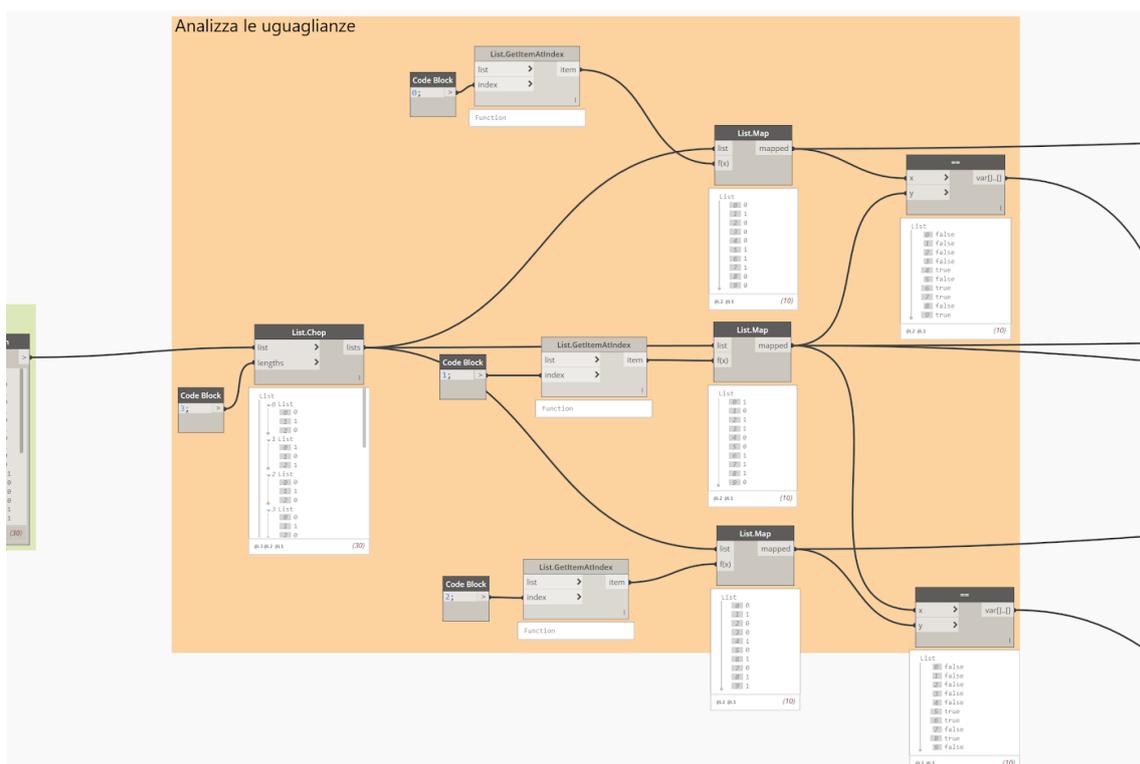
2_SHAPE GRAMMAR

Prima di tutto bisogna capire quanti moduli si possono ottenere e da qui delineare il numero massimo di “specchiamenti” possibile:

Dopo di che vanno generate due liste distinte:

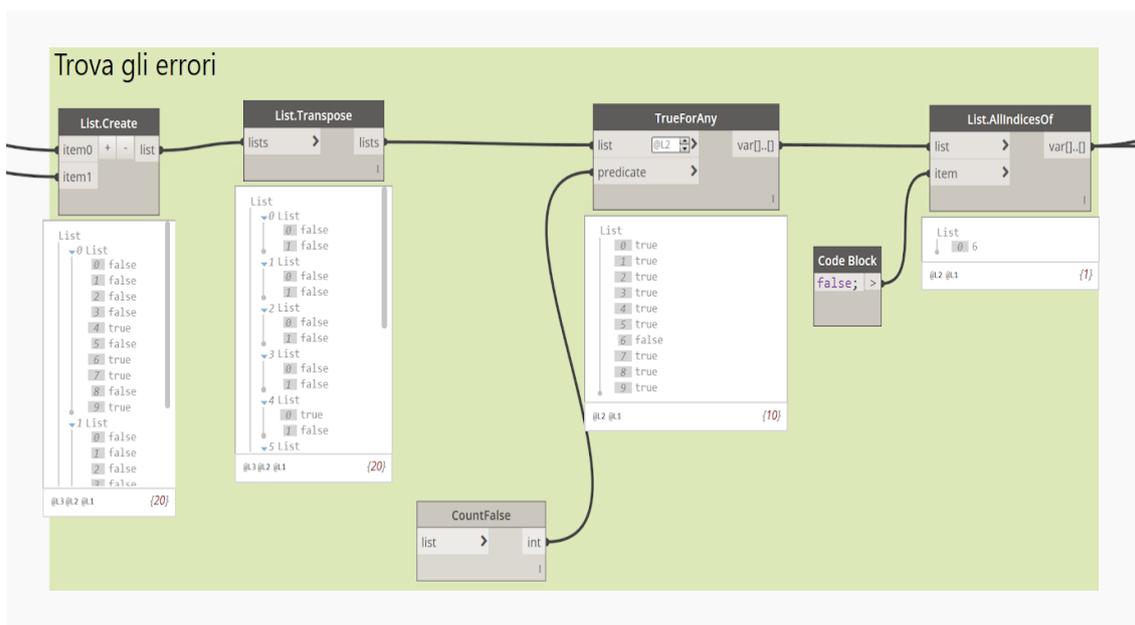


Per i cateti invece si è utilizzato un “List Cycle” di una lista contenente “0” e “1” come elementi ma come “amount” di ripetizioni la metà degli elementi concessi (30/2), dal momento che si avrebbe una lista di due elementi (quindi con il doppio degli elementi) e per restare sempre con 30 entità nella lista finale. Una volta ottenuta la lista attraverso un “List.Cycle” si è potuto ristabilire il loro ordine in modo casuale passando da: 0,1,0,1,0,1,...(etc.) a: (ad esempio) 0,0,1,0,1,1,0...(etc.)

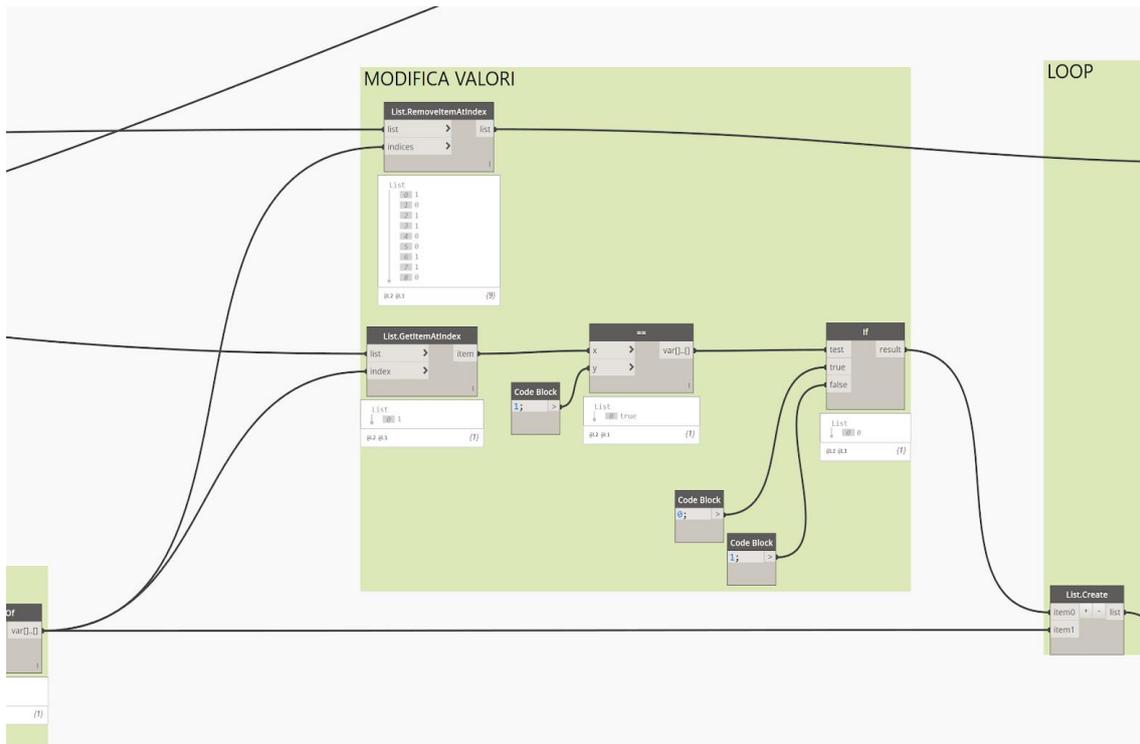


Una volta ottenuta la lista che permettesse la ripetizione random dei cateti, bisogna verificare che non ci siano mai quattro “0” o quattro “1” consecutivi, per il problema di sovrapposizione sopracitato. Per far questo si è scelto di analizzare le uguaglianze tra gli “index” a tre elementi alla volta. Quindi il primo index non sarebbe dovuto essere uguale al secondo né tantomeno al terzo. Per far ciò si è utilizzato il nodo “list.chop” con passo a tre, per andare a dividere infatti la lista iniziale in sottoliste da tre elementi. Una volta ottenute le sottoliste, si è impostata una uguaglianza tra la lista degli index “1” di ogni tripletta, con la lista degli index “2” di ogni tripletta. Si è eseguita la stessa operazione tra gli index “2” e “3”.

Successivamente si sono ottenute delle liste di “true” o “false”: True nel caso di uguaglianza e False in caso di disuguaglianza; abbinare poi attraverso un nodo “List.Create” e un successivo “List.Transpose”, queste liste True/False hanno permesso di capire quando l'uguaglianza era valida, sia tra “1” e “2” che tra “2” e “3”, ovvero quando questa risultava tra tutti gli elementi della tripletta e ciò non sarebbe dovuto succedere.



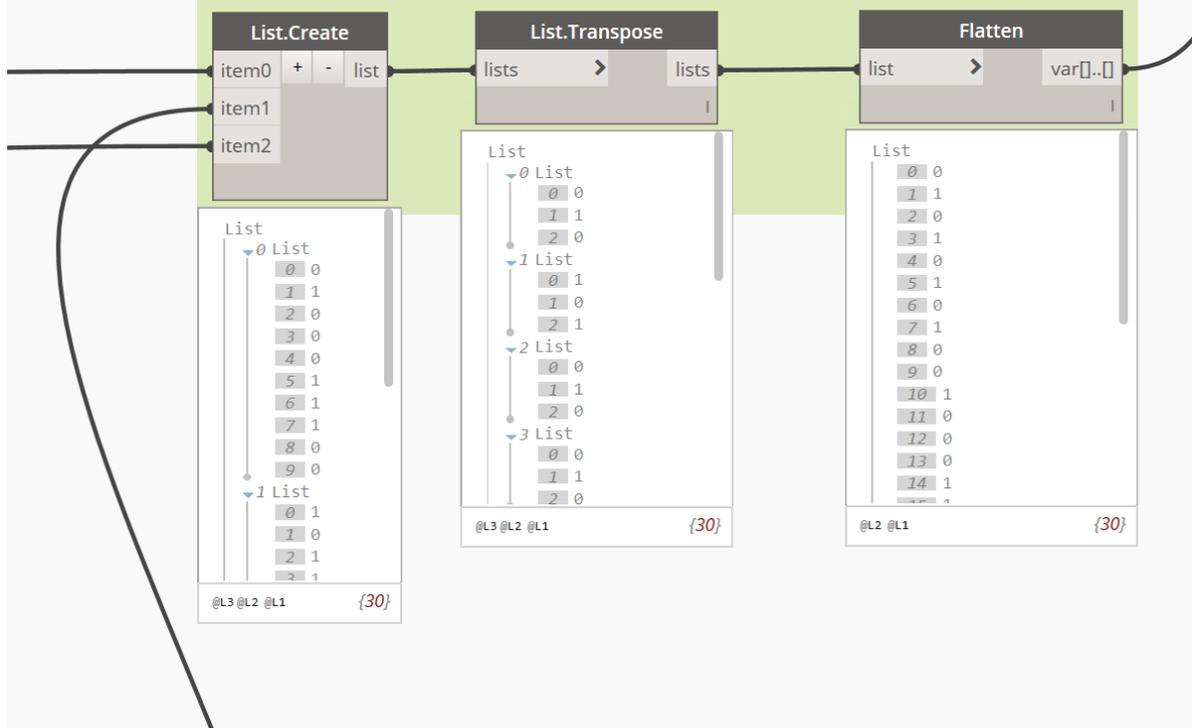
Pertanto, per evitare un falso risultato invece di un blocco di uguaglianza si è scelto di utilizzare il “Count False”, ovvero un nodo che mi ha permesso di capire dove avrei ottenuto due “True”, quindi due uguaglianze. In questo caso la tripletta numero “6” aveva tutti gli index dei cateti uguali.



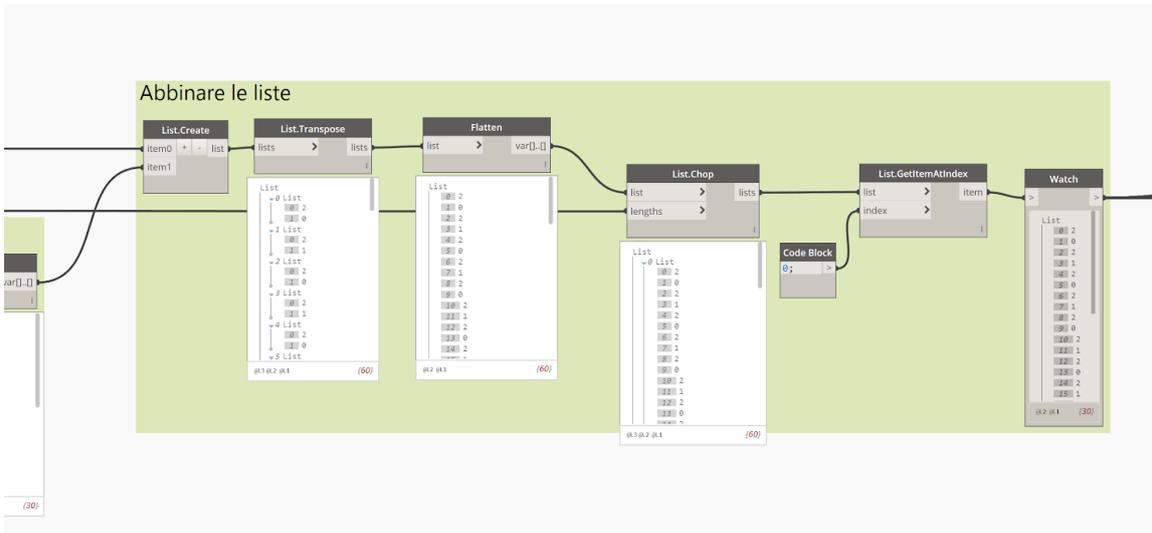
Dunque è stato necessario intervenire facendo modificare il valore (0 o 1) con il valore opposto (1 o 0). Per capire ciò ho utilizzato un'uguaglianza imposta ad 1 e un nodo "If", cosicché se il valore dell'elemento critico fosse stato uguale a 1 avrei sostituito il valore con lo "0", e se invece fosse risultato diverso da "1" (e quindi "0") avrei imposto un valore uguale ad "1" così da essere diverso da 0. Così per ogni elemento "problematico".

Per far sostituire tutti i valori in modo ciclico ho dovuto utilizzare diversi nodi legati alla funzione Loop di "ripetizione".

Ricomponimento della lista dei cateti (0-1)

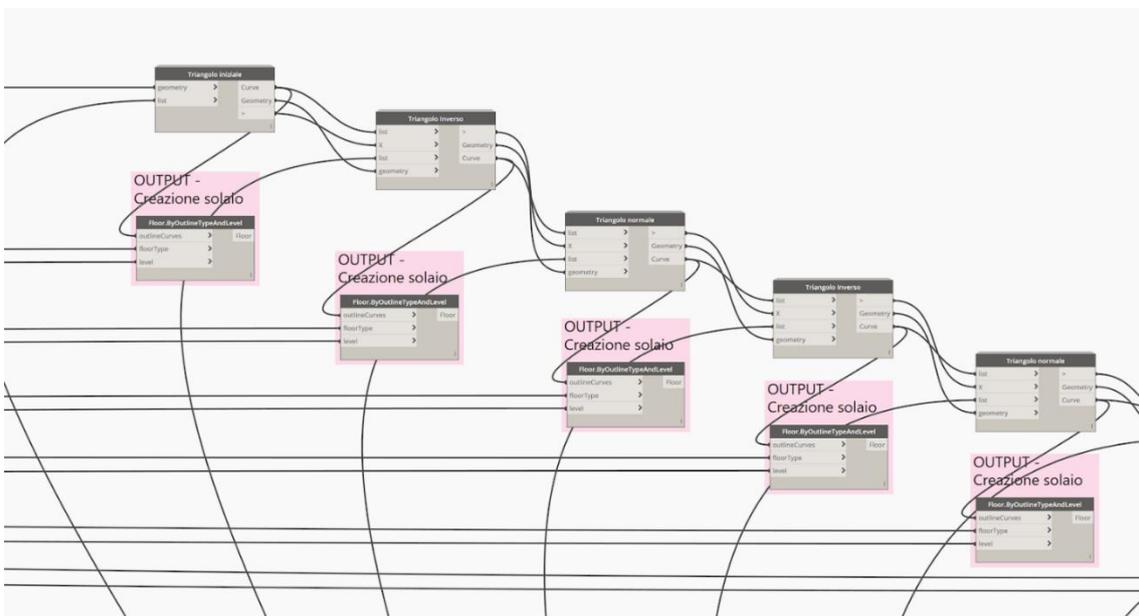


Ottenute le due liste, ci si è adoperati per combinarle tra loro, mettendo un valore della lista delle ipotenuuse alternato ad un valore della lista dei cateti:



Ciò è stato possibile attraverso la combinazione tra: un nodo “List Create”, associato ad un “List Transpose” e ad un “Flatten” a sua volta. Così facendo tuttavia si è ottenuta una lista da 60 elementi, il doppio degli step consentiti nel nostro caso. Nell’ultimo passaggio è stato perciò necessario tagliare in due attraverso il nodo “List.Chop” e poi “List.GetItemAtIndex” per prendere la prima serie di 30 elementi che sarà la lista di “Input” per i nodi generativi”.

GENERATIVE DESIGN

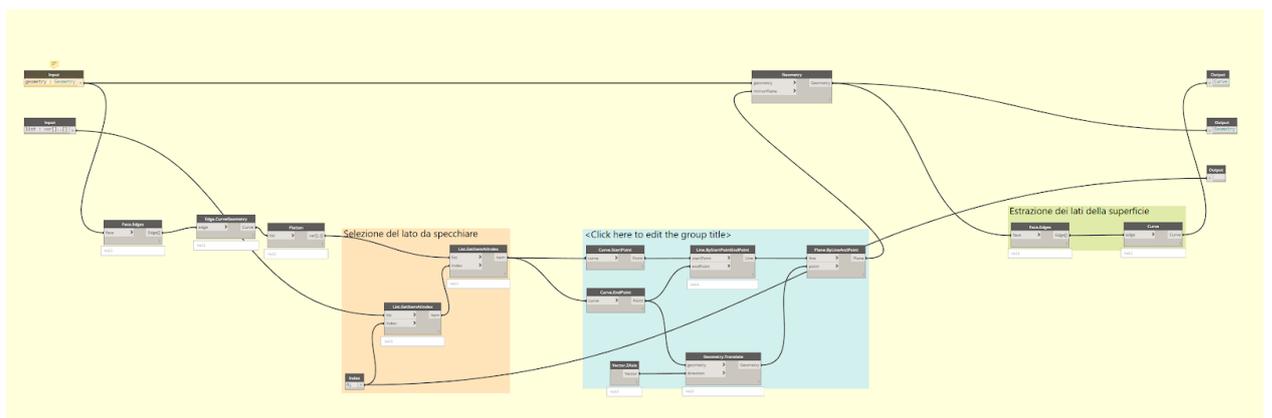


Attraverso questi nodi Custom si creano i vari Floor che delineano le geometrie dello shape grammar.

Ogni nodo prendere i dati di input dai dati di input iniziali, dalla lista di step ottenuta tramite i nodi dello shape grammar e il nodo precedente.

I nodi sono tre il primo, l'inverso e quello normale:

Sono fondamentalmente tutti e tre uguali tranne che il primo prende la geometria di riferimento e l'index da utilizzare per lo specchiamento direttamente dai dati di input mentre gli altri prendono la geometria generata e l'index successivo dal nodo precedente.

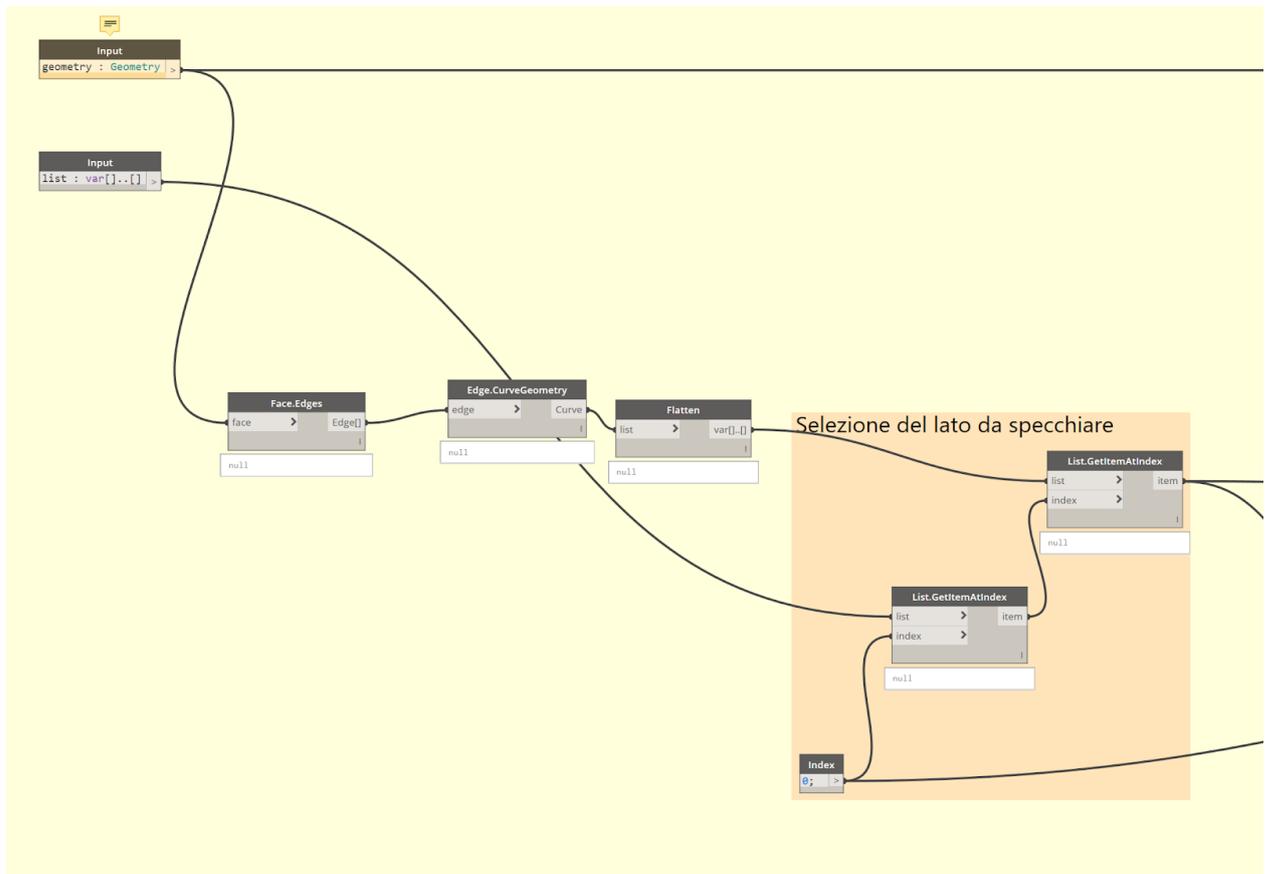


Il custom node prevede 3 step:

Ricezione della geometria e selezione del lato su cui specchiare:

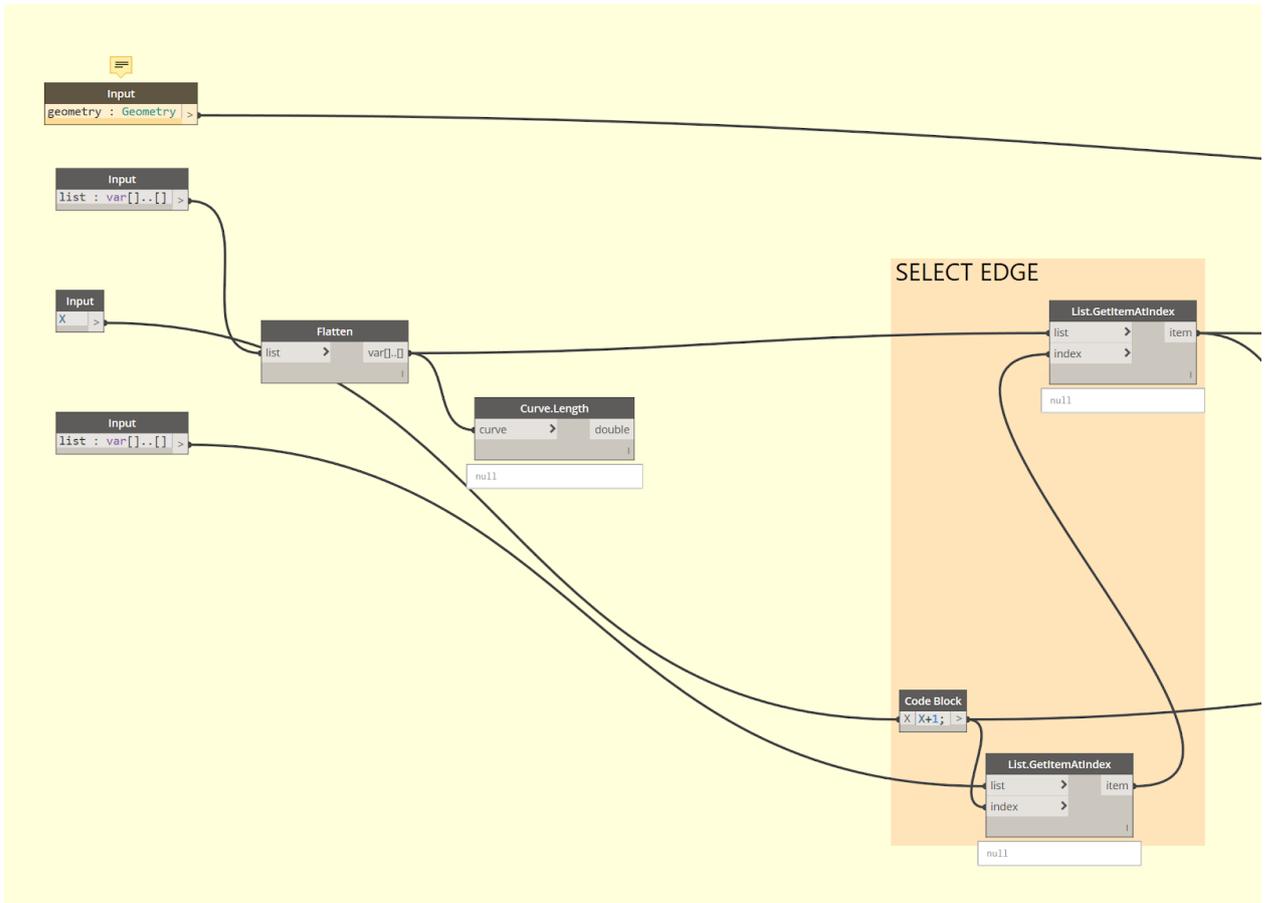
Selezione del piano di mirror

Estrazione della nuova geomtria

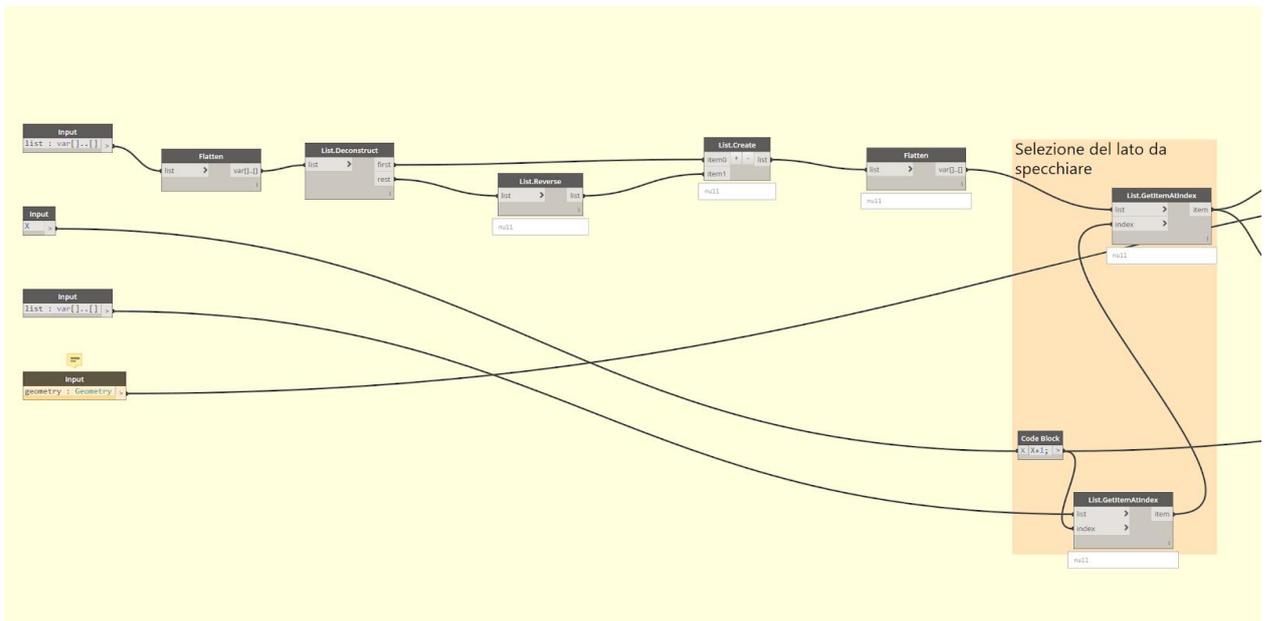


Nel dettaglio la prima parte si divide in selezione di una geometria, estrazione dei suoi lati (Face.Edges), della geometria dei suoi lati: CurveGeometri+Flatten

E poi selezione del lato su cui specchiare la geometria (Get item at index) in base ai alla lista ottenuta dalle regole dello chape grammar. Quindi in questo caso si sceglierà il lato 0,1 o 2 del triangolo che corrispondono al cateto A cateto B o Ipotenusa.



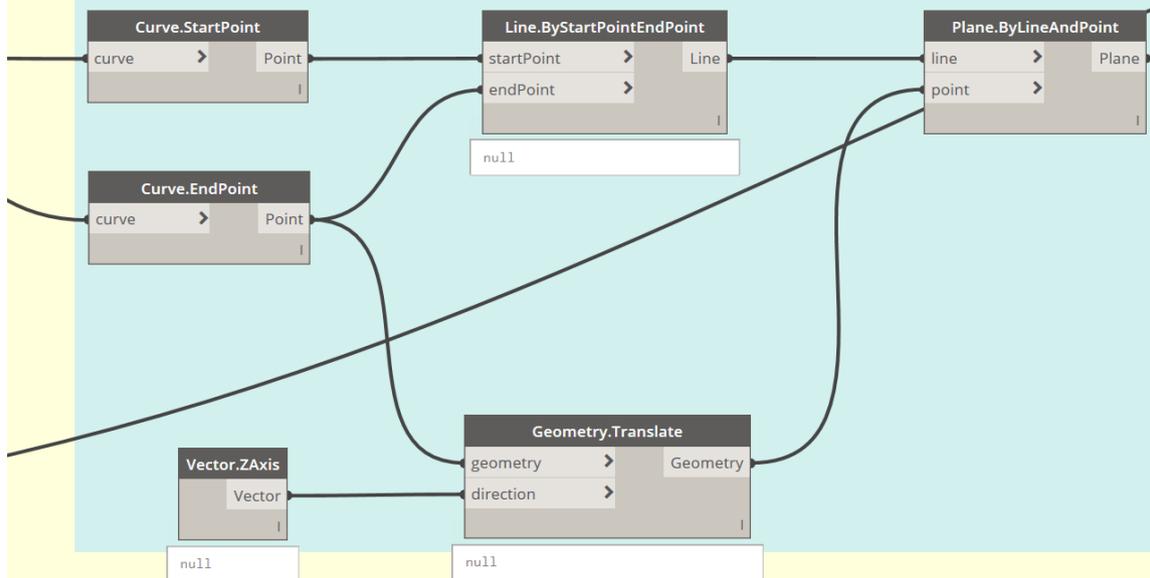
Per il nodo “normale” è tutto uguale se non fosse che la geometria proviene dal nodo precedente e l'index della lista dello shape grammar per poter selezionare un nodo e i tre lati si rifà a quello del nodo precedente +1 (quindi se nel primo era 0 ora siamo a 0+1 ovvero 1).



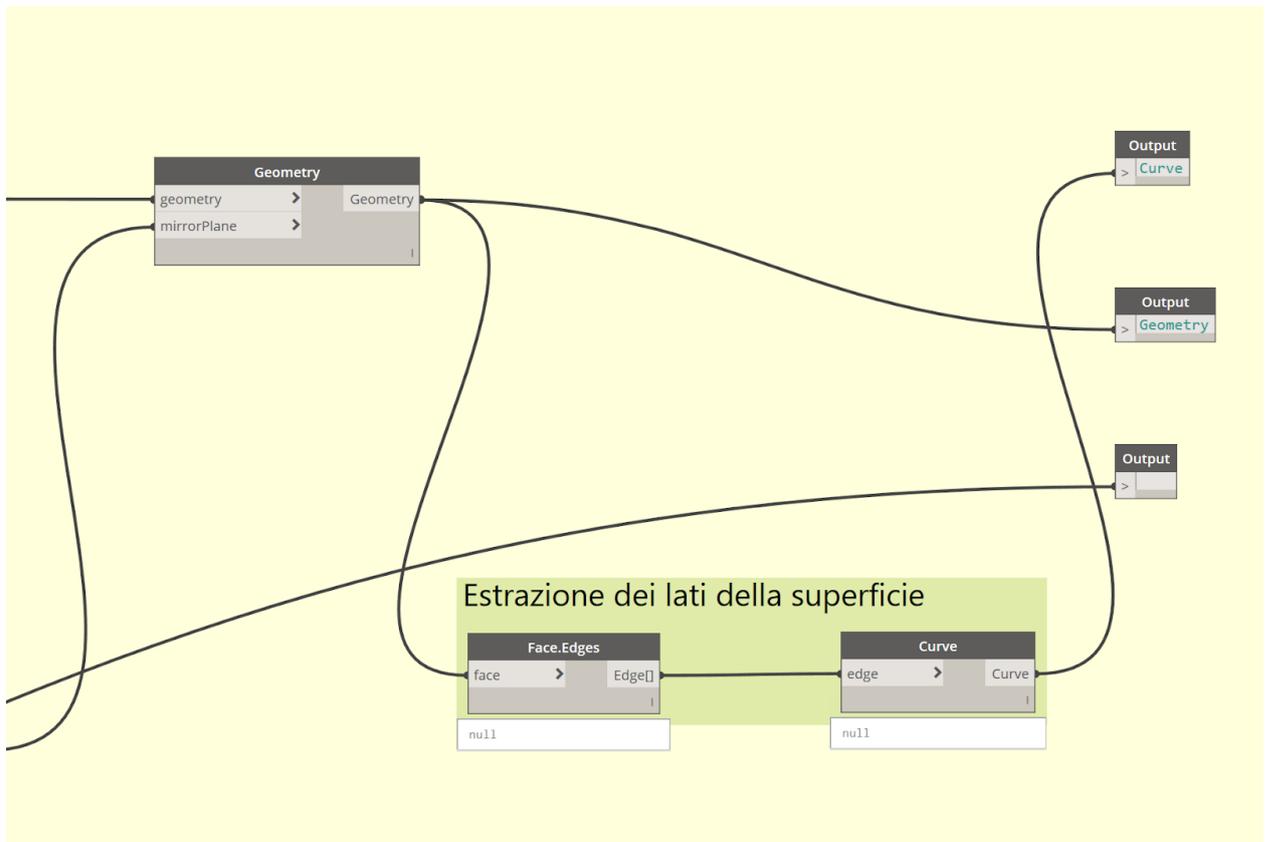
Infine è stato fondamentale creare un nodo che invertisse la lista della geometria di input perchè mi sono accorta che dopo il primo mirror l'ipotenusa non presentava più l'index 2 ma veniva mossa all'1 sballando completamente le regole legate allo shape grammar.

Inserendo però il List.Inverse l'index dei tre lati sono tornati: 0 cateto A - 1 cateto B - 2 Ipotenusa.

Piano su cui specchiare



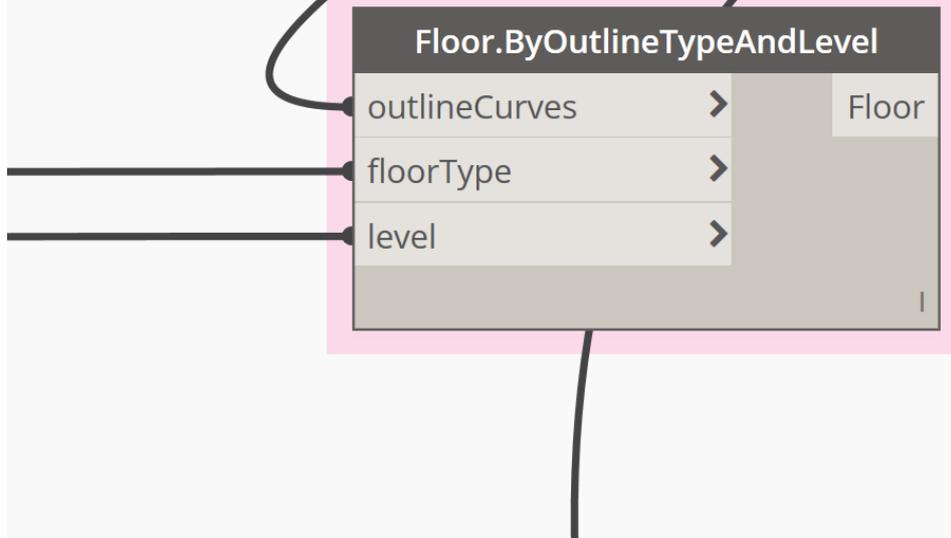
Ottenuto il lato su cui specchiare la geometria è stato necessario impostare un piano di riferimento per specchiare tale geometria, che semplicemente era dato da quel lato e un punto sull'asse verticale dell'end point di quel lato così che il piano ottenuto fosse un piano verticale passante per quel lato.



Infine ottenuta la geometria specchiata bisogna renderla effettiva tramite l'estrazione dei lati di questa nuova geometria: Face.Edge è Curve

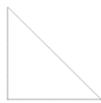
E la creazione di un solaio per poter visualizzare la geometria all'interno del progetto RvT.

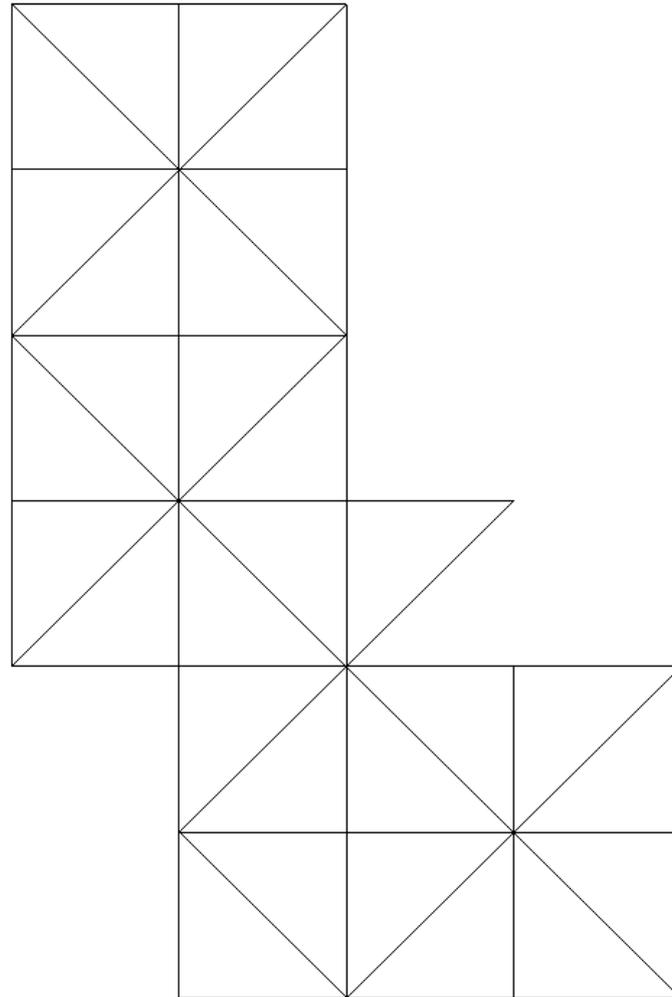
OUTPUT - Creazione solaio



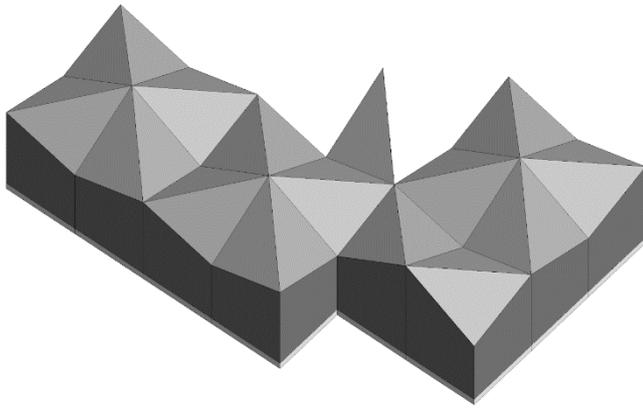
Tipologia del solaio scelta nell'input, creato tramite la geometria ottenuta dal custom node e posizionato al livello scelto nell'input.

Una volta avviato lo script all'interno del progetto è stato possibile visualizzare le infinite combinazioni derivate dal computational design. Così da poter iniziare a ragionarci sopra ecc...

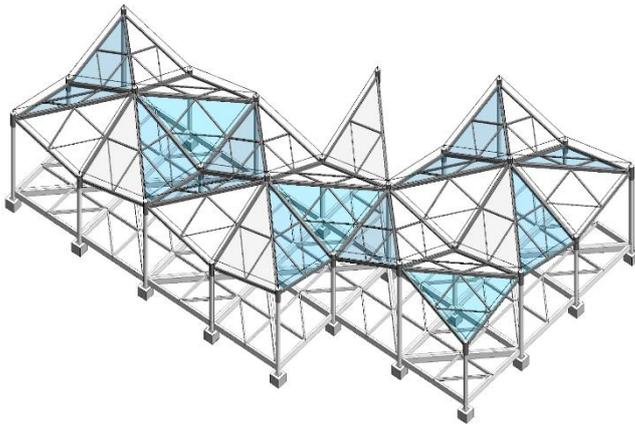


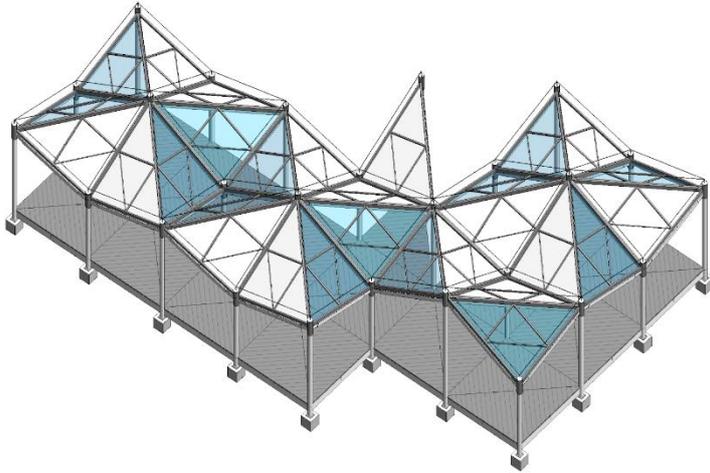


Che si è tradotto grazie a delle famiglie adattive in questo:



E poi questo:





I passi da seguire per utilizzarlo:

_C...User...AppData>Dynamo>Dynamo Revit>1.2>packages

_C...User...AppData>Dynamo>Dynamo Revit>1.2>definitions

_x installare nodi, ce ne erano tanti e li ho compattati, bisognava installare sul pc questi nodi (in cartella di installazione)

FUNZIONAMENTO

- Accertarsi per prima cosa che i 4 pacchetti siano dentro (quali sono= il terzo è x il loop)

- Abbiamo l input di selezione del solaio:

nodi che lo compongono= obiettivo:quanti moduli riesco a fare?L'importante è sapere solo l'area del modulo

- qual è la sagoma da copiare? Disegnala su Revit

- x fare andare: seleziona e poi Run (Manuale*)

Modellazione

Come strategia di modellazione si sono valutate diverse ipotesi: modellare tutto come massa concettuale alla quale assegnare poi elementi sulle proprie superfici, modellare ogni singolo elemento tecnologico come famiglia a sé stante o utilizzare delle famiglie adattive sostituibili tra loro. Dopo una serie di tentativi, essendo una struttura temporanea modulare, ho deciso di optare per l'utilizzo delle famiglie adattive, decisamente utili in queste situazioni.

Utilizzando, infatti, una famiglia adattiva con tre punti di inserimento è stato possibile istanziare ogni modulo triangolare proprio sui vertici dei singoli triangoli generati con lo script di Dynamo.

Alla prima istanziazione sono stati inseriti i moduli come volume geometrico LOD 100 (figura 12.1), partendo da essa si è poi potuto dettagliare ogni elemento architettonico e strutturale generando una nuova famiglia adattiva partendo dalla prima, utilizzando quindi con gli stessi punti di inserimento può essere sostituita facilmente l'una con l'altra.

all'interno della quale ho modellato famiglia dopo famiglia ogni elemento:

Plinti di fondazione

Pilastrini

Impalcato metallico

Travi di copertura

Copertura

Pavimento

Controsoffitto

Per evitare di specchiare le famiglie, pratica spesso sconsigliata, ho deciso di utilizzare due Type per ogni famiglia (A e B) con l'altezza dei vertici della copertura invertita (4-5-6 metri e 4-6-5 metri) così da ottenere il risultato desiderato.

Attraverso l'utilizzo delle famiglie adattive non è stato però possibile categorizzare correttamente ogni singolo elemento (come pilastri, fondazione ecc) ma d'altro canto è stato possibile ottenere un modello duttile, espandibile e riproducibile con una velocità e semplicità disarmante.

Demandando il computo delle quantità e delle dimensioni al singolo modulo parametrico. Esaminato un elemento è bastato moltiplicare per numero di moduli.

Una volta piazzate le famiglie adattive si è proceduto successivamente a modellare gli elementi a se stante e/o contorno tra cui le facciate del giardino d'inverno modellate come facciata continua con montanti e traversi, le porte di accesso, il giardino, il "locale" tecnico, la parete verde e lo specchio d'acqua.

Tutte le famiglie hanno dei parametri di assegnazione dei materiali attraverso i quali è stato possibile capire la resa fin dai primi passi.

E' stato aggiunto un parametro di cantierizzazione per la simulazione della costruzione del giardino d'inverno così da poterne verificare la costruibilità. Parametro fondamentale per far dialogare due software distinti, e per categorizzare le famiglie adattive modellate come generic model.

Verifica della fattibilità tecnica con l'esodo, il progetto non doveva risultare di intralcio durante l'equazione dell'edificio e questo è stato possibile con semplicità grazie al modello e l'utilizzo di un software che ne leggeva le proprietà.

STRUTTURE

Ogni modulo è caratterizzato da tre pilastri cavi all'interno dei quali è stato ipotizzato il passaggio dei cavi dell'impianto elettrico, fino al controsoffitto, e la raccolta delle acque piovane grazie a un elemento di raccolta in copertura e dei fori di scarico connessi alle tubazioni alla base. A connettere i pilastri sono stati ipotizzate delle travi di copertura e un impalcato metallico alla base per reggere il pavimento, contenere gli impianti e distanziare la terra. Il tutto irrigidito attraverso l'utilizzo di controventi di facciata sulle facciate opache a contatto con le facciate esistenti. Proprio sulle facciate esistenti sono stati utilizzati degli elementi custom, fuori modulo per copertura e pavimentazione all'interno dei quali si è ipotizzato l'inserimento dei giunti di dilatazione. Come copertura si sono scelte due soluzioni progettuali distinte, un pacchetto opaco con pannelli metallici e controsoffitto microforato e un pacchetto con copertura trasparente calpestabile, con pannelli centrali apribili per ventilazione naturale.

Facciata e copertura in vetrocamera selettivo.

Per la pavimentazione si è optato per una finitura a listelli di legno.

Pannelli sandwich in facciata se montati in piazza.

Come impianti è previsto un sistema di ventilazione meccanica controllata, un sistema di raccolta delle acque, impianti elettrici a pavimenti con risalita dei pilastri per l'illuminazione.

Il clima di sensibilità crescente legato ad eventi tragici e perdite di vite umane e l'evoluzione della normativa ha portato da qualche tempo anche l'industria delle costruzioni a studiare sistemi più evoluti per la sicurezza degli occupanti di un edificio, spostando l'attenzione dalle cause che provocano l'emergenza alla pianificazione degli aspetti che la riguardano. In questo quadro uno degli ambiti che si è più evoluto negli ultimi anni è quello dell'esodo, ovvero l'insieme dei sistemi inseriti per garantire l'evacuazione degli utenti di un edificio in tempi prestabiliti.

Alcuni episodi molto recenti, che hanno attratto l'attenzione dei media negli ultimi mesi, testimoniano l'attualità del tema. Un primo esempio è quello della discoteca "Lanterna Azzurra" di Corinaldo, in cui nella notte tra il 7 e l'8 dicembre scorso persero la vita 6 persone schiacciate dalla folla in preda al panico, mentre 67 furono ferite. Secondo le ultime perizie della procura di Ancona, la causa principale della tragedia sono state le vie di fuga, non adeguate all'esodo di una grande quantità di persone [1]. La sala disponeva infatti di una sola uscita di emergenza che, seppur a norma, non bastava a far defluire la folla, che si concentrò su una rampa, le cui balaustre hanno ceduto.

Un altro caso di cronaca che ha recentemente avuto grande riscontro mediatico è quello avvenuto il 3 giugno 2017 in Piazza San Carlo a Torino. Anche in questo caso gli eventi sono stati attribuiti all'inadeguata e pressoché assente pianificazione della sicurezza. Da un lato non era stata fatta una corretta valutazione dei limiti di affollamento (per un evento di questo tipo nella piazza per legge non sarebbero potute entrare più di ventimila persone, invece delle quarantamila presenti) e, dall'altro, non erano state predisposte opportunamente le vie di fuga per gestire il flusso delle persone [2].

Eventi come quelli sopra citati ci dimostrano che per poter garantire la sicurezza degli occupanti in una qualsiasi situazione di pericolo diventa essenziale

predisporre una rapida e ordinata evacuazione delle persone da un determinato luogo. Ma questo non basta. Infatti i casi in cui si verificano reali condizioni di emergenza ci mettono di fronte all'evidenza che a descrivere il reale svolgimento dell'esodo non sono solo fattori prevedibili a priori, ma anche una serie di dinamiche e comportamenti circostanziali: le facoltà psicomotorie o le reazioni psicologiche alla percezione della minaccia, sia di ciascun soggetto che collettive; il numero di persone e la loro distribuzione nello spazio (le persone in stato di panico non si muovono ordinatamente); l'influsso dato dai comportamenti delle altre persone nell'ambiente... sono tutti elementi che influenzano fortemente il modo in cui si produce l'esodo.

In sintesi emerge che l'esodo è determinato da dinamiche in cui incidono molte componenti di aleatorietà. Si rendono quindi necessari approfonditi studi e, soprattutto, prove sperimentali preliminari utili a pianificare il sistema di fuga nel modo più realistico possibile, con strumenti in grado di superare i consueti piani di emergenza. Quando si lavora con edifici e condizioni di occupazione molto complesse, infatti, le ipotesi di gestione predefinite rischiano di risultare riduttive, e gli operatori sono chiamati a prendere decisioni adeguate in tempi molto ristretti. Per rispondere a questa esigenza è necessario produrre delle simulazioni dell'esodo precise, rapide e coerenti, utili sia alla fase di progettazione, sia alla gestione della condizione di pericolo.

EVOLUZIONE DEI SISTEMI VALUTATIVI: DAL METODO PRESCRITTIVO ALLA FIRE SAFETY ENGINEERING

La possibilità di raggiungere un ruolo sicuro e la durata del tempo di evacuazione sono due dei principali requisiti per la sicurezza di un edificio in caso di incendio [3]. Tutte le misure, le norme e i metodi utilizzati per progettare le vie di esodo sono attinenti/pertinenti alla complessa materia di prevenzione incendi, che nel corso del tempo ha visto cambiare fortemente i suoi orientamenti di tipo ingegneristico.

Le prime norme di sicurezza antincendio si basavano su valutazioni geometriche semplici che facevano capo ad alcuni concetti stabiliti a priori (basati sui cosiddetti

criteri capacitivi) che oggi si considerano in buona misura anacronistici (ad esempio l'evacuazione svolta da persone mediamente abili veniva fatta considerandole poste direttamente sulla soglia delle porte d'emergenza o delle scale). Successive attività di ricerca svolte sul tema della prevenzione introdussero altri tipi di considerazioni, iniziando a formulare ipotesi più veritiere che tenevano conto del flusso e della velocità delle persone. A metà del XX secolo si arriva così a definire una serie di vincoli tecnici che ancora oggi costituiscono buona parte del repertorio normativo in uso e che identificano nel complesso il metodo "prescrittivo" per la valutazione della sicurezza dell'esodo in caso di incendio.

L'applicazione delle norme prescrittive tuttavia rende evidenti i molti limiti che questo approccio ancora presenta. Gli esperti del settore riconoscono ed evidenziano l'inesattezza degli elementi tecnici usati per calcolare l'esodo. È impreciso, ad esempio, considerare per il dimensionamento la larghezza di una porta nella sua interezza, senza contare che di questa viene utilizzata solo la parte centrale (la "luce libera") nell'atto della fuga. Anche la natura del flusso delle persone in fuga, che non avviene secondo rigidi schemi, e la loro velocità, condizionata da elementi spaziali che possono diventare ostacoli alla fuga, vengono rimessi in discussione per rendere quanto più verosimile il moto dell'esodo. Sulla scia degli studi condotti in questa direzione nasce una nuova branca della progettazione ingegneristica specializzata nella prevenzione antincendi, la Fire Safety Engineering (FSE), in Italia meglio conosciuta come l'Ingegneria della sicurezza antincendio.

Il nuovo approccio ingegneristico della FSE si basa sull'utilizzo del metodo "prestazionale", considerato un superamento dei limiti riscontrati nel sistema normativo "prescrittivo". Il metodo prestazionale valuta infatti le condizioni fisico-spaziali di un ambiente rispetto al modo in cui gli utenti si muovono al suo interno in determinate condizioni di pericolo. Attraverso l'applicazione di specifici modelli di calcolo viene simulata la sequenza temporale in cui un incendio si propaga e cresce, esaminando come le persone e i materiali di un ambiente vengono esposti al fuoco (o altri agenti dannosi) in vari momenti, al fine di determinare, come output finale, un tempo "critico", considerato il limite massimo disponibile per poter

mettere in sicurezza tutti gli occupanti dell'edificio. Tale modo di valutare l'emergenza si distingue quindi dal metodo tradizionale (prescrittivo): la progettazione del sistema di prevenzione non dipende dal rispetto di parametri stabiliti a priori, ma dalla dimostrazione che si garantisce un livello di sicurezza adeguato rispetto a criteri che vengono definiti insieme al progetto stesso. Questo permette di esaminare l'esodo attraverso gli strumenti che più si ritengono opportuni per ogni caso specifico, ossia quelli più adeguati a valutare le singole condizioni che influiscono sulle modalità in cui si prevede possa svolgersi il moto di fuga in una particolare tipologia di spazio. Inoltre il metodo prestazionale si può applicare a edifici o strutture in cui, per varie ragioni, le norme tecniche convenzionali non erano attuabili (si pensi ad esempio agli edifici sottoposti a vincolo monumentale come il Santuario del Trompone). È proprio questo il primo ambito in cui si aprono possibilità di testare il nuovo approccio ingegneristico per la prevenzione antincendio.

Attualmente la progettazione e la valutazione del sistema di esodo vengono condotte in conformità al D.M. del 9 maggio 2007 e al Nuovo Codice di Prevenzione Incendi (D.M. 3 agosto 2015), oltre alle linee guida ed agli standard internazionali inerenti la Fire Safety Engineering (tra cui ISO, BS, NFPA, SFPE, etc.). Il D.M. del 2007 introduce i nuovi metodi della FSE attraverso l'adozione di un nuovo iter basato su rispetto di soglie prestazionali quantitative, che si affianca a quello tradizionale ma non lo sostituisce. Il secondo (2015) riprende ad ampliare le innovazioni normative introdotte dal decreto precedente permettendo concretamente al progettista in determinate occasioni la scelta tra il rispetto delle norme tradizionali o l'adozione dell'approccio ingegneristico prestazionale per valutare le modalità di esodo e indicare misure di sicurezza equivalenti. L'obiettivo di questo percorso di aggiornamento della normativa vigente è che il raggiungimento di un livello di sicurezza antincendio sostanziale risulti in conformità a norme tecniche e standard internazionalmente riconosciuti.

Quando viene adottato il metodo prestazionale, la valutazione della sicurezza si basa sui parametri ASET (Available Safe Egress Time) e RSET (Request Safe Egress Time).

ASET rappresenta il tempo disponibile per compiere l'esodo e raggiungere un luogo sicuro (prima che la propagazione dell'incendio raggiunga un livello di rischio troppo elevato) e RSET è il tempo necessario a far uscire tutte le persone dall'edificio[4]. In particolare, per il rispetto della normativa, occorre poter verificare il rispetto della disequazione: $ASET > RSET$.

Rispetto all'approccio prescrittivo, che si basa su calcoli che verifichino il rispetto di misure prestabilite in funzione della destinazione d'uso, il modello prestazionale include nel procedimento di valutazione dell'efficacia dei sistemi di prevenzione progettati gli aspetti comportamentali, simulando nel modo più reale possibile il comportamento degli utenti in caso di rischio. Il calcolo di ASET e RSET presuppone infatti modelli di calcolo complessi che simulano da un lato lo sviluppo dell'incendio rispetto alle caratteristiche dell'edificio, e dall'altro il movimento delle persone in fuga, ipotizzato rispetto a profili psicologici e sociologici degli occupanti reali o simulati, garantendo un maggiore controllo del rapporto tra rischi e misure di sicurezza.

L'approccio prestazionale attribuisce grande importanza agli aspetti psicologici e sociologici legati all'esodo. Da un lato questo aspetto è diventato di grande attenzione a seguito di una serie di eventi (vedi sopra) in cui il comportamento degli utenti non ha corrisposto alle previsioni con cui era stato progettato il sistema di sicurezza. Dall'altro è stato dimostrato che il peso degli aspetti comportamentali cresce all'aumentare del numero di persone coinvolte in un'emergenza (vedi rif. articolo). Seppur il calcolo "meccanico" di velocità e spazi da percorrere durante l'evacuazione sia molto dettagliato, grazie alle numerose sperimentazioni e misurazioni svolte con diversi profili di utenti tra cui persone con disabilità motorie, risulta molto condizionato dagli aspetti psicologici e comportamentali. Per tutte queste ragioni gli studi sul comportamento collettivo in condizioni di emergenza si sono orientati sempre più all'esodo alla scala urbana e non solo del singolo edificio.

Si può dire che la novità a cui si è giunti con il metodo FSE è stata quella di considerare: *"il comportamento umano in caso di incendio, che comprende non solo*

la risposta dell'organismo ai prodotti della combustione, ma anche i meccanismi mentali che governano le azioni svolte delle persone, da quando percepiscono l'esistenza di condizioni di pericolo a quando raggiungono il luogo sicuro”

Il calcolo dei tempi di esodo nella FSE, che viene svolto con modelli deterministici, può includere, nei casi più dettagliati, una serie di dati sul comportamento. In particolare gli studi sul comportamento umano permettono di definire in maniera sempre più verosimile il valore di RSET.

Come anticipato, quando ci si allontana da scenari ordinari la configurazione dell'ambiente, il numero di persone e le dinamiche psicologico incidono in maniera sempre più determinante. In questi casi i metodi prescrittivi prestazionali, che non possono tenere conto degli aspetti comportamentali, tendono a diventare sempre più imprecisi, producendo dei risultati molto lontani dal reale modo in cui ci si può ragionevolmente attendere che si svolga l'esodo. La FSE risponde più efficacemente a questa casistica, permettendo di introdurre elementi di elevata complessità come le relazioni interpersonali e il passaggio di informazioni tra le persone, fondamentali per prevedere adeguatamente il movimento dei gruppi. Maggiore è il numero delle caratteristiche che si vogliono simulare, maggiore è la difficoltà di costruzione e valutazione del modello di calcolo. L'impiego di sofisticati processi di calcolo ingegneristici può quindi diventare inutile e gravoso nei casi di strutture ordinarie, mentre risulta fondamentale per progettare adeguatamente i sistemi di sicurezza quando sono coinvolte grandi quantità di persone e la variabilità delle scelte è molto elevata, dando la possibilità di impiegare soluzioni specifiche adeguate alla tipologia dell'infrastruttura.

SOFTWARE E PROGETTAZIONE

Il passaggio dal sistema prescrittivo a quello prestazionale produce un cambiamento sostanziale nel ruolo del progettista. Con l'avvento della FSE infatti il compito del progetto è duplice: da una parte individuare i livelli di prestazione adeguati per soddisfare le esigenze di sicurezza di uno specifico edificio e dall'altro verificarne il rispetto. Si tratta quindi di progettare contemporaneamente i

dispositivi di sicurezza e la loro misurazione. Attraverso un complesso sistema di simulazione e analisi il progettista deve sviluppare una sua valutazione del rischio in modo tale da: definire i rischi presenti; individuare le strategie progettuali più adeguate ai rischi; ottimizzare i costi e le misure; garantire un livello di sicurezza misurabile quantificabile; fornire indicazioni per la manutenzione nel tempo di un pari livello di sicurezza.

In questo modo il lavoro di progettazione del sistema antincendio tende a sovrapporsi e integrarsi molto di più al progetto architettonico, contribuendo a definirne degli aspetti sostanziali. Per raggiungere il duplice scopo di intervenire il meno possibile in adeguamenti delle strutture *ex-post* e di individuare criteri di sicurezza soddisfacenti, il progettista può avvalersi oggi di una serie di software e strumenti che permettono di lavorare in parallelo sugli aspetti spaziali e simulare in maniera rapida ed efficace gli effetti di determinate scelte progettuali sul modo in cui si svolge l'esodo. L'approccio ingegneristico-prestazionale si basa infatti sempre di più sul calcolo del tempo di evacuazione. In alcuni casi è possibile che gli ingegneri svolgano i calcoli manualmente, ma sempre più spesso ci si serve di modelli di evacuazione computazionale. Negli ultimi decenni in particolare, grazie al parallelo avanzamento delle ricerche sul comportamento umano, vengono prodotti modelli di evacuazione più precisi e sofisticati, che permettono, tra l'altro l'interoperabilità con software di progettazione architettonica.

In linea generale esistono due principali modelli di calcolo numerico per descrivere l'esodo degli occupanti impiegati dai software: quelli basati sul movimento (che predicono con precisione alcuni aspetti del movimento degli occupanti ma non includono alcuni fattori importanti come la conoscenza e familiarità con l'edificio) e quelli basati sul comportamento (che si fondano sullo studio delle interazioni tra le singole persone e sono attualmente oggetto di molti studi e approfondimenti). Questi ultimi possono essere ulteriormente suddivisi in base ai sistemi comportamentali che considerano. I modelli vengono validati rispetto a normative codificate, a dati provenienti da esercitazioni antincendio, a dati presenti in letteratura specializzata o rispetto ad altri modelli.

Nel corso della ricerca sono stati analizzati e testati una serie di programmi di simulazione dell'esodo alternativi per decidere quale impiegare per una sperimentazione operativa sul progetto del padiglione sviluppato in BIM. La scelta è ricaduta su Pathfinder, un simulatore basato sul movimento. Verrà più avanti fornita una descrizione dettagliata del programma, della simulazione svolta e dell'interoperabilità che permette di sviluppare con il BIM. Di seguito saranno invece brevemente presentate le caratteristiche di un altro dei programmi analizzati, di tipo comportamentale, utile a restituire un quadro più complessivo dell'attuale offerta di software per l'esodo e della differenza tra i due modelli disponibili (di movimento e di comportamento).

MassMotion

MassMotion è un software in fase di sperimentazione non ancora distribuito. Si basa su un modello di calcolo comportamentale che considera le azioni degli occupanti durante il movimento verso l'uscita e le loro capacità di decisione in funzione delle condizioni ambientali. Il modello si basa su simulazioni artificiali dell'intelligenza umana. Inoltre il software fa ricorso a calcoli probabilistici, per cui ripetendo la stessa simulazione diverse volte si ottengono risultati diversi. Per la simulazione viene rappresentata la posizione di ogni individuo nel tempo, mostrando come ognuno scelga il percorso di esodo basandosi sulle informazioni presenti nel piano, sull'esperienza personale e sulle informazioni ricevute dagli altri occupanti presenti. L'insieme degli occupanti viene così considerato come un gruppo omogeneo di persone che si muove verso l'uscita. Lo spazio è rappresentato in modo continuo simulando la presenza di ostacoli e barriere all'interno dell'edificio e il movimento degli occupanti dipende dalle condizioni ambientali, dalla struttura, dagli altri occupanti e dallo stato di propagazione dell'incendio. Il modello non può invece considerare informazioni sull'incendio, ma elabora la simulazione come se fosse un'esercitazione antincendio nell'edificio, permettendo di visualizzare i punti di congestionamento ed i punti critici all'interno dell'edificio in modo bidimensionale e tridimensionale. Il software consente infine di importare file CAD provenienti da

un altro programma al fine di aumentare il livello di precisione nella rappresentazione grafica dell'edificio.

Pathfinder

A differenza di MassMotion, i modelli di calcolo su cui si basa Pathfinder derivano dallo studio dei movimenti degli individui. Per questo motivo le tecnologie impiegate per lo sviluppo di videogames e programmi di grafica sono state indispensabili a sviluppare il software. Pathfinder permette di sviluppare rapidamente una serie di simulazioni ed esplorare diversi modi in cui si svolgerebbe l'esodo a partire da variazioni nelle proprietà dello spazio e degli occupanti. In questo modo diventa un importante strumento di analisi che può accompagnare la fase di progettazione. Rispetto ad altri simulatori permette infatti di valutare i modelli di evacuazione più rapidamente e di produrre alternative più adeguate al rispetto della normativa in una fase molto precoce del progetto. Il software viene poi usato per calcolare i tempi di esodo negli scenari più critici, in modo da fornire le informazioni necessarie alla validazione del layout definitivo del progetto. Ogni occupante nella simulazione viene descritto da una serie di parametri che determina il modo in cui si comporta durante l'evacuazione, che compie indipendentemente dagli altri occupanti. In questo modo gli occupanti possono essere caratterizzati per gruppi che condividono le stesse proprietà o a partire da modelli di comportamento diversi per ognuno. Il programma non calcola l'evoluzione dell'incendio, ma prevede la possibilità di importare file specifici per integrare questa informazione (ad esempio PyroSim). Anche Pathfinder permette l'importazione di file CAD e FBX e dispone inoltre di un'interfaccia 3D che permette di restituire la simulazione dell'evacuazione in maniera realistica. Oltre a questo tipo di output qualitativo, il programma fornisce anche i risultati della simulazione nella forma quantitative di statistiche che descrivono l'esodo.

Pathfinder è costituito da tre componenti: un'interfaccia utente, il simulatore e il visualizzatore di risultati 3D. L'interfaccia utente permette di impostare le caratteristiche delle geometrie e degli utenti per sviluppare la simulazione. Se si

dispone di un modello 2D o 3D vettoriale lo strumento di estrazione del pavimento consente di utilizzare la geometria importata per definire lo spazio di spostamento degli occupanti. Lo spazio importato viene trasformato dal programma in una mesh di navigazione 2D, da cui vengono sottratte tutti gli ostacoli che stanno tra il livello del pavimento ed un'altezza di 1,8 metri che vengono rappresentate come spazi vuoti nella superficie di navigazione. In alternativa è possibile disegnare manualmente la superficie su cui possono muoversi gli occupanti durante l'evacuazione, eventualmente ricalcando immagini 2D che possono essere anch'esse importate.

Gli occupanti possono quindi muoversi soltanto sulla mesh di navigazione, mentre gli oggetti solidi vengono semplicemente sottratti alla superficie, permettendo così di non sovraccaricare il modello. Esistono quattro tipi di elementi che caratterizzano la superficie di navigazione: spazio aperto (rampe e stanza), porte, scale o uscita. Ognuno di questi elementi ha un effetto diverso sul comportamento degli occupanti durante l'esodo. Ad esempio mentre lo spazio aperto non impone vincoli sul movimento, le scale e le porte comportano un rallentamento. La geometria di navigazione è inoltre organizzata in stanze con confini invalicabili. Per passare da una stanza all'altra gli occupanti devono ricorrere all'uso di porte. Se una porta è posta sul confine esterno dell'edificio viene considerata dal programma una porta di uscita, oltrepassata la quale l'occupante della simulazione si considera evacuato. Nell'interfaccia utente gli occupanti siano rappresentati con punti blu e le porte con linee spesse di colore diverso se si tratta di porte di uscita.

In Pathfinder, gli occupanti sono definiti da profili e comportamenti. Il software prevede profili che rappresentano diverse culture, età, abbigliamenti e soccorritori. È possibile inoltre prevedere che ci siano situazioni "speciali": occupanti su sedie a rotelle e letti di ospedale che devono essere evacuati da assistenti designati, famiglie, colleghi, studenti o altri gruppi che si cercano e mantengono una distanza minima. Il profilo serve a descrivere delle caratteristiche fisse, come la velocità massima. Il comportamento rappresenta invece le azioni che l'occupante intraprenderà durante la simulazione, ad esempio lo spostamento o l'attesa. Ogni occupante utilizza quindi

una combinazione di parametri che possono essere impostati nell'interfaccia utente e che determina le scelte che farà nel percorso verso un'uscita. In particolare questo può determinare il suo movimento nella mesh di navigazione o l'attesa in un certo luogo fino a quando non si verifica un evento. Pathfinder assegna inoltre livelli di priorità diversi a ciascun occupante, che stabilisce un ordine di precedenza nel passaggio. Questo permette ad esempio di simulare la presenza dei primi soccorritori, che devono essere in grado di muoversi attraverso le persone in fuga.

È possibile visualizzare i risultati 3D della simulazione in modo interattivo, spostandosi avanti e indietro nel tempo, focalizzandosi sui percorsi o su alcuni occupanti specifici. I risultati includono inoltre diagrammi cronologici e un riepilogo di: tempi di uscita massimi, medi e minimi e tempi di uscita attraverso specifiche stanze e porte per valutare eventuali punti di congestione.

Interoperabilità Pathfinder – BIM

1. Pathfinder non consente un'importazione diretta del formato di Revit Autodesk. È stato quindi necessario esportare il modello Revit in un formato che il software fosse in grado di leggere. Tra le varie opzioni disponibili la principale discriminante è il livello di informazioni e quindi di interoperabilità che si ritiene necessaria.
2. Per l'esportazione è stato quindi scelto il formato l'FBX (Filmbox), che permette di mantenere un alto numero di informazioni sia in termini di geometria che di materiali e texture. Questo ha comportato tuttavia dei problemi nell'estrapolazione automatica della mesh di navigazione, dal momento che alcuni dettagli architettonici presenti nel modello di Revit (come le soglie delle porte) non venivano letti da Pathfinder, impedendo il riconoscimento di superfici continue.
3. Le alternative erano quindi di correggere l'estrazione automatica delle stanze o ridisegnare l'intero perimetro della pavimentazione in modo che originasse una mesh continua. Si è optato per la seconda opzione, che seppur meno precisa risultava più rapida e funzionale allo scopo, procedendo quindi al ridisegno delle stanze e degli ostacoli manualmente.
4. Una volta completato il disegno delle stanze sono state inserite sempre manualmente le porte tra gli ambienti e di uscita. Il modello Revit importato ha consentito la rapida e precisa individuazione degli elementi. Trattandosi di una simulazione che riguardava solo il piano terra dell'edificio non è in questo caso stato necessario inserire scale o ascensori.

5. Si è proceduto quindi a definire il numero e profilo degli utenti. Nel padiglione si è ipotizzata la presenza di 76 occupanti, a partire dai limiti consentiti dalla normativa per le “sale di attesa” in modo da garantire un margine di sicurezza ulteriore dal momento che nell’uso reale di questo spazio è probabile che il numero di occupanti sia pari o inferiore.
6. Sono state definite quattro tipologie di occupanti per descrivere al meglio gli ipotetici utenti dello spazio: persone con un livello di mobilità normale, bambini, anziani e persone in carrozzina. Per l’evacuazione degli occupanti in carrozzina si è ipotizzato che un certo numero di persone presenti siano responsabili dell’assistenza ai disabili nell’emergenza.
7. Una volta definiti gli spazi e gli utenti è possibile far partire la simulazione e valutare il modo e i tempi di esodo.
8. Gli output consistono in: visualizzazione grafica 3D del modo in cui gli occupanti raggiungono l’uscita; il “t travel”, corrispondente al tempo necessario all’esodo di tutti gli occupanti, che serve al calcolo di RSET.
9. Se il calcolo non desse un risultato soddisfacente, le informazioni dell’esodo permettono di fornire indicazioni utili a migliorare le prestazioni del progetto delle vie di esodo e ri-verificarle su Pathfinder. Se la portabilità del modello risultasse ottimata, questo processo potrebbe essere fatto in maniera rapida e reiterata, fornendo un supporto in tempo reale alla progettazione.

RISULTATI

Andare oltre il progetto oltre al disegno

prima gli accessi, poi la distribuzione, poi formalmente si è deciso di usare il triangolo, ma il triangolo da un punto di vista parametrico, quindi attraverso questo modulo triangolare che è autosufficiente, etc. (fai vedere 3D) che sia in una piazza o in un altro contesto, in base all'esposizione e in base a queste due semplici regole (PRIMA REGOLA: lo specchiamento sulla propria diagonale/ipotenusa; POI la riflessione su se stessa o sul cateto A o cateto B dava sì (al) fare qualsiasi forma completamente parametrica, etc... a quel punto sta a noi giudicare quale sia la forma migliore in base a quello che può venire fuori...

MALFUNZIONAMENT e RAZIONALIZZAZIONE

SHAPE GRAMMAR CI SERVIVA X FARE MODULO PER L'ANDAMENTO DELLA COPERTURA/PER
CENTRARE DISCORSO INIZIALE SULLE FALDE

le grammatiche delle forme sono un modo per studiare i linguaggi bidimensionali

e si può decidere di farlo automatizzato, e si è fatto questo script che attraverso la ripetizione di questa cosa in base a un'area generale/ta e un'area stabilita del triangolo ti fa tot step in base a quanta area hai disponibile, che può essere automatizzata o può essere scelta (gli facciamo vedere qualche esempio dell'automatizzato), sono tutte forme che possono essere interessanti o meno per essere usate all'interno di fiere...come musei temporanei...in parchi e ovunque...invece nel nostro caso si poteva fare una soluzione casuale di tipo parametrico ma non si è voluto fare perché il caso non lo richiedeva...*era un caso delicato... non è che siamo automi, allora si è scelto per fare questa cosa qui (indicato dalla freccia)...per cui si è partiti dalla superficie totale, si è diviso la superficie del modulo, e si è ottenuto quanti triangoli si potessero fare, e poi si è scelto il percorso da far fare a questi triangoli (percorso nero che potete vedere)..l'unico compromesso a cui si è dovuto scendere dovendo dare noi in base proprio alla forma del luogo (piuttosto che realizzare in uno spazio tipo parco la soluzione formale) sono questi "spicchi qui" che adesso andiamo a vedere..

IN SOSTANZA/PER RICAPITOLARE: DATO DELLE REGOLE GEOMETRICHE (DI SHAPE GRAMMAR) DI SVILUPPO FORMALE/DI PASSO CHE GUIDANO/CI FORNISCONO IL PERCORSO, VARIATO SECONDO DEI CRITERI DI PROGETTAZIONE. IN QUESTO CASO ADATTATO LO SCRIPT/LA FORMULA ALLO SPAZIO COSTRETTO, E MODIFICATO DA/CON ALTRE REGOLE CHE LO SCRIPT NON PUÒ AVERE= PER DIRE COME ABBIAMO GESTITO NOI LA FORMULA (= "SPENTO" ALCUNI OGGETTI PER FAR TORNARE) PERÒ LO SCHEMA DI BASE È DELLO SHAPE GRAMMAR: DIAGONALI, TUTTO FUNZIONA/TORNA XK TUTTO SI SPECCHIA SU ANGOLI COSÌ NON HAI INCOGRUENZE DI COPERTURA, MANDI SCRIPT E VIENE PERFETTO (NON COME SUCCEDEVA ALL'INIZIO CHE NON VENIVA FALDA CORRETTA MESSA QUI MESSA LA..*). PRESO LO SCRIPT, LANCIATO ETC SI È VISTA UNA FORMA CHE POI È STATA RIVISITATA PER FARE STI 2D/PER STARE CON LA FORMA CHE SI VOLEVA: C'ERANO DEI VINCOLI E DELLE VOLONTÀ PRINCIPALMENTE CHE IN UNO SPAZIO APERTO NON SI SAREBBERO PRESENTATE. LO SHAPE GRAMMAR SI MANIFESTA IN TUTTO IL SUO SPLENDORE PERCHÉ POI SI FARÀ...

_MODULO/STUDIO UNA GRIGLIA DA CUI VIENE FUORI MODULO, LO BATTEZZO COME FUNZIONAMENTO SINGOLO _MIGLIORE SITUAZIONE POSSIBILE....CAPISCO ????

VADO A PROTOTIPARE GRID COMPLETAMENTE SCATOLARE A SE STESSA---LA RIPETI OVUNQUE COPRIRE FABBISOGNI E APPORTO TERMICO DI UN MODULO CHE VIENE REPLICATO (ANALISI

MODULO, DUE CASI STUDIO per ANALISI CONFRONTI FABBISOGNO TERMICO, VR PER CAPIRE DIMENSIONI REALTÀ VIRTUALE PER CAPIRE, SOLARE (CON ENSCAPE SOLO VISUALIZZAZIONE)

Abaco elementi verticali e orizzontali

Tema/metodo tecnologico/costruttivo???

Vince copertura nella questione energetica

Forma dettata dalla progettazione*

- Per prototipare spazio ho usato vr...(Mappare gli spazi le dimensioni)
- Analisi del tempo...pezzi smontabili...

Due casi studio: in uno spazio chiuso e in uno spazio aperto

quanto questo schema mentale si potesse automatizzare grazie ai software di modellazione parametrica e chissà se in futuro affiancato al machine learning.

con l'utilizzo di Dynamo che per quanto flessibile, sulla ripetibilità (Loop) presenta ad oggi ancora qualche difficoltà.

Prima si fa partire SHAPE GRAMMAR: regolata da quanti step (25 STEP, da formula/regola*)

BIBLIOGRAFIA

Libri

Osello A., Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti, Dario Flaccovio Editore, Palermo, Maggio 2012.

Salzano A., Tesi Metodologie BIM per la progettazione integrata di interventi di riqualificazione e rinforzo strutturale orientati alla sostenibilità ambientale, Napoli, 2015.

Carando C., Pissiniss M., Architettura religiosa nel territorio della diocesi di Vercelli : il Santuario della Madonna del Trompone di Moncrivello. Storia e riuso. » rel. Patrizia Chierici, Torino, 1988.

Teicholz P. Sacks S. Liston K. Eastman C., BIM Handbook. A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2008

National institute of Building Science, National Building Information Standards, Vols. Part 1, Overview , Principles and Methodologies, United States,

Articoli

Horwitz-Bennett, Articolo web Best of 2014: Modular Construction Delivers Flexibility to Healthcare, Healthcare design, Dicembre 2014.

Tesi

Standards

Regione Piemonte, Prezzario Regione Piemonte, Prezzi di riferimento per opere e lavori pubblici, 2018.

WEB

Bim Forum, Level of Development Specification, 30 Ottobre 2015.

RIFERIMENTI

- [1] A. N. A. Boukaraa, «A Brief Introduction to Building Information Modeling (BIM) and its interoperability with TRNSYS,» *Journal of Renewable Energy and Sustainable Development (RES D)*, 2015.
- [2] C. R. - G. Gallo, LA SFIDA DEL BIM, teniche nuove.
- [3] J. S. F. S. R. Volk, «Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs,» *Automation in Construction*, vol. 38, pp. 109-127, 2014.
- [4] BIMForum, «Level Of Development specification guide,» 2017.
- [5] B. Horwitz-Bennett, «Modular construction delivers flexibility in healthcare,» *healthcaredesignmagazine*, 2015.
- [6] «<https://cengineermag.com/article/bim-a-new-frontier-in-healthcare-design/>,» [Online].
- [7] F. Montaldo, *BIM for Project Management in Federated models: The Trompone case study*, 2018.
- [8] I. Dusi, *Processo BIM e VR per l'edilizia sanitaria Caso studio: Centro Diurno per malati di Alzheimer per il complesso del Trompone*, 2018.
- [9] E. Fasoulaki, *Integrated Design: A Generative Multi-Performatiove Design Approach, master thesis, MIT.*, 2008.
- [10] V. S. Bojan Tepavčević, «SHAPE GRAMMAR IN CONTEMPORARY ARCHITECTURAL THEORY AND DESIGN,» *Architecture and Civil Engineering Vol. 10, No 2, pp. 169 - 178*, 2012.
- [11] «<https://new.siemens.com/global/en/products/buildings/digitalization/bim.html>,» [Online].
- [12] «WAYBACK Team, Kickstarter, [Online]. Available: <https://www.kickstarter.com/projects/1494792746/thewayback->,» [Online].

- [13] «http://www.beckgroup.com/wp-content/uploads/2015/07/THR_Prefab_Modularization.pdf,» [Online].
- [14] «<http://wolfmediausa.com/2012/05/10/inpatient-projects-work-started-on-284m-sutter-hospital/>,» [Online].
- [15] «<http://www.luiginovarese.org/2014/11/04/>,» [Online].
- [16] «<http://www.piemontepress.it/piemontepress/portale/index.php?com=15598>,» [Online].
- [17] «<http://www.trompone.it/>,» [Online].
- [18] British Standard, BS 1192:2007, Collaborative production of architectural, engineering and construction information - Code of.