ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

DIPARTIMENTO di ARCHITETTURA CORSO DI INGEGNERIA EDILE - ARCHITETTURA

TESI DI LAUREA

in Modellazione Virtuale Per L'architettura

L'approccio interdisciplinare BIM e la sostenibilità integrata: progetto residenziale per una villetta monofamiliare in Sicilia

CANDIDATO Chiara Salvadori RELATORE Chiar.mo Prof. Simone Garagnani

CORRELATORE Arch. Gianluca Cattoli

Anno Accademico 2013/14

Sessione III

Alla mia adorata nonna che è sempre con me

INDICE

1. La diffusione del BIM nel mondo 1 2. La diffusione del BIM in Italia 4 3. Il caso di studio in BIM 6 Perché GREEN: Sostenibilità Ambientale 7 4. Il benessere umano e le componenti ambientali 9 4.1. Il concetto di comfort 9 5. Il clima 14 2.1 Parametri climatici 17 2.2 Gradi giorno 18 2.3 Temperatura dell'aria 19 2.4 Precipitazioni 20 2.5 Umidità 20 2.6 Vento 21 2.8 Stato del cielo 22 2.9 Radiazione solare 22 6. Progettazione Sostenibile 23 3.1 Orientamento 23 3.2 Ombre portate da ostacoli naturali o costruiti 24 3.3 Compattezza planimetrica e volumetrica 24 3.4 Destinazione d'uso degli spazi 25 3.6 Sistemi solari passivi 26 7. Materiali per la bioarchitettura 27 7.1. Il legno e lo sviluppo sostenibile 27 7.2. Il legno nella regione Sicilia 28	Introduzione	1
3. Il caso di studio in BIM 6 Perché GREEN: Sostenibilità Ambientale 7 4. Il benessere umano e le componenti ambientali 9 4.1. Il concetto di comfort 9 5. Il clima 14 2.1 Parametri climatici 17 2.2 Gradi giorno 18 2.3 Temperatura dell'aria 19 2.4 Precipitazioni 20 2.5 Umidità 20 2.6 Vento 21 2.8 Stato del cielo 22 2.9 Radiazione solare 22 6. Progettazione Sostenibile 23 3.1 Orientamento 23 3.2 Ombre portate da ostacoli naturali o costruiti 24 3.3 Compattezza planimetrica e volumetrica 24 3.4 Destinazione d'uso degli spazi 25 3.6 Sistemi solari passivi 26 7. Materiali per la bioarchitettura 27 7.1. Il legno e lo sviluppo sostenibile 27 7.2. Il legno nella regione Sicilia 28	1. La diffusione del BIM nel mondo	1
Perché GREEN: Sostenibilità Ambientale 7 4. Il benessere umano e le componenti ambientali 9 4.1. Il concetto di comfort 9 5. Il clima 14 2.1 Parametri climatici 17 2.2 Gradi giorno 18 2.3 Temperatura dell'aria 19 2.4 Precipitazioni 20 2.5 Umidità 20 2.6 Vento 21 2.8 Stato del cielo 22 2.9 Radiazione solare 22 6. Progettazione Sostenibile 23 3.1 Orientamento 23 3.2 Ombre portate da ostacoli naturali o costruiti 24 3.3 Compattezza planimetrica e volumetrica 24 3.4 Destinazione d'uso degli spazi 25 3.6 Sistemi solari passivi 26 7. Materiali per la bioarchitettura 27 7.1. Il legno e lo sviluppo sostenibile 27 7.2. Il legno nella regione Sicilia 28	2. La diffusione del BIM in Italia	4
4. Il benessere umano e le componenti ambientali 9 4.1. Il concetto di comfort 9 5. Il clima 14 2.1 Parametri climatici 17 2.2 Gradi giorno 18 2.3 Temperatura dell'aria 19 2.4 Precipitazioni 20 2.5 Umidità 20 2.6 Vento 21 2.8 Stato del cielo 22 2.9 Radiazione solare 22 6. Progettazione Sostenibile 23 3.1 Orientamento 23 3.2 Ombre portate da ostacoli naturali o costruiti 24 3.3 Compattezza planimetrica e volumetrica 24 3.4 Destinazione d'uso degli spazi 25 3.6 Sistemi solari passivi 26 7. Materiali per la bioarchitettura 27 7.1. Il legno e lo sviluppo sostenibile 27 7.2. Il legno nella regione Sicilia 28	3. Il caso di studio in BIM	6
4.1. Il concetto di comfort 9 5. Il clima 14 2.1 Parametri climatici 17 2.2 Gradi giorno 18 2.3 Temperatura dell'aria 19 2.4 Precipitazioni 20 2.5 Umidità 20 2.6 Vento 21 2.8 Stato del cielo 22 2.9 Radiazione solare 22 6. Progettazione Sostenibile 23 3.1 Orientamento 23 3.2 Ombre portate da ostacoli naturali o costruiti 24 3.3 Compattezza planimetrica e volumetrica 24 3.4 Destinazione d'uso degli spazi 25 3.6 Sistemi solari passivi 26 7. Materiali per la bioarchitettura 27 7.1. Il legno e lo sviluppo sostenibile 27 7.2. Il legno nella regione Sicilia 28	Perché GREEN: Sostenibilità Ambientale	7
5. Il clima 14 2.1 Parametri climatici 17 2.2 Gradi giorno 18 2.3 Temperatura dell'aria 19 2.4 Precipitazioni 20 2.5 Umidità 20 2.6 Vento 21 2.8 Stato del cielo 22 2.9 Radiazione solare 22 6. Progettazione Sostenibile 23 3.1 Orientamento 23 3.2 Ombre portate da ostacoli naturali o costruiti 24 3.3 Compattezza planimetrica e volumetrica 24 3.4 Destinazione d'uso degli spazi 25 3.6 Sistemi solari passivi 26 7. Materiali per la bioarchitettura 27 7.1. Il legno e lo sviluppo sostenibile 27 7.2. Il legno nella regione Sicilia 28	4. Il benessere umano e le componenti ambientali	9
2.1 Parametri climatici 17 2.2 Gradi giorno 18 2.3 Temperatura dell'aria 19 2.4 Precipitazioni 20 2.5 Umidità 20 2.6 Vento 21 2.8 Stato del cielo 22 2.9 Radiazione solare 22 6. Progettazione Sostenibile 23 3.1 Orientamento 23 3.2 Ombre portate da ostacoli naturali o costruiti 24 3.3 Compattezza planimetrica e volumetrica 24 3.4 Destinazione d'uso degli spazi 25 3.6 Sistemi solari passivi 26 7. Materiali per la bioarchitettura 27 7.1. Il legno e lo sviluppo sostenibile 27 7.2. Il legno nella regione Sicilia 28	4.1. Il concetto di comfort	9
2.2 Gradi giorno 18 2.3 Temperatura dell'aria 19 2.4 Precipitazioni 20 2.5 Umidità 20 2.6 Vento 21 2.8 Stato del cielo 22 2.9 Radiazione solare 22 6. Progettazione Sostenibile 23 3.1 Orientamento 23 3.2 Ombre portate da ostacoli naturali o costruiti 24 3.3 Compattezza planimetrica e volumetrica 24 3.4 Destinazione d'uso degli spazi 25 3.6 Sistemi solari passivi 26 7. Materiali per la bioarchitettura 27 7.1. Il legno e lo sviluppo sostenibile 27 7.2. Il legno nella regione Sicilia 28	5. Il clima	14
2.3 Temperatura dell'aria 19 2.4 Precipitazioni 20 2.5 Umidità 20 2.6 Vento 21 2.8 Stato del cielo 22 2.9 Radiazione solare 22 6. Progettazione Sostenibile 23 3.1 Orientamento 23 3.2 Ombre portate da ostacoli naturali o costruiti 24 3.3 Compattezza planimetrica e volumetrica 24 3.4 Destinazione d'uso degli spazi 25 3.6 Sistemi solari passivi 26 7. Materiali per la bioarchitettura 27 7.1. Il legno e lo sviluppo sostenibile 27 7.2. Il legno nella regione Sicilia 28	2.1 Parametri climatici	17
2.4 Precipitazioni 20 2.5 Umidità 20 2.6 Vento 21 2.8 Stato del cielo 22 2.9 Radiazione solare 22 6. Progettazione Sostenibile 23 3.1 Orientamento 23 3.2 Ombre portate da ostacoli naturali o costruiti 24 3.3 Compattezza planimetrica e volumetrica 24 3.4 Destinazione d'uso degli spazi 25 3.6 Sistemi solari passivi 26 7. Materiali per la bioarchitettura 27 7.1. Il legno e lo sviluppo sostenibile 27 7.2. Il legno nella regione Sicilia 28	2.2 Gradi giorno	18
2.5 Umidità 20 2.6 Vento 21 2.8 Stato del cielo 22 2.9 Radiazione solare 22 6. Progettazione Sostenibile 23 3.1 Orientamento 23 3.2 Ombre portate da ostacoli naturali o costruiti 24 3.3 Compattezza planimetrica e volumetrica 24 3.4 Destinazione d'uso degli spazi 25 3.6 Sistemi solari passivi 26 7. Materiali per la bioarchitettura 27 7.1. Il legno e lo sviluppo sostenibile 27 7.2. Il legno nella regione Sicilia 28	2.3 Temperatura dell'aria	19
2.6 Vento. 21 2.8 Stato del cielo. 22 2.9 Radiazione solare 22 6. Progettazione Sostenibile 23 3.1 Orientamento. 23 3.2 Ombre portate da ostacoli naturali o costruiti 24 3.3 Compattezza planimetrica e volumetrica 24 3.4 Destinazione d'uso degli spazi 25 3.6 Sistemi solari passivi 26 7. Materiali per la bioarchitettura 27 7.1. Il legno e lo sviluppo sostenibile 27 7.2. Il legno nella regione Sicilia 28	2.4 Precipitazioni	20
2.8 Stato del cielo222.9 Radiazione solare226. Progettazione Sostenibile233.1 Orientamento233.2 Ombre portate da ostacoli naturali o costruiti243.3 Compattezza planimetrica e volumetrica243.4 Destinazione d'uso degli spazi253.6 Sistemi solari passivi267. Materiali per la bioarchitettura277.1. Il legno e lo sviluppo sostenibile277.2. Il legno nella regione Sicilia28	2.5 Umidità	20
2.9 Radiazione solare226. Progettazione Sostenibile233.1 Orientamento233.2 Ombre portate da ostacoli naturali o costruiti243.3 Compattezza planimetrica e volumetrica243.4 Destinazione d'uso degli spazi253.6 Sistemi solari passivi267. Materiali per la bioarchitettura277.1. Il legno e lo sviluppo sostenibile277.2. Il legno nella regione Sicilia28	2.6 Vento	21
6. Progettazione Sostenibile233.1 Orientamento233.2 Ombre portate da ostacoli naturali o costruiti243.3 Compattezza planimetrica e volumetrica243.4 Destinazione d'uso degli spazi253.6 Sistemi solari passivi267. Materiali per la bioarchitettura277.1. Il legno e lo sviluppo sostenibile277.2. Il legno nella regione Sicilia28	2.8 Stato del cielo	22
3.1 Orientamento	2.9 Radiazione solare	22
3.2 Ombre portate da ostacoli naturali o costruiti	6. Progettazione Sostenibile	23
3.3 Compattezza planimetrica e volumetrica	3.1 Orientamento	23
3.4 Destinazione d'uso degli spazi	3.2 Ombre portate da ostacoli naturali o costruiti	24
3.6 Sistemi solari passivi267. Materiali per la bioarchitettura277.1. Il legno e lo sviluppo sostenibile277.2. Il legno nella regione Sicilia28	3.3 Compattezza planimetrica e volumetrica	24
7. Materiali per la bioarchitettura	3.4 Destinazione d'uso degli spazi	25
7.1. Il legno e lo sviluppo sostenibile	3.6 Sistemi solari passivi	26
7.2. Il legno nella regione Sicilia	7. Materiali per la bioarchitettura	27
	7.1. Il legno e lo sviluppo sostenibile	27
DIM: Duilding Information Modeling	7.2. Il legno nella regione Sicilia	28
BIM: Building information Modeling	BIM: Building Information Modeling	31

8. Cos'è il BIM?	31
8.1. La definizione	31
8.2. Perché il BIM? Come si inserisce in It	alia? 34
8.3. Il Team del processo BIM	35
8.4. Strumenti del BIM	37
8.5. Lavorare con un modello parametrico	39
8.6. Gli oggetti "consapevoli"	42
8.7. La scala di lavoro	45
8.8. Analisi e simulazioni	46
8.9. Ricavare le quantità e la stima dei cost	i47
8.10. Interoperabilità e formati	50
Il Progetto: villetta residenziale monofamiliare in	Sicilia 53
9. Inquadramento del Sito e ipotesi di sosten	ibilità 53
10. Il BIM nella fase di Concept Design e su	a applicazione 58
11. Analisi funzionale e dei requisiti n	ninimi rispetto alla
normativa	62
12. Modellazione standard utilizzando fam	•
con il mercato italiano, la libreria	
13. Modellazione elementi parametrici perso	onalizzati67
14. Scelta della tecnologia costruttiva: tipo	logia di struttura e i
pacchetti murari	72
15. analisi energetica	76
15.1 Le terminologie di base: spazi, superfic	i e zone 77
15.2 Come lavora la simulazione energetica	di un intero edificio
15.3 Green Building Studio	84
16. Le basi per un computo metrico estimati	
1	vo89
17. La condivisione di famiglie e dataset	

19.	Rese grafiche bidimensionali e tridimensionali	94
Conclus	ioni	97
20.	I problemi principali riscontrati	97
21.	Il risultato ottenuto	98
22.	Il BIM nel futuro Italiano	99
Bibliogr	afia	101
Ringrazi	amenti	105

INTRODUZIONE

Il BIM (Building Information Modeling) è un processo coordinato introdotto da alcuni anni per agevolare l'integrazione delle informazioni pertinenti alle varie fasi di progettazione e realizzazione dell'opera edilizia. La rappresentazione digitale di un edificio, completa di tutte le sue parti ed informazioni sempre aggiornate, aiuta il confronto affidabili ed accessibili, decisionale, pianificazione, la produzione di elaborati, la stima dei costi e tanti altri aspetti del processo edilizio che vengono così ad essere trattati in maniera più efficiente, immediata e con meno sprechi rispetto a molti approcci tradizionali ancora in uso.

In diversi paesi esteri la metodologia BIM fa già parte o sta per farne presto parte della normativa locale, ovviamente non in maniera omogenea tra uno stato e l'altro.

1. La diffusione del BIM nel mondo

Gli U.S.A. sono uno dei paesi dove il BIM è più utilizzato sin dagli inizi del nuovo millennio, con una crescente diffusione che ha visto il suo apice intorno al 2009-2010. Nel 2003, la General Services Administration (GSA), attraverso il Public Building Service (PBS) Office of Chief Architect (OCA), ha stabilito il programma nazionale per il 3D-4D-BIM, pubblicando delle guide che descrivono la metodologia di lavoro nell'industria delle costruzioni. Il GSA ha richiesto, a partire dal 2007, l'uso del BIM per la "spatial program validation" prima di presentare il progetto in gara d'appalto. Questo permette ai team di progettazione GSA di convalidare i requisiti dello "spatial program" come: gli spazi necessari, le aree, gli indici di efficienza e così via, metodo più preciso e veloce rispetto all'approccio tradizionale 2D. Allo stesso tempo, tutti i progettisti sono incoraggiati dal GSA ad utilizzare modelli BIM 3D e 4D in tutte le fasi di progetto. Il GSA sta attualmente esplorando l'uso della

tecnologia BIM in tutto il ciclo di vita di un progetto, pubblicando le seguenti guide riguardanti i diversi settori:

Series 01 - 3D-4D BIM Overview;

Series 02 – Spatial Program Validation;

Series 03 – 3D Laser Scanning;

Series 04 - 4D Phasing;

Series 05 – Energy Performance and Operations;

Series 06 – Circulation and Security Validation;

Series 07 – Building Elements;

Series 08 – Facility Management;

Il GSA è una presenza molto attiva nel settore costruzioni, quindi la sua forte difesa del BIM è destinata a influenzare l'intero settore AEC negli Stati Uniti e rafforzare l'adozione globale della tecnologia.

L'utilizzo del sistema BIM in Australia si concentra sullo sviluppo dell'industria delle costruzioni al fine di adottare modelli digitali e tecnologie integrate per rispondere a nuove regolamentazioni, migliorare l'efficienza, affrontare i problemi ambientali e di ciclo di vita ed aumentare la competitività internazionale. Tale missione è stata promossa dal Built Environment Digital Modeling Working Group, un'iniziativa congiunta del Built Environment Industry Innovation Council (BEIIC) e dell' Information Technology Industry Innovation Council (ITIIC). Un ruolo importante assume anche il Specification System (NATSPEC), un'organizzazione National costituita da architetti, costruttori e proprietari immobiliari che operano attraverso associazioni professionali e gruppi governativi al fine di migliorare la qualità dei processi di costruzione attraverso la fornitura di informazioni, strumenti, prodotti e servizi. Nel 2012 il NATSPEC ha pubblicato la National BIM Guide, che aiuta a ridurre confusioni e incongruenze da parte di clienti e consulenti, e il BIM Management Plan Template che definisce una guida su come deve essere eseguito un progetto, monitorato e controllato attraverso il BIM e soprattutto attraverso lo sviluppo di un piano di lavoro come guida dell'intero processo edilizio. Ulteriore iniziativa è il Cooperative Research Centre (CRC) for Construction Innovation, un centro di ricerca concentrato sullo sviluppo di tecnologie, strumenti e sistemi di gestione per migliorare il settore dell'industria delle costruzioni.

A **Singapore**, il Construction and Real Estate Network (CoRENet) è la principale organizzazione coinvolta nello sviluppo e nella implementazione del BIM per i progetti governativi, ed il sistema CoRENet e-Plan Check è un progetto completamente finanziato dal Governo. Questo mira a fornire valore al progetto attraverso la migrazione da un tradizionale approccio 2D ad uno BIM in cui le informazioni sono contenute in un modello che funge da date-base e che può essere progressivamente arricchito durante il ciclo di vita di un edificio dalla progettazione, alla costruzione fino alla demolizione.

In **Finlandia**, per esempio, un ente pubblico responsabile del patrimonio immobiliare statale, la *Senate Properties*, ha promosso l'utilizzo dei modelli BIM e del formato IFC attraverso alcuni progetti pilota fin dal 2001. Nel corso di qualche anno si raggiunse una percentuale del 70% dei progetti gestiti secondo l'approccio BIM, diventando così rapidamente uno standard. Le autorità governative finlandesi già dal 2007 richiedono un modello BIM nei bandi di gara pubblici.

L'agenzia governativa Statsbygg **norvegese**, che segue la maggior parte degli appalti pubblici statali, ha stabilito l'adozione del BIM per l'intero ciclo di vita dei progetti. Nel 2007 cominciarono con i primi cinque progetti pilota per poi arrivare già nel 2010 a portare avanti tutti i loro progetti con metodo BIM. In Norvegia va considerato che il BIM sta prendendo largo uso anche nel settore privato.

L'utilizzo del BIM in **Danimarca** è stato promettente fin dagli inizi del nuovo millennio. Dal 2007 il governo estese l'uso del BIM definendolo obbligatorio come requisito di progetto. Nel giugno 2011 il Parlamento danese ha deciso di estendere l'adozione obbligatoria

del BIM a tutti i progetti locali e regionali di valore superiore a 2.700.000 € consigliando di scambiare i modelli in formato IFC.

Nel resto d'Europa però la pratica del BIM è rimasta molto più indietro rispetto ai paesi scandinavi prima citati, il **Regno Unito** è quello che sta concentrando più energie verso questo tipo di aggiornamento. Loro interesse era creare una buona connessione tra un sistema CAD su cui si basava la loro metodologia progettuale e il BIM così da rendere meno doloroso il passaggio e migliorando soltanto il processo di creazione, gestione e scambio di informazioni di progetto. Cercarono quindi già nel 2001 di creare uno standard specifico di riferimento della progettazione BIM così da poter rendere l'interoperabilità più fattibile. Il governo britannico mira ad ottenere una riduzione dei costi relativi alla realizzazione di opere pubbliche e delle emissioni di carbonio del 20%, per farlo nel 2011 hanno imposto l'obbligatorietà dal 2016 del metodo BIM per i progetti con committente pubblico.

La direttiva votata nel mese di Gennaio 2014 dal parlamento europeo denominata **European Union Public Procurement Directive** (**EUPPD**) stabilisce che i 28 stati europei membri possono incoraggiare, specificare o imporre l'utilizzo del BIM per i progetti edili finanziati con fondi pubblici nell'Unione Europea, a partire dal 2016.

2. La diffusione del BIM in Italia

In Italia al momento non c'è alcuna spinta del governo verso questa metamorfosi.

Ciò non significa che non si stia muovendo nulla: alcuni progetti pilota, come il restauro del teatro lirico di Milano, sono stati condotti con successo.



Figura 1 - Il progetto BIM del teatro lirico di Milano con Autodesk Revit - immagine Autodesk

Non c'è nemmeno da essere dispiaciuti per il mancato inserimento nel decreto sblocca Italia dell'articolo che sanciva l'avvio dell'iter programmatico per l'introduzione del Building Information Modeling, che allo stato attuale (cioè senza la redazione di norme procedurali e standard condivisi) sarebbe stato sicuramente prematuro.¹

A livello privato alle ultime fiere dell'edilizia (SAIE di Bologna e Made EXPO di Milano) sono state tenute numerose conferenze sul tema ed erano presenti ampi spazi espositivi di software house che promuovevano i loro strumenti BIM.

I primi corsi promossi dall'ordine degli Ingegneri e degli Architetti in Italia stanno prendendo piede.

L'azione quindi sta partendo da un punto di vista di interesse privato più che pubblico, probabilmente mosso anche da una necessità di rinnovamento e di ricerca del taglio dei costi del processo edilizio dovuto al periodo di crisi.

5

¹ SIMONE POZZOLI, 18 Dicembre 2014, articolo "L'adozione del BIM nella comunità europea", rivista *Progettare*

3. IL CASO DI STUDIO IN BIM

Con queste premesse la tesi ha voluto indagare potenzialità e criticità di strumenti progettuali avanzati per giungere ad una costruzione efficace e sostenibile. A questo scopo, Revit di Autodesk si è dimostrato un software che permette di avere in un unico spazio di lavoro tutti i dati pertinenti alle figure professionali che intervengono durante il processo edilizio, per gestire quest'ultimo sia negli aspetti più generali che per quelli più specifici.

Si è proceduto progettando una villetta monofamiliare localizzata a Mezzojuso, in Provincia di Palermo, in Sicilia, sviluppando un modello BIM che permettesse di esaminare molteplici aspetti: dal modello fisico, alla visualizzazione grafica 2D e 3D, alla modellazione parametrica, alla realizzazione di un modello concettuale energetico che coinvolgesse analisi di sostenibilità ambientale.

PERCHÉ GREEN: SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

La sostenibilità ambientale, ad oggi, è argomento sempre più presente nella progettazione architettonica. Ciò è dettato dalla necessità di soddisfare le sempre più esigenti richieste di comfort abitativo della popolazione che spesso comportano un intervento dell'uomo consistente sul pianeta, portando ad una sua alterazione. Questo porta a degli effetti che l'uomo stesso sta cominciando a subire, perciò è indispensabile ridurre le conseguenze negative e inventare dei metodi, delle tecnologie per poter raggiungere i propri scopi in maniera sostenibile.²

Sostenibilità è un termine che deriva da verbo latino "sustinere" che significa mantenere così com'è nel presente e portarlo avanti nel futuro, prolungare, le sue intrinseche caratteristiche sia qualitative che quantitative.

Quando si parla quindi di *Sostenibilità Ambientale* si intende pensare, progettare, costruire, utilizzare, mantenere e demolire senza alterare o inquinare l'ambiente e le risorse in cui si opera.

Progettare un'Architettura Sostenibile significa poter utilizzare al meglio le risorse potendole riciclare alla fine del processo e senza alterare negativamente ed irrevocabilmente il sistema da cui sono state prese. Non si sta semplicemente parlando di risparmio energetico inteso come riduzione delle dispersioni termiche e utilizzo di fonti di rinnovabili l'alimentazione di un'impiantistica energia per tradizionale. E' necessario uno sfruttamento delle condizioni climatiche del luogo atte a favorire il riscaldamento e il raffrescamento naturale, nonché prevedere un ridotto consumo delle risorse, privilegiare l'utilizzo del materiali in loco (possibilmente con ridotti processi di lavorazione o con un controllo dei processi del ciclo di vita del prodotto), evitare l'utilizzo di prodotti contenti sostanze nocive, tossiche o radioattive, incentivare l'utilizzo di risorse

²Cfr. PAOLELLA 2001, pag. 6

proveniente da riciclo, migliorare il benessere psico-fisico degli abitanti.

L'architettura sostenibile non coincide quindi con un preciso stile architettonico che può essere codificato, quanto più con una filosofia ed una metodologia che quindi si muta sistematicamente da luogo a luogo, da necessità diverse, dettato quindi dal clima, dall'utenza, dalle risorse e dalle tecnologie disponibili.

E' importante capire, per esempio, che i parametri più rilevanti che vanno considerati nella progettazione architettonica di un edificio nel nord Europa sono completamente diversi da quelli che sono da utilizzarsi per un edificio nell'Italia meridionale. Infatti variano le risorse (materie prime, tecnologie e maestranze che portano determinate tipologie di prodotti), il clima (altitudine, incidenza del sole, irraggiamento solare globale annuo, ore di soleggiamento diretto, indice di copertura del cielo, quantità di pioggia annua, presenza di neve, venti con direzione e velocità media, temperature medie mensili dell'aria, temperatura massima estiva e minima invernale, tasso di umidità, ombreggiamento, etc), la tipologia di terreno, la disponibilità idrica, presenza di mare, nonché le abitudini della popolazione e quindi i prodotti e le tecnologie che hanno sviluppato.

La progettazione quindi è fortemente influenzata dal sito e dalle sue intrinseche caratteristiche, ma anche dai principi di confort abitato, i quali possono essere determinati dalla cultura della popolazione che poi utilizzerà l'oggetto edilizio: le scelte valutate ecosostenibili in una parte del mondo potrebbe risultare tutt'altro se si cambia contesto. ³

Lo studio dell'architettura locale antica, storica e contemporanea, permette di capire rapidamente quali siano le peculiarità del luogo e le abitudini della popolazione, su quali necessità focalizzare la progettazione e quindi quali tecnologie e soluzioni utilizzare.

³ Cfr. CASTELLI 2008, pag.1-2

Anche l'utilizzo di materiali della tradizione (per esempio il mattone) richiamano lo studio di tecniche costruttive storiche esprimendo la relazione che hanno sempre avuto con il luogo e l'ambiente.⁴

Purtroppo gli obiettivi che vengono prefissi per un'architettura sostenibile (progettazione, costruzione e produzione) spesso entrano in collisione con alcuni vincoli legati per lo più alla sua utilizzazione, ma anche al ritegno che "materiale riciclato" sia sinonimo di scarsa qualità, oppure alla «riluttanza della produzione a sviluppare ricerca, sviluppo e prodotti adeguati»⁵. Il grande pubblico ha una scarsissima consapevolezza del problema, ancor più non capiscono come delle "sane abitudini" e una buona educazione alla sostenibilità sia necessaria e faccia davvero la differenza non solo per la salvaguardia del pianeta, ma anche per il loro interesse economico.

4. Il benessere umano e le componenti ambientali

4.1. Il concetto di comfort

Il concetto di comfort è legato a fattori soggettivi, cioè legati all'individuo, e a fattori ambientali, connessi quindi con l'ambiente circostante

Questi sono innanzitutto la temperatura, la velocità dell'aria e il grado di umidità, per ciò che concerne i fattori ambientali, il tipo di abbigliamento e l'attività svolta per quelli che riguardano l'individuo.

Si può far riferimento a dei modelli di tipo analitico (delle equazioni di benessere che correlano i diversi fattori) o sintetico (si usano degli indici termici e dei diagrammi).

Può essere utile far quindi riferimento ai campi igrometrici, visivi ed acustici per valutare se il livello di comfort sia ottimale.⁶

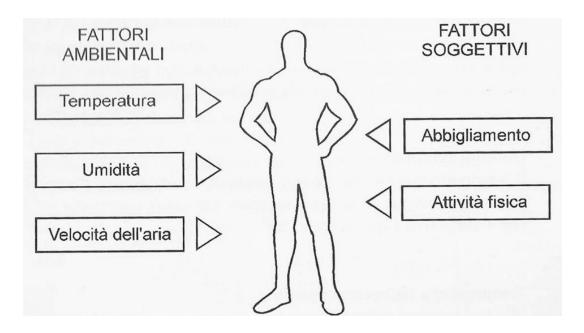
Il calore generato dal corpo umano attraverso il metabolismo viene continuamente smaltito con l'ambiente circostante. Le vie utilizzate

⁴ Cfr.Renato Cervini in Monti, Roda 2002, pag. 135

⁵ Nicola Sinopoli in Monti, Roda 2002, pag. 235

⁶ Cfr. DE PASCALIS 2001, pag. 9

sono lo scambio convettivo, per irraggiamento, l'evapotraspirazione e lo scambio di lavoro meccanico tra il corpo e l'ambiente. La quantità di calore scambiata per irraggiamento (R) dipende dalla temperatura media cutanea e da quella dell'ambiente circostante, quella per convezione (C) dipende dalla velocità e dalla temperatura dell'aria ambiente, quella per traspirazione (E) è in funzione invece della temperatura, dell'umidità relativa e della velocità dell'aria.



 $S = M \pm P \pm R \pm C \pm E$

con:

S → variazione dell'energia termica del corpo umano

M → potenza derivante dall'attività metabolica

P → potenza scambiata dal corpo con l'ambiente

 $R \rightarrow calore scambiato per radiazione$

 $C \rightarrow$ calore scambiato per convezione

 $E \rightarrow$ calore disperso dal corpo per traspirazione ⁷

Gli elementi climatici alle condizioni di benessere termo-igrometrico sono relazionati dal diagramma bioclimatico di Victor Olgyay dove viene individuata una zona entro la quale sussistono le condizioni di benessere ambientale relativamente ad una persona vestita con abbigliamento invernale ed impegnata in attività fisica leggera. Le

⁷ Cfr. DE PASCALIS 2001, pag. 12

curve del diagramma indicano la natura delle misure correttive necessarie per ristabilire la sensazione di benessere in qualsiasi punto all'esterno della zona di comfort.⁸

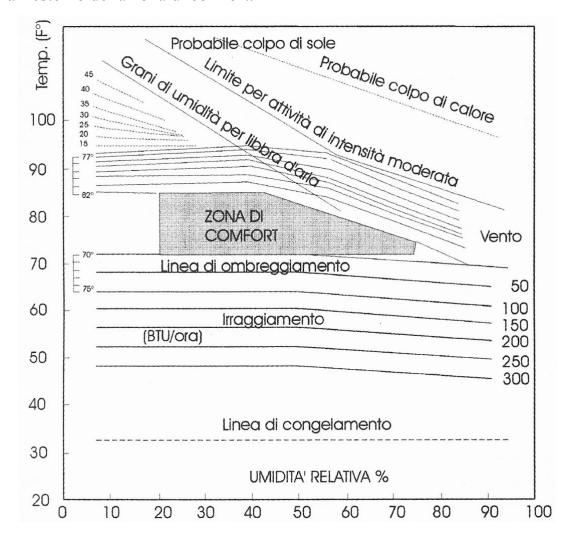


Figura 2 - Diagramma bioclimatico di V. Olgyay (per gli abitanti della zona temperatura degli USA) - DE PASCALIS 2001, pag.13

Per migliorare gli standard qualitativi dell'abitare è necessaria un'indagine bioecologica che si basa sui seguenti ambiti:

- Analisi delle condizioni climatiche e biofisiche del contesto

Si studiano gli aspetti che determinano il clima locale. Si distinguono quelli relativi a fattori biofisici e quelli climatico-metereologici.

⁸ Cfr. DE PASCALIS 2001, pag. 13

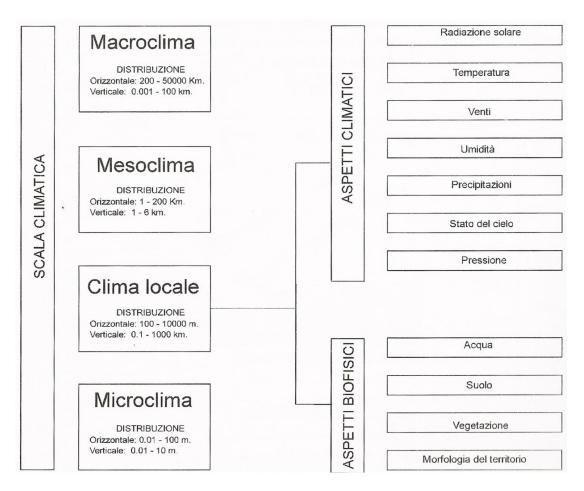


Figura 3 - Analisi condizioni climatiche contesto - De Pascalis 2001, pag. 14

- Valutazione dei fattori bioclimatici in relazione al comfort

Poiché l'edificio è destinato a soddisfare i bisogni biologici dell'uomo, quali sono i suoi effetti in termini di benessere ambientale? Il confronto tra gli elementi climatici e le reazioni umane definisce i livelli di comfort.

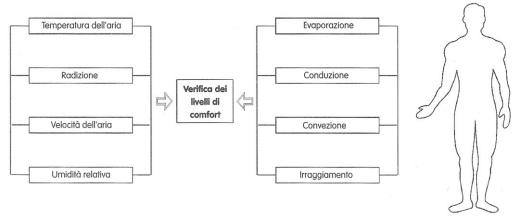


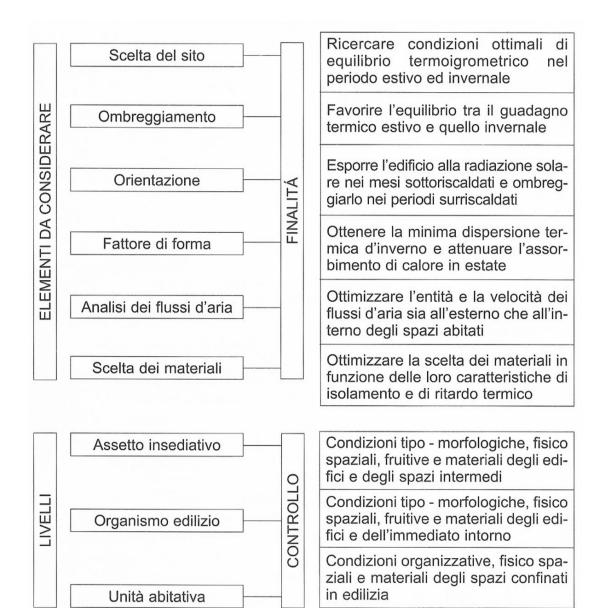
Figura 4 - Verifica dei livelli di comfort - De Pascalis 2001, pag.1

REQUISITI CHE SODDISFANO IL BENESSERE TERMOIGROMETRICO, ACUSTICO, VISIVO					
CLASSI DI REQUISITI					
1. Termoigrometrici					
	1.1	controllo della temperatura dell'aria interna			
	1.2	controllo della temperatura operante			
	1.3	controllo della temperatura superficiale			
	1.4	controllo della inerzia termica degli ambienti			
	1.5	controllo dell'umidità relativa			
	1.6	controllo dell'umidità superficiale			
	1.7	controllo della velocità dell'aria			
	1.8	controllo della ventilazione			
2. Visivi					
	2.1	controllo dell'illuminazione naturale			
	2.2	oscurabilità			
3. Acustici					
	3.1	controllo della pressione sonora			
	3.2	controllo della riverberazione sonora			

- L'applicazione e verifica dell'idoneità delle soluzioni progettuali

Una volta fatte le varie scelte progettuali è necessario che siano verificate rispetto ai parametri desiderati secondo specifiche finalità: ⁹

⁹ Cfr. DE PASCALIS 2001, pag. 14-16



5. IL CLIMA

«Per *clima* si intende l'effetto risultante dalla combinazione dei vari fatti meteorologici che caratterizzano una regione in un lungo periodo. I fattori metereologici sono:

- La temperatura dell'aria
- Le precipitazioni (nelle varie forme)
- La pressione atmosferica
- L'umidità relativa
- Lo stato del cielo
- Il regime dei venti

- La radiazione solare. » ¹⁰

Viene fatta una classificazione in base a questi parametri del territorio, identificando alcuni comuni e delle aree più o meno vaste. Ad aiutare in questa classificazione si fa riferimento anche alla vegetazione spontanea perché questa è espressione sintetica della totalità dei parametri climatici (temperatura, precipitazioni medie, umidità, soleggiamento, etc).

La prima classificazione che interessa per la progettazione architettonica è la seguente:

- Climi freddi: mancanza di calore per la maggior parte dell'anno con umidità relativa elevata in inverno. Temperatura minima -40°C, nel mese più freddo dell'anno la temperatura media minima è < -15°C.
- Climi temperati: Nel mese più freddo la temperatura media mensile > -15°C, nel mese più caldo la temperatura media è di 25°C. Raramente l'umidità è maggiore dell'80% alla temperatura di 20°C. Precipitazioni in tutto l'anno, in inverno anche come neve.
- *Climi caldi secchi*: Elevato irraggiamento solare e temperatura. Nel mesi più caldi la temperatura media >25°C. Bassa umidità relativa. La temperatura minima è -10°C, la massima 45°C. Forti escursioni termiche diurne. Forti venti.
- *Climi caldo umidi*: Alto tasso di umidità. La temperatura media è superiore a 20°C con umidità relativa all'80% per almeno un mese all'anno. Precipitazioni superiori spesso ai 200mm per lo più di carattere temporalesco (intenso e breve).

La classificazione del clima in Italia, finalizzata in particolar modo al rapporto tra l'edificio e il clima, viene fatta distinguendo la stagione calda da quella fredda:

1

¹⁰ Benedetti 1994, pag.6-7. Per le tematiche presentate in questo capitolo si è fatto riferimento al medesimo testo pag. 6-24.

				Stagion	e calda			
	Durata	Numero ore con		Tempe	eratura (°C)	(%)	Vento velocità (m/s)	Radiazione solare (kWh/m²G)
	Mesi	T>26°C	Media nel periodo	Media ne mese più caldo		Media in corrisp. delle tmax	Velocità media	Media periodo
zona 1	4	> 720	> 23	> 24	> 28	< 55	> 3	6,8
zona 2	4	300÷600	22÷23	~ 24	≤ 28	< 55	> 3	6,7
zona 3	3÷4	480÷720	22÷23	23÷24	> 27	< 55	1,5÷2,5	6,3
zona 4	3÷4	200÷300	22	23	< 27	55÷65	< 2,5	5,7
zona 5	3÷4	400÷500	22÷23	23,5÷24	26,5÷27,5	60	2÷3	6,3
zona 6	2	300÷400	22÷23	22÷23	27÷28	< 55	1	5,9
zona 7	1÷2	100÷300	21	21	27,5	< 50	< 1	6,0

Tabella 1- BENEDETTI 1994, pag.7

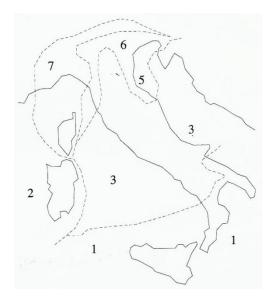


Figura 5 - Aree climatiche per la stagione "calda" - BENEDETTI 1994, pag. 7

				Stagio	one fredda	a		
	Durata	Numero ore con		Temp	peratura (°C))	Vento velocità (m/s)	Radiazione solare (kWh/m²G)
	Mesi	T>26°C	T<0°C	Media nel periodo	Media nel mese più freddo	Min medie nel mese più freddo	Velocità media	Media periodo
zona 1	6	1000÷1500	irrilev.	12÷13,5	10÷11,5	8,5÷9,5	4÷6	3,4
zona 2	6	2000÷2500	irrilev.	11÷12	9÷10	5,5÷7,0	3÷6	2,9
zona 3 a	a 6	2500÷3000	irrilev.	10÷11	$7,5 \div 8,5$	$4,0 \div 4,5$	1÷4	2,8
zona 3 l		3000÷3500	100÷200	8÷9	5÷6	1,5÷3,0	1÷4	2,5
zona 4	8	2500÷3000	irrilev.	10,5	7,5÷8,5	5,5÷6,5	4÷5	3
zona 5	7	3500÷4000	300÷500	6÷7	1÷2,5	- 1,5÷1,0	1÷2	2,3
zona 6	7	4000÷4500	500÷1000	4÷6	0÷2,5	-3,5÷1,0	0÷2	2,3

Tabella 2 - BENEDETTI 1994, pag. 7

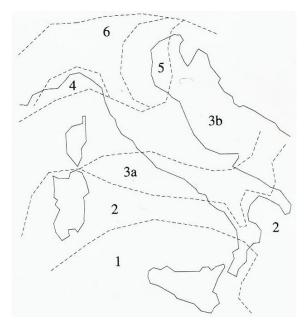


Figura 6 - Aree climatiche per la stagione "fredda" - BENEDETTI 1994, pag. 7

Con questa classificazione purtroppo si perde una distinzione delle zone collinari e montuose al di sopra dei 300m poiché i dati metereologici sono insufficienti. Sono 2107 su 8056 i comuni che rientrano in questa classificazione, ma è comunque utile al fine di riuscire ad individuare i parametri che richiamano più attenzione per una corretta progettazione. In realtà poi sono il microclima ed il clima locale i sistemi climatici di interesse specifico ai fini di una corretta progettazione bioclimatica. Questi sono molto influenzati dai "materiali" geografici del luogo. Va perciò considerato che ci possono essere delle configurazioni climatiche diverse anche su brevi distanze ed è indispensabile tenerne conto.

2.1 Parametri climatici

I parametri climatici sono degli strumenti provenienti da particolari elaborazioni sullo studio del clima che permettono di individuare sinteticamente le caratteristiche della zona di interesse.

Quelli fondamentali sono:

- I gradi giorno
- L'anno tipo
- Il giorno medio mensile

Ci si interessa in particolar modo dei *gradi giorno* che vengono dichiarati direttamente dai comuni.

2.2 Gradi giorno

«I gradi giorno di una località sono la sommatoria estesa all'arco di un anno o di un mese, delle differenze fra la temperatura esterna (media giornaliera) e la temperatura ottimale per l'interno degli ambienti abitati.» Vengono espressi in gradi centigradi. In tale sommatoria si considerano solamente i giorni dell'anno in cui la temperatura esterne è inferiore a quella interna considerata.

$$G = \sum_{1}^{n} (t_i - t_e) \qquad per \qquad t_i > t_e$$

G → gradi giorno

t_i \longrightarrow temperatura interna ottimale (o di riferimento)

t_e -> temperatura esterna-media giornaliera

n —> numero dei giorni compresi nel periodo considerato

«Successivamente alla legge 30.4.1976 n. 373, il Decreto Ministeriale 10 marzo 1977 ha suddiviso il territorio italiano in sei zone climatiche in funzione dei gradi-giorno ed indipendentemente dall'ubicazione geografica.

Zona A	comuni con gradi giorno	< 600	
Zona B	comuni con gradi giorno	600-900	
Zona C	comuni con gradi giorno	900-1400	
Zona D	comuni con gradi giorno	1400-2100	
Zona E	comuni con gradi giorno	2100-3000	
Zona F	comuni con gradi giorno	>3000	» ¹¹

La regione Sicilia ha emanato un decreto con il quale fissa per ogni comune i gradi giorno annuali, l'appartenenza alla zona climatica e i valori di dispersione termica.

Per il **Comune di Mezzojuso** in Provincia di Palermo, dove sarà locato il progetto in corso, sono dichiarati:

GRADI GIORNO 1526 ZONA CLIMATICA D

18

¹¹ Benedetti 1994, pag.8-9

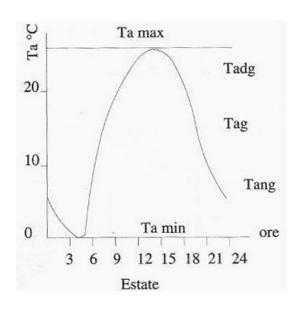


Figura 7 – Andamento tipico della temperatura ambiente nell'arco delle 24ore in inverno e in estate - BENEDETTI 1994, pag. 13

2.3 Temperatura dell'aria

«Per temperatura dell'aria si intende lo stato termico dell'atmosfera esistente in un punto ed in un determinato momento»¹². Questa è data dall'incidenza dell'energia solare emessa per radiazione, ma soprattutto per conduzione e convezione della superficie terreste. In Italia questa temperatura viene misurata in gradi centigradi e si rileva con termometri e termografi. Si possono avere delle variazioni di temperatura significative giornaliere, mensili e annuali.

L'escursione termica giornaliera ha un andamento simile sia in estate che in inverno di questo tipo:

Per questo si fa riferimento alla temperatura media, temperatura media massima e quella minima, diurna (dalle 8 alle 20), notturna (dalle 20 alle 8), temperatura estrema minima e massima.

Nelle zone rurali le escursioni termiche giornaliere sono più marcate che nei centri urbani dove le masse termiche presenti re-irraggiano calore accumulato durante il giorno.

¹² Benedetti 1994, pag.13

2.4 Precipitazioni

Le precipitazioni, come tali si considera la caduta di acqua atmosferica sia sotto forma liquida che solida, vengono rilevate per mezzo dei pluviometri, rilevandone la quantità e la frequenza. La quantità si misura in millimetri (un millimetro equivale ad un litro di acqua su una superficie di 1mg) e corrisponde allo «spessore di strato di acqua che si formerebbe su un terreno perfettamente piano senza assorbimento né evaporazione». 13 La frequenza è espressa in gg e si definisce "giorno di precipitazione" quello in cui si hanno precipitazioni con altezza superiore ad 1mm.

Le stazioni pluviometriche emettono delle casistiche mensili, stagionali e annuali sulla frequenza e corposità delle precipitazioni in un dato luogo in cui si trovano. Inutile esplicitare l'elenco di fattori sul luogo che sono influenzati dai giorni di precipitazione e dalla loro relativa quantità.

2.5 Umidità

La quantità di vapore acqueo presente nell'atmosfera (umidità) influenza tantissimo il confort ambientale sentito da una persona.

Si distingue l'umidità assoluta, cioè «la quantità di vapore acqueo contenuto in un metro cubo d'aria in un dato istante ed in un dato punto dell'atmosfera», e l'umidità relativa, cioè «il rapporto fra la quantità di vapore acqueo contenuto nell'atmosfera e la quantità massima che potrebbe esservi contenuta alla stessa temperatura, in condizioni di saturazione»¹⁴, questa si esprime in percentuale. Quando si raggiunge il 100% di umidità relativa allora si è arrivati al punto di rugiada in cui può avvenire il fenomeno della condensa se si abbassa la temperatura. A temperature più basse bastano meno grammi di vapore per metro cubo per avere della condensa.

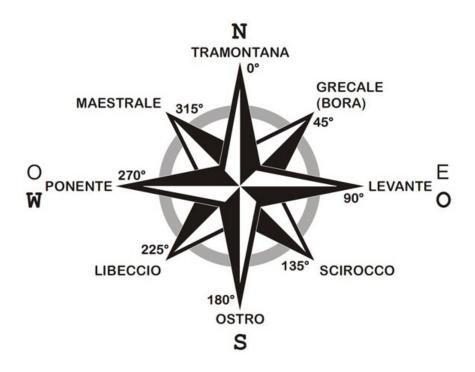
¹³ BENEDETTI 1994, pag.17

¹⁴ BENEDETTI 1994, pag. 19

2.6 Vento

Il vento è dato dallo spostamento di masse d'aria, orizzontalmente o quasi per lo più, grazie alla differenza di pressione tra zone contigue. Se tale differenza è consistente allora il vento avrà una velocità maggiore. Il riscaldamento non omogeneo della superficie terreste per radiazione solare è una delle prime cause di questi sbalzi di pressione.

I fattori da considerare per il vento sono la direzione, la frequenza, la velocità e l'intensità. Sono gli anemoscopi gli strumenti che rilevano la direzione del vento, la quale viene ricondotta a otto direzioni principali che si individuano immediatamente con la rosa dei venti:



Gli anemometri e gli anemografi misurano la velocità del vento in m/sec o km/h o nodi interi (1kn = 1,852 km/h), le frequenza invece è data dal numero di volte in cui il vento (riferita alle otto direzioni) è presente in un certo periodo. L'intensità del vento corrisponde alla pressione esercitata su una data superficie espressa in kg/cm².

2.8 Stato del cielo

«Si definisce stato del cielo la quantità di cielo coperto, o meno, da nubi in un dato istante ed in un determinato punto di rilevazione». ¹⁵ Le rilevazioni vengono fatte 4-8 volte al giorno a vista nelle varie stazioni metereologiche esprimendo lo stato del cielo in ottavi o decimi. La classificazione che viene fatta è in giorni sereni, misti e coperti.

Questo fattore è uno di quelli che modifica principalmente la temperatura dell'aria di un posto, in un giorno nuvoloso l'escursione termica giornaliera è molto ridotta rispetto ad un giorno sereno, in inverno invece una giornata coperta è più calda di una limpida poiché l'irraggiamento del terreno notturno viene limitato.

2.9 Radiazione solare

Il flusso di energia emesso dal sole (radiazione solare), attraversando gli strati atmosferici, viene in parte riflessa nello spazio, in parte diffusa in tutte le direzioni, in parte assorbita dall'atmosfera stessa e una parte raggiunge la superficie terrestre (radiazione solare diretta). La radiazione solare diretta, sommata ad una parte di quella diffusa, è la quantità di radiazione solare totale o globale che giunge al suolo terrestre (misurata sopra l'unità di superficie orizzontale in un determinato periodi di tempo, espressa in kW/mq), tale radiazione a sua volta verrà in parte riflessa, in parte assorbita. La quota parte che viene assorbita porta un innalzamento della temperatura del terreno, dell'aria e degli oggetti circostanti.

E' rilevante sapere la posizione del sole rispetto alla terra perché si avrà un effetto di riscaldamento minore o maggiore di tutte le superfici sulla terra a seconda di quanta di questa energia viene dispersa nell'atmosfera. L'altezza e l'azimut del sole sono i dati che permettono di capire quanto sia questa energia. L'altezza viene identificata da una angolo h tra l'orizzonte e la linea osservatore-sole, mentre l'azimut da un angolo A tra il sud geografico e la proiezione sul piano dell'orizzonte della congiungente terra-sole. Ci sono tabelle,

¹⁵ Benedetti 1994, pag.21

diagrammi e carte solari che riportano altezza e azimut del sole nel tempo ad ogni diversa latitudine.

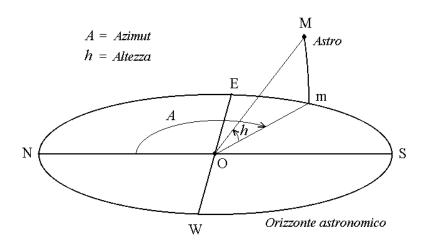


Figura 8 - Coordinate azimutali di un astro M sulla sfera celeste - Albino Carbognani, Dipartimento di Fisica Università di Parma

La latitudine del sito, l'altitudine, la stagione, l'ora e lo stato del cielo sono i principali fattori che influenzano la quantità di radiazione solare che giunge sulla superficie terreste e che viene misurata da un piranografo.

6. Progettazione Sostenibile

Le origini dell'architettura sostenibile si possono già trovare all'età di Omero nella tecnica marinara che ampliò le proprie conoscenze climatiche diffondendole in ambito pastorale ed agrario. ¹⁶

3.1 Orientamento

Le superfici orientate perpendicolarmente alla direzione sud sono quelle che ricevono un apporto termico più elevato dato proprio dalla radiazione solare, e per questo è una direzione che si cerca di privilegiare rispetto ai climi freddi. Le superfici rivolte ad est e a ovest ricevono in termini di tempo la stessa quantità di radiazione solare, ma l'energia termica che viene assorbita da una superficie rivolta ad ovest

¹⁶ Cfr. GIOLI 2000, pag.65-66

è decisamente più elevata. La superficie a nord non riceve radiazione solare. Tutto questo vale ovviamente finché si rimane nell'emisfero boreale. Per questo nei climi freddi è bene destinare gli ambienti più utilizzati con le relative aperture a sud o nelle zone più interne dell'edificio dopo il calore si accumula (compatibilmente con le esigenze di illuminazione naturale).

Nei climi caldi l'architettura che veniva utilizzata prevedeva che le superfici esterne avessero meno bucature possibili, soprattutto quelle esposte alla radiazione solare, e che le aperture si affacciassero su dei cortili interni che rimanessero sempre ombreggiati. Un'altra sostanziale esigenza è la ventilazione degli ambienti, per cui si aprivano sulle pareti esterne dei boccaporti per convogliare i venti dominanti (vedi le "torri del vento" dell'architettura iraniana). 17

3.2 Ombre portate da ostacoli naturali o costruiti

E' opportuno tenere in considerazione anche le ombre portate dall'orografia (dalla dall'intersezione della linea di azimut con le linee inclinate provenienti da ogni vertice secondo un angolo pari all'altezza del sole)¹⁸ e da qualsiasi tipo di ostacolo urbano o naturale (alberi, etc) per sapere quale sia la radiazione solare effettivamente incidente ¹⁹

3.3 Compattezza planimetrica e volumetrica

La geometria dell'edificio inficia moltissimo sulla quantità di dispersioni termiche che si producono. Per questo è conveniente pensare a delle volumetrie e delle distribuzioni il più possibile compatte, cioè si cerca di avere per una data superficie un perimetro il più ridotto possibile e per un dato volume un minima superficie esterna. È il fattore di forma che permette di individuare rapidamente la compattezza o meno dell'edificio e questo è dato dal rapporto tra superficie di inviluppo e volume. Un valore di compattezza elevato

¹⁷ Cfr. Benedetti 1994, pag.119-120

¹⁸ Cfr. Benedetti 1994, pag.99

¹⁹ Cfr. Benedetti 1994, pag. 106

comporta una minore superficie disperdente per unità di spazio utilizzabile. La sfera teoricamente è la geometria che racchiude il massimo volume con una superficie minima, ma essendo difficilmente sfruttabile si può considerare il cubo come la geometria più efficiente da questo punto di vista.

Va tenuto in considerazione che ogni superficie esterna della geometria non ha la stessa trasmittanza, in genere per le superfici a contatto con il terreno e quelle di copertura questa è minore, per cui una geometria parallelepipeda può essere più efficiente di una cubica ²⁰

3.4 Destinazione d'uso degli spazi

L'ubicazione degli spazi abitati nell'ambito dell'organismo architettonico incide significativamente sulle condizioni di comfort di questi, ciò dipende dalle attività che verranno svolte nell'ambiente e dalle condizioni climatiche esterne. C'è un processo iterativo che può avere senso positivo o negativo fra le attività che vengono svolte e le condizioni di comfort interno. Per questo è necessario considerare le esigenze di comfort termico, acustico e luminoso che sono necessarie per svolgere al meglio ogni funzione.

L'orientamento della parete esterna di ogni singolo ambiente è il fattore più rilevante per quanto concerne il comfort termico perché varia la quantità di radiazione solare incidente e la sua distribuzione nell'arco della giornata. L'orientamento a sud comporta il massimo guadagno energetico, quello a nord il minimo nell'emisfero boreale. L'esposizione ad est e ovest riportano lo stesso tempo di esposizione alla radiazione solare, ma una parete ad ovest riceve una maggiore quantità di energia termica risultando avvantaggiato d'estate e svantaggiato d'inverno.

Nei climi temperati si hanno condizioni completamente diverse tra estate ed inverno per cui è bene esporre gli ambienti più utilizzati nel corso della giornata sul fronte sud, mentre gli altri potranno trovare

²⁰ Cfr. Benedetti 1994. pag.117-118

posto altrove. È vantaggioso porre nelle zone di passaggio tra le zone più calde e quelle più fredde gli elementi di passaggio (corridoi, disimpegni, ripostigli) o di comunicazione verticale (corpi scala ed ascensori) che non hanno la necessità obbligata di illuminazione naturale.

In generale per la situazione italiana questi sono gli orientamenti preferibili per i vari ambienti di un edificio residenziale:

	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
camere da letto		Х	X	X	X	X		
soggiorno				X	X	X	X	
pranzo			X	X	X	X	X	
cucina		X	X					X
lavanderia	X	X						X
ambienti pluriuso				X	X	X	X	
bagni	X	X						X
ripostiglio	X	X						X
terrazze			X	X	X	X	X	
corpi scala	X	X						X

Tabella 3 - Orientamenti preferibili vani casa in Italia - BENEDETTI 1994, pag. 120

Nei climi molto caldi invece l'esigenza primaria è quella di assicurare un'adeguata difesa dalla radiazione solare e ancor più un'opportuna ventilazione naturale degli ambienti.²¹

3.6 Sistemi solari passivi

Essendo il sole una grandissima fonte di energia che emette radiazioni elettromagnetiche, questo può essere sfruttato come fonte di energia per il sistema abitativo. L'effetto serra consiste nel creare «una "trappola di calore" per le radiazioni di lunghezza d'onda nel campo dell'infrarosso» 22 , questo avviene quando le radiazioni emesse dal sole (di lunghezza d'onda compresa tra 0,2 e 3 μm) attraversano una lastra trasparente (per lo più vetro) colpendo un oggetto retrostante che si riscalda ed emette a sua volta delle radiazioni di lunghezza d'onda però molto maggiore di quella emessa dal sole che non può

²¹ Cfr. Benedetti 1994, pag.119-120

²² Cfr. Benedetti 1994, pag.154

essere trasmessa attraverso il vetro e rimane quindi intrappolata all'interno del volume in cui l'oggetto stesso è ospitato provocando un innalzamento della temperatura.

L'edificio può lavorare come grande accumulatore termico, collettore di energia, grazie ai diversi materiali e alle modalità con cui lo si può costruire.

Il guadagno può essere diretto quando viene sfruttata direttamente l'energia termica del sole, indiretto quando si utilizzano degli elementi costruttivi intermedi o a guadagno separato, si hanno cioè delle apparecchiature distinte dall'involucro dell'edificio a questo collegate che permettono il passaggio del flusso termico.

7. Materiali per la bioarchitettura

7.1. Il legno e lo sviluppo sostenibile

Nel Giugno del 1993 ad Helsinki, durante la Conferenza ministeriale per la protezione delle foreste in Europa, fu definito come attuare una gestione sostenibile del patrimonio forestale, ridurre gli sprechi nello sfruttamento del legno e come aumentarne l'impiego nelle costruzioni.²³

Si può parlare di gestione sostenibile del bosco quando la risorsa viene sfruttata entro un certo limite. «Quando l'uso di una risorsa supera questo limite si hanno forti diminuzioni del capitale naturale o, che dir si voglia, dello stock, della provvigione legnosa cui si coniugano la modifica degli habitat, il decremento della capacità di accumulo di carbonio, la perdita o il degrado del suolo, l'inquinamento e la riduzione dell'acqua, la contrazione della microflora e della microfauna, con danni ambientali talvolta irreversibili». ²⁴

La maggior parte dei governi europei infatti reputa l'utilizzo del legno nelle costruzioni come uno degli strumenti privilegiati per ridurre l'effetto serra. Questo perché se si va a «considerare il bilancio del

²³ Cfr. Gauzin-Müller 2003, pag.23-24

²⁴ Piano forestale regionale Sicilia 2003, pag. 20

legno rispetto al riscaldamento globale è pari a zero, mentre quello degli altri materiali da costruzione (metallo, cemento, vetro e materie plastiche) è positivo, poiché la loro produzione necessità di molta energia e libera quindi più CO_2 ». ²⁵ Gli alberi durante il loro ciclo di vita hanno una fase di crescita dove per effetto della fotosintesi clorofilliana assorbono CO_2 fissando il carbonio e liberando ossigeno nell'aria. Durante la sua trasformazione da albero a materiale da costruzione, per effetto della decomposizione o della combustione, una parte del carbonio sarà rimandato in atmosfera. «Secondo il CNDB, una tonnellata di legno messa in opera equivale a circa 1,6 tonnellate di CO_2 in meno ». ²⁶ Infatti alla fine del suo ciclo, se il legno venisse bruciato, l'anidride carbonica tornerebbe in atmosfera.

In Europa le politiche di gestione delle foreste sono già sostenibili, infatti prevedono che il prelievo del legno rimanga inferiore alla produzione biologica, che si mantenga una capacità di accrescimento per il futuro ed infine che lo sfruttamento che ne viene fatto tenga in considerazione la diversità biologica e genetica degli alberi.

7.2. Il legno nella regione Sicilia

Purtroppo la regione Sicilia è soggetta al fenomeno delle desertificazione, infatti ai «fattori di pressione antropica (sovra pascolamento, incendi, sovra sfruttamento delle produzioni legnose, etc.)» si sommano « i fattori fisici predisponenti (aridità, siccità, erosività della pioggia, morfologia, orografia, suoli altamente erodibili derivanti da rocce calcaree o formazioni sedimentarie argillososabbiose)». La maggior parte del territorio siciliano soggetto alla desertificazione è proprio quello coperto da vegetazione forestale con pini mediterranei, macchia bassa, garighe e boschi di leccio e di sughera. ²⁷

Tutti questi fattori vanno tenuti in considerazione nella scelta dei materiali da costruzione, ribadendo il concetto che dei principi validi

²⁵ ivi Gauzin-Müller 2003, pag.24

²⁶ GAUZIN-MÜLLER 2003, pag.24

²⁷ PIANO FORESTALE REGIONALE SICILIA 2003, pag. 22

come ecosostenibili in quasi tutta l'Europa qui non possono essere applicati per le particolari condizioni climatiche e le conseguenze che ne vengono. Gli aspetti da considerarsi nella scelta della tecnologia costruttiva sono molteplici, risalire all'intera filiera produttiva dei materiali da costruzione può non risultare affatto semplice e nella valutazione è un aspetto che deve essere considerato fra gli altri.

BIM: BUILDING INFORMATION MODELING

8. Cos'è il BIM?

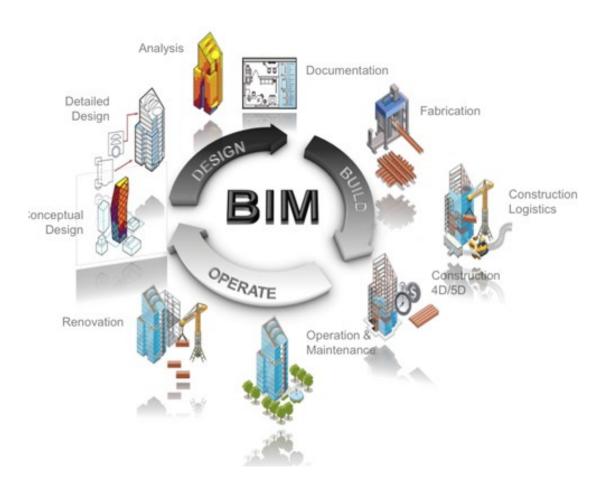
8.1. La definizione

Il Building Information Modeling (BIM) è una delle più promettenti implementazioni che può essere fatta nel campo dell'architettura, dell'ingegneria e delle imprese costruttrici. Con la tecnologia BIM un edificio viene costruito digitalmente con un modello virtuale accurato e completo. Una volta completato il modello, questo contiene una geometria molto precisa e una serie di informazioni estremamente rilevanti necessarie alla costruzione, alla fabbricazione e alla gestione del processo edilizio. Il Building Information Model contiene anche una serie di funzioni che permettono il monitoraggio del ciclo di vita dell'edificio, fornendo le basi sulla realizzabilità dell'opera, la gestione dei ruoli e le interrelazioni di un team di progetto. Quando questo modello viene implementato nella maniera corretta, i vantaggi che ne conseguono sono un processo di progettazione e di costruzione più integrato che si traduce in una migliore qualità a costi inferiori e con ridotti tempi di costruzione.²⁸

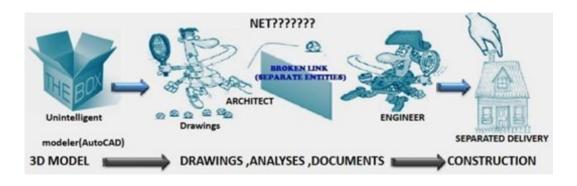
Al giorno d'oggi il processo di consegna di un manufatto edilizio rimane estremamente frammentato, questo dipende anche dagli strumenti comunicativi limitati basati sulla carta. Sono molto frequenti gli errori e le dimenticanze che si manifestano sui documenti cartacei per svariate motivazioni, spesso dipende dall'aggiunta di costi non previsti, ritardi, controversie tra i vari attori del team di progetto ed esecuzione dell'opera.

2

²⁸ Cfr. Eastman, Teicholz, Sacks, Liston 2008, pag. 1



Uno dei più grossi problemi associati al metodo di comunicazione cartaceo durante la fase di progetto è il cospicuo tempo e la spesa richiesti per avere tutte le informazioni necessarie per fare una valutazione della stima dei costi, dell'efficienza funzionale ed energetica, visualizzare i dettagli strutturali, etc. Questi tipi di valutazioni vengono in genere fatte verso la fine del processo di progettazione, quando ormai è troppo tardi per fare dei cambiamenti considerevoli.²⁹



 $^{^{29}}$ Cfr. Eastman, Teicholz, Sacks, Liston 2008, pag. 2

32

Tutti i sistemi CAD producono dei file digitali per poi restituire dei disegni stampati. I file sono formati principalmente da vettori, associati a tipi di linee e livelli che identificano le funzioni. Questo sistema è stato ulteriormente sviluppato aggiungendo informazioni che permettessero la creazione di blocchi di dati associati a del testo. Con l'introduzione della modellazione a 3 dimensioni furono aggiunte delle definizioni avanzate e degli strumenti di superficie complessi. Man mano che sempre più persone provarono interesse nell'utilizzo di questi sistemi più intelligenti per condividere i dati associati ai disegni che producevano, l'interesse dei professionisti si è spostato sempre più dai disegni e dalle immagini 3D ai dati stessi. Il modello BIM di un edificio può mostrare in modalità diverse i dati contenuti all'interno con o senza mostrare l'impostazione di disegno, includendo se si vuole viste bidimensionali o tridimensionali.

Un modello BIM in particolare è caratterizzato:

- dalle *componenti dell'edificio* che vengono rappresentate digitalmente "in maniera intelligente" avendo "consapevolezza" di quello che sono e che possono essere correlate grazie alla grafica computazionale, alle informazioni contenute nei dati al suo interno e alle regole parametriche inserite.
- Dalle componenti che includono le informazioni che descrivono come si comportano, sia per le analisi che per il processo di lavoro
- Dai dati coerenti e non ridondanti, ogni loro modifica all'interno di un componente viene immediatamente visualizzato in tutte le viste del componente stesso.
- dai dati coordinati cosicché in tutte le viste del modello vengono visualizzate in maniera coordinata.

La M.A. Mortenson Company, un'azienda di costruzione che ha usato le applicazioni BIM in maniera estensiva per le loro attività, ha dato una definizione di BIM, tra le tante che sono state date,

partendo dal presupposto che questo abbia le sue radici nella progettazione assistita dai computer. La sua definizione è stata ricercata già alcuni decenni fa e tutt'oggi non è ancora unica e ben definita, o comunque largamente accettata. Alla M.A. Mortenson Company vedono il BIM come "un'intelligente simulazione dell'architettura". Per permetterci di realizzare un'opera da consegnare integrata, questa simulazione deve contenere almeno sei punti chiave, deve cioè essere:

- digitale
- spaziale (3D)
- misurabile (quantificabile, con le dimensioni accessibili e verificabili)
- comprensibile (deve trasmettere l'idea progettuale, le prestazioni dell'edificio, la sua costruibilità sia per gli aspetti di sequenzialità delle operazioni da compiere che per i risvolti economico-finanziari)
- accessibile (all'intero gruppo di progettazione con un'interfaccia intuitiva e la possibilità di interoperabilità)
- durevole (per tutta la vita dell'edificio attraverso le sue diverse fasi)

Queste caratteristiche sono indispensabili per poter raggiungere l'intento di costituire un processo integrato.

Ora una delle definizioni più comunemente data del BIM è un processo di generazione e gestione dei dati di progetto durante il ciclo di vita di un edificio.

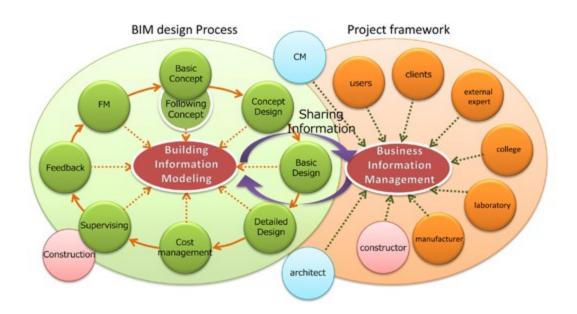
8.2. Perché il BIM? Come si inserisce in Italia?

Per operare con la maggior parte delle strutture è necessaria una quantità di documentazione notevole, è chiaro che trovare una maniera efficace per raccogliere, accedere ed aggiornare queste informazioni è indispensabile. La maggior parte degli edifici esistenti hanno queste

informazioni conservate in documenti cartacei (rotoli di disegni provenienti dagli architetti e dagli ingegneri, cartellette contenenti le informazioni di ogni tipo di impianto o materiale o accessorio utilizzato, cartelle di file contenenti altri tipi di documentazioni, etc.). Normalmente tutte queste informazioni vengono richieste dal proprietario dell'immobile ed consegnata solo dopo che l'edificio è effettivamente in uso e con mesi di ritardo, per poi essere alla fine molto probabilmente conservati in degli uffici magari seminterrati o di difficile accesso. ³⁰

8.3. Il Team del processo BIM

Ad oggi l'architetto è ancora il leader del gruppo di progettazione, ma mentre ci sono alcuni committenti che sono ancora concentrati su questa figura, si percepisce che gli attori di tutte le altre discipline che sono coinvolte nella progettazione prendono sempre più importanza.



- I progettisti

Al di là dell'architetto, ci sono più figure che partecipano al gruppo di progetto, che sono architetti d'interni, progettisti del verde, ingegneri civili, strutturali, meccanici, elettrici ed idraulici. Nel ventesimo secolo si sono poi aggiunte altre nuove figure specializzate come

-

³⁰ Cfr. TEICHLOZ 2013, pag.26

coloro che si occupano della stima dei costi, i designer della luce, certificatori acustici. della sicurezza. antincendio, delle telecomunicazioni, consulenti delle energie rinnovabili, agenti immobiliari, progettisti per un'edilizia sostenibile, etc. Va anche considerato che spesso il committente ha selezionato il gruppo di progetto in base a chi gli ha proposto il prezzo più basso, per cui i soldi da investire in figure specializzate sono spesso estremamente limitate. È necessario riuscire ad integrare tutte queste specializzazioni nel processo di progettazione nei tempi e nei modi giusti. Ogni branca specialistica vedrà lo stesso progetto sotto aspetti completamente diversi e avrà necessità spesso che possono entrare in collisione tra loro. Ognuna svilupperà una sua metodologia per risolvere il problema e proporrà soluzioni. È necessario riuscire a prelevare la migliore idea da tutti ed applicarla. Oggi le nuove tecnologie di comunicazione permettono ai membri del team di poter interagire anche a distanza dal sito di costruzione, ma per fare ciò è necessario che tutti possano interloquire in maniera univoca così che questo possa essere un vantaggio e non fonte di nuovi problemi.

- *Il committente*

La committenza potrebbe essere composta da una sola figura oppure da un gruppo di persone che possono essere familiari, colleghi o persone che hanno anche determinate specializzazioni che lavorano in maniera gerarchica.

- L'impresa costruttrice

L'impresa costruttrice si avvale dei disegni che arrivano dal team di progettazione. Questa in genere, una volta verificati i requisiti necessari, viene scelta in base a quella che propone il prezzo più basso. L'impresa però può poi portare a delle modifiche di progetto basandosi sulla fattibilità di alcune opere, sui tempi nell'eseguire una lavorazione in una maniera piuttosto che in un'altra portando così ad una variazione dei costi. Si avrebbe un processo più efficiente e sostenibile se si potesse coinvolgere l'impresa costruttrice fin dalle prime fasi della progettazione.

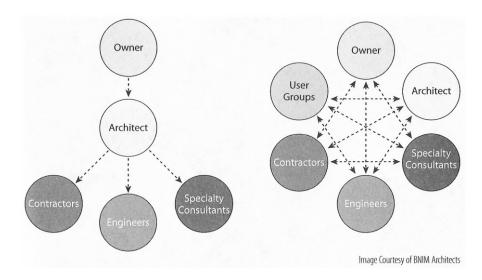


Figura 9 - Il modella tradizionale del gruppo di progettazione e quello integrato – Krygiel, Nies 2008, pag.61

Per poter far dialogare queste figure in maniera corretta e continua così da poter raggiungere i singoli obiettivi volta per volta, risolvere i problemi e poter sviluppare un progetto sostenibile è necessario avere un strumento di comunicazione, di progetto, di visualizzazione, di stima efficace. Un modello BIM sempre collegato ed accessibile a tutte le figure, che visualizza, aggiorna, modifica in tempo reale ogni singolo aspetto del progetto è ideale.³¹

8.4. Strumenti del BIM

Lo strumento utilizzato all'interno del processo BIM è di fondamentale importanza e ancora oggi incide in maniera significativa su quanto il processo stesso possa essere sviluppato in maniera completa e permetta che i vari passaggi vengano svolti in maniera agevole accorciando i tempi rispetto alla metodologia tradizionale.

Il BIM nella teoria è perfetto, ma i limiti operativi esistono ed è indispensabile fare un'attenta valutazione dello strumento da scegliere.

Ad oggi i software più utilizzati e per ora meglio sviluppati sono i seguenti:

3

³¹ Cfr. KRYGIEL, NIES 2008, pag. 58-64

- Revit di Autodesk
- AECOsim di Bentley
- AllPlan di Nemetschek
- ArchiCAD di Graphisoft
- Digital Project

Affiancati da ACCA, una software house italiana che ha sviluppato molteplici software che teoricamente dialogano immediatamente tra loro per creare un catena BIM da utilizzare. È evidente che già il concetto di non avere un unico punto di riferimento dove accedere al modello BIM crea già una prima falla nel sistema che vuole che man mano che ogni figura aggiorni il modello questo sia immediatamente visibile a tutti gli altri attori partecipanti al progetto in corso.

Il limite immediatamente riscontrabile nei software internazionali elencati precedentemente è che nessuno di essi ha integrata la normativa italiana, sia per quanto concerne le verifiche strutturali, che quelle di certificazione energetica, così che per la sicurezza, etc. diversamente dai prodotti ACCA che si gioca così il loro cavallo di battaglia.

Per lo sviluppo di questo progetto si è scelto lo strumento Revit 2015, reputato il più completo ad oggi sulla carta e quello che sta prendendo più spazio anche nel nostro contesto italiano e dopo aver fatto una breve esperienza con AECOsim di Bentley.

A questo è stato affiancato l'utilizzo di Vasari beta 3 sempre di casa Autodesk e di Green Building Studio (strumento Autodesk che lavora in cloud), mettendo a paragone alcuni risultati ricavati precedentemente con Termus di ACCA.

Sarà proprio interesse di tesi cercare di capire quanto questo strumento sia efficace e che tempi di apprendimento richieda per poter iniziare a riscontrare i primi benefici dell'utilizzo di questa nuova metodologia.

8.5. Lavorare con un modello parametrico

Il concetto di oggetti parametrici è un punto centrale per capire bene la differenza tra un modello BIM e un disegno tradizionale 2D.

Gli oggetti parametrici BIM sono definiti come segue:

- Consistono in una definizione geometrica con associate informazioni e regole.
- La geometria è integrata e mai ridondante e non permette incoerenze. Quando una geometria è mostrata in 3D, la forma non può essere rappresentata internamente, per esempio come più viste 2D. Una pianta o un prospetto che vengono restituite di un oggetto dato sono sempre coerenti. Le dimensioni non possono essere eluse.
- Le regole parametriche degli oggetti modificano automaticamente le geometrie e le dimensioni di questi quando vengono inserite nel modello dell'edificio o quando vengono fatte delle associazioni a degli altri oggetti. Per esempio una porta che si inserisce automaticamente in un muro od un muro che si ridimensiona automaticamente congiungendosi con un soffitto o un tetto.
- Gli oggetti possono essere definiti a diversi livelli di aggregazione, così come lo possono essere tutti i loro relativi componenti. Ogni elemento può essere definito a diversi livelli di gerarchia, a prescindere da quanti essi siano. Per esempio, se il peso dello strato appartenente ad un pacchetto murario cambia, cambierà automaticamente anche il peso totale del muro stesso.
- Le regole degli oggetti identificano immediatamente se durante una modifica sono state violate delle regole di fattibilità per dimensioni, producibilità, etc.

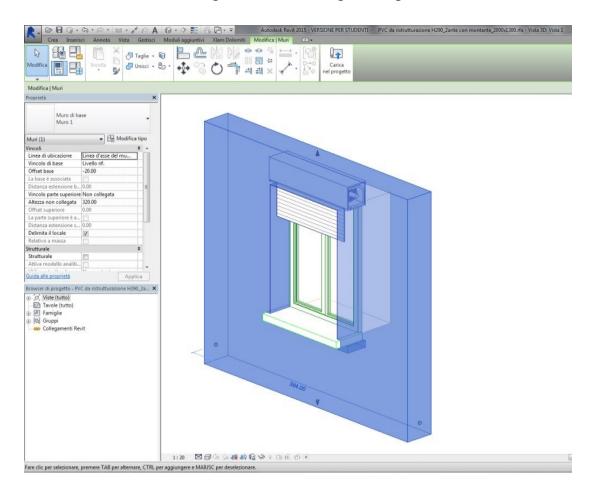
- Gli oggetti possono essere collegati o contenere o esportare direttamente un insieme di caratteristiche di tipo strutturale, di dati acustici, energetici, etc. ad altre applicazioni o modelli.

Come si può vedere nelle immagini successive un oggetto parametrico come una finestra, una volta definita la sua famiglia, se modellato correttamente con i parametri di istanza condivisi tra la famiglia e il progetto, ha le quotature e le dimensioni che possono essere modificate direttamente dal pannello delle "proprietà del tipo" direttamente da dentro il progetto senza bisogno di entrare dentro la famiglia.

E' sempre bene duplicare la famiglia prima di modificarne i parametri di istanza così che se si vuole utilizzare la famiglia con le dimensioni originarie all'interno del progetto sia possibile farlo.



Il vantaggio enorme è che la modifica applicata ad una finestra per esempio viene rispecchiata automaticamente in tutte le finestre di quella famiglia, infatti si agisce modificando l'oggetto di partenza e non modificando singolarmente un oggetto 3D. Per questo è anche bene lavorare con il corretto metodo evitando errori di sintassi tra nome famiglia e valori assegnati ai parametri.



8.6. Gli oggetti "consapevoli"

Nel disegno parametrico, invece di disegnare graficamente gli elementi dell'edificio come per esempio un muro o una porta, il progettista definisce la famiglia del modello o la classe dell'elemento che vuole introdurre nel progetto. Questo equivale ad un insieme di relazioni che regolano i valori di molti parametri di ogni elemento inserito e obbliga questi ad essere coerenti con il contesto in cui vengono inseriti. Gli oggetti sono definiti attraverso dei parametri come la distanza, gli angoli, delle regole come *collegato a, parallelo a* e *distante da*. Queste relazioni permettono ad ogni istanza di ogni 42

classe dell'elemento di regolarsi secondo le impostazioni dei propri parametri e delle relazioni date dal contesto in cui è collocato. In alternativa, le regole possono essere definite come dei requisiti che devono essere soddisfatti, lasciando la possibilità al disegnatore di fare delle modifiche quando le regole vengono verificate e implementare il livello di dettaglio così che il disegno dell'elemento risulti legittimo e metta in allerta l'utente se le definizioni non vengono soddisfatte. La modellazione basata su oggetti parametrici permette entrambe le interpretazioni.

Mentre con il disegno 3D tradizionale ogni aspetto dell'elemento geometrico disegnato deve essere modificato manualmente dall'utente, la forma e l'aggregazione delle geometrie in un modellatore parametrico "consapevole" si sistema automaticamente ai cambiamenti che vengono fatti al contesto e permette all'utente un elevato livello di controllo di ciò che viene modellato.

Un modo per capire velocemente come lavora un modello parametrico è per esempio esaminando come è strutturata una famiglia *muro*, che include le sue caratteristiche geometriche e le sue relazioni. Viene chiamata famiglia quella del muro perché contiene la capacità di generare molti tipi del suo genere a seconda della differente locazione e con parametri diversi. Mentre un famiglia muro può essere focalizzata sui parametri di verticalità e complanarità, a volte sono richiesti altri tipi di parametri geometrici, come per esempio la curvatura o la non verticalità delle superfici. La forma di un muro è un volume inscritto da una moltitudine di facce connesse tra loro, alcune che possono essere definite dagli altri oggetti circostanti in cui si è collocato e altri da valori che vengono definiti dall'utente. Per la maggior parte dei muri, lo spessore viene definito esplicitamente come due linee di offset da una di controllo posizionata in mezzaria, sull'asse su cui il muro si deve posizionare, definito da un valore nominale di spessore o dal tipo di costruzione.

I muri rastremati o con spessore variabile hanno più offset o comunque profili verticali. La forma in alzato del muro può essere definita da uno o più piano di riferimento; la sua faccia in alto può essere di un'altezza specifica o può essere definita da una serie di piani adiacenti. La fine del muro a sua volta può essere definita dall'intersezione con un altro muro o avere un punto libero ma fissato di riferimento. La linea di controllo del muro ha un punto di inizio e uno di fine così come il muro stesso. Questo può essere legato a determinate tipologie di famiglie che ne possono modificare i parametri interni per collegarsi od intersecarsi (es. muro-solaio).

Le porte e le finestre per esempio vengono posizionate all'interno di un muro con una distanza misurata lungo questo, definendo una quota di posizionamento da un punto di fine o da un punto medio, come per esempio può essere il punto di intersezione con un altro muro o da la distanza da un'altra finestra o porta inserita sempre all'interno di quello stesso. Queste aperture sono quindi posizionate nelle coordinate del sistema muro e si muovo come un'unità con questo. Se si modifica il muro muovendo i punti iniziale o finale, o si modificano pavimenti o tetti a cui esso è collegato, le porte e le finestre si modificheranno e aggiorneranno automaticamente in base a questo.

Un muro parametrico modellato correttamente è dotato di una serie di condizioni:

- Le porte e le finestre localizzate nel muri giacciono perfettamente su questo, non si sovrappongono tra di loro o estendono oltre i confini del muro stesso. Normalmente viene visualizzato un messaggio di errore nel caso capitasse.
- La linea di controllo del muro può essere rettilinea o curva permettendo a questo di prendere diverse forme.
- Un muro può intersecare un pavimento, un soffitto o delle pareti laterali, ognuno delle quali è composto da delle un serie di superfici e che si traduco in una forma più complessa del muro stesso.
- I muri possono avere delle rastremature

 I muri possono essere composti da più stratificazioni di materiali diversi e la finitura può variare per sezioni di parete differenti.

Così come queste condizioni suggeriscono, bisogna prestare molta attenzione anche nel definire un muro generico. Nella modellazione di un edificio può capitare di avere anche centinaia di regole nascoste per la sua definizione. Queste regole spiegano come mai gli utenti spesso debbano affrontare problemi con impaginazioni dei muri inusuali (perché spesso non hanno le regole incorporate) e come può essere più semplice definire tali muri in maniera completa che cercare di risolvere successivamente il problema magari dopo un'estrazione di un disegno bidimensionale dal modello.³²

8.7. La scala di lavoro

Un problema riscontrato da molti utenti è la scala di lavoro. Questa è intesa sia come la dimensione dell'edificio progettato, in termini quindi di superficie utile in pianta che come numero di piani in alzato, oppure anche sul livello di dettaglio a cui viene portata la progettazione.

Persino un edificio di dimensioni modeste può incorrere in problemi di scala se viene modellata ogni singola vite o chiodo presente.

Il modello parametrico incorpora delle regole di rappresentazione legate alla geometria e ad altri parametri degli oggetti stessi o degli altri oggetti presenti. Modificare la maglia di controllo può avere ripercussioni sull'intero edificio. Per cui è difficile dividere un progetto in parti per separarne lo sviluppo. Gli strumenti BIM sono stati sviluppati in genere per non dare la possibilità di gestire un progetto da una moltitudine di file. Molti sistemi devono portare tutti gli elementi aggiornati simultaneamente in memoria, questi sono considerati basati sulla memoria. Quando il modello diventa troppo grande per essere gestito dalla memoria in maniera fluida, interviene

-

³² Cfr. Eastman, Teicholz, Sacks, Liston 2008, pag. 26-32

la memoria di paging aumentando significativamente i tempi di risposta del sistema.

Altri sistemi adottano la tecnica di annidare le relazioni e gli aggiornamenti all'interno di file esterni che possono essere aperti, aggiornati e poi richiusi nei tempi di una singola operazione. Questi sono chiamati sistemi *basati su file*. In genere questi ultimi sono più lenti per progetti di dimensioni ridotte, ma la velocità di operazione si riduce relativamente man mano che le dimensioni del progetto aumentano. Revit è uno strumento basato sulla memoria, così come ArchiCAD, mentre AECOsim e Digital Project per es sono basati su file.³³

8.8. Analisi e simulazioni

Lo strumento BIM permette di effettuare delle analisi per ciò che concerne l'orientamento dell'edificio, la sua volumetria, l'impatto del clima (vento, irraggiamento ed illuminazione in particolare), capire le risorse necessarie per poter valutarne la riduzione, sapere le dispersioni termiche dell'edificio, nonché la presenza di ponti termici.

Dopo aver definito per esempio l'orientamento migliore per il proprio progetto, deve essere applicato al modello. Con lo strumento BIM questa operazione risulta essere molto semplice e utilizzando le simulazioni del vento e di irraggiamento solare si può verificare agevolmente se l'orientamento scelto sia effettivamente il più efficace.³⁴ Per sapere però quale sia l'irraggiamento solare per esempio che colpisce l'edificio è necessario sapere a quale latitudine, longitudine e altitudine si trova. Per questo lo strumento BIM facilita molto il compito potendo geo-localizzare il modello direttamente inserendo il nome della località, si può posizionare il punto di riferimento esattamente nel sito dove verrà costruito, e il software in automatico ricava longitudine, latitudine, caratteristiche climatiche dell'area. Nel caso di Revit questi dati vengono ricavati dal National Geophysical Data Center's (NGDC). E' poi possibile posizionarsi

³³ Cfr. Eastman, Teicholz, Sacks, Liston 2008, pag. 52

³⁴ Cfr. KRYGIEL, NIES 2008, pag. 136

esattamente in un giorno dell'anno ad un'ora del giorno per poter vedere quali parametri ambientali agiscono sull'edificio.

Da questi dati si può definire e modificare la volumetria dell'edificio cercando di dare un ottimale illuminazione, aerazione ed irradiazione ad ogni ambiente in funzione anche dell'attività che vi dovrà esser svolta, ottimizzando quindi l'efficienza termica e il comfort.³⁵

8.9. Ricavare le quantità e la stima dei costi

Ci sono molteplici tipologie di stime che possono essere effettuate durante il processo di progettazione. Questa gamma di valutazioni rimane approssimativa in fase preliminare e diviene più precisa quando si giunge ad un disegno esecutivo. Se il progetto, una volta ultimato, super il budget stimato inizialmente si può o non eseguire direttamente il progetto oppure applicato un valore ingegnerizzazione per tagliare i costi a possibilmente meno la qualità. Questo processo permette ai progettisti e alla committenza di prendere delle decisioni più consapevoli avendo molte più informazioni fin dalle prime fasi, restituendo una migliore qualità costruttiva pur scontrandosi con una riduzione del budget. Usare un processo BIM permette di ridurre i tempi necessari alla costruzione implementando il disegno stesso, le collaborazioni fra le diverse figura del processo edilizio e il livello di dettaglio di questo.

Durante la prima fase di disegno, le uniche quantità disponibili per eseguire poi una stima dei costi sono il tipo di spazio, l'area, il perimetro, le lunghezza etc. Queste quantità poi devono essere sufficienti per quello che viene chiamato stima parametrica dei costi, il quale viene calcolato basandosi su edifici di dimensioni maggiori. Il tipo di parametro utilizzato dipende dal tipo di edificio, dal numero di spazi adibiti a parcheggio, dai piani per un parcheggio chiuso interrato, dal numero e dall'area per ogni tipo di parametro dell'edificio, dal numero dei piani, dal livello qualitativo dei materiale per un edificio commerciale, dalla posizione dell'edificio, etc.

-

³⁵ Cfr. KRYGIEL, NIES 2008, pag. 139

Sfortunatamente del software normali CAD non rendono questo tipo di quantità perché non definiscono nella loro modellazione tridimensionale la tipologia degli oggetti come invece accade con un software BIM. È importante eseguire immediatamente il passaggio a quest'ultima tipologia di applicazione per poter ricavare le quantità approssimative e quindi una stima dei costi da preventivare. Man mano che la progettazione prosegue e il modello si affina, è possibile estrarre rapidamente diversi dettagli spaziali e di quantità dei materiali impiegati direttamente dal modello. Tutti gli strumenti BIM detengono la possibilità di estrazione di conteggi dai suoi componenti, aree e volumi degli spazi, quantità dei materiali e riportare questi dati in tipologie diverse di tabelle. Queste quantità così ricavate sono idonee ad essere utilizzate per una stima preliminare dei costi. Per riuscire a ricavare una stima più accurata si possono avere dei problemi quando i componenti non sono ancora perfettamente definiti (solitamente sono parti assemblate) per cui non si ha la possibilità di ricavare le quantità necessarie ad una stima dei costi.

Va notato che mentre il modello fornisce le corrette misure delle quantità da estrarre, queste non sono in sostituzione della stima dei costi. Gli estimatori hanno un ruolo critico nel processo di costruzione, ben al di là dell'estrazione di conti e misure. Il computo metrico estimativo comporta la valutazione delle condizioni nel progetto che comporta dei costi aggiunti.

Per gli estimatori, un modello dettagliato dell'edificio è un ottimo strumento di attenuazione del rischio perché può ridurre significativamente un errore nei costi, poiché riduce l'incertezza legata alle quantità evitando di avere dei materiali utilizzati.

Purtroppo gli strumenti BIM finora esistenti non riescono ad essere completamente funzionali per ciò che concerne un computo metrico estimativo, questa funzionalità viene meglio svolta da fogli elettronici di calcolo o da software specifici al processo di stima.

Si può quindi proseguire con tre modalità:

- Esportare le quantità degli oggetti per reimportarle in un foglio di calcolo: la maggior parte dei software BIM danno la possibilità di estrarre e quantificare le proprietà dei loro oggetti BIM. Permettono molto spesso di esportare le quantità ad un foglio elettronico o ad un database esterno. Non è da sottovalutare la possibilità di poter estrarre direttamente le quantità dal modello ad un foglio Excel personalizzato, spesso questa funzionalità risulta essere, per un professionista che si occupa di computi metrici estimativi, più che sufficiente. Questo approccio, tuttavia, richiede un settaggio importante e un processo di modellazione standardizzato così da avere le quantità necessarie in maniera chiara, giustamente collocata nel foglio di calcolo e soprattutto non ridondante.
- Collegare direttamente lo strumento BIM ad un software estimativo: questo processo può essere permesso da un plug-in o da un software elaborato da terze parti. La maggior parte delle software di stima offrono dei pacchetti per ricavare le informazioni necessarie da diversi strumenti BIM.

Per arrivare ad un cronoprogramma dei lavori da eseguire sono necessarie tutte le informazioni per sviluppare un computo metrico estimativo completo e una lista dettagliata dell'ordine delle lavorazioni di base da eseguire. Se queste informazioni possono essere ricavate direttamente dai singoli componenti BIM, allora si è generato un modello 4D. Il modello grafico può quindi essere direttamente collegato per illustrare ogni singolo oggetto appartenente al modello che possa essere associato ad ogni singola riga del computo oggetto di stima. Può risultare però complicato far interagire diversi strumenti BIM. È palese come questo approccio possa dare dei benefici immediati, purtroppo può rendersi necessario sviluppare un modello a parte specifico per lo scopo. Ovviamente se l'architetto che ha sviluppato il progetto non ha prodotto un modello BIM allora tale modellazione specifica si rende ancor più necessaria. Se invece il modello per l'appaltatore può essere ricavato da uno

direttamente generato dal team di progettazione allora il sistema diventa efficiente. Questo accade più facilmente se il team di progettazione si è standardizzato nell'utilizzo di software provenienti dalla stessa casa madre, così da avere di partenza meno casi di incompatibilità nell'interoperabilità durante il processo costruttivo.

- Usare un applicativo esterno per estrapolare le quantità dal modello BIM: un'altra possibilità è quella di utilizzare degli strumenti specifici di estrapolazione delle quantità dai dati contenenti nei programmi BIM. Questo permette agli estimatori di potersi ricavare le quantità di cui hanno bisogno senza per forza dover imparare ad utilizzare tutte le funzionalità dello strumento BIM. Questi software danno in genere la possibilità di estrarre automaticamente o manualmente le quantità, in genere chi se ne occupa utilizza sia un'estrapolazione automatica che effettua un controllo manuale per gestire l'estrapolazione di una grande quantità di lavorazioni e componenti. ³⁶

8.10. Interoperabilità e formati

Spesso risulta necessario poter far comunicare più strumenti all'interno del processo BIM, questa comunicazione a volte può esservi senza problemi (soprattutto nel caso in cui gli strumenti utilizzati appartengano tutti ad una stessa casa madre), o incorrere in diversi problemi.

I dati possono essere trasferiti da un software all'altro principalmente per 4 vie:

- Direttamente, attraverso dei link presenti all'interno del software BIM
- Con l'utilizzo di formati nativi della casa madre del software BIM, i quali si occupano principalmente della geometria

³⁶ Cfr. Eastman, Teicholz, Sacks, Liston 2008, pag. 218-222

- Con dei formati standard pubblici
- Con dei formati basati su XML

Il formato più comune, diventato lo standard internazionale per lo scambio di dati e l'integrazione nell'industria delle costruzioni, è l'IFC (Industry Foundation Class) (IAI 2007) che riporta non solo la geometria del modello ma anche i dati in esso contenuti e le relazioni fra gli oggetti. Purtroppo su questo sono ancora riscontrati molteplici problemi su come vengono esportate, gerarchizzate, organizzate e riportate le informazioni in esso contenute, a volte dei campi presenti in un file Revit non sono nemmeno presi in considerazione da un file IFC per cui vengono salvate ma come informazioni non localizzate all'interno del file e per cui è come se andassero perse.

Le case di programmi BIM tendono a preferire l'utilizzo di formati propri per lo scambio delle informazioni, o ancor meglio a poter mettere dei link diretti che attivano gli altri strumenti corollari in cloud se possibile, o aprendo direttamente il file, così da avere una migliore corrispondenza del modello una volta importato.

La comunicabilità tra i diversi software rispecchia sempre degli accordi commerciali, per questo lo scambio di dati tra strumenti di case concorrenti nella maggior parte dei casi non funziona bene. D'altro canto, il desiderio di mischiare ed unire questi sistemi è presente. anche grazie fatto che pubbliche sempre al le amministrazioni estere richiedono i file BIM per gli appalti che pubblicano, per cui sta diventando una necessità la comunicazione "pubblica". Ad ogni modo l'integrazione oggi diventa estremamente critica soprattutto per progetti che coinvolgono un gran numero di elementi, guadagnare l'interoperabilità tra i diversi sistemi utilizzati dal gruppo di progettazione è più facile che far cambiare a questi la piattaforma che utilizzano.³⁷

-

³⁷ Cfr. Eastman, Teicholz, Sacks, Liston 2008, pag. 67-69

IL PROGETTO: VILLETTA RESIDENZIALE

MONOFAMILIARE IN SICILIA

9. Inquadramento del Sito e ipotesi di sostenibilità

Il sito su cui si è sviluppato il progetto della villetta unifamiliare oggetto di studio è situato nella regione Sicilia, in provincia di Palermo nella località di Mezzojuso.



Mezzojuso è una cittadina di quasi 3000 abitanti residenti che sorge ai piedi della pittoresca collina "Brigna", estremo versante orientale del bosco Ficuzza e dista circa 36 Km da Palermo, ad un'altitudine di 530m sul livello del mare. Il paese è circondato, in qualsiasi stagione dell'anno, dal verde dei boschi, inseriti nella Riserva naturale del Bosco di Ficuzza e costituiti in gran parte da querce, castagni, olmi e frassini, che determinano una vivacità paesaggistica molto rilevante. Dando uno sguardo al suo territorio è possibile ammirare un vario paesaggio agricolo costituito prevalentemente da pascoli, vigneti, uliveti, seminativi, ortaggi e agrumi. L'economia del paese si basa essenzialmente sulla coltivazione dei tradizionali seminativi: grano

duro, sulla, cereali, molto apprezzata è, inoltre, la produzione dell'olio extra vergine proveniente da vecchi e nuovi impianti di oliveti. Altra fonte importante, per l'economia locale, è la zootecnia, ovvero l'allevamento, allo stato semibrado, di ovini, bovini e caprini, con la conseguente produzione di prodotti lattiero caseari e della carne.³⁸

E' in questo contesto rurale che si colloca il sito edificabile:



La relazione del piano di azione per l'energia sostenibile "PAES" del comune di Mezzojuso, riporta la distribuzione dei consumi degli edifici residenziali in base ai diversi vettori energetici per l'anno 2011:



Figura 10 - Consumi residenziale per vettore energetico — Relazione "PAES" Mezzojuso 2014

Il vettore energetico che viene più utilizzato in assoluto è l'energia elettrica (73,7%), seguito dall' gas naturale (26,3%).

 $^{^{38}}$ Relazione "PAES" Mezzojuso 2014, pag. 3

Per quanto riguarda le emissioni, al 2011, nel residenziale sono state emesse un totale 1981.29 tonnellate di CO2, così ripartite: 87% all'energia elettrica, 13% imputabile al gas naturale.³⁹

RESIDENZIALE	t CO2/anno		Emissioni residenziale (t)
ENERGIA ELETTRICA	1724.57	87%	
GAS NATURALE	256.72	13%	13%
TOTALE	1981.29	100%	■ Elettrici ■ Gas nat

Figura 11 - Distribuzione percentuale delle emissioni del residenziale per vettore energetico - Relazione "PAES" Mezzojuso 2014

Secondo il provvedimento legislativo del 2003, questo sito appartiene alla zona 2 sul grado di sismicità del territorio, corrispondente ad un grado di sismicità media, per cui gli eventi sismici possono comunque creare gravissimi danni.



Figura 12 - Classificazione sismica 2014 italiana della Protezione Civile

Il terreno edificabile si trova a ridosso di una strada provinciale, l'accesso avverrà attraverso quella che ora è una strada sterrata che si incrocia con questa.

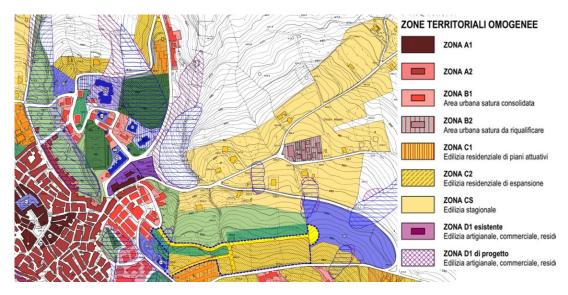
-

³⁹ RELAZIONE "PAES" MEZZOJUSO 2014, pag. 29





Il terreno in esame si trova all'interno di un piano di nuova espansione redatto dal comune, per cui il lotto in esame rientra nella zona territoriale omogenea CS – Edilizia stagionale:



Per cui secondo l'art. 29 delle Norme Tecniche di Attuazione der Piano Regolatore Generale di Mezzojuso si riportano le seguenti caratteristiche da perseguire:

Zone CS e turistico ricettiva

Area per edilizia stagionale residenziale

Sono le aree residenziali destinate ad attività residenziale stagionale.

Gli interventi diretti ammessi sull'edilizia esistente sono quelli relativi alla manutenzione ordinaria e straordinaria, alla ristrutturazione edilizia, con le modalità prescritte nelle presenti norme. Non sono ammessi i lotti interclusi, non sono ammesse le relative agevolazioni previste dalle leggi regionali. La nuova edificazione, è subordinata alla preventiva approvazione di piani particolareggiati o di piani

di lottizzazione con una estensione minima di mq. 5.000, con i seguenti parametri ed indici:

- il rilascio della concessione subordinato alla esistenza o realizzazione delle opere di urbanizzazione primaria.
- la copertura dei fabbricati sarà a tetto con coppi tipo siciliano.
- gli intonaci delle pareti avranno tinta neutra o parametro a vista.
- l'edilizia sarà libera con un massimo di 2 elevazioni;
- un'altezza massima ammissibile di m.7.50;
- la densità fondiaria non potrà superare mc/mq. 0,30.
- superficie coperta massimo il 35% del lotto.
- la distanza minima prescritta tra i fabbricati è di m.10,00
- superficie libera, con esclusione della viabilità interna, deve essere destinata a posteggio privato e giardino;
- distanza da strada mt.5,00;
- distanza dai confini mt. 5,00.
- obbligo di reperire l'area dei posteggi privati (1/10 della cubatura realizzata) all'interno dei perimetri dei manufatti, è ammessa la possibilità di utilizzare a tale fine eventuali locali seminterrati purché asserviti alle unità immobiliari relative;

Poiché lo strumento urbanistico generale prevede in sede propria l'ubicazione delle aree relative alle opere di urbanizzazione secondaria ed esse ricadono al di fuori dell'area di intervento, l'aliquota delle aree da cedere al comune deve essere monetizzata ai sensi dell'art.14 della L.R. n.71/1978.

Da queste caratteristiche si ottiene un superficie coperta massima di 120mq in cui vuole essere realizzata una villetta monofamiliare per una famiglia.

10. IL BIM NELLA FASE DI CONCEPT DESIGN E SUA APPLICAZIONE

Il concept dell'edificio è partito dall'idea di identificare la zona notte e la zona giorno nella volumetria dell'edificio con due cubi che poi andavano a ruotarsi ed integrarsi tra loro.

La superficie ridotta disponibile rispetto all'esigenza di progettare una villetta funzionale ad una famiglia standard composta da 4 persone, una coppia con due figli, ha fatto si che il problema dello sfruttamento degli spazi con una distribuzione funzionale degli ambienti fosse di massimo rilievo.

Si è cominciato intanto geo-localizzando con precisione il modello che si andava creando, così che il database potesse ricavare tutti i dati necessari ad un'analisi energetica qualitativa:

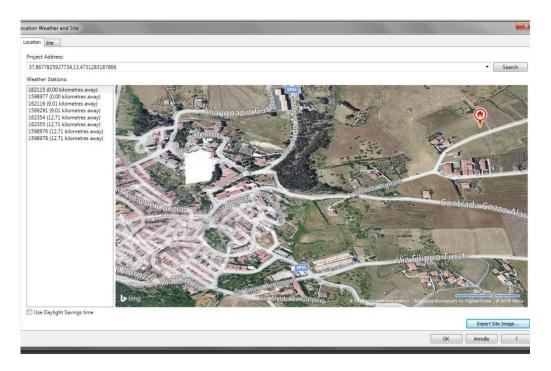
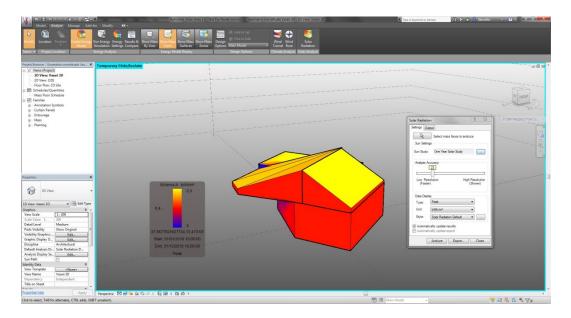


Figura 13 – Geo-localizzazione in Vasari del sito

Si è proceduto ipotizzando la volumetria sopra spiegata a cui veniva sovrapposto in parte un tetto a falda ed in parte una zona terrazzata. Le caratteristiche necessarie era avere una ventilazione naturale soprattutto delle camere da letto, confrontandosi quindi con la direzione predominante del vento, dall'altro un corretto soleggiamento

degli spazi più utilizzati e una falda del tetto che permettesse di installare impianti fotovoltaici o solari senza aver eccessiva perdita di resa.



Per fare queste valutazioni è stato utilizzato lo strumento Vasari beta 3, il quale ha permesso un primo schizzo della geometria con elementi di massa che indicano le volumetrie dell'edificio di cui poi sono state valutate la validità rispetto al vento e alla radiazione solare incidente a diversi momenti dell'anno.

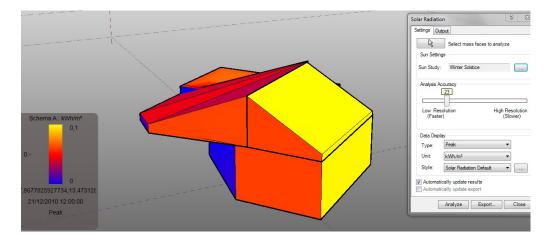


Figura 14 - Analisi radiazione solare solstizio d'inverno

Le ipotesi fatte inizialmente sono disparate, qui se ne riporta solo una. Lo strumento da la possibilità di scegliere diversi parametri, dal momento dell'anno in cui fare questa valutazione, se un moemnto specifico o una media su un periodo, l'unità di misura della scala di radiazioni ricevute e altri parametri.

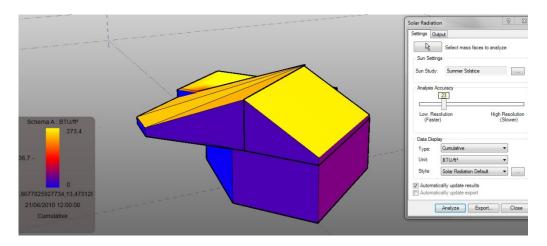


Figura 15 - Analisi radiazione solare solstizio d'estate

È stato poi possibile fare uno studio dei venti incidenti sul complesso edilizio per poter verificare di aver gli ambienti che necessitano maggiormente del raffrescamento dato dalla ventilazione naturale andassero disposti dal lato corretto. Facendo l'analisi del tunnel dei venti si è vista la rosa dei venti applicata al modello e si è giunti al seguente risultato:

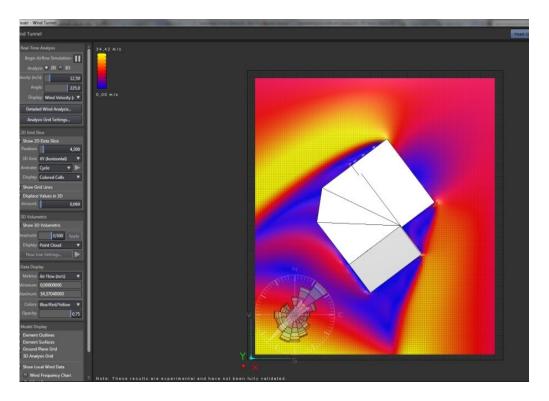


Figura 16 - Analisi dei venti con il tunnel dei venti di Vasari

Successivamente, in realtà una volta scelta la distribuzione funzionale degli ambienti in Revit, sono state modellate anche le aperture dell'involucro edilizio per verificare che si creasse un flusso di aria attraverso l'edificio di entità considerevole:

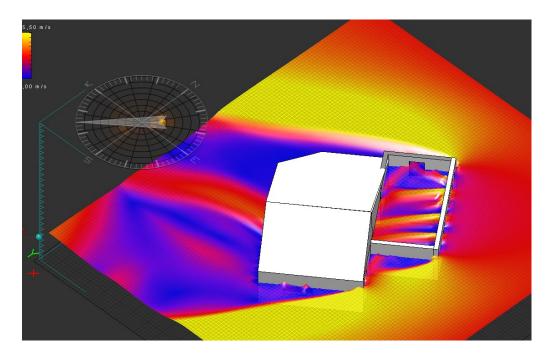


Figura 17 - Analisi dei venti attraverso le aperture all'interno del complesso edilizio con il tunnel dei venti di Vasari

Lo strumento definisce un'altezza incidente dei venti che può essere modifica spostando il cursore sulla palla azzurra che ne determina la quota sulla scala altimetrica. Modificando l'altezza si può effettuare l'analisi a livelli diversi a seconda del punto di interesse.

Purtroppo lavorando su un piano se si hanno delle aperture a quote diverse si perde il flusso che si creerebbe tra queste. Inoltre non è possibile vedere alcun tipo di riscontro nel caso di installazione di velux orizzontali poiché questa analisi dei venti vede questi ultimi sono come dei flussi a vettori orizzontali.

Tutto questo grazie al fatto che Vasari avendo geo-localizzato il modello ricava la rosa dei venti che si verificano con maggiore frequenza:

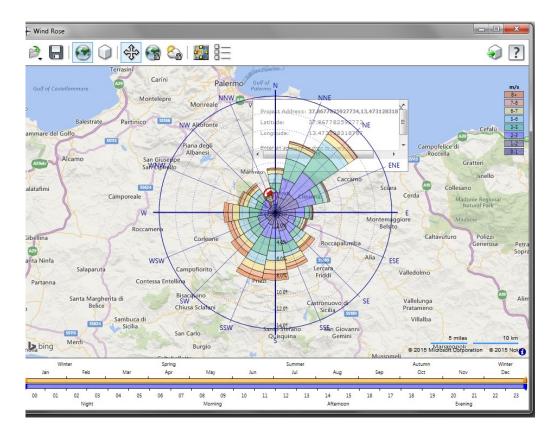


Figura 18 - Rosa dei venti in Vasari su Mezzojuso

11. Analisi funzionale e dei requisiti minimi rispetto alla normativa

Entrando in ambiente Revit 2015 si è cominciato a fare una modellazione di base definendo innanzi tutto i piani di riferimento e gli assi dei muri esterni dati dalla volumetria prima ipotizzata. Si sono utilizzati inizialmente dei muri di base poiché lo strumento da la possibilità di modificare in qualsiasi momento le caratteristiche di questo implementando i dati all'interno del modello man mano che si proseguiva con la progettazione.

Un vantaggio notevole è che con pochi clic si riusciva a sapere la superficie totale occupata o, assegnando dei locali ad ogni ambiente creato, l'area di ognuno di questi verificando quindi di avere i minimi 14mq per la camera matrimoniale e i 9mq per le stanze singole per esempio. Questo non è caratteristica da poco avendo una superficie edificabile estremamente ridotta.

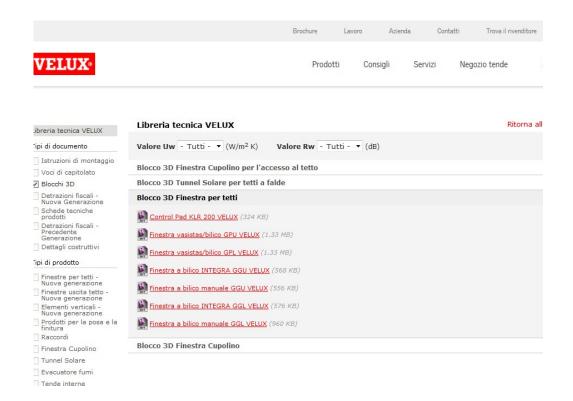
12. MODELLAZIONE STANDARD UTILIZZANDO FAMIGLIE REALI, CONFRONTO CON IL MERCATO ITALIANO, LA LIBRERIA

Una volta eseguite le prime analisi con Vasari ed aver fatto una prima elaborazione concettuale della geometria, si è passati immediatamente alla modellazione in Revit, partendo da delle richieste ben precise per distribuzione e numero degli ambienti. Dal concept di due cubi (uno della zona giorno e uno della zona notte) si è sviluppata una planimetria che potesse sfruttare al massimo gli spazi avendo a disposizione solo 120mq di superficie lorda, che tenesse conto dell'orientamento delle stanze, della possibilità di creare un flusso di ventilazione naturale fra questi, cercando di creare degli ambienti estremamente funzionali e che permettessero dinamicità ma al contempo privacy all'interno dell'oggetto edilizio.

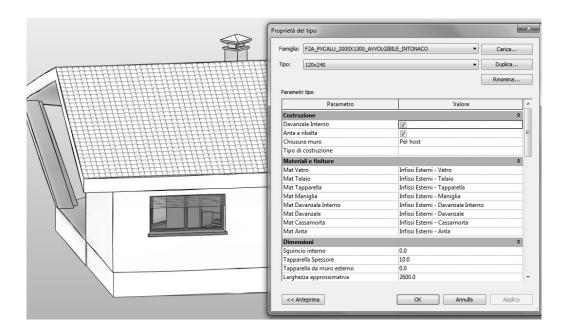
La modellazione partati da degli elementi standard per muri, finestre, porte, etc è andata poi sviluppandosi entrando subito in contatto con il mondo commerciale degli elementi edilizi.

Le famiglie all'interno di Autodesk Revit sono delle componenti parametriche che possono essere di molte tipologie diverse, aventi cioè differenti informazioni geometriche, di materiali, di contesto e di comportamento a sistema.

Revit contiene un gran numero di famiglie predefinite, ma poter utilizzare un componente che riproduce esattamente l'elemento edilizio che si andrà ad utilizzare permette di avere molte informazioni in più direttamente accessibili all'interno del processo. Oltre ad un aspetto grafico di modellazione, in una famiglia rilasciata dalla casa produttrice dovrebbero essere contenute moltissime informazioni in più.

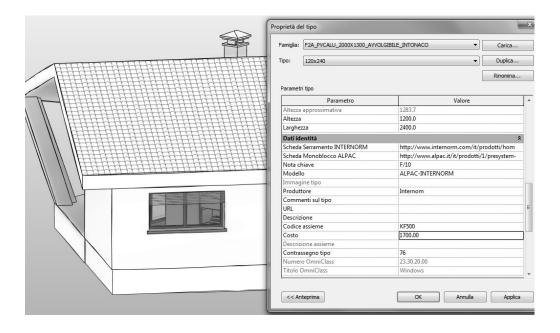


Per esempio, la Internom, azienda italiana produttrice di infissi, o anche la Velux, azienda specializzata nelle finestre da montare sulle coperture, ha creato il suo catalogo di famiglie, per cui è possibile sapere direttamente quale sia la loro gamma prodotti.



Inoltre una volta che una loro finestra è stata introdotta in Revit è possibile avere le dimensioni disponibili di quel specifico modello, gli spazi ausiliari necessari nell'intorno, se esiste il modello adatto a muri

con presenza di cappotto termico o meno, i tipi di finiture disponibili e di che materiali è composto, il link diretto da dentro la famiglia al sito della casa produttrice, se adattabile a scuri o tapparelle o veneziane, i dati termici di trasmittanza (che vengono utilizzati quando viene fatta un'analisi termica dell'edificio), il codice del prodotto per avere il riferimento direttamente disponibile e inconfondibile, il prezzo (che viene poi utilizzato per una prima valutazione del computo metrico estimativo).



All'estero ormai tantissime case produttrice di prodotti di più svariati tipi hanno sviluppato le loro famiglie BIM, da aziende di infissi, porte, parapetti, scale, sanitari, impianti di ventilazione, condizionamento, pompe di calore, etc.

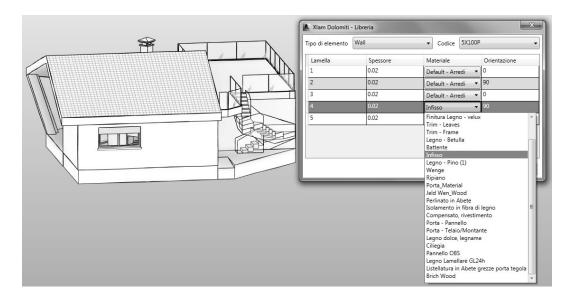
Il Italia i produttori di componenti edilizi si stanno organizzando da pochissimo tempo, i primi rendono disponibili i loro cataloghi dai loro siti web o attraverso delle società di sistemi informatici creando delle partnership per pubblicizzare con le famiglie BIM i loro prodotti, altre invece rimangono gelosi dei loro prodotti, e anche se richieste esplicitamente fanno molta fatica a rilasciare il modello anche se l'hanno già disponibile, evidentemente non hanno colto una potenziale risorsa nella diffusione di questi file.

Interfacciandosi alle fiere del settore edile italiano, come il SAIE a Bologna e il Made Expo a Milano, con diverse aziende produttrici italiane purtroppo si è riscontrata una grande ignoranza sul tema BIM, d'altra parte è comprensibile che finché un numero cospicuo di professionisti non faranno richiesta esplicita alle aziende, saranno davvero poche quelle che vedranno la potenzialità di investire qualche risorsa nel campo.

Alcune aziende invece hanno addirittura fatto sviluppare dei plug-in specifici per Revit, come per esempio la X_LAM Dolomiti, senza però creare di fatto delle famiglie complete di tutti i dati necessari e rilasciando alla fine uno strumento estremamente molto limitato.







Altre ancora invece vedono una famiglia BIM come un semplice modello 3D con un'estensione diversa .rfa in questo caso, perdendo anche qui il senso del tutto.

Si è cercato il più possibile di utilizzare delle famiglie di prodotti realmente esistenti durante la progettazione così da avere un riscontro diretto con il reale. Si è utilizzato per esempio la balaustra in vetro Ninfa della Faraone Infissi, le porte interne di Lauldi, la porta blindata della Torterolo & Re della provincia di Savona e così via. La disponibilità come già detto è limitata, non si è riusciti a trovare famiglie di prodotti più locali o anche solo maggiormente diffusi commercialmente nell'area sicula, anche se i contatti diretti con i fornitori hanno dato riscontri positivi per la distribuzione dei loro prodotti nella zona di lavoro.

13. MODELLAZIONE ELEMENTI PARAMETRICI PERSONALIZZATI

Ogni strumento BIM possiede una serie di famiglie contenenti degli oggetti parametrici predefiniti, queste famiglie sono complete però per la maggior parte dei tipi costruttivi standard. In genere sono incomplete in due maniere:

- Il comportamento dell'oggetto parametrico è insito nella famiglia e segue delle nomenclature standard, non è indirizzabile verso delle tipologie diverse che invece esistono nel mondo reale.
- La base di partenza di un oggetto appartenente ad una famiglia segue gli standard più comunemente riscontrati e omette alcune speciali tipologie di elementi costruttivi che invece sono necessari.

Il problema principale in cui si incorre è la standardizzazione degli elementi famiglia, finché si agisce all'interno di questo campo il processo è pulito ed immediato. La pratica standard segue quindi le convenzioni della produzione industriale, ma la pratica migliore da applicare nella progettazione deve invece rispecchiare l'esperienza del

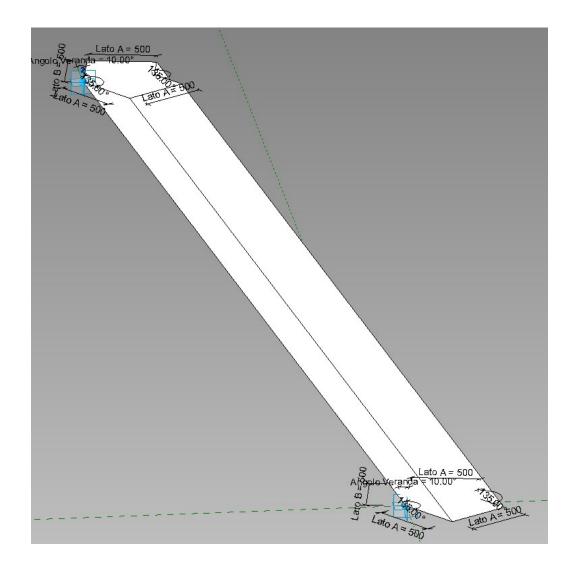
disegnatore con degli adattamenti nei dettagli e le esigenze particolare del singolo progetto.

I software BIM in genere permettono la definizione di oggetti personalizzati all'interno delle loro famiglie. Se una famiglia parametrica non esiste all'interno dello strumento, i progettisti hanno la possibilità di creare degli oggetti di massa che hanno la geometria desiderata parametrizzabile anche con dei parametri di istanza che possono essere chiusi all'interno della famiglia o modificabili perché condivisi anche direttamente dal modello del progetto. Se l'oggetto parametrico si colloca all'interno delle famiglie standard si può passare alla creazione di un nuovo tipo di famiglia che quindi si porterà dietro i comportamenti, le relazioni, le proprietà di base della famiglia a cui appartiene.⁴⁰

Nel mio caso era necessario modellare dei pilastri esterni inclinati composti da una base con sezione geometrica non standard (non rettangolare o quadrata o circolare) che voleva essere anche parametrizzabile e controllabile direttamente dal progetto della villa. La peculiarità era che per creare continuità tra l'elemento tetto e il solaio del porticato era necessario che ci fossero due punti di riferimento che venivano richiesti per definite il pilastro nel momento in cui la famiglia veniva caricata all'interno del progetto.

_

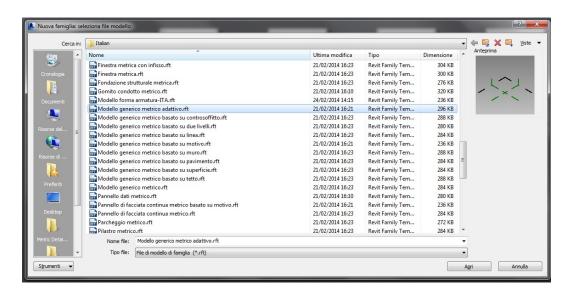
 $^{^{40}}$ Cfr. Eastman, Teicholz, Sacks, Liston 2008, pag. 35-36



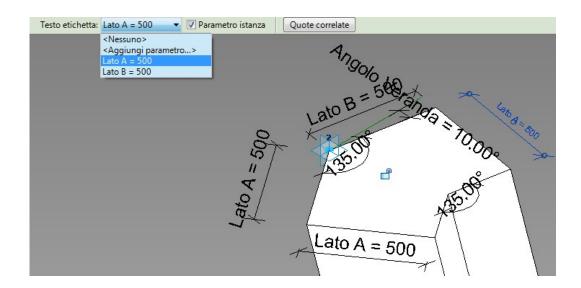
Il grosso vantaggio di definire in maniera completa, con i punti di riferimento, i pilastri in questione rispetto alla creazione di due distinte geometrie di massa, è che essendo questi due pilastri della stessa tipologia poteva essere creata una sola famiglia che poi si adattava alle dimensioni, angolazioni e inclinazioni diverse che aveva uno rispetto all'altro direttamente da dentro al progetto. Altro aspetto che se il tetto o il solaio della veranda viene modificato queste geometrie hanno dei riferimenti diretti con questi e si modificano automaticamente di conseguenza. Altro vantaggio è che una volta che la famiglia è stata creata, in caso di necessità, questa può essere esportata e poi riutilizzata all'interno di un altro progetto.

La famiglia di partenza che è stata utilizzata a questo scopo è il *modello generico metrico adattivo*, che permette di utilizzare dei punti adattivi di riferimento che modificano la geometria che è associata a

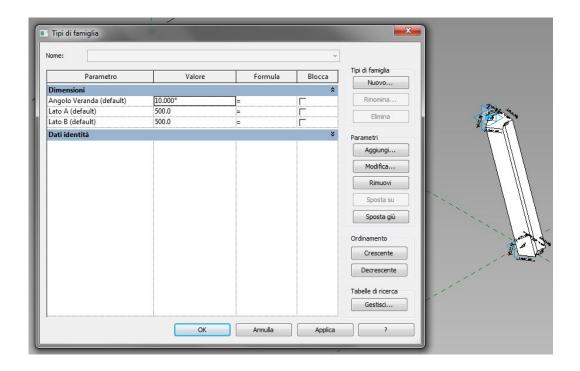
loro e possono a loro volta modellarsi sul progetto in cui va ad inserirsi la famiglia direttamente con delle coordinate a 3 dimensioni facendo riferimento a degli snap per associare i punti di controllo.



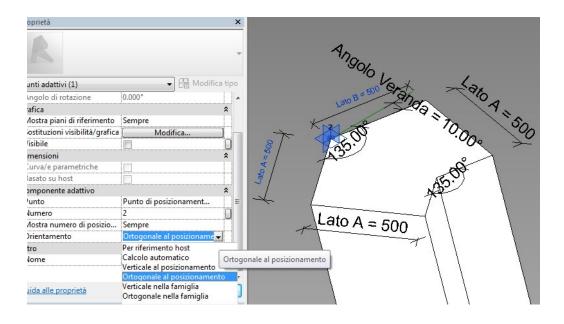
La modellazione è proseguita definendo i piani di riferimento di lavoro, provando a creare la geometria di sezione prima come linee di riferimento associate a punti adattivi, poi come un insieme di punti legati al punto adattivo che erano riferimento a loro volta di linee che creavano la sezione.



Le dimensioni e gli angoli delle linee di sezione e tra le linee di sezione sono state rese delle variabili parametriche, definite quindi come nome, tipologie, proprietà e condivise come parametri di istanza.



Essendo poi il tetto in cui andava a collocarsi il pilastro inclinato, questo doveva innanzi tutto collegarsi al tetto, ed inoltre adattare l'inclinazione della sezione all'inclinazione dell'intradosso dello spiovente. Cioè è stato possibile agendo sulle proprietà del punto adattivo di riferimento rispetto al suo orientamento.



La versatilità dello strumento risulta quindi notevole perché permette agevolmente di definire dei riferimenti e delle relazioni senza bisogno di fare nessun tipo di script che richiederebbe delle conoscenze di programmazione non da poco.



14. SCELTA DELLA TECNOLOGIA COSTRUTTIVA: TIPOLOGIA DI STRUTTURA E I PACCHETTI MURARI

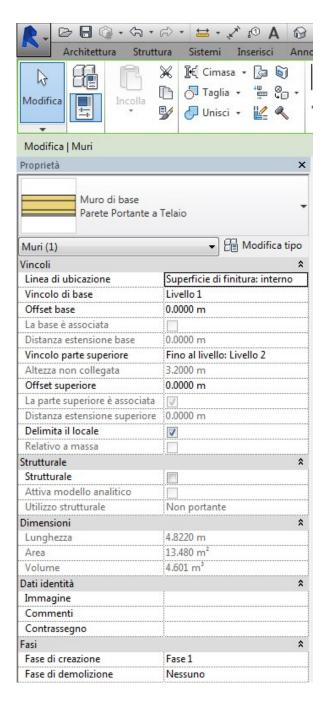
Una struttura ipotizzata per la realizzazione di questa villetta è con il sistema costruttivo a telaio in legno "Platform Frame", un sistema che permette di ottimizzare gli spessori degli elementi grazie all'inserimento del materiale isolante all'interno delle strutture. Le sue caratteristiche generali sono:

- doppia lastra in gesso-fibra
- vano tecnico coibentato
- Pannello parete Platform coibentato con lana di roccia a bassa densità
- Cappotto esterno con lana di roccia a più alta densità
- Rasatura esterna

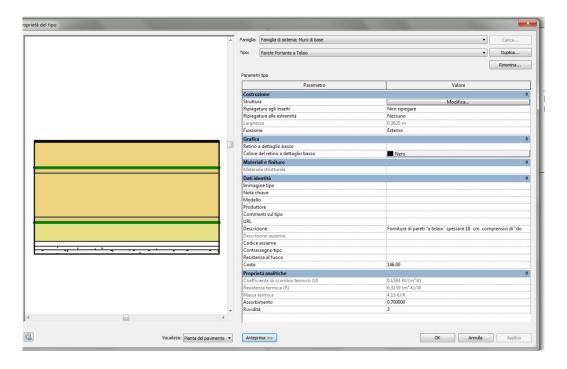
La funzione statica è infatti assolta da un telaio strutturale in legno di abete realizzato con elementi a sezione contenuta disposti a passo ravvicinato (interasse = 60-70 cm), variabile a seconda dei carichi agenti e della conformazione delle aperture, placcato sull'esterno con lastre di irrigidimento e controventatura (es. pannelli OSB, LVL, gessofibra). Le pareti, realizzate in stabilimento, rappresentano le chiusure verticali portanti e sono caratterizzate da un pacchetto a più strati. Sull'esterno dei pannelli parete viene applicato in opera il rivestimento di facciata (cappotto isolante, facciata ventilata), mentre

il lato interno fornisce il supporto per la posa delle canalizzazioni impiantistiche mediante la realizzazione di un vano tecnico.

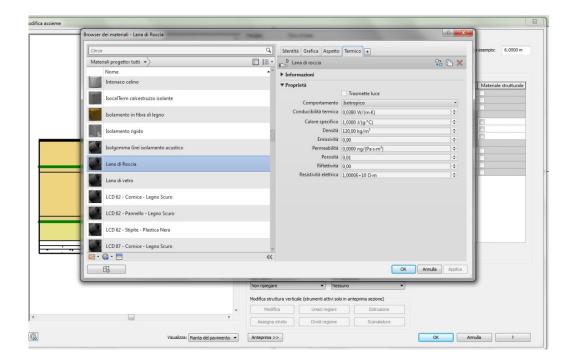
Si è quindi proceduto creando una nuova famiglia di muri partendo da una di base esistente e modificando le proprietà del tipo.



Per creare la stratigrafia è bastato entrare nella struttura del muro e modificarla. Da qui è possibile aggiungere più strati a cui va assegnata una funzione (finitura, struttura, , etc.), lo spessore e il materiale.



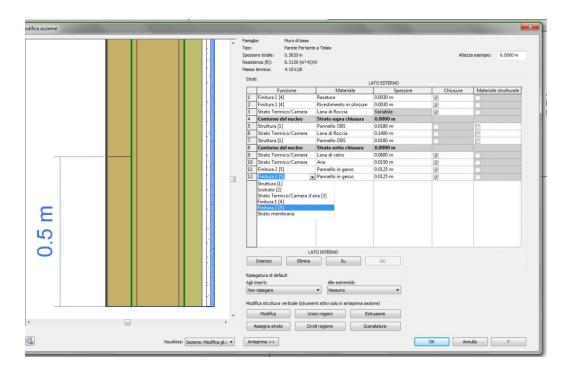
I materiali sono stati a loro volta creati indicando la densità di ognuno, le caratteristiche termiche partendo dai dati forniti dalla casa produttrice, l'aspetto e la rappresentazione grafica bidimensionale in sezione e in pianta.



Quando poi si visualizzeranno piante e sezioni infatti sarà possibile scegliere il livello di dettaglio di rappresentazione, ovviamente selezionato in base alla scala a cui si andrà a stampare la

rappresentazione bidimensionale, senza dover disegnare fisicamente le linee corrispondenti alle varie stratigrafie se si aumenta il livello di dettaglio.

Nel caso specifico del nostro pacchetto la parte strutturale centrale è caratterizzata da due materiali che si alternano anche verticalmente, il legno lamellare portante e la lana di roccia ad alta densità che si intervallano con un interasse di circa 50-60cm. Revit permette la modellazione anche dei differenti materiali sul piano verticale agendo direttamente dall'interno del pacchetto murario e disegnando sull'anteprima del pacchetto inserendo linee di taglio e potendo variare per pezzi in alzato lo spessore dei vari strati. La visualizzazione inoltre all'interno dell'anteprima del pacchetto murario permette di effettuare operazioni di zoom e span che rendono più agevole l'operazione di modellazione delle stratigrafie del muro.



Questa potenzialità permette quindi anche di assegnare i primi 50cm di isolamento esterno ad un materiale come il polistirolo estruso invece della lana di roccia ad alta densità che a contatto con la quota zero potrebbe avere problemi di risalita capillare o umidità essendo un materiale sensibile a quest'ultima, mentre un materiale plastico non ha problemi di questo tipo pur portandone di diversi come una minore

traspirabilità dell'involucro edilizio nonché una trasmittanza diversa rispetto alla lana di roccia.

Alla stessa maniera sono stati definiti il tetto inclinato, quello piano, il solaio di fondazione e quello di primo piano.

Per ogni tipologia di pacchetto è stata creata una famiglia diversa.

Lo stesso si è fatto per le pareti in X-LAM, altra tecnologia costruttiva ipotizzata per questa villetta.

Il vantaggio è che selezionando il muro si può in un clic modificare la tecnologia costruttiva si questo una volta che i pacchetti sono stati creati.

Per un discorso di potenzialità dello strumento è bene ricordare che una volta creata la famiglia del pacchetto murario, questa può essere condivisa con poche mosse con altri progetti.

15. ANALISI ENERGETICA

Revit necessita della creazione di modello di analisi energetica che chiama appunto Energy Analysis Model (EAM), che è essenzialmente una astrazione della forma complessiva di un edificio e la disposizione in una 'rete computazionale' in grado di catturare tutti i percorsi e processi chiave di trasferimento di calore in tutto l'edificio in modo efficace. La base di un modello EAM è proprio la sua geometria.

Ci sono molti strumenti e metodi per la creazione di modelli di analisi energetica (anche all'interno della suite di strumenti di Autodesk). Ci sono due questioni inerenti i modelli di analisi energetica da valutare: la prima è la necessità di utilizzare una terminologia coerente e precisa; la seconda è il bisogno di differenziare le componenti di un EAM che sono essenzialmente costanti, a differenza degli strumenti e pratiche che li generano che variano ampiamente.

Per garantire una terminologia coerente, questa documentazione farà riferimento gli elementi dallo schema gbXML (Green Building XML).⁴¹

15.1 Le terminologie di base: spazi, superfici e zone

Le parti principali di un EAM sono gli spazi, le superfici e le zone. L'immagine sotto mostra la relazione tra questi elementi.

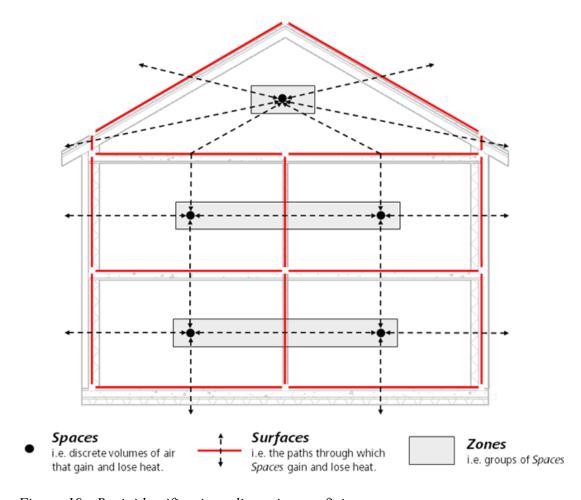


Figura 19 - Revit identificazione di spazi, superfici e zone

Questi vanno assegnati nel modo più semplice e completo possibile: Gli *spazi* sono volumi discreti (in realtà masse) di aria, dettate sull'esperienza della perdita o del guadagno di calore dovuti a processi interni come per esempio l'occupazione da parte di persone, l'illuminazione, le attrezzature e la HVAC (Heating, Ventilating and

77

⁴¹ Guida in linea Autodesk: http://help.autodesk.com/view/BUILDING_PERFORMANCE_ANALYSIS/ENU/?guid=GUID-76E347D1-9763-4113-9199-C109063A3COC

Air Conditioning), nonché lo scambio di calore con altri spazi confinanti e lo scambio di calore con l'ambiente esterno. Attraverso le *superfici* si ha il trasferimento di calore da e verso ogni spazio, anche tra spazi interni adiacenti e con l'ambiente esterno. Le *zone*, invece, sono gruppi di spazi che si identificano per le loro comuni caratteristiche – per esempio possono avere lo stesso orientamento, la stessa funzione, o essere serviti dallo stesso sistema HVAC.

15.2 Come lavora la simulazione energetica di un intero edificio

Gli edifici sono sistemi complessi e per fare una corretta analisi delle performance di questi è necessario capire e saper rappresentare (qui gli strumenti che si stanno utilizzando devono aiutare) l'interrelazione dinamica tra una varietà di fattori nel tempo. Alcuni di questi fattori sono: forma, materiali, impianti, funzione e clima.

In sintesi, per una corretta simulazione energetica dinamica, sono necessari i seguenti modelli che si interfacciano e collaborano tra di loro:

- La geometria dell'edificio

La forma di un edificio è uno dei principali fattori che influenzano il consumo energetico.

Questo include la sua area, il suo volume, il layout, l'orientamento, le superfici vetrate, e l'ombreggiatura. Questa viene catturato in una simulazione di energia utilizzando un modello di analisi energetica (EAM).

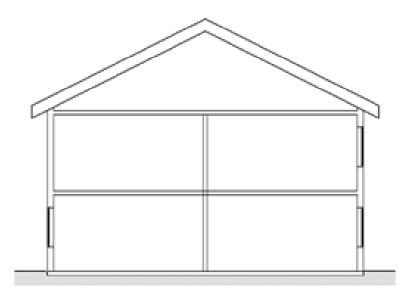


Figura 20 - Revit identificazione della geometria di un edificio

- Comfort spaziale e termico

Questi spazi scambiamo calore con l'ambiente esterno e con quelli adiacenti (linee tratteggiate). Un EAM ha degli spazi discreti che rappresentano l'aria all'interno di un edificio (le aree in rosa). Vengono collocati all'interno di questi spazi una serie di punti di riferimento dello stato di comfort termico (i punti).

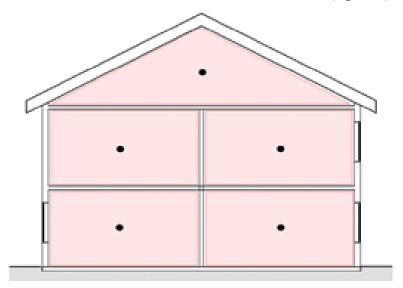


Figura 21 - Revit identificazione della geometria di un edificio

- Trasferimento di calore attraverso le superfici

Questi spazi scambiano calore con l'ambiente esterno e tra di loro (linee tratteggiate). Questo trasferimento di calore avviene attraverso le superfici del modello, ricavate dalla geometria e che rappresentano le pareti, il tetto, i pavimenti e le finestre dell'edificio (linee blu e verdi).

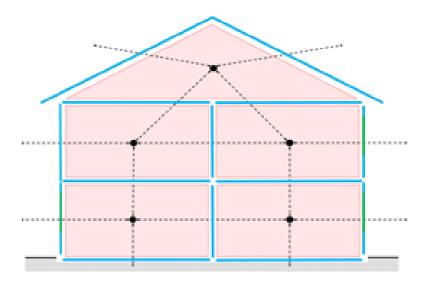


Figura 22 - Il trasferimento del calore attraverso le superfici

- Proprietà dei materiali

Il trasferimento del calore è influenzato dai materiali utilizzati per la costruzione (cemento, vetro, mattoni, legno, etc) e influenzano significativamente la quantità di energia necessaria al raffrescamento e al riscaldamento dell'ambiente interno per un livello di comfort ottimale. Le proprietà dei materiali da considerare per valutare queste conseguenze sono la densità, la conducibilità termica e il calore specifico. Vanno tenute in considerazione le proprietà di ogni singolo strato nel caso di muri stratificati.

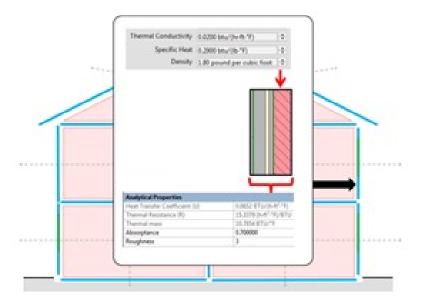


Figura 23 - Proprietà dei materiali

- Impianti del sistema

Per soddisfare le esigenze degli occupanti l'edificio, gli impianti consumano e rilasciano forme diverse di energia. In particolare si considera di poter creare energia rinnovabile direttamente sul sito con questi sistemi:

HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning) – Riscaldamento, Ventilazione e aria condizionata

LDP (Lighting Power Density) – Illuminazione

EPD (Equipment Power Density) – Impianti per l'energia elettrica

DHW (Domestic Hot Water) - Acqua calda sanitaria

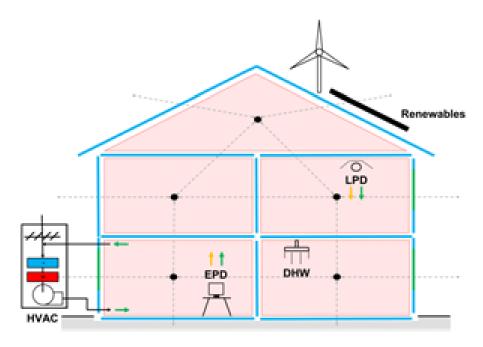


Figura 24 - Impianti dell'edificio

- Energia data da fattori dinamici

Finora sono stati considerate le superfici, gli spazi e le caratteristiche dell'edificio, ma per una corretta analisi energetica è necessario considerare anche l'influenza dei carichi energetici dinamici che si hanno, come per esempio quelli dati dalle persone occupanti (stimate in base alla funzione dell'edificio) o le condizioni ambientali esterne (basate sui dati climatici statistici della zona in cui è collocato il sito). In particolare vanno considerati:

- Il calore e l'umidità delle persone (determinati da quante persone si troveranno all'interno dello spazio nei diversi momenti della giornata e che tipi di attività stanno svolgendo)
- I punti di controllo e la temperatura impostata per ogni spazio
- La temperatura dell'aria esterna
- Umidità relativa
- Velocità e direzione del vento
- Radiazione solare diretta e diffusa
- Ipotesi di infiltrazioni

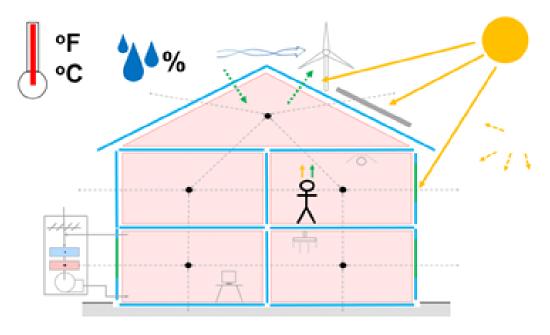


Figura 25 - l'influenza dei fattori dinamici

- Trasferimento di calore nel tempo

Il trasferimento del calore può avvenire nel tempo in tre modalità:

- Conduzione (frecce rosse)
- Convezione (frecce verdi)
- Irraggiamento (frecce gialle)

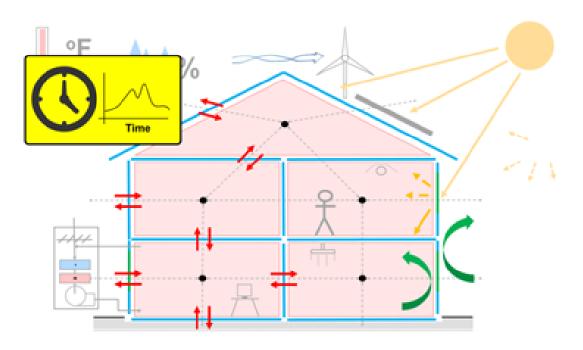


Figura 26 - Trasferimento del calore

- L'energia necessarie e il preventivo dei costi

Dopo aver eseguito una modellazione completa è possibile ricavare l'energia necessaria proveniente dalle varie fonti, moltiplicandola poi per i costi ed avere successivamente una stima delle spese da sostenere.

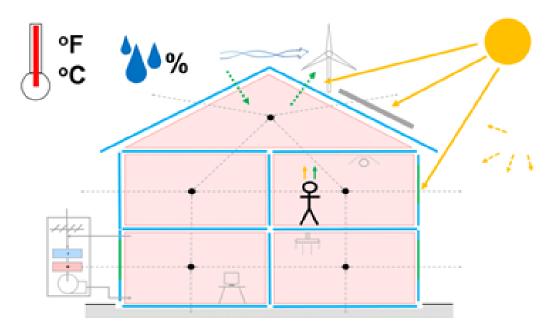
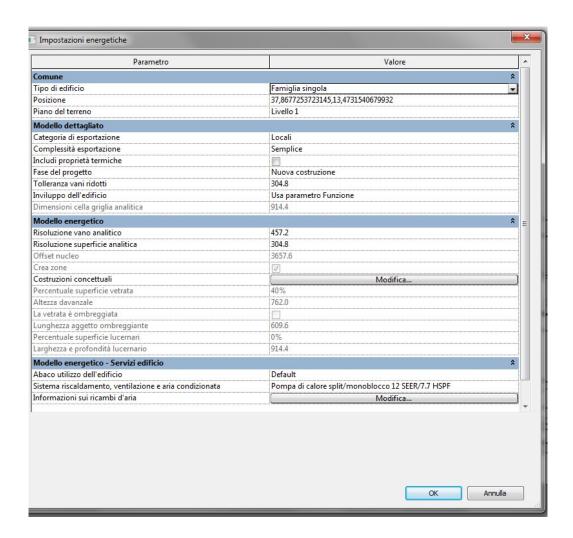


Figura 27 - l'influenza dei fattori dinamici

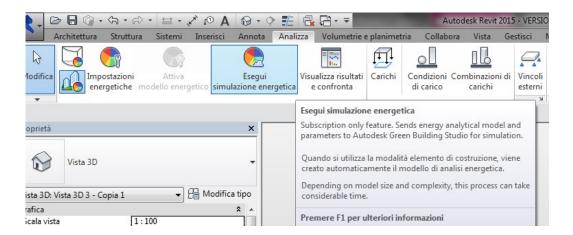
15.3 Green Building Studio

Purtroppo Autodesk non ha sviluppato il software per includere la normativa italiana per quanto concerne la certificazione energetica. Ma per un'analisi qualitativa di quale sia la tipologia costruttiva più interessante si è proceduto esportando il modello Revit per farlo girare in Green Building Studio, una piattaforma sempre di casa Autodesk che lavora esclusivamente in cloud, una volta in possesso delle credenziali.

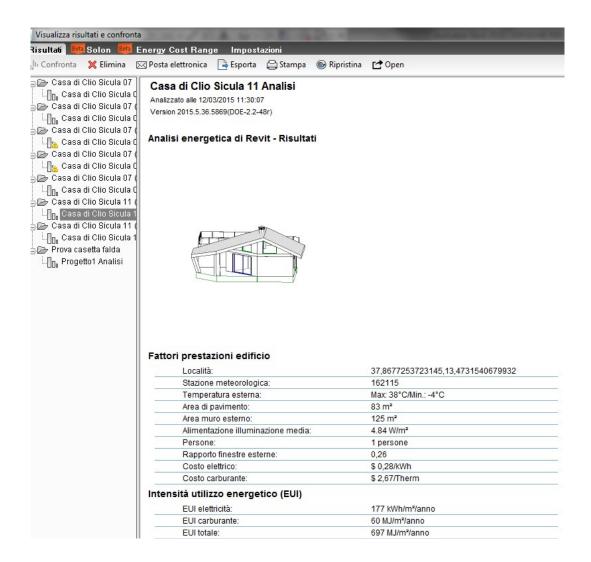
Revit permette di avere un'analisi energetica qualitativa partendo direttamente da dentro il software, senza quindi fare alcun tipo di esportazione. Innanzitutto si controllano le impostazioni energetiche nelle sue voci perché variano significativamente il valore che viene restituito dal software.



Dopo di che si può proseguire con l'analisi energetica.



Che lavorando in cloud risulta essere un'operazione estremamente veloce ed efficace. Aprendo la scheda Visualizza risultati e confronta si vedono rapidamente i primi risultati dell'analisi energetica effettuata.

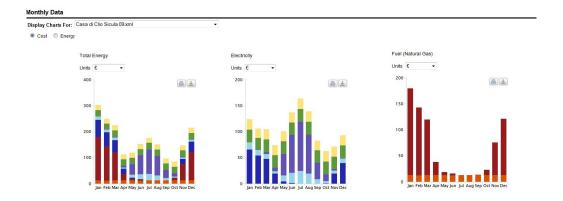


(vedi fogli allegati)

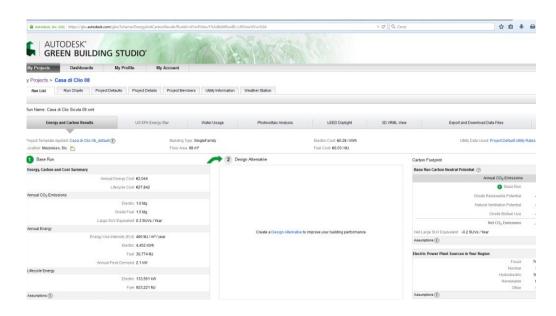
Esportando il modello in gbXML ed importandolo direttamente nel cloud (accendendo quindi dal browser) di Green Building Studio si possono ottenere dei dati molto più precisi.



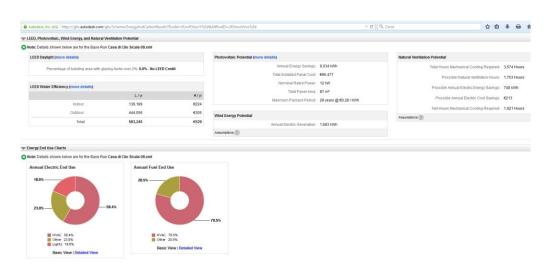
Persino l'energia richiesta in un anno.



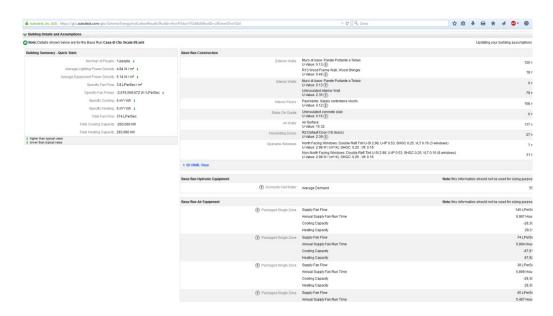
Riporta l'energia annuale richiesta e le emissioni di CO_2 rilasciate sempre su un anno solare.



L'energia che può essere potenzialmente ricavata dal fotovoltaico.



Riporta i dati di trasmittanza termica delle pareti, dei solai e di tutti i pacchetti inseriti facendo un computo in base ai materiali inseriti ognuno del suo necessario spessore e alle caratteristiche di questi.

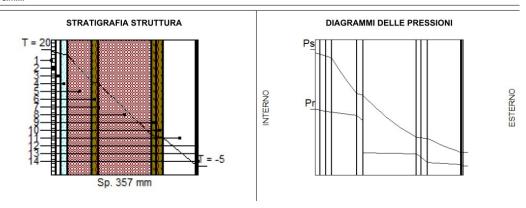


È stato fatto un confronto per questo aspetto del risultato uscito da Revit a quello che si può ricavare con il più comune strumento Termus: Revit qui riporta una trasmittanza per la parete portante esterna in Platform Frame arrotondato a 0,13, Termus a 0,133. I risultati sono coerenti.



TRASMITTANZA = 0.133 W/m2K

Permeabilità al vapore con umidità relativa fino al 50%; C.S. = Calore Specifico; R = Resistenza termica dei singoli strati; Resistenza - Trasmittanza = Valori di resistenza e trasmittanza reali; Massa Superficiale = Valore calcolato come disposto nell'Allegato A del D.Lgs.192/05 e s.m.i.



Il confronto poi può essere fatto tra diversi pacchetti murari agilmente.

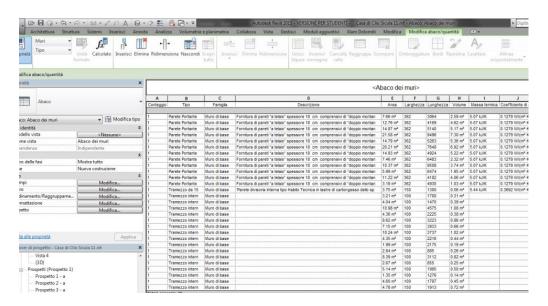
RESISTENZA = 7.498 m²K/W

16. LE BASI PER UN COMPUTO METRICO ESTIMATIVO

Altro fatto da considerare di grande importanza nella progettazione architettonica e il riscontro con il fattore economico dell'opera edilizia. Con questo sistema di progettazione è possibile ricavare tutte le quantità necessarie facendo degli abachi per ogni categoria da inserire nel computo metrico estimativo.

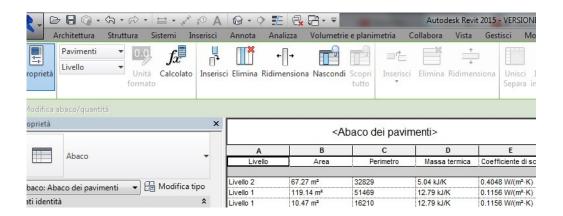
È evidente che durante un preventivo effettivo non sono solo le quantità ad entrare in gioco di ogni voce di capitolato, infatti quando si richiedono ai diversi fornitori i prezzi vengono poi effettuate delle scontistiche in base al tipo di prodotto scelto e alla quantità.

Revit permette di inserire per ogni voce modellata il prezzo, se ogni elemento viene posto nella maniera corretta come gerarchie di famiglie e corrispondenza delle descrizioni e dei dati rispetto alla rappresentazione grafica riesce immediatamente a ricavare le quantità.



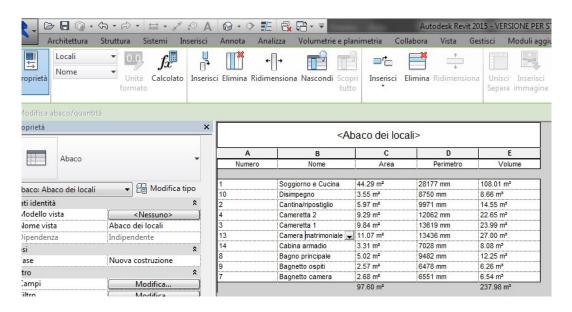
Successivamente nell'abaco è possibile inserire delle voci non predefinite che possono essere anche calcolate come funzione di parametri ricavati dalle famiglie. In questa maniera può essere calcolato il costo totale di 5 finestre di un tipo che poi vanno a sommarsi ai prezzi ricavati dagli altri elementi di progetto. Gli abachi lavorano per categoria, è possibile esportarli in file .txt tabulati che

possono essere aperti da fogli elettronici di calcolo per poter concludere al meglio il computo metrico estimativo.



E' da notare che nel computo dei pavimenti le aree vengono calcolate al lordo dei muri esterni o portanti, cosa che invece va al netto nei preventivi, per cui è necessario elaborare un altro sistema per ricavare le aree utili.

Per farlo si ricorre ai locali che definisco le aree dei singoli ambienti così che poi possono essere sommati per avere l'area totale.



17. LA CONDIVISIONE DI FAMIGLIE E DATASET

Un notevole vantaggio da considerare appartenente allo strumento Revit è la facilità con cui le famiglie e ancor meglio gli standard di progetto possano essere condivisi fra progetti differenti. Gli standard di progetto comprendono i seguenti elementi:

- Tipi di famiglie (tra cui famiglie di sistema ma non famiglie caricate)
- Spessori di linea, materiali, modelli di vista e stili di oggetti
- Impostazioni meccaniche, elettriche e delle tubazioni
- Stili di annotazione, schemi di riempimento colore e retini
- Impostazioni di stampa

È possibile specificare quali standard copiare. Qualsiasi oggetto utilizzato come riferimento da un oggetto che verrà copiato è incluso nel trasferimento. Ad esempio, se si seleziona un tipo di muro e si dimentica di copiare il materiale, Revit lo copia comunque.

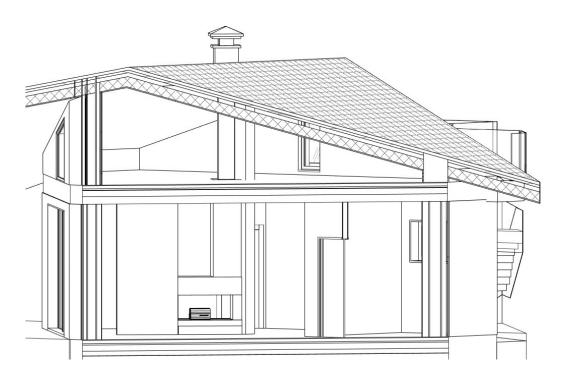


Per farlo la procedura è oltremodo che semplice, basta tenere i due file aperti contemporaneamente è dal menu gestisci si può trasferire gli standard di progetto.

18. GLI IMPIANTI E LE INTERFERENZE

La modellazione ad un livello più approfondito dell'oggetto edilizio permette di prevedere molteplici problemi che potrebbero visualizzarsi una volta già giunti in fase di cantiere portando quindi l'interruzione dei lavori dilatando quindi tempi e costi dell'opera.

La possibilità di modellare gli impianti durante la costruzione digitale dell'edificio permette di captare immediatamente le interferenze che possono incorrere tra questi e le parti strutturali dell'edificio.

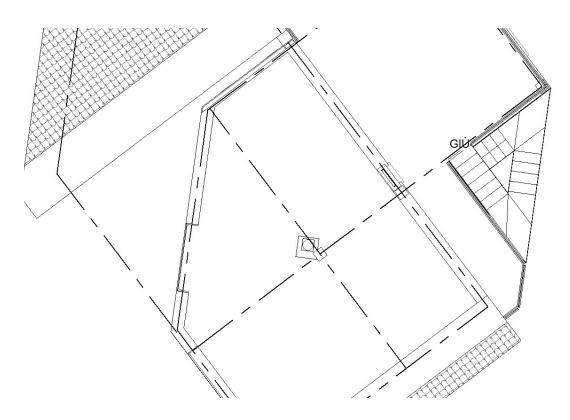


E' stata fatta una valutazione qualitativa del tipo di impianti che era idoneo installare in questa villetta monofamiliare, ed in particolare si è proceduto alla modellazione di un camino termoventilato della Jolly-Mec a doppio affaccio, modello Aerjolly Bifacciale a legna modellando anche i condotti di uscita dei fumi. Purtroppo la Jolly-Mec dispone già di famiglie .rfa, ma non di questo modello non essendo una punta di diamante tra i loro prodotti. Ad ogni modo la Jolly-Mec rilascia molto difficilmente i modelli dei propri prodotti per paura che questi vengano copiati dalla concorrenza.



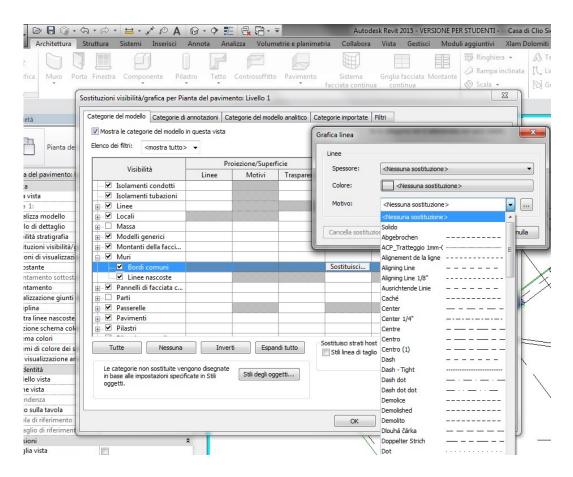
Si è quindi proceduto facendo una modellazione di masse del camino in questione. Non esistendo la categoria di famiglia di stufe a legna o a pellet fra gli impianti meccanici che possono fornire energia non si è potuto collegare la tubazione modellata successivamente con il camino in questione. Ciò è una perdita significativa nel processo se si volesse procedere alla modellazione integrale degli impianti per poi avere una valutazione energetica che consideri anche gli impianti installati con la loro effettiva resa rispetto all'involucro edilizio.

Si è visto quindi che la posizione in cui era stato inizialmente pensato il camino avrebbe avuto la canna fumaria che andava a sbattere esattamente contro la trave di colmo del tetto, e dovendo evitare di fare angoli significativi nel tubo di uscita dei fumi per far si che la condotta li aspiri correttamente, è stato necessario spostare il camino. Essendo in fase di progettazione i costi di tale modifica sono stati nulli.

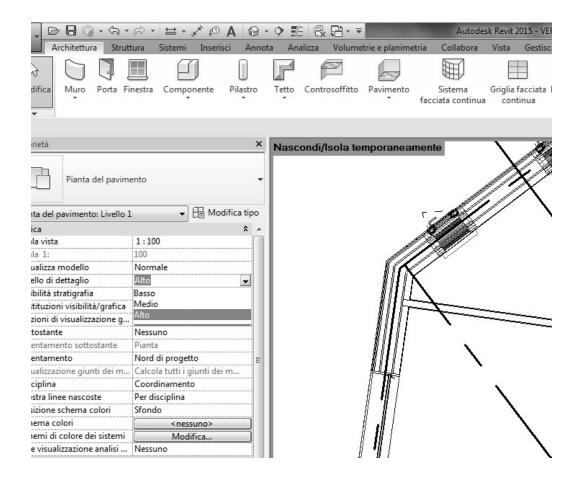


19. RESE GRAFICHE BIDIMENSIONALI E TRIDIMENSIONALI

Il vantaggio notevole è che è sempre possibile ricavare qualunque rappresentazione sia necessaria aggiornata in tutte le sue parti secondo l'ultima modifica effettuata in una qualsiasi delle viste del modello. E' possibile esportare le viste in formato .dwg per poterlo eventualmente sistemare con la grafica 2D a cui si è soliti o ancora meglio agire direttamente all'interno del modello sulla definizione di spessori, colori e tipologie di linee nelle varie viste rappresentate.



Si può scegliere la scala di dettaglio a cui la pianta debba essere visualizzata, per cui si potranno vedere o meno le varie stratigrafie murarie per esempio se viene impostato ad un livello alto, se invece viene scelto un livello basso si vedranno solamente i bordi esterni dei muri.



Affichè la rappresentazione delle stratigrafie avvenga in maniera corretta quando va ad allacciarsi con strati diversi di altri muri o solai è necessario aver assegnato in maniera corretta la layer priority di ogni strato del muro. Questo è possibile attraverso i numeri tra parentesi quadre che sono rappresentati di fianco alla funzione del singolo strato del muro. Il numero [5] è quello che ha priorità più bassa, il numero [1] quella che ce l'ha più alta. La Struttura ha valore [1] ed è considerato uno strato che sostiene il resto del muro (del pavimento e del tetto), la Finitura [5] generalmente corrisponde allo strato interno 8intonaco). Uno strato che priorità inferiore non può attraversare uno strato con priorità uguale o superiore. Altro elemento da considerare è il nucleo del muro che rispecchia un raggruppamento logico degli strati che ne identificano la struttura principale. Sono essenzialmente dei bordi virtuali che danno il vantaggio in fase di quotatura del progetto di far si che sia possibile che Revit quoti appunto il nucleo del muro invece che la superficie esterna di questo. Inoltre si uniscono

strati uguali se questi appartengono entrambi al nucleo o ne sono entrambi fuori da questo. Il nucleo si fonde con il nucleo e ciò che si fonde fuori da questo è di pari grado.

CONCLUSIONI

20. I PROBLEMI PRINCIPALI RISCONTRATI

I problemi operativi riscontrati sono di ogni tipo.

Per lo più legati alla conoscenza dello strumento che è estremamente lunga e complessa, non banale e non sempre intuitiva, ma alla fine si è riscontrato che i limiti erano legati maggiormente all' ignoranza che all'effettiva infattibilità di ciò che si voleva operare o modellare. Ma riuscire a capire come muoversi nella maniera corretta richiedeva tempi di studio lunghi.

I problemi più seri riguardano l'interoperabilità lo scambio quindi di tutti i dati attraverso sistemi diversi. Per esempio non è possibile nemmeno salvare i file di progetto in formati Revit precedenti a quelli della versione utilizzata, quindi nel mio caso si è intercorsi su una incompatibilità fra Revit 2015 e Vasari Beta 3 che leggeva file fino a Revit 2014. E' stata fatta esportazione nel formato internazionale IFC da Revit 2015 per importarlo in Revit 2014 per poter poi successivamente passare a Vasari. Ma il risultato è stato più che pessimo. Sono andati persi le relazioni tra gli elementi che collegavano per esempio alcuni muri alle falde del tetto portando i muri ad avere altezze senza senso. Così come le famiglie dei muri non riportavano nella maniera corretta tutte le loro stratificazioni e proprietà da essi derivati. Alcune geometrie erano state convertite in maniera automatica in geometrie di massa.

Lo svantaggio di modellare delle geometrie di massa è che queste poi non possono innanzitutto essere associate ad alcun altro elemento e quando vengono computati sono degli elementi a parte che non si integrano.

Ci sono alcune accortezze da avere, come per esempio durante l'esportazione del file in .dwg le linee coincidenti non vengono conservate di default, per cui per garantire che queste linee coincidano è necessario agire sulle impostazioni di esportazione. Un altro aspetto da considerare è che se si lavora sull'abaco dei muri è da sapere che la lunghezza dei muri viene misurata sulla linea di mezzaria di questo quindi va prestata attenzione a questo parametro a seconda del risultato che si sta cercando.

21. IL RISULTATO OTTENUTO

Il metodo di progetto, validato e confermato nella sua fattibilità da numerosi casi documentati nella letteratura scientifica esistente, è stato applicato facendo largo uso di elementi parametrici non standard nei modelli 3D, destinati ad essere assemblati seguendo le vere indicazioni di posa e le prestazioni dei loro duali reali effettivamente in produzione sul mercato edilizio, instaurando alcuni contatti diretti con i rispettivi produttori.

La possibilità di introdurre variazioni e correzioni consentite dallo strumento BIM utilizzato, ha condotto ad una scelta ottimizzata dei materiali e dei componenti, con relativo computo metrico asportato per una futura stima del complesso edilizio, resa grafica di piante ed alzati, valutazione del tipo di impianto idrico, elettrico e di riscaldamento e raffrescamento necessario con simulazione di una parte di questo allo scopo di visualizzare immediatamente determinate interferenze che diversamente si sarebbero potute vedere solamente in fase di cantiere portando a tempi e costi aggiuntivi.

Il risultato finale ha anche permesso di avere alcuni spunti di originalità architettonica e di design nella modalità di generazione del modello dopo aver avuto anche un confronto con gli elementi reali. Inoltre si è potuti giungere ad una valutazione delle geometrie per il controllo degli spazi rispetto alla normativa locale e a parametri di sostenibilità ambientale, così come alla valutazione della tecnica costruttiva migliore con lo studio di più tipologie di pacchetti murari per risolvere problemi di raffrescamento estivo e isolamento invernale.

22. IL BIM NEL FUTURO ITALIANO

Una considerazione che può essere fatta è che se i governi hanno scelto di sostenere e di imporre il processo di adozione del BIM nel settore AEC (Architectural, Engineering and Construction) è perché ne traggono degli enormi benefici, e se è vero che il ruolo della pubblica amministrazione nel settore è principalmente quello del committente, significa che è quest'ultimo a trarre i maggiori vantaggi da un approccio BIM al progetto.

I vantaggi nell'utilizzo del BIM sono immediate: è possibile avere informazioni coordinate di tutte le discipline, facilitando anche il sistema di gestione dell'edificio e il suo ciclo di vita.

Tale aspetto non è per niente da sottovalutare; negli anni è capitato molto spesso che questo lato della medaglia non venisse tenuto in debita considerazione, nell'erronea convinzione che migrare al nuovo sistema consista principalmente nell'adozione di un nuovo software più performante. La tecnologia (e il suo impatto sui costi) ricoprono certamente un ruolo importante nel passaggio al BIM ma sicuramente non il principale, anche in un momento di crisi come quello che sta attraversando il nostro paese.

La mancata diffusione del BIM nel nostro paese è in parte dovuta anche all'assenza di una politica di governo strutturata, volta a favorire il processo di implementazione del Building Information Modeling.

La difficoltà che comporta l'implementazione del sistema BIM all'interno di strutture con proprie metodiche e processi consolidati da tempo è consistente. Adottarlo nel proprio studio o nella propria azienda significa stravolgere totalmente il sistema di lavoro influenzandone ogni aspetto, dall'acquisizione delle commesse alla gestione del personale; si rendono necessari l'inserimento di nuove figure e la dismissione di altre, acquistare e padroneggiare nuove tecnologie, migliorare e/o adeguare i processi di comunicazione; Il tutto a partire da una corretta analisi dello stato attuale e dalla

successiva elaborazione di un piano di azione che tenga in particolare conto il ruolo che ciascun componente dello studio o dell'azienda dovrà ricoprire. È proprio il mancato coinvolgimento delle persone attraverso scelte calate dall'alto, ma non condivise, la ragione che spesso sta dietro al fallimento dell'implementazione del BIM.

Un'altra considerazione da fare riguarda l'estrema frammentazione in cui versa il nostro sistema: la presenza capillare di studi di piccole dimensioni non agevola di certo l'adozione di standard procedurali e di scambio informazioni, che sono le fondamenta su cui poggia il sistema BIM. Arrivati a questo punto è chiaro come il percorso per la sua diffusione in Italia sia una strada tutta in salita, tuttavia gli studi italiani che si rivolgono al mercato estero stanno ottenendo ottimi risultati grazie ad esso. Il caso preso in esame qui conferma che nonostante alcuni problemi intercorsi in fase di progettazione, anche alla scala comunque ridotta di una villetta monofamiliare, i benefici nell'utilizzazione di questo processo sono papabili, sia a livello gestionale di efficienza del processo, sia a livello di riscontri dati anche dallo strumento per un'architettura sostenibile.

Il BIM è quindi è destinato ad entrare in qualche modo nella nostra realtà e a fornire un vantaggio competitivo non indifferente a chi saprà muoversi in questa direzione nei prossimi anni con lungimiranza e accortezza.

BIBLIOGRAFIA

BENEDETTI 1994: Cristina Benedetti, *Manuale di architettura bioclimatica*, Rimini, Maggioli, 1994

CASTELLI 2008: Castelli Luca (a cura di), *Architettura sostenibile*, Torino, UTET scienze tecniche, 2008.

DE PASCALIS 2001: Salvatore De Pascalis, *Progettazione Bioclimatica*, Palermo, Dario Flaccovio Editore, 2001.

EASTMAN, TEICHOLZ, SACKS, LISTON 2008: Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston, *BIM Handbook*, Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2008

GAUZIN-MÜLLER 2003: Dominique Gauzin-Müller, Architettura sostenibile: 29 esempi europei di edifici e insediamenti ad alta qualita ambientale, Milano, Edizioni Ambiente, 2003

GIOLI 2000: Alessandro Gioli (a cura di), Lezioni di architettura bioclimatica, Firenze, Alinea, 2000

KENSEK, NOBLE 2014: Karen M. Kensek, Douglas E. Noble, (a cura di) Chuck Eastman, *Building Information Modeling, BIM in current and future practice*, Hoboken, New Jersey, Wiley, 2014

KRYGIEL, NIES 2008: Edddy Krygiel, Bradley Nies, *Green BIM*, Indianapolis, Wiley Publishing, 2008

MONTI, RODA 2002: Carlo Monti, Riccardo Roda (a cura di), *Costruire Sostenibile: l'Europa 2002*, Firenze, Alinea, Bologna, Bologna Fiere, Saie, 2002

PAOLELLA 2001: Adriano Paolella (a cura di), *L'Edificio Ecologico:* obiettivi, riconoscibilità, caratteri, tecnologie, Roma, Gangemi, 2001

PIANO FORESTALE REGIONALE SICILIA 2003: Assessorato Agricoltura e Foreste (Dipartimento regionale delle foreste), *Piano Forestale Regionale*, Regione Sicilia, Palermo, 2003

POZZOLI, VILLA 2012: Simone Pozzoli, Werner Stefano Villa, Autodesk® Revit Architecture 2013 – Guida avanzata, Milano, Tecniche Nuove, 2012

RELAZIONE "PAES" MEZZOJUSO 2014: Ing. Francesco Giovanni Saraceno, Ing. Pietro Sturniolo, Ing. Domenico Panetta, *Relazione Piano di Azione per L'Energia Sostenibile "PAES" – Comune di Mezzojuso (PA)*, Comune di Mezzojuso, Palermo, Dicembre 2014

TEICHOLZ 2013: Paul Teicholz, *BIM for facility managers*, IFMA Foundation, Hoboken, New Jersey, Wiley, 2013

WEYGANT 2011: Robert S. Weygant, *BIM content development:* standards, strategies and best practices, Hoboken, New Jersey, Wiley, 2014

Sitografia:

http://www.castfvg.it/notiziar/2000/miscoazi.htm

http://www.revitforum.com

http://www.revitlandia.com

http://seek.autodesk.com

http://www.revitcity.com

https://gbs.autodesk.com

http://revit.autodesk.com

http://revitfactory.com

http://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore#?sort=score

http://www.cad3d.it

http://help.autodesk.com/view/RVT/2015/ITA/?guid=GUID-2143AB22-7B5B-4E1B-81EE-B3FCB133190D

https://aectechtalk.wordpress.com/2010/10/04/keys-to-rotating-items-inside-revit-families/

http://academy.autodesk.com/courses/www/student.php

http://help.autodesk.com/view/BUILDING_PERFORMANCE_ANA LYSIS/ENU/?guid=GUID-1D018110-4DA6-4EB6-96DC-E2AAF2BF02FE

http://www.familit.com

http://www.arcat.com/bim/bim objects.shtml

http://library.smartbim.com/

http://www.eebuild.it/

http://bimobject.com/product

http://www.syncronia.com/

https://ithinkbim.wordpress.com/

http://www.progettarearchitettura.it/ladozione-del-bim-nella-comunita-europea/

RINGRAZIAMENTI

Desidero innanzi tutto ringraziare il Professore Simone Garagnani, innanzitutto per la sua sconfinata disponibilità anche alle ore più tarde, ma soprattutto di essere stato una guida non solo per le tematiche di tesi ma per quello che sarà il mio futuro approccio con il mondo lavorativo, sempre con la risposta giusta al momento giusto, ma anche con le domande giuste poste sempre con un sorriso per farmi prendere consapevolezza di come mi stavo muovendo e di dove dovevo arrivare. Davvero grazie. Mai avrei pensato di poter trovare un relatore così valido. Dopo ogni colloquio avevo sempre una spinta in più.

Ringrazio l'Architetto Gianluca Cattoli, a cui a pillole ho strappato indispensabili perle di saggezza e che è stato disponibilissimo anche lui in maniera ultra-dinamica a risolvere i miei quesiti con qualsiasi mezzo di comunicazione sia presente nel 2015.

Ringrazio Gabriele Facchini che mi ha aiutato con estrema professionalità anche in giorni e orari disparati nella valutazione degli impianti, procurandomi materiali, contatti ed interfacciandosi lui stesso per mio conto con rappresentati e tecnici specializzati per risolvere ogni mio quesito.

Ringrazio il termotecnico interpellato Francesco Facchini, che ha speso ore del suo tempo gratuitamente per indicarmi le scelte anche commerciali migliori per il mio progetto di tesi.

Ringrazio Stefano per le indicazioni metodologiche su come redigere una tesi di laurea, nonché come amico.

Ringrazio Enza, Paolo, Martina e Clio per avermi dato la possibilità di lavorare su questo progetto.

Ringrazio il Professor Alessio Erioli che per me è stato un mentore indispensabile e indimenticabile durante il mio percorso di studi.

Ringrazio la mamma e papà che mi hanno sostenuto tutti questi anni di studio in tutti i modi in cui potevano farlo, spesso anche semplicemente non facendo troppe domande. Mia nonna, che è come se fosse sempre con me e che mi da la forza quando non ne ho più. Mia sorella, che anche solo dicendomi così dal nulla un "brava IAIA!" mi dava della gran carica e mi faceva credere in me.

Ringrazio Gabri, che anche se è poco che fa parte della mia vita è davvero una persona speciale, che sa capirmi senza che chieda, che mi sa sostenere e darmi un'incredibile rilassatezza quando per me sarebbe impensabile anche solo immaginare di averla.

Ringrazio i miei cagnuffi, si perché anche loro, Edward e Holly, hanno sempre saputo farmi tornare a sorridere e coccolarmi nei momenti più tristi, così come farmi staccare completamente il cervello quando le idee diventavano confuse e avevo bisogno di riprendermi. Ringrazio tanto anche il Buddolino.

Ringrazio la Scelvia, l'Ire e la Giulia, le mie più care amiche, che mi son sempre state vicine e mi hanno ascoltata per tutti questi anni, ognuna più incredibile e speciale dell'altra.

Ringrazio la Giulia del mare (scusa l'appellativo), la super donna sempre vicina a me con il cuore, per quanto fisicamente non riusciamo ad essere anche se lo vorremmo.

Ringrazio Massi che per anni mi è stato vicino, mi ha insegnato a non sottovalutarmi e a provare il tutto per tutto. Mi ha sostenuto e valorizzato come nessuno comprendendo le difficoltà che incontravo e incoraggiandomi anche quando i miei meriti non venivano riconosciuti e difendendomi contro chi mi voleva denigrare.

Ringrazio Stefania, Fernando e la Maggie, colleghi che mi hanno aiutata davvero ed amici. Ringrazio anche Gloria, Nicola, Chiara, Davide e Luca compagni di studio indimenticabili.

Ringrazio Enrico e la Sere, amici carissimi di sempre; Marco Dreyuccio che anche se la distanza ora ci separa nei momenti clou siamo sempre vicini; Erni che crede in me più di quanto non ci creda io; Umbri che anche a distanza mi sono è stato molto vicino; la Sabri mia grandissima confidente; la super Henri che mi manca tanto; la Serry, la nuova sorella che sto cercando di acquisire; Gianni, il mio amico intimo frizzante del parchetto.

Ringrazio Marta, Andrea, Eve, Lamù, Cola, Simone, Vito, Marco (sei sempre con noi) e Roberta, tutto il gruppo del powder west, la cugina Anna, Mauro il dog sitter, Stefano Morettini (anche tu sempre nel mio cuore), la Vale e la Giuliana (le super prime mamme sempre vicine a me), i matti di Ski4people e il gruppo verbanese sciatori ciechi.