

# R I S T R U T T U R A Z I O N E

# B I O C L I M A T I C A

Il caso di un edificio a vocazione  
sociale nella prima cintura di Torino



Studente :  
Arthur Bohn  
s230784

Docente Relatore :  
Prof. Carlo Caldera



A mia madre,



# INDICE

1.	INTRODUZIONE	13
1. 1.	LE RISTRUTTURAZIONI URBANE	14
1. 2.	TERMINOLOGIE	15
1. 2. 1.	ARCHITETTURA BIOCLIMATICA	15
1. 2. 2.	ARCHITETTURA ECOLOGICA	15
1. 2. 3.	BIOEDILIZIA	16
1. 2. 4.	BIOARCHITETTURA	16
1. 3.	APPROCCI DI PROGETTAZIONE	17
1. 3. 1.	METODO PRESCRITTIVO	17
1. 3. 2.	METODO PRESTAZIONALE	17
1. 3. 3.	PROGETTAZIONE INTEGRALE	19
2.	L'ARCHITETTURA BIOCLIMATICA	21
2. 1.	IL COMFORT, NOZIONE IN TRANSIZIONE	22
2. 2.	ESSERE UN RESIDENTE ATTIVO	25
2. 3.	IL CLIMA LOCALE : POTENZIALE E VINCOLO	27
2. 3. 1.	I DIVERSI TIPI DI CLIMA	27
2. 3. 2.	RISCALDARE	28
2. 3. 2. 1.	RICEVERE ED ASSORBIRE	28
2. 3. 2. 2.	ACCUMULARE L'ENERGIA TRASFORMATA	29
2. 3. 3.	RAFFREDDARE	29
2. 3. 3. 1.	EVITARE L'ASSORBIMENTO SOLARE ESTIVALE	29
2. 3. 3. 2.	SCARICARE L'ENERGIA IN ECCESSO	30
2. 4.	IL CONTESTO	31
2. 5.	FORMA ARCHITETTONICA E ORIENTAMENTO	32
2. 5. 1.	LA COMPATTEZZA	32
2. 5. 2.	IL SOLE E LE SUE GRANDEZZE	32
2. 5. 2. 1.	GRANDEZZE IN GENERALE	32
2. 5. 2. 2.	GRANDEZZE DEL NOSTRO SOLE	33
2. 5. 2. 3.	GRANDEZZE NEL VISIBILE	34
2. 5. 2. 4.	SINTESI GRAFICA	35
2. 6.	PROPRIETÀ TERMO-STATICHE DEI MATERIALI	36
2. 6. 1.	CONDUCIBILITÀ TERMICA	36
2. 6. 2.	CALORE SPECIFICO	36
2. 6. 3.	CAPACITÀ TERMICA	37
2. 6. 4.	ALBEDO	38
2. 7.	LO SFASAMENTO DINAMICO DEI MATERIALI	38
2. 7. 1.	INERZIA TERMICA	38
2. 7. 2.	EFFUSIVITÀ TERMICA	39
2. 7. 3.	DIFFUSIVITÀ TERMICA	40
2. 7. 3. 1.	SINTESI DELLE PROPRIETÀ DINAMICHE	42
2. 8.	DIVERSE STRATEGIE DI SISTEMI	43
2. 8. 1.	A GUADAGNO DIRETTO ( DIRECT GAIN )	43
2. 8. 2.	A GUADAGNO INDIRETTO ( INDIRECT GAIN )	45
2. 8. 2. 1.	MURO TROMBE	46
2. 8. 2. 2.	SISTEMA DI BASCINO D'ACQUA IN COPERTURA	48
2. 8. 3.	A GUADAGNO SCOLLEGATO ( ISOLATED GAIN )	49
2. 9.	ESEMPI DI STRATEGIE	51

3.	LA BIOEDILIZIA	53
3. 1.	TRA INNOVAZIONE E TRADIZIONE	53
3. 2.	MATERIALI DI BIOEDILIZIA	54
3. 2. 1.	LA TERRA CRUDA	54
3. 2. 2.	CANAPA	57
3. 2. 2. 1.	FIBRA DI CANAPA	59
3. 2. 2. 2.	CANAPULO	60
3. 2. 3.	PAGLIA DI RISO	61
3. 2. 4.	CALCE NATURALE	62
3. 2. 4. 1.	CALCE AERICA	62
3. 2. 4. 2.	CALCE IDRAULICA NATURALE _ NHL	62
3. 3.	PRODOTTI DI BIOEDILIZIA	63
3. 3. 1.	CALCE-CANAPULO	64
3. 3. 2.	TERRA-PAGLIA ALLEGGERITA	65
3. 3. 3.	TORCHIS	67
3. 3. 4.	INTONACO DI TERRA CRUDA	68
3. 4.	SINTESI	69
4.	RISTRUTTURARE OGGI A TORINO	71
4. 1.	PROBLEMATICHE INERENTI AD UN CENTRO URBANO	71
4. 1. 1.	TEMPI DI REALIZZAZIONE RELATIVAMENTE LUNGI	71
4. 1. 2.	CONFRONTO CON UN CANTIERE CONVENZIONALE	72
4. 2.	MOTIVAZIONI POLITICHE : BANDO EUROPEO CO-CITY	73
4. 2. 1.	OBIETTIVI DI CO-CITY	73
4. 2. 2.	I PUNTI FORTI DEL PROGETTO	74
4. 2. 3.	LA RETE DI CASE DI QUARTIERE DI TORINO	74
4. 2. 4.	EX-AUTORIMESSA, VIA BOLOGNA 175	76
4. 3.	PROGETTAZIONE SOCIALE TRA ASSOCIAZIONI E CITTADINI	77
4. 3. 1.	DESCRIZIONE DELLE DIVERSE REALTÀ	77
4. 3. 1. 1.	ASSOCIAZIONI	77
4. 3. 1. 2.	CITTADINI ATTIVI	78
4. 3. 2.	PROGRAMMAZIONE VINCITRICE DEL CONCORSO	79
4. 4.	DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO IN ESAME	81
4. 4. 1.	ANALISI DEL CONTESTO SOCIO-TERRITORIALE	81
4. 4. 2.	L'EX-AUTORIMESSA DI VIA BOLOGNA 175	82
4. 4. 2. 1.	MANICA SU STRADA _ 1935	83
4. 4. 2. 2.	TETTOIE SECONDARIE _ 1937	86
4. 4. 2. 3.	MANICA IN CORTILE _ 1962	87
5.	PREMESSE SULLA COMPUTAZIONE DEI DATI	91
5. 1.	RHINOCEROS 3D	92
5. 1. 1.	NURBS, BREP E MESH	92
5. 1. 2.	ATTENDIBILITÀ DELLA PRECISIONE DELLO MESH	92
5. 2.	GRASSHOPPER, UN "BIM OPENSOURCE"	93
5. 2. 1.	FUNZIONAMENTO GENERALE	93
5. 2. 1. 1.	LE CAPSULE : INPUT / OUTPUT	94
5. 2. 1. 2.	LE CAPSULE : I STATI	94
5. 2. 1. 3.	I LEGAMI	95
5. 2. 2.	DEFINIZIONI DEI PLUGIN	96
5. 2. 2. 1.	LADYBUG	97
5. 2. 2. 2.	HONEYBEE (ENERGYPLUS-RADIANCE-DAYSIM)	98
5. 2. 2. 3.	BUTTERFLY	99
5. 2. 3.	DEI STRUMENTI E NON UNA SOLUZIONE	100
5. 3.	«STD» : SIMULAZIONE TERMODINAMICA	103
5. 3. 1.	TEORIA	103
5. 3. 2.	SOFTWARES CERTIFICATI	103
5. 3. 3.	SOFTWARES OPENSOURCE	103

5. 4. «CFD» : COMPUTATIONAL FLUID-DYNAMIC	105
5. 4. 1. TEORIA	105
5. 4. 1. 1. EQUAZIONI DI EULERO	105
5. 4. 1. 2. EQUAZIONI DI NAVIER STOKES	106
5. 4. 2. SOFTWARES CERTIFICATI	106
5. 4. 3. SOFTWARES OPENSOURCE	107
<b>6. SIMULAZIONE DELL'ESISTENTE</b>	<b>109</b>
6. 1. RILIEVO E MODELLAZIONE	109
6. 1. 1. VALUTAZIONE DELLA STATO DI CONSERVAZIONE	109
6. 1. 1. 1. DETTAGLI	112
6. 1. 2. MODELLAZIONE 3D DELL'ESISTENTE	114
6. 1. 3. RECUPERO DATI CLIMATICI LOCALI	116
6. 2. SIMULAZIONI DEL CONTESTO	118
6. 2. 1. TEMPERATURE LOCALI	118
6. 2. 1. 1. TEMPERATURA A BULBO SECCO	118
6. 2. 1. 2. TEMPERATURA PERCEPITA	119
6. 2. 2. ROSA DEI VENTI	120
6. 2. 2. 1. PERIODO INVERNALE	120
6. 2. 2. 2. PERIODO ESTIVO	122
6. 2. 3. DIAGRAMMA PSICROMETRICO LOCALIZZATO	124
6. 2. 3. 1. DATI DI INPUT	124
6. 2. 3. 2. DIAGRAMMI PSICROMETRICI	125
6. 2. 4. PMV DEL COMFORT ESTERNO	126
6. 2. 4. 1. PERIODO ESTIVO	127
6. 2. 4. 2. PERIODO INVERNALE	128
6. 2. 5. IRRAGGIAMENTO E LUMINOSITÀ DEL SOLE	129
6. 2. 5. 1. IRRAGGIAMENTO TEORICO	129
6. 2. 5. 2. CONSIDERAZIONE SULLA LUMINOSITÀ	131
6. 2. 5. 3. CONCLUSIONE	133
6. 2. 6. STUDIO DELLE OMBRE	135
6. 2. 7. UMIDITÀ	137
6. 2. 8. TUNNEL DEL VENTO	138
6. 3. SIMULAZIONE DELL'ESISTENTE	141
6. 3. 1. SIMULAZIONI TERMICHE	141
6. 3. 1. 1. PROPRIETÀ DEI MATERIALI EDILI	141
6. 3. 1. 2. TEMPERATURE SUPERFICIALI INTERNE	142
6. 3. 1. 3. TEMPERATURE INTERNE	145
<b>7. ITER PROGETTUALE</b>	<b>147</b>
7. 1. APPROCCIO DI PROGETTAZIONE	147
7. 2. PRESENTAZIONE DEL PROGETTO - «BETA»	148
7. 2. 1. DISEGNI PROGETTUALI	148
7. 2. 1. 1. ASSONOMETRIA TECNOLOGICA	148
7. 2. 1. 2. SCHIZZI PROGETTUALI	149
7. 2. 1. 3. PIANTE	150
7. 2. 1. 4. SEZIONI	150
7. 2. 1. 5. STRATIGRAFIE	151
7. 2. 1. 6. DETTAGLI COSTRUTTIVI	151
7. 3. DATI DI PRESTAZIONE DEL PROGETTO	153
7. 3. 1. COMPARTIMENTAZIONE IN ZONE TERMICHE	153
7. 3. 2. TRASMITTANZE DELL'INVOLUCRO OPACO	154
7. 3. 2. 1. INVOLUCRO VERTICALE	154
7. 3. 2. 2. COPERTURE	156
7. 3. 2. 3. PAVIMENTI	158
7. 4. DIAGRAMMI DI GLASER	159
7. 4. 1. S_E_1	159
7. 4. 2. S_E_2	159

7. 4. 3.	S_E_3	160
7. 4. 4.	S_E_4	161
7. 4. 5.	S_E_5	161
7. 4. 6.	T_E_1	162
7. 4. 7.	T_E_2	163
7. 4. 8.	T_E_3	163
7. 4. 9.	T_E_4	164
7. 4. 10.	TRASMITTANZE DEI SERRAMENTI	165
7. 5.	CALCOLO DEL CARICO TERMICO INVERNALE	166
7. 5. 1.	PROCEDURA DI CALCOLO (UNI EN ISO 12831)	166
7. 5. 2.	TEMPERATURE INTERNE DI PROGETTO	168
7. 5. 3.	DISPERSIONI PER TRASMISSIONE	169
7. 5. 3. 1.	INVOLUCRO OPACO	169
7. 5. 3. 2.	SERRAMENTI	170
7. 5. 3. 3.	PAVIMENTO VERSO TERRENO	171
7. 5. 3. 4.	PONTI TERMICI	171
7. 5. 3. 5.	RISULTATI	173
7. 5. 4.	DISPERSIONI PER VENTILAZIONE	174
7. 5. 5.	POTENZA DI RIPRESA DI RISCALDAMENTO	175
7. 5. 6.	CALCOLO DEL CARICO TERMICO TOTALE	176
7. 5. 7.	CONFRONTO E RAPPORTI	177
7. 5. 8.	CALCOLO FABBISOGNO IN ACS	178
7. 6.	PRESENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE BIOCLIMATICHE USATE	179
7. 6. 1.	MURO TROMBE	179
7. 6. 2.	POZZO CANADESE	181
7. 6. 2. 1.	ASPETTI GENERALI	181
7. 6. 2. 2.	ELEMENTI PER LA PROGETTAZIONE	182
7. 6. 2. 3.	DIMENSIONAMENTO	183
7. 6. 3.	PANNELLI SOLARI	184
7. 6. 3. 1.	BREVE INTRODUZIONE	184
7. 6. 3. 2.	DIMENSIONAMENTO	184
7. 6. 4.	«WATER TANK», SERBATOIO D'ACQUA COME MASSA TERMICA	185
7. 6. 5.	REATTORE TERMOCOMPOST	187
7. 6. 5. 1.	ASPETTI GENERALI	187
7. 6. 5. 2.	USO CON I PANNELLI CAPILLARI	188
7. 6. 6.	IMBUTTI AD ARIA	189
7. 6. 7.	MICRO EOLICO PER CONVEZIONE	189
<b>8.</b>	<b>TECNOLOGIE PER L'ENERGIA TERMICA</b>	<b>191</b>
8. 1.	MURO DI TROMBE-MICHEL	194
8. 1. 1.	PRIMA PROVA	194
8. 1. 2.	SCRIPT GRASSHOPPER	194
8. 1. 3.	RISULTATI	195
8. 1. 4.	SECONDA PROVA	199
8. 1. 4. 1.	SCRIPTING	199
8. 1. 4. 2.	SIMULAZIONI	200
8. 2.	POZZO CANADESE	203
8. 2. 1.	SCRIPTING	203
8. 2. 2.	RISULTATI	204
8. 3.	SERRA	208
8. 3. 1.	SCRIPTING	208
8. 3. 2.	RISOLUZIONE DEI PROBLEMI	209
8. 3. 2. 1.	«FORME NON CONVESSE»	209
8. 3. 2. 2.	ZONE TERMICHE CON PARETE INTERNE	210
8. 3. 3.	RISULTATI	210
8. 3. 3. 1.	INVERNO	210
8. 3. 3. 2.	ESTATE	212

8. 4.	TERMOCOMPOST	214
8. 4. 1.	CALCOLI DI PROGETTAZIONE	215
8. 4. 1. 1.	DATI D'INGRESSO	215
8. 4. 1. 2.	CALCOLO DELLA TEMPERATURA DI USCITA	216
8. 4. 2.	SIMULAZIONI	218
8. 4. 2. 1.	SENZA IMPIANTO DI RISCALDAMENTO	218
8. 4. 2. 2.	CON IMPIANTO DI RISCALDAMENTO	219
8. 4. 3.	USO PER L'ACS	221
8. 4. 4.	DIMENSIONAMENTO DELL'ACCUMULATORE	221
8. 5.	PANNELLI SOLARI - ISOLATED GAIN	223
8. 6.	AERAZIONE AD IMBUTTO	226
8. 6. 1.	SIMULAZIONE DI PROVA	226
8. 6. 2.	PROCESSO DI PROGETTAZIONE	227
8. 6. 3.	SIMULAZIONE STD	228
8. 6. 4.	SIMULAZIONE SENZA RAFFRESCAMENTO	229
8. 6. 5.	SIMULAZIONE CON RAFFRESCAMENTO NATURALE	230
8. 7.	SIMULAZIONE TOTALE CONSUMO ENERGETICO	232
8. 7. 1.	PERIODO ESTIVO	232
8. 7. 2.	PERIODO INVERNALE	233
8. 7. 2. 1.	VALORE DI CONSUMO SECONDO LE SUPERFICIE	233
8. 7. 2. 2.	VALORE DI CONSUMO GLOBALE	234
9.	CONCLUSIONE	235
10.	REFERENZE	237
10. 1.	LIBRI	237
10. 2.	ARTICOLI E PUBBLICAZIONI	238
10. 3.	PROGETTI	238
10. 3. 1.	MURO TROMBE	238
10. 3. 2.	DIRECT GAIN _ SISTEMA DI MURI IN ADOBE	238
10. 3. 3.	DIRECT GAIN _ SISTEMA DI MURI D'ACQUA	238
10. 3. 4.	SERRA	238
10. 4.	PERSONNALITÀ NOTEVOLI	239
11.	ANNEXE	241
11. 1.	PLANIMETRIA ESISTENTE/NUOVO _ 1/200	241
11. 2.	PIANTA DI PROGETTO _ 1/100	241
11. 3.	SEZIONI DI PROGETTO _ 1/50	241
11. 4.	PROSPETTO DI PROGETTO _ 1/50	242
11. 5.	STRATIGRAFIE _ 1/5	242
11. 6.	DETTAGLI COSTRUTTIVI _ 1/5	242



«Progetta sempre una cosa considerandola nel suo più grande contesto, una sedia in una stanza, una stanza in una casa, una casa nell'ambiente, l'ambiente nel progetto di una città»

ELIEL SAARINEN



# 1. INTRODUZIONE

L'epoca nella quale viviamo, riferita al contesto economico e ecologico globale, ci impone ad agire in un modo cautelativo e preventivo sull'ambiente. Lo scopo di questa tesi è di eseguire un certo metodo di progettare, che sia, in modo, più coerente con questa situazione globale. Nello specifico, si propone di eseguire una ristrutturazione edile nel territorio della prima cintura Nord del Comune di Torino nel 2019.

L'energia vista come nodo di progettazione evoca l'efficiamento delle prestazioni termiche dell'edificio, ma anche l'edificio stesso come generatore di energia. L'Architettura Bioclimatica rappresenta la scuola di pensiero adatta per questo processo progettuale, in quanto il contesto climatico vivifica l'Architettura e la rende ricca dell'esperienza locale.

Oltre alla percezione diretta dell'energia e del suo consumo, si farà riferimento anche l'impronta carbone di un progetto. Essa viene calcolata sia dalle risorse energetiche del consumo, sia dalle tipologie di materiale e la loro messa in opera. Si cercherà di rispondere a questa problematica utilizzando dei prodotti di Bioedilizia locale, e verificandone la loro efficienza termica e la loro congruità in termine di condense.

La progettazione odierna riscontra il grande scoglio della trasparenza in tutte le azioni, dal tipo di materiale strutturale, alla gestione di risorse energetiche degli impianti. Quest'ultimo punto di solito viene troppo spesso risolto a valle della progettazione architettonica, in un modo poco integrativo e coerente. Per questo motivo, l'esercizio di questo studio fa riferimento ad una cultura di tecnologie passive per costituire un insieme architettonico valido.

Si andrà poi a progettare secondo un'atteggiamento ibrido, facendo dialogare nel momento più fresco del «design process» i parametri fisici dell'ambiente, e gli elementi architettonici appropriati.

Per di più, l'atteggiamento assunto qui sarà in risonanza con un «contesto OpenSource», dove l'individuo attua in una comunità di scambio, dove si vince condividendo. La certificazione normalizzata dei software commerciali viene sostituita concettualmente da un collaudo comunitario, rispettando la legge probabilistica dei grandi numeri. Forte di questo strumento, si cercherà di validare o correggere delle scelte progettuali attraverso diversi tipi di simulazioni, scelte e argomentate caso per caso, a fine di illustrare al meglio i loro effetti concreti nell'ambiente interno.

Da un decennio, lo sviluppo urbano di Torino è di nuovo in espansione, e le politiche tendono verso un'edilizia sostenibile di qualità. Il settore edile si sta sempre più orientando verso la ricerca di un impatto ecologico minore, e le nuove pianificazioni urbane locali presentano un adeguamento in favore di questo cambiamento. Di fatto, se il progetto di questo studio dimostra una certa progettazione integrale, risponde anche ad una prossima richiesta di mercato, sempre più in attesa di risposte concrete per attuarsi.

## 1. 1. LE RISTRUTTURAZIONI URBANE

La città è diventato il nido dell'animale sociale che è l'uomo. Siamo riusciti ad organizzare la vita in comunità, intorno a servizi comuni, lavoro gerarchizzato, divertimento multidisciplinare,... La città rimane essenziale per l'uomo, ma non è sostenibile di allargare la città senza ripristinare il tessuto urbano già consolidato. Di conseguenza, la ristrutturazione edile nel centro delle città esistenti è una tematica sempre più importante oggi.

La messa in sicurezza ne fa anche un vantaggio, come l'aggiornamento di pratiche edilizie che non furono sottomesse alle autorità dell'epoca.

La città viene descritta ad esempio da Marcel Poete <sup>[1]</sup> come organismo vivente, che si autoregenera. Esplicita anche la nozione di «specie urbana» evocata da Henri Bergson <sup>[2]</sup>. La città è quindi un organismo fatto di una molteplicità di differenze complementare, viste come le tappe di creazione di questa specie urbana. Questo viene esplicitato grazie alla nozione di durata, che permette di vedere che la città si evolve non a secondo di un piano, ma piuttosto che si inventa sempre dal suo passato. <sup>[3]</sup>

Il Pavillon de l'Arsenal di Parigi espose nel 2013 <sup>[4]</sup> un video dal cielo di Tokyo durante gli ultimi anni. Si percepiva un cambiamento interno del tessuto e dell'organizzazione dei flussi urbani. L'evoluzione non aveva nessun ordine a priori, seguiva un andamento spaziale aleatorio però con costanza temporale.

Torino vede la sua prima cintura in riqualificazione di fondo, sia per quanto riguarda la bonifica dell'amianto, ma anche per le prestazioni termiche da sorvegliare su tutto il vecchio parco residenziale.

A questa misura si interviene in Via Bologna 175, lontano dall'ipercentro, ma allo stesso tempo al centro delle questioni organizzative di una futura seconda linea della metropolitana. La scelta del sito è quindi su diversi livelli di lettura. Si andrà più in dettaglio su questo argomento nell'apostrofo capitolo di questo studio <sup>[5]</sup>.

La ristrutturazione è diventato un'attività intera del mestiere del progettista-architetto-ingegnere. Bisogna però distinguere due tipi di ristrutturazioni edile, a secondo dell'importanza messa sulle questioni delle sostenibilità.

La ristrutturazione detta convenzionale non si appoggia a discorsi sostenibili, ma risolve la detta ristrutturazione a fine di una certa prestazione certificata dal mondo petrolchimico. Invece, l'approccio sostenibile di una ristrutturazione tiene conto anche del nuovo uso, del rapporto fisico-chimico riscontrato tra materiale e ambiente, senza dimenticare sia l'aspetto economico dell'attività professionale, né il comfort da garantire all'utente.

1 Marcel POETE, storico francese (1866 - 1950)

2 Henri BERGSON, filosofo francese (1859 - 1941)

3 *Les Cahiers de la recherche architecturale et urbaine* \_ n°30/31

4 <http://www.pavillon-arsenal.com/en/expositions/9771-paris-tokyo.html>

5 cf Capitolo 4.

## 1. 2. TERMINOLOGIE

Il mondo dell'edilizia è ricca di termini che definiscono cose, ma anche scuole di pensieri. Non derogano alla regola le scuole di progettazione dell'architettura detta sostenibile.

Si assumerà la distinzione terminologica scritta da Witt Mitterer, Presidente dell'Associazione Italiano di BioArchitettura, in sede a Roma.<sup>[1]</sup>

### 1.2.1. ARCHITETTURA BIOCLIMATICA

Il manufatto "climaticamente responsabile" è sempre stato un obiettivo di sopravvivenza, come dimostrano le opere di tutte società di uomini a traverso le epoche e i luoghi. Si sono consolidate mano a mano le tecniche grazie alla cultura costruttiva emersa durante la storia dell'Umanità. Dopo il periodo d'Oro circondato tra la prima rivoluzione tecnologica e le crisi petrolifere del 1973, la progettazione accorta, inserendo al suo interno il rapporto con il clima e l'ambiente, e l'uso di energie da fonti tali, ha ricevuto un impulso forte. Per esempio, sono state sperimentate a larga scala le tecnologie solari «attive»<sup>[2]</sup>, come i pannelli solari.

Questo fervore è stato vittime del suo successo, perchè una serai di sovvenzioni sono state sprecate per una tecnologie ancora non matura per l'uso globale.

Tuttavia con il passare del tempo, i sistemi attivi hanno lasciato il posto a tecnologie piu mature di uso «passivo»<sup>[3]</sup> della fonte solare. L'orientamento corretto fu accompagnato di zone captanti come serre o muri Trombe ad esempio, ma anche di zone di accumulo, come mobili a forte inerzia termica.

L'evoluzione di questo ultimo decennio è stato nel campo dell'isolamento termico, in quanto le certificazioni mondiali e la prassi generale dell'edilizia fu legato al concetto del Thermos. Oramai oltrepastato, si orienta verso tecnologie sempre più consapevole del contesto climatico e del consumo globale. Si possono elencare i seguenti : controllo dei parametri climatologici, considerazione dei valori ambientali, tecnologie integrate, sistemi di riscaldamento / raffrescamento naturale, componenti ibridi per captazione e protezione solare allo stesso tempo, incremento della luce naturale all'interno degli edifici, applicazioni fotovoltaiche in copertura ed in facciata, ecc.

A traverso il mondo, l'Architettura Bioclimatica non è molto rappresentata, però contiene grandi potenzialità espressive in quanto è un'architettura interagente con le dinamiche del clima e del contesto proprio.

### 1.2.2. ARCHITETTURA ECOLOGICA

E' l'espressione più diffusa e quindi anche la più generica. E' riferita all'architettura "ambientalmente responsabile". Raccoglie molte delle problematiche poste dall'architettura bioclimatica, introducendo il problema dell'inquinamento ambientale. Questo significa sia l'ambiente esterno, sia quello interno agli ambienti.

Ricerche legate alla medicina del lavoro iniziate circa 50 anni fa, hanno permesso di quantificare la salubrità interna, ma anche l'impronta ecologica di materiali e azioni.

Più recentemente, sulla SCIA delle direttive indicate nel 1992 dalla Conferenza ONU sullo Sviluppo Sostenibile, l'espressione «architettura ecologica» tende ad essere sostituita dall'espressione «attività costruttiva sostenibile», con più evidenti riferimenti agli aspetti socio-economici posti dalle emergenze ambientali globali.

1 <https://www.ingenio-web.it/3595-architettura-bioclimatica-architettura-ecologica-bioedilizia-e-bioarchitettura>

2 «che produce elettricità o calore per impianti»

3 «che sfrutta indirettamente la radiazione solare sotto forme termiche e luminose»

Di fatto, l'Architettura Ecologica accoglie quindi sia la "green architecture", sia quello del "green design". I temi comuni ad entrambi i filoni sono: comportamento energetico degli edifici e utilizzo di energie alternative; ciclo di vita dei materiali e dei componenti, riuso e riciclaggio dei materiali; inquinamento indoor, ricerca di materiali e soluzioni alternative rispetto a sostanze che si sono rivelate dannose per la salute o per l'ambiente (amianto, Cfc, ecc.); valutazione eco-economica delle varie fasi del processo edilizio e del suo impatto sull'ambiente.

### 1.2.3. BIOEDILIZIA

Questo termine mette l'accento più particolarmente sul manufatto in sé, e indica il materiali e processi progettuali in concordanza con la salute e il benessere degli usufruttori del progetto. Si preferiscono materiali naturali, o almeno a bassa impronta ecologica.

Nasce come traduzione del termine tedesco "baubiologie" utilizzato dall'Istituto indipendente di Ricerca fondato nel 1976 a Neubern (Germania) a sostegno di un "costruire biologico". Si focalizza sul legame tra essere umani e i loro rifugi. Pensato come terza pelle dopo la propria e i vestiti, l'involucro edilizio deve essere accuratamente ideato a fine di servire in modo idoneo al bisogno primario dell'uomo. E tipicamente legato a credenze poco confermate dalla scienza convenzionale, in quanto si riferiscono a forze elettromagnetiche o altro, come le linee telluriche di Hartmann o il metodo FengShui risalendo al 3000 a. C.

In sostanza, per la bioedilizia ogni singolo intervento edilizio deve tendere al bilanciamento tra le esigenze di ecosostenibilità (costo energetico complessivo) e di biocompatibilità (salute umana). Il merito principale dell'idea biologica è quello di aver spostato l'indagine dall'oggetto costruito alle sue incidenze sull'utente che lo abita, occupandosi quindi delle condizioni di benessere fisico ma anche psichico delle persone in rapporto alle abitazioni e ai luoghi su cui queste sono edificate (forze magnetiche naturali, elettrosmog, emissioni nocive, forma e disposizione degli spazi, luce naturale e colori, simboli e significati). L'ipotesi di un futuro di Bioedilizia illustra un compromesso tra urbanizzazione più diffusa, integrando la natura sotto forma di spazio verde, ma anche di rispetto delle sue leggi e del legame che hanno con noi.

### 1.2.4. BIOARCHITETTURA

Aggrega i grandi temi dell'Architettura Ecologica e i valori rispettosi delle Bioedilizia. Il suolo, il sole, il vento, l'acqua, il clima, la flora, la fauna, e il paesaggio naturale sono dei vettori del benessere e della salute umana. Secondo la Bioarchitettura, per dare significato ad ogni sommatoria di tecnologie e materiali, bisogna convogliare le tradizioni in un percorso evolutivo inevitabilmente urbano.

A confronto con l'Architettura moderna per chi la casa è una macchina per abitare, la Bioarchitettura trova definizione nella differenza di obiettivi di progettazione. Non sono le conoscenze ad essere un limite per l'uomo urbanizzato, ma proprio l'individuazione delle priorità nella vita e quindi questioni filosofiche ed etiche sul come relazionarsi in un ambiente, fino a come prendere il senso della vita in modo più giusto. Nel perseguire l'obiettivo di una architettura più umana, la Bioarchitettura sostituisce la dualità forma e funzione propri dell'architettura moderna con quelli più relazionali di spazio e tempo, intesi come riferimento ai luoghi e alla storia. La qualità di un progetto è provata dall'antropizzazione del detto spazio o manufatto. L'uomo ritorna al centro della sua opera, inteso come magia di legami sociali e psicologici. Ad esempio, la piazza migliore è quella dove sostano gli abitanti, l'abitazione migliore dove l'abitante si sente a casa, la struttura urbana migliore quella che agevola le relazioni tra le persone.

«Parrebbero considerazioni scontate ma trasformate in metodo e consapevolezza, risultano rivoluzionarie rispetto ad una prassi che distingue tra edilizia (macchine per abitare) ed architettura (monumenti eretti al progettista o al potere).»

Secondo la Bioarchitettura, non esistono quindi soluzioni predefinite ripetibili, essendo la situazione che fa il progetto.

«Tuttavia l'ecologia, scienza della complessità e delle relazioni, insegna che questa è l'unica strada possibile affinché l'atto del costruire torni ad essere percepito dalla società, [...], da cui difendersi e tutelarsi attraverso leggi, [...] come alleanza tra l'abitante e la sua abitazione, momento centrale di relazione tra l'uomo e il mondo.

## 1. 3. APPROCCI DI PROGETTAZIONE

### 1.3.1. METODO PRESCRITTIVO

La regolamentazione in edilizia è spesso di natura prescrittiva, in quanto il progettista si attiene a delle conclusioni preimpostate. Il carattere molto cautelativo rende inefficiente molte scelte progettuali di fine. Il calcolo regolamentare non ha per scopo di aiutare alla progettazione energetica dell'edificio. Il suo scopo è solo quello di verificare che il progetto rispetta i standards regolamentari imposti dal governo o dall'ente normativa.

Il certificato energetico nazionale serve a regolare il consumo del parco edilizio italiano. Il calcolo regolamentare permette di posizionare un edificio rispetto a degli standard regolamentari facendo un calcolo indipendente dall'uso reale. Questo metodo è molto efficace qualora si debba avere un'uniformità nel giudizio dell'esame dei progetti.

In pratica, tante ipotesi vengono emesse, tali i scenari di presenza nell'edificio, i fabbisogni di temperatura interna.

Il metodo prescrittivo è stato allontanato dalla progettazione termica nell'Edilizia, proprio per questa ragione. Le crisi ecologiche degli anni 70 hanno permesso di considerare l'edificio come manufatto a prestazione energetica. Si impone quindi una certa soglia oltre al quale l'edificio non è accettato in termini di efficienza energetica. Questa soglia continua di assottigliarsi da allora.

### 1.3.2. METODO PRESTAZIONALE

«Il termine norma, o normativa (sistema di norme) prestazionale si riferisce a disposto normativo concernente l'attitudine all'impiego espressa come comportamento o funzionamento di un prodotto, di un processo o di un servizio, in uso o con riferimento all'uso (UNI CEI EN 45020:2007, Normazione e attività connesse, art. 7.8).» <sup>[1]</sup>.

---

1 <http://www.wikitecnica.com/normativa-prestazionale/>

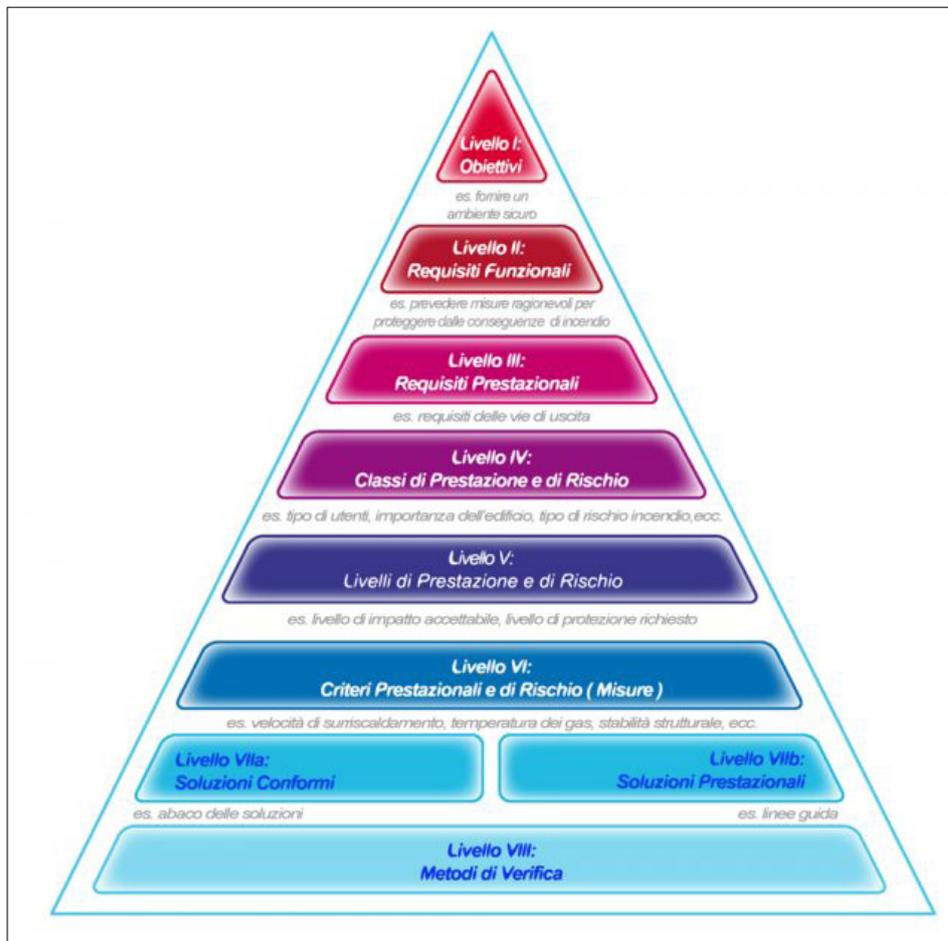


FIG 1. 3. 2. 0. 1\_ STRUTTURAZIONE GERARCHICA DI UNA NORMATIVA PRESTAZIONALE

In Europa, le direttive di riferimento sull'ambiente sono state la 2002/91/CE seguito dalla 2010/31/UE. Nel 2005, in Italia viene recepita la prima sotto il DLgs 192/2005<sup>[1]</sup>, imponendo un elenco di requisiti minimi a livello regionale. Prima fu messa in vigore la UNI 832 del 2001, esprimendo un metodo semplificato del fabbisogno energetico dell'edificio. Nel 2009, il DPR 59 e poi il DM 26 misero una struttura per metodi e linee guida per la certificazione energetica dell'edificio. Il DLgs 28 del 2011 attua la 2009/28/CE, impone l'indice di prestazione energetica all'interno dell'APE, attuato dalla DLgs 192.<sup>[2]</sup>

Oggi, il metodo di calcolo delle prestazioni energetiche, ma anche il carico termico hanno superato il calcolo statico, in quanto l'uso del computer ha aumentato il potere del calcolo numerico. Da allora, il progettista può appoggiare la sua progettazione termica dell'edificio su metodi numerici statici e dinamici. L'attuale normativa di riferimento è la UNI TS 11-300, permettendo di calcolare il fabbisogno energetico di un progetto, e viene integrata all'interno dei software di computazione.

La simulazione termica dinamica ( ovvero la STD ) è un motore di calcolo che permette di modellare il comportamento termico previsto del progetto. Le equazioni sono le stesse del calcolo prescrittivo, però il progettista ne può modificare gli input per fare corrispondere i calcoli al meglio con la realtà.

La simulazione Termica Dinamica designa la simulazione informatica di un fenomeno fisico, reale e di conseguenza complesso. I modelli teorici alla base sono a elementi finiti. Sono quindi un adattamento della modellazione matematica verso i mezzi numerici. Permettono di anticipare la reazione di una detta situazione.

1 Gazzetta Ufficiale, 23 Settembre 2005, n°222

2 <http://www.ingegneri.info/news/ambiente-e-territorio/breve-storia-della-normativa-sullefficienza-energetica-degli-edifici/>

### 1.3.3. PROGETTAZIONE INTEGRALE

Nella progettazione convenzionale degli edifici, l'architetto agisce solo in prima battuta. Successivamente vengono introdotti altri professionisti, ma purtroppo, spesso l'interrattività viene troppo tardi, e le scelte progettuali, sono già avanzate. Il costo in tempo e in forza lavoro per agire su un progetto già ben definito, senza progettazione nel suo complesso è fallimentare. Per questo motivo, la progettazione deve sin dall'inizio essere una successione di iterazioni sia tra le fasi del progetto, sia tra gli attori progettisti. Senza intervenire a monte nella progettazione architettonica, le soluzioni termiche non saranno in grado di rispettare le normative odierne e poi quelle future. Meglio, il progettista impiantistica, pur di non modificare il progetto architettonico, non ha altra scelta che complicare il progetto. In questo senso viene esplicita la differenza tra la complicazione e la complessità di un progetto. Un progetto pensato anticipatamente sugli aspetti di comfort termoclimatico interno, di impronta ecologica virtuosa, o anche di illuminamento naturale, sarà di sicuro molto complesso, e il risultato avrà un valore aggiunto rispetto a i suoi componenti. Mentre un progetto architettonico senza riflessione termo-acustica verrà complicato da impianti mal sposati con le geometrie, le usanze o semplicemente l'estetica del dettaglio.



# 2. L'ARCHITETTURA BIOCLIMATICA

L'architettura convenzionale fornisce il comfort umano grazie a fonti fossili, di origine petrolifere, legnose, o nucleare. Tutte le energie che usiamo provengono dal sole in modo più o meno diretto. Basta pensare al petrolio, materia organica vegetale vecchia di più di 2 000 000 anni, metabolizzata dal nostro pianeta. Il concetto di una casa a "sistema attivo" si concretizzò durante lo sviluppo economico del ventesimo secolo, in gran parte grazie al petrolio, fonte polivalente, capace di produrre energia, ma anche di creare nuovi materiali più performanti per le nostre esigenze in pieno ampliamento. Pensando all'ora ad uno sviluppo in costante crescita, nessuno riteneva importante curare la nostra consumazione, eccetto alcuni, tra cui dei scienziati autogestiti tali il Club di Roma o scientifici del MIT come Donella e Dennis Meadows.

Le coscienze collettive iniziarono a formarsi durante gli ultimi 50 anni, indicativamente dal primo choc petrolifero di 1973. Intellettuali, ingegneri, architetti e altri si misero a creare un pensiero globale basato sul rilievo dei dati climatici, prove sperimentali, rendicontazioni di grandi disastri ecologici... Il pensiero ecologico nasce come reazione ai grandi errori umani in questo contesto globale.

L'idea dell'Architettura Bioclimatica è proprio quello di usare le sorgente esterne all'edificio per sostenere i fabbisogni che permettono di stipulare un comfort adeguato all'uso.

## 2. 1. IL COMFORT, NOZIONE IN TRANSIZIONE

Il comfort è una nozione molto importante, poichè all'origine del benessere dell'uomo. Il concetto di legame tra gli uomini e il loro contesto ambientale fu sempre il secondo bisogno vitale, dopo il cibo.

Il piramide di Maslow concretizza questo concetto del bisogno e lo colloca in gerarchia.



FIG 2. 1. 3. 0. 1\_ LA PIRAMIDE DI MASLOW ( 1954 )

La sicurezza individuale viene dal concetto di involucro protettivo verso l'ambiente «ostile», e per rendere l'habitat funzionale in questo senso, deve dare sensazione di comfort per favorire il riposo metabolico. Per questo fatto, nella maggioranza delle condizioni climatiche terrestri, l'uomo ha adattato la sua terza pelle per aspirare ad un comfort tra cui il comfort termico.

Il metabolismo umano non si è evoluto radicalmente tra una zona climatica e un'altra. La sua mente ha sempre cercato una soluzione esterna a fine della sopravvivenza. Per quello, l'architettura tradizionale riveste una quantità straordinaria di soluzione idonee al posto in cui fu sviluppato. Ad esempio l'igloo permette di usufruire del potere isolante della neve, ma anche di conservare il carico endotermico dell'utente grazie ad un taglio termico «a sifone» all'ingresso.

La relazione tra l'utente e il suo contesto termico ha un impatto profondo sullo stile di vita, ed influenza il modo di vestirsi. E tuttavia, viene spesso semplificato e standardizzato attraverso teorie, visioni o lobbying. Questo implica una progettazione uniformizzata assumendo il fatto che l'utente abbia preferenze termiche costante e soprattutto il non desiderio di essere attivo nel suo ambiente e la sua intimità. Questa semplificazione si può notare nella visione di Le Corbusier, che indica attraverso il Modulor uno standard per la progettazione dimensionale. L'identità culturale venne assorbita integralmente da un modello invariato da Genève a Chandigarh.

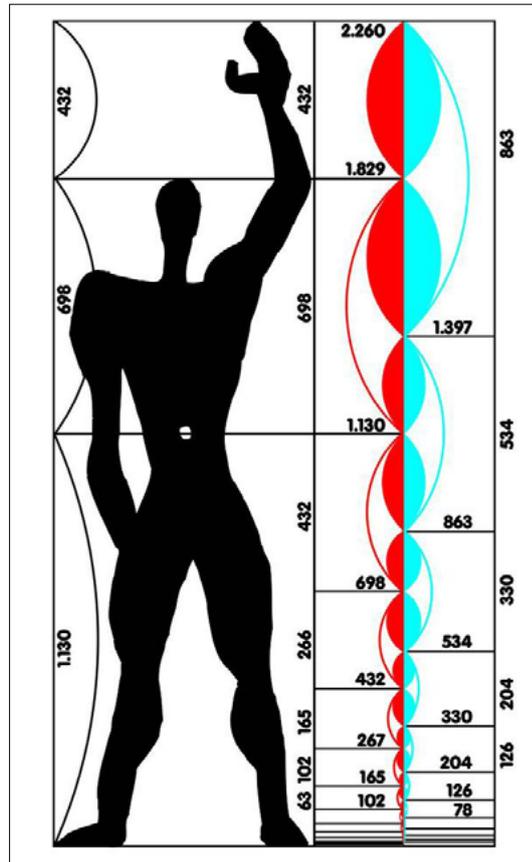


FIG 2. 1. 3. 0. 2\_ IL MODULOR DI LE CORBUSIER

Di conseguenza, della standardizzazione modulare lo stesso avvenne per la standardizzazione del comfort termico. Il contesto geografico rende in certi casi molto difficile di conservare una temperatura costante, e il gap generato può creare un fabbisogno energetico fuori ragione.

Per garantire il comfort universale si sono impostati valori delle principali variabili che reggono il comfort. Si passa da uno standard settato con un igrometria del 50% ed una temperatura stabile, fissata a 21°C ; ad un range di valori ammissibili. L'importante è di rimanere nella zona di comfort del diagramma bioclimatico. Di seguito viene illustrato il diagramma psicrometrico, legando la temperatura a bulbo secco, l'umidità relativa e la velocità del vento. E' stata evidenziata la zona di confort. <sup>[1]</sup>

1 OLGAY Victor, *Progettare con il clima*

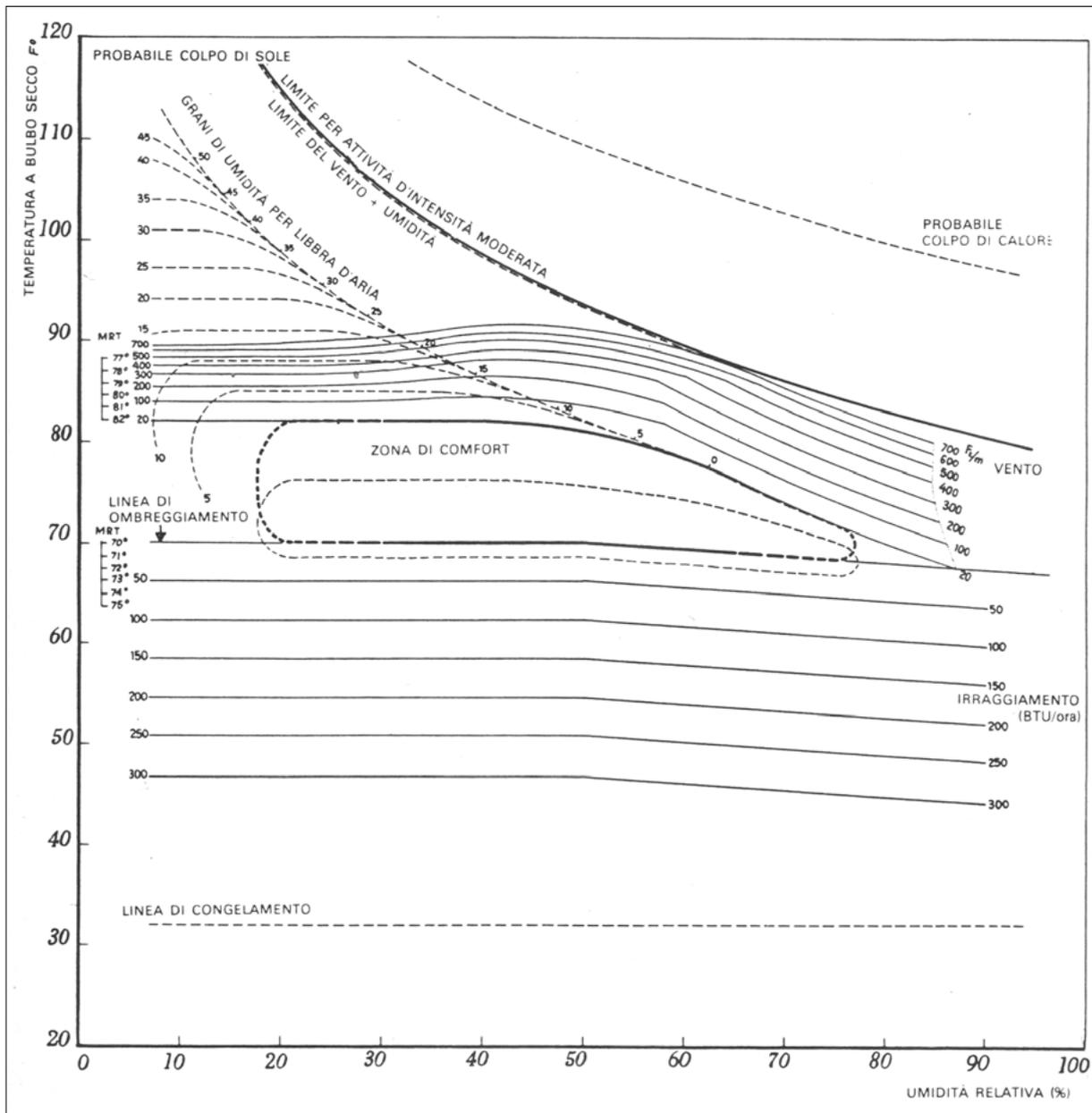


FIG 2. 1. 3. 0. 3\_ DIAGRAMMA PSICROMETRICO

## 2. 2. ESSERE UN RESIDENTE ATTIVO

Si era imposto il comfort termico con un utente di riferimento non coinvolto nel suo habitat. La realtà dimostra che l'utente abbia il bisogno di agire nel suo contesto per riconoscere come tale uno spazio e un involucro. Forte di questa affermazione, si può presupporre che le azioni domestiche in adeguazione con il contesto climatico siano una risposta concluyente per il legame di Bioarchitettura come definito all'inizio di questo studio.

In altri termini, significa agire sul suo spazio abitativo, chiudendo o aprendo le aerazioni, svellendo i muri captanti, nascondendoli di notte, riempiendo la vasca umidificante, spostare la materia prodotta dal bagno secco al silo di compostaggio.

Queste sono azioni che sembrano essere messe sul piano secondario nel nostro mondo occidentale. In un mondo più all'ascolto del ciclo della vita, si fa in modo normale, senza necessità di badanti, o materiale automatico. Di sicuro, però, la domotica può dare una risposta convincente per la maggioranza delle azioni da rispettare per il funzionamento ottimale di una casa bioclimatica. Bisogna tuttavia essere consapevole dell'uso di energia elettrica per sensori, e movimenti meccanici.

Un modo per rafforzare l'etica della «cittadinanza solare» è cogliere il progresso nel modo più naturale possibile. Il concetto di comportamento solare passivo consiste nel lasciare che la natura gestisca le nostre strutture con un intervento meccanico minimo. Sappiamo che questi mezzi non meccanici esistono. Le tecnologie per riscaldare o raffreddare le nostre case, le nostre fabbriche, i nostri edifici per uffici sono già ben ottimizzate. La nostra immaginazione è l'unico limite della nostra capacità di favorire una civiltà meno assistita.

A fine di illustrarlo, si può affermare che richiede meno lavoro sollevare un oggetto pesante delicatamente che brutalmente. Dobbiamo impegnarci molto per spingere o tirare un carico in cima a una collina; la discesa dall'altra parte è quindi una semplice questione di frenata controllata. Ma la natura ci offre molti mezzi per spingere e tirare, come ad esempio, il ciclo dell'acqua, i venti, le maree, la gravità e la rotazione della terra. Una barca a vela fa un ottimo uso di venti e correnti; tutto ciò che si deve aggiungere è un timone. Con una barca in buone condizioni e una buona conoscenza della navigazione, chiunque può percorrere lunghe distanze con il minimo sforzo ed energia. È importante fare il minimo gesto che consenta di utilizzare l'energia in base alle nostre esigenze.

Nella maggior parte dei climi, le energie naturali che riscaldano, raffreddano, umidificano e asciugano gli edifici sono disponibili tutto l'anno. Il trucco è usare queste energie quando partecipano al comfort. E poiché il tempo non si adatta esattamente ai nostri bisogni, sono le nostre costruzioni che devono compiere questo sforzo di adattamento. È quindi necessario studiare gli edifici in modo che regolino le energie naturali al momento opportuno.

Se sfruttiamo tutte le possibilità passive di ogni edificio in ogni zona climatica, l'integratore energetico, estratto più o meno gratuitamente sul sito, sarà notevolmente ridotto: perché in molti luoghi è possibile concepire e costruire costruzioni completamente autonome. In pochi altri, una parte significativa del «kit» è disponibile sul sito. L'idea centrale è di fare del nostro meglio con ciò che abbiamo; quindi, per integrare le energie rinnovabili con i mezzi solari attivi e, infine, i combustibili classici, esattamente in quest'ordine.

A livello individuale, ognuno di noi può guardarsi attorno per apprezzare ciò che può fare. Oggi dobbiamo sostenere questo approccio naturale con le qualità dell'intuizione.

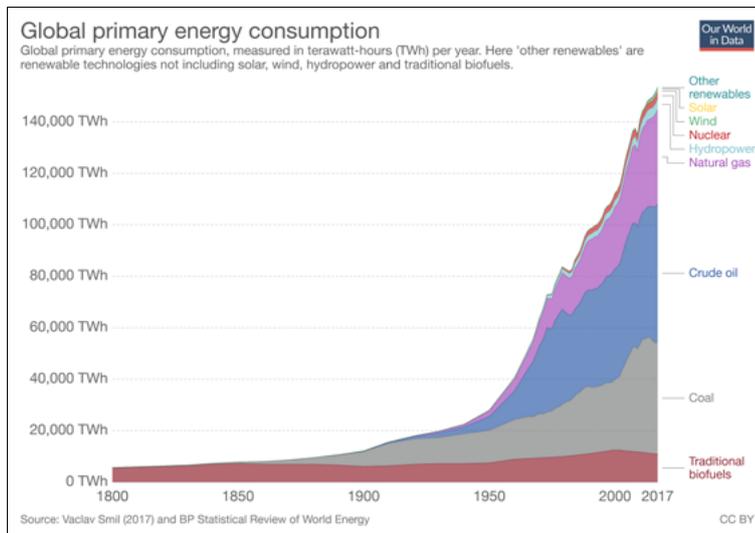


FIG 2. 2. 3. 0. 1\_ GRAFICI DELLA SITUAZIONE ODIERNA DEL CONSUMO DI ENERGIE MONDIALE

Questo grafico <sup>[1]</sup> illustra il consumo esponenziale di energie a livello globale. La tendenza è ancora l'uso di prodotti fossili, ma l'uso di energie sostenibili risale agli ultimi 30 anni. Si suppone che l'andamento sia crescente negli prossimi anni.

L'illustrazione che segue evidenzia invece il consumo delle fonti rinnovabili, che rappresentano la minoranza.

[2]

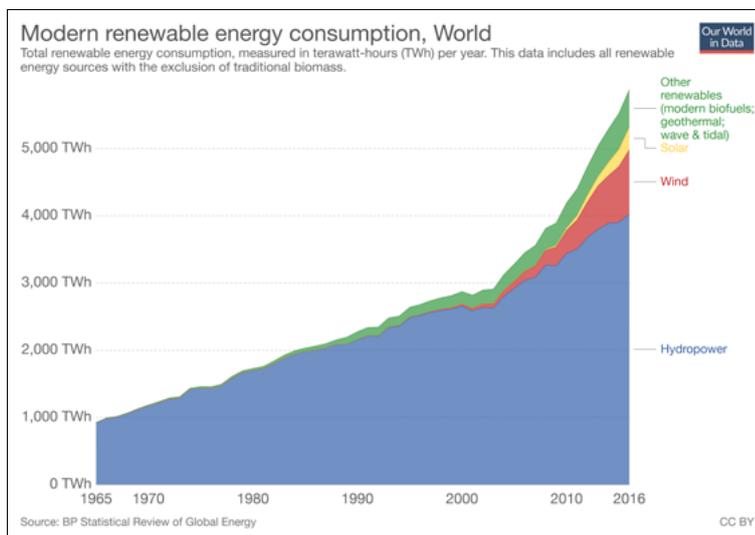


FIG 2. 2. 3. 0. 2\_ GRAFICI DELLA SITUAZIONE ODIERNA DEL CONSUMO DI ENERGIE SOSTENIBILI MONDIALE

La crescita accelerata viene collocata in seguito all'adozione del Protocollo di Kyoto nel 1997. Si nota che la prima risorsa sostenibile fu ed rimane quantitativamente l'idroelettrico. Paragonando al consumo in petrolio, essa rimane comunque il 2,2 % del consumo petrolifero nel 2017.

1 [http://www.fas.harvard.edu/~histecon/energyhistory/energydata\\_beta.html](http://www.fas.harvard.edu/~histecon/energyhistory/energydata_beta.html)

2 <http://www.bp.com/statisticalreview>

## 2. 3. IL CLIMA LOCALE : POTENZIALE E VINCOLO

### 2.3.1. I DIVERSI TIPI DI CLIMA

I diversi clima mondiali sono rappresentati sulla mappamondo qui sotto. I parametri che permettono di distinguere quattro tipologie di clima sono la temperatura esterna a bulbo secco, l'umidità relativa esterna.

Però mancano la velocità media del vento a secondo del periodo stagionale, la concentrazione in ossigeno e quindi l'altitudine, che manifesta dei tipi di vegetazione diversi. Si può anche elencare la plviometria annuale, perchè essa non è intrinsecamente in relazione con l'umidità relativa, ma bensì della pressione atmosferica.

Il «Traité d'Architecture Bioclimatique»<sup>[1]</sup> illustra la discriminazione dei diversi clima del nostro pianeta secondo due parametri presentati qui di seguito.

E' possibile distinguere quattro tipi di clima in funzione della temperatura :

- freddo, per delle temperature medie inferiore a 10°C
- temperato, per temperature media annue comprese tra 10°C e 20°C
- caldo, per temperatura medie annue comprese tra 20°C e 30°C
- molto calde, per temperature medie annue superiore a 30°C

Poi, in funzione dell'umidità relativa, è possibile distinguere due ategorie di clima :

- secco, per un umidità relativa inferiore al 55%
- umido, per un umidità relativa superiore a 55%

Da questa discriminazione, si evidenziano in cartografia la collocazione di queste zone climatiche. Si nota che c'è una certa eterogeneità nella partizione climatica mondiale. Si evidenziano i deserti dovuto ai loro clima molto secco ; e le foreste tropicali del Sud-America e del centro Africa dovute ad un umidità relativa molto elevata, in corrispondenza di una temperatura calda.

---

1 ( LIEBARD Alain, DE HERDE André, Le Traité d'Architecture bioclimatique, 2005

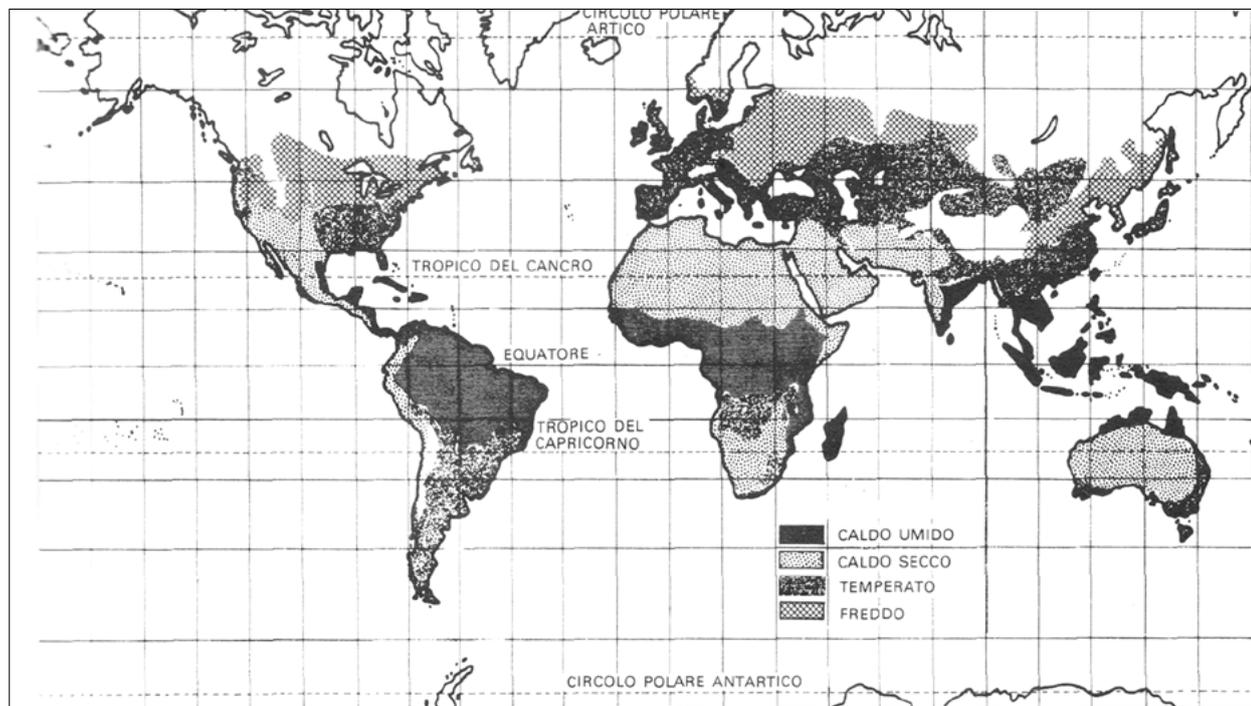


FIG 2. 3. 1. 0. 1\_ MAPPA MONDO LOCALIZZANDO I QUATTRO DIVERSI CLIMA

## 2.3.2. RISCALDARE

Per il seguito di questo capitolo, ci poniamo nell'emisfero Nord. Un sistema per riscaldamento solare comprende tre elementi : lo spazio da riscaldare, il collettore ( che può essere diretto o indiretto ), e l'accumulatore termico.

### 2.3.2.1. RICEVERE ED ASSORBIRE

Il riscaldamento solare deve tener conto di due parametri : le caratteristiche dell'apertura di assorbimento, e il modo in cui l'energia viene diffusa nello spazio.

Il sole sorge a Est e tramonta a Ovest, e durante il periodo invernale, una vetrata verticale rivolta a Sud riceve i raggi solare tendenzialmente in modo ortogonale. Invece, durante il periodo estivo, una parete verticale verso Sud non è la zona più esposta ai raggi solari, ma sono tendenzialmente le facciate Ovest e il tetto.

Questo permette di capire che la parete Sud è la tecnica passiva fondamentale, in quanto si rivela molto utile d'inverno.

La vetratura amplifica le variazioni termiche stagionali.

La posizione dell'apertura vetrata è anche molto importante relativa al suo contesto. Di solito, la parete a Sud è la prima scelta, però si può anche concentrare sul tetto. Sono scelti nelle situazioni in cui i vincoli del terreno limitano l'uso della facciata Sud. La particolarità del tetto è che corrisponde ad un riscaldamento omogeneo di tutto lo spazio sottostante, a meno di particolare isolamento.

All'interno invece, il percorso del sole si rivela uno strumento progettuale per assorbire le variazioni stagionali. Ciò si cerca di rendere uno spazio caldo d'inverno e fresco d'estate, grazie alla presenza o meno del sole.

## 2. 3. 2. 2. ACCUMULARE L'ENERGIA TRASFORMATA

Accumulare l'energia solare può essere fatta in diversi modi. Esistono tecniche dirette, che consistono nell'accumulare energia all'interno dello spazio da riscaldare ; ma anche tecniche indirette e isolate. Nel riscaldamento indiretto, la radiazione solare viene convertita in calore per assorbimento su una superficie esterna allo spazio.

In fine, il riscaldamento isolato converte il calore per assorbimento esterno e lo spazio viene regolato indipendentemente dalla detta superficie ricevitrice.

La scelta tra queste tre tecniche è influenzata dal controllo di variazione termica desiderata. Le tecniche ad accumulo isolato sono più usate qualora il controllo si vuole efficace. Sono quelli che assomigliano di più ai sistemi attivi, cioè meccanizzati. Nel caso di tolleranze più ampie, si possono trovare più frequentemente i sistemi diretti o indiretti.

## 2. 3. 3. RAFFREDDARE

### 2. 3. 3. 1. EVITARE L'ASSORBIMENTO SOLARE ESTIVALE

Prima ancora di dovere raffrescare un ambiente, bisogna evitare di caricarlo. Quest'atteggiamento può sembrare ovvio però non è ancora in modo completamente automatico per i progettisti. Si può evedere sull'illustrazione qui sotto la biblioteca di , dismessa per il suo costo esuberante d'estate per raffrescare questa volta vetrata.<sup>[1]</sup>



FIG 2. 3. 3. 1. 1\_ BIBLIOTECA DISMESSA\_ CAMBRIDGE , 1960'

L'orientamento delle superficie in contatto con l'esterno è il parametro fondamentale per non avere a raffrescare lo spazio interno.

1 Progettazione Integrale \_ lezione di prof. Carlo CALDERA

## 2. 3. 3. 2. SCARICARE L'ENERGIA IN ECCESSO

Tutto il carico termico immagazzinato durante il giorno estivo e che non si è riuscito ad evitare deve essere scaricato verso il cielo durante la notte.

In alcune zone calde secche del nostro pianeta si è inventato un raffrescamento con aria umida. Ad esempio i malqaf orientali presentano una torre orientata verso i venti dominanti in alto, e coinvolgono l'aria verso un condotto dove l'evaporazione dell'acqua scarica l'aria del calore e porta in parte bassa la freschezza ricercata. L'architetto egitto Hassan Fathi ha studiato l'architettura vernacolare regionale e l'ha reso come principio fondamentale nella sua architettura.<sup>[1]</sup> In Iran, la città di Yazd è la più famosa per le sue torri di vento.

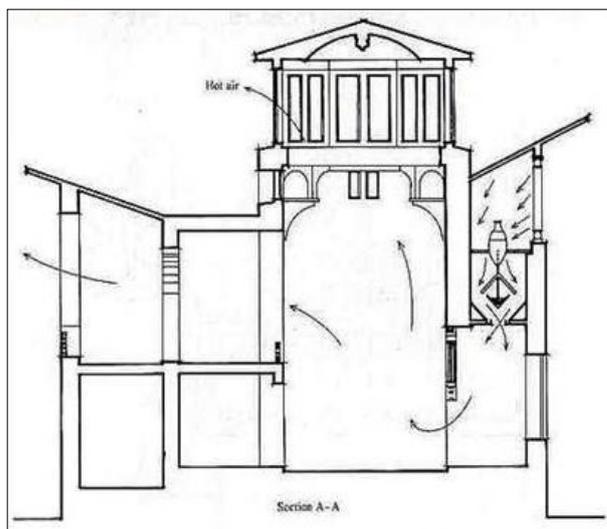


FIG 2. 3. 3. 2. 1\_ SEZIONE DI UN MALQAF \_ UMIDIFICAZIONE E RAFFRESCAMENTO

1 Izard, 1993 (Hassan Fathi)

## 2. 4. IL CONTESTO

« On ne le répète jamais assez aux élèves architectes : armons-nous sur les conditions climatiques : le soleil, la pluie, le froid, la chaleur, les vents, ... Préoccupons-nous des contraintes de l'environnement, et nous serons certains de construire avec sérieux. Cherchons donc l'essentiel sans avoir recours à des apports superflus: jeux de matière, formes, effets. Et sans vouloir accomplir des gestes techniques qui dépassent la stricte nécessité. »

### André Ravéreau, le M'Zab, une leçon d'architecture

Le grandi popolazioni antecedenti a questo millennio hanno sempre mostrato un grande rispetto nei confronti di ciò che avevano intorno. Ed esso fu caratterizzato anche nelle loro architetture locali. La considerazione del sole, del vento, e dell'umidità per esempio prendeva forma nei volumi e i loro sistemi costruttivi, che si trasmettevano di generazione in generazione. Oggi si parla di BioArchitettura o di Architettura Naturale in quanto il legame tra gli elementi del clima e l'uomo si rivelano negli spazi progettati e generati dalla mente umana.

La storia ci dice che i nostri antenati avevano pochi mezzi per assicurare il loro comfort. Per quello impararono ad andare all'essenziale per rispondere ai fattori climatici del posto. Rimane tuttora la principale fonte di creatività per soluzioni bioclimatiche, in quanto il concetto fondamentale è la sobrietà. Basta spesso osservare le rovine che ci sono attorno alla nostra abitazione ( quando si tratta di progettazione rurale, ma anche urbana, conservando il succo del gesto ). I schemi qui sotto estratti dal libro di Samuel Courgey e Jean-Pierre Oliva<sup>[1]</sup> fanno vedere come l'abitazione tipico provenzale si adatta al suo contesto con il minimo di accorgimenti rispetto ai quattro vincoli locali: inverni soleggianti e freddi, estati caldi e secchi, venti freddi e violenti da Nord a Ovest ed altri tempestosi da Est a Sud durante la primavera.

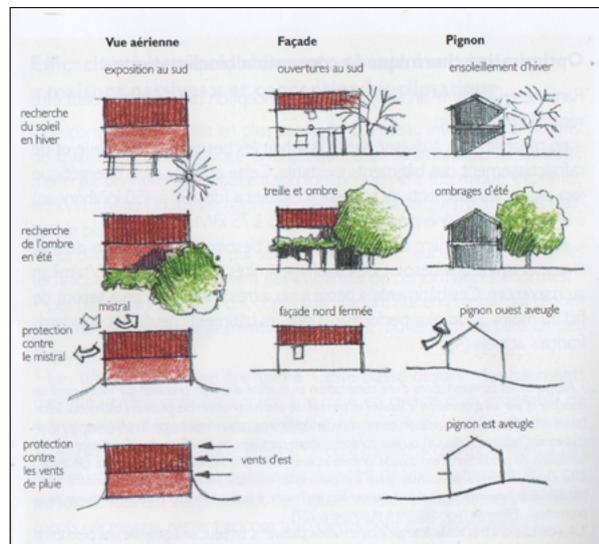


FIG 2. 4. 3. 2. 1\_ INSERIMENTO NEL SUO PROPRIO CONTESTO

Per un edificio ex-novo, si sceglierà presubilmente un posto parato dai venti freddi e dal sole estivo, ma anche raccogliendo al meglio l'illuminamento invernale, evitando le maschere vegetali, topografici, ed edili.

Quando la vegetazione e la topografia non presentano particolari ostacoli, si può cambiare la forma del terreno e la struttura del arredo vegetale, come usare alberi decidui a Sud, e persistenti a Nord.

Si può anche pensare all'inerzia termica del terreno sottostante, se il progetto lo permette.

<sup>1</sup> COURGEY S. «La conception bioclimatique», 2006, 240p.

## 2. 5. FORMA ARCHITETTONICA E ORIENTAMENTO

### 2. 5. 1. LA COMPATTEZZA

Per un volume abitato equivalente, l'involucro che presenta la più piccola superficie di parete verso l'esterno sarà quella presentando il minore quantitativo di dispersioni termiche. La ricerca della geometria la più compatta deve essere ponderata dalla priorità data dalla facciata verso Sud e dalla coerenza globale con il progetto architettonico.

Il coefficiente di forma (anche chiamato «Rapporto S/V») è il rapporto tra la superficie esterna dell'involucro e il volume dello spazio che essa contiene. E' un indicatore efficace e permette di paragonare diverse volumetrie per lo stesso spazio abitativo equivalente.

La ricerca nella compattezza trova anche una sua ragione sul piano economico, in quanto presenta una minore quantità di materiale, una complessità del progetto relativa, e un costo inferiore per la sua manutenzione futura.

Un altro elemento importante per quanto riguarda la compattezza di una casa bioclimatica è di poter disporre di un unico sistema di riscaldamento al centro del volume abitativo.

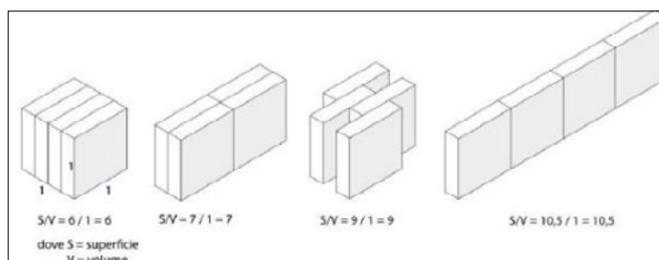


FIG 2. 5. 1. 2. 1\_ RAPPORTO DI COMPATTEZZA DEL VOLUME ARCHITETTONICO

### 2. 5. 2. IL SOLE E LE SUE GRANDEZZE

#### 2. 5. 2. 1. GRANDEZZE IN GENERALE

La progettazione bioclimatica tiene conto di una serie di grandezze relative al mondo delle onde, e in questo caso si parla della luminosità. E' la quantità di energia elettromagnetica emessa da una stella per unità di tempo. Vale a dire che si parla della «potenza elettromagnetica della detta stella. Le stelle irradiano in una larga gamma di frequenz. Esiste una relazione tra la lunghezza d'onda (e quindi sua frequenza), e l'energia che si puo ricavare attraverso quella, e fu quantificata de Planck attraverso la sua costante h.

$$E = h * \nu$$

dove

E : Energia del fotone [J]  
 h : costante di Planck [J.s] \_ h=6,626J.s  
 ν : frequenza dell'onda [Hz]

La luminosità viene tradotta quando è percepita da un oggetto con la grandezza Illuminanza, o Irradianza dall'inglese, oppure ancora Irraggiamento o in fine flusso di radiazione elettromagnetica. E' espressa

## 2. 5. 2. 2. GRANDEZZE DEL NOSTRO SOLE

La potenza irraggiata dal sole è pari a :

$$P = 3,87.10^{26} W$$

Invece, l'irraggiamento solare,<sup>[1]</sup> vista come Illuminanza venendo dal nostro sole viene chiamata costante solare  $G_0$ , e vale :

$$G_0 = 1.368 W / m^2$$

L'atmosfera filtra quest'irraggiamento solare, perchè una parte viene riflessa, e una altra riscalda i gas che compongono il nostro atmosfera. La terza parte rimanente è quella che effettivamente arriva sulla superficie terrestre.

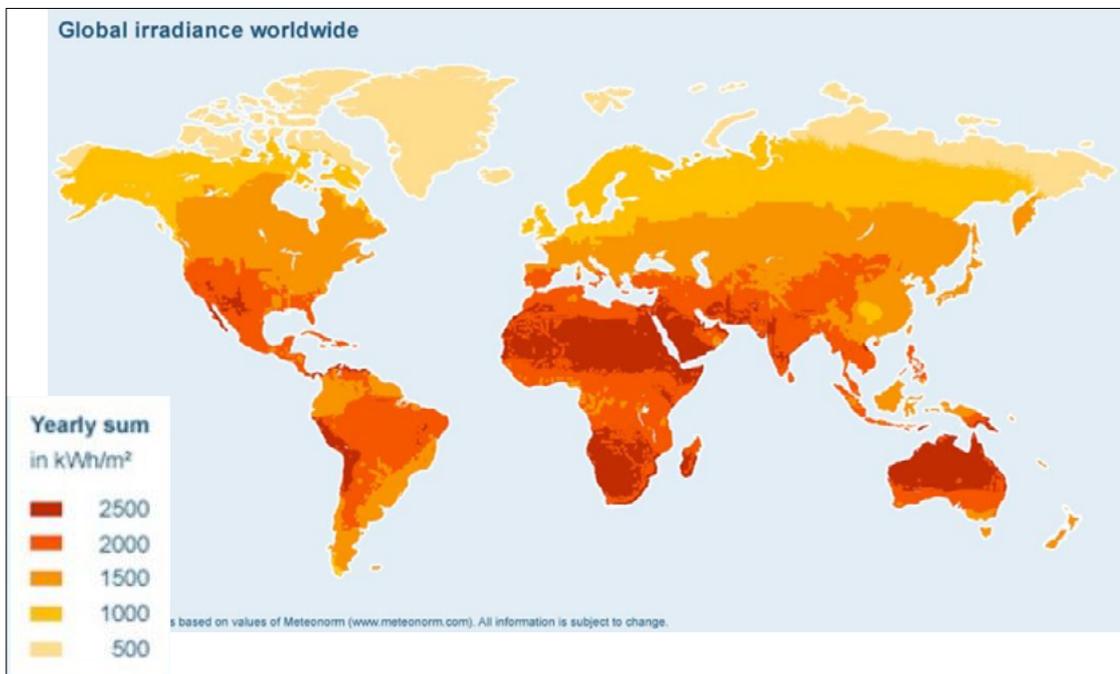


FIG 2. 5. 2. 2. 1\_ VALORI DI IRRADIANZA SOLARE MONDIALE

<sup>1</sup> [https://www.unirc.it/documentazione/materiale\\_didattico/599\\_2012\\_327\\_14541.pdf](https://www.unirc.it/documentazione/materiale_didattico/599_2012_327_14541.pdf)

## 2. 5. 2. 3. GRANDEZZE NEL VISIBILE

L'occhio umano percepisce soltanto una parte minima dello spettro intero di frequenze. Possiamo avere coscienza visiva delle lunghezze d'onde da 400nm a 700nm, e quelle onde sono tradotti dal nostro occhio attraverso i colori. La fotometria è lo studio di queste grandezze e dei fenomeni legati questa banda di onde. Si può misurare il flusso luminoso di una sorgente luminosa con i lumen, che dimensionalmente è una potenza. Infatti, è una parte della potenza radiante della nostra stella ( ma può anche rappresentare il flusso luminoso di qualsiasi altra sorgente naturale o artificiale).

Questo flusso luminoso, in caso di sorgente isotropa, viene teorizzato con l'intensità luminosa ( misurato in candela); e sarebbe il flusso emesso da questa sorgente, ricevuto su una porzione di sfera chiamato il steradian. In questo modo, se il flusso emette un lumen su un steradiante, la sorgente ha un intensità luminosa di un Candela.

$$1cd = \frac{1lm}{1sr}$$

La Candela non è molto più usata ma si è ritenuto utile in questo studio, di sintetizzare quello che fu e quello che è il mondo che ci circonda, in termine di luce.

L'illuminamento è misurato in lux, ed è l'energie che riceve una superficie. non è analogo al concetto di pressione come rapporta tra forza su superficie, anche se la formula lascia comparire una lunghezza al quadrato. Si tratta del quadrato della distanza tra la sorgente e la superficie ricevitrice. <sup>[1]</sup>

$$E = \frac{cd}{d^2}$$

Bisogna differenziare del tutto i lux e i lumen, perchè il primo è quello che riceve un'oggetto come energia luminosa ; e il secondo rappresenta il flusso luminoso. Il rapporto tra le due è il seguente :

$$Lux = \frac{lm}{A}$$

1 <http://www.progettazioneottica.it/unita-fotometriche-lumen-candele-lux/1172>

2. 5. 2. 4. SINTESI GRAFICA

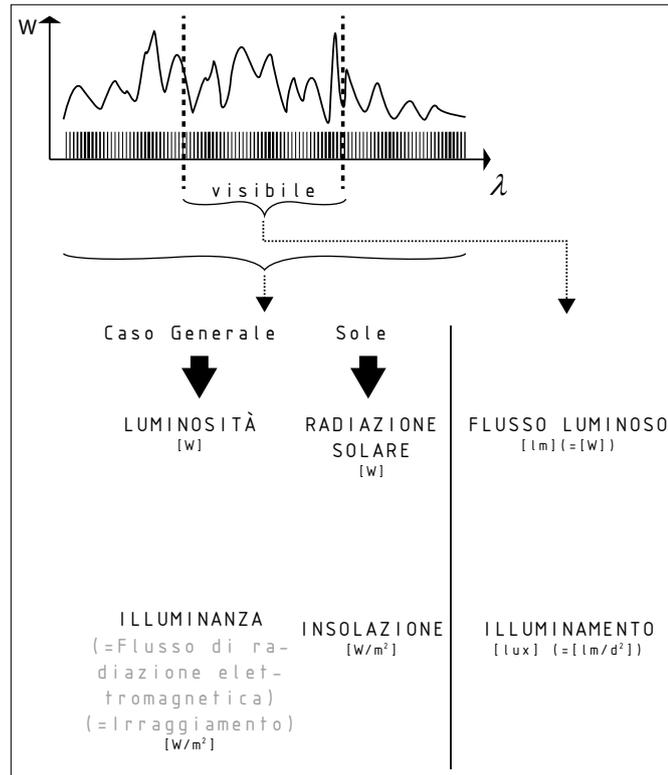


FIG 2. 5. 2. 4. 1\_ SINTESI DELLE GRANDEZZE DI ONDE

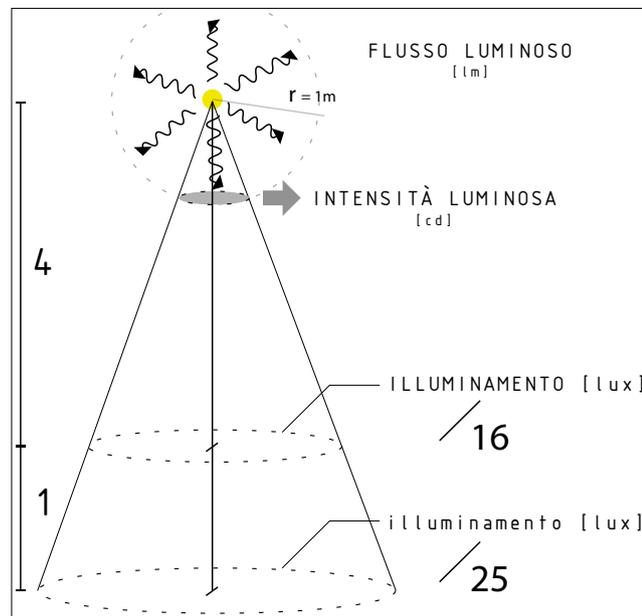


FIG 2. 5. 2. 4. 2\_ RAPPORTO TRA LE GRANDEZZE VISIBILI

L'illuminamento solare si riduce del quadrato della distanza, in quanto si misura attraverso una superficie. L'aria è quindi la variabile di questa grandezza. I lux rappresentano quindi quanta quantità di luce riceve un detto oggetto o superficie.

## 2. 6. PROPRIETÀ TERMO-STATICHE DEI MATERIALI

### 2.6.1. CONDUCEBILITÀ TERMICA

«La conducibilità termica (o conduttività termica, indicata con  $\lambda$  o  $k$ ) misurata in  $[W/mK]$  è il rapporto, in condizioni stazionarie, fra il flusso di calore (cioè la quantità di calore trasferita nell'unità di tempo attraverso l'unità di superficie) e il gradiente di temperatura che provoca il passaggio del calore nel caso della conduzione termica (ovvero quando i contributi al trasferimento di calore per convezione e per irraggiamento termico siano trascurabili). In altri termini, la conducibilità termica è una misura dell'attitudine di una sostanza a trasmettere il calore (vale a dire maggiore è il valore di  $\lambda$  o  $k$ , meno isolante è il materiale). Essa dipende solo dalla natura del materiale, non dalla sua forma.»<sup>[1]</sup>

È la proprietà che i materiali hanno di trasmettere calore attraverso conduzione. Nella pratica, permette di quantificare il potere isolante di una parete, cioè l'attitudine del materiale a opporsi al passaggio delle calorie contenute nell'aria.<sup>[2]</sup>

Materiali	Conducibilità Termica [W/mK]
Adobe	0,5
Laterizio	0,6
Calcestruzzo	1,3
Terra	0,75
Sabbia	0,28
Acciaio	45
Pietra	0,8 - 3,0
Acqua	0,51
Legno	0,07

FIG 2. 6. 1. 4. 1\_ TABELLA DELLE CONDUCEBILITÀ DI ALCUNI MATERIALI EDILI

### 2.6.2. CALORE SPECIFICO

Il calore specifico, detto anche «calore specifico massico», di una sostanza è definito come la quantità di calore necessaria per innalzare, o diminuire, la temperatura di una unità di massa di 1 K. In francese, si chiama sia *Chaleur massique*, sia *Capacité thermique massique*.

Nel Sistema internazionale l'unità di misura del calore specifico è il  $[J/(K*kg)]$  anche se si usa molto spesso la  $[kcal/(kg*°C)]$ , mentre quella del calore molare è  $[J/(K*mol)]$ .

È una proprietà intensiva, propria per ogni materiale.

Di seguito, una classifica di alcuni materiali usati nell'edilizia :

1 Wikipedia, «La Conducibilità termica»

2 WRIGHT David, *Manuel d'Architecture Naturelle*

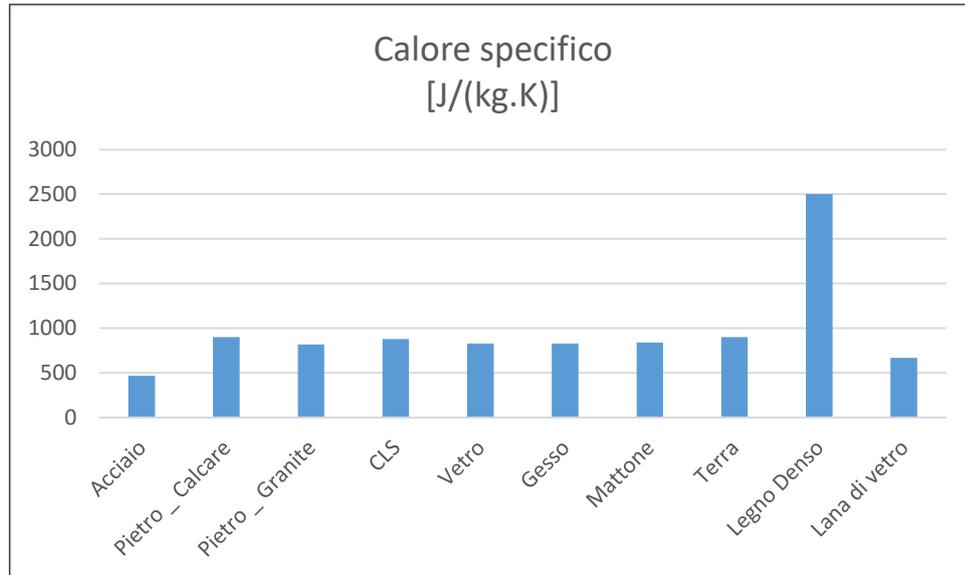


FIG 2. 6. 2. 4. 1\_ TABELLA DEL CALORE SPECIFICO DI ALCUNI MATERIALI EDILI

### 2. 6. 3. CAPACITÀ TERMICA

La capacità termica di un materiali designa la sua attitudine a stoccare calore. Il suo simbolo è  $\rho C$  ed è espressa in Wattora al metrocubo per grado Kelvin [ $Wh/m^3K$ ].

Più la capacità termica di un materiale è alta, più la quantità di calore da portarli par alzare la sua temperatura è importante. Significa quindi in questo caso che più grande è la sua capacità di immagazinare calorie prima che la sua temperatura si alzi.

A differenza del calore specifico, che è una proprietà intensiva del materiale, la capacità termica di un corpo dipende in più dalla massa in gioco. Si presenterà tabella comparativa di capacità termica, ma la proprietà più usata per paragonare i diversi materiali da costruzione rimane il calore specifico.

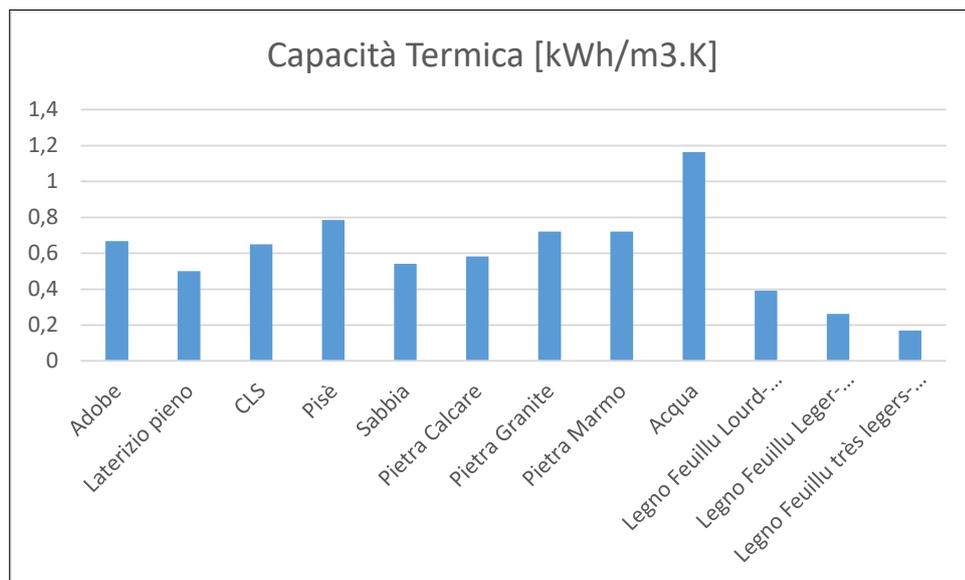


FIG 2. 6. 3. 4. 1\_ TABELLA DELLA CAPACITÀ TERMICA DI ALCUNI MATERIALI EDILI

## 2.6.4. ALBEDO

L'albedo (dal latino albedo, «bianchezza», da albus, «bianco») di una superficie è la frazione di luce o, più in generale, di radiazione incidente che è riflessa in tutte le direzioni. Essa indica dunque il potere riflettente di una superficie. L'esatto valore della frazione dipende, per lo stesso materiale, dalla lunghezza d'onda della radiazione considerata. Se la parola albedo viene usata senza ulteriori specifiche, si intende riguardare la luce visibile. Si misura attraverso un albedometro.[1]

L'albedo massima è 1, quando tutta la luce incidente viene riflessa. L'albedo minima è 0, quando nessuna frazione della luce viene riflessa. In termini di luce visibile, il primo caso è quello di un oggetto perfettamente bianco, l'altro di un oggetto perfettamente nero. Valori intermedi significano situazioni intermedie.

L'albedo della neve fresca arriva fino a 0,9. Il carbone ha un'albedo molto bassa. Una lavagna ha un'albedo di circa 0,15. L'albedo si può anche misurare in percentuale, ponendo 1 uguale a 100%. La Terra ha un'albedo media di 0,37-0,39, o equivalentemente del 37%-39%.

## 2.7. LO SFASAMENTO DINAMICO DEI MATERIALI

### 2.7.1. INERZIA TERMICA

In termodinamica per inerzia termica si intende la capacità di un materiale o di una struttura di variare più o meno lentamente la propria temperatura come risposta a variazioni di temperatura esterna o ad una sorgente di calore/raffreddamento interno. Il concetto è in piena analogia con l'inerzia nel moto dei sistemi meccanici, dove l'energia meccanica è l'equivalente dell'energia termica.

Si può valutare in termini di rapporto tra temperatura, e il prodotto del tempo con la differenza di temperatura. Un altro modo più comune è il rapporto tra potenza e il prodotto del tempo con la differenza di temperatura  $[W/s \times K]$ . È un parametro molto importante, assieme alla conducibilità termica, per valutare l'efficientamento energetico di una struttura, ad esempio in seguito di un isolamento termico o in assenza di esso. È proporzionale al calore specifico dei materiali e alla massa (riassumibili nella capacità termica) e inversamente proporzionale alla conducibilità termica (o più in generale alla trasmittanza termica) e alla differenza di temperatura fra interno ed esterno.

Alcune tecniche d'isolamento termico prevedono la realizzazione di manufatti edilizi che soddisfino queste caratteristiche, cioè alto grado di inerzia termica grazie ad un aumento della massa degli edifici, con costi superiori. Questo fa sì che le variazioni di temperatura si registrino con un ritardo temporale più o meno accentuato mantenendo inalterate per più tempo le condizioni ambientali preesistenti, senza dover far intervenire una fonte di climatizzazione con relativo consumo energetico per ristabilirle, cioè in maniera passiva.

## 2.7.2. EFFUSIVITÀ TERMICA

È la proprietà che un materiale possiede, quantificando la velocità di assorbimento dell'energia solare. In termodinamica, l'effusività termica di un materiale è definita come la radice quadrata del prodotto fra la conduttività termica del materiale, la sua densità ed il suo calore specifico. In una formulazione alternativa, può essere vista come il rapporto fra la conduttività termica del materiale e la radice quadrata della sua diffusività termica.

La sua grandezza particolare tiene conto del tempo :  $[J/(K*m^2*s^{0.5})]$ .

$$B = \sqrt{k\rho c_p} = \frac{k}{\sqrt{A}}$$

Nella formula, k indica la conduttività termica,  $\rho$  la densità,  $C_p$  il calore specifico e A la diffusività termica.

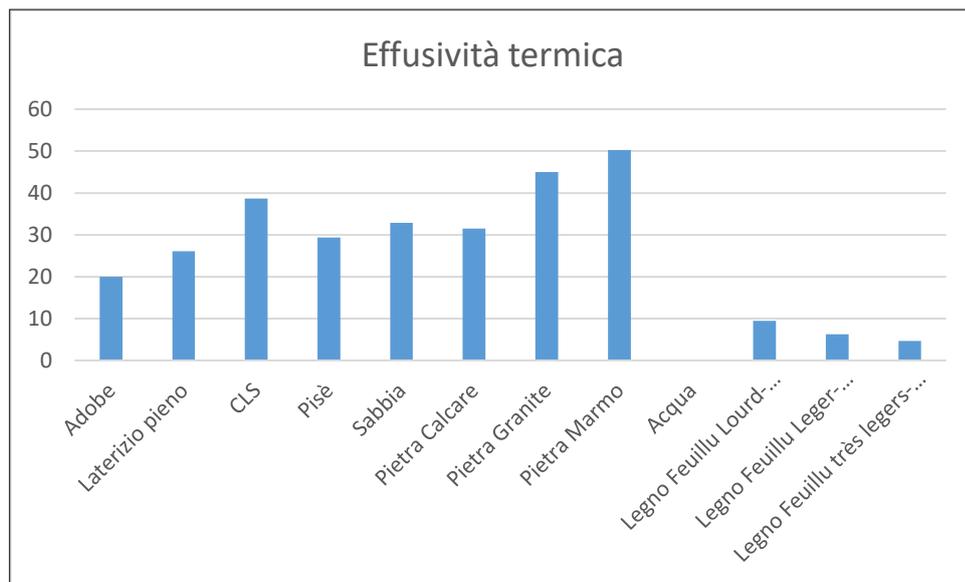


FIG 2. 7. 2. 4. 1\_ TABELLA DELL'EFFUSIVITÀ TERMICA DI ALCUNI MATERIALI EDILI

### 2.7.3. DIFFUSIVITÀ TERMICA

La diffusività termica (o coefficiente di diffusione del calore), è definita come il rapporto fra conducibilità termica e il prodotto di densità e calore specifico del corpo oggetto di studio. La sua grandezza è [m<sup>2</sup>/s].

$$A = \frac{k}{\rho c_p}$$

La diffusività termica è una caratteristica intrinseca del corpo in quanto dipende esclusivamente da parametri relativi al materiale di cui è composto. Come tutti i coefficienti di diffusione è misurata in m<sup>2</sup>/s nel sistema internazionale. È particolarmente utile per descrivere la propagazione di un campo termico in condizioni non stazionarie.

In tali condizioni, infatti, affinché il materiale trasmetta efficacemente l'onda termica non è sufficiente che esso sia molto conduttivo, ovvero che sia in grado di lasciarsi attraversare facilmente da un flusso termico a fronte di un gradiente di temperatura. È necessario che esso sia anche poco massivo e con basso calore specifico, cosicché il calore ricevuto ad ogni strato elementare in cui è possibile suddividere il mezzo, non venga immagazzinato all'interno dello strato stesso (secondo la legge della calorimetria) ma si concretizzi in una variazione di temperatura dello strato che attiva un nuovo gradiente termico tra lo strato in questione e il successivo. Secondo questo meccanismo il campo termico propaga. Se si avesse alta conducibilità ma anche alta densità e calore specifico, a fronte di un gradiente termico, il flusso sarebbe ingente nei primi strati del materiale, ma non riuscirebbe ad attraversare i successivi.

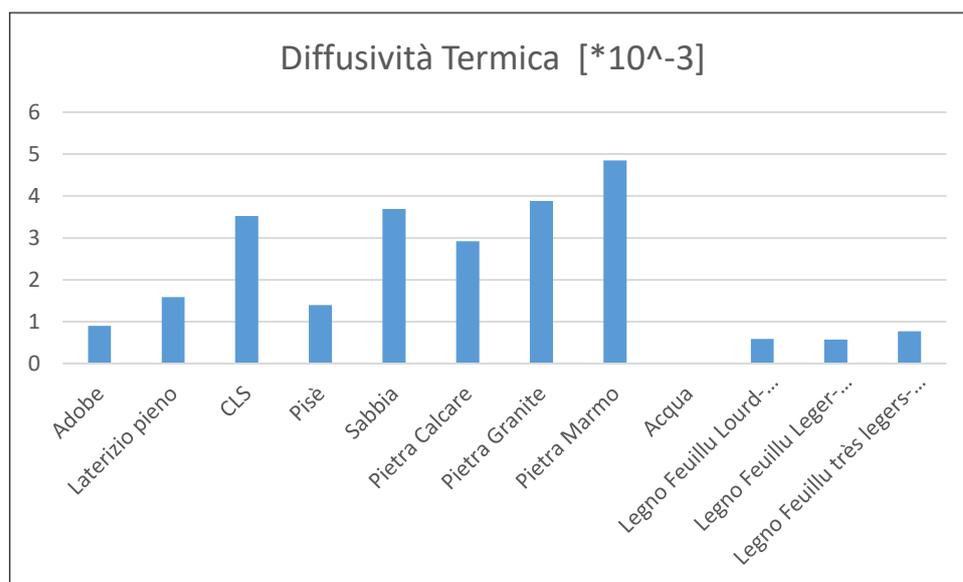


FIG 2. 7. 3. 4. 1\_ TABELLA DELLA DIFFUSIVITÀ TERMICA DI ALCUNI MATERIALI EDILI

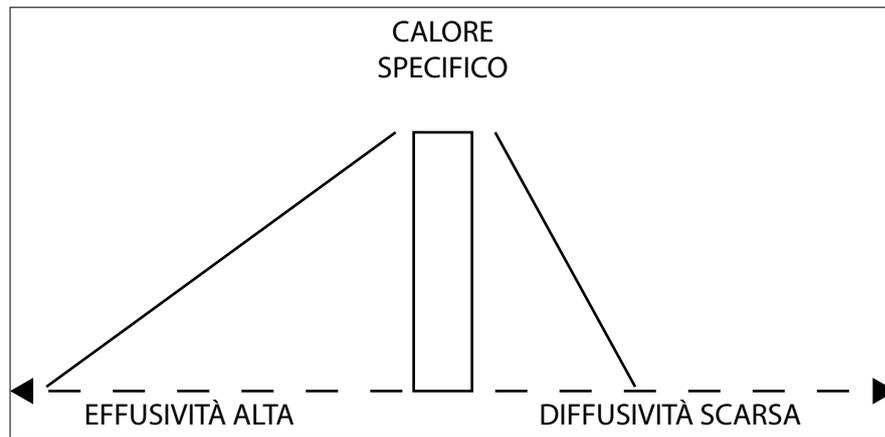


FIG 2. 7. 3. 4. 2\_ SCHEMA DI UN MATERIALE TERMO-ASSORBENTE

Lo schema precedente illustra il comportamento di un materiale capace di assorbire una grande quantità di energia solare. Il tempo di assorbimento è proporzionale al quadrato dell'energia. La sua scarsa diffusività provoca una diffusione lenta del calore nel tempo. E' il caso tipico del pisè o delle case troglodite in montagna.

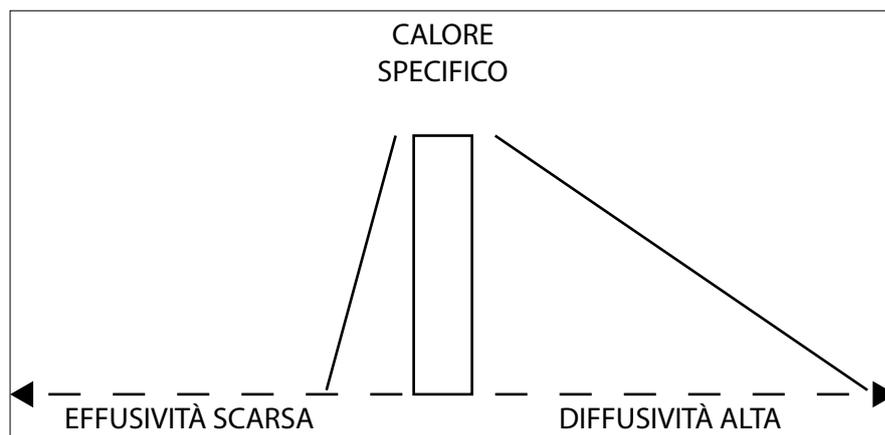


FIG 2. 7. 3. 4. 3\_ SCHEMA DI UN MATERIALE TERMO-DIFFUSORE

La precedente illustrazione evidenzia invece il comportamento di un materiale assorbendo poche energie in un certo tempo, ma con calore specifico alto. Questo esprime un materiale molto denso come la ghisa, di cui la diffusività alta diffonde il calore in modo molto lento, proprio ad un uso intenso abitativo in zona temperata.

## 2. 7. 3. 1. SINTESI DELLE PROPRIETA DINAMICHE

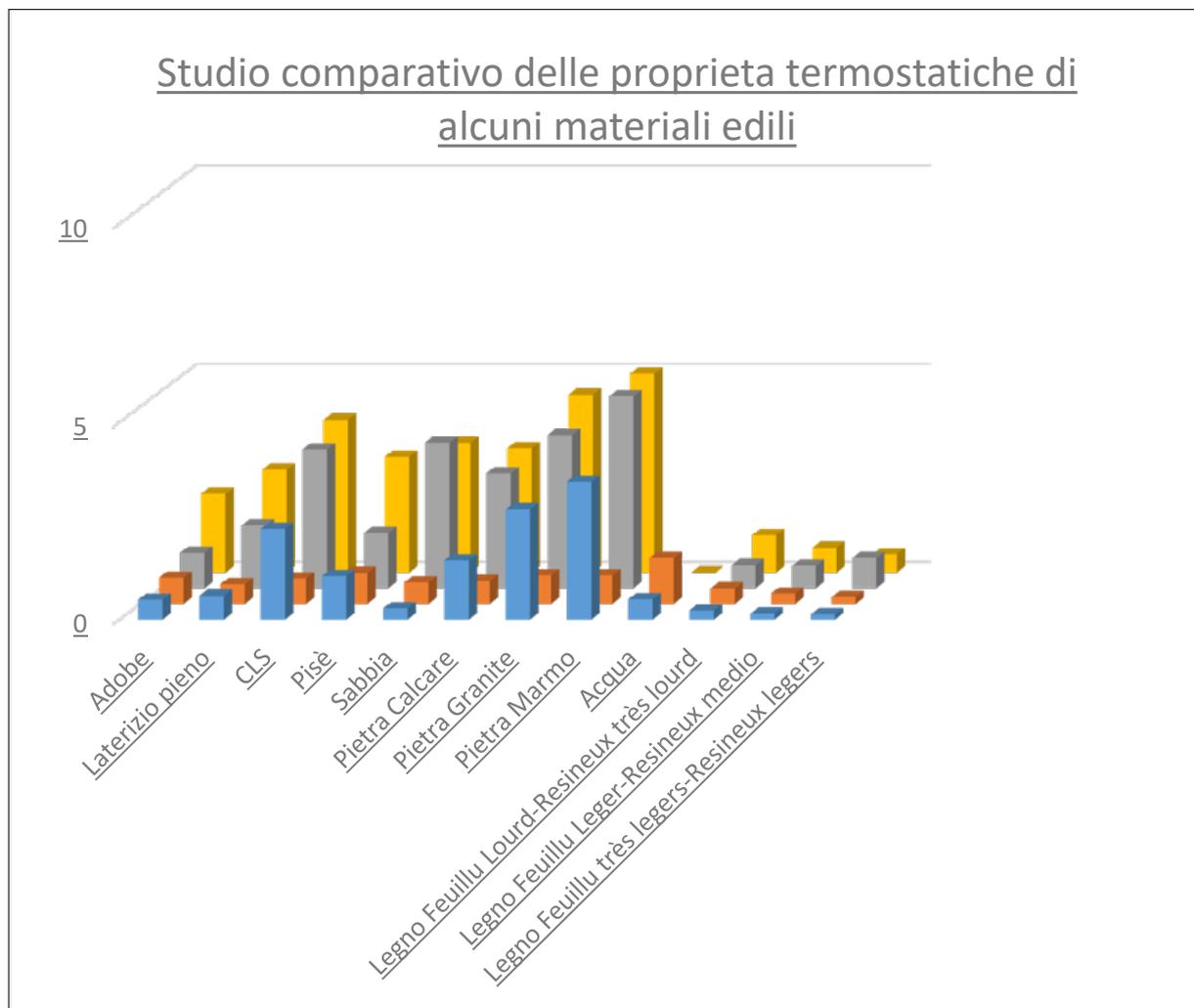


FIG 2. 7. 3. 1. 1\_ GRANDEZZE IN COMPARAZIONE SU DIVERSI MATERIALI

Il confronto degli materiali in modo trasversale permette di avere una visione globale sul quale ruolo dare a ciascuno dei materiali edili.

Per esempio, si può evidenziare che il legno, maggiormente in legno leggero, è propenso ad isolare. Il pisè è un materiale che assorbe bene l'energia solare, e la diffonde più lentamente che il calcetrutto armato, a parità di energia. Si collocherà quindi meglio come muro Trombe in una stanza in cui il bisogno termico è più steso durante la fase notturna, per esempio nelle stanze da letto.

Un altro esempio sarebbe quello di una muratura in adobe, le cui caratteristiche lo rendono idoneo a l'uso di struttura di tramezzatura, caricandosi poco del carico endogeno. In vece la sabbia può essere usata sparsa come pavimento di una serra, se isolato da sotto, diventa un serbatoio calorifico potente d'inverno se posto verso Sud.

2. 8. DIVERSE STRATEGIE DI SISTEMI<sup>[1]</sup>

## 2.8.1. A GUADAGNO DIRETTO ( DIRECT GAIN )

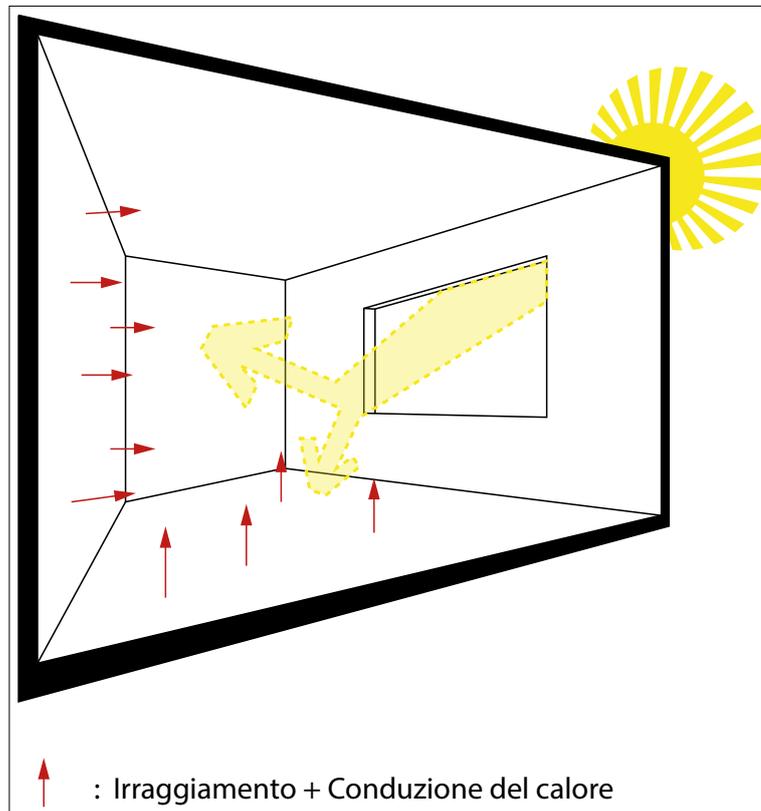


FIG 2. 8. 1. 1\_ ILLUSTRAZIONE DI UN GUADAGNO DIRETTO SOLARE

Solo la radiazione del sole è messa a disposizione, ed è quello che riscalda l'ambiente. Però l'energia solare si può usare sia per riscaldare l'aria, in clima caldo ; sia per imprigionare il calore in un materiale di calore specifico alto. In quel caso, bisognerà considerare un fattore importante che si è già descritto prima, l'effusività del materiale, ovvero la velocità alla quale il materiale assorbe l'energia solare. Ciò permette di sfasare il recupero dell'energia, con il suo utilizzo. E' una proprietà essenziale per un progetto bioclimatico, per la sua dimensione temporale, e quindi dinamica.

In un sistema solare passivo a guadagno diretto, lo spazio interno può essere composto da collettore solare, assorbitore di calore e sistema di distribuzione. Il vetro rivolto a Sud nell'emisfero Settentrionale (oppure esposto a Nord nell'emisfero Sud) ammette l'energia solare all'interno dell'edificio dove riscalda direttamente (assorbimento di energia radiante) o riscalda indirettamente (attraverso la convezione) la massa termica nell'edificio come del cemento o della muratura contenuti nei pavimenti e le pareti. Essi fungono da massa termica e sono incorporati come parti funzionali dell'edificio e temperano l'intensità del riscaldamento durante il giorno. Di notte, la massa termica riscaldata irradia calore nello spazio interno.

Per dare un esempio, nei climi freddi, un edificio temperato dal sole è il tipo più basilare di configurazione solare passiva a guadagno diretto, che comporta semplicemente l'aumento dell'area vetrata esposta a sud,

1 MAZRIA Edward, *The Passive Solar Energy Book*, 1979

senza aggiungere ulteriore massa termica. Il progetto deve rappresentare una grande frazione (~ 80% o più) delle finestre sul lato sud. Le aperture devono però essere limitata a circa il 5 - 7% della superficie totale del pavimento, e ancora meno in un clima soleggiato, per evitare il surriscaldamento. Al di sopra di questo livello, sono probabili problemi di surriscaldamento, abbagliamento e sbiadimento dei tessuti. Ulteriori vetrate a sud possono essere incluse solo se viene collocata a posta materiale con grande massa termica.

Usando unicamente quest'atteggiamento leggero, il risparmio energetico è modesto con questo sistema.

Nei sistemi solari passivi con guadagno diretto, è necessaria una massa termica sufficiente per prevenire grandi fluttuazioni di temperatura nell'aria interna; è richiesta una maggiore massa termica rispetto ad un edificio solare.

Per edificio solare, si intende un edificio sfruttando soprattutto l'illuminamento solare.

Il surriscaldamento dell'interno dell'edificio può risultare in una massa termica insufficiente o mal progettata. Secondo Edward Mazria,<sup>[1]</sup> circa un sesto della superficie interna dei pavimenti, pareti e soffitti devono essere costruiti con materiali di stoccaggio termico. I materiali di stoccaggio termico possono essere in cemento, mattoni, mattoni e acqua. Sono dei materiali avente una grande inerzia termica. La massa termica dei pavimenti e delle pareti deve essere mantenuta nuda, dal punto di vista funzionale ed estetico; e esposta alla luce solare diretta. Un errore progettuale sarebbe di usare il pavimento come accumulatore termico quando il cliente utente è conosciuto per i suoi tappeti o il suo gusto per la moquette.

Ancora secondo l'architetto Mazria, circa 1 m<sup>3</sup> di massa termica solare copre tra 5 e 10 m<sup>2</sup>, con un'altezza standard, sotto 3m. La regola empirica più semplice è che l'area della massa termica dovrebbe avere un'area compresa tra 5 e 10 volte l'area della superficie del vetro captante. La massa termica solida, fatta ad esempio di cemento, muratura, o pietra di granito, deve essere relativamente sottile, circa 10cm di spessore. Basterebbero due ore di soleggiamento al giorno se l'area esposta è importante, e più particolarmente se la sua effusività termica è grande.

I colori scuri verso il sole, con elevata capacità di assorbimento, dovrebbero essere usati su superfici di elementi di massa termica che saranno esposti alla luce solare diretta. Le altre facciate dell'accumulo possono essere di colori diversi, come anche gli elementi leggeri di tipo contro-soffitto e tramezzi. Coprire la vetrata con pannelli isolanti mobili durante periodi bui, nuvolosi e notturni migliorerà notevolmente le prestazioni di un sistema a guadagno diretto.

L'acqua come massa termica contenuta in un contenimento di plastica o metallo, e collocata alla luce diretta del sole, riscalda più rapidamente a causa del trasferimento di calore per convezione naturale in più della conduzione. Il processo di convezione impedisce inoltre che le temperature superficiali diventino troppo estreme, come talvolta accade quando le superfici di massa solida di colore scuro ricevono la luce solare diretta.

---

1 *The Passive Solar Energy Book, 1979*

## 2.8.2. A GUADAGNO INDIRETTO ( INDIRECT GAIN )

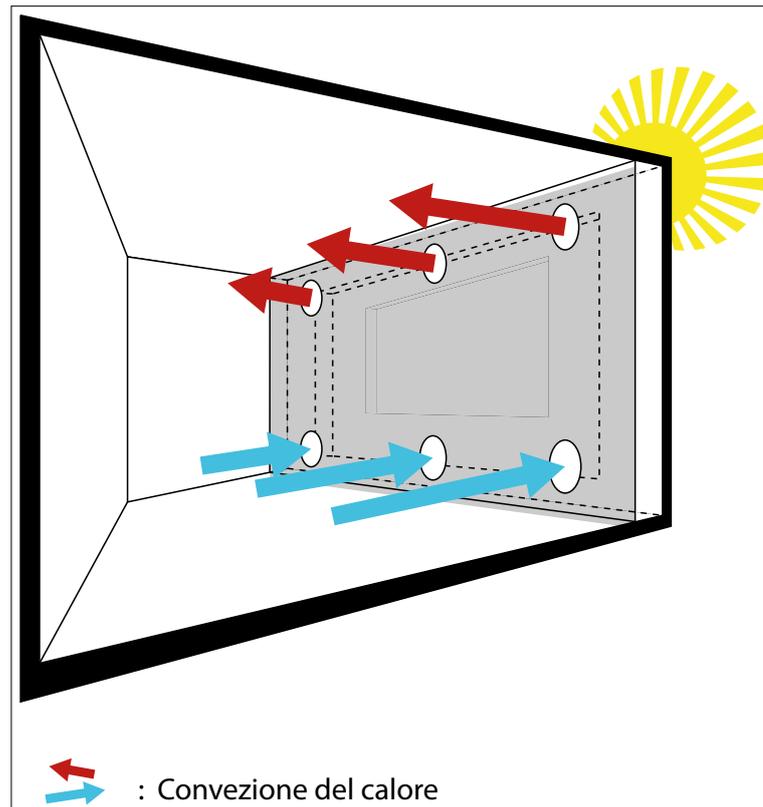


FIG 2.8.2.1. 1\_ ILLUSTRAZIONE DI UN GUADAGNO SOLARE INDIRETTO

In un sistema solare passivo a guadagno indiretto, la massa termica (calcestruzzo, muratura o acqua) si trova direttamente dietro il vetro esposto a sud e davanti allo spazio interno riscaldato. In questo caso, non c'è riscaldamento diretto su questa zona del progetto. La posizione della massa impedisce la luce del sole di entrare nello spazio interno. Bisognerà quindi pensare all'illuminamento degli spazi interni attraverso un altro modo. Esistono diversi tipi di sistemi a guadagno indiretto: in particolare, si possono elencare i sistemi stoccaggio termico a parete e sistemi di bascino d'acqua in copertura.

In un sistema di pareti termiche, spesso raggruppato nel termine generale «Trombe Wall», un muro imponente si trova direttamente dietro il vetro esposto a sud, che assorbe l'energia solare e la rilascia selettivamente verso l'interno dell'edificio durante la notte. Il muro può essere costruito con unità di muratura in calcestruzzo, mattoni, pietre o altro. La luce del sole entra attraverso il vetro e viene immediatamente assorbita dalla superficie della parete di massa e immagazzinata all'interno di essa. Sarà poi invogliata nello spazio interno quando il delta delle temperature si inverserà. Realisticamente, la massa termica non può assorbire l'energia solare tanto velocemente quanto entra nello spazio tra la massa e l'area della finestra. Le temperature dell'aria in questo spazio possono facilmente superare i  $45^{\circ}\text{C}^{[1]}$ . Questa aria calda può essere introdotta negli spazi interni dietro la parete incorporando prese d'aria di distribuzione del calore nella parte superiore della parete.

1 *The passive Solare Energy Book, 1979,*

## 2. 8. 2. 1. MURO TROMBE

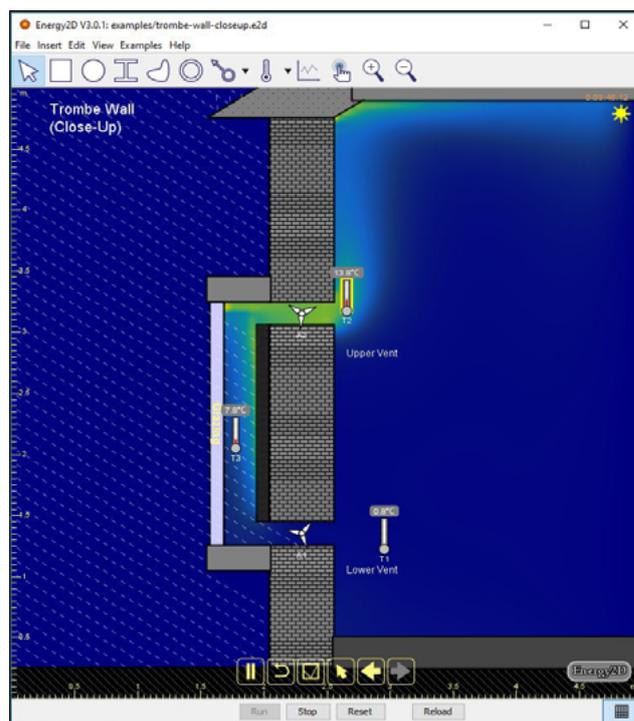


FIG 2. 8. 2. 1. 1\_ SOFTWARE ENERGY2D\_SIMULAZIONE DI UN MURO TROMBE

Questo sistema a muro fu inizialmente ideato e brevettato nel 1881 dal suo inventore, Edward Morse. Felix Trombe, per il quale a volte viene chiamato questo sistema, era un ingegnere francese che negli anni '60 costruì diverse case usando questo progetto nei Pirenei francesi.

Un muro Trombe è considerato come una parete di accumulo termico. E' in genere costituita da una parete in muratura spessa da 10 a 40cm rivestita con una finitura scura e termoassorbente. Viene coperta da un singolo o doppio strato di vetro ad alta trasmissività, ma che possa trattenere anche le onde infrarosse prodotte dal calore del muro riscaldato dal sole. Il vetro viene generalmente posizionato generalmente da 2cm a 5cm dal muro per creare un piccolo spazio aereggiato, ma alcuni progetti lo portano fino a 60cm. La superficie della massa termica assorbe la radiazione solare che la colpisce e la immagazzina per l'uso notturno. A differenza di un sistema a guadagno diretto, il sistema di accumulo termico fornisce un riscaldamento solare passivo senza eccessiva area vetrata e abbagliamento negli spazi interni. Tuttavia, la capacità di sfruttare le viste e l'illuminazione diurna vengono eliminate. I mobili, librerie e pensili installati sulla superficie interna della parete ridurranno le sue prestazioni.

Un classico muro Trombe ha prese d'aria funzionanti vicino al soffitto e ai livelli del pavimento della parete di massa che permettono all'aria interna di fluire attraverso per convezione naturale. La radiazione solare riscalda l'aria intrappolata tra il vetro e il muro e inizia a salire. L'aria viene aspirata nella bocchetta inferiore, per essere riscaldata dalla radiazione solare, aumentandone la temperatura e facendola innalzare, e quindi uscire attraverso lo sfiato superiore verso lo spazio interno. Ciò consente al muro di introdurre direttamente aria riscaldata nello spazio; per una facciata Sud, si riesce durante i giorni di sole, ad avere una temperatura di circa 32 ° C.

Se gli sfiati sono lasciati aperti di notte (o nei giorni nuvolosi), si verificherà un'inversione del flusso d'aria convettiva, sprecando calore dissipandolo all'esterno. I sfiati devono essere chiusi di notte in modo che il calore radiante dalla superficie interna del muro di accumulo riscaldi lo spazio interno. Generalmente, le prese d'aria vengono chiuse anche durante i mesi estivi quando si evita qualsiasi guadagno di calore. Durante l'estate, una presa d'aria esterna installata nella parte superiore del muro può essere aperta per sfogare verso l'esterno. Tale ventilazione fa sì che il sistema agisca come un camino solare che porta aria attraverso l'edificio durante il giorno.

Le pareti di ventilazione termiche sfiate verso l'interno si sono rivelate in qualche modo inefficaci, soprattutto perché forniscono troppo calore durante il giorno in condizioni meteorologiche miti e durante i mesi estivi; si surriscaldano e creano problemi di comfort. Una maggioranza del corpo scientifico di impianti solari raccomanda che le pareti di stoccaggio termico non debbano essere sfiate verso l'interno.

Ci sono molte varianti del sistema a parete Trombe. Un muro di stoccaggio termico non ventilato cattura l'energia solare sulla superficie esterna, si riscalda e conduce il calore verso la superficie interna, dove irradia dalla superficie interna della parete allo spazio interno nel corso della giornata. Una parete d'acqua utilizza un tipo di massa termica costituita da serbatoi o tubi d'acqua usati come massa termica. Si tratta quindi di riscaldamento a guadagno indiretto, come visto prima.

Un tipico muro di stoccaggio termico non ventilato è costituito da una muratura o da un muro di cemento esposto a sud con un materiale di assorbimento del calore sulla superficie esterna e con un singolo o doppio strato di vetro. Il vetro ad alta trasmissione massimizza i guadagni solari sulla parete di massa. Il vetro viene posizionato da 2 a 15 cm dalla parete per creare un piccolo spazio aerato. L'incorniciatura del vetro è tipicamente di alluminio perché il vinile si ammorbidisce e il legno si asciuga molto quando si superano gli 80°C che può esistere dietro il vetro nella parete. Il calore della luce solare che passa attraverso il vetro viene assorbito dalla superficie scura, immagazzinata nel muro, e condotta lentamente verso l'interno attraverso la muratura. Come dettaglio architettonico, il vetro modellato può limitare la visibilità esterna del muro senza sacrificare la trasmittanza solare. Le pareti dell'acqua sono in genere leggermente più efficienti delle pareti a massa solida perché assorbono il calore in modo più efficiente a causa dello sviluppo di correnti convettive nell'acqua liquida durante il riscaldamento. Queste correnti causano una rapida miscelazione e un più rapido trasferimento di calore nell'edificio rispetto a quello che può essere fornito dalle pareti di masse solide.

Le variazioni di temperatura tra l'esterno e le superfici delle pareti interne provocano calore attraverso la parete di massa. All'interno dell'edificio, tuttavia, il guadagno di calore durante il giorno viene ritardato, e l'intervallo di tempo è la differenza di tempo tra quando la luce del sole colpisce prima il muro e quando il calore entra nell'edificio interno. Il ritardo è legato al tipo di materiale utilizzato nella parete e allo spessore della parete; uno spessore maggiore produce un maggiore ritardo temporale.

MATERIALE	SPESSORE [CM]	
	MIN	MAX
MATTONE	25	30
CALCESTRUZZO	30	45
ADOBE	20	30
ACQUA	15	-

FIG 2. 8. 2. 1. 2\_ TABELLA DI DIMENSIONAMENTO PER UNA PARETE SOLARE

Questi spessori ritardano il movimento del calore in modo che le temperature della superficie interna raggiungano il picco nelle ore notturne. Il calore impiegherà dalle 8 alle 10 ore per raggiungere l'interno dell'edificio (il calore viaggia attraverso un muro di cemento ad una velocità di circa 2cm all'ora). Una buona connessione termica tra le finiture delle pareti interne e la parete di massa termica è necessaria per massimizzare il trasferimento di calore verso lo spazio interno.

Rispetto a riportato quanto prima da E. Mazria, un altro rapporto primario è quello della superficie a lato di una parete termica, rispetto alla superficie da riscaldare. Un edificio ben isolato dovrebbe avere rapporto pari a 0.3m<sup>2</sup> per m<sup>2</sup> di pavimento. Facendo il passaggio ai volumi, vale l'affermazione di Mazria, ponendo come spessore circa 33cm. Siamo nell'ordine di grandezza giusta per le due fonti. Per quanto riguarda l'acqua, ci vorrebbe circa 0,15m<sup>2</sup> di parete per un m<sup>2</sup> di pavimento.

Le pareti di massa termica sono più adatte a climi invernali soleggiati che presentano larghe escursioni termiche diurne. Non si comportano neanche bene in climi freddi dove non c'è un forte sbalzo di tem-

peratura durante la giornata. Il muro perde calore accumulato in meno di un giorno, e di conseguenza aumenta di molto il fabbisogno di calore di riserva. A fine di migliorare l'efficienza di un sistema solare tale, bisogna dotarsi di isolamento mobile, così da evitare le grandi perdite di calore che possiamo apprezzare nei climi freddi, senza presenza continua del sole.

Lo svantaggio principale delle pareti di stoccaggio termico è la loro perdita di calore verso l'esterno. Il doppio vetro è necessario per ridurre la perdita di calore nella maggior parte dei climi. In climi temperato, il vetro singolo è accettabile. Una superficie selettiva è una superficie ad alto assorbimento e bassa emissione infrarossa di riscaldamento. Può essere un foglio di lamina di metallo incollato sulla superficie esterna del muro. Assorbe quasi tutte le radiazioni nella porzione visibile dello spettro solare ed emette molto poco nell'intervallo infrarosso. L'elevata capacità di assorbimento trasforma la luce in calore sulla superficie della parete e una bassa emittanza impedisce al calore di irradiarsi verso il vetro.

## 2. 8. 2. 2. SISTEMA DI BASCINO D'ACQUA IN COPERTURA

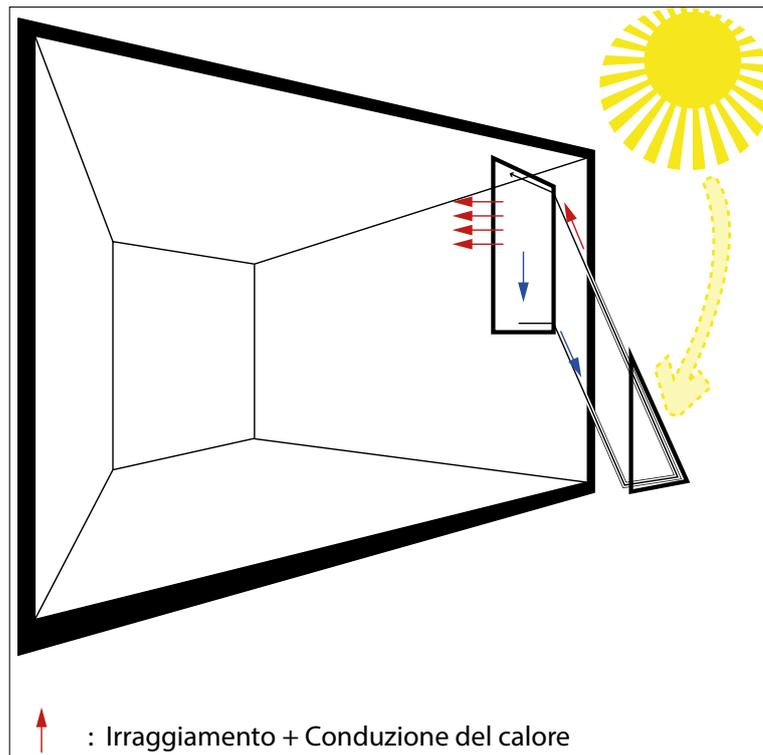
Un sistema solare passivo a laghetto da tetto, a volte chiamato «tetto solare», utilizza l'acqua immagazzinata sul tetto per temperare le temperature interne calde e fredde, di solito in ambienti desertici. Solitamente è costruito con contenitori che contengono da 15 a 30 cm d'acqua su un tetto piano. L'acqua viene immagazzinata in grandi sacchi di plastica o contenitori in vetroresina per massimizzare le emissioni radianti e ridurre al minimo l'evaporazione. La radiazione solare riscalda l'acqua, che funge da mezzo di stoccaggio termico. Di notte o durante le giornate nuvolose, i contenitori vengono coperti con pannelli isolanti. Lo spazio interno al di sotto del laghetto è riscaldato dall'energia termica emessa dallo stoccaggio d'acqua soprastante. Questi sistemi richiedono buoni sistemi di drenaggio, e un sistema strutturale migliorato per supportare un carico da 1,5 a 3 kN/m<sup>2</sup>.

Con gli angoli di incidenza della luce solare durante il giorno, gli stagni del tetto sono efficaci solo per il riscaldamento a basse e medie latitudini, nei climi da caldi a temperati. I sistemi di laghetti sul tetto si comportano meglio per il raffreddamento in climi caldi e poco umidi. Si trova ben poco in letteratura sui questo sistema.



FIG 2. 8. 2. 2. 1\_ TETTO SOLARE IN CALIFORNIA (ATASCADERO) \_ ARCHITETTO : HAROLD HAY

## 2.8.3. A GUADAGNO SCOLLEGATO ( ISOLATED GAIN )



In un sistema solare passivo con guadagno isolato, i componenti come ad esempio un collettore e deposito termico, sono isolati dall'area interna dell'edificio.

L'esempio più ovvio sarebbe il generatore di calore come un impianto di pannelli solari, dove il sole funge da energia d'ingresso. Esiste però un'altra tipologia descritta qui sotto, che si chiama in inglese il «sunspace».

Una stanza solare o un solarium, è un tipo di sistema solare a guadagno isolato con uno spazio interno vetrato o una stanza che è parte di o collegata a un edificio ma che può essere completamente chiusa dalle principali aree occupate. Funziona come una serra collegata che utilizza una combinazione di caratteristiche del sistema di guadagno diretto e guadagno indiretto. Può essere chiamato e apparire come una serra, ma una serra è progettata per coltivare piante mentre quello è progettato per fornire calore e nel mentre propone una sua estetica sulla facciata esposta dell'edificio. I «sunspaces» sono elementi di design passivo molto popolari perché espandono le aree di vita di un edificio e offrono una stanza per coltivare piante e altra vegetazione. Nei climi temperati e freddi, tuttavia, è necessario un riscaldamento supplementare per mantenere le piante durante il clima estremamente freddo.

Un vetro esposto a sud del sunspace collegato raccoglie l'energia solare come in un sistema a guadagno diretto. Il design del sunspace più semplice è quello di installare finestre verticali senza vetri soprastanti. Possono subire un elevato guadagno di calore e un'elevata perdita di calore attraverso la loro vetratura abbondante. Bisogna quindi trovare un compromesso perché i vetri orizzontali e inclinati raccolgano più calore in inverno, ma che siano comunque idotti al minimo per evitare il surriscaldamento durante i mesi estivi. Sebbene la vetrata aerata possa essere esteticamente gradevole, un tetto coibentato offre migliori prestazioni termiche. I lucernari possono essere utilizzati per fornire un potenziale di illuminazione diurna. Le vetrate verticali possono massimizzare il guadagno in inverno, quando l'angolo del sole è basso e producono meno calore durante l'estate. Il vetro verticale è meno costoso, più facile da installare e isolare e non è soggetto a perdite, annebbiamenti, rotture e altri guasti del vetro. Una combinazione di vetrate verticali e vetrate inclinate è accettabile se vengono fornite ombreggiature estive. Una sporgenza ben progettata può essere sufficiente per ombreggiare le vetrate in estate.

Le variazioni di temperatura causate da perdite di calore e guadagni possono essere moderate dalla massa termica e dalle finestre a bassa emissività. La massa termica può comprendere un pavimento in muratura, una parete in muratura al confine con la casa o contenitori per l'acqua. La distribuzione del

calore all'edificio può essere realizzata attraverso prese d'aria, finestre, porte o ventilatori a livello del soffitto e del pavimento.

L'energia solare che entra nello spazio solare viene trattenuta nella massa termica, che funzionerà come una parete di massa termica a guadagno indiretto. Il calore solare può anche essere convogliato nell'edificio tramite prese d'aria o attraverso aperture nella parete che consentono il flusso d'aria dallo spazio solare allo spazio interno per convezione.<sup>[1]</sup>

Nei climi freddi, è opportuno utilizzare doppi vetri per ridurre le perdite conduttive attraverso il vetro verso l'esterno. La perdita di calore notturno, sebbene significativa durante i mesi invernali, non è così essenziale nello spazio solare come nei sistemi a guadagno diretto poiché lo spazio solare può essere chiuso dal resto dell'edificio. Nei climi temperati e freddi è importante isolare termicamente lo spazio solare dall'edificio durante la notte. Grandi pannelli in vetro, portefinestre o porte scorrevoli in vetro tra l'edificio e il sunspace collegato manterranno una sensazione aperta senza la perdita di calore associata a uno spazio aperto.

Una stanza solare con una parete termica in muratura avrà bisogno di circa 0,3m<sup>2</sup> di superficie della parete di massa termica per m<sup>2</sup> di superficie del pavimento da riscaldare.

Se si utilizza una parete d'acqua tra lo spazio del sole e lo spazio abitativo, è opportuno circa 0,20 m<sup>2</sup> di superficie della parete di massa termica per m<sup>2</sup> di superficie del pavimento riscaldata, però nella maggior parte dei climi è richiesto un sistema di ventilazione nei mesi estivi per evitare il surriscaldamento. Generalmente, le vaste aree vetrate orizzontali e rivolte ad Est e Ovest non devono essere utilizzate in uno spazio solare senza particolari precauzioni per il surriscaldamento estivo, come l'utilizzo di vetri riflettenti il calore e l'installazione di aree con sistemi di ombreggiamento estivo, come definito qui sopra. Le superfici interne della massa termica devono essere di colore scuro. L'isolamento mobile, ad esempio dei rivestimenti di finestre, delle tende, o delle tapparelle, può servire contro l'esposizione notturna, il surriscaldamento estivo o semplicemente durante i giorni nuvolosi.

---

<sup>1</sup> Tesi di laurea «Progetto di residenze con utilizzo di sistemi solari passivi e di raffrescamento naturale ad Alfonsine (RA)», G.SILVESTRI & E. GOLFIERI

## 2. 9. ESEMPI DI STRATEGIE

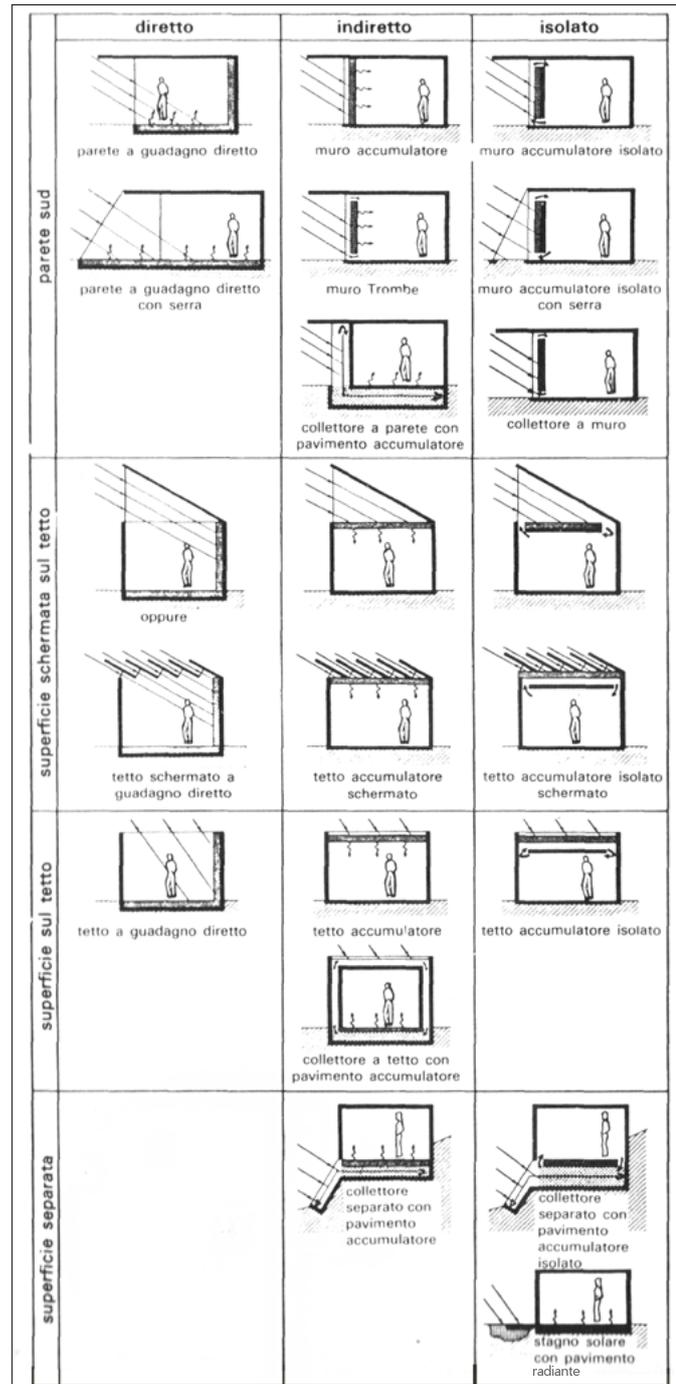


FIG 2. 9. 3. 2. 1\_ DIVERSI SISTEMI PER COLLETTARE L'ENERGIE SOLARE

Questa illustrazione permette di capire quanto è ampia la scelta progettuale di un sistema a guadagno isolato, e si troverà di sicuro il modo migliore per poter integrarlo nei progetti residenziali o non,



# 3. LA BIOEDILIZIA

Usare un materiale non è una scelta banale. Si tratta di capire il contesto nel quale si va ad usare, e come; per quale ruolo sarà invocato ? Un materiale è oggi caratterizzato da tanti parametri scientifici. Bisogna manipolarli per risolvere le situazioni che ci capitano durante tutte le fasi di progettazione, dalla più abbozzata al progetto esecutivo.

Si vedrà in questo capitolo esclusivamente alcuni materiali naturali ricavabili nel territorio piemontese. La maggioranza di questi materiali sono comunque reperibili in altre parti del mondo.

## 3. 1. TRA INNOVAZIONE E TRADIZIONE

I materiali di bioedilizia sono distinguibili a seconda del loro LCA ( Life Cycle Assessment ). Non esiste un elenco normativo che spieghi i criteri di un materiale per essere considerato usato nella bioedilizia. Per di più, una paglia di grano cresciuta sotto pesticidi non sarà mai come quella di un grano genuino cresciuto sotto l'unica forza della natura. Questo caso può essere generalizzato per tutti i tipi di materiali considerati della bioedilizia.

Tocca al progettista di essere sufficientemente sapiente e consapevole per agire secondo un'etica umana e non aziendale.

Il limite esiste sempre, ed per esempio in questo caso, il fornitore-contadino della paglia di grano si trova nel suo diritto se non vuole divulgare la presenza o meno di pesticidi. Diventa allora un gioco pericoloso, perché malgrado la voglia sincera di progettare con materiali genuini, si può ritrovare a rilasciare dopo consegna del progetto delle sostanze nocive se non tossiche per l'uomo, senza che siano ancora elencate né vietate dalla legge.

Se non esiste più un catalogo di prodotti, allora scegliere diventa una macchina burocratica, penale, e amministrativa molto fastidiosa. L'unico modo di estirparsi da questa trappola è la fiducia e la trasparenza più totale tra il contadino o per lo più il fornitore, e il cliente attraverso il consiglio del progettista. Nel caso di questa tesi, non si entrerà più a fondo in questa problematica, in quanto i materiali che saranno usati rimangono teorici e puliti di qualsiasi sostanza chimica lasciata a monte della raccolta del grano.

Il ragionamento del progettista non è più di scegliere un prodotto per le sue valori certificati da un'azienda, ma di reperire i materiali, ed effettuare in secondo momento delle prove sperimentali.

## 3. 2. MATERIALI DI BIOEDILIZIA

Lo scopo di questa parte è di contestualizzare e di descrivere tecnicamente i principali materiali naturali. Il modo in cui possono essere applicati verrà nel sotto capitolo seguente. Questa parte si concentra quindi sulle caratteristiche termiche statiche e dinamiche, ma anche del contesto culturo-territoriale del Piemonte.

### 3.2.1. LA TERRA CRUDA

I reperti archeologici più antichi sono dei mattoni di fango trovati a Gerico risalenti al Neolitico pre-ceramico, quindi più di 10 000 anni fa, e delle case di mattoni crudi scoperte nel Turkestan russo datate 8000-6000 a.C. Anche la Grande Muraglia Cinese, molto più recente, è stata originariamente costruita in terra battuta e solo in seguito rivestita per sembrare di pietra. La Grande moschea di Djenné in Mali è, invece, il più grande edificio al mondo realizzato con mattoni di terra cruda.<sup>[1]</sup>



FIG 3. 2. 1. 2. 1\_ LA GRANDE MOSCHEA DI DJENNE \_ MALI

Si nota che la regione Sud-Est di Torino, cioè la culla della valle del Po, fu un vero protagonista storico dell'uso della terra cruda nelle abitazioni. Si procedeva soprattutto mattoni crudi usando un impasto totale di terra.<sup>[2]</sup>

1 <http://casediterra.com/le-case-terra-italia/>

2 BALDACCI Osvaldo « L'ambiente geografico della casa in terra cruda in Italia », *Geografica Italiana*, 1958

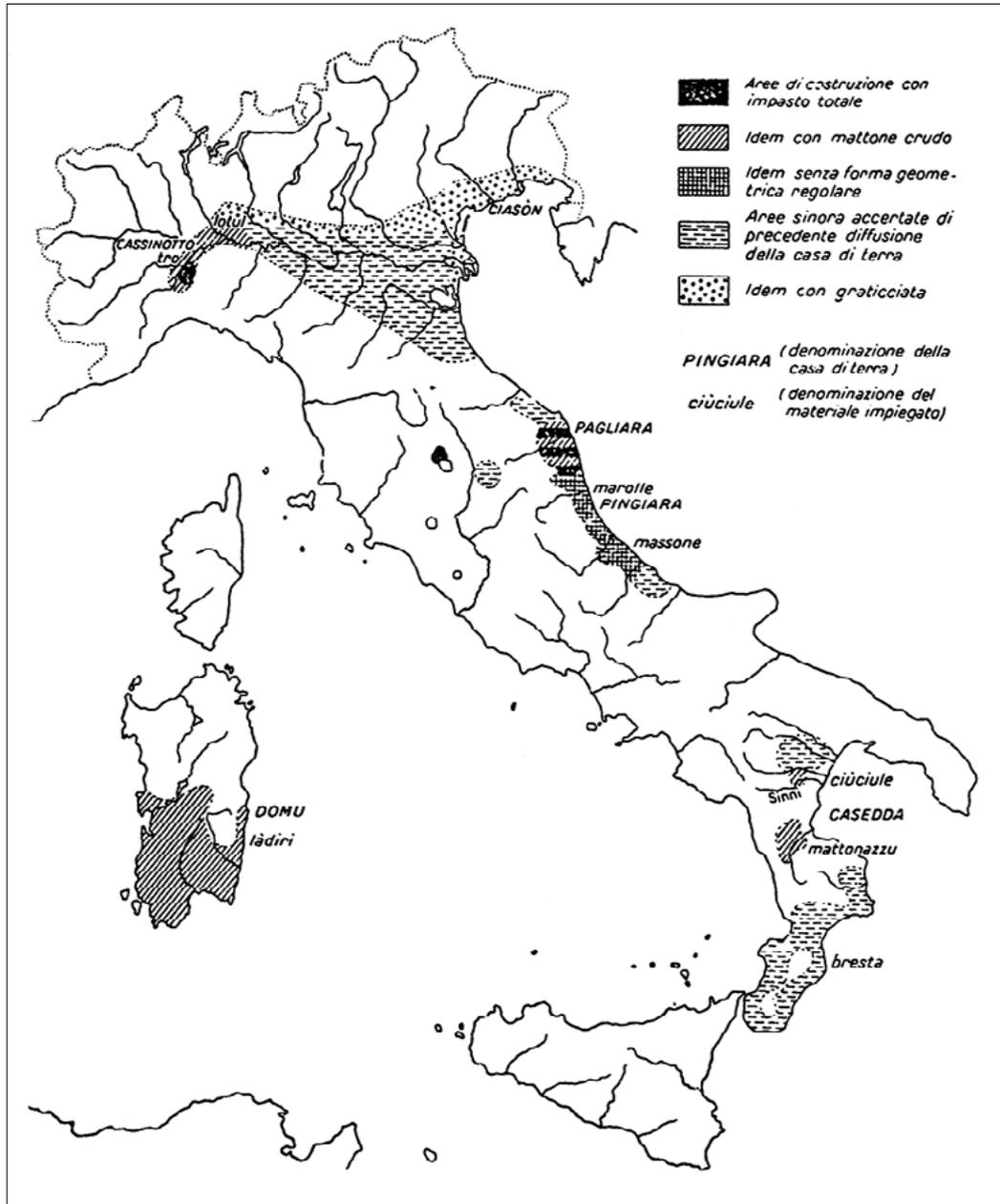


FIG 3. 2. 1. 2\_ LE CASE IN TERRA CRUDA IN ITALIA, 1958

Secondo il progetto di ricerca Terra[in]Cognita, del programma Cultura 2007-2013 dell'Unione Europea, La regione del Piemonte è quella più dinamica nel risuo della terra cruda nell'edilizia.[1] Si percepisce anche una multidisciplinarietà di tecniche usate. Non sembrano quelle tradizionali del 1958, quindi c'è un reale nuovo impegno, e un'aculturazione generale per quanto riguarda i diversi usi della terra cruda.

1 Terra Europae - Earthen architecture in the European Union, Edizioni ETS, 2011

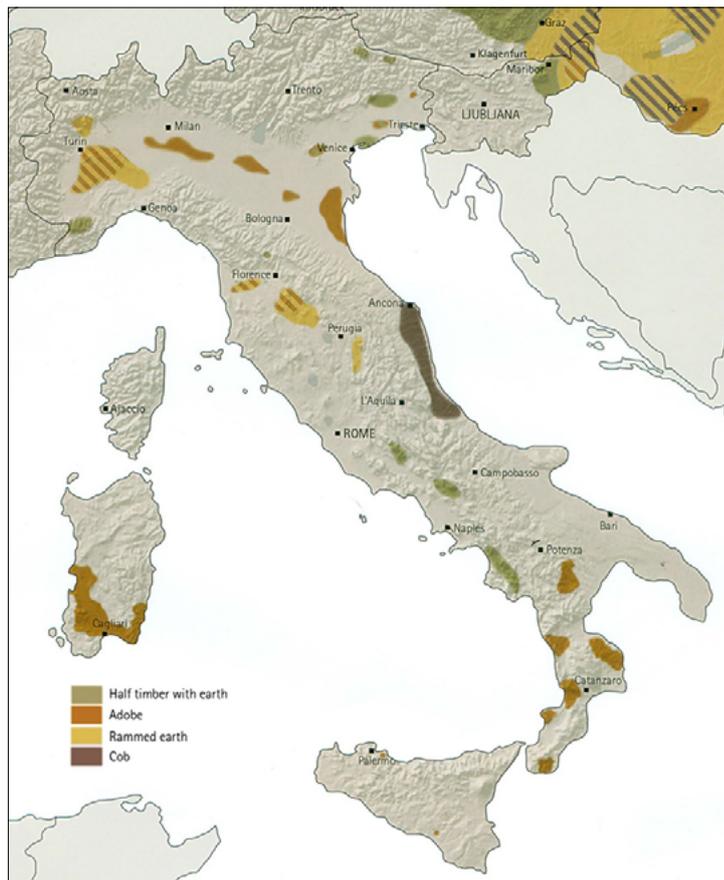


FIG 3. 2. 1. 2. 3\_ LE CASE IN TERRA CRUDA IN ITALIA, 2011

La Terra cruda può assorbire velocemente un picco di umidità, e dimostra una grande capacità di accumulo, e di rilascio nel momento opportuno. E' anche dotata di una forte capacità termica, e un'inerzia dovuta alla sua densità. Possiede alte prestazioni per quanto riguarda la qualità dell'aria indoor.

Ci sono una moltitudine di tecniche e varianti in tutto il mondo. Si elencherà qui soltanto alcune «famiglie d'uso».

Il torchis è un miscuglio di terra argillosa e paglia. Ha una densità al tatto collosa, tra liquido e ontuoso. Si può usare sia da solo, sia attorno ad una struttura principalmente di legno. La moschea di Djenné fu costruita così.

Il cob invece, è molto simile, ma non viene usato sfuso, bensì in rotoli della stessa dimensione, e disposti l'uno di fianco l'altro, pressato a mano. Quando il muro asciuga, si va poi a riatagliare l'eccesso di materiale per avere una superficie liscia, sia all'interno che all'esterno dell'edificio.

La terza tecnica elencata qui è il pisè, tecnica che richiede una terra meno argillosa, e senza fibre vegetali. L'unico gesto che lega la terra e la rende monolitica è la battitura ad ogni strato di qualche centimetro di altezza. Lo spessore di un muro in pisè deve essere almeno di 30cm per conservare una sua integrità strutturale.

In fine, si può parlare del adobe, che furono i primi mattoni. Vengono stampati sotto il sole, all'aria, fatti di terra e qualche fibra vegetale. Lo stampo è di solito una matrice di legno dal quale si fabbricano tra 2 e 6 mattoni alla volta. Si usa anche terra argillosa con calce come malta.

Oggi la legislazione in Italia per quanto riguarda la struttura in terra cruda non esiste. Non si può quindi firmare un progetto strutturale in pisè, ma bisogna autocertificarlo se si tratta di edilizia privata. Si potrà per quello fare riferimento a normative estere, come la E.80 del Perù, « Norma Tecnica de Edificaciòn en Adobe».

Per quanto riguarda gli intonaci, nessuna norma impedisce di usare la terra cruda. Bisognerà però assicurarsi che la struttura regga il carico elevato dell'intonaco applicato.

### 3.2.2. CANAPA

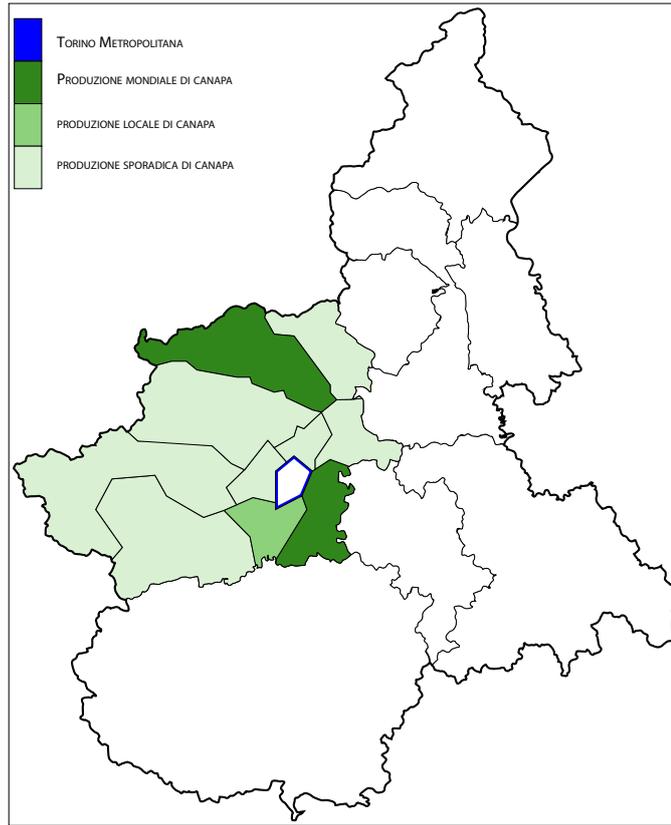


FIG 3. 2. 2. 2. 1\_ LA CULTURA STORICA DELLA CANAPA IN PIEMONTE

La canapa ( Cannabis Sativa ) è stata introdotta nel territorio piemontese nel decimo secolo, durante l'epoca medievale. C'è stata un'importante evoluzione del mercato della canapa e un'apertura in diversi settori dove essa trovò un'utilità industriale e diventò una risorsa economica. Furono le abbazie a diffondere le conoscenze intorno alla coltura della canapa. <sup>[1]</sup>

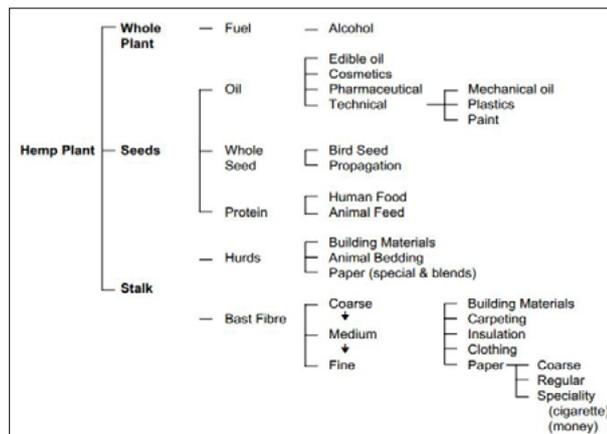


FIG 3. 2. 2. 2. 2\_ GLI USI DALLA CANAPA

1 «The potential of hemp buildings in different climates», UPPSALA Universitet

La qualità del seme di Carmagnola fu nel Trecento un marchio di qualità che permisero di fare crescere il mercato della fibra, ma anche la rivendità del seme proprio di Carmagnola. Nel 1933 si costituiscono i primi Consorzi Provinciali per la difesa della canapicoltura e, a San Bernardo, si costituisce il Consorzio Nazionale Produttori Canapa che si occupa della commercializzazione fino alla fine degli anni 50'. Dopo la Seconda Guerra Mondiale, l'attività dei cordai e la produzione della canapa scompaiono definitivamente.

La lavorazione della canapa nella regione piemontese ha provocato una sua tipologia architettonica. Le zone di lavoro della canapa dovevano essere aeraggiate in modo continuo per ventilare e lasciare volare il polline, le polveri e altri volatili inerenti alla canapa. Quindi, la struttura tradizionale degli studi di lavorazione è molto lunga, con un tetto con una singolare pendenza, tra cui la parte più bassa viene tamponata al livello del muro. Più un edificio artigianale era lungo, più si potevano fare corde di una certa lunghezza. La cascina Bruccio, esempio di questa tipologia, si trova nelle vicinanze dell'ecomuseo. Nel Carmagnolese, il Sanavese, ma anche nel Canavese a Nord di Torino (trae il suo nome da «cana-veuil»: fusto della canapa) si sono ritrovati dei testi, delle rappresentazioni della canapicoltura piemontese. Questa pianta ha trovato un suo biotopo ideale, grazie anche a la terra molto argillosa di tutta la zona sott'alpina. A tal punto che anche Napoleone, durante la Campagna d'Italia venne a Carmagnola rifornirsi di cordame.

La crescita del mercato della canapa vede il suo declino all'inizio del Novecento, però nel 1910, si vendeva ancora a Carmagnola, 250 quintali di corde di fibre di canapa alla settimana. E nel 1939, il mercato di Piazza Mazzini di Carmagnola venne chiuso definitivamente. <sup>[1]</sup>

La canapa è quindi un materiale a multi uso a seconda della parte che ci interessa. I diversi territori del Piemonte che coltivavano la canapa non usavano il canapulo ma unicamente il tiglio, la parte fibrosa che è intrecciata intorno al fusto ligneo chiamato canapulo. Tuttavia, il canapulo venne usato come moneta per pagare gli operai della fabbrica. Lo usavano come legno da camino. Il suo potere calorifico è però ben sotto qualsiasi tipo di legname locale. Per esempio, l'abete presenta un potere calorifico di più di 4 500 kcal/kg, fino a 5 000 kcal/kg per la betulla; contro solo 3 700 kcal/kg per il canapulo. Lo scopo è quindi di trovare un altro uso, più appropriato, e fu così che si iniziò a preparare il canapulo tritato mischiato con la calce per impiego edile.

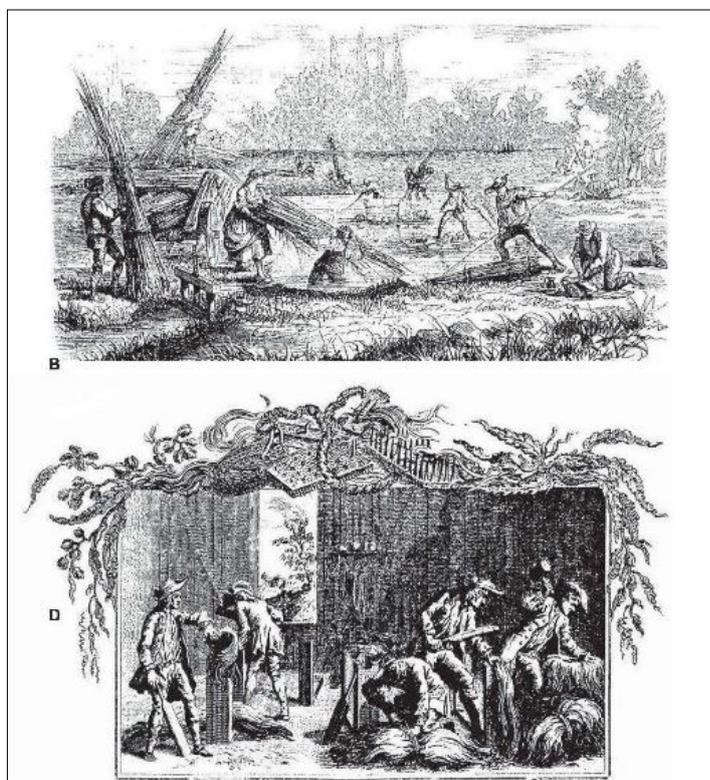


FIG 3. 2. 2. 3\_ MACERAZIONE, BATTITURA E PETTINATURA DELLE FIBRE DI CANAPA

1 Ecomuseo della cultura della lavorazione della Canapa, Carmagnola (TO)

### 3. 2. 2. 1. FIBRA DI CANAPA



FIG 3. 2. 2. 1. 1\_ ISOLANTE ARROTOLATO IN FIBRE DI CANAPA

Dei test furono fatti su pareti isolate con pannelli di fibra di canapa, attraverso il progetto Effedil di Brindisi, e hanno dimostrato un miglioramento delle prestazioni energetiche dell'edificio, una maggiore traspirabilità e una buona resistenza ai batteri contenuti nell'aria. In più, la sua resistenza alle fiamme si è avverata.<sup>[1]</sup>

Possono essere usati nell'intercapedine dell'involucro tradizionale del parco edilizio italiano, sia per uso residenziale che industriale. E' possibile anche usarlo sia per cappotto interno che esterno, oppure su soffitto e solai.

Le sue caratteristiche principali per la costruzione sono : <sup>[2]</sup>

- Conducibilità termica : 0.04 W/mK
- Resistenza a Compressione : 100 kPa
- Densità : 35 kg/m<sup>3</sup>
- Calore specifico : 2,1 kJ/(kg.K)

---

1 <http://www.ingegneri.info/news/edilizia/la-fibra-di-canapa-come-isolante-funziona-secondo-i-nuovi-test-dellenea/>  
2 <http://www.isolportale.com/pannello-isolante-in-fibra-di-canapa/>

## 3. 2. 2. 2. CANAPULO



FIG 3. 2. 2. 2. 1\_ CANAPULO SFUSO DI GRAND GRANULOMETRIA

Il canapulo è la parte legnosa del gambo della pianta. Di solito si commercializza con granulometrie da 0.5 mm a 3cm di lunghezza. Esistono due tipi di canapulo per gli stessi usi :

- Il canapulo sfibrato; proveniente dalla lavorazione di sfibramento in fabbrica. E' di colore beige
- Il canapulo fibroso; prodotto dal taglio del gambo intero, di colore più ocra, e contenente anche quindi le fibre del gambo.

Di solito si usa il canapulo come inerte associato ad un legante, spesso la calce naturale. Il prodotto principale commercializzato oggi è il mattone di canapulo-calce.

Può anche essere usata sfusa, di solito nei sottotetti.

Le sue proprietà tecniche inerente alla costruzione sono : <sup>[1]</sup>

- Conducibilità termica : 0.05 W/mK
- Resistenza a Compressione : [ - ]
- Densità : 100 kg/m<sup>3</sup>
- Calore specifico : 1.95 kJ/(kg.K)

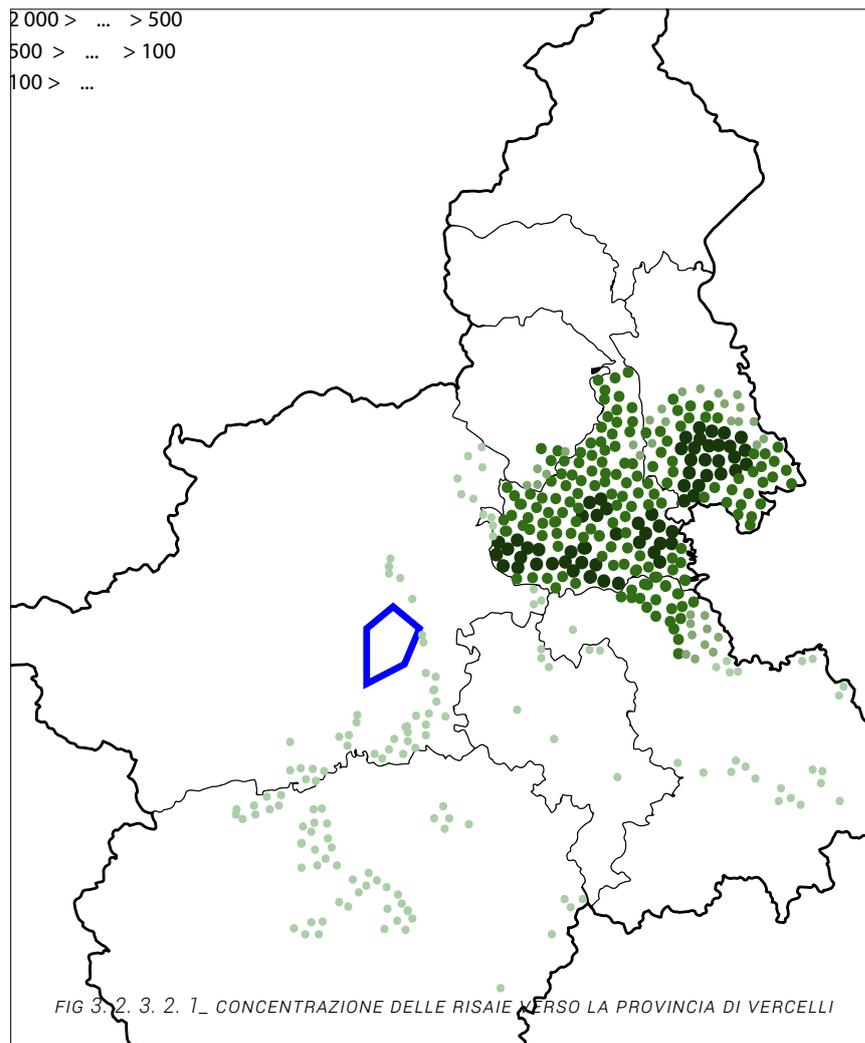
« Esistono svariati studi che dimostrano un'insufficiente resistenza a compressione del canapulo e calce perchè questo sia usato come materiale portante; per raggiungere la resistenza a compressione necessaria a svolgere questa funzione è necessario raggiungere una densità elevata andando ad aumentare la proporzione di legante ed eventualmente aggiungendo una frazione di cemento e/o sabbia. Tali interventi andrebbero a compromettere la sostenibilità del materiale dal punto di vista economico e ambientale e andrebbero a sacrificare buona parte della capacità isolante del materiale ed aumentandone la quantità di energia incorporata » <sup>[2]</sup>

Per quanto riguarda la sua resistenza alle fiamme, è molto scarso se viene preso come materiale sfuso, perchè è «pieno d'aria». Invece, usato con la calce, che reagisce al calore mineralizzandosi, diventa un materiale capace di contenere le fiamme più a lungo, fino a circa 120 min, da test provenienti dal « Centre Scientifique et Technique du Batiment», in Francia .

1 COURGEY e OLIVA, *L'isolation thermique*, 2010, 255p

2 *Tesi LM Architettura per il progetto sostenibile*, CAIOLO Enrico, 2018

## 3.2.3. PAGLIA DI RISO



Il riso in Piemonte occupava una superficie di 76 mila ettari nel 1959, anno in cui l'Istat avviò il sistema di rilevazioni statistiche ufficiali delle coltivazioni agricole tutt'ora operante. Negli anni immediatamente successivi, la risicoltura piemontese faceva registrare una progressiva riduzione delle superfici, toccando il minimo nel 1963, con meno di 68 mila ettari. In seguito, principalmente grazie all'instaurazione di una specifica organizzazione comune di mercato nell'ambito della Comunità economica europea che nel frattempo prendeva forma, la risicoltura piemontese conosceva una notevole espansione. Infatti, a partire dal 1970, anno in cui l'Istat effettuò il 2° censimento generale dell'agricoltura, la superficie a riso in Piemonte è sempre aumentata da un censimento all'altro. Dai 95.476 ettari registrati nel 1970 si è passati ai 106.630 del 1982 (3° censimento) ed ai 109.958 del 1990 (4° censimento) per giungere nel 2000 (5° censimento) a 110.299 ettari.

In provincia di Vercelli, ci sono 70 000 ettari di risaie. Secondo la ricerca intitolata “ La valorizzazione dei sottoprodotti agricoli : gli usi energetici della paglia e della lolla di riso” , scritta da O. De Marco, G. Camaggio e S. Stifani, si crea una produzione di 20 a 80 quintali di paglia di riso a ettaro. Si viene quindi a dire che nella principale provincia del Piemonte, produttrice de riso, si possono produrre 350 000 tonnellate di paglia di riso all'anno.<sup>[1]</sup>

1 « Gli usi energetici della paglia e della lolla di riso” O. De Marco, G. Camaggio e S. Stifani

### 3.2.4. CALCE NATURALE

#### 3.2.4.1. CALCE AERICA

La calce ossia l'ossido di calcio è il prodotto proveniente dalla cottura del calcare  $\text{CaCO}_3$  (Carbonato di calcio). Si valuta che più di un miliardo di tonnellate di calcare ( roccia sedimentaria contenente 85-95% di  $\text{CaCO}_3$  ) vengano ogni anno, nel mondo, impiegate per produrre dell'ossido di calcio, che, per la massima parte, viene usato in edilizia. La calce che si trova in commercio è costituita essenzialmente di ossido di calcio (  $\text{CaO}$  ), che è la nominata calce viva, miscelata con impurezze di silice, allumina e ossido di magnesio.

Il processo di cottura per ottenere la calce aerea viene eseguito di solito in forni a colata di circa  $800^\circ\text{C}$ . In seguito viene prolungato il riscaldamento il carbonato di calcio si decompone in ossido di calcio e anidride carbonica che, essendo allo stato gassoso, si disperde nell'aria.

Il riscaldamento del  $\text{CaCO}_3$  viene effettuato con corrente di gas caldi, perché con questo sistema viene trascinato via il  $\text{CO}_2$  così formato, e la decomposizione di  $\text{CaCO}_3$  tende verso l'equilibrio.

Si realizza poi lo spegnimento della calce viva, data la sua causticità. Si spegne con acqua, e dalla rapida idratazione dell'ossido di calcio  $\text{CaO}$ , si ottiene l'idrossido di calcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Quest'ultimo si chiama anche calce spenta. Se si idrata in eccesso, si ottiene il cosiddetto latte di calce. La reazione è tuttavia molto esotermica. Si raggiunge una temperatura di  $300^\circ\text{C}$ .

Il grassello è il prodotto dell'idratazione dell'ossido di calcio con acqua in eccesso. Quest'eccesso rende il prodotto pastoso, e non più solido rigido. Ci sono due tipi di grasselli : quello calcareo (CL), ma anche quello magnesiaco (DL). Quest'ultimo è meno puro, ma lo rende, come la calce idraulica, solido in presenza di acqua. E' anche più grigio rispetto al grassello bianchissimo di calcare. Sul mercato, esistono le sigle sopracciate, seguite da numeri. Il grassello di calce presenta i numeri 70, 80, 90, indicando la percentuale di ossido di calcio. Invece, i grasselli dolomiti (o magnesiaci), si trovano numeri tra 80 e 85.

Esistono anche diverse stagionature, da tre mesi a diversi anni. Ciò però significa che il grassello ha maturato in vasche di decantazione, non si può conservare un grassello per conto suo, e renderlo stagionato. La stagionatura significa che il cristallo della calce si appiattisce, si raffina. Non esiste una normativa che vincoli i produttori, però sono tenuti di scrivere il tempo di stagionatura in ogni modo.

Indicativamente, per la ristorazione, si usa di solito un grassello stagionato di almeno un anno.<sup>[1]</sup>

#### 3.2.4.2. CALCE IDRAULICA NATURALE \_\_ NHL

La calce idraulica è un legante a base di idrossido di calcio che può far presa anche se immersa in acqua.

La storia ci conta che si usavano calcari marnosi, e contenevano 25% di argilla. Erano cotti in forni che potevano arrivare ad una temperatura massima di circa  $1000^\circ\text{C}$ . Il prodotto ottenuto in cottura dalla fusione del calcare con l'argilla fu chiamato dai romani «calce idraulica», perché era un legante che aveva come caratteristica la possibilità di indurire sia all'aria aperta che sott'acqua.

La sua classifica è diventata un po' scura, dovuta ad un lobbying dei produttori di cementi. Esistono le calce idrauliche naturali NHL e le calce idrauliche HL. Ora però, le NHL comprendono anche le calce idrauliche naturali con materiali aggiunti «Z», inserendo nel mercato mondiale sostanze contaminate, cotte nei forni delle fornaci e riesposti all'uomo attraverso le malte di costruzione. Questo fatto è una tragedia ecologica, ma anche sanitaria. <sup>[2]</sup>

1 <https://www.terranuova.it/Chiedi-all-esperto/Il-grassello-di-calce-caratteristiche-e-peculiarita>

2 MORONI, «Le malte», lezioni tenuta in corso di Recupero Edilizio, C. Ostorero, 2017

La calce idraulica appartiene alla famiglia dei leganti idraulici, cioè alla famiglia dei cementi. I leganti idraulici sono materiali inorganici, macinati in modo particolarmente fino. Vengono usati con inerti e acqua per formare un impasto che si indurisce con la presenza dell'acqua ma anche dell'aria. Infatti oltre ad essere chiamata calce idraulica viene comunemente detta «cemento povero». E' molto simile al cemento, perchè ha tutte le caratteristiche sia di struttura che di resistenza, a tal punto che è difficile, quasi impossibile riconoscere una polvere di calce idraulica, da quella di cemento. Le uniche due cose in cui si differenziano sono il tempo di cottura e la quantità di argilla contenuta nell'una e nell'altra. I tempi di cottura vanno dalle 36 ore circa a 1000 °C della calce idraulica naturale ai 45 minuti circa a 1450 °C per il cemento. Le quantità di argilla invece vanno dal 20-22% per la calce idraulica ai 25-27% per il cemento.<sup>[1]</sup>

Oggi, si è riuscito a produrre calce idraulica a partire da calcari silicei. Questo processo è più redditizio, ma diventa un problema durante lo smaltimento del prodotto dopo l'uso. In effetti, se classifica come rifiuto pericoloso, in quanto il ciclo di mineralizzazione è interrotto dal silicio cotto ad alta temperatura.

La normativa in vigore è la UNI EN 459-1 e presenta la classifica dei leganti.

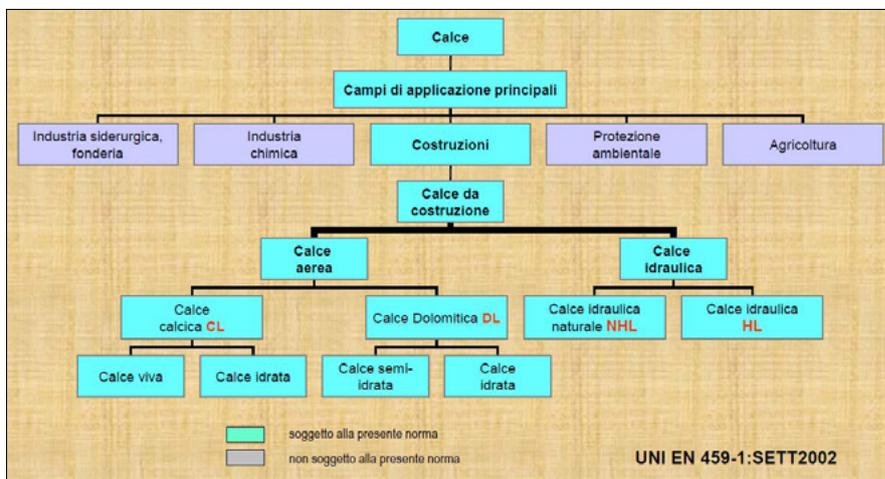


FIG 3. 2. 4. 2. 1\_ CLASSIFICA NORMATIVA DEI LEGANTI

### 3. 3. PRODOTTI DI BIOEDILIZIA

1 [https://it.wikipedia.org/wiki/Calce\\_idraulica](https://it.wikipedia.org/wiki/Calce_idraulica)

### 3.3.1. CALCE-CANAPULO

Il calce-canapulo contiene nella sua definizione tutte le miscele a base di calce e canapulo. Questo vale a dire che si parla di getto sfuso, usato sia per le chiusure verticali, sia per quelle orizzontali; ma anche di mattoni prefabbricati in fabbrica, oppure anche di intonaci.

L'assorbimento elevato del canapulo genera una variazione sensibile del peso del prodotto. Per questo motivo, le proporzioni di miscela si misurano in termine volumetrico.

Le proporzioni si fanno di conseguenza in funzione del prodotto ricercato, perchè si deve ottenere una certa prestazione di coesione e di resistenza meccanica propria a ciascun utilizzo.

A tal proposito, le chiusure verticali, dovendo assumere anche il ruolo di involucro termico, deve contenere più fibre di canapulo, che legante minerale. <sup>[1]</sup>

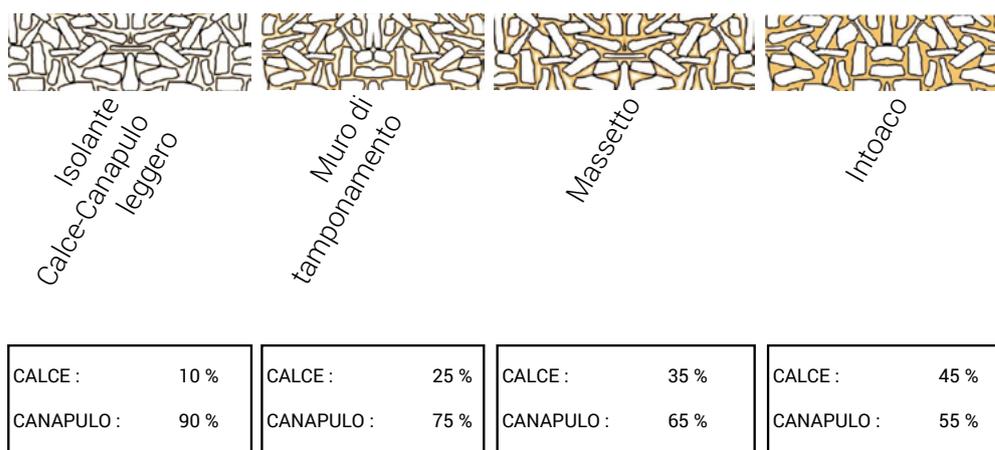


FIG 3. 3. 1. 2. 1\_ MICROSTRUTTURE DI MISCELE A SECONDO DELL'USO

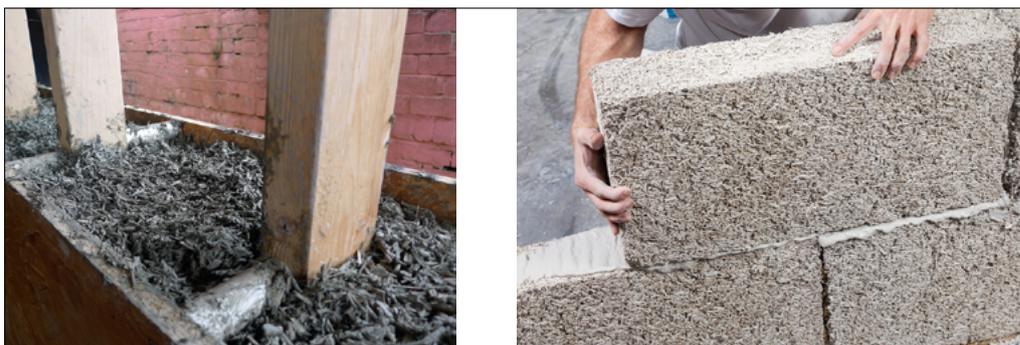


FIG 3. 3. 1. 2. 2\_ GETTO DI CALCE-CANAPULO E BLOCCHI DI «HEMPCRETE» MESSI IN OPERA

Esiste anche un modo di gettare la miscela sfusa, usando un tubo a spruzzo, si usa soprattutto per miscele un po più liquide, incollandosi direttamente ad una parete preesistente.

1 ALLIN D. « Building with Hemp», 2005

## 3.3.2. TERRA-PAGLIA ALLEGGERITA

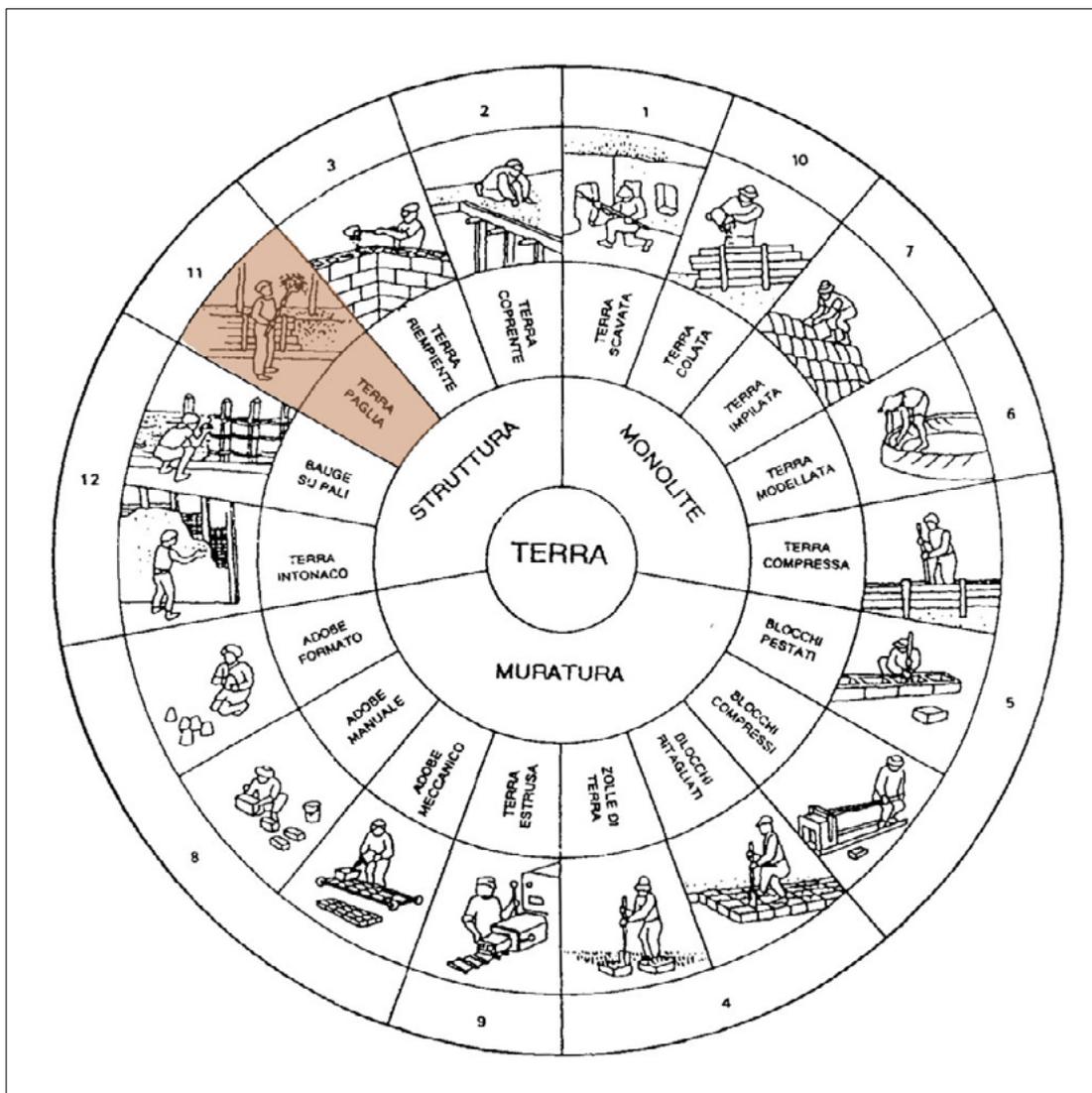


FIG 3. 3. 2. 2. 1\_ LAVORAZIONI IN TERRA CRUDA\_ «TRAITÉ DE CONSTRUCTION EN TERRE»

E' una tecnica che consiste nel riempire uno spazio racchiuso fra due casseri profondi circa 40cm, perchè la mano deve raggiungere tutti gli spazi. Si usa un paglia a fibra lunga e la terra deve essere quasi liquida. Il metodo del guanto ce consiste nel bagnare la mano nel secchio, permette di capire quanto debba risultare la consistenza tipo latex della barbotina.

L'inerzia termica che si ottiene è molto bassa, visto che funge il ruolo da isolante. Per questo motivo, questa tecnica di isolamento non si usa nei climi caldi o dove ci sono elevate escursioni termiche quotidiane. Invece, è un ottimo isolante contro il freddo. Si costruisce di solito un telaio in legno, chiamato Fachwerkhause in tedesco o Colombage in francese, e resiste anche molto bene al rischio incendio, soprattutto se rivestito da un intonaco in terra cruda, proteggendo la sua struttura in legno.

Il concetto di questo prodotto è di aumentare la componente inerte-isolante e ridurre al massimo il legante. Quest'ultimo deve presentare almeno 25% di argilla.

Le fibre di paglia sono sensibili all'umidità, però senza perdite costante d'acqua, ma su diversi cicli ripetuti di umidificazione/deumidificazione, questo prodotto se conserva bene, purchè ci sia una respirazione verso i lati della muratura ottima. Per quello, risponde bene un intonaco a base di terra cruda, senza leganti idraulico di tipo calce idraulica.<sup>[1]</sup>

1 <http://architetturedallaterra.it/tecniche-1-terra-paglia-alleggerita-2/>

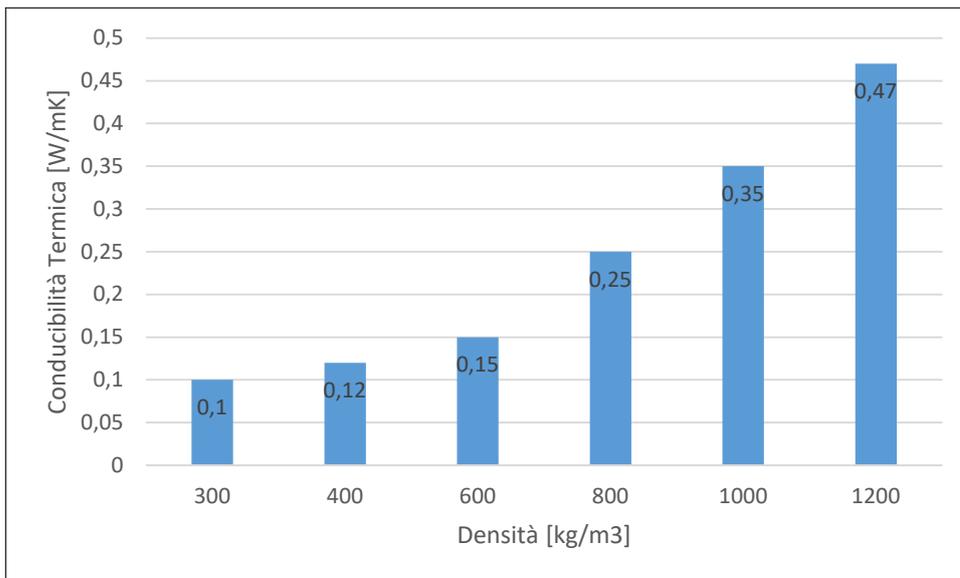


FIG 3. 3. 2. 2\_ RAPPORTO TRA CONDUCEBILITÀ TERMICA E DENSITÀ DELL TERRA-PAGLIA

Il diagramma qui sopra rappresenta il rapporto tra il coefficiente di conduttività termica del prodotto e la sua densità a secondo della parte di legante inserita. <sup>[1]</sup>



FIG 3. 3. 2. 3\_ CAPPOTTO INTERNO IN TERRAPAGLIA ALLEGGERITA

1 VOLHARD Franz, «Leichtlehm», 1948

## 3.3.3. TORCHIS



FIG 3. 3. 3. 2. 1\_ METODO TRADIZIONALE D'IMPASTO\_ «LA TERMITIÈRE»

E' un sistema costruttivo di riempimento, non strutturale. E' equivalente ad un cemento naturale, e viene usato per le pareti e i muri di solito con una struttura di legno. Viene anche usato per soffitti, è molto resistente una volta sciuoto ma è molto vulnerabile all'umidità.

Il Torchis è considerato come il prima materiale composto della storia dell'umanità. E' composto di una matrice plastica, la terra, e rinforzi fibrosi di origine animale o vegetale. La struttura di tamponamento viene fatto di legno soffice, e imputrescibile ( tipo il nocciolo o il castano tagliata in lungo. Per fare le giunzioni tra muri e pareti, si usavano delle liane di clematis che venivano ammorbidite sotto acqua prima dell'uso. Questa tecnica si ritrova spesso nelle regione argillose, e si è sviluppata tra il Quattrocento e l'inizio del xx° secolo. Oltre al vantaggio di essere economico, è anche un relativamente buono isolante termico, e soprattutto un buon fonoassorbente.



FIG 3. 3. 3. 2. 2\_ METODO DI POSA DEL TORCHIS

### 3.3.4. INTONACO DI TERRA CRUDA



FIG 3. 3. 4. 2. 1\_ PROGETTO «LA TERMITIÈRE»

Gli intonaci di terra cruda sono semplicemente dell'argilla, materiale minerale che viene dalla degradazione naturale della roccia grazie a reazioni chimiche di microorganismi. E' quasi totalmente impermeabile quasi è saturata d'acqua, ma anche molto assorbente e perspirante a secco.

Si può aggiungere un sistema di riscaldamento all'interno della parete, sfruttando la forte inerzia termica dell'argilla.

L'intonaco è composto di tre strati con tre funzioni diverse. La prima da posare si chiama l'aggrappo, e permette di omogeneizzare la tenuta meccanica dell'intonaco sulla parete lorda. Il supporto deve essere pulito di polvere. La miscela deve contenere sabbia e terra. La sabbia deve avere una granulometria grossolana, ma con percentuale bassa di grana fine. In più la forma dei grani è importante, e pertanto, le forme sferiche sono da proscire.

Il secondo strato si chiama « di corpo» ossia, quello strato principale in termine di spessore, che uguaglia la pianeità della superficie. Il suo spessore varia tra 0.5cm e 2cm, ma è meglio se conserva lo stesso spessore dappertutto. Per fare ciò, se esistono grossi buchi, bisognerà effettuare un primo strato di ritappo. La sabbia deve avere un rapporto di due terzi rispetto allo spessore in mm, e una granulometria costante da 0 a 4mm. Si può usare una fibra per evitare del tutto crepe problematiche.

In fine, l'ultimo strato si chiama la «finitura», ed è spesso 2 a 3 mm. Si usa un inerte molto più fine, da 0 a 1mm. Il rapporto visto prima funziona per tutti i strati di intonaci. Bisognerà aspettare almeno quattro settimane dalla stesura del strato di corpo, per stendere la finitura. Più è liscio, più sarà impermeabile, o almeno meno respirante.

## 3. 4. SINTESI

Il risultato delle ricerche materiali di prodotti di Bioedilizia in Piemonte sono sintetizzati in questa tabella. Questo fonte ha permesso di rendere il dosaggio per la miscela dell'intonaco in cacle paglia.<sup>[1]</sup>

PRODOTTO	MATERIALE	PERCENTUALI IN VOLUME	CONDUCIBILITÀ TERMICA	DENSITÀ	PERMEABILITÀ AL VAPORE
[-]	[-]	[%]	[W/MK]	[KG/M <sup>3</sup> ]	[-]
<b>FIBRA DI CANAPA</b>	CANAPA	100	0,045	50	1,5
<b>CANAPULO</b>	CANAPA	100	0,06	100	1,5
<b>TERRAPAGLIA ALLEGGERITA</b>	TERRA ARGILLOSA	10	0,1	300	3
	PAGLIA	90			
<b>TORCHIS</b>	TERRA ARGILLOSA	30	1,1	1700	6
	PAGLIA	60			
<b>INTONACO CALCE_CANAPA</b>	CALCE	30	0,15	800	12
	CANAPULO	40			
	SABBIA	30			
<b>INTONACO TERRA CRUDA</b>	CALCE	30	0,8	2000	10
	PAGLIA	40			
	SABBIA	30			
<b>MASSETTO TERRAPAGLIA BATTUTA</b>	TERRA ARGILLOSA	20	1,1	1800	8
	PAGLIA	40			
	SABBIA GROSSA	30			

FIG 3. 4. 4. 2. 1\_ TABELLA SINTETICA PRODOTTI BIOEDILIZIA IN PIEMONTE

1 <https://ekldata.com/JfdRxc3RzilCQP2houVoqUso88w.pdf>



# 4. RISTRUTTURARE OGGI A TORINO

## 4.1. PROBLEMATICHE INERENTI AD UN CENTRO URBANO

### 4.1.1. TEMPI DI REALIZZAZIONE RELATIVAMENTE LUNGI

Il cantiere edile richiede una quantità di energia e di materiale molto importante. I centri urbani sono ormai consolidati, e il cantiere edile in questi casi non è tanto più la costruzione di una casa intera, ma il rifacimento di qualche elemento architettonico, o ancora l'adattamento sismico, le barriere architettoniche, l'antincendio...

Queste tipologie di cantieri, molto specifiche, sono complesse da progettare dal punto di vista della coesione sul sito. A maggior ragione se diverse attività di ristrutturazione sono da soddisfare su lo stesso edificio. I parametri complesso della città sono freni per l'elaborazione di richieste amministrative per autorizzazione di diverse nature. Bisogna richiedere il permesso di toccare un edificio di rilevanza patrimoniale, ma anche per esempio richiedere l'ostacolamento stradale per un ipotetico stazionamento intempestivo di camion di consegna materiale. La sicurezza del cantiere deve tenere conto anche del contesto denso e delle particolarità del flusso pedonale e stradale.

Il rumore è anche un fattore da progettare, e da consegnare in comune a fine di non provocare disturbi elevati nelle vicinanze. Ci sono delle zone entro le quale una certa soglia è da rispettare<sup>[1]</sup>

La rete stradale è spesso vecchia nei comuni, quindi il trasporto con veicoli pesanti, autocarri o altri deve essere sottoposto ad un percorso particolare, e se non è possibile, bisogna cambiare tipologie di trasporto. La somma di tutti gli accertamenti progettuali per la cantierizzazione del progetto allungano considerevolmente i tempi di realizzazione e le procedure della facenda.

Per quanto riguarda i riferimenti normativi, il primo importante riferimento di controllo del progetto è contenuto nell'articolo 163 del 2006. Dispone la verifica della progettazione prima dell'inizio dell'affidamento dei lavori. «Si verificano la rispondenza del progetto a quanto richiesto, la conformità alle norme ambientali e urbanistiche, e in fine al soddisfacimento dei requisiti essenziali del quadro normativo nazionale e comunale».

---

1 GOTTFRIED, DI GIUDA, «Ergotecnica» 2011, 411 p.

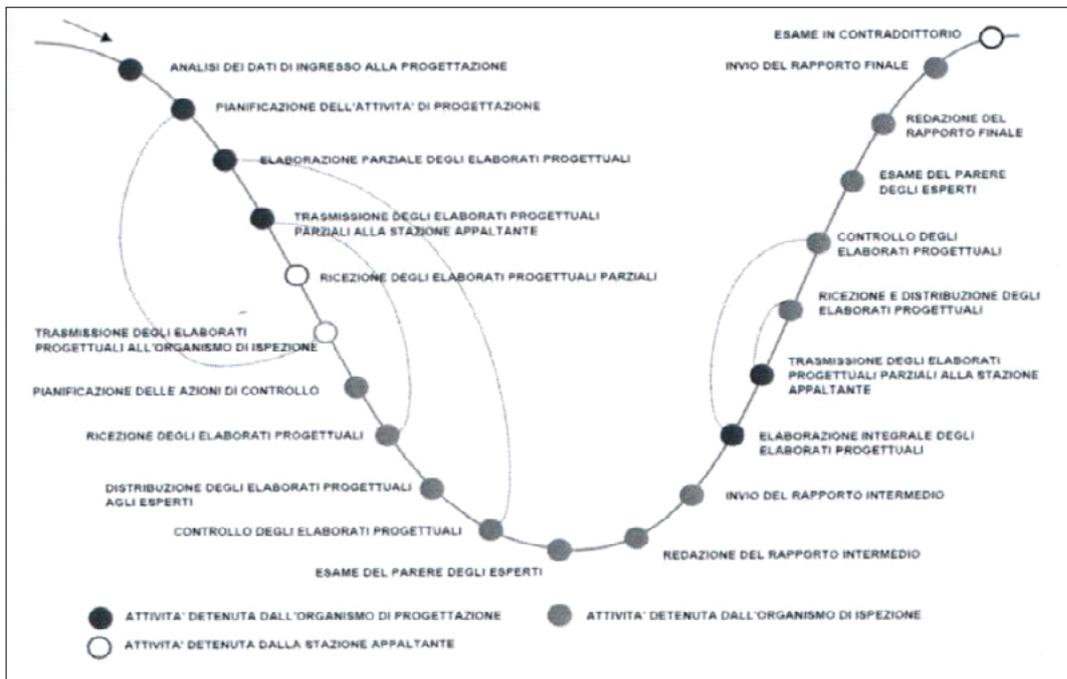


FIG 4. 1. 1. 2. 1\_ RELAZIONE DEL PROCEDIMENTO DI VERIFICA E VALIDAZIONE DEL PROGETTO, ( PROF. PIANTANIDA )

Questo diagramma qui sopra è tratto dal capitolo 6 scritto dal professore Paolo Piantanida, nel libro «Ergotecnica». Illustra la procedura completa delle fasi di validazione del progetto in contesto pubblico.

#### 4.1.2. CONFRONTO CON UN CANTIERE CONVENZIONALE

In un cantiere di bioedilizia, le tecniche costruttive ma anche gli spazi di stoccaggio sono molto diversi di un cantiere convenzionale. Un progettista non è, per di più, abituato a questa grammatica progettuale. L'esperienza che fu creata nella cantierizzazione convenzionale è da rimettere in questione del tutto. Non si può portare autobetoniere per realizzare 500m<sup>2</sup> di parete. Si penserà piuttosto ad uno spazio di stoccaggio nelle vicinanze per poter stoccare terra in modo progressivo nel tempo. L'interazione con altre attività sarà molto più frequente rispetto ad una consegna e getto di calcestruzzo in opera da autopompa. L'inefficienza in termine di tempo, e quindi al livello economico deve essere bilanciata dal costo del materiale, e dalla manutenzione futura dell'edificio.

L'erezione del corpo strutturale in pisè richiede un po più di tempo di un tamponamento tradizionale, però un volta che il carico della terra viene effettuata su cantiere, non ci sono più vincoli stradali. Il disturbo del contesto viene limitato in questo senso.

L'uso del calcestruzzo pronto al getto alla consegna ha un costo elevato, e usare tecniche alternative puo permettere anche di sbilanciare la scelta progettuale.

La mano d'opera è un costo molto elevato per un cantiere di bioedilizia, visto che la maggioranza delle lavorazioni devono essere eseguiti da operai qualificati, e l'uso di macchinari di grande dimensione non è accettabile. Questo sarà anche di conseguenza un prezzo alto de bilanciare nel progetto di fattibilità economica.

E' anche difficile di elaborare una stima precisa per queste lavorazioni, dovute alla loro rarità in Italia e nel mondo in generale.

## 4. 2. MOTIVAZIONI POLITICHE : BANDO EUROPEO CO-CITY

### 4.2.1. OBIETTIVI DI CO-CITY

Co-City fu il progetto della Città di Torino, vincitore del primo bando europeo «Urban Innovative Actions». UIA è il programma europeo che premia i progetti più innovativi in materia di promozione dello sviluppo urbano sostenibile. Il primo bando del programma, lanciato nel 2016, ha premiato 18 città in EUropa su circa 400 candidature complessive. In Italia, attraverso UIA, le città di Torino, Milano, Bologna e Pozzuol sperimentano azioni innovative, con l'obiettivo di costruire modelli di riferimento per altre realtà urbane.

Le tempistiche di questo concorso furono nel 2019 per quanto riguarda la conclusione dei lavori di riqualificazione, con la fine del progetto inquadrato, e l'inizio della gestione condivisa dei progetti pilota.



FIG 4. 2. 1. 2. 1\_ LOGO DEL PROGETTO EUROPEO UIA, CON RILEVANZA A TORINO COME CO-CITY

La Città voleva promuovere nuove forme di amministrazione condivisa con la cittadinanza, ai sensi del «Regolamento sulla collaborazione tra cittadini e amministrazione per la cura, la gestione condivisa e la rigenerazione dei beni comuni urbani». La collaborazione fra amministrazione pubblica e cittadinanza attiva risponde alle esigenze di rigenerazione urbana e di lotta alla povertà e al degrado urbano nelle nostre città. <sup>[1]</sup>

1 <http://www.comune.torino.it/benicomuni/co-city/>

#### 4.2.2. I PUNTI FORTI DEL PROGETTO

I beni comuni urbani, le aree verdi, gli edifici e gli spazi pubblici spesso in disuso, grazie al protagonismo dei cittadini possono diventare una risorsa fondamentale dei processi di rigenerazione urbana.

Il progetto Co-City sperimenta possibili risposte alla crisi economica attraverso la gestione dei beni comuni urbani, La Città di Torino promuove un nuovo tipo di relazione tra cittadini e amministrazione locale. Permette di fare emergere un nuovo senso di comunità e nuove opportunità per la produzione di servizi innovativi, nelle periferie, attraverso la rigenerazione degli spazi comuni. <sup>[1]</sup>

Il regolamento Co-City prevedeva tipologie di patti di collaborazione, che sono strumenti per mantenere la co-gestione :

- Il primo patto di tipo A riguardava gli edifici in disuso, nel quale questo studio è fondato.
- I patti di tipo B, sui luoghi di presidio pubblico, come scuole o spazi culturali.
- I patti C prevedevano la cura di spazi urbani pubblici di media dimensione.

#### 4.2.3. LA RETE DI CASE DI QUARTIERE DI TORINO

Le Case del Quartiere sono spazi comuni di qualità, densi di attività, che raccolgono e organizzano incontri, laboratori, corsi ed eventi di un vasto numero di soggetti associativi, gruppi informali e cittadini. Nascono a Torino a partire dal 2007 e oggi sono 8, sparse in diversi territori della città.

Le Case del Quartiere si plasmano e si adattano in base agli spazi in cui si sviluppano e ai territori in cui si radicano, pertanto sono per molti aspetti diverse tra loro. Tuttavia alcuni elementi comuni sono al centro dell'identità di ognuna, per cui sono:

- spazio pubblico, aperto e accessibile;
- luoghi rivolti ad una pluralità di target ed a un pubblico composito per età, provenienza e condizioni sociali;
- centri che assolvono funzioni miste: stimolano l'aggregazione e l'incontro, realizzano servizi ed attività educative e culturali, ospitano e promuovono servizi di pubblica utilità, favoriscono la fruizione di iniziative ed eventi culturali;
- centri che ospitano, progettano, realizzano un'offerta di attività molto articolata e trasversale, frutto della cooperazione di una pluralità di soggetti associativi, di gruppi informali, di singoli cittadini.

Torino è una città ricca di interventi sociali, ma gli spazi talvolta non sono sufficienti per contenere l'energia di tutti i progetti. Per questo, si propone di inserirsi all'interno della rete delle case di quartiere come realtà locale a scopo culturale e sociale.

---

1 *brochure e regolamento di Co-City, 2016*

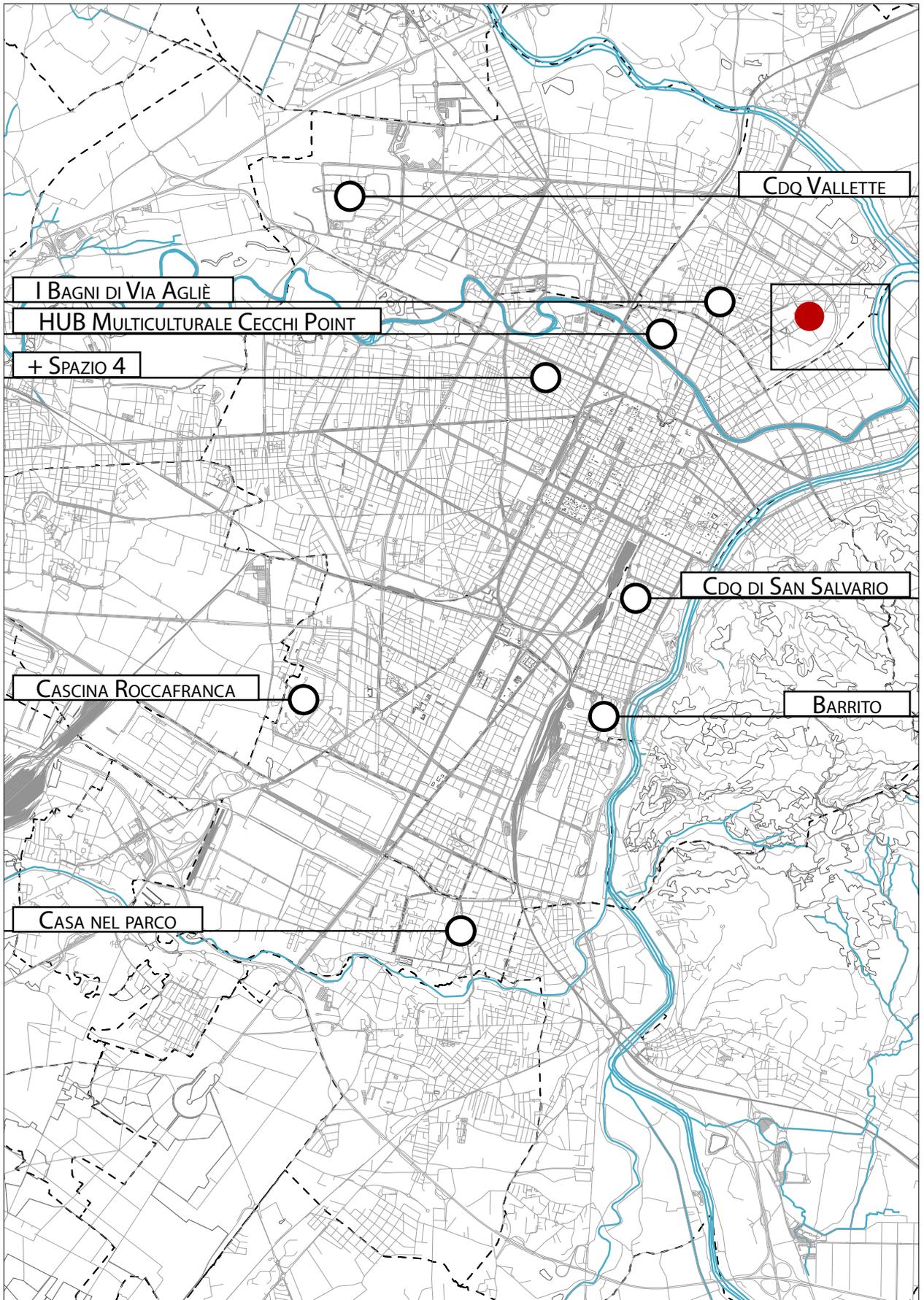


FIG 4. 2. 3. 2. 1\_ MAPPATURA DELLE CASE DI QUARTIERE DI TORINO

#### 4.2.4. EX-AUTORIMESSA, VIA BOLOGNA 175

Lo stabile in esame ha ricevuto il secondo laurea vincitore del concorso Co-City. E' ubicato in zona Nord di Torino, dietro il cimitero monumentale. Fa fronte al vecchio lanificio di Torino, oggi convertito in parte in hub aziendale.

Fu costruito in diversi momenti della seconda parte del XX° secolo. La prima manica fu ordinata dalla scuola di educazione correttiva limitrofe al Nord del lotto.

E' stato scelto dal Comune per eseguire questo concorse per diversi ragioni.

La prima è che questo edificio è diventato di proprietà dello stato in seguito a una ipoteca dopo il fallimento dell'impresa. L'edificio si presta quindi bene ad un esperimento sociale in quanto l'investimento alla base, al nome del comune è relativamente nullo

Il secondo punto rimane di ordine burocratico, in quanto il disuso non comporta nessun disturbo organizzativo per gli uffici amministrativi. Tutte le sede del comune sono sufficienti per ricevere l'organizzazione lavorativa esistente.

In fine, l'edificio corrisponde a una zona periferica del centro torinese, laddove nel ex-manuttura dei tabacchi di Torino ci sono gli uffici di iscrizione all'università UniTo. Mano a mano, l'impresa pubblica cerca di riqualificare il suo territorio allora lasciato un po all'abbandono delle imprese fallite tutto atorno.



FIG 4. 2. 4. 2. 1\_ CONTESTUALIZZAZIONE DEL EDIFICIO

## 4. 3. PROGETTAZIONE SOCIALE TRA ASSOCIAZIONI E CITTADINI

### 4.3.1. DESCRIZIONE DELLE DIVERSE REALTÀ

Le diverse realtà che hanno realizzato il progetto vincitore si dividono in due macrogruppi che sono le associazioni e i cittadini attivi. L'atteggiamento di ogni singolo delle associazioni fu molto rispettoso dei cittadini, e la fiducia a vicenda risultava una buona base di lavoro.

#### 4. 3. 1. 1. ASSOCIAZIONI

- Articolo 10

Articolo 10 Onlus nasce nel 2013, Si ispira all'Articolo 10 della Costituzione Italiana. Apartitica, aconfessionale, e senza scopo di lucro, si prefigge come scopo la tutela e assistenza sociale e socio-sanitaria, di donne straniere, minori stranieri e nuclei familiari ad essi correlati con particolare attenzione a richiedenti asilo, rifugiati e titolari di protezione sussidiaria o umanitaria in cui vi siano condizioni di svantaggio fisico, psichico, economico, sociale o familiare. Inoltre, per le medesime destinatarie, promuove attività, accoglienza, campagne, progetti sul territorio, di rete e consortili di accompagnamento e aiuto, soprattutto quando esse si trovino in condizioni di forte esclusione sociale, di discriminazione e di violazione dei diritti civili e dei diritti umani fondamentali.

- Engim Piemonte

L'ENGIM Piemonte progetta e realizza attività di formazione e di orientamento professionale finanziate dalla Regione Piemonte, dalla Provincia di Torino, dal Ministero del Lavoro, dal Fondo Sociale Europeo. Organizza inoltre, su richiesta di aziende, enti, associazioni locali e privati, corsi di aggiornamento, riqualificazione, formazione continua. ENGIM Piemonte si è dotato di un Sistema Qualità Certificato ed è accreditato presso la Regione Piemonte per la Formazione e l'Orientamento.

In Piemonte, Engim è presente con 5 sedi operative, offrendo servizi formativi e di orientamento e i settori dell'industria, dell'artigianato, del terziario, del turismo e del socioassistenziale, rivolti agli adolescenti in obbligo scolastico e formativo, ai giovani e agli adulti occupati e disoccupati, ai migranti, ai disabili e alle categorie in situazione di disagio sociale. Engim Piemonte ha, inoltre, il settore ENGIM Internazionale che è la sezione dell'ENGIM che realizza azioni di sostegno e progetti di cooperazione internazionale in 16 Paesi del mondo (Albania, Romania, Ghana, Guinea Bissau, Mali, Sierra Leone, Argentina, Brasile, Cile, Colombia, Ecuador, Bolivia, Messico, Siria, Libano e India) e attività di sensibilizzazione ed educazione alla cittadinanza mondiale in Italia.

- M.A.I.S.

Movimento per l'autosviluppo, l'Interscambio e la Solidarietà è una ONG torinese attiva dal 1990. Promuove la cooperazione tra i popoli e si batte per la costruzione di un mondo più giusto e solidale, promuovendo progetti di autosviluppo, difesa dei diritti umani e contro ogni forma di sfruttamento e di esclusione sociale. Dialoga con le istituzioni pubbliche, la società civile, le organizzazioni nazionali ed internazionali e le comunità locali per promuovere la democrazia economica e sociale nel mondo, favorendo lo sviluppo sostenibile e partecipativo delle popolazioni locali. Promuove la partecipazione ed il protagonismo dei settori sociali più vulnerabili e discriminati, sfruttati ed esclusi ai quali non sono riconosciuti libertà e diritti. Promuove differenti forme di interscambio di esperienze, con lo scopo di favorire l'informazione e la riflessione sulle cause delle disuguaglianze.

- Re.te.

Re.te. è un'organizzazione non governativa nata nei primi anni 80, dedicata a iniziative di cooperazione internazionale per lo sviluppo, sensibilizzazione, educazione e promozione della cittadinanza attiva in ambito locale, europeo e internazionale. Si occupa di Educazione alla Cittadinanza Globale dalla metà degli anni '90 nei territori del nord ovest e in particolare in Piemonte e nella provincia di Torino. Attraverso i suoi progetti, *RE.TE.* promuove la partecipazione attiva e favorisce processi di integrazione su più livelli, anche attraverso campagne di sensibilizzazione e percorsi di animazione educativi in collaborazione con Enti locali, scuole, università e il mondo dell'associazionismo. L'Ong si occupa altresì di formazione realizzando attività di approfondimento come convegni, seminari tematici, mostre multimediali e pubblicazioni.

- Senza Confini Di Pelle

L'associazione culturale Senza Confini Di Pelle, con sede a Torino, dal 2002 opera a livello nazionale ed internazionale nel campo dello spettacolo dal vivo e dell'arte performativa con attività di Ricerca artistica, Produzione di spettacoli e performance, Formazione rivolta a professionisti ed a neofiti, organizzazione di convegni, mostre e residenze artistiche. Senza Confini Di Pelle negli anni ha lavorato in contesti molto differenti: festival internazionali di arte performativa, progetti di arte urbana con il coinvolgimento dei cittadini, workshop presso Università e scuole pubbliche secondarie, progetti con persone disabili, scambi culturali internazionali, progetti di rigenerazione urbana, eventi.

#### 4. 3. 1. 2. CITTADINI ATTIVI

Alcuni cittadini del quartiere Aurora, Barriera di Milano e Vanchiglia si sono ritrovati in questa avventura a fine di agire sul loro territorio a scala più ampia di quanto potrebbero agire soli.

Maria Di M.

Scenografa, architetto, costumista, collezionista, eclettica ma soprattutto cosmica. Realizza interventi scenografici con una particolare attenzione all'architettura e ai suoi processi trasformativi. Un lavoro che racconta la natura effimera e in continua trasformazione dei luoghi, degli edifici e degli ambienti che ci circondano. Svolge questo lavoro da circa vent'anni. Da qualche anno partecipa alla realizzazione di video clip e progetti di pubblicità. Collabora con la Film Commission di Torino per fiction televisive e film, contesti questi che le permettono di descrivere visivamente realtà di scene quotidiane: descrizione dei personaggi, ricostruzione di molteplici ambientazioni, luoghi specifici, girando il mondo ed epoche diverse senza teletrasporto.

Marcela I.

Architetta, dottoressa in Politiche territoriali e progetto locale. Ha svolto la libera professione e lavorato come collaboratrice alla didattica all'università. Attualmente lavora come insegnante di sostegno nella scuola pubblica e collabora con il network internazionale Urban Transcripts nell'organizzazione di workshop e progetti di studio sulla rigenerazione urbana. Le sue ricerche e pubblicazioni si concentrano sull'azione pubblica dal basso e le politiche di sviluppo nelle città mediterranee

Debora I.

Arte Terapeuta, artista, operatore sociale. Realizza progetti di arte terapia in ambito clinico, educativo, riabilitativo, individuali e di gruppo rivolti ai minori, agli adolescenti, agli adulti. Da anni partecipa alla realizzazione di progetti socio-educativi rivolti agli adolescenti e agli adulti giovani con disabilità psico-fisica. Collabora con associazioni e istituzioni che si occupano di realizzare progetti di promozione interculturale. Attiva in Piemonte e in Valle d'Aosta.

### 4.3.2. PROGRAMMAZIONE VINCITRICE DEL CONCORSO

« Le attività che si intende sviluppare all'interno dell'edificio vogliono andare incontro ai bisogni del territorio. Sono numerose e diversificate le attività programmabili e progettate, pensate in un'ottica di rendimento efficace che possa generare nel tempo una buona autonomia nella ricerca di finanziamenti. Il coinvolgimento nel progetto di volontari/e disponibili a spendere il loro know-how nelle attività proposte, oltre a generare un miglioramento della qualità della vita degli stessi, ha anche importanti riflessi sul processo di sensibilizzazione della cittadinanza rispetto al fenomeno delle migrazioni. Si intende anche procedere allo sviluppo delle attività di seguito elencate in modo da renderle sostenibili, autonome e replicabili.

Lo sviluppo di attività commerciali ha il fine di portare il progetto ad essere sostenibile e autonomo e dunque dare continuità alle attività proposte nel lungo periodo. Tra le diverse attività proposte quella della formazione si sviluppa in vari ambiti tra cui quello della cooperazione internazionale, dell'educazione alla cittadinanza mondiale, dell'intercultura e dell'educazione ambientale (Engim, Mais, *Re.te.*), quello della sartoria, della produzione di oli essenziali e trasformazione di cibi (Articolo 10), quello legato alle Arti Performative, al teatro, alla danza, alle discipline orientali (Senza Confini Di Pelle). Oltre ai laboratori, finalizzati alla sensibilizzazione del territorio, sono previste attività di sostegno alle famiglie come il baby-parking, uno sportello informativo, una sala per rappresentazioni ed esposizioni, una caffetteria. Engim Piemonte, inoltre, collaborerà allo sviluppo di progettualità e all'identificazione di attività formative adeguate alle esigenze degli utenti e dei destinatari delle attività del centro.»<sup>[1]</sup>

Da quanto letto dal programma vincitore, la ricerca dell'autonomia delle diverse attività e nello stesso momento le loro interrelazioni è il punto base per rispondere attraverso la proposta progettuale.

Si espone qui un diagramma personale presentando le diverse conclusioni e tematiche incrociando le diverse attenzioni delle associazioni. Questo studio ha permesso in seguito di evidenziare delle tematiche, per poi arrivare a estrarne delle relazioni tra di loro.

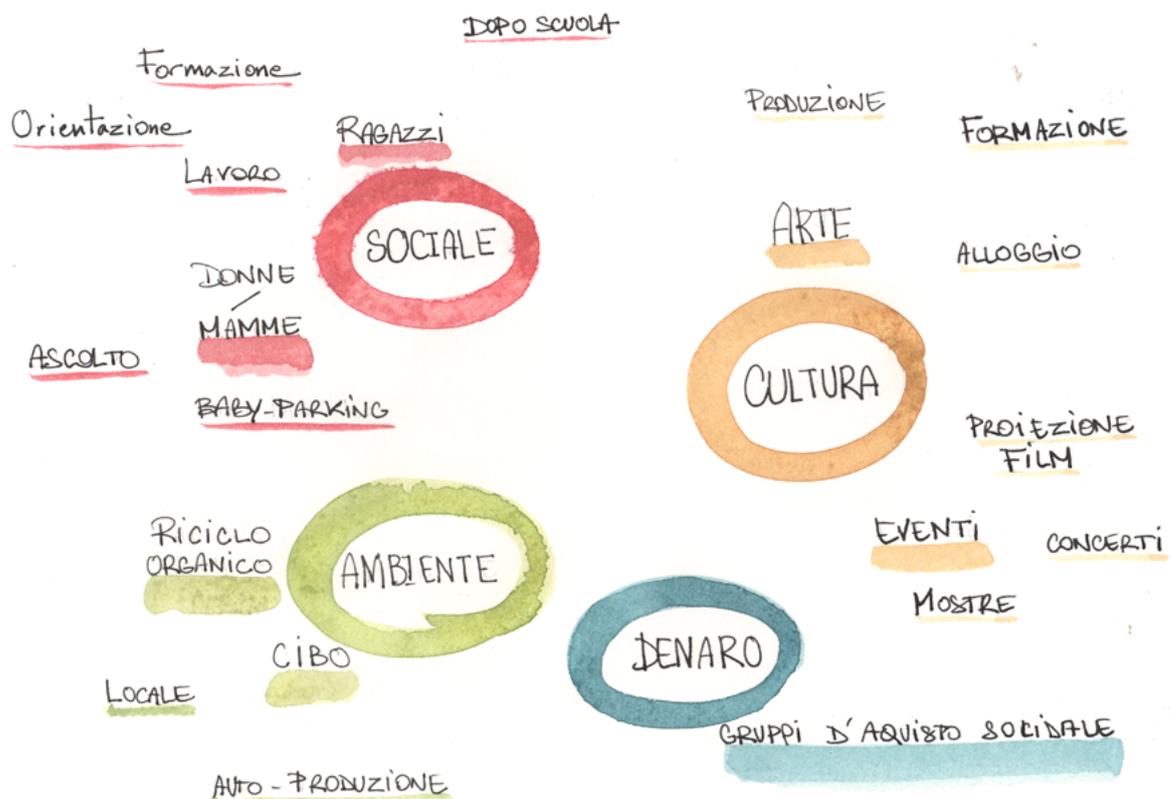


FIG 4.3.2.2.1\_ \_DIAGRAMMA SUI TEMI DA AFRONTARE NEL PROGETTO

1 «Proposta progettuale A6\_ Via Bologna 175-177»\_ 27 Luglio 2017

Si è poi realizzato un diagramma programmatico che possa evidenziare le tematiche messe in evidenza in quanto prima.

Le quattro forze del progetto illustrate qui sopra sono rispettate nella loro intimità, usando un programma e uno spazio connesso ad un arco temporale, per affermare la loro attività. L'interattività si opera «a piacere» durante eventi organizzati, spazi condivisi, ecc..

Ogni attività ha una relazione diretta o indiretta con altre attività facendo parte di altre tematiche, come l'inserimento sociale attraverso la gestione del compost e dell'orto permette di riconnettere la restaurazione, gli eventi e la termica dell'edificio.

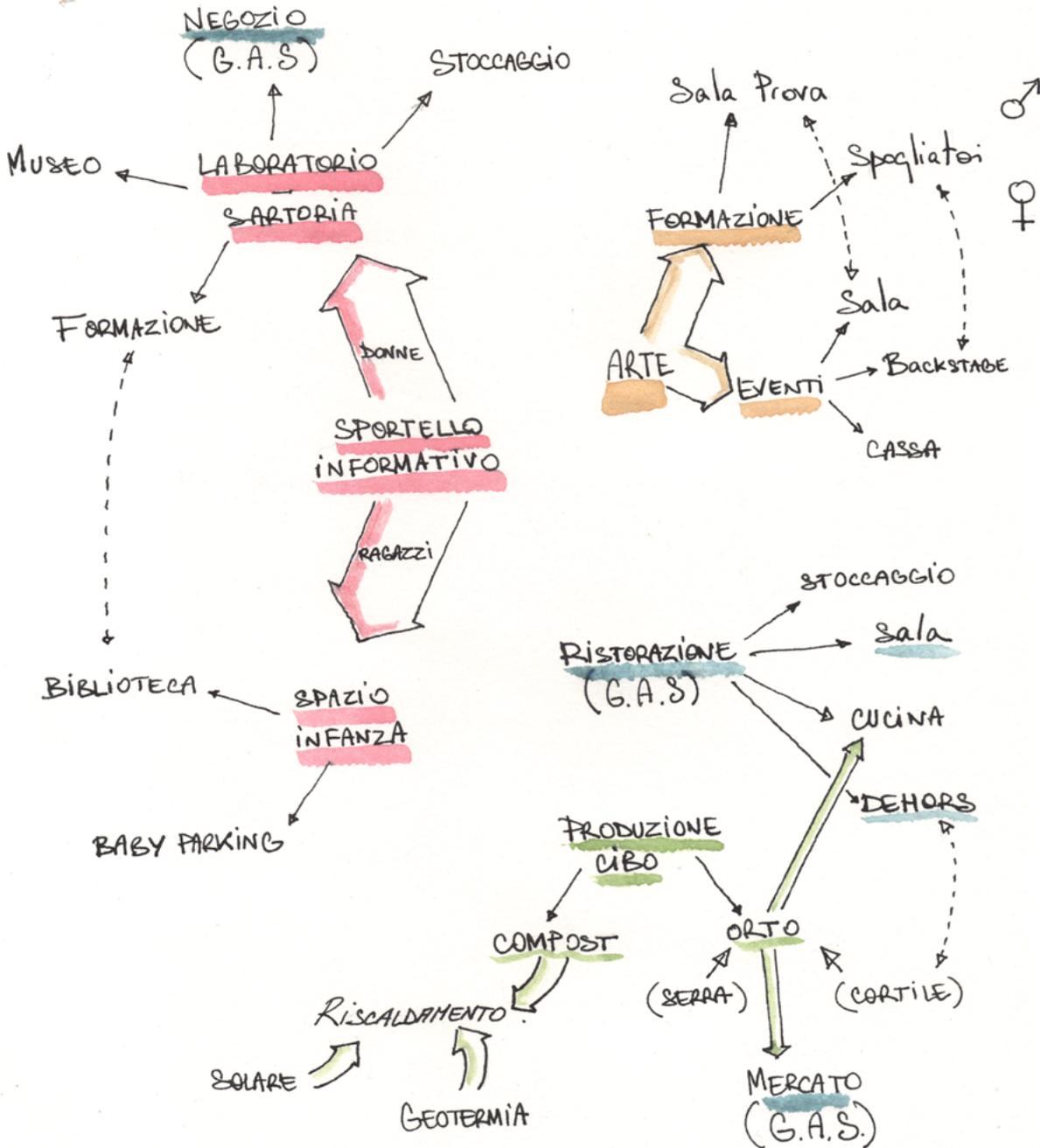


FIG 4. 3. 2. 2. SCHIZZO DEI PROGRAMMI DA INSERIRE NEL PROGETTO

## 4. 4. DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO IN ESAME

### 4.4.1. ANALISI DEL CONTESTO SOCIO-TERRITORIALE

L'area di Barriera di Milano ha perso la sua connotazione originaria legata alla cultura industriale e si presenta oggi come un territorio dalla composizione variegata, con una presenza consistente ed in crescita di residenti stranieri ed un'incidenza sensibile di anziani.

Barriera di Milano è caratterizzata sia per un'elevata densità abitativa (23.000 abitanti/km<sup>2</sup> contro i 7.000 abitanti/km<sup>2</sup> medi a Torino) che per le poche aree verdi a disposizione della cittadinanza (1,64 m<sup>2</sup>/abitante contro 20,13 m<sup>2</sup>/abitante di Torino).

Dal punto di vista delle risorse socio-culturali del territorio, si rileva una presenza di associazioni «no-profit» impegnate da anni nella cura della comunità locale (circa 50 nella sola area di Barriera di Milano) e un nucleo ristretto ma attivo di soggetti privati operanti nel settore della cultura e del loisir localizzati, principalmente, nell'area Spina 4 [2]. Risultano carenti, invece, gli spazi di aggregazione per attività culturali, sociali e sportive: la necessità di riqualificazione di ex-aree industriali dismesse da porre al servizio del quartiere con finalità sociali rappresenta un'istanza forte e radicata nel tempo, soprattutto con riferimento all'area Ex-Incet [1].

L'area rappresenta un laboratorio sociale complesso, con evidenti criticità dettate dalle dinamiche socio-demografiche e da fenomeni di marginalità, ma anche con importanti risorse su cui investire in un'ottica di rafforzamento della coesione economica e sociale. Un contesto sociale su cui intervenire secondo una logica inclusiva che offra misure in grado di non sovrapporsi a quanto già erogato in termini di servizi sociali e alla cittadinanza, ma di essere complementari e soprattutto innovative, funzionali a soddisfare i bisogni specifici del territorio e orientati a migliorare le capacità delle persone di adattarsi ai cambiamenti. Si osserva una struttura per età della popolazione residente fragile, caratterizzata, in linea con l'andamento cittadino, da una tendenza costante nel tempo alla senilizzazione, anche se con livelli più contenuti: area Barriera di Milano 19,9%; media cittadina 23,8%. Negli ultimi due anni la popolazione ha registrato una leggera crescita con valori superiori rispetto alla media cittadina (+1% a fronte dello 0,1%): occorre, rilevare, tuttavia che, in realtà, è la sola componente straniera a crescere (+10%) a fronte di una parallela diminuzione di quella Italiana (-2,6%). Risulta, quindi, molto elevata l'incidenza della popolazione straniera: 27% rispetto al 13% della media cittadina.

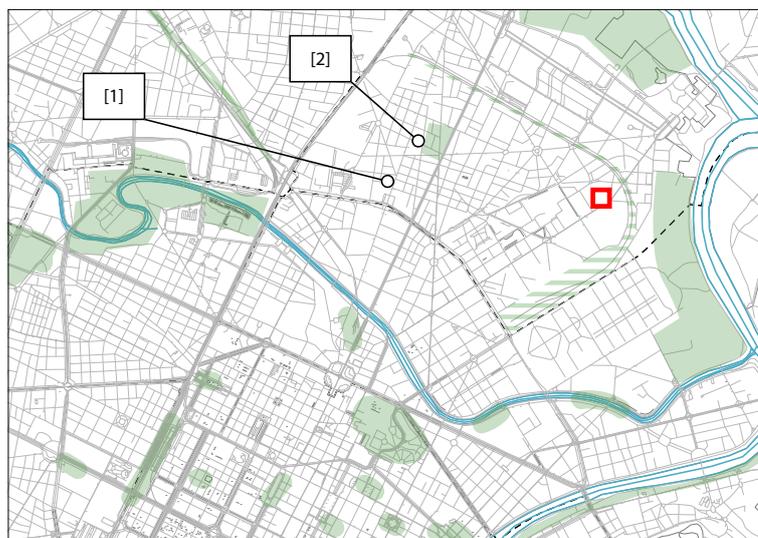


FIG 4. 4. 1. 2. 1\_ TORINO NORD- ZONE VERDE E POLI ATTRATTIVI \_ 1/500 000

Inoltre l'area si presenta come la zona a più alta concentrazione di minorenni stranieri su tutta la Città, con un'incidenza sul totale di tale fascia di età del 40% a fronte del 26% a livello cittadino. I minori stranieri iscritti nelle scuole del distretto scolastico della Circ. 6 rappresentano il valore più alto registrato a livello cittadino. Considerando i dati relativi al disagio sociale nell'area, risultano in carico ai servizi sociali della Circoscrizione 6, 5.965 nuclei di cui il 40% nell'area del quartiere Barriera di Milano, con un numero rilevante di nuclei di anziani (973) e di minori (370). La popolazione di Barriera di Milano presenta dunque livelli di fragilità sociale preoccupanti: elevato tasso di disoccupazione (15% rispetto al 9% della media cittadina), bassi livelli di qualificazione professionale e di istruzione scolastica, un'alta presenza di immigrati stranieri giovani che faticano a vedersi riconosciute le proprie competenze scolastiche e professionali in ambito lavorativo, una maggiore incidenza di cittadini in carico ai servizi sociali rispetto alla media cittadina.

#### 4.4.2. L'EX-AUTORIMESSA DI VIA BOLOGNA 175

Si può leggere una certa aerazione urbana in questa zone di Torino, in quanto il Po e il suo parco non dista di più di 10 minuti a piedi.

La Via Bologna fu un arterio industriale importante nell'ultimo secolo, e la Croce Rossa si insediò accanto al lotto di studio, prima della manica del progetto.

A Ovest del lotto, si ritorna ad essere un tessuto urbano residenziale, con edifici comuni di circa 5 a 7 piani,

La Città di Torino prevede nella rigenerazione urbana globale di Torino, di condurre una seconda linea di metropolitana in luogo della vecchia linea ferroviaria incurvata a Est del progetto sulla planimetria qui sopra.

Le pratiche edilizie su questo lotto sono importante dovuto al fatto che la scuola possedeva l'intero lotto, e prevedeva ad allargare le sue funzioni. In effetti, si vede sul cartellino qui sotto l'elenco di costruzione, coperture, ristrutturazione che hanno permesso di risalire la storia edilizia di questo conglomerato di manufatti.

Le pratiche edilizia anteriori al 1941 si trovano in Archivio Storico in Via Barbaroux. Le altre, più recenti si trovano ancora in Archivio dello Stato, piazza San Giovanni.

Proprietario		REALE SOCIETA' PER L'EDUCAZIONE CORRETTIVA DEI MINORENNI - <i>Rieducazione minorenni</i> <i>Istituto Cosani Lombroso</i>				
N.	Anno	Descrizione dell'Opera	Posizione della pratica			
			I Cat.	II Cat.	Abit.	C. A.
1	1937	Tettoie			382 R	
2	1939	Bassa costruzione			452 R	
3	1941	<i>fabbricato</i>	90			
4	1935	<i>Podiglione</i>			162 R	
5	1936	<i>Abitazione edificio</i>				35 S
6	1931	<i>Muro di cinta</i>			200 R	
7	1940	<i>Copertura di tettoie</i>			317 R	
8	1941	<i>Tettoie aperte</i>			386 R	
9	1949	<i>Impresso e finestre</i>			832 R	
10						

Via, Piazza, Corso N. 175  
Via BOLOGNA 163 886 b

FIG 4. 4. 2. 2. 1\_ CARTELLINO DELLE PRATICHE DELLA MAGLIA 886B

## 4. 4. 2. 1. MANICA SU STRADA \_ 1935

La manica su strada è stata costruita come padiglione. nel 1935, Il proprietario fu la Società Reale per l'Educazione Correttiva minorenni. La destinazione d'uso è rimasta la stessa di quella iniziale, per uso industriale. Si è però cambiata l'attività, passando da un gestore di elettricità, ad un'autorimessa fino al suo disuso.

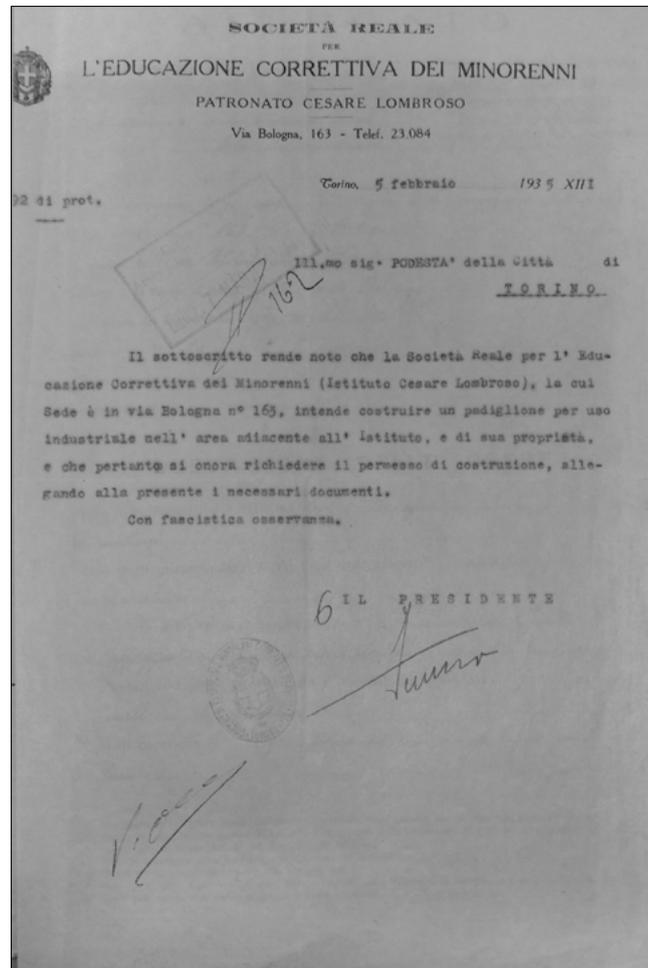


FIG 4. 4. 2. 1. 1\_ ATTO UFFICIALE DEL PADIGLIONE PRINCIPALE



**A L L E G A T O**

**alla domanda all'Amministrazione Comunale di Torino**

per l'autorizzazione a' sensi del Regolamento edilizio.

Ad eseguire (1) fabbrica industriale

SOCIETÀ REALE per l'EDUCAZIONE  
CORRETTIVA dei MINORENNI  
PATRONATO C. LOMBROSO  
Via Bologna, N. 100 - Telef. 23-084

secondo l'unito progetto, di N. una di n. 4 disegni, più la planimetria generale  
tavola redatta da (2) ingegnere Michele Loto

nello stabile al civico N. 163 di via Belogua

di proprietà de ll' Stg. Istituto Lesare Lombroso

domiciliat in Torino al civ. N. 163 di via Belogua

Direttore dei lavori stessi e il Stg. (3) ing. Loto

abitante al civ. N. 40 di via P. Massimo

Esecutore dei lavori stessi è il Stg. (3) in attesa dell'assegnazione per l'edificazione con  
pud designare il nome dell'impressore

**DESCRIZIONE DELLE OPERE**

a) Tipo delle fondazioni e delle murature fondazioni in calcestruzzo - Murature  
di mattoni

b) Tipo degli orizzontamenti (4) Tipo dei collegamenti (5) banchinaggio in cemento  
con armatura

c) Indicazione delle opere in cemento armato banchinaggio angolato che per  
omni appoggiato su tutto il perimetro non ha bisogno di calce speciale

d) Particolari costruttivi della facciata e materiali da impiegarsi (6) facciate a lesene  
e fesselle in calce spruzzata

e) Tipo di copertura (7) tegole piane in capriate in legno con travi  
di ferro

(1) Designazione dell'opera (casa, fabbricato industriale, ampliamento, sopraelevazione, riattamento, ecc.).  
(2) Ingegnere, architetto o geometra, secondo l'importanza delle opere (art. 28 e 35 del Regolamento edilizio).  
(3) Capomaestro abilitato (art. 35 del Regolamento edilizio).  
(4) Volte in muratura, solai in ferro, solai in cemento armato, ecc.  
(5) Chiavi a muro, baschine in cemento armato, ecc.  
(6) Facciate a calce, a paramento, ecc.; decorazioni in pietra naturale, in marmo, in pietra artificiale, ecc.  
(7) Con tegole curve, con tegole piane, in ardesia artificiale, in lastre di pietra, ecc.

Aprile 1927 - B. 1151 - n. 990.

FIG 4. 4. 2. 1. 3\_ ALLEGATO DELLA PRATICA 162

L'allegato illustra le diverse tecniche costruttive impiegate per l'edificio. Si può leggere che i muri sono di murature di laterizi, che le fondazione sono in calcestruzzo, ma anche il banchinaggio ( cemento con armatura ).

La copertura è composto di tegole piane ; e la facciata venne spruzzata di calce come intonacatura. Quest'ultimo permette di concludere che la manutenzione della facciata non deve subire pitture nè intonaci polimeri, ma solo a base di calce, a fine de conservare la traspirabilità originale della stratigrafia.

4. 4. 2. 2. TETTOIE SECONDARIE \_ 1937

Le pratiche edilizie relative a queste strutture di seconda importanza si trovano in archivio storico, via Barbaroux. Questa struttura data del 1937, allora costruito sotto la tutela della scuola vicina.

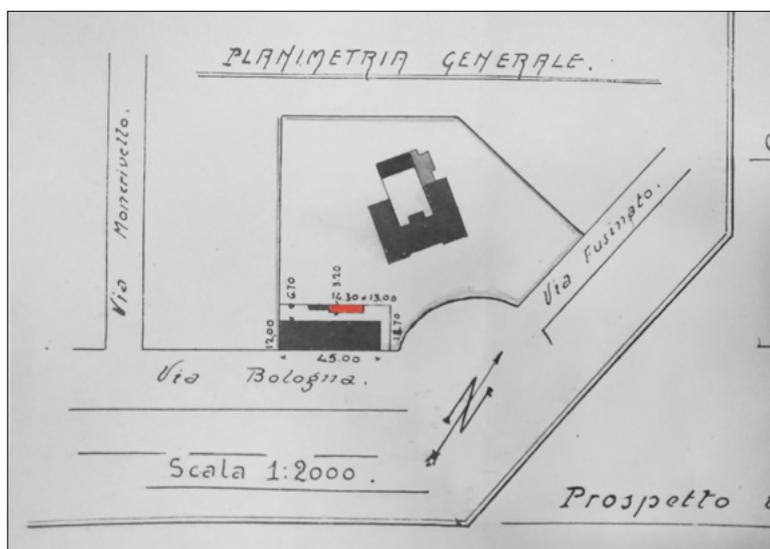


FIG 4. 4. 2. 2. 1\_ DETTAGLIO 1 TAVOLA DELLA PRATICA 382 DI II CATEGORIA

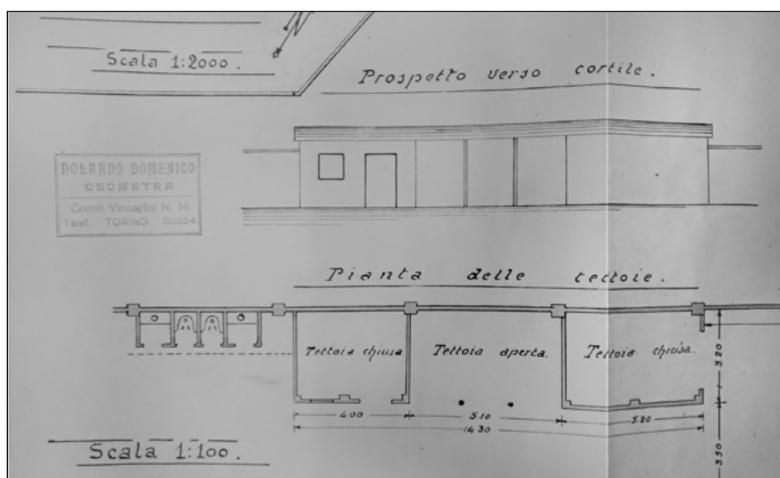


FIG 4. 4. 2. 2. 2\_ DETTAGLIO 2 TAVOLA DELLA PRATICA 382 DI II CATEGORIA

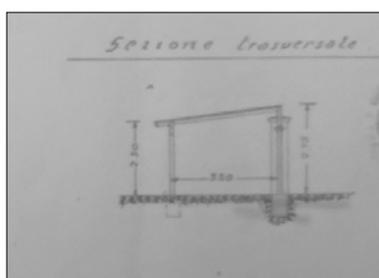


FIG 4. 4. 2. 2. 3\_ SEZIONE TRASVERSALE IN TAVOLA DELLA PRATICA 382 DI II CATEGORIA

4. 4. 2. 3. MANICA IN CORTILE \_ 1962

La pratica edilizia non fu mai stata approvata dal comune, e quindi risulta essere un abuso edilizio. Però quei anni furono pieni di questo modo di costruire, visto che il potere economico era più forte, e l'amministrazione faceva fatica a seguire la frenesia.

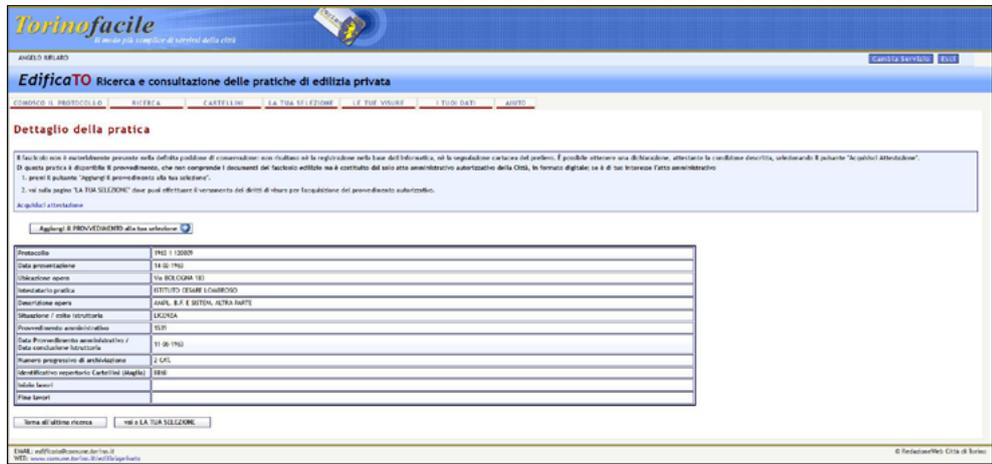


FIG 4. 4. 2. 3. 1\_ SITO INTERNET TORINO FACILE\_RICERCA PRATICHE EDILIZIE



FIG 4. 4. 2. 3. 2\_ ATTESTATO ASSENZA DI PRATICHE EDILIZIE

Per questo motivo, il rilievo della manica in cortile fu stato con un approccio nondistruttivo, su base fotografica. E' stato possibile ricavare comunque tutte le informazioni necessarie per ritracciare il rilievo architettonico dello stabile.

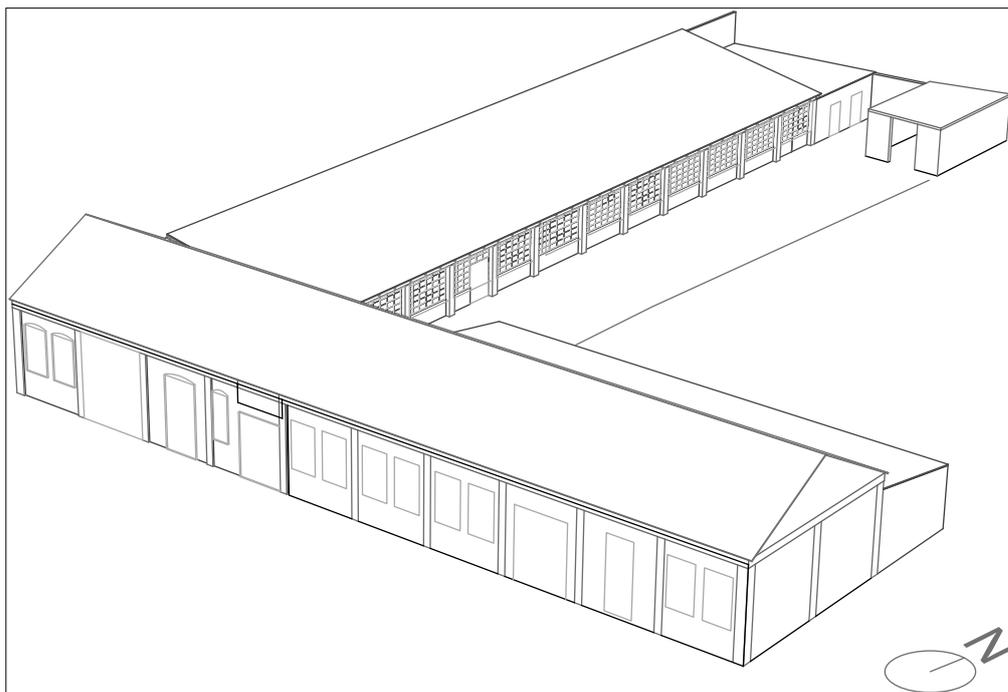


FIG 4. 4. 2. 3\_ ASSONOMETRIA VOLUMETRICA DELL'EDIFICIO

La manica principale dando su Via Bologna misura 45 metri di lungo su 12 metri di larghezza. In altezza invece, misura 5m alla grondaia e 8metri al colmo. La sua copertura è fatta di capriate di legno alla piemontese, rivestito di tegole marsigliese. La muratura funge anche da pilastri incorporati nell'involucro e sporgenti di un testa di mattoneverso fuori. Si è fatto un cordolo in cemento armato alla base della copertura, su tutto il suo perimetro. Alcune aperture come gli futuri accessi per le automobili sono state eseguite a posteriori, perchè non risultano sul progetto emessa durante la pratica edilizia. Nel 2016, ci fu un intervento di bonifica dell'amianto usato nel controsoffitto e nell'intonaco interno. La rimozione dei pannelli di controsoffitto fu fata, e gli intonaci sono stati incapsulati.



FIG 4. 4. 2. 3. 4\_ STATO DI FATTO \_ VISTA DALL'INGRESSO SU STRADA

Lo stabile usufruisce di una connessione diretta con il centro di Torino grazie alle linee 2, 18 e 49. Ci sono anche 6 posti di parcheggio pubblico tra il marciapiede e la strada.



FIG 4. 4. 2. 3. 5\_ STATO DI FATTO \_ VISTA DALL'INGRESSO SU STRADA

Usufruisce di una massa vegetale sia in cortile che su strada verso Sud.

L'edificio in cortile è di dimensione più ridotta, in quanto di lunghezza misura 50m, 10 di larghezza e tra 2,5m e 4m di altezza, con un tetto ad unico pendio, in lamiera greccata. È attaccato alla manica principale su un lato piccolo, e la sua schiena è adiacente ad altri stabili appartenendo alla Croce Rossa. Anche esso possiede una struttura modesta di mattoni pieni. Le grandi vetrate sono importanti per portare luce naturale ma risultano molto dispersive a livello energetico. Questa zona era addebita al lavaggio delle auto.

Verso la scuola, una rete di bassa altezza funge da confine. La vista è piacevole perché lo spazio ricreativo della scuola è un parco ben tenuto. Si potrebbe pensare nel futuro della gestione del progetto, una connessione diretta tra la casa di quartiere e la scuola.



FIG 4. 4. 2. 3. 6\_ STATO DI FATTO \_ VISTA DAL CORTILE

# 5. PREMESSE SULLA COMPUTAZIONE DEI DATI

La computazione dei dati raggruppa sia la modellizzazione dell'edificio e il suo contesto, sia tutte le informazioni che si integrano all'interno di queste superfici. Il concetto è molto simile al BIM, Building Information Modelling, anche se il processo che si è scelto in questo studio non lo è di fatto. In effetti, il percorso computazionale operato non inizia direttamente inserendo elementi e assemblandoli in un'interfaccia tabellare.

A differenza di un software BIM come Revit, dove il disegno induce in modo automatico ad un database organizzato in struttura preesistente nell'architettura del software; si è scelto di disegnare la volumetria vuota di informazione, e poi reinserirli in modo totalmente libero attraverso l'interfaccia del plugin Grasshopper. Le informazioni integrate sono poi mandate a software delegati chiamati dal plugin Grasshopper per elaborare le soluzioni, e sono espresse graficamente nel software di modellazione iniziale.

In pratica, si esplicitano tutti i processi utili per formulare una geometria sottoposta ad analisi completamente gestite dall'utente, in quanto Opensource e libere dall'architettura vincolante di un classico software BIM.

Il vincolo maggiore è la complessità delle azioni da operare per evitare di agire in «sovraregime». In effetti, il processo è doppio in quanto la volumetria ( che non produce nemmeno il disegno tecnico in pianta e sezione ) si fa in primis, e di seguito si iniettano le informazioni mirate ad un certo tipo di simulazione.

In seguito una presentazione più completa dei diversi softwares impiegati e la filosofia inerente a questo processo di lavorazione.

## 5. 1. RHINOCEROS 3D



FIG 5. 1. 2. 3. 1\_ LOGO DEL SOFTWARE «RHINOCEROS 3D», MC NEEL

Rhinoceros 3d è un CAD, che significa «progettazione assistita su computer». Fa parte della stessa famiglia di AutoCAD, Sketchup, ecc.. Viene usato molto spesso nei studi di architettura che non si sono convertiti al BIM.

### 5.1.1. NURBS, BREP E MESH

Rhino è un software che permette di computare in due modi diversi delle forme virtuali. Il suo campo principale permette di edificare i nurbs ( non-uniform rational b-splines). Questa geometria è composta da b-splines, ovvero curve di bézier, di costruzione polinomiale. La loro facilità di elaborazione permette di alleggerire la modellazione virtuale di una forma reale complessa. Questo modo di generare delle forme le rende “smooth”, come si può immaginare di una successione di curve polinomiali.

Rhino permette anche di lavorare con le “mesh” ovvero maglie . Tratta di una discretizzazione di superficie che creano le condizioni di contorno di queste forme virtuali. L’obiettivo è di semplificare l’analisi attraverso delle simulazione con il metodo degli elementi finiti. Questa divisione delle superficie non piane si crea in modo omogeneo. Le celle sono in volume e si possono applicare un metodo di divisione tetraedrica oppure esaedrica. La maglia prende quindi un volume nello spazio, che si avvicina a secondo della precisione che le diamo alle geometria originaria.

Il plug-in grasshopper permette invece di lavorare con dei breps ( boundary representation ). Si passa da una forma virtuale ubicata nell’interfaccia di rhino, alla codificazione totalmente astratta di essa, basata nello script di grasshopper.

### 5.1.2. ATTENDIBILITÀ DELLA PRECISIONE DELLO MESH

La conversione in Mesh presuppone un grado di discretizzazione, ed è quello che renderà più o meno attendibile e preciso il risultato di una analisi. Per creare una Mesh, si misura al livello computazionale l’inclinazione in ogni punto rispetto alla sua tangente, e si discretizza in funzione di un grado di dettaglio impostato dall’utente.

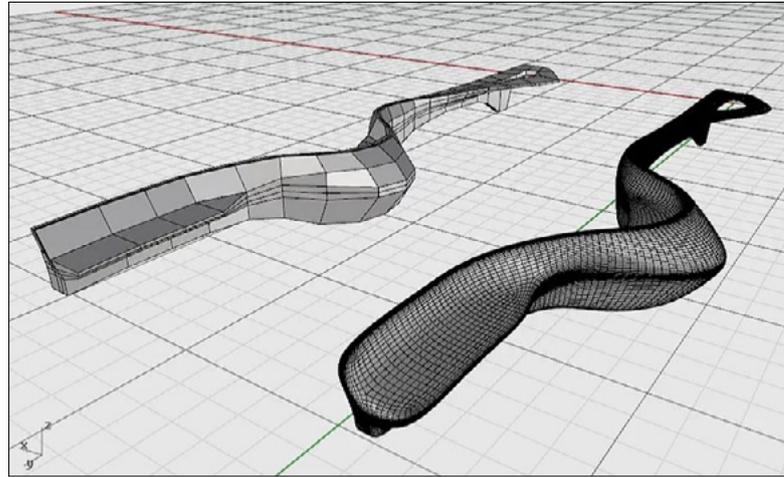


FIG 5. 1. 2. 3. 1\_ PRECISIONE DI UN MESH

## 5. 2. GRASSHOPPER, UN "BIM OPENSOURCE"

### 5. 2. 1. FUNZIONAMENTO GENERALE



FIG 5. 2. 1. 3. 1\_ LOGO DEL PLUGIN «GRASSHOPPER»

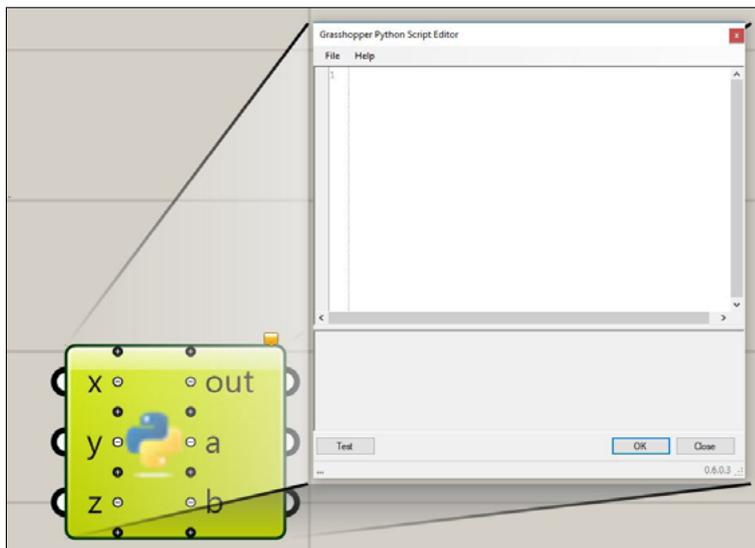
Il plug-in Grasshopper è un linguaggio di Visual Programming sviluppato dalla società McNeel e David Rutten. Funziona sul software 3D Rhinoceros appena descritto, I programmi sono progettati portando e collegando delle funzioni su una scrivania virtuale.

Venne usato all'inizio per creare dei algoritmi generativi, per creare forme complesse come espressione artistica. Una grande quantità di funzioni generano volumi, però i programmi così scritti possono contenere altri tipi di algoritmi, come analisi numerica, testo, audiovisivo e altre, che andremo a scoprire nei prossimi punti.

Un uso avanzato di Grasshopper può essere di tipo ingegneristica strutturale, modelizzando secondo dei parametri, per generare un struttura come Output di un analisi dei carichi statici o dinamici, visti in questo caso come Input del programma.

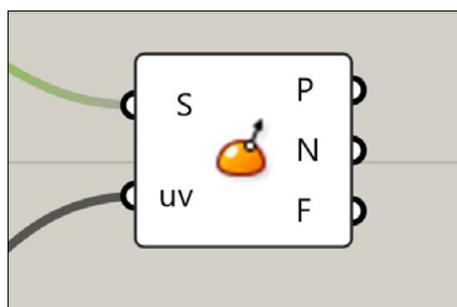
La potenza di Grasshopper è che non serve imparare un linguaggio di coding, perchè è proprio basato sul visual programming. Ciò lo rende popolare nel mondo dell'architettura, sia a livello scolastico che professionale.

5. 2. 1. 1. LE CAPSULE : INPUT / OUTPUT

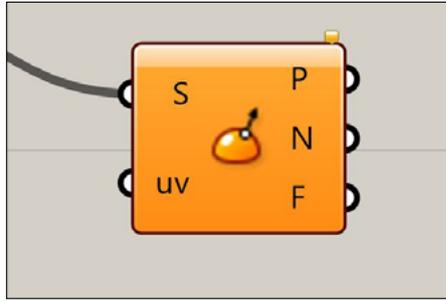


Una capsula ingloba uno script scritto in python. E' l'elemento principale per costruire un script utile nella progettazione. La parte di sinistra sono gli input, che possiamo quantificare in funzione dello script, e la parte destra rappresenta gli output, anche loro, descritti nello script.

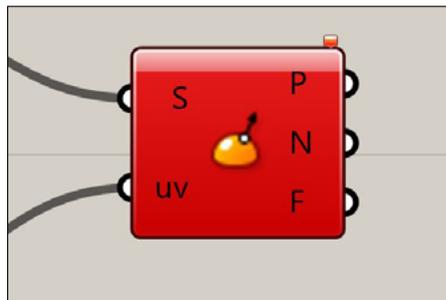
5. 2. 1. 2. LE CAPSULE : I STATI



Una capsula, se riceve gli input richiesti, diventa grigia. Questa segnala che sta percependo i buoni segnali, e l'output è generato e attendibile. Uno script in buona salute deve essere composto unicamente di capsule grigie.

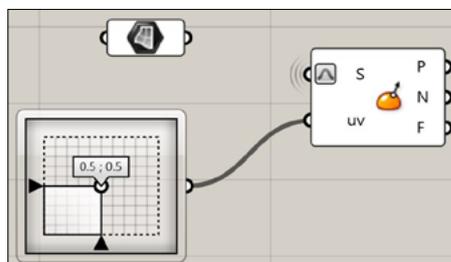


Quallora mancasse un input, la capsula lo evidenzia diventando arancione. QUesto significa una mancanza di informazione base per processare. Si può andare a cliccare sul quadrettino in alto a destra per leggere l'errore trovata da grasshopper.



Una capsula rossa indica invece un errore fatale dovuto ad un errore nell'inserimento degli input. Leggendo il testo d'errore di grasshopper, si riesce ad aggiustare. Di solito, l'input non accetta l'informazione che riceve per la sua natura.

### 5. 2. 1. 3. I LEGAMI



I legami sono le connexion che trasportano l'informazione da un output a un input. Possono essere di diversi tipi, ma in genere si usano quelli semplici, graficamente, una linea. Per questione puramente visiva, si può scegliere di renderlo invisibile, come quello di sopra nell'illustrazione. Si riconosce soltanto dalla capsula ricevitrice, grazie alle ondate «radio». Cliccando su esse, si vede il legame in trasparenza. E' utile quallora le due caspule sono molto lontane, e attraversano tutto lo script.

## 5.2.2. DEFINIZIONI DEI PLUGIN

I plugin descritti di seguito sono il frutto di una manciata di persone competenti. Si tiene a ringraziare Chris Mackey e Mostafa Roudsari e i team dietro questo progetto, per quanto sono riusciti a svelare uno strumento fondamentale nella progettazione architettonica di oggi.

Si rimanda alla tesi di laurea di Architettura di Christopher Mackey come punto di riferimento notevole in questo campo. <sup>[1]</sup>

Il progetto possiede anche un sito dove mandano anche a pubblicazioni. <sup>[2]</sup>

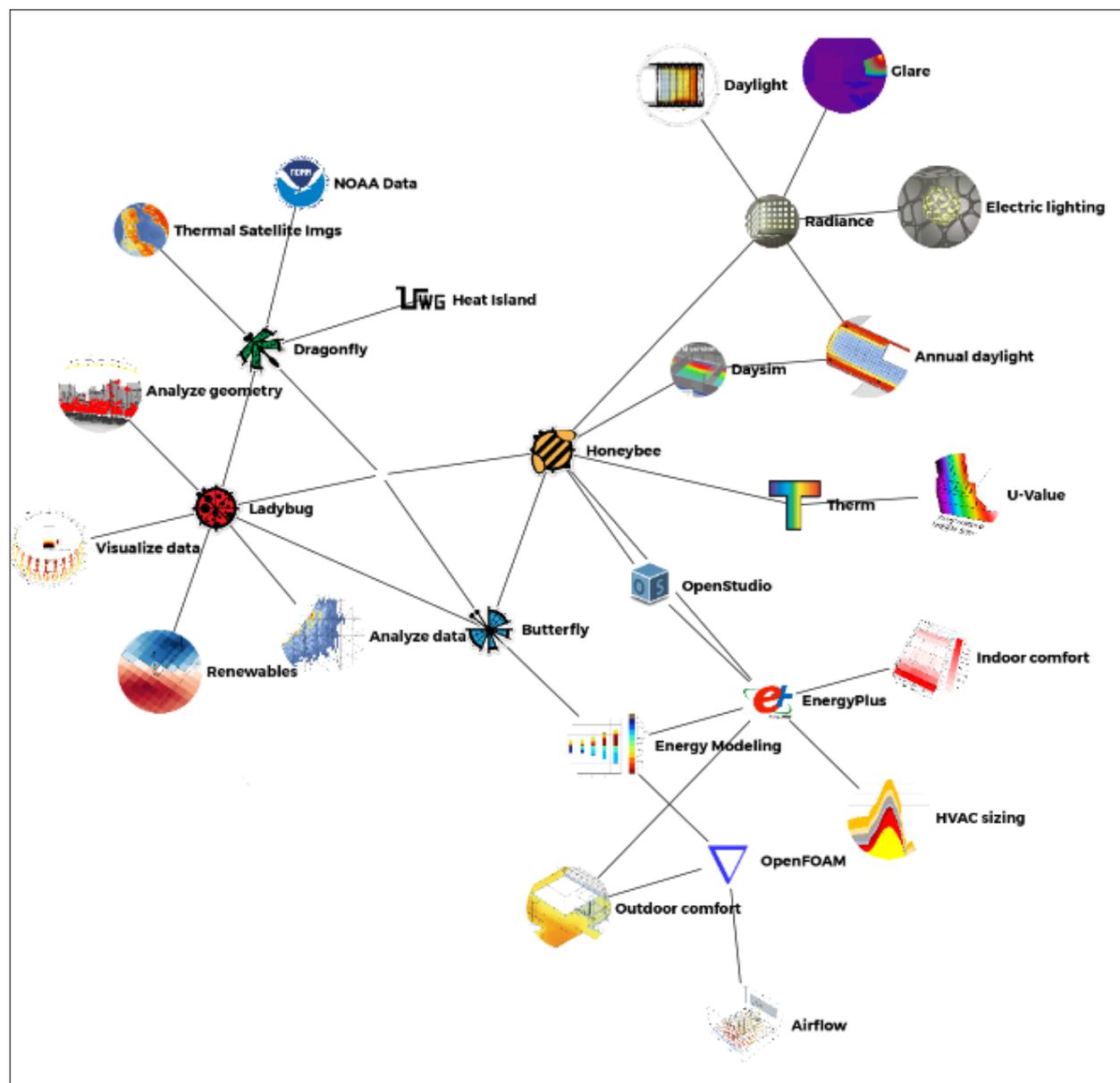


FIG 5. 2. 2. 3. 1\_ RETE DEI SOFTWARE OPEN SOURCE E LE LORO INTERFACCIE SU GRASSHOPPER

1 <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/99261>

2 <https://www.ladybug.tools/publication.html>

## 5. 2. 2. 1. LADYBUG



FIG 5. 2. 2. 1. 1\_ LOGO DEL PLUGIN LADYBUG

Ladybug importa dati climatici aperti al pubblico, attraverso il formato .epw, e genera delle analisi in funzione dello script scritto. Questo permette di avere un completo atteggiamento da progettista in ricerca di indizi e fattori congruenti per formare una base progettuale solida, in termine di architettura bioclimatica. LadyBug è una chiave di lettura informatica per estrarre i dati meteorologici di una località, attraverso un interfaccia grafica. Questo permette al progettista di capire, valutare e evidenziare delle problematiche da risolvere, o dei punti di partenza per realizzare una progettazione attenta alle condizioni climatiche locale.



FIG 5. 2. 2. 1. 2\_ CORPO DELLO SCRIPT DI LADYBUG

Usa il concetto del «Big Data» per ricavare le informazioni che li servono per elaborare studi solari, di umidità, di comfort a secondo di un periodo di analisi preciso ora per ora.

Per scaricare il file .epw, si può andare sul sito :

<https://energyplus.net/weather>

il file .epw contiene per ogni ora dell'anno, su diversi anni se esistono, le diverse temperature, l'umidità relativa, il vento, la sua direzione, le posizioni del sole, e quindi l'irraggiamento che incide su un superficie.

Questi valori sono una grande base sulla quale si possono elaborare congetture progettazionali.

5. 2. 2. 2. HONEYBEE (ENERGYPLUS-RADIANCE-DAYSIM)



FIG 5. 2. 2. 2. 1\_ LOGO DEL COMPONENTE HONEYBEE

Honeybee crea, e genera simulazione di daylight, usando il software Opensource Radiance. Genera anche modelli energetici a partire da Openstudio, e EnergyPlus. E in fine permette anche di simulare il flusso termico all'interno di un materiale grazie all'uso di Therm.

OpenSTudio sfrutta il potere di calcolo di EnergyPlus che è un software di simulazione termo-dinamica (STD). EnergyPlus non ha interfaccia GUI ( General User Interface ), ma si appoggia su software esterne a fine di rielaborare i risultati generati dal suo calcolo. Openstudio fa parte di questi software.

Radiance è un motore di luce, e sfrutta un algoritmo molto accurato per l'illuminamento prodotto dal sole. Viene anche usato per il rendering, ma la sua potenza di calcolo viene misurata per calcolare i fattori di ombreggiamento esterni ed interni, ma anche la percentuale illuminata in una stanza, a secondo dell'albedo delle superficie riflettente.

Therm è un software ai elementi finiti che calcola la trasmittanza termica dovuta ad uno scambio termico tra una superficie e un'altra dello stesso elemento. Viene proprio usato per quantificare un ponte termico in modo numerico in accordo alla UNI EN ISO 10211, invece del calcolo con atlanti di ponti termici conformi alla UNI EN ISO 14683.

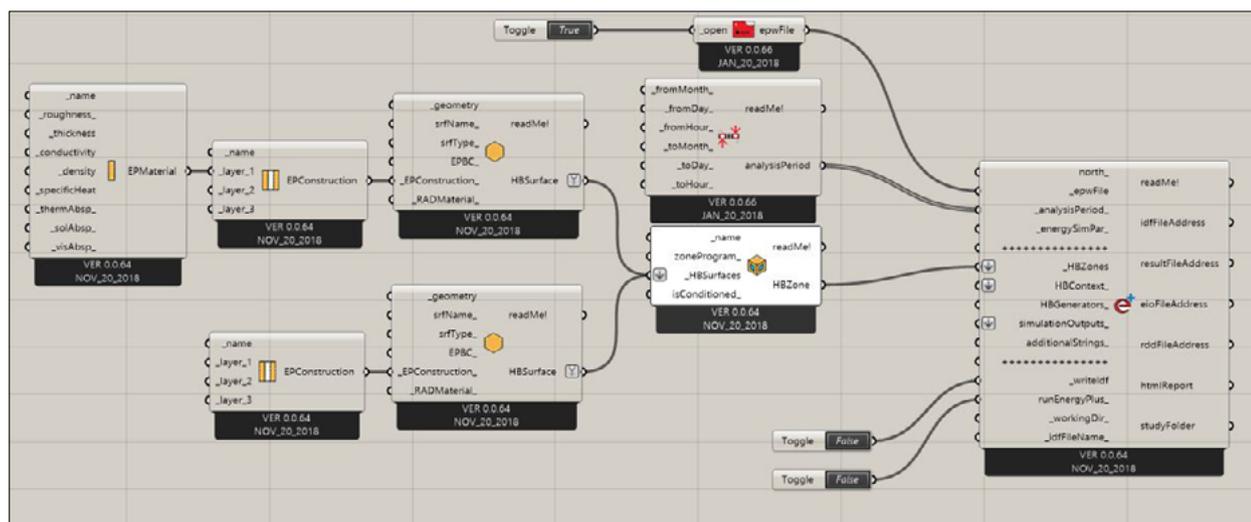


FIG 5. 2. 2. 2. 2\_ CORPO DI SCRIPT DI HONEYBEE PER ENERGYPLUS

5. 2. 2. 3. BUTTERFLY



FIG 5. 2. 2. 3. 1\_ LOGO DEL PLUGIN BUTTERFLY

Butterfly è l'ultimo componente usato in questo studio. Il suo uso è molto potente, perchè serve da interfaccia GUI al software Opensource di calcolo a elementi finiti OpenFOAM. OpenFOAM non ha nessuna interfaccia, quindi si tratta di scrivere in linguaggio C, tutta la simulazione da effettuare. Diventa un processo molto laborioso e molto lento mano a mano che la simulazione si vuole prossima della realtà. L'uso di Butterfly permette di avere un legame diretto tra la geometria in volume da rhino, e il processo di calcolo realizzato su macchina virtuale Linux. In effetti, OpenFOAM funziona esclusivamente su Linux in quanto è il software opensource per eccellenza.

Butterfly interpreta un volume in Brep e lo traduce in Mesh. A secondo dello scopo dell'analisi, e della situazione studiata, si va a modificare il livello di Meshing attraverso tre passaggi che inquadrano il problema, lo confinano e permettono di avere una certa convergenza reiterando il calcolo.

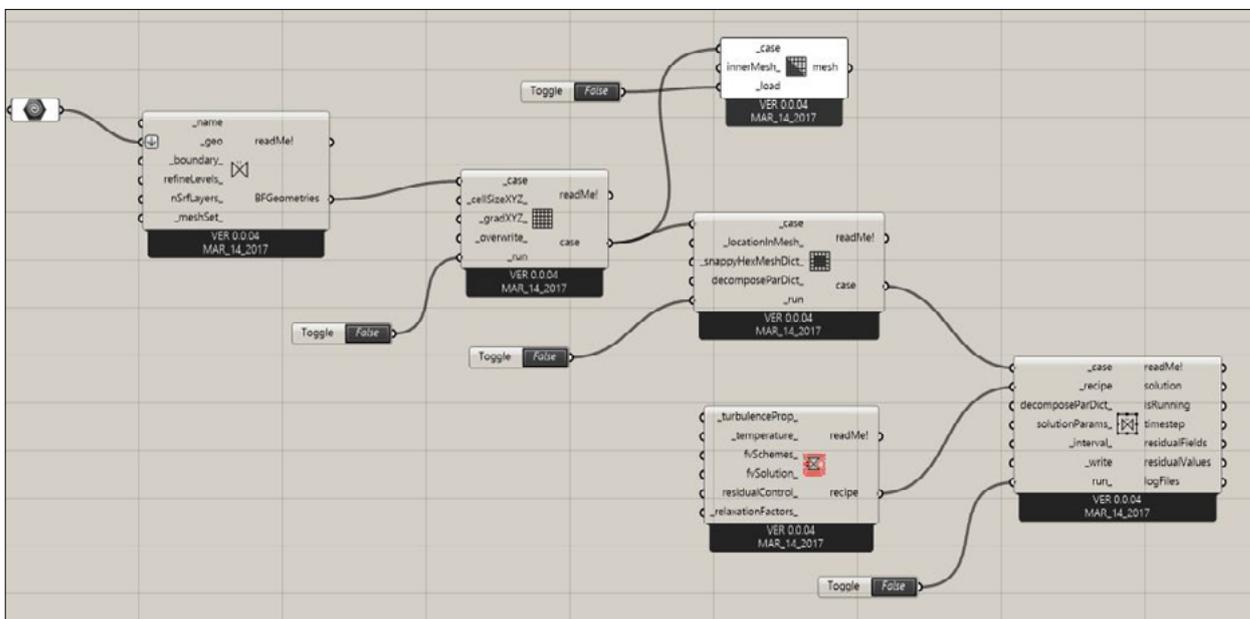


FIG 5. 2. 2. 3. 2\_ CORPO DI SCRIPT DI BUTTERFLY

Lo scopo è di passare tutte e tre funzioni sullo stesso oggetto in studio, l'uno dopo l'altro, a fine di dettagliare sempre di più il mesh riportando la geometria dell'oggetto originario.

### 5.2.3. DEI STRUMENTI E NON UNA SOLUZIONE

L'ottimizzazione informatica dell'Architettura neutralizza il saper fare e la sottigliezza umana del progettista. Quindi bisogna adeguarsi allo strumento, come un modo di evidenziare un processo di riflessione, e non una soluzione che sia riproducibile in modo automatico.

La ricerca dell'elemento che porti ad una soluzione congeniale, questa è la progettazione intesa come Arte. Il processo creativo non può basarsi sul nulla, in quanto l'opera edile deve anche riempire una funzione. L'Architettura Bioclimatica dà l'onore alla geometria di essere protagonista nel suo ambiente a fine di soddisfare il comfort dell'utente. Il bisogno è reale e il risultato è concreto. Dal mondo statico, si solleva verso il mondo dinamico, dove l'azione comanda, e la macchina bioclimatica prende vita. Il risultato deve emozionare sia il progettista che l'utente, in quanto Arte anima l'inerte.

Però il processo deve semplificare la scelta del progettista, come per esempio il progetto Design Explorer, sviluppato da Chris Mackey e Mostapha Roudsari, nel team di Thornton Tomasetti<sup>[1]</sup>. L'idea è di poter raccogliere una massa di soluzioni, presentando una serie di comportamenti e di risultati per tanti parametri. Messi insieme su un grafico, si possono scegliere le diverse soluzioni attraverso una interazione. Scegliendo mano a mano diversi range nei valori interessati, si riesce ad evidenziare il progetto idoneo, o a quanto meno, una direzione di progettazione.

Vedi illustrazione in seguito.

Questa rappresentazione implica una serie di iterazioni necessarie in qualunque progetto. Le diverse fasi sono più o meno in serie, nel senso che dopo una scala di studio, per un progetto bioclimatico, si acquisiscono risultati non modificabili, in quanto sono il frutto di input oggettivi inerenti al progetto.

Invece, durante la progettazione all'interno di una scala di progetto, una prova volumetrica, oppure una prova di materiale, o ancora di potenza di una centrale termica sono tante iterazioni da simulare per avvicinarsi a una progettazione giusta, e pronta ad accogliere l'ingegnerizzazione degli impianti, o della struttura, o di quant'altro.

Può essere definito sia come un miglioramento dal punto di vista dell'architetto per evitare errori gravi, impattando sul progetto finale attraverso l'ingegnerizzazione; sia come modo di lavorare in gruppo per effettuare una progettazione integrale.

Quest'ultima soluzione è molto più virtuosa del BIM, nel quale ogni progettista rimane comunque racchiuso nella sua sfera di conoscenze. Qui, invece, i confini sarebbero cancellati grazie ad un pluridisciplinarietà creando esperienze ampie per tutti i progettisti del processo edilizio.

---

1 <http://tt-acm.github.io/DesignExplorer/>

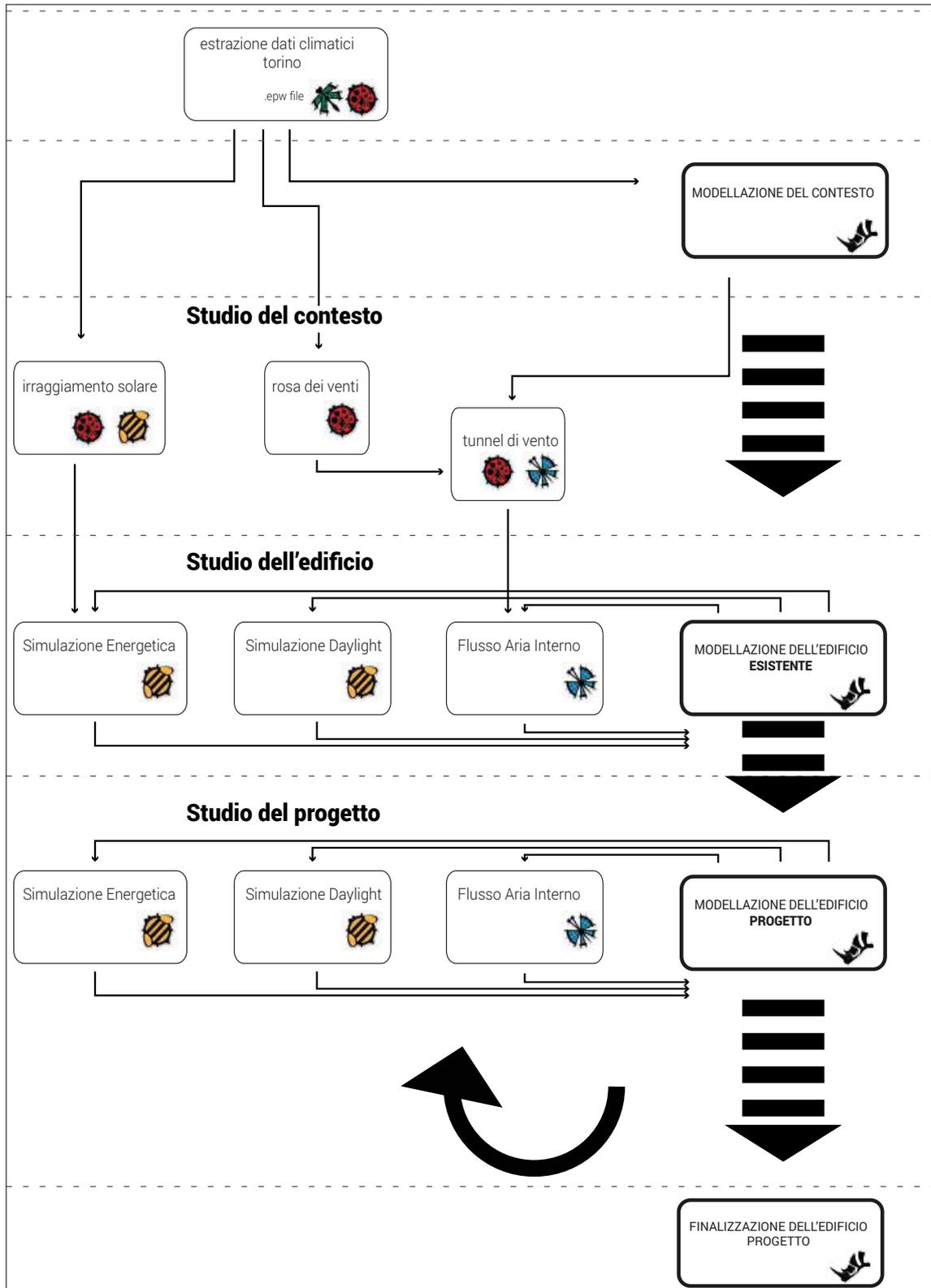


FIG 5. 2. 3. 3. 1\_ SCHEMA DEL PROCESSO DI PROGETTAZIONE

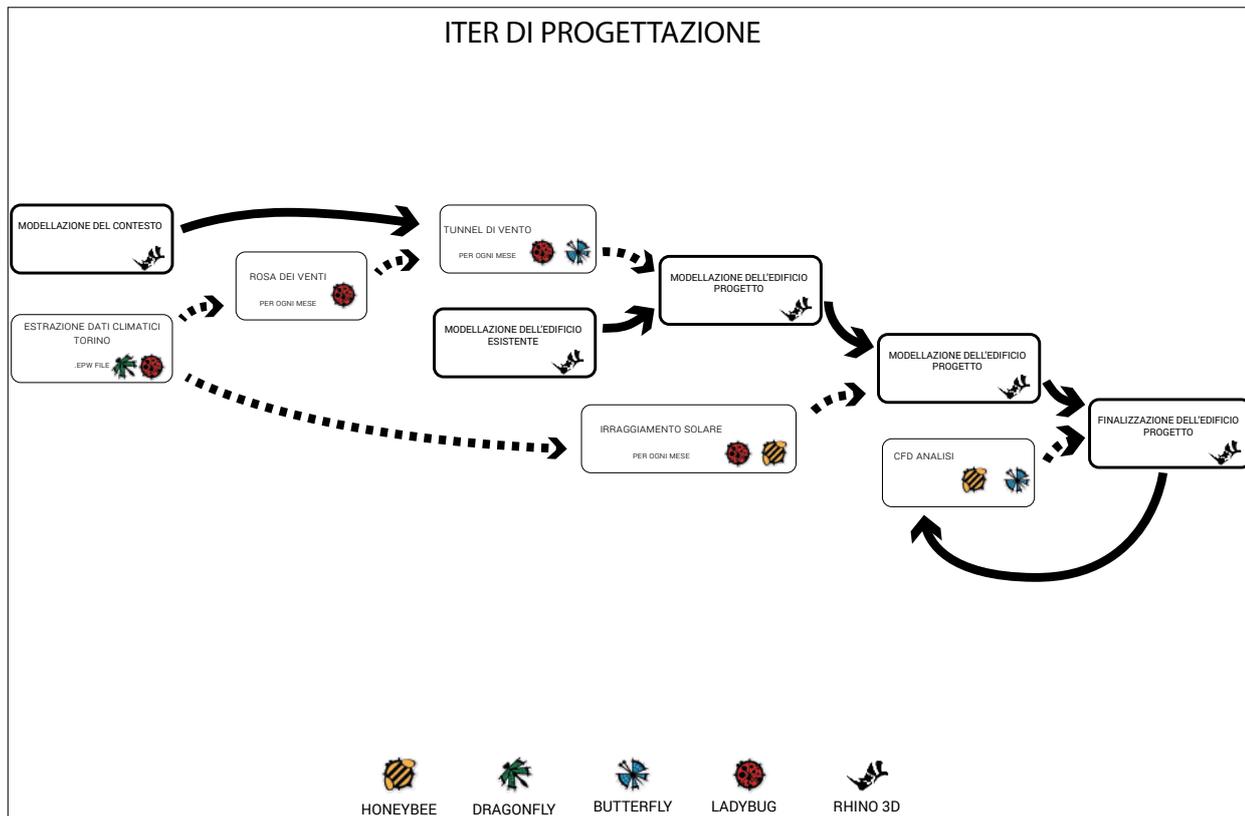


FIG 5. 2. 3. 3\_ 2\_ SCHEMA DETTAGLIATO DELL'ITER PROGETTUALE

Questo diagramma illustra un tipo di progettazione usando esclusivamente i software sopracitati in quanto bastano per costruire una vera idea progettuale. Nel mentre si cerca di disegnare tecnicamente il progetto, confrontando sia l'aspetto di fattibilità tecnica, sia la fattibilità e l'efficienza termodinamica.

## 5. 3. «STD» : SIMULAZIONE TERMODINAMICA

### 5. 3. 1. TEORIA

La simulazione Termica Dinamica ( STD ) rappresenta il calcolo dell'evoluzione temporale dello stato termico di un sistema usando un modello numerico approssimativo dell'oggetto reale calcolato con un metodo a elementi finiti. Si ottiene in tutti gli istanti, la temperatura in una certa quantità di punti degli elementi che compongono l'oggetto. Evolve in funzione delle diverse leggi della termofisica, come i scambi termici per convezione, per conduzione o per irraggiamento, ma anche come il cambio di stato. La STD può essere applicata in diversi tipi di sistema tra cui un edificio fa parte. Il concetto di simulazione termica dinamica è diventato un elemento di progettazione nell'edilizia, dovuto all'importanza dei fenomeni dinamici della termica e il risparmio sia energetico che economico che riporta.

Più specificamente, la STD permette di stimare i fabbisogni termici per riscaldare e raffreddare. Prende in considerazione le prestazioni dell'involucro, tra cui l'inerzia termica, i diversi carichi termici, che sia endogeno oppure contestuale, l'irraggiamento solare, l'extraflusso verso la volta celeste durante la notte, ecc..

Si può anche tenere conto, nel caso del calcolo del consumo energetico, dei sistemi energetici,. In questo caso, si chiama Simulazione Energetica Dinamica ( SED ).

La STD può essere applicata sia nell'edilizia ex-novo, sia nella ristrutturazione, com'è il caso in questo studio.

### 5. 3. 2. SOFTWARES CERTIFICATI

I software della STD sono di solito focalizzati sulla certificazione edilizia, anzi sono scritti integrando nella loro architettura le normative. E' diventato uno strumento per quantificare con precisione, con l'aiuto del BIM soprattutto, i fabbisogni termici ed energetici. Il potere notevole di questi softwares, è la loro capacità di misurare l'effetto dinamico dei carichi termici, rispetto al materiale che gli viene in contro. La creazione di essi è molto spesso dovuto ad enti certificatori,. Possiamo elencare alcuni softwares :

- Design Builder : software concepito per facilitare l'inserimento dei dati.<sup>[1]</sup>
- Lesosai : software di calcolo di bilancio termico e certificazione Minergie.<sup>[2]</sup>
- Pleiades+Comfie : Suite di softwares francese, per l'ottimizzazione energetica degli edifici<sup>[3]</sup>
- Trnsys : Software d'impiantizzazione e di calcolo di bilancio termico<sup>[4]</sup>

### 5. 3. 3. SOFTWARES OPENSOURCE

Sul mercato dei software di certificazione termica, non esistono software OpenSource, in quanto devono essere omologati per poter restituire la certificazione in questione.

Tuttavia, ci sono dei softwares che effettuano lo stesso calcolo, a volte più dettagliato, ma soprattutto in modo totalmente libero, senza preimpostazione di materiali per esempio. Bisogna quindi essere molto attento quando si fa l'uso, e non sono di sicuro molto efficienti rispetto a quelli certificati quando si tratta di edifici a richiesta certificazione. Diventano molto preziosi qualora si faccia un progetto di ricerca come questo studio, oppure per una lavorazione privata, dalla quale il cliente è consapevole che non è una progettazione convenzionale, ma un'architettura basata sulla singolarità .

1 <http://www.designbuilderitalia.it/>

2 <http://www.lesosai.com/it/index.cfm>

3 <http://www.izuba.fr/logiciels/>

4 <http://www.trnsys.com/>

EnergyPLUS è il software già citato qui sopra che permette di realizzare una simulazione termicodinamica a tutti gli effetti. Servirà tuttavia un altro software di GUI, ossia di interfaccia per l'utente. Permette di svelare le volumetrie e i risultati graficamente. La simulazione dettagliata in termini di fluido dinamica, sarà poi gestito da altri softwares.



FIG 5. 3. 3. 3. 1\_ ENERGYPLUS E OPENSTUDIO



FIG 5. 3. 3. 3. 2\_ SIMFLOW

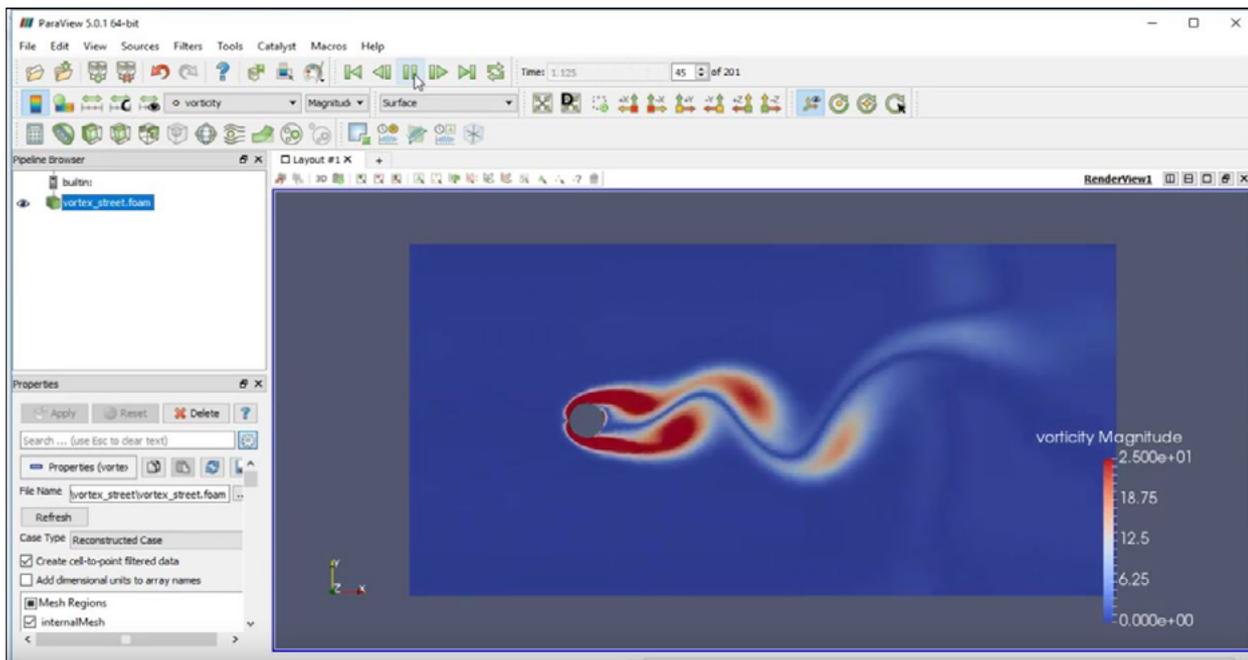


FIG 5. 3. 3. 3. 3\_ SCREENSHOT SIMULAZIONE VENTO

## 5. 4. «CFD» : COMPUTATIONAL FLUID-DYNAMIC

### 5. 4. 1. TEORIA

La fluidodinamica computazionale ( CFD ) consiste nel studiare il moto dei fluidi, o i loro effetti, attraverso la risoluzione numerica delle equazioni che inquadrano la dinamica dei fluidi. In funzione delle approssimazioni che si desidera, di solito come compromesso tra la precisione fisica e le risorse del calcolatore (il computer), le equazioni possono essere le equazioni di Eulero, oppure le equazioni di Navier-Stokes. La differenza sta nel concetto di viscosità le cui equazioni di Navier-Stokes formulano come componente dinamico.

#### 5. 4. 1. 1. EQUAZIONI DI EULERO

Descrivono il flusso dei fluidi nell'approssimazione di un mezzo continuo. Non sono presenti scambi di quantità di moto per viscosità né scambi di energia per conduzione termica. Il loro utilizzo nel nostro caso è quindi non rilevante.

- Equazione di continuità :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho V) = 0$$

dove :

$\rho$  : Densità del fluido

$V$  : Velocità

- Bilancio della quantità di moto:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho V V) = -\nabla p + \rho g$$

dove :

p : pressione del fluido

- Bilancio di energia :

$$\frac{\partial(\rho E)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho E V) = -\nabla(pV) + \rho g \cdot V$$

dove :

E : Energia totale

#### 5. 4. 1. 2. EQUAZIONI DI NAVIER STOKES

Sono equazioni anche loro ai derivati parziali, non lineare, usate per descrivere il moto dei fluidi newtoniani, quali i gaz e quasi tutti i liquidi. Qui però, si studia anche la viscosità del fluido, e quindi appare un nuovo componente facendo riferimento ad essa.

$$-\mu \cdot \int_A \frac{\partial v}{\partial n} dA$$

#### 5. 4. 2. SOFTWARES CERTIFICATI

Alcuni softwares visti prima per la simulazione Termodinamica sono in grado di effettuare Simulazione CFD, come DesignBuilder per esempio.

Ci sono altri softwares a pagamento, e permettono di usufruire di una interfaccia gradevole. Si può elencare :

- SimFlow : Software di cui la versione gratuita e a tempo infinito, ma il meshing no può superare una certa soglia.<sup>[1]</sup>
- SimScale : Software usato nel ingegneria fluido dinamica, ma anche meccanica, aerospaziale, ..<sup>[2]</sup>
- ANSYS\_Fluent : Idem a quello precedente, con precisione molto elevata.<sup>[3]</sup>

1 <https://sim-flow.com/download/free-cfd-software/>

2 <https://www.simscale.com/>

3 <https://www.ansys.com/it-it/products/fluids/ansys-fluent>

### 5. 4. 3. SOFTWARES OPENSOURCE

Esistono diversi softwares opensource per simulare delle situazione di fluido dinamica. Tra quelli trovati, sono presentati qui due softwares molto utili per quanto riguarda l'analisi di fluidodinamica. Il primo rappresenta in modo qualitativo i fenomeni termici in ambienti interni ma anche esterni. Il secondo è OpenFOAM, si tratta di un motore di calcolo di referenza nel mondo della simulazione fluidodinamica, come il surriscaldamento di pezzi elettronici, il volo di un aereo, ma può anche essere usato per simulare fenomeni di condizionamento passivo in Architettura.



FIG 5. 4. 3. 2. 1\_ ENERGY2D

Energy2D<sup>[1]</sup> è stato elaborato da The Concord Consortium. Basato sulla fisica computazionale, Energy2D è un programma di simulazione multifisica visiva interattiva che modella tutte e tre le modalità di conduzione del calore, convezione e radiazione, e il loro accoppiamento con la dinamica delle particelle. Energy2D funziona rapidamente sulla maggior parte dei computer ed elimina gli switch tra preprocessori, solutori e postprocessori tipicamente necessari per eseguire simulazioni fluidodinamiche computazionali. Ti consente di progettare «esperimenti computazionali» per testare un'ipotesi scientifica o risolvere un problema di ingegneria senza ricorrere a matematica complessa. È in corso anche il lavoro per incorporare altri tipi di trasformazioni energetiche (ad esempio, cambiamenti di fase e reazioni chimiche attraverso la condizione di Stefan), per supportare diversi tipi di fluidi (ad esempio aria e acqua) e per fornire interfacce di sensori per la creazione di applicazioni di realtà mista.<sup>[2]</sup>

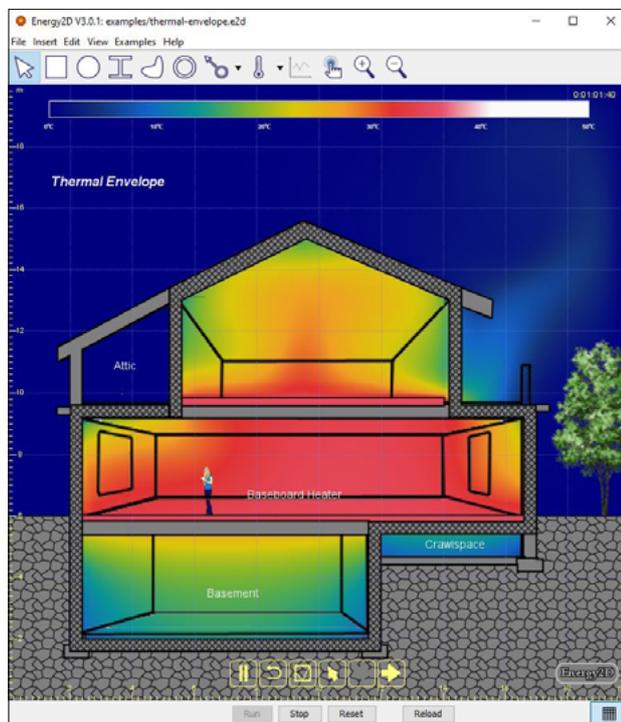


FIG 5. 4. 3. 2. 2\_ SCREENSHOT DEL PAVIMENTO RADIANTE

1 <http://energy.concord.org/energy2d/>

2 Charles Xie, *Interactive Heat Transfer Simulations for Everyone, The Physics Teacher, Volume 50, Issue 4, pp. 237-240, 2012.*

OpenFOAM<sup>[1]</sup> è il software CFD gratuito e open source rilasciato e sviluppato principalmente da OpenCFD Ltd dal 2004. Ha una vasta base di utenti in molte aree dell'ingegneria e della scienza, sia da organizzazioni commerciali che accademiche. OpenFOAM ha una vasta gamma di funzioni per risolvere qualsiasi cosa, da flussi di fluidi complessi che coinvolgono reazioni chimiche, turbolenza e trasferimento di calore, a acustica, meccanica solida ed elettromagnetica. Di Più...

OpenFOAM viene rilasciato professionalmente ogni sei mesi per includere sviluppi e contributi sponsorizzati dalla comunità. Viene testato indipendentemente dagli specialisti dell'applicazione, dai partner di sviluppo e dai clienti selezionati di ESI-OpenCFD e supportato dall'infrastruttura, dai valori e dall'impegno mondiale di ESI.

La garanzia della qualità si basa su test rigorosi. Il processo di valutazione, verifica e convalida del codice include diverse centinaia di test unitari giornalieri, una batteria di prova di medie dimensioni eseguita su base settimanale e una batteria di prova di grandi dimensioni basata sul settore prima delle nuove versioni. I test sono progettati per valutare il comportamento di regressione, l'utilizzo della memoria, le prestazioni del codice e la scalabilità.



FIG 5. 4. 3. 2. 3\_ OPENFOAM LOGO

Il software opensource è OpenFOAM, ma come già scritto precedentemente, ha bisogno di un interfaccia più diretta per poter dialogare con il progettista.

In più, gira su Linux e non su Windows. Bisogna quindi munirsi di una macchina virtuale. Questo si fa anche gratuitamente attraverso il programma Oracle Virtual Box<sup>[2]</sup>

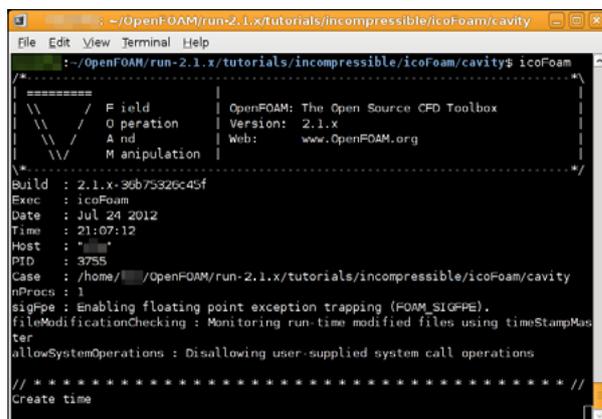


FIG 5. 4. 3. 2. 4\_ SCHERMO DI INTERFACCIA DI OPENFOAM

1 <https://www.openfoam.com/>

2 <https://www.virtualbox.org/>

# 6. SIMULAZIONE DELL'ESISTENTE

## 6.1. RILIEVO E MODELLAZIONE

Come precisato precedentemente, l'intera struttura è composta da una composizione di diversi edifici. Si è andato a modellare i diversi volumi e usarli sia singolarmente per alcune simulazioni, sia complessivamente per altre.

### 6.1.1. VALUTAZIONE DELLA STATO DI CONSERVAZIONE

Lo stabile presenta carenze per cui non è usufruibile. I serramenti su strada sono stati condannati per evitare le intrusioni intempestive, e gli accessi chiusi a chiave. Non è però una rovina, quanto la struttura della copertura e il mantello sono in condizioni buone, e la struttura muraria portante non presenta debolezze. Gli intonaci sono in qualche parte molto rovinati. non ci sono assenze di tegole, né di ossidazione della lamiera greccata in copertura.

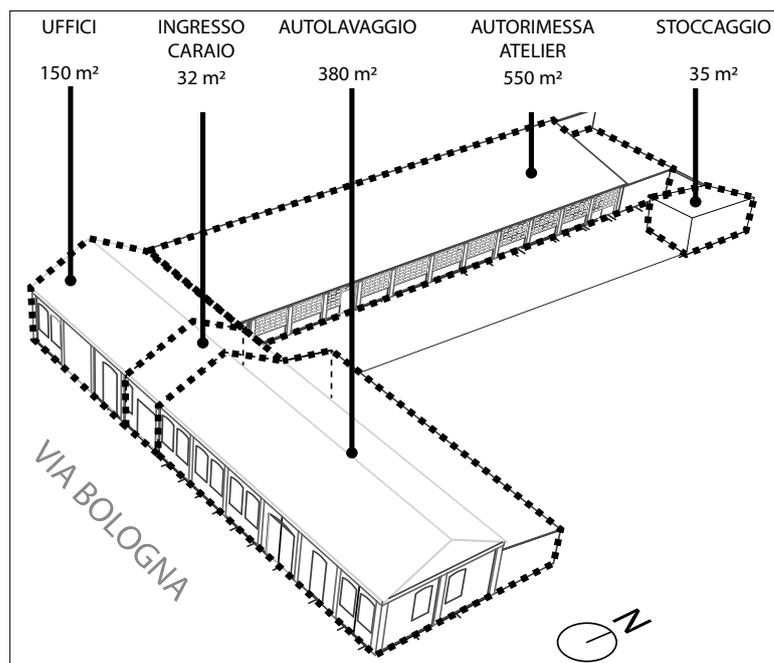


FIG 6. 1. 1. 2. 1\_ ASSONOMETRIA DESCRITTIVA DELLE VECCHIE ATTIVITÀ DEI LOCALI

NOME EDIFICIO	SUPERFICIE	ALTEZZA MEDIA	VOLUME
	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m <sup>3</sup> ]
MANICA SU STRADA	350	6	2100
MANICA SU CORTILE	650	5	3250

La tabella indica le superficie e i volumi delle due zone dello stabile. L'altezza è quella media. Si è usato Autocad per le superficie e le altezze, e correlati con Rhino per la misura del volume.



FIG 6. 1. 2\_ STATO DI FATTO \_ VISTA DALL'INGRESSO SU STRADA

Gli infissi in cortile sono da riciclare, e il sistema di grondaie è anche da ripristinare. Il cordolo di cemento della manica principale non presenta rischi di cedimento, nè ferri in uscita dovuto a corrosione. Il pavimento è allo stesso livello nel corridoio d'ingresso, all'aperto, quindi non ci sono barriere architettoniche tra la strada e il cortile. E' un elemento importante per quanto si tratterà di una casa addebbita al pubblico.

Si nota che il progetto mira anche a demolire alcune parti del manufatto, come il volume in evidenza sulla destra della fotografia.



FIG 6. 1. 1. 2. 3\_ STATO DI FATTO \_ SPAZIO SU STRADA VISTA VERSO CORTILE

Lo stabile ha ricevuto un trattamento di incapsulamento per l'amianto probabilmente contenuto negli intonaci cementizi della manica principale. Questo studio non prenderà in totale considerazione il vincolo della presenza dell'amianto, in quanto la ristrutturazione su edifici in presenza d'amianto richiedono accertamenti e processi molto complessi. Si terrà solo presente un nuovo incapsulamento a fine di inglobare perfettamente gli intonaci, e sigillare la lavorazione, creando un capotto interno, a fine di procedere al risanamento amianto di tipo 2 secondo il Decreto Ministeriale del 6 Settembre 1994.



FIG 6. 1. 1. 2. 4\_ STATO DI FATTO \_ VISTA DELL'AUTOLAVAGGIO

La manica abusiva è costruita sia in struttura c.a., sia mon mattoni ci calcestruzzo come setto si tamponamento, inglobando un telaio in c.a.. Sono tre serie di appoggi di tre tipologie costruttive diverse. L'orditura della copertura è sana, come la basi dei muri di tamponamento. Non si vedono macchie di umidità, né di muffa o fiocrescenze.

Il pavimento presenta la particolarità di sopportare lo scarico delle acqua usate. Non ci sono tracce di amianto.

Si nota che la luce naturale si diffonde bene in questo volume, orientato verso Est.

#### 6. 1. 1. 1. DETTAGLI

La struttura portante della manica principale è concentrata su tutto l'involucro, grazie a dei pilastri di mattoni pieni, che fuoriescono dallo spessore della muratura di una testa di mattone. Questi pilastri sono montati in modo tale che la muratura in setto sia connesso meccanicamente a loro.

La fotografia rivela la parte più danneggiata dello stabile. Il pilastro possiede un nucleo vuoto di circa 10cm su 10cm, dovuto all'assemblaggio dei mattoni.

Il basamento è visibile e rialza la muratura di circa 40cm dal livello del marciapiede. Questo zoccolo ha permesso anche di evitare la risalita capillare dell'umidità del terreno nella muratura porosa.

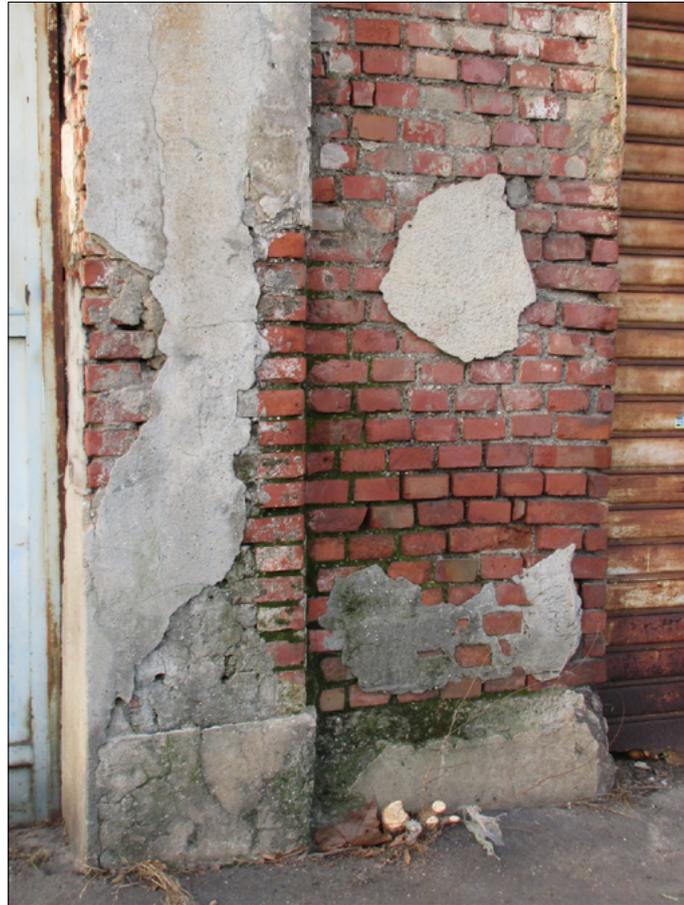


FIG 6. 1. 1. 1\_ DETTAGLIO DELLA MURATURA TRA PILASTRO E MURO

Dall'espressione del muro, si comprende l'ordinamento usato per costruire questo stabile. Dall'orientazione dei mattoni, si riesce anche ad intuire lo spessore dei muri, pari a la lunghezza della costa.

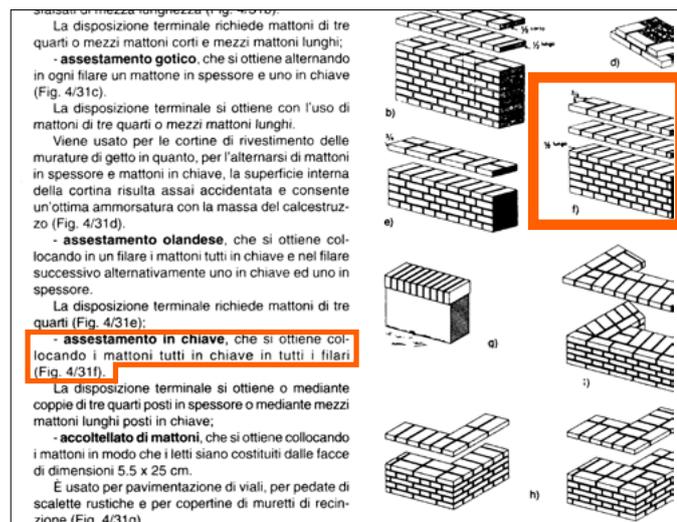


FIG 6. 1. 1. 1\_ 2\_ TIPOLOGIA DI ASSESTAMENTO DELLA MURATURA

## 6.1.2. MODELLAZIONE 3D DELL'ESISTENTE

Successivamente al rilievo fotografico, si è modellato la volumetria del contesto dello stabile in modo grossolano, e anche in dettaglio l'edificio del progetto. In questa fase, le superfici, i volumi non hanno nessun significato fisico, in quanto non si può inserire informazione di elementi come su un software BIM.

Si è andato anche a modellare le maschere vegetali più significative del contesto, in modo abbozzato. Il loro scopo sarà di risolvere le simulazioni di tunnel di vento e anche di illuminamento sulla struttura durante le diverse stagioni.

L'interfaccia di Rhinoceros3D è intuitiva; i livelli di lavoro sono sotto forma di lista sulla destra, e le azioni principali per generare forme sono elencati a Sinistra dello schermo. Questa struttura del modo d'uso è molto frequente nei software di progettazione di modellizzazione.

Invece la barra dei comandi, al contrario di Autocad, si trova in parte alta.

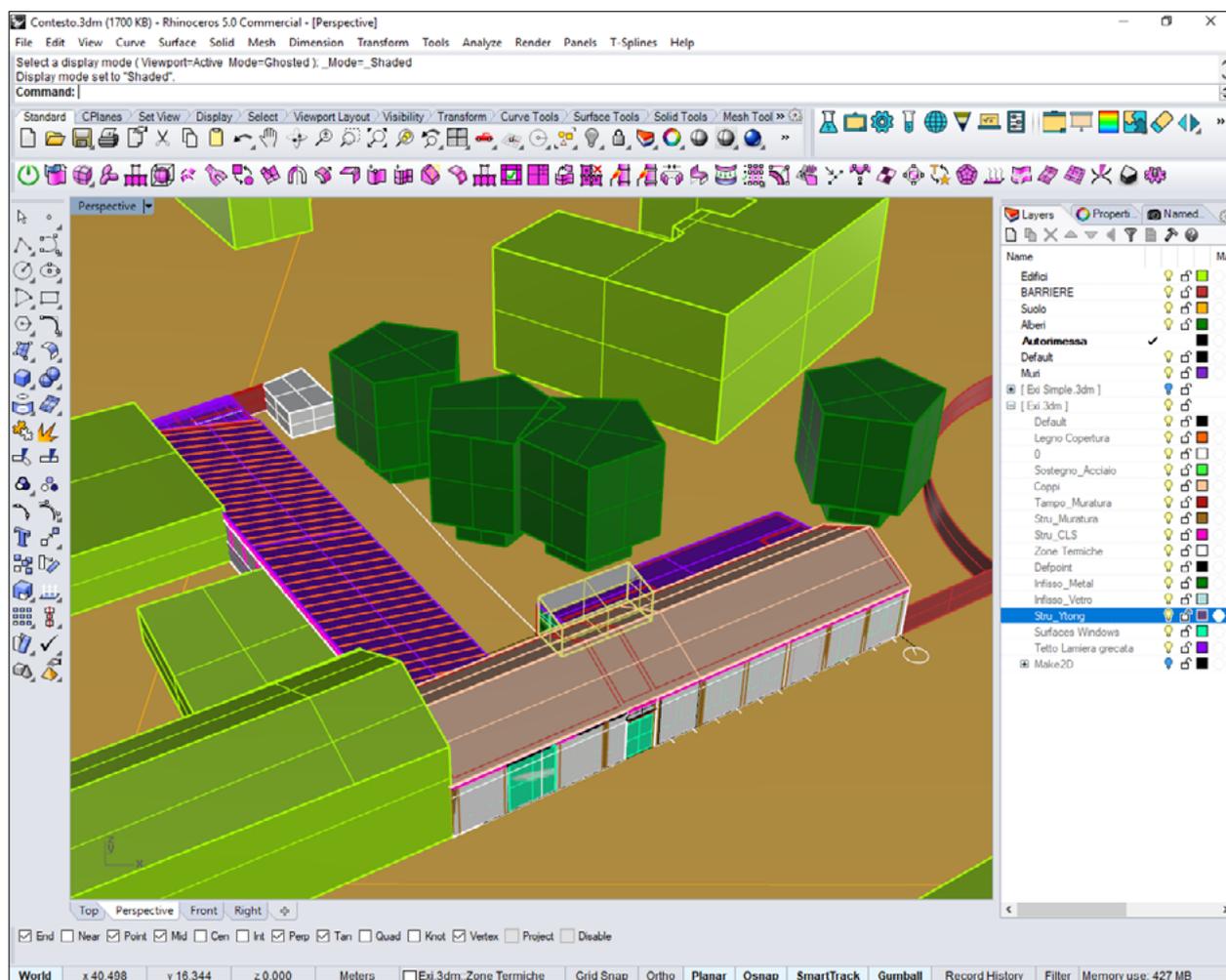


FIG 6. 1. 2. 1. 1\_ VISTA PERSPETTIVA DEL MODELLO DETTAGLIATO

Questa vista dall'altro fa vedere la differenziazione dei diversi livelli di colore. La particolarità è che sono sem-trasparente, ed permettono di visualizzare molti più oggetti, e selezionarli con più facilità. Qua, infatti, si era selezionato il cubo da demolire a destra del corridoio d'ingresso.

Ci sono quattro viste principali come tutti software di modellazione, ma si usa principalmente il 3d, a meno che si debba collocare un elemento.

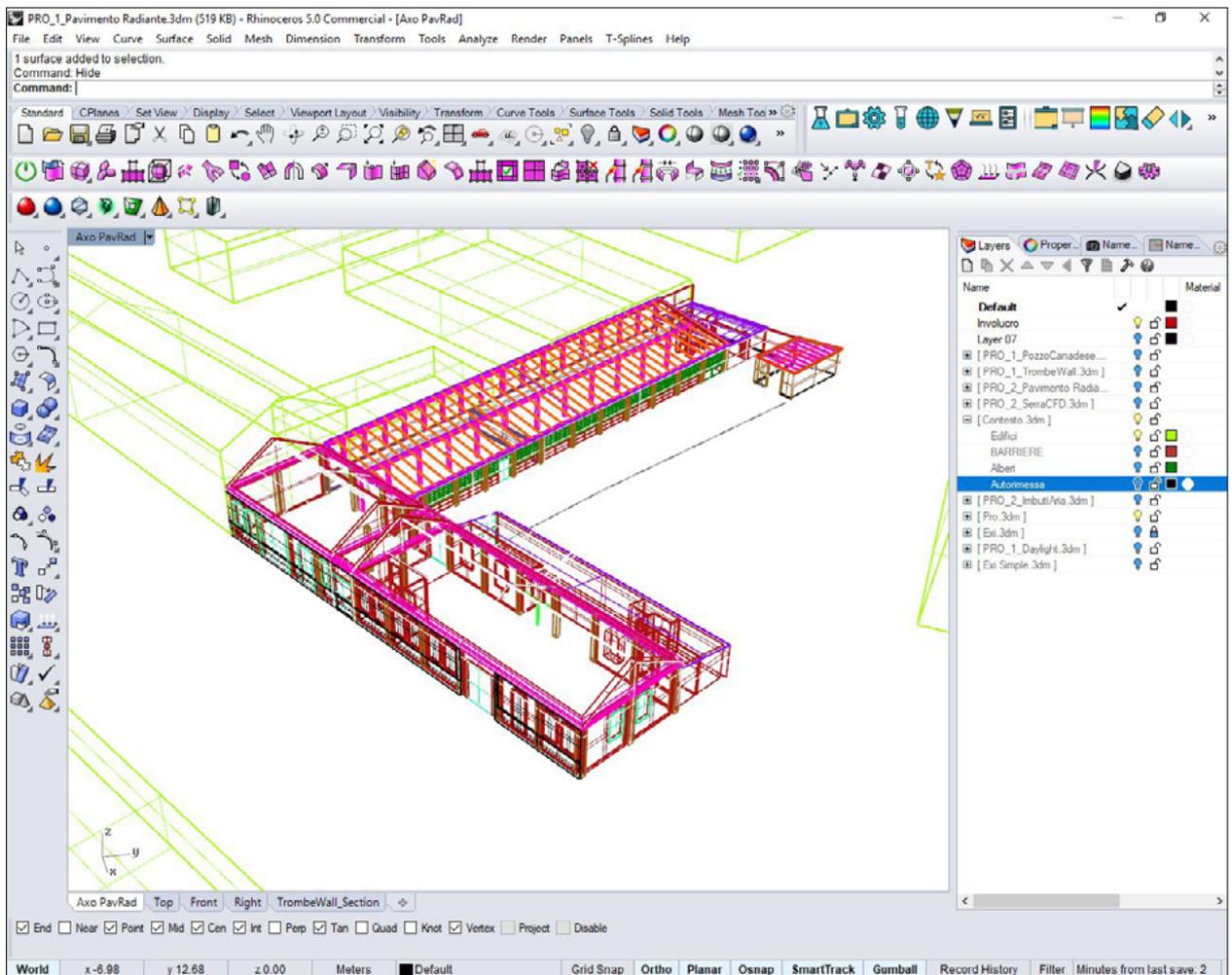


FIG 6. 1. 2. 1. 2\_ VISTA PERSPETTIVA WIREFRAME DEL MODELLO DETTAGLIATO

Questa rappresentazione è fin troppo dettagliata per le future simulazione che si arano dal modello dell'esistente. Serve una modellazione più sintetica per attendere a dei risultati pertinenti.

La seconda illustrazione fa capire il livello di dettaglio da portare in esame per la simulazione dell'edificio nel suo contesto urbano. Si sono elevati i semplici volumi, tagliati in zone progettuali, e rappresentando comunque le aperture.

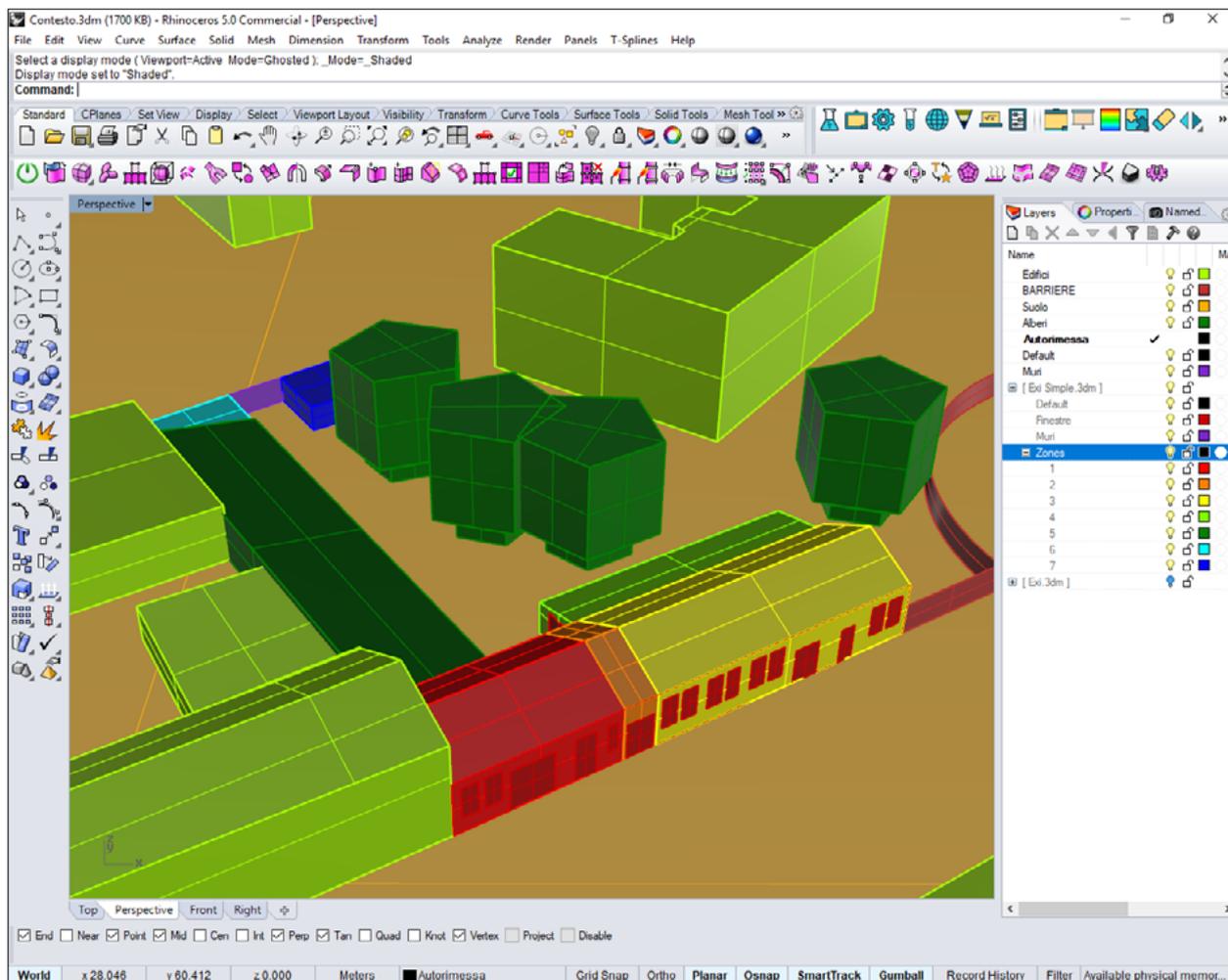


FIG 6. 1. 2. 1. 3\_ VISTA PERSPETTIVA DEL MODELLO SEMPLIFICATO

### 6.1.3. RECUPERO DATI CLIMATICI LOCALI

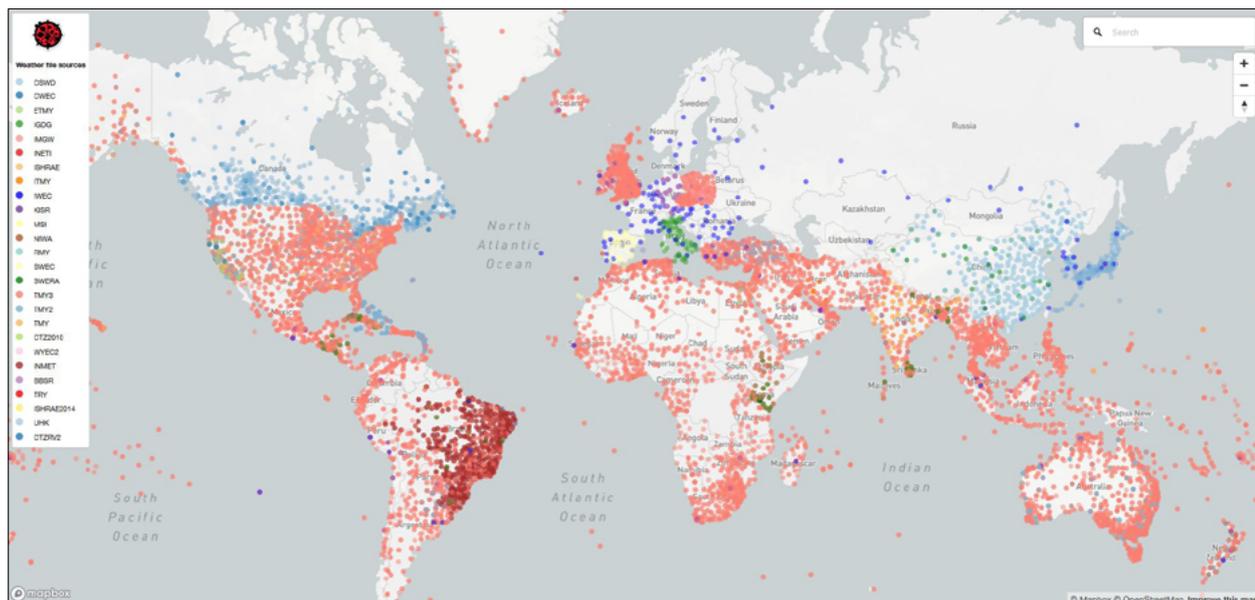


FIG 6. 1. 3. 1. 1\_ WORLDMAP DEI FILE .EPW PER I DATI CLIMATICI

La ricerca dei dati climatici è stata eseguita totalmente dal componente di Grasshopper, Ladybug, descritto qui sopra. Il processo di ricerca dati si può fare in tre modi diversi :

- Accedere al sito internet <http://ladybug.tools/epwmap>, e incollare l'URL della pagina internet del sito in studio
- Scaricare la cartelle dei dati climatici dallo stesso sito internet, e indicare il percorso sul computer
- Sfruttare la ricerca intelligente del plugin per ritrovare il file .epw sul computer.

L'illustrazione qui sopra sta ad indicare la ricchezza di questi dati aperti al pubblico. Principalmente, sono i paesi sviluppati quelli con piu database, però si stanno allargando le base meteorologiche terrestre per aumentare la conoscenza del nostro pianeta su tutti i suoi angoli.

Per quanto riguarda Torino, esistono due stazioni meteorologiche. Tuttavia, i dati più rilevanti sono stati misurati in zona Caselle, viste le condizioni geografiche del progetto. Il progetto si terrà quindi a queste condizioni iniziali. L'altra stazione essendo a San Maurizio Canavese.

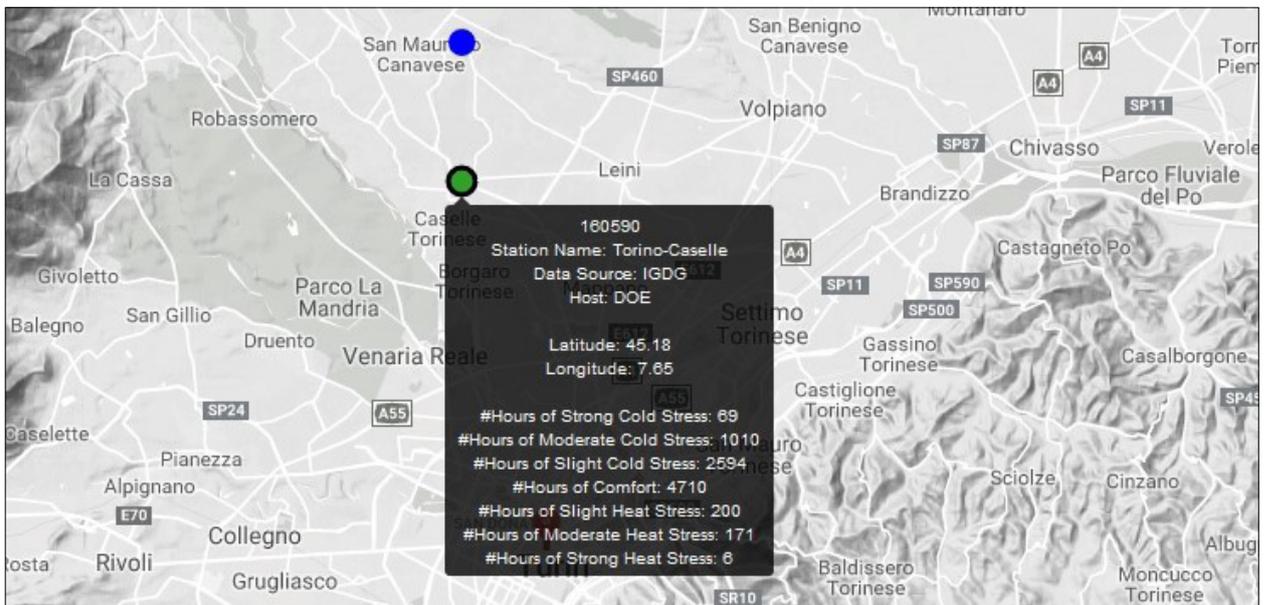


FIG 6. 1. 3. 1. 2\_ MAPPA DEI DATI CLIMATICI PER TORINO

## 6. 2. SIMULAZIONI DEL CONTESTO

Le diverse elaborazioni dei dati climatici hanno permesso in seguito a elaborare simulazioni, per diversi periodi, di un tunnel di vento appositamente orientato a secondo delle medie di ciascun periodo.

In prima battuta, si sono rappresentati i diversi grafici delle temperature e dei venti dominanti.

A fine di elaborare i grafici da qui in poi, si definiscono due periodi che saranno ricorrenti. Si definirà «periodo invernale» il periodo dal 15 Ottobre al 15 Aprile, e «periodo estivo» quello dal 15 Aprile al 15 Ottobre.

### 6.2.1. TEMPERATURE LOCALI

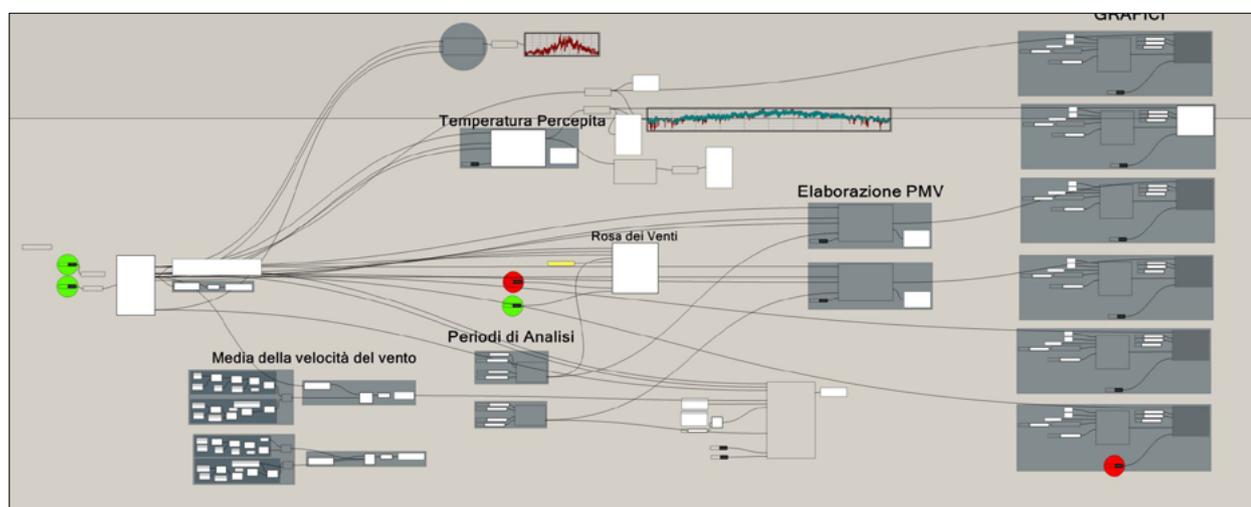


FIG 6. 2. 1. 1. 1\_ SCRIPT PER GENERARE DATI CLIMATICI

#### 6. 2. 1. 1. TEMPERATURA A BULBO SECCO

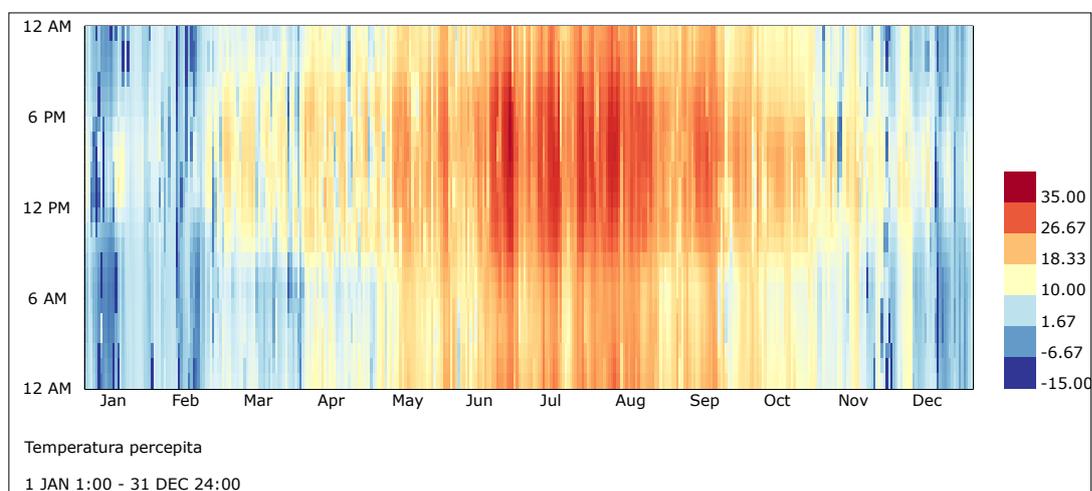


FIG 6. 2. 1. 1. 1\_ TEMPERATURA A BULBO SECCO DURANTE L'ANNO

Il diagramma delle temperature a bulbo secco rappresenta la temperatura senza prendere in considerazione altri parametri intrinseci al contesto. Il range dei valori è molto ampio, come tutte le parti della zona temperata dell'Europa continentale. I mesi d'estate sono caldi in maniera continua, senza raffreddamento effettivo durante la notte. Questo spiega l'inerzia termica del terreno e del costruito delle città. È un fenomeno che diventa sempre più preoccupante in città, considerando la capacità termica del calcestruzzo, che viene usato sistematicamente. Gli involucri suriscaldano l'aria ambiente per irraggiamento dopo essersi riscaldato dal sole.

### 6. 2. 1. 2. TEMPERATURA PERCEPITA

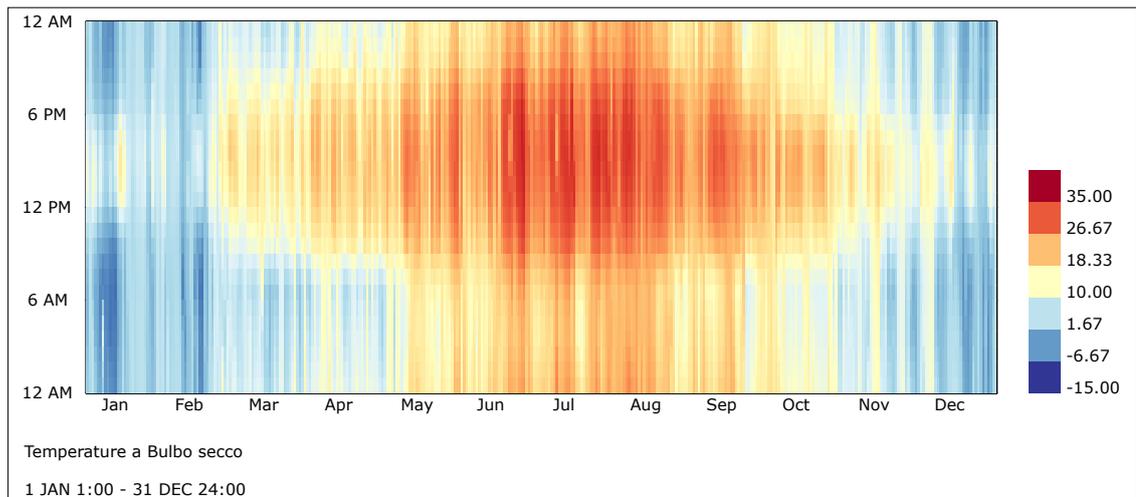


FIG 6. 2. 1. 2. 1\_ TEMPERATURA PERCEPITA DURANTE L'ANNO

Si nota che la temperatura percepita è meno contrastata di quella a bulbo secco. L'igrometria, la velocità dell'aria sono due parametri che regolano la temperatura percepita. Virtualmente, il comfort esterno è più spesso raggiunto grazie a questi due parametri del contesto naturale. Rispetto alla curva della temperatura a bulbo secco, i valori massimi si raggiungono più lentamente.

Per di più, la temperatura di progetto a Torino, di  $-8^{\circ}\text{C}$ , è un valore di picco, di cui la probabilità di accadimento è relativamente bassa. Si dimensionano gli impianti di riscaldamento a secondo di questo valore, per poter coprire il comfort anche con questa differenza di temperatura.

Il consumo energetico è un calcolo che si fa a parte, tuttavia, si potrebbe avvicinare la temperatura di progetto ad una condizione più frequente. Questo permetterebbe di ridurre le potenze delle caldaie e di conseguenza ridurre il consumo degli utenti che, per trascurabilità o per alta richiesta di comfort, lasciano in funzione l'impianto termico quando non si è la necessità.

## 6.2.2. ROSA DEI VENTI

La rosa dei venti è uno strumento che permette di capire su un dato sito quanto potente è il vento, la sua frequenza e soprattutto di capire la sua direzione. Ci permette di capire come orientare la progettazione futura.

Si sono aggiunti dei filtri per ovviare alcuni fenomeni :

- Per il periodo invernale, si è presentato solo le frequenze dei venti superiori a 1m/s.
- Per il periodo estivo, si sono messe due condizioni. Si è presentato soltanto i venti riferiti ad una velocità inferiore a 1m/s e una temperatura a bulbo secco superiore a 24°C. Questa scelta mette in evidenza i venti da considerare quando la temperatura esterna è troppo elevata per raggiungere un comfort.

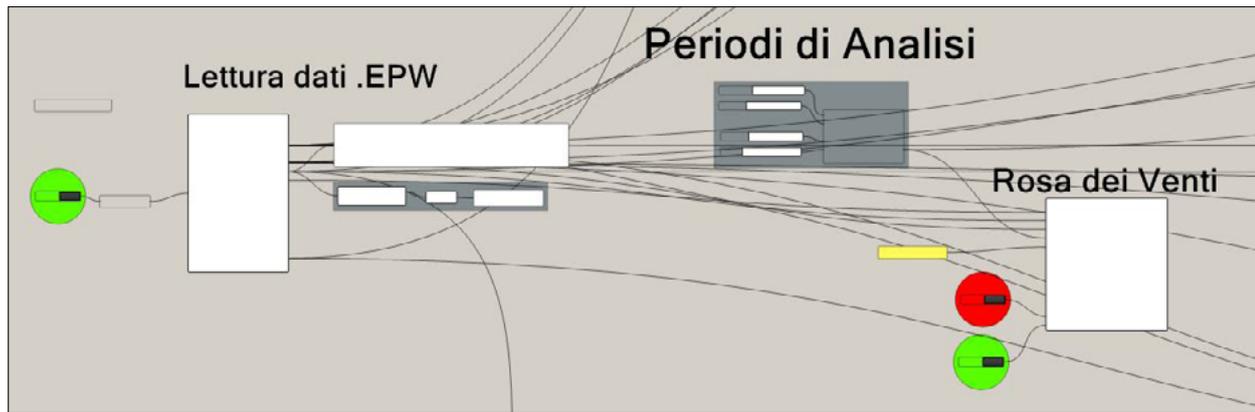


FIG 6. 2. 2. 1\_ SCRIPT PER LA GENERAZIONE DELLE ROSE DEI VENTI

### 6. 2. 2. 1. PERIODO INVERNALE

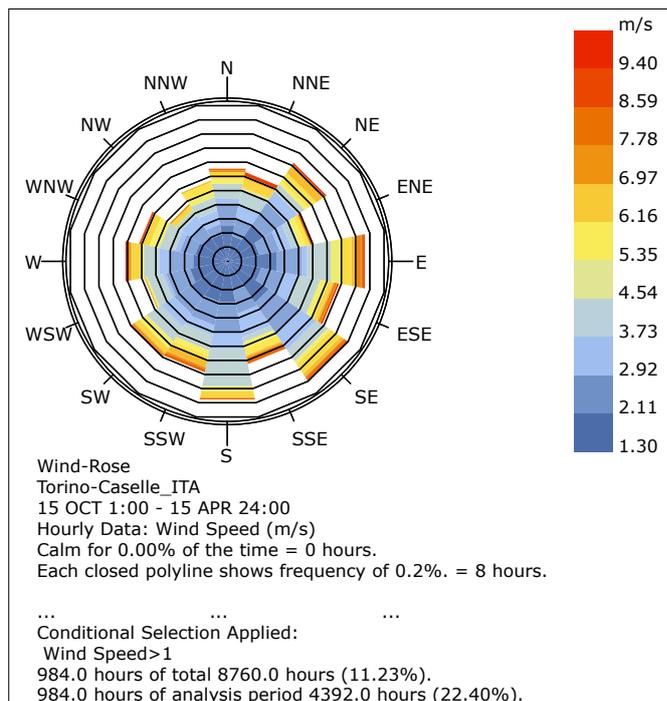


FIG 6. 2. 2. 1. 1\_ ROSA DEI VENTI \_ VELOCITÀ DELL'ARIA D'INVERNO

Durante il periodo invernale, si nota che la direzione prevalente del vento è da Sud-Est verso Nord-Ovest. In più, si vede che la maggioranza dei venti sono di velocità inferiore a 3m/s. Quantitativamente, ogni polilinea rappresenta una frequenza di 0,2%, cioè 8ore. Si legge che per il periodo invernale è sottomesso il 22% del tempo di un vento superiore a 1m/s. Un vento superiore a 7 m/s è già capitato per meno di 8 ore in media durante gli anni precedenti.

Lo scopo di questo studio è di poter capire il modo in cui si può scaricare l'aria viziata dall'interno. E' comunque meno usato in periodo invernale che in quello estivo.

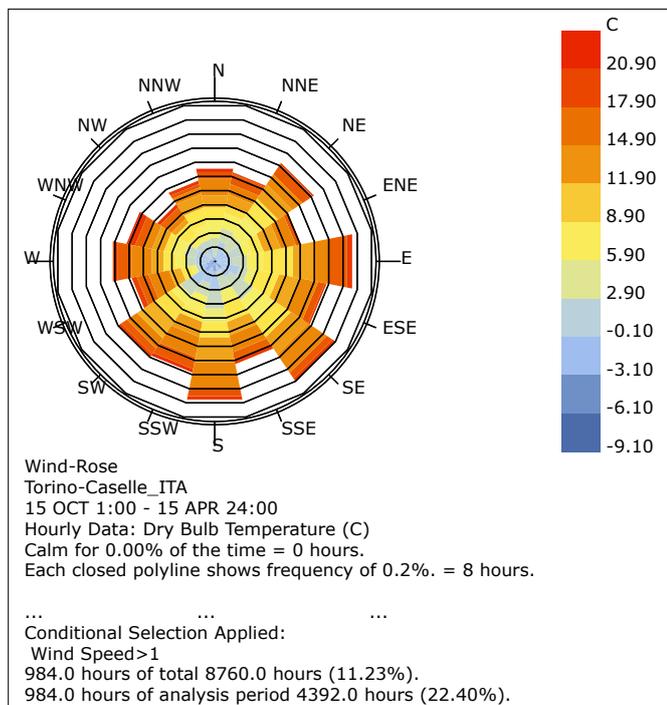


FIG 6. 2. 1. 2\_ ROSA DEI VENTI \_ TEMPERATURA DELL'ARIA D'INVERNO

Il diagramma delle temperature portate dal vento possiede un range di valori molto dispersivo. Le temperature vanno teoricamente da -9°C a 20°C. Leggendo più a fondo il diagramma, vediamo che la maggioranza delle ore di vento portano temperature dell'ordine di 0 a 12°C, con una media di circa 5°C. L'orientazione dei venti dominanti non viene da Nord-Ovest, dovuto alle montagne delle Alpi, bloccando il flusso da questa direzione.

6. 2. 2. 2. PERIODO ESTIVO

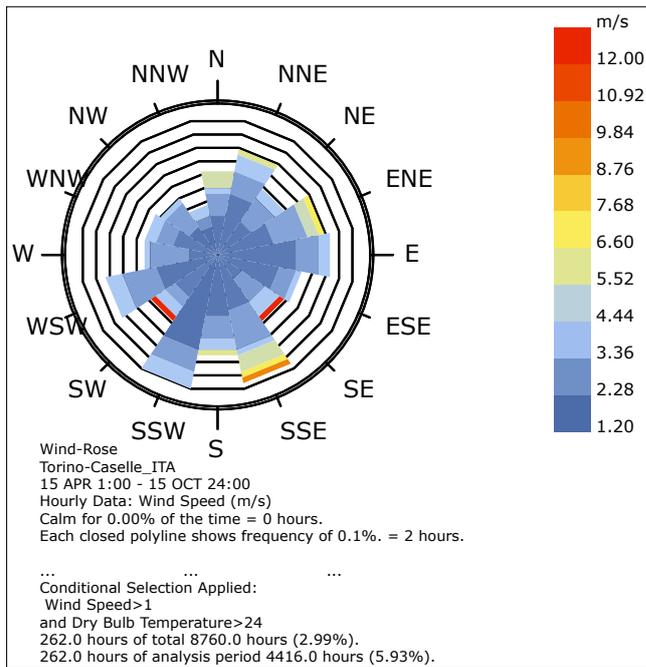


FIG 6. 2. 2. 2. 1\_ ROSA DEI VENTI \_ VELOCITÀ DELL'ARIA D'ESTATE

Il diagramma estivo fa capire che l'orientazione del vento è diversa in media. Ciò può essere interpretato come venti venendo dalla Liguria, dal mare oppure leccando la catena delle Alpi dal Nord. Le colline torinesi limitano i venti forti da Est, e gli raffreddano.

La grande maggioranza dei venti non superano 4 m/s, ed è già una velocità dalla quale possiamo trarre raffrescamento estivo. La facciata Sud dovrebbe essere sufficientemente areggiata. La frequenza delle condizioni di velocità dell'aria di 1m/s, e di una temperatura a bulbo secco inferiore a 24°C è solo di 6% della durata del periodo estivo, e vale a dire un po' più di 250 ore. Il resto del tempo, si dovrà principalmente raffrescare l'ambiente interno, grazie a sistemi di ventilazione preraffrescata.

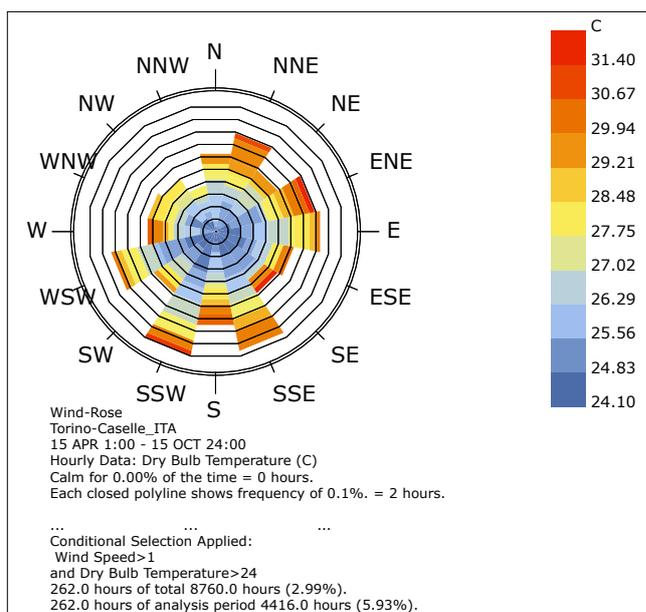


FIG 6. 2. 2. 2. 2\_ ROSA DEI VENTI \_ TEMPERATURA SECCA D'ESTATE SOTTO CONDIZIONI

La temperatura dei venti estivi ha un a media di circa 27°C, prendendo soltanto in considerazione i venti utili per il raffrescamento, ossia nelle condizioni di temperature esterne superiori a 24°C, e per cui il vento supera 1m/s. La frequenza utile è di 6% rispetto al periodo del 15 Aprile al 15 Ottobre. Si è effettuato una secondo analisi iniettando unicamente la condizione di temperatura superiore a 24°C, e si nota che la frequenza è raddoppiata. Ciò significa che per altri 6% del periodo estivo, il vento non può essere d'aiuto per temperare i volumi interni. Si dovrà quindi trovare un metodo alternativo per risolvere il sovraccarico critico.

Qui sotto la rosa dei venti esplicitata in quanto prima:

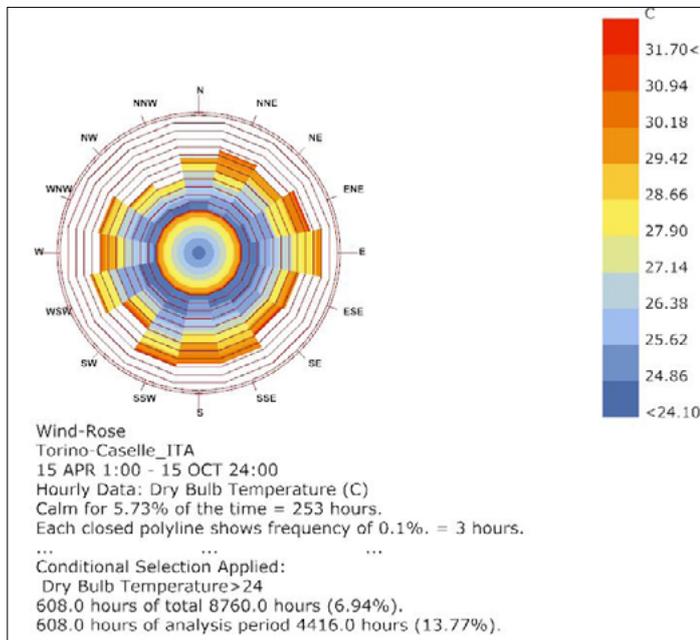


FIG 6. 2. 2. 3\_ ROSA DEI VENTI \_ TEMPERATURE DELL'ARIA D'ESTATE\_CON T>24°C

In più si mette in evidenza le velocità di vento qualora servisse per raffrescare, con la stessa condizione di temperatura secca superiore a 24°C.

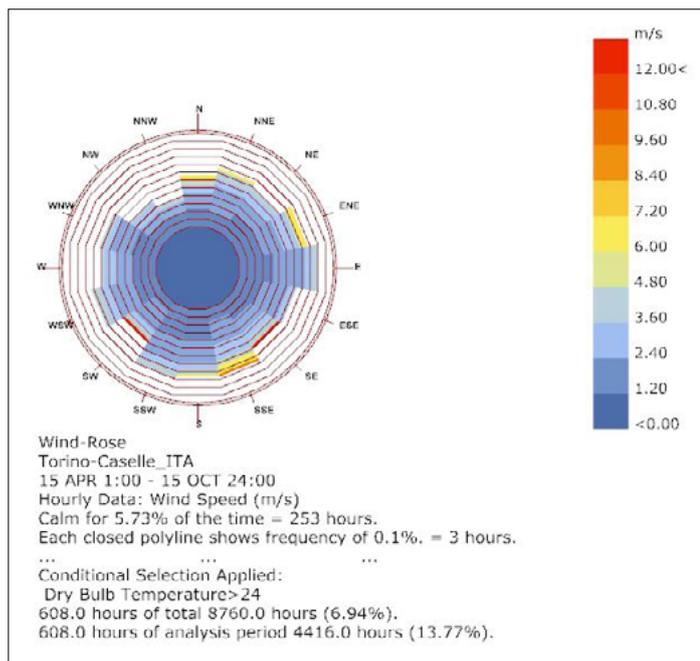


FIG 6. 2. 2. 4\_ ROSA DEI VENTI \_ VELOCITÀ DELL'ARIA D'ESTATE\_CON T>24°C

## 6.2.3. DIAGRAMMA PSICROMETRICO LOCALIZZATO

## 6.2.3.1. DATI DI INPUT

A fine di ricavare il diagramma psicrometrico di Torino e la zona di comfort specifica, si è pensato di valutare il valore medio annuo del vento.

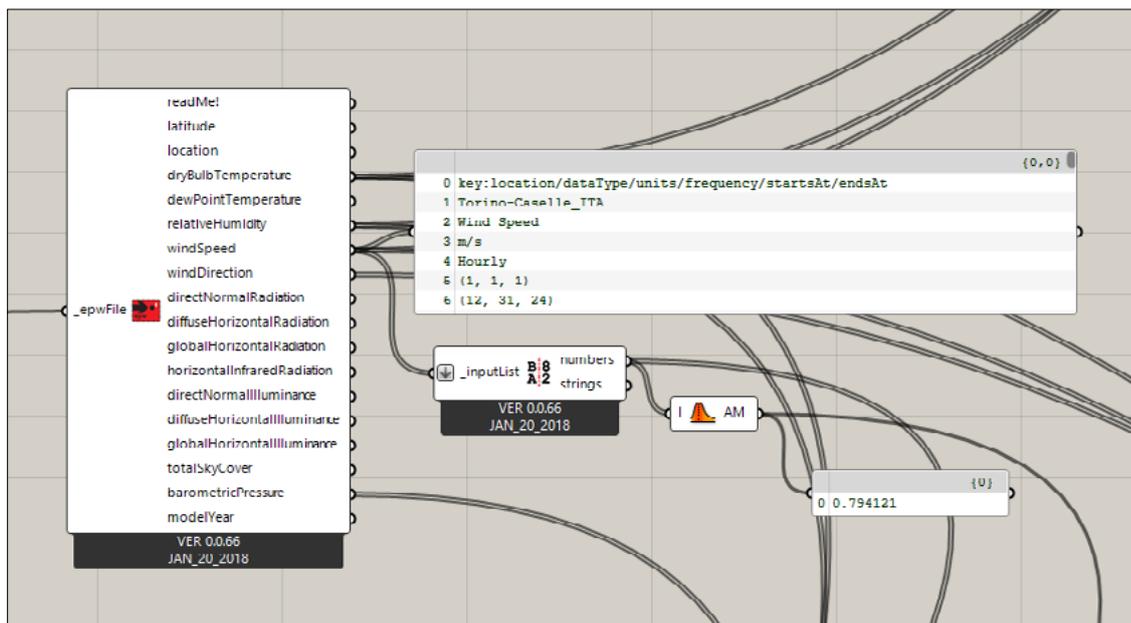


FIG. 6.2.3.1.1\_ GENERAZIONE DEL VALORE MEDIO ANNUO DEL VENTO A TORINO

In confronto con lo studio delle rose dei venti, si sono fatte altre prove per illustrare la zona di comfort esterno durante il periodo estivo, caratterizzato anche dalla sua velocità media annuale di vento.

Uguale si è fatto per il periodo invernale, anche se il valore medio del vento in inverno sia vicino di zero.

## 6. 2. 3. 2. DIAGRAMMI PSICROMETRICI

A fine di elaborare il comfort rappresentato con il riquadro nero, si sono ineriti i valori di MET e di clo rilevanti.

Di conseguenza, sono stati scelti i valori qui di seguito :

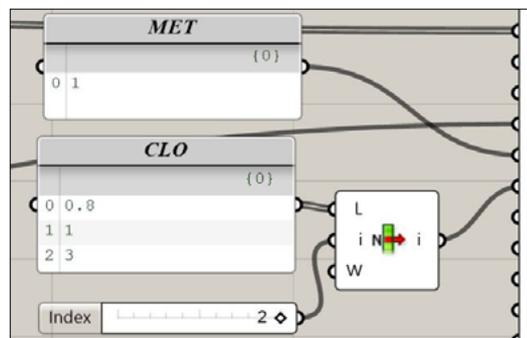


FIG 6. 2. 3. 2. 1\_ VALORI DI MET E CLO DI INPUT

Il diagramma psicrometrico rappresenta il legame tra la temperatura a bulbo secco, l'umidità relativa, l'umidità specifica e l'entalpia.

L'umidità relativa cambia in funzione della temperatura della miscela aria-acqua, invece per la stessa miscela, l'umidità specifica rimane incambiata senza scambio con l'esterno del sistema.

L'entalpia è l'energia richiesta in kJ/kg d'aria. La differenza di entalpia esprime l'energia rilasciata o da fornire per un detto passaggio di stato della miscela aria-acqua.

Quello che ci interessa di più sono la temperatura secca, e l'umidità relativa in quanto è quella percepita dall'essere umano per qualificare confortevole un ambiente.

Si nota che la maggior parte del tempo, rappresentato in rosso sul diagramma, l'aria è carica del 90% di umidità relativa.

D'estate, si è calcolato una percentuale di comfort esterno del 12,16%.

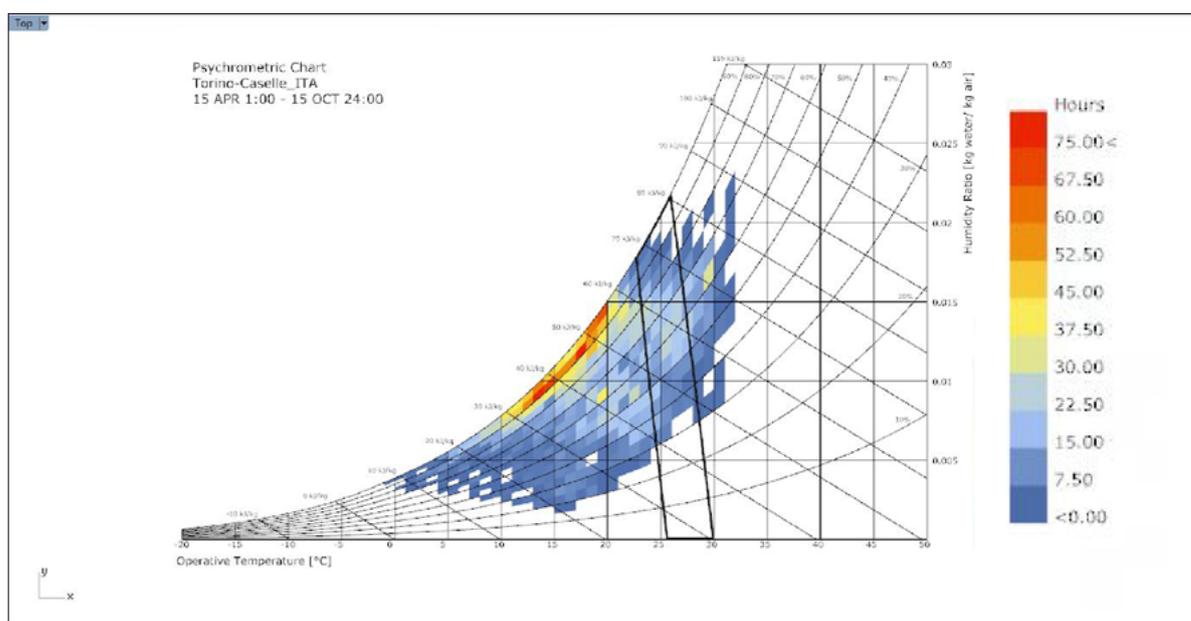


FIG 6. 2. 3. 2. 2\_ DIAGRAMMA PSICROMETRICO CON COMFORT D'ESTATE

Durante l'inverno, il comfort esterno non è mai raggiunto con un vestiario di 1.5 clo, e invece lo è per più del 17 % per un vestiario di 3clo. Si parla di comfort esterno, quindi un isolamento termico di 3clo è plausibile.

La maggioranza del tempo invernale è comunque molto vicino a 0°C, e l'umidità relativa è sempre molto elevata.

Si nota che il riquadro di comfort termico, sia d'estate che d'inverno, è obliquo e permette di intuire che per una stessa temperatura d'aria secca, l'ambiente può essere confortevole con un aumento dell'umidità relativa.

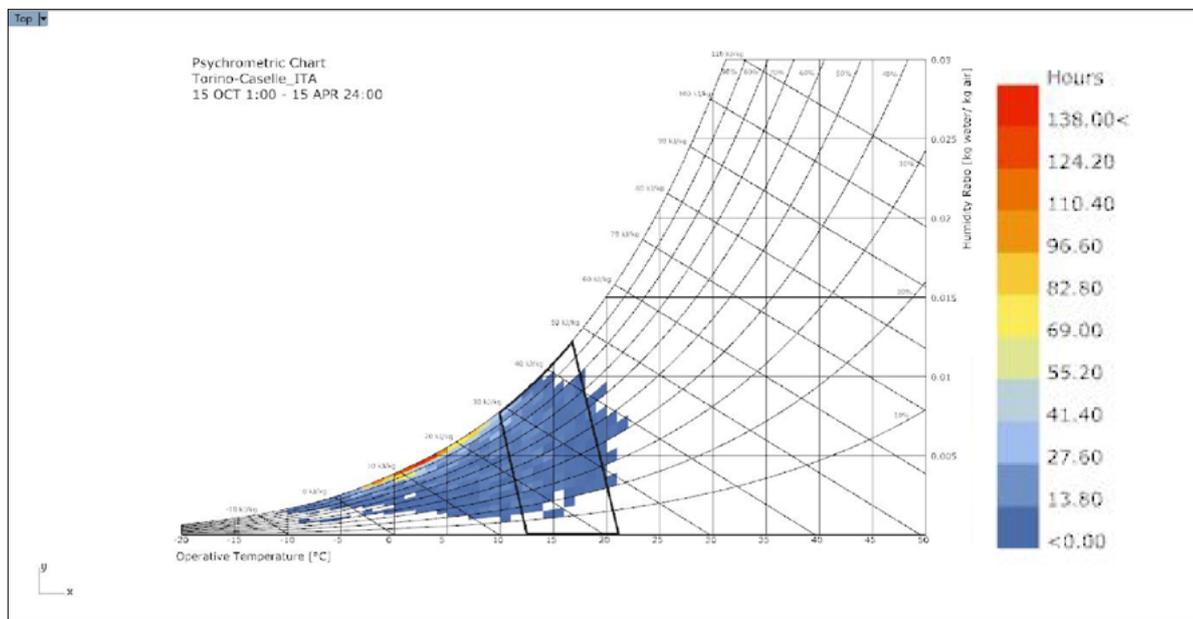


FIG 6. 2. 3. 2\_3\_ DIAGRAMMA PSICROMETRICO CON COMFORT INVERNALE

## 6.2.4. PMV DEL COMFORT ESTERNO

Il PMV è un indicatore stabilita dalla teoria di Fanger, presentando l'indice di comfort umano. E' un indice basato sull'equazione del bilancio energetico del corpo che correla la sensazione termica ad un voto relativo alla percezione dell'ambiente. E' basato su un a scala di 7, da -3 per la sensazione pronuncia-ta del freddo, e +3 per la sensazione di caldo eccessivo. 0 è il valore neutro, dal quale, con un range di [-0,5 ; 0,5] si considera un ambiente confortevole. Tuttavia, siccome si tratta di un valore medio, («mean»), conviene verificare la percentuale attraverso un altro indice che si chiama il PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied). Si considerano insoddisfate le persone giudicando il comfort in un ambiente oltre il +/- 2.

Il PMV e il PPD sono correlate attraverso una relazione esponenziale inversa :

$$PPD = 100 - 95 * e^{-(0.03353PMV^4 + 0.2179PMV^2)}$$

Si presente qui sotto un analisi annuale del «Predicted Mean Vote» sul comfort all'esterno. Questo ci permette anche di capire l'uso degli spazi interni, semi-interni come una serra aerata, e gli spazi all'aper-to come una terrazza, o l'orto comune.

Il comfort di categoria si ritrova per quasi tutto il periodo semestrale, modificando l'isolamento del vestiario medio da 0.8 a 2, range in cui la teoria di Fanger è valida. I periodi notturni di media stagione e pomeridiani estivi sono soggetti a discomfort estremo.

6. 2. 4. 1. PERIODO ESTIVO

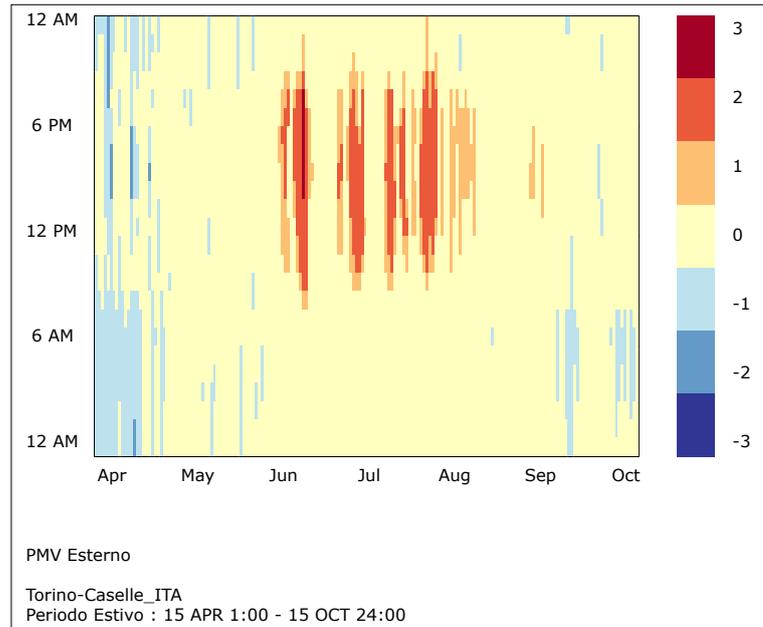


FIG 6. 2. 4. 1. 1\_ GENERAZIONE DEL PMV ESTIVO A TORINO

Si puo notare che il PMV del comfort esterno è relativamente costante durante le mezze stagioni. Questa informazione non esclude che l'interno dell'edificio non sia confortevole. Però indica che se l'edificio non si riscalda nè si raffredda, il comfort interno è ottimale.

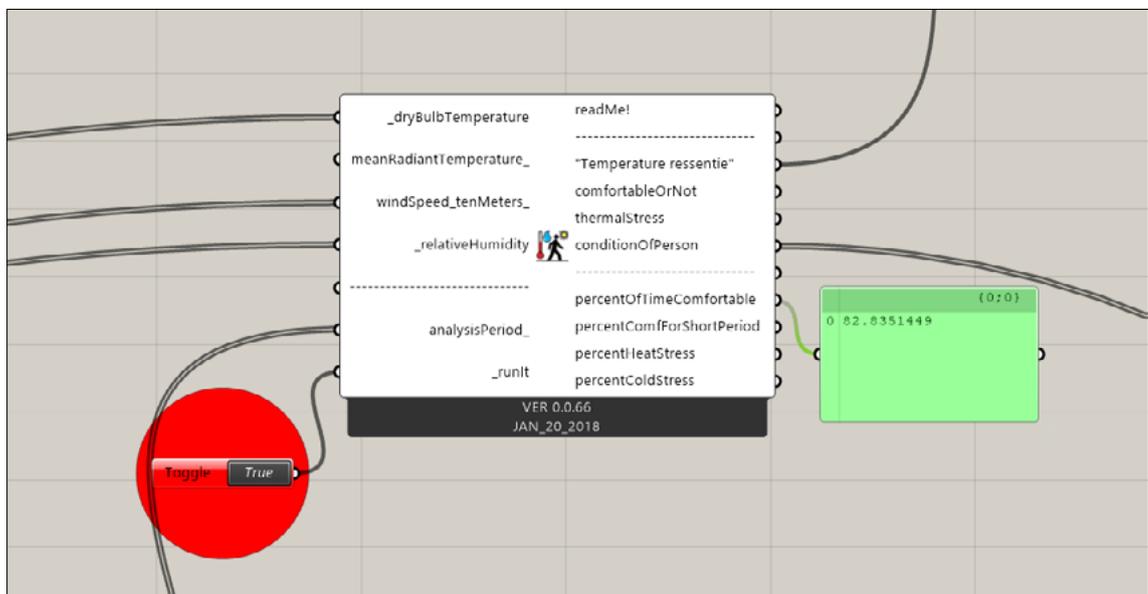


FIG 6. 2. 4. 1. 2\_ GENERAZIONE DEL VALORE MEDIO ANNUO DEL VENTO A TORINO

6. 2. 4. 2. PERIODO INVERNALE

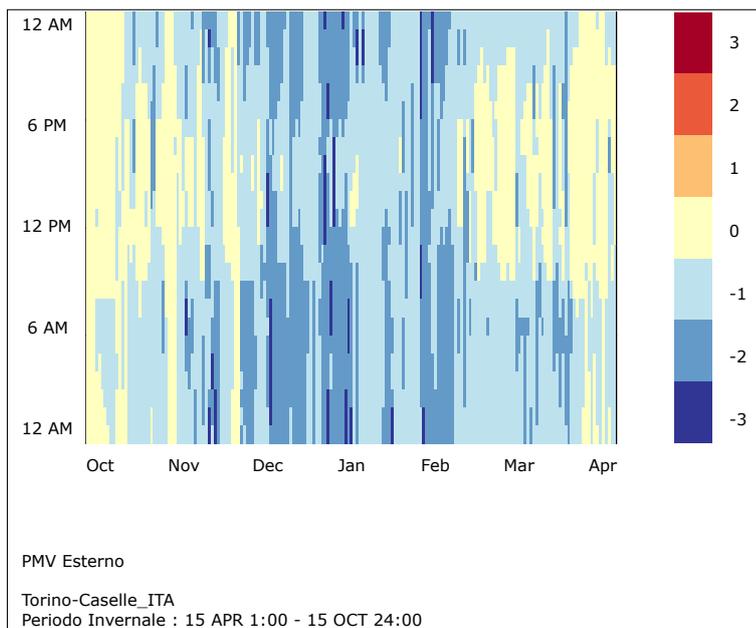


FIG 6. 2. 4. 2. 1\_ GENERAZIONE DEL PMV INVERNALE A TORINO

Durante il periodo invernale, il comfort termico non è spesso raggiunto. La quasi totalità delle notti presenta una carenza termica tale che il coefficiente del PMV è in genere sotto il -2. Le giornate di metà stagione sono parzialmente clementi grazie all'irradianza solare. Invece, quando si entra in stagione invernale, l'irradianza solare non è sufficiente per contrastare il lacco di temperatura dell'ambiente. In questi casi, sarà idoneo progettare un impianto di riscaldamento che funzioni ad energia solare per i periodi di maggiore irraggiamento solare, e geotermico/termocompost per i periodi nuvolosi, tra fine Dicembre e metà Febbraio. La tecnologia del termocompost, tuttavia, è costante per un periodo di 12 a 18 mesi. Per coprire il fabbisogno in ACS, il termocompost invece funzionerà tutto l'anno, questo permetterà di non dover rilasciare calore in eccesso durante il periodo estivo di punta, ma servirà per conservare l'ACS in alta temperatura.

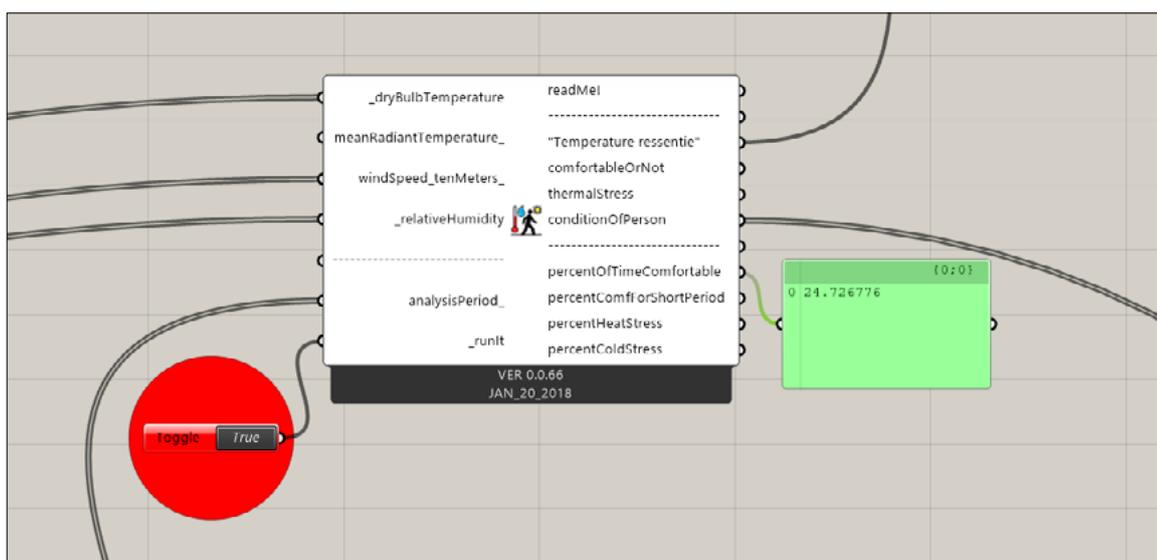


FIG 6. 2. 4. 2. 2\_ GENERAZIONE DEL VALORE MEDIO ANNUO DEL VENTO A TORINO

## 6.2.5. IRRAGGIAMENTO E LUMINOSITÀ DEL SOLE

Il valore misurato è l'irradianza solare globale orizzontale, ovvero la GHI (Global Horizontal Irradiation). Questo valore viene calcolato attraverso due altre misure che sono la radiazione solare diretta ( DNI ) e la radiazione solare diffusa orizzontale ( DHI )<sup>[1]</sup>. Viene espresso in kWh/m<sup>2</sup>.

La DNI è la densità di flusso della radiazione solare per unità di superficie ricevuta su un piano perpendicolare alla direzione del sole. La DHI è invece la densità di flusso della frazione della radiazione solare che urta contro le molecole, le polveri nell'aria, e quindi viene riflessa in tutte le direzioni.

Si può ricavare la GHI a partire da questa formula :

$$GHI = DNI \cdot \cos \theta_z + DHI$$

dove :

$\theta_z$  : angolo zenitale

Le superficie inclinate riceveranno un'irradianza diversa ma non sempre minore alla GHI.

### 6.2.5.1. IRRAGGIAMENTO TEORICO

L'irraggiamento solare ricevuto dall'atmosfera terrestre è in media di 1361 W/m<sup>2</sup>. Una volta l'atmosfera attraversata, rimane un po' più di 1000 W/m<sup>2</sup> per una superficie perpendicolare al flusso solare, situato sulla latitudine di Parigi, per un giorno molto scoperto.

Il diagramma qui sotto presenta la quantità annua di energia che il sole trasmette per ogni inclinazione di superficie. Quelle più caricate sono quelle che si ritrovano il più spesso ortogonale ai raggi del sole. Si nota che il zenith non è la zona più esposta mediamente durante l'anno a Torino. In effetti, Torino si trova ad una latitudine media dell'emisfero Nord, e l'asse verticale della Terra, anche se inclinata di 13° (favorendo l'irraggiamento estivo) non porta un effettivo irraggiamento allo zenith. E' per questo motivo che i pannelli fotovoltaici funzionano con maggiore rendimento ad una inclinazione di 35° alla nostra latitudine.

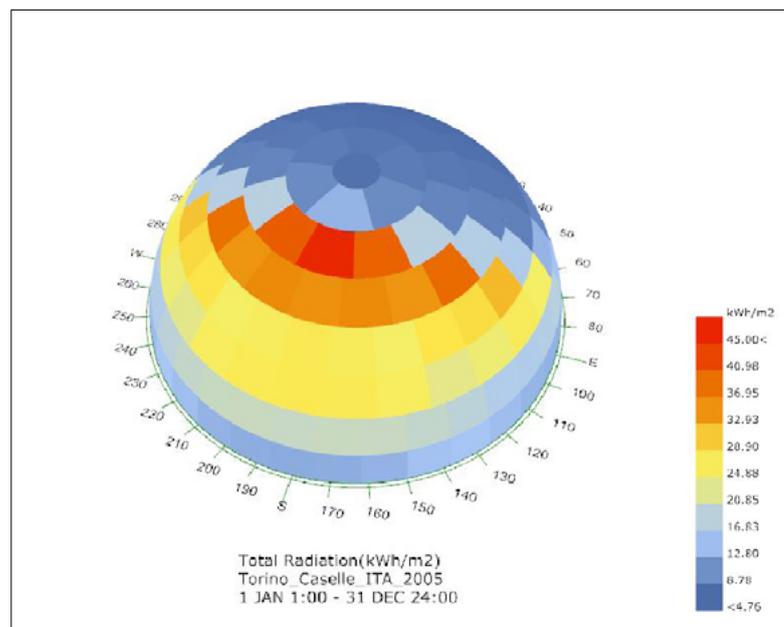


FIG 6. 2. 5. 1. 1\_ IRRADIANZA SOLARE MEDIO ANNUO

1

<https://pdfs.semanticscholar.org/392f/291d96db9eb2024fdc6654079556708f1e27.pdf>

- PERIODO ESTIVO

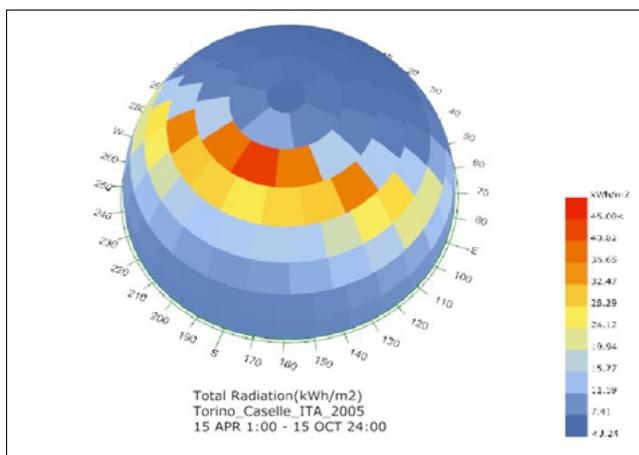


FIG 6. 2. 5. 1. 2\_ IRRADIANZA SOLARE MEDIO PERIODO ESTIVO

Il periodo estivo è quello che produce la stramaggioranza dell'energia solare. L'escursione solare è, in più, molto più ampia. Bisognerà quindi evitare l'esposizione solare diretta durante i mesi estivi.



- PERIODO INVERNALE

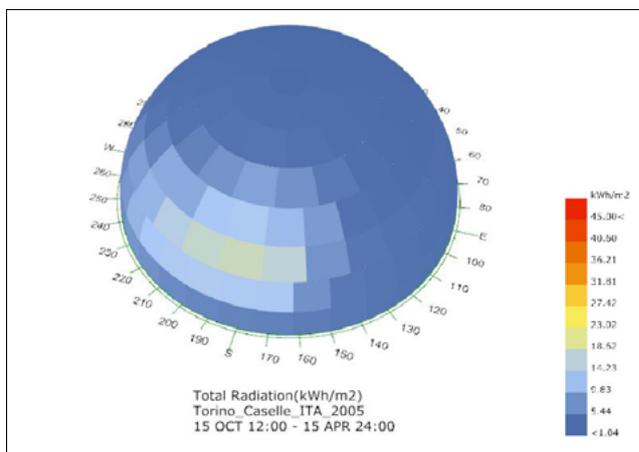


FIG 6. 2. 5. 1. 3\_ IRRAGGIAMENTO SOLARE MEDIO PERIODO INVERNALE



FIG 6. 2. 5. 1. 4\_ IRRADIANZA SOLARE CUMULATA \_ PERIODO INVERNALE

I sei mesi invernali producono il 33% dell'energia a parità di superficie, su tutto il duomo solare. Per di più, si nota che l'inclinazione ricevente la maggioranza dell'irraggiamento invernale fa parte di quelle più coperte del periodo estivo. Queste permette di progettare una schermatura che copra i raggi solare solamente durante l'estate.

6. 2. 5. 2. CONSIDERAZIONE SULLA LUMINOSITÀ

Si è effettuata una simulazione tenendo conto dell'effetto della luminosità sulla quantità di potenza liberata dal sole a Torino. Il componente « Honeybee\_Generate\_Cumulative\_Sky» permette di valutare il reale frutto del sole. <sup>[1]</sup> Si sono fatte due analisi su due periodi diversi a fine di capire la differenza di strategie passive da adottare.

Il legame matematico tra la grandezza di potenza del sole, e la sua luminosità è retta dall'efficienza luminosa. L'efficienza luminosa di un sorgente di luce è il rapporto tra il flusso luminoso e la potenza radiante del flusso. La sua dimensione è il lumen/watt [lm/w].<sup>[2]</sup> L'efficienza luminosa del sole vale circa 100 lm/w.

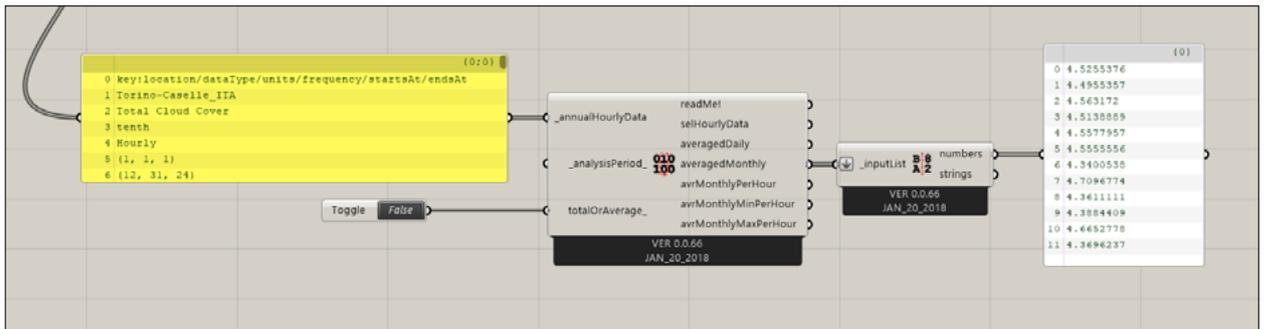


FIG 6. 2. 5. 2. 1\_ GENERAZIONE DATI DI COPERTURA PER MESE A TORINO

Si è valutato il ratio di copertura del cielo su tutto l'anno, a secondo del mese. Il risultato ha dimostrato che il rapporto è in linea di massima compreso tra 43 % e 47% su 24 ore. A vista di questi risultati, molto vicini alla metà del tempo, possiamo quindi approssimare i valori di radiazione solare come media dei presets di tipologia di cielo come rappresentato sull'immagine seguente.

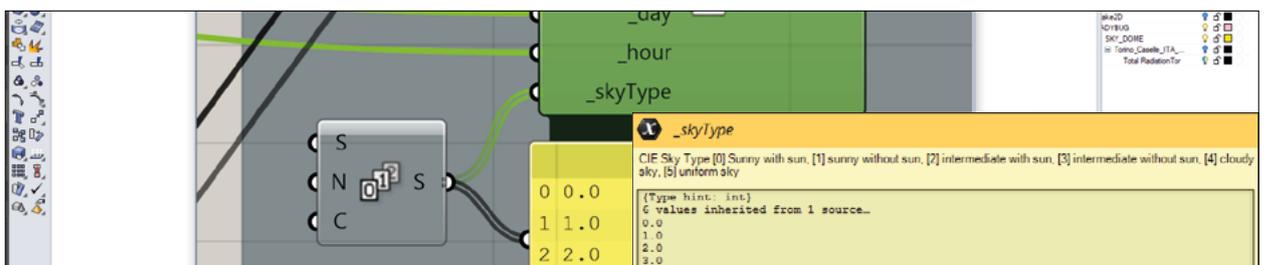


FIG 6. 2. 5. 2. 2\_ GENERAZIONE DI DIFFERENTI TIPI DI CIELO

Questa illustrazione sta ad indicare in inglese le diverse tipologie di cielo a seconda della copertura nuvolosa.

Si procederà a la simulazione corrispondente ad un cielo medio nuvooso.

L'unità usata è il lux o il W/sr/m<sup>2</sup>. Sono equivalenti in termini di valori. Il steradiante, come definito precedentemente<sup>[3]</sup>, è una proiezione unitaria di sfera.

1 <https://rhino.github.io/components/honeybee/generateCumulativeSky.html>

2 vedi 2.5.2.3. Grandezze nel visibile

3 vedi 2.3.5.3 Grandezze visibili

- PERIODO ESTIVO

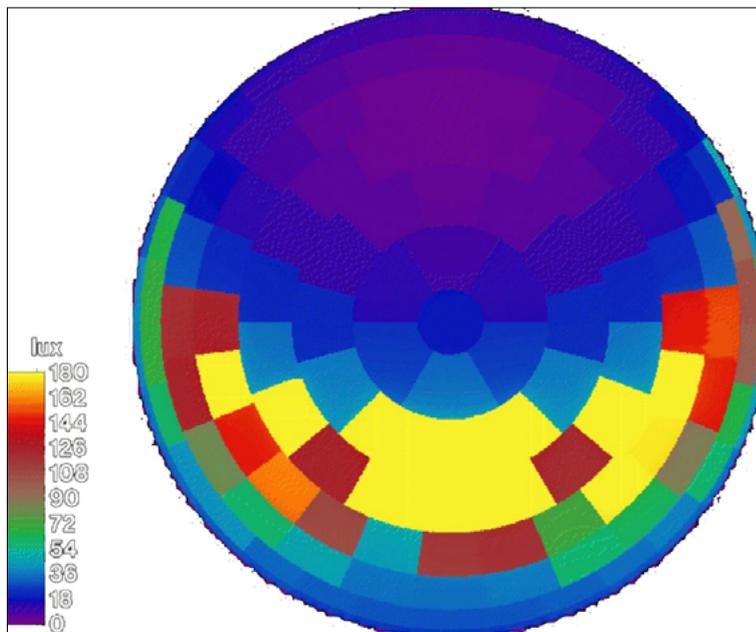


FIG 6. 2. 5. 2. 3\_ LUMINOSITÀ IN PERIODO ESTIVO SECONDO

- PERIODO INVERNALE

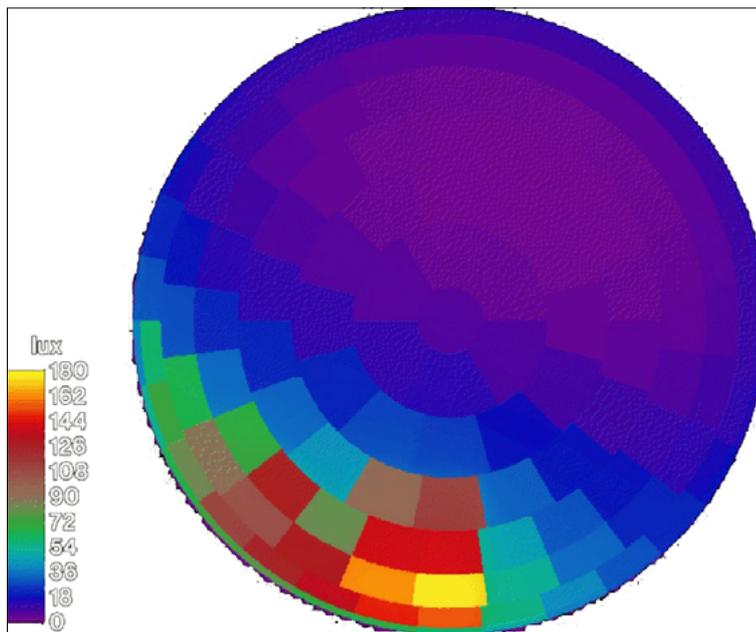


FIG 6. 2. 5. 2. 4\_ LUMINOSITÀ IN PERIODO INVERNALE SECONDO

6. 2. 5. 3. CONCLUSIONE

Si è cercato di concludere sulla possibilità di usufruire di una potenziale energia solare durante il periodo di riscaldamento. Si è andato a rappresentare l'andamento della temperatura esterna percepita. In seguito, si è ricavata la durata dell'anno sotto la soglia di 19°C . Questo periodo va da metà Settembre a inizio Giugno. Si è quindi ripreso questo periodo ed inserito nel calcolatore dell'irradianza orizzontale globale GHI.

Si può notare che il periodo Novembre – Febbraio è molto piovoso, e invece il periodo da Marzo a Settembre è piuttosto privo di pioggia frequente.

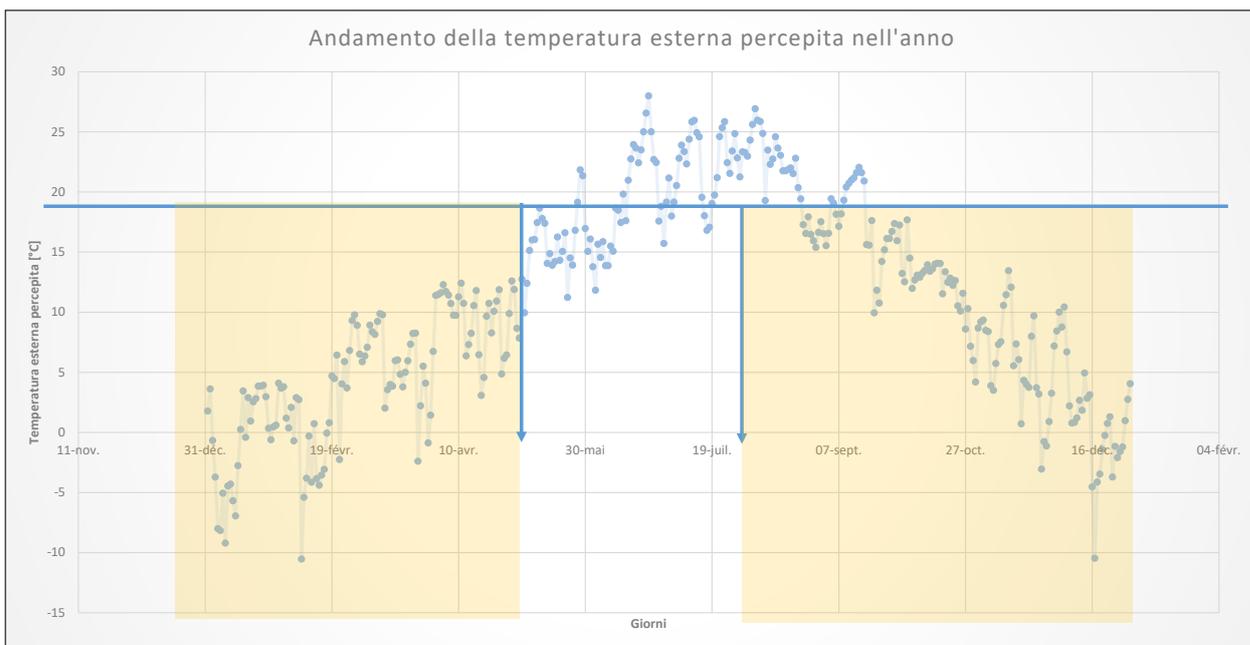


FIG 6. 2. 5. 3. 1\_ PERIODO DELL'ANNO SOTTO 19°C

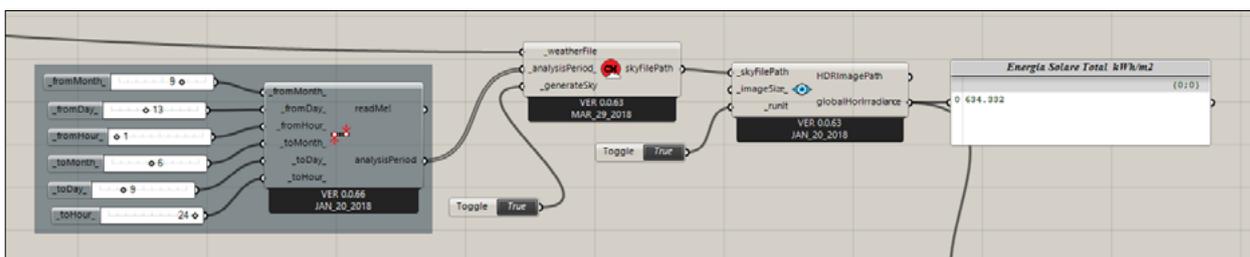


FIG 6. 2. 5. 3. 2\_ VALORE DI IRRADIANZA DISPONIBILE PER QUESTO PERIODO

Il valore totale di energie solare ricavabile è di 630 kWh/m<sup>2</sup>, contro 1500 kWh/m<sup>2</sup> su tutto l'anno. Il periodo studiato è quindi più lungo di quello sopra i 19°C, ma possiede lo stesso potenziale, in un momento in cui serve. Sarebbe questo potenziale l'input per progettare ipoteticamente un riscaldamento radiante solare. Nel caso studiato qui, si userà sia l'energia solare per mezzo di pannelli solari, sia la valorizzazione da termocompost per il riscaldamento radiante e l'Acqua calda sanitaria. Lo scopo è di poter contare su due tecnologie, ed essendo un approccio stocastico, la probabilità di comfort deve mantenere una buona prestazione.

Indaghiamo adesso per un periodo più corto, dove la temperatura percepita si trova sotto 5°C.

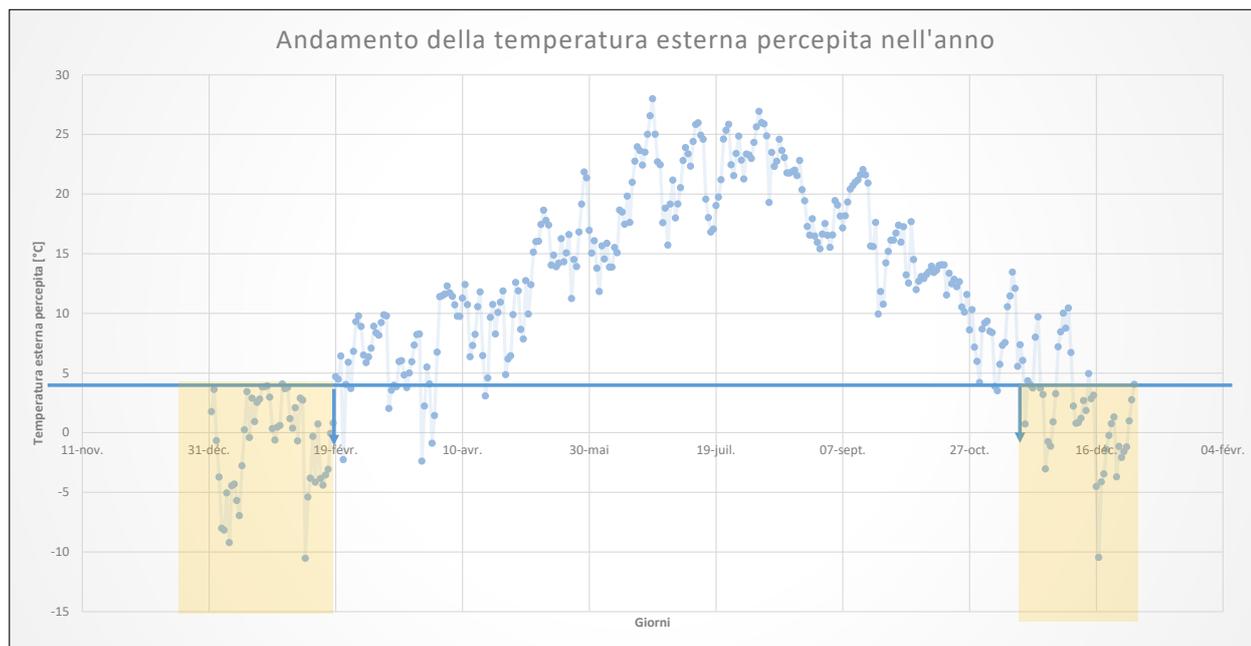


FIG 6. 2. 5. 3. 3\_ PERIODO DELL'ANNO SOTTO 5°C

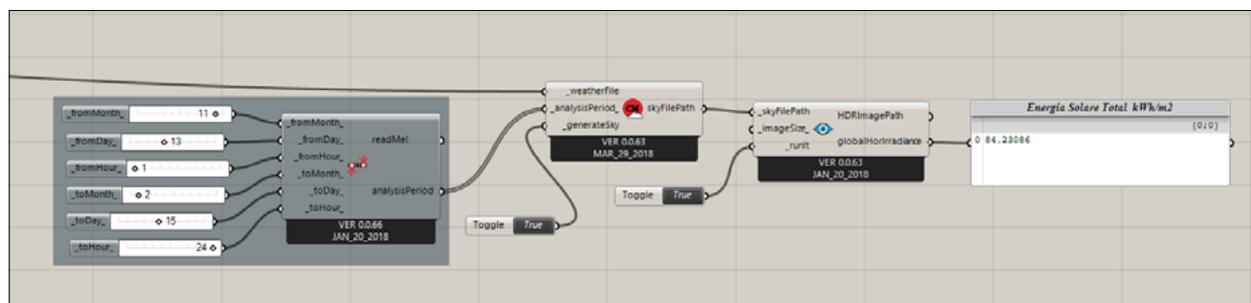


FIG 6. 2. 5. 3. 4\_ VALORE DI IRRADIANZA DISPONIBILE PER QUESTO PERIODO

L'energia potenzialmente ricavabile durante questo periodo critico è comunque di valore notevole. Con più di 80 kWh/m<sup>2</sup>, si cercherà di ottimizzare la soluzione architettonica per usufruire il più possibile di questa energia proveniente da sorgente naturale.

## 6.2.6. STUDIO DELLE OMBRE

Si procede ad uno studio dell'ombreggiamento della mascheratura del contesto. Questo studio è qualitativo, ma permette di valutare quanto le coperture ricevono luce diretta. L'energia ricevuta viene principalmente dalla parte di flusso diretto e non di quella diffusa.

Si procede quanto prima, ossia uno studio per la durata estiva, e un'altro per gli altri sei mesi.

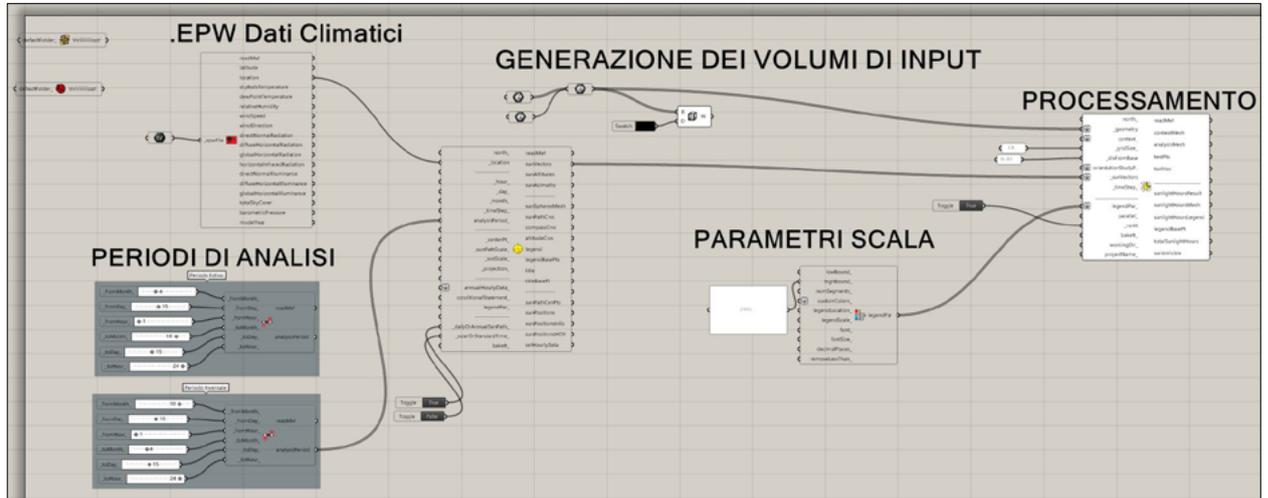


FIG 6. 2. 6. 3. 1\_ SIMULAZIONE DI OMBREGGIAMENTO \_ SCRIPTING

Lo script qui sopra sta ad indicare il processo per l'elaborazione delle simulazioni di ombreggiamento. Il file dai dati climatici viene usato per la localizzazione del progetto. Da lì, inserendo il periodo di analisi desiderato, si riesce ad estrarre il percorso del sole durante le ore diurne. Grazie alle posizioni che il sole tiene per tutte le ore del periodo, si ricava il vettore verso il centro degli oggetti, inseriti tutti come Brep all'interno di Grasshopper. Questi vettori, in funzione della frequenza di presenza, coloriscono le celle di mesh fino al giallo.

Si sono scelti gli edifici del contesto suscettibili di provocare ombreggiamenti sull'edificio in studio. Il tempo di calcolo per ciascuna simulazione è indicativamente di 15 minuti, con questa precisione del Mesh. Non si è riuscito ad affinare il meshing, in quanto il programma non rispondeva dopo qualche minuto di calcolo.

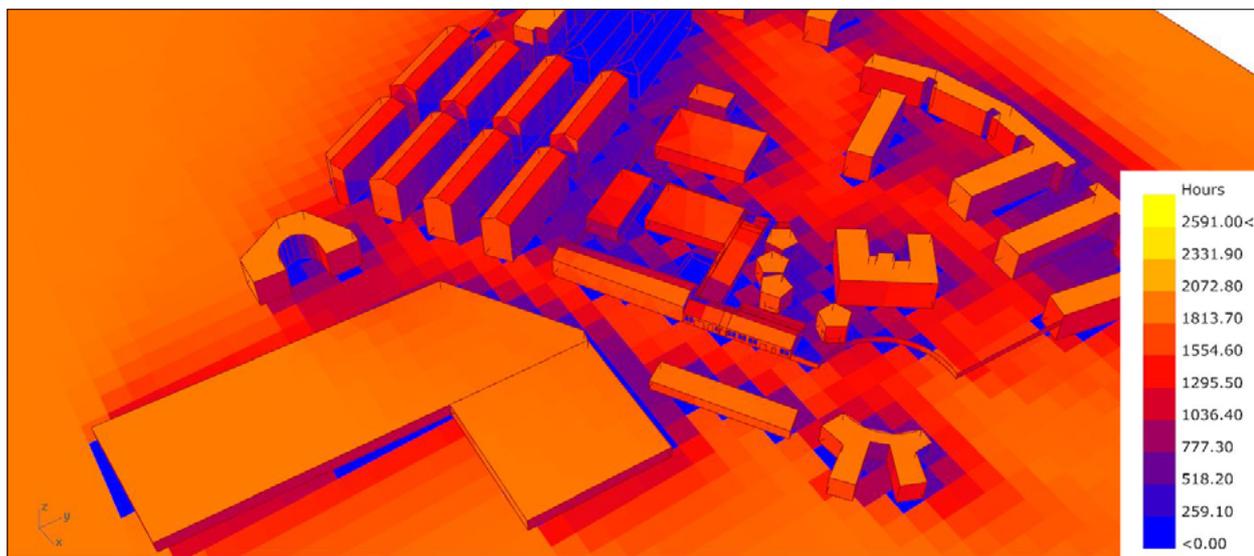


FIG 6. 2. 6. 3. 2\_ SIMULAZIONE DELL'ESPOSIZIONE SOLARE \_ PERIODO INVERNALE

Il periodo invernale non raggiunge una escursione solare di più di 2000 ore su tutto il periodo per qualsiasi faccia. In particolare, il nostro edificio presenta un'esposizione eterogenea, dalle 750 ore in copertura all'incrocio delle due maniche, dovuto all'edificio della Croce Rossa, fino alle 2000 ore per il pendio della copertura verso Sud.

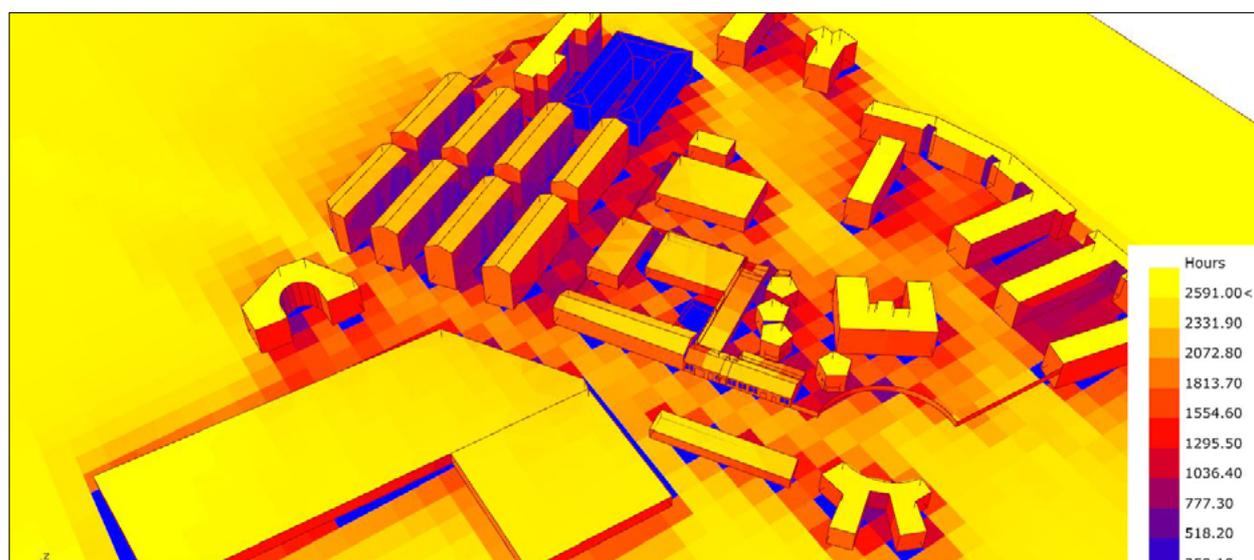


FIG 6. 2. 6. 3. 3\_ SIMULAZIONE DELL'ESPOSIZIONE SOLARE \_ PERIODO ESTIVO

Il periodo estivo allarga l'escursione solare fino a 2600 ore per i 6 mesi di studio. Si nota un certo rapporto di ombreggiamento all'altezza della strada, in quanto subisce gli effetti dei palazzi alti dal Sud-Ovest. L'edificio in studio è anche lui un po' ombreggiato da questi edifici residenziali di 6 piani. Gli alberi a Est provocano anche un'ombra persistente in basso del fabbricato. Questo è un vantaggio durante l'estate, in quanto permette di evitare il surriscaldamento della serra. La copertura della manica su strada conta circa 2300 ore di esposizione, mentre l'altra copertura oscilla tra 2000 e 2400 ore, in modo inverso rispetto alle condizioni invernali. E' quindi da prendere in considerazione per la progettazione degli spazi sottostante.

Si collocherà di conseguenza un raffrescamento più attivo verso l'incrocio delle due maniche, e una serra appositamente protetta dagli alberi del parco della scuola.

## 6.2.7. UMIDITÀ

L'umidità relativa è un dato facilmente reperibile nell'immenso file climatico .epw. Qui sotto si presenta lo script per elaborare questi risultati. Si è scelto di costruire il grafico con una polizia di colore variando dal rosso al blu. L'escursione è rappresentata dal 30% al 100% di umidità. Torino è una città piuttosto umida, visto la sua posizione geografica, ai piedi delle Alpi, e ritenendo l'umidità dell'inizio della valle del Po.

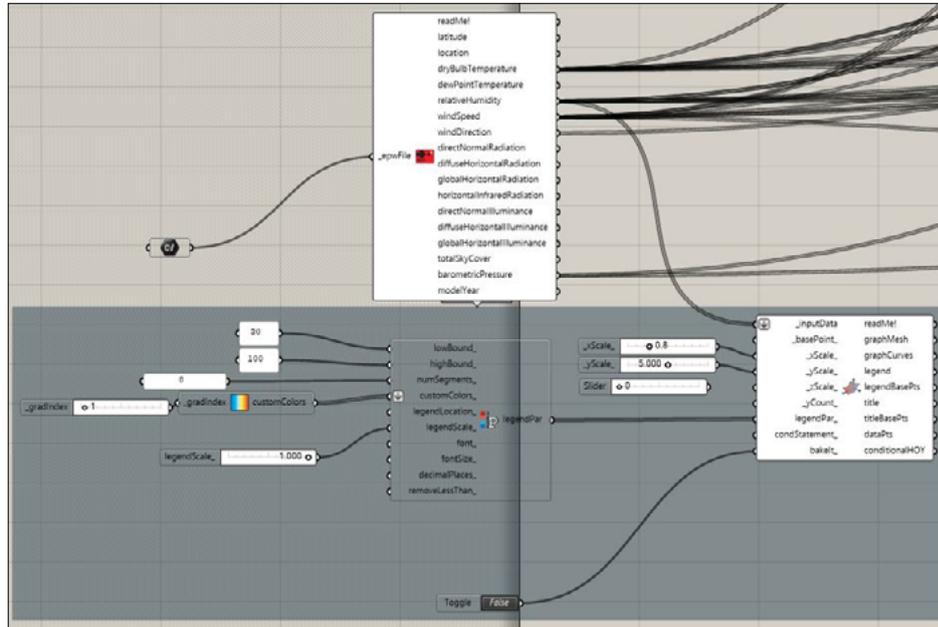


FIG 6. 2. 7. 3. 1\_ UMIDITÀ RELATIVA \_ SCRIPTING

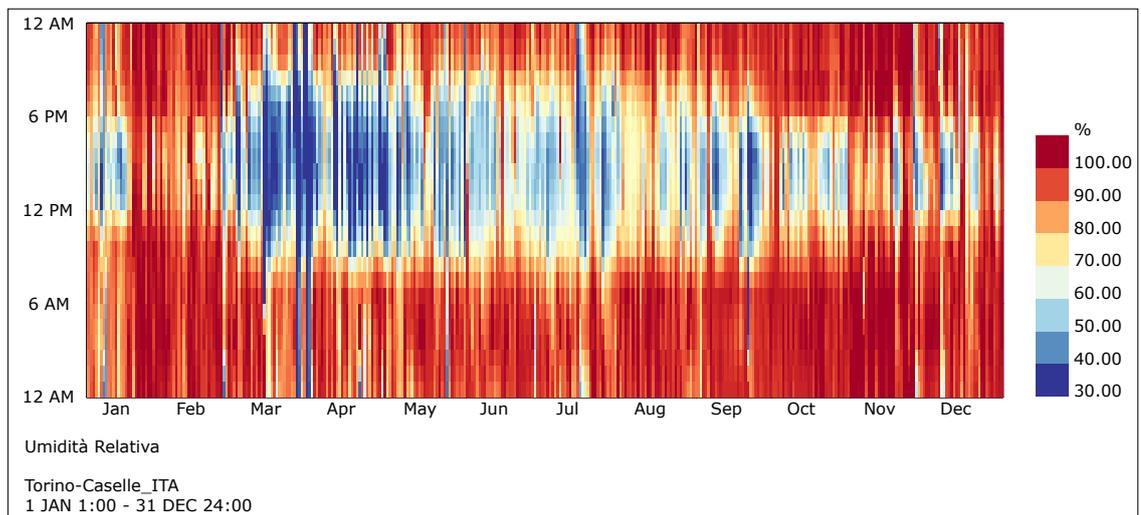


FIG 6. 2. 7. 3. 2\_ ANDAMENTO DELL'UMIDITÀ RELATIVA SULL'ANNO INTERO

L'escursione del valore di umidità relativa è molto ampia durante le giornate di primavera. Il progetto dovrà tenere conto di questi sbalzi a fine di non provocare dei volumi ermetici, suscettibili di condensare e essere responsabili di formazione di muffe.

## 6.2.8. TUNNEL DEL VENTO

Lo studio del tunnel del vento presenta una complessità elevata, in quanto si tratta della simulazione di un fluido articolato tra dei volumi, a grande scala. Si userà per questa simulazione il plugin Butterfly. Si rimanda al capitolo *delle premesse computazionali* per maggiori informazioni sul plugin e OpenFOAM.

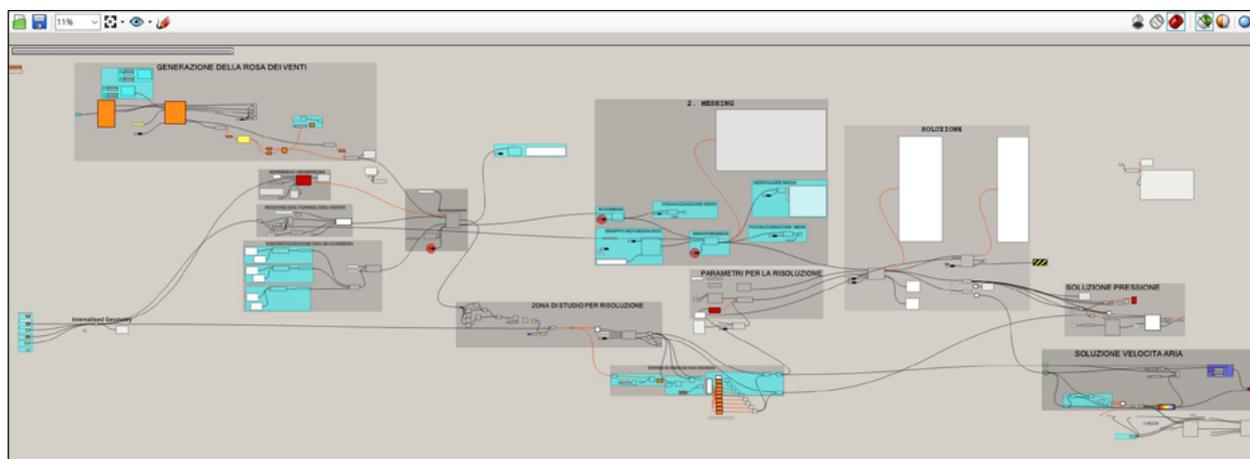


FIG 6. 2. 8. 3. 1\_ TUNNEL DEL VENTO\_ SCRIPTING

L'architettura dello script permette di capire i diversi step di computazione. La parte in alto a sinistra permette di individuare il vettore dominante per la direzione del vento, in funzione dei dati climatici estratti. La parte in basso a sinistra è l'integrazione dei volumi dentro Grasshopper. Si procede poi con il Meshing del volume del tunnel intero, con precisazione dove ci sono gli edifici. Da questo meshing, si sceglie la superficie sulla quale si vuole evidenziare i vettori del moto d'aria, con il blocco in basso al centro. In parallelo, sopra, si procede con il Meshing dei volumi con la funzione «SnappyHexMesh». Il processamento di soluzione si effettua scegliendo i parametri di finezza del calcolo.

- PERIODO INVERNALE

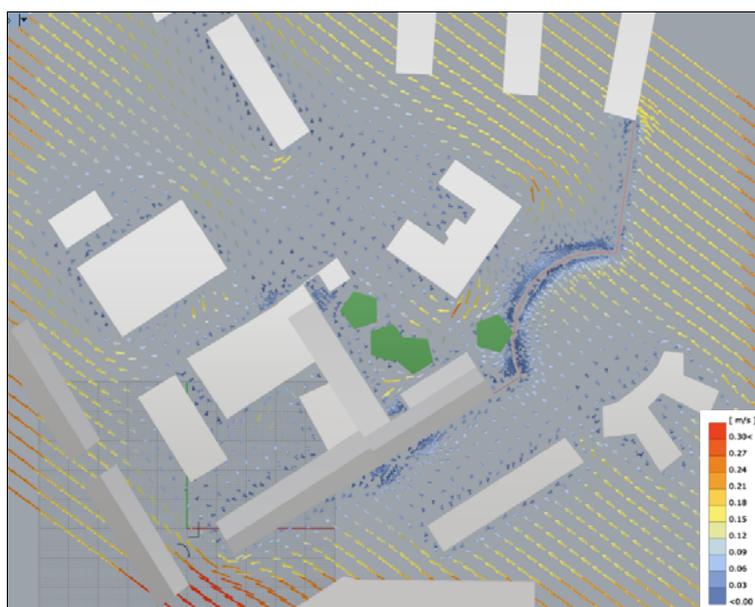


FIG 6. 2. 8. 3. 2\_ TUNNEL DEL VENTO PER PERIODO INVERNALE

La simulazione invernale prende in considerazione la direzione del vento pi forte in quel periodo. Si era misurato attraverso la rosa dei venti accessibile da questo [link](#). La scala ci permette di quantificare il moto debole dell'aria. Sarà quindi poco rilevante nella progettazione.

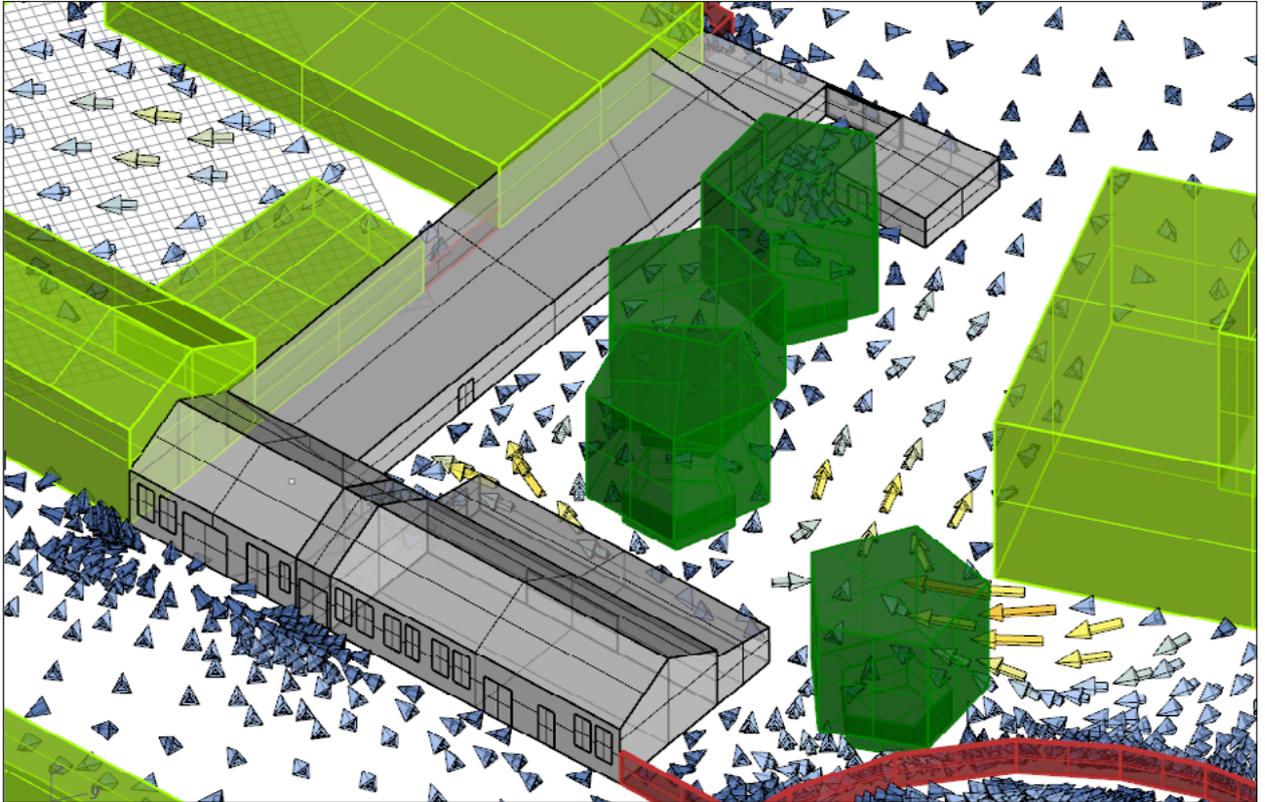


FIG 6. 2. 8. 3\_ TUNNEL DEL VENTO PER PERIODO INVERNALE\_ZOOM

In dettaglio sull'edificio, il moto turbolento dell'aria viene considerato turbolento, in quanto il percorso non è lineare da una particola all'altra.

Il flusso è molto concentrato all'ingresso dell'edificio, e provoca un effetto tunnel da considerare nella progettazione integrale dell'accesso ai diversi programmi. L'aria in cortile viene in contro alla parete nella zona più interna, a una velocità di 0.15m/s. Non è sufficiente per rischiare infiltrazioni fredde alla giunzione tra le parete e gli infissi.

- PERIODO ESTIVO

Il periodo estivo è il periodo in cui si concentra di più il bisogno di vento per raggiungere una temperatura percepita più bassa. La simulazione venne elaborata con la direzione di input del vento ricavata dalla rosa dei venti che si trova seguendo questo [link](#).

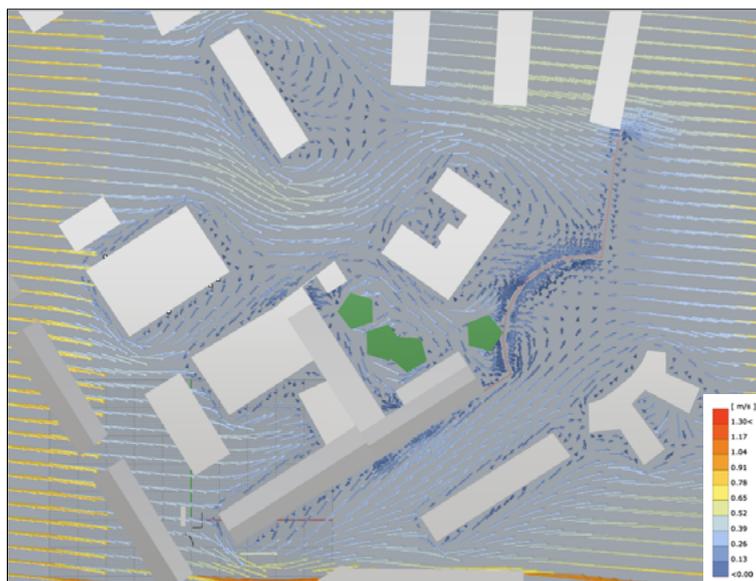


FIG 6. 2. 8. 3. 4\_ TUNNEL DEL VENTO PER PERIODO ESTIVO

Conclusione : Il flusso del vento si presenta chiaro come un potenziale di raffrescamento durante le ore notturne.

Invece, durante il giorno, si vede che il vento non ha un intensità così significativa da poter usarlo come mezzo di raffrescamento.

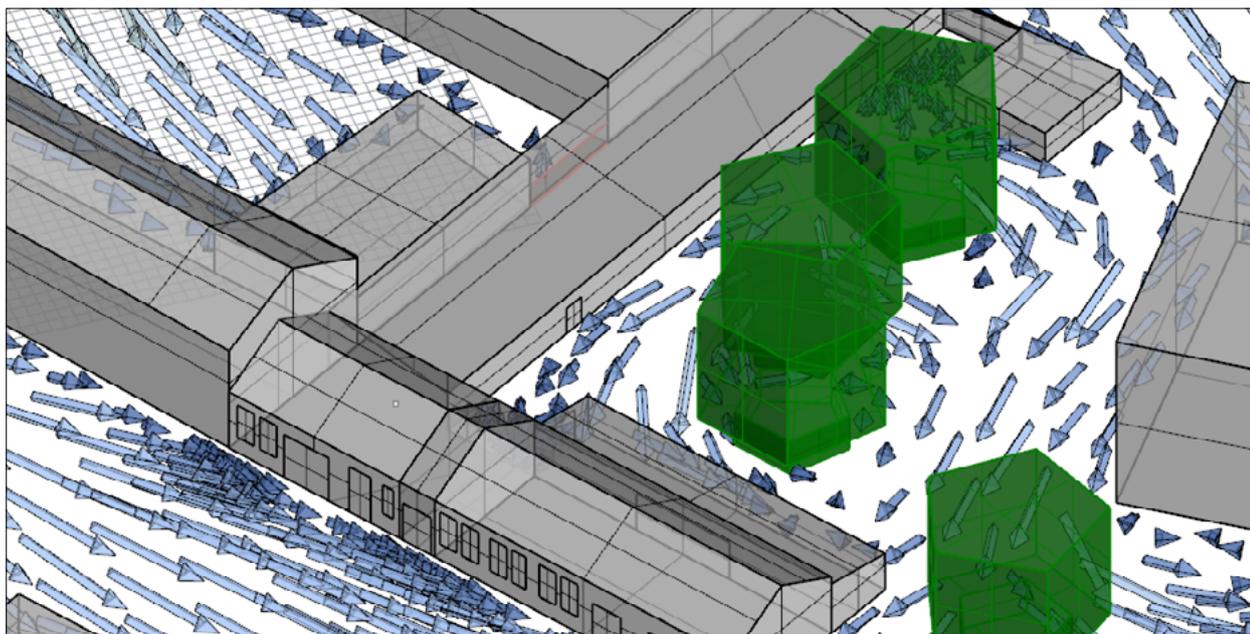


FIG 6. 2. 8. 3. 5\_ TUNNEL DEL VENTO PER PERIODO ESTIVO\_ZOOM

## 6. 3. SIMULAZIONE DELL'ESISTENTE

### 6. 3. 1. SIMULAZIONI TERMICHE

Lo scopo di andare ad analizzare termicamente l'edificio esistente è di capire quanto sia efficace il progetto di adeguamento termico.

#### 6. 3. 1. 1. PROPRIETÀ DEI MATERIALI EDILI

I materiali elencati qui di seguito sono quelli presenti all'interno dell'edificio. Sono stati definiti le loro proprietà descritte *precedentemente*.

MATERIALE	PESO SPECIFICO	PERMEABILITÀ AL VAPORE	CAPACITÀ TERMICA	CONDUCIBILITÀ TERMICA
	[KG/M3]	[-]	[J/KG°C]	[W/M°C]
INTONACO_CEMENTIZIO	1800	24	840	0,9
MATTONI PIENI	600	7	840	0,25
CLS	2000	69	880	1,16
COPPI	600	7	840	0,25
LAMIERA GRECATA	8000	200000	500	17

Si è andato ad integrare questi dati a secondo della stratigrafia dell'involucro dell'edificio esistente. Di fatto, si è cercato di costituire un reale software BIM attraverso la fusione di Rhino con Grasshopper e il gruppo di componenti Ladybug-Honeybee.

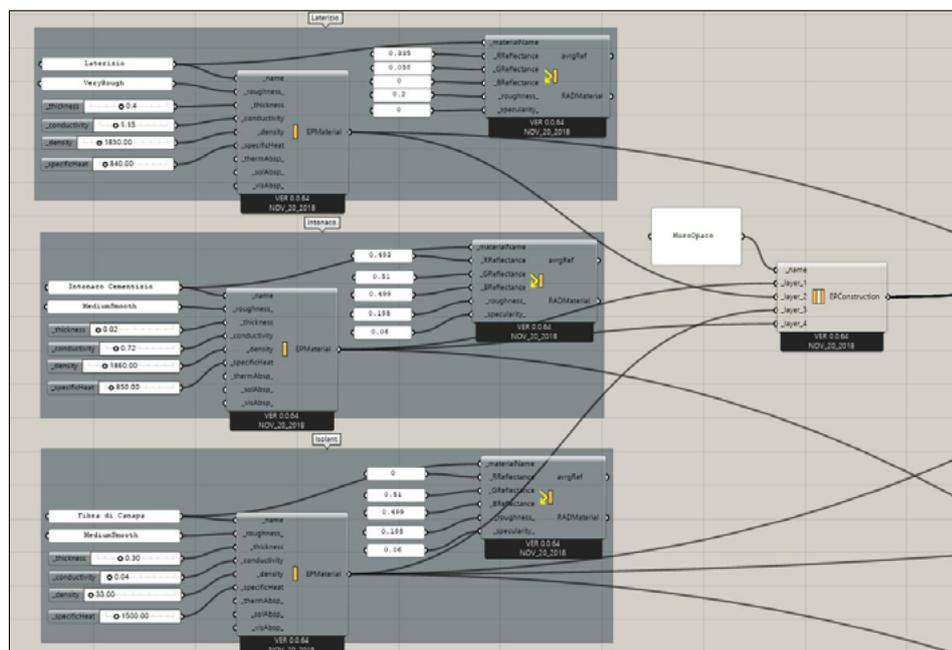


FIG 6. 3. 1. 1. ESEMPIO DI DEFINIZIONE DI UNA STRATIGRAFIA\_HONEYBEE

## 6. 3. 1. 2. TEMPERATURE SUPERFICIALI INTERNE

Lo scopo di queste simulazioni è di capire quanto varia la temperatura interna dell'involucro non isolato. Quello che si cerca è di conservare per tutto l'anno una temperatura media stabile e abbastanza alta a fine di dover riscaldare o raffreddare il minimo. Questa strategia permette sia di risparmiare su una ipotetica produzione di energia, sia di poter contare unicamente su tecnologie bioclimatiche. In effetti, queste ultime sono di solito meno efficienti rispetto a delle soluzioni attive.

Sono state effettuate due simulazioni sull'interno delle pareti dell'involucro, facendo riferimento ai due soliti periodi semestrali.

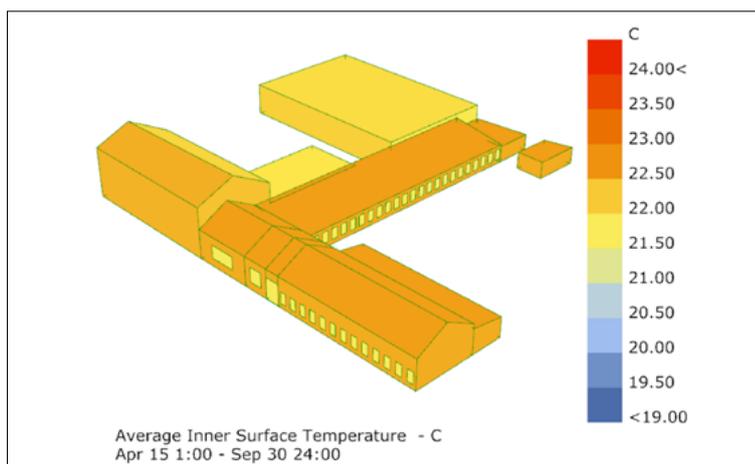


FIG 6. 3. 1. 2. 1\_ SIMULAZIONE DELLA TEMPERATURA INTERNA SULLE SUPERFICIE \_ ESTATE

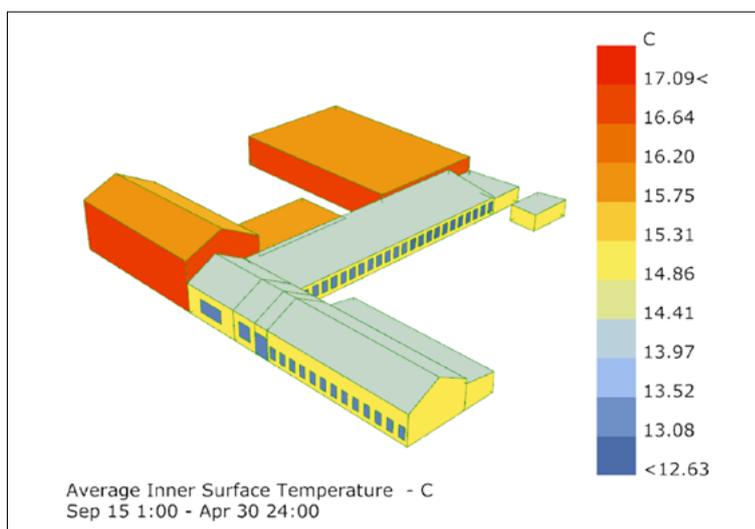


FIG 6. 3. 1. 2. 2\_ SIMULAZIONE DELLA TEMPERATURA INTERNA SULLE SUPERFICIE \_ INVERNO

Si può notare che l'escursione termica media delle temperatura superficiali interne sono dell'ordine di 8°C. Si nota anche che durante il periodo invernale, la copertura è di solito più fredda della muratura. Questo è tipicamente dovuto all'inerzia termica del mattone superiore rispetto a quello dei coppi ventilati. Si nota che gli edifici adiacenti, più caldi, non esercitano riscaldamento conseguente sull'edificio di studio.

Dopo il paragone stagionale, si è andato ad dissecare le medie di così grandi periodi, con lo scopo di capire l'ampiezza massima e minima delle temperature superficiali interne. Si è quindi andato ad indagare su quattro periodi distinti d'inverno di stessa durata di 30 giorni.

- APRILE-MAGGIO

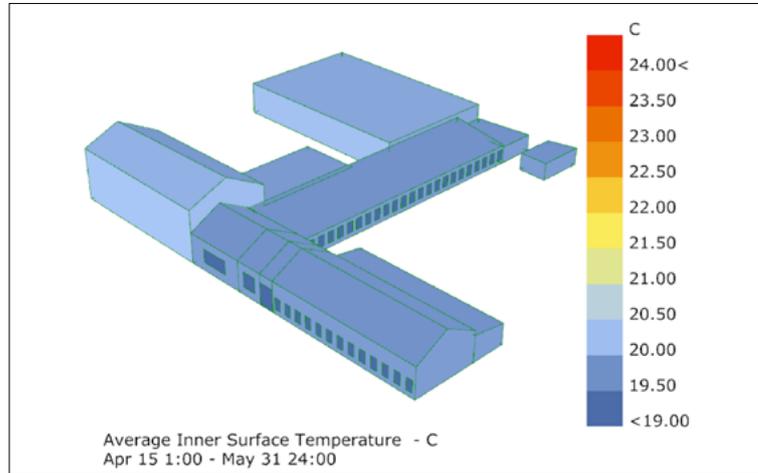


FIG 6. 3. 1. 2. 3\_ SIMULAZIONE DELLA TEMPERATURA INTERNA SULLE SUPERFICIE\_APRILE-MAGGIO

La primavera porta delle temperature prossime allo 20°C uniformemente. E' in adeguazione con il comfort termico evidenziato sul *diagramma psicrometrico precedente*.

- GENNAIO-FEBBRAIO

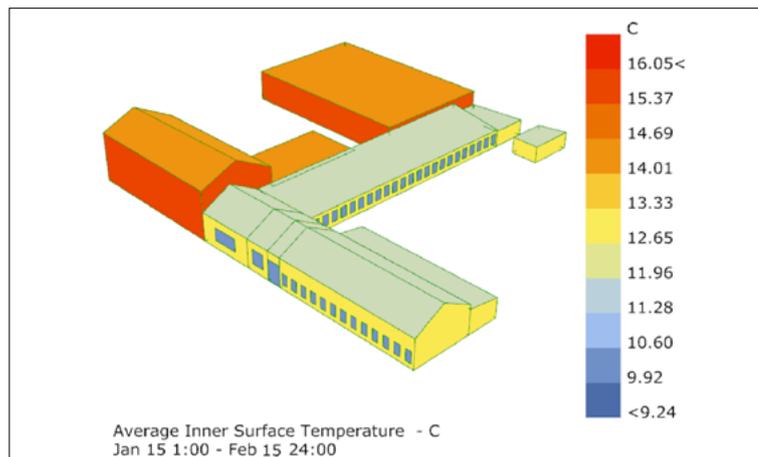


FIG 6. 3. 1. 2. 4\_ SIMULAZIONE DELLA TEMPERATURA INTERNA SULLE SUPERFICIE\_GEN-FEBB

La copertura è meno isolante delle pareti, per quello, la superficie superficiale interne sotto le coperture sono di circa 1 grado inferiore rispetto ai muri, che siano esposti al sole o meno. Hanno in effetti un'inerzia termica sufficiente per non scendere in eccesso di temperatura in media.

- OTTOBRE-NOVEMBRE

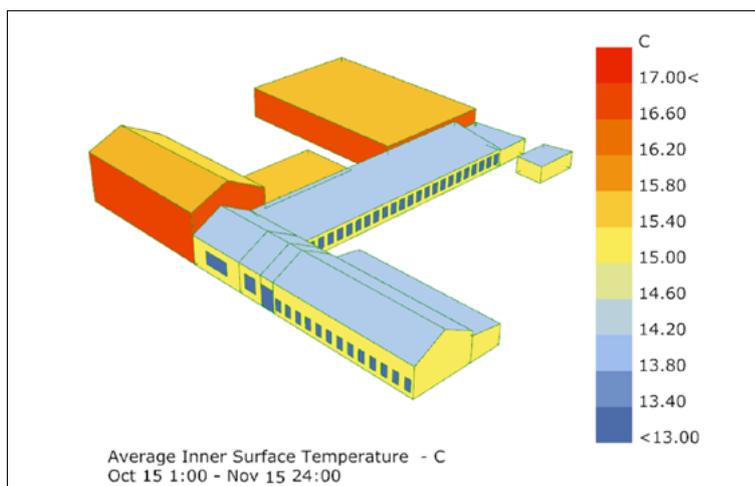


FIG 6. 3. 1. 2. 5\_ SIMULAZIONE DELLA TEMPERATURA INTERNA SULLE SUPERFICIE\_OTTOBRE-NOVEMBRE

Si è cambiato la scala grafico-numerica per conservare una gradiente colorimetrico sufficiente per rilevare quantitativamente le temperature. Durante l'inverno pieno, da Ottobre a Febbraio, le temperature superficiali interni oscillano tra 12 °C e 14°C. Lo scarto è molto inferiore rispetto alla differenza da affrontare per il calcolo di progetto del carico termico invernale. Giustamente, questo è un valore medio, senza ponderazione in percentuale. Di conseguenza non è ritenibile a se stante come base progettuale.

- LUGLIO-AGOSTO

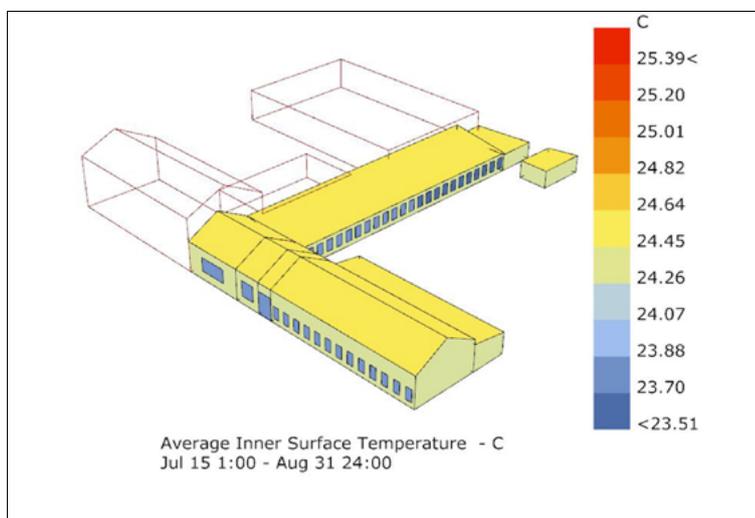


FIG 6. 3. 1. 2. 6\_ SIMULAZIONE DELLA TEMPERATURA INTERNA SULLE SUPERFICIE \_ LUGLIO-AGOSTO

Durante l'estate, le temperature superficiali interne superano i 24°C. Ci sarà quindi una progettazione da effettuare per il periodo estivo, di raffreddamento.

6. 3. 1. 3. TEMPERATURE INTERNE

Lo studio della temperatura interna è stata effettuata su l'insieme dei volumi del progetto, ma anche particolarmente nella zona di concerto, con l'aiuto di un grafico rappresentando gli andamenti della temperatura esterna, e della temperatura media radiante.

La simulazione che segue è fatta ad 1m dal suolo, su una superficie piana fittizia. Il componente Honeybee usa il motore di calcolo di Energy Plus a fine di elaborare in ogni celle di Mesh la temperatura operante a quell'altezza, in media sul periodo richiesto. In questo caso, si è fatto la simulazione sia sul periodo estivo più caldo, integrato su 30 giorni, sia sul periodo invernale estendosi dal 15 Gennaio al 15 Febbraio. Le medie ottenute presentano l'escursione della maggioranza dei giorni del periodo, senza picco di temperatura.

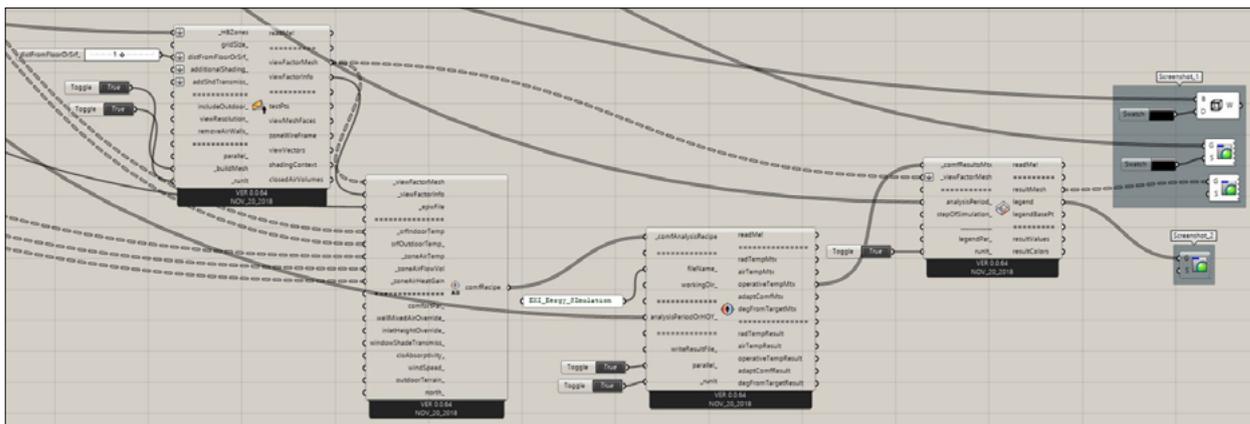


FIG 6. 3. 1. 3. 1\_ SCRIPT PER LA SIMULAZIONE DELLA TEMPERATURA INTERNA

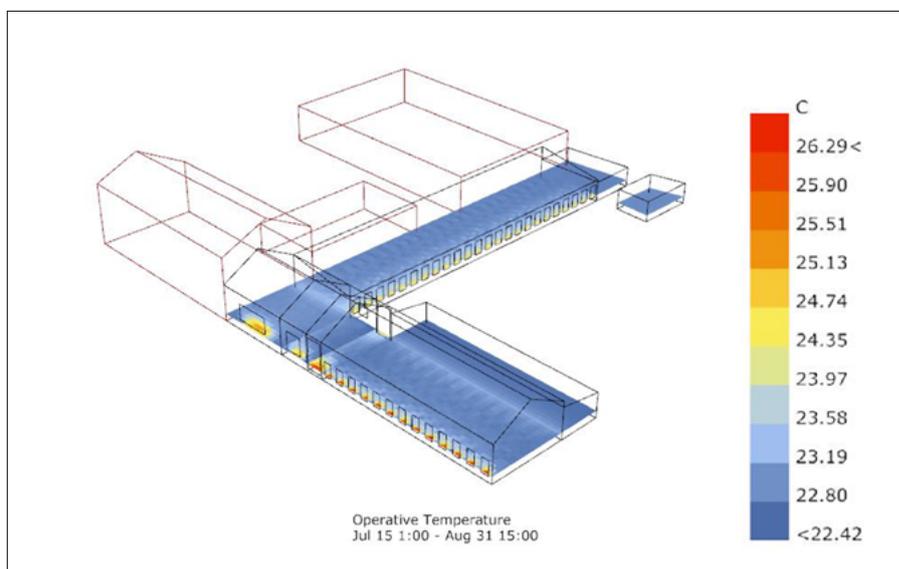


FIG 6. 3. 1. 3. 2\_ SIMULAZIONE DELLA TEMPERATURA OPERATIVA\_ LUGLIO-AGOSTO

L'escursione termica della temperatura operativa durante il mese estivo, varia tra 22°C e 26°C nelle vicinanze delle aperture rivolti verso Sud. Il progetto dovrà quindi anche omogeneizzare il gradiente termico interno a fine di evitare i moti convettivi eccessivi.

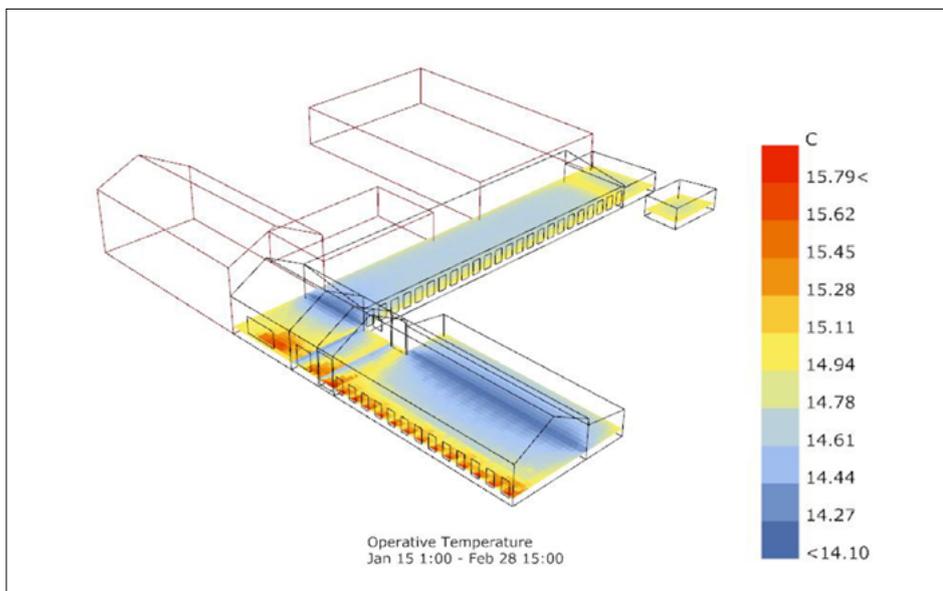


FIG 6. 3. 1. 3\_3\_ SIMULAZIONE DELLA TEMPERATURA OPERATIVA\_ GENNAIO-FEBBRAIO

Si nota che l'escursione termica è minore rispetto al mese estivo. Questo è dovuto al fatto che l'escursione termica della temperatura esterna invernale oscilla in modo meno significativo rispetto a quella estiva. Si riporta allo *studio delle temperature esterne* per confermare quest'affermazione.

I serramenti verso Sud permettono di riscaldare l'ambiente interno, e in modo diffuso. Sarà da prendere in considerazione per la progettazione, in quanto è una collocazione idonea per un muro Trombe. Lo scambio termico diffuso in tutti e tre ambienti della manica principale, permette di procedere ad un «Air Mixing» efficiente.

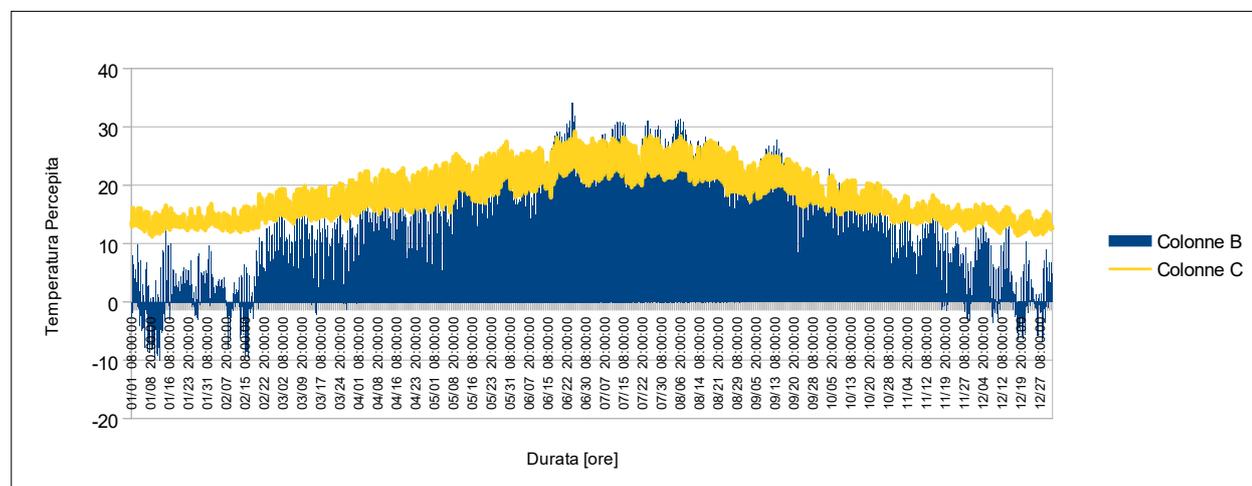


FIG 6. 3. 1. 3\_4\_ PARAGONE DELL'ANDAMENTO DELLE TEMPERATURE INTERNE ED ESTERNE

La curva gialla è più vicina dell'andamento delle temperature esterne. Il motivo è che l'inerzia termica dell'edificio esistente è meno importante, e non sfrutta l'energia solare durante il periodo di riscaldamento.

Si nota per di più, che la temperatura di progetto di torino, che è  $-8^{\circ}\text{C}$  è un valore di picco, di cui la probabilità di accadimento è molto bassa. Si tende a sovradimensionare di gran lunga gli impianti di riscaldamento, e quindi di aumentare potenzialmente il consumo energetico se l'utente trascura il controllo del suo impianto.

# 7. ITER PROGETTUALE

## 7. 1. APPROCCIO DI PROGETTAZIONE

L'approccio di progettazione deve essere netto sia nella valutazione degli spazi, sia nella natura dei programmi da inserirci.

A quest'effetto, si presenta in primo luogo una bozza programmatica del progetto, basandosi su un metodo classico di progettazione. La ragione è di apprezzare ai livelli del tipo distributivo, contestuale, architettonico, e in un secondo momento rimettere in questione queste scelte, per ottimizzarle, tenendo conto delle conclusioni bioclimatiche delle simulazioni.<sup>[1]</sup>

La procedura progettuale usata qui è inerente ai strumenti informatici applicati. Si cerca in primis a calcolare il carico termico di progetto in modo convenzionale a fin di appoggiare, confrontare o smentire qualche valore intuito da software.

Le simulazioni hanno senso se rappresentano un effetto esistente, cioè che si può percepire, e quindi influire sul comfort abitativo e lavorativo degli utenti. Per questo motivo, si andrà a effettuare delle simulazioni secondo periodi ragionati. Siccome lo scopo è di avvicinarsi al meglio alla realtà, non si prenderanno unicamente medie stagionali, ma anche gli estremi. La frequenza poi, nell'anno del raggiungimento di questi valori massimi, legato alle medie stagionali, permetterà al lettore di percepire meglio le analisi termodinamiche sull'edificio.

I quattro giorni sulla quale si baseranno le simulazioni sono : il giorno più freddo d'inverno ( con la sua irradianza solare propria ) ; il giorno più caldo estivo ; e altri due giorni, virtuali loro, uno medio durante il periodo invernale, e l'altro medio durante l'estate. Gli ultimi due giorni valgono come media estesa a tutti i due periodi dell'anno. I valori saranno quindi presenti come di seguito :

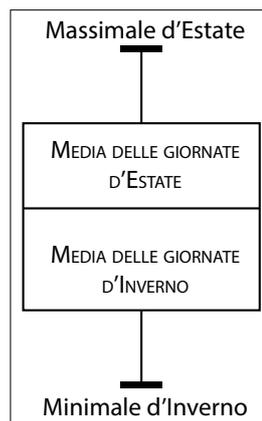


FIG 7. 1. 1. 3. 1\_ DIAGRAMME STATISTICO RAPPRESENTANDO I QUATTRO GIORNI DI ANALISI

1 vedi capitolo 6

## 7. 2. PRESENTAZIONE DEL PROGETTO - «BETA»

Il progetto viene quindi «settato» con una proposta progettuale, permettendo di costruire le diverse analisi termidamiche e il calcolo del carico termico invernale. L'elaborazione e la progettazione sono stati fatti anche essi all'interno di questo lavoro. L'attenzione è rivolta all'efficienza del progetto di ristrutturazione, e quindi l'uso di materiali bioedili appoggiato da tecnologie di conoscenza personale nell'ambito bioclimatico hanno permesso a questo progetto di nascere come «progetto BETA».

L'architettonico viene quindi qualificato attraverso l'uso di strumenti sia manuali, come il lucido ( vedi illustrazioni prossime ) oppure il disegno d'»ambiente», che rivelano la visione più realistica degli ambienti.

### 7.2.1. DISEGNI PROGETTUALI

#### 7. 2. 1. 1. ASSONOMETRIA TECNOLOGICA

Si svilupperà il progetto facendo particolarmente attenzione ai principi bioclimatici, e le loro pertinenze in questo contesto. Per illustrare questo concetto base della progettazione, si è messo in evidenza da un assonometria le diverse soluzioni tecnologie. Non tutte saranno prese in considerazione per elaborare il detto progetto bioclimatico. Sembra tuttavia rilevante illustrare quello che fù un desiderio dei primi passi del progetto.

Si prega il lettore di non tenere come sommario del progetto l'illustrazione che segue, ma soltanto una base di riflessione avuta inizialmente per elaborare questo studio.

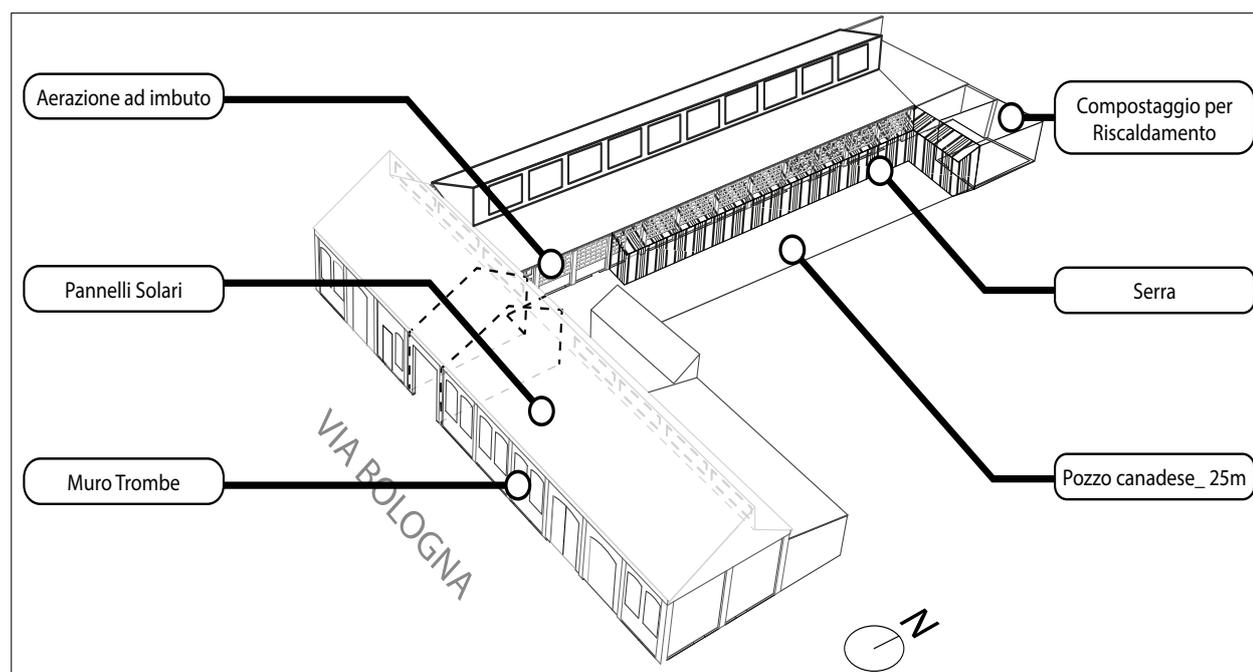


FIG 7. 2. 1. 1. 1\_ SCHEMA DI IDEE TECNOLOGICHE

## 7. 2. 1. 2. SCHIZZI PROGETTUALI

L'approccio progettuale è stato il momento di mettere a prova le conoscenze prese del sito e del suo contesto climatico.

Si possono vedere sezioni di principio qui sotto, illustrando l'involucro principale, e la creazione di un soppalco laddove l'altezza lo permetteva, per ricevere programmi secondari. Si nota anche bene la separazione dei programmi nella manica lunga del cortile, curando attrezzature interne per stoccare materiali dei laboratori di sartoria. L'ultimo volume sulla destra, più discreto è in fatti i servizi igienici dei laboratori.

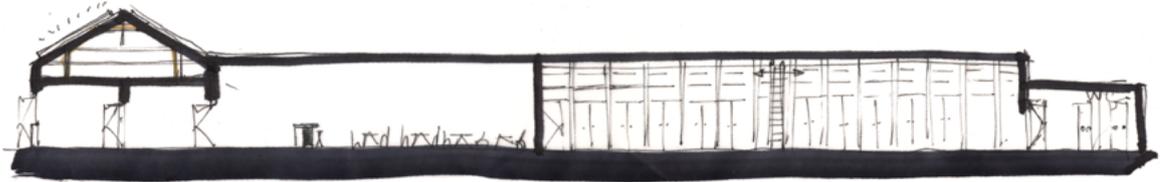


FIG 7. 2. 1. 2. 1\_ SCHIZZO DI PRINCIPIO\_ SEZIONE LUNGITUDINALE

Il secondo schizzo, sezionando in modo trasversale la manica principale, illustra la creazione di una serra in prospetto, incollata alla manica su cortile. Si distinguono anche dei serramenti in colmo.

La manica principale svela l'idea di una sala di concerto sfruttando il volume arretrato per il backstage, e il volume su strada come «fossa» per il pubblico. L'altro volume sezionato a destra non aveva ancora una funzione ben precisa a questo stadio della progettazione.



FIG 7. 2. 1. 2. 2\_ SCHIZZO PROGETTUALE SEZIONE TRASVERALE E PROSPETTO

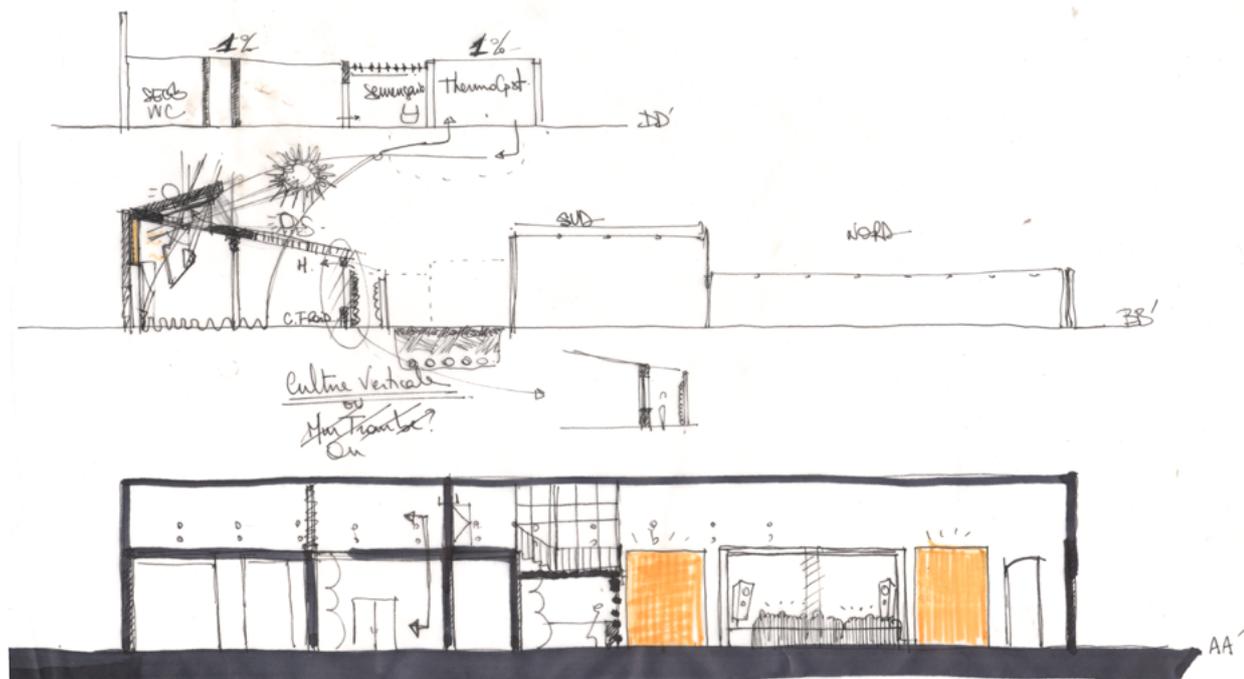


FIG 7. 2. 1. 2. 3\_ SCHIZZO PROGETTUALE SEZIONE TRASVERALE E LONGITUDINALE

### 7. 2. 1. 3. PIANTA

Si rimanda il lettore *alle annexe* per il disegno tecnico al 1/100 della planimetria.

L'indipendenza dei programmi è garantita dalle diverse vie d'ingresso dell'edificio. Su strada sono rimaste solo le vie di uscita d'emergenza, e l'ingresso delle consegne per il ristorante e per gli uffici sociali. Invece, l'ingresso principale coinvoglia nel cortile per distribuirei flussi subito sulla destra per gli uffici di integrazione, sia nella serra per il bar e i laboratori. Il giardino è aperto a tutti, e servirà di terrazza per il bar durante la bella stagione.

### 7. 2. 1. 4. SEZIONI

Si rimanda il lettore *alle annexe* per il disegno tecnico al 1/50 delle sezioni del progetto.

La manica principale verso via Bologna è stata ripristinata in alcune zone a fine di integrare nuovi programmi di appoggio per gli uffici di integrazione e per la sala di concerto. Si sono modificate le capriate alla piemontese per ricevere le altezze utili giuste. In più, si è usato l'acciaio per elevare questi sopralcati, permettendo di toccare alla struttura esistente in modo puntuale, e rimanere nel linguaggio della leggerezza. L'acciaio è stato innegato in scatola di fibre di vetro e cartongesso.

La ventilazione naturale appare efficiente in quanto il percorso dell'aria non è deviato, e i cammini si trovano verso i colmi delle coperture.

7. 2. 1. 5. STRATIGRAFIE

Si rimandare il lettore *alle Annexe* per visualizzare i disegni tecnici delle diverse stratigrafie a scala 1/5. Per le tabelle di proprietà di esse e dei loro materiali, si rimanda il lettore *a queste pagine*.

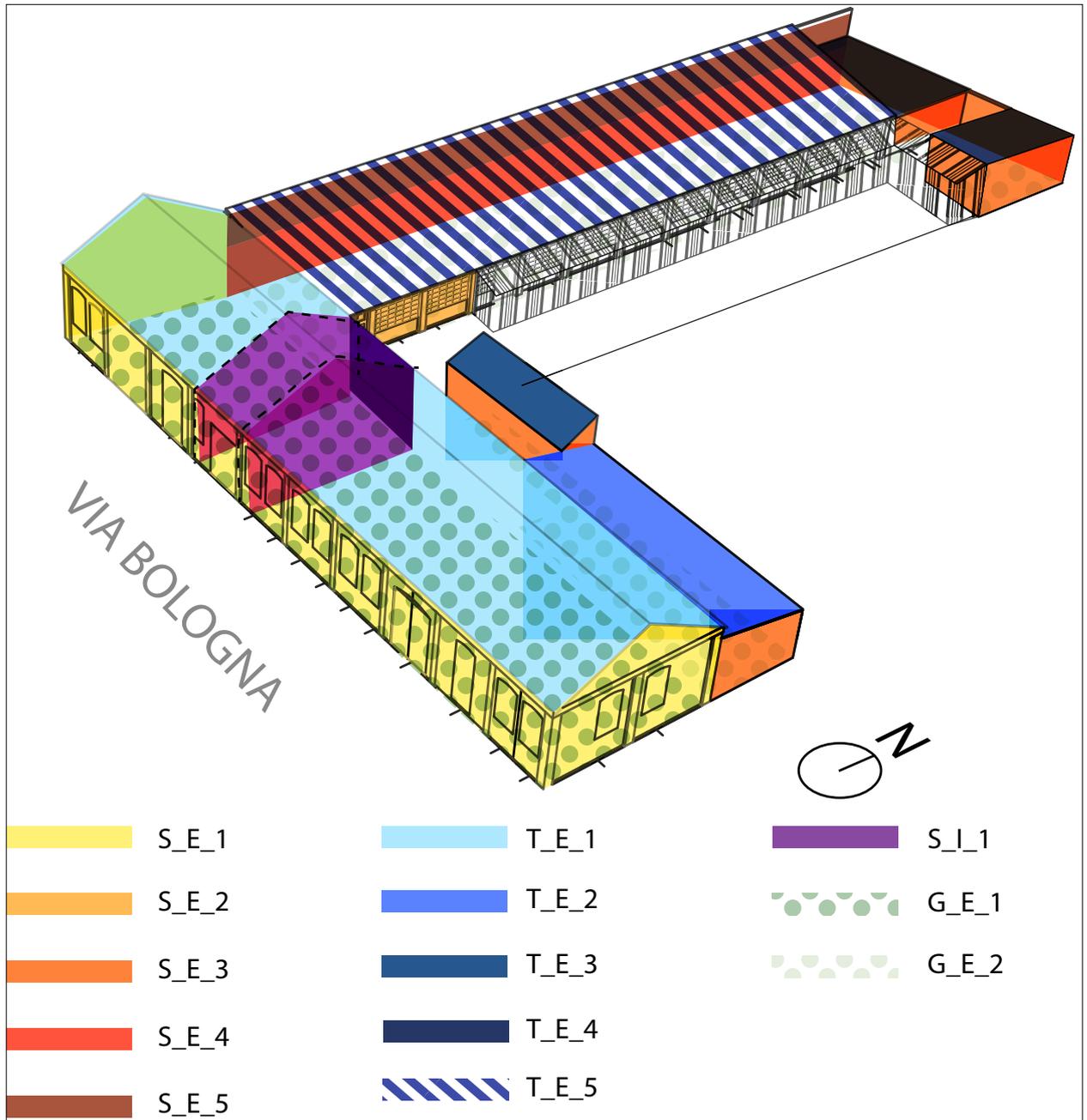


FIG 7. 2. 1. 5. 1\_ CONTESTUALIZZAZIONE DELLE STRATIGRAFIE

7. 2. 1. 6. DETTAGLI COSTRUTTIVI

Lo studio dello stabile riporta una serie di dettagli costruttivi fondamentali per il buon funzionamento delle caratteristiche bioclimatiche del progetto. A quest'effetto, si propone una collocazione grafica dei diversi disegni tecnici elaborati al 1/5, *nelle annexe*.

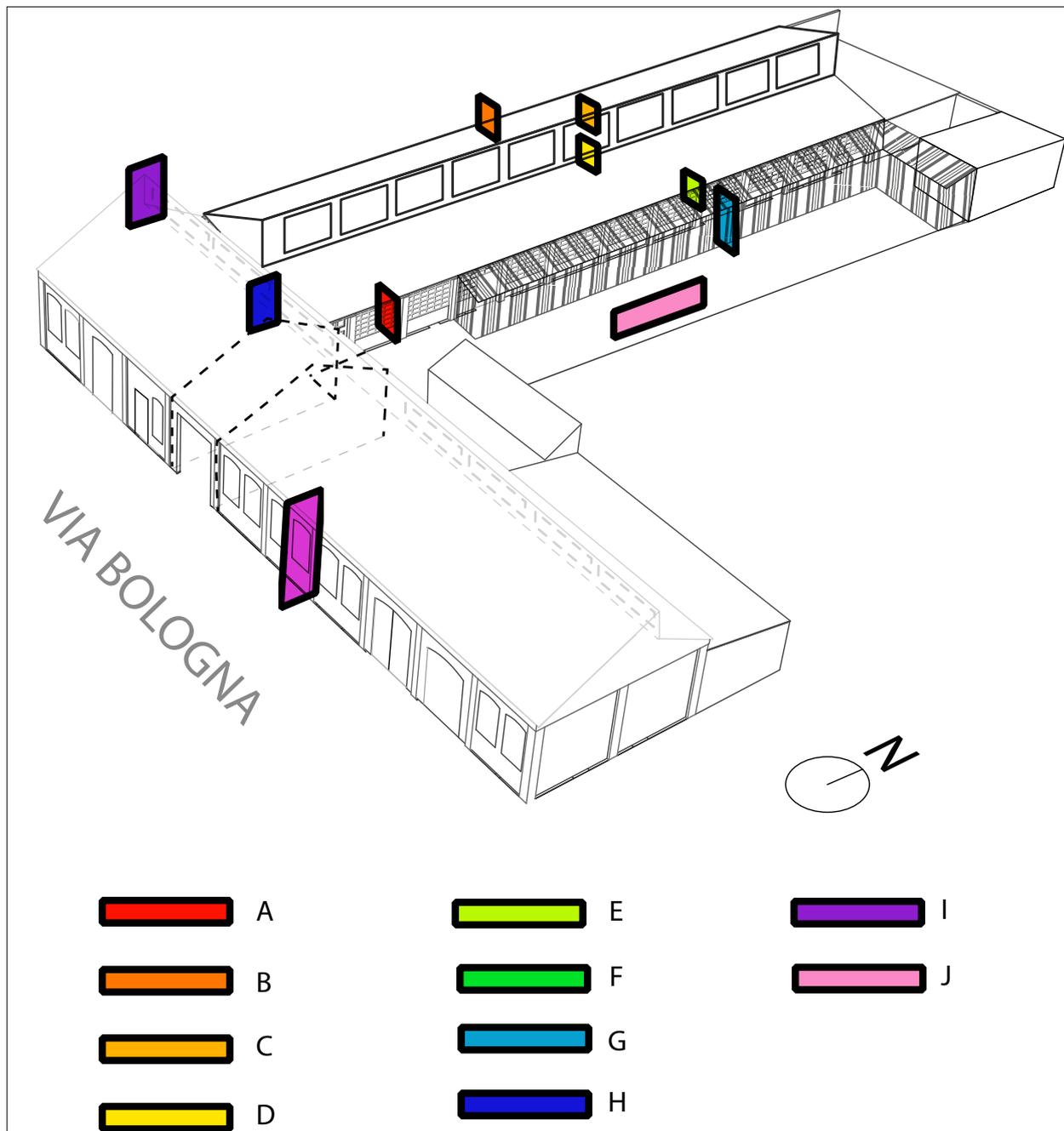


FIG 7. 2. 1. 6. 1\_ CONTESTUALIZZAZIONE DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI

## 7. 3. DATI DI PRESTAZIONE DEL PROGETTO

### 7.3.1. COMPARTIMENTAZIONE IN ZONE TERMICHE

Il progetto ha diverse richieste di programmi, però alcuni si possono aggregare e costituire una unica zona termica, in quanto le prestazioni termiche da rispettare, e le condizioni d'intorno sono sensibilmente le stesse.

Si sono distinte tre zone termiche diverse. La zona 1 ingloba tutta la zona eventi, in cui il fabbisogno energetico è relativamente basso. Il carico endogeno del pubblico qualora ci fosse un evento basta per raggiungere un comfort per questo tipo di attività. La zona 2 racchiude l'intera manica su cortile, ma anche gli uffici e la cucina della manica principale. Le frequenze e le attività collocate si assomigliano a livello termico, ed è per questo motivo che si sono unificate in un'unica zona termica. La zona 3 invece, è scollegata dagli altri volumi, ma connessi da una serra di circolazione. Contiene la centrale termica dell'intero stabile, ed è per questo motivo che è stata isolata in una terza zona termica. Siccome è meno rilevante delle altre, e si collocano unicamente gli elementi dell'impianto termico e di ACS, non si andrà ad analizzare questa zona termica.

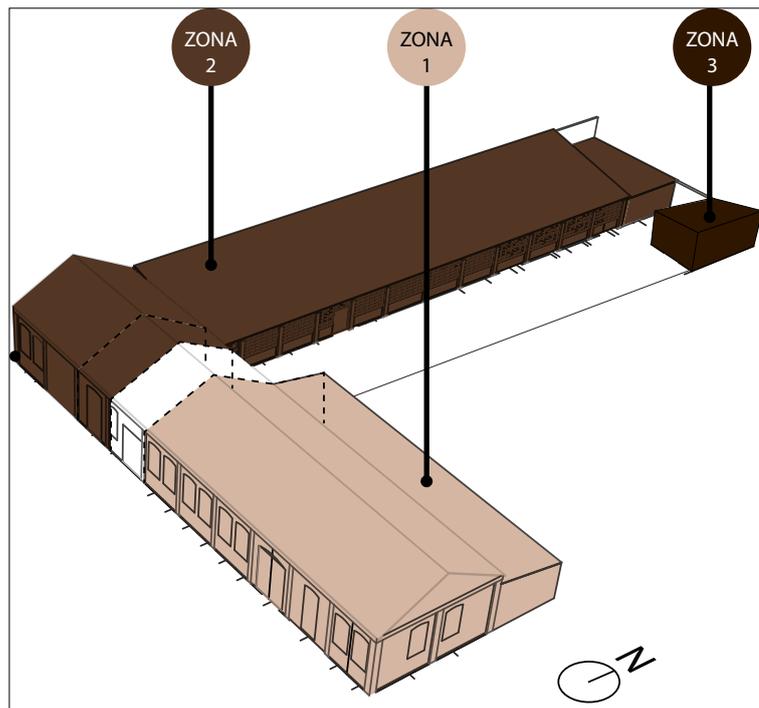


FIG 7. 3. 1. 6. 1\_ COMPARTIMENTAZIONE IN ZONE TERMICHE

## 7.3.2. TRASMITTANZE DELL'INVOLUCRO OPACO

A fine di collocare le diverse stratigrafie, si rimanda il lettore alla seguente *assonometria*.  
Si possono anche apprezzare le stratigrafie attraverso i diversi *disegni tecnici* a scala 1/5.

Qui sotto sono riportate le stratigrafie in tabelle descrittive, elencando le proprietà inerente per calcolare le trasmittanze delle diverse pareti, e generare i *diagrammi di Glaser*, per verificarne la precipitazione di condense.

## 7.3.2.1. INVOLUCRO VERTICALE

S_I_1							
	Materiale	Peso Specifico	Permeabilità al vapore	Capacità Termica	Conducibilità Termica	Spessore	Resistenza Termica
		[kg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[J/kg°C]	[W/m°C]	[ m ]	[m <sup>2</sup> K/W]
Interno	Rsi						0,13
	Intonaco_Calce-Canapulo	800	12	1500	0,15	0,02	
	Isolante_Terra Paglia alleggerita	400	6	1404	0,1	0,3	
	Intonaco_Cementizio	1800	24	840	0,9	0,02	
	Mattoni pieni	2000	13	1000	0,85	0,38	
	Intonaco_Cementizio	1800	24	840	0,9	0,02	
Esterno	Rse						0,04
Trasmittanza Termica		U	[W/m <sup>2</sup> K]				0,264

S_E_1							
	Materiale	Peso Specifico	Permeabilità al vapore	Capacità Termica	Conducibilità Termica	Spessore	Resistenza Termica
		[kg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[J/kg°C]	[W/m°C]	[ m ]	[m <sup>2</sup> K/W]
Interno							0,13
	Intonaco_Calce-Canapulo	800	12	1500	0,15	0,02	
	Isolante_Terra Paglia alleggerita	400	6	1404	0,1	0,28	
	Intonaco_Cementizio	1800	24	840	0,9	0,02	
	Mattoni pieni	2000	13	1000	0,85	0,38	
	Intonaco_Cementizio	1800	24	840	0,9	0,02	
Esterno							0,04
Trasmittanza Termica		U	[W/m <sup>2</sup> K]				0,278

S\_E\_2

	Materiale	Peso Specifico	Permeabilità al vapore	Capacità Termica	Conducibilità Termica	Spessore	Resistenza Termica
		[kg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[J/kg°C]	[W/m°C]	[ m ]	[m <sup>2</sup> K/W]
Interno							0,13
	Intonaco_Calce-Canapulo	800	12	1500	0,15	0,01	
	Isolante_Terra Paglia alleggerita	400	6	1404	0,1	0,26	
	Intonaco_Cementizio	1800	24	840	0,9	0,02	
	Mattoni pieni	2000	13	1000	0,85	0,38	
	Intonaco_Cementizio	1800	24	840	0,9	0,02	
Esterno							0,04

Trasmittanza Termica	U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,300
----------------------	---	----------------------	-------

S\_E\_3

	Materiale	Peso Specifico	Permeabilità al vapore	Capacità Termica	Conducibilità Termica	Spessore	Resistenza Termica
		[kg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[J/kg°C]	[W/m°C]	[ m ]	[m <sup>2</sup> K/W]
Interno							0,13
	Intonaco_Calce-Canapulo	800	12	1500	0,15	0,01	
	Isolante_Fibra di Canapulo	33	1,5	1500	0,04	0,2	
	Intonaco_Cementizio	1800	24	840	0,9	0,015	
	Mattoni forati	750	12	1000	0,35	0,2	
	Intonaco_Cementizio	1800	24	840	0,9	0,015	
Esterno							0,04

Trasmittanza Termica	U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,171
----------------------	---	----------------------	-------

S\_E\_4

	Materiale	Peso Specifico	Permeabilità al vapore	Capacità Termica	Conducibilità Termica	Spessore	Resistenza Termica
		[kg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[J/kg°C]	[W/m°C]	[ m ]	[m <sup>2</sup> K/W]
Interno							0,13
	Intonaco_Calce-Canapulo	800	12	1500	0,15	0,01	
	Isolante_Fibra di Canapulo	33	1,5	1500	0,04	0,2	
	CLS	2000	69	880	1,16	0,35	
Esterno							0,04

Trasmittanza Termica	U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,181
----------------------	---	----------------------	-------

S_E_5		0					
	Materiale	Peso Specifico	Permeabilità al vapore	Capacità Termica	Conducibilità Termica	Spessore	Resistenza Termica
		[kg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[J/kg°C]	[W/m°C]		
Interno							0,13
	Intonaco_Calce-Canapulo	800	12	1500	0,15	0,015	
	Pisè	1900	7	1500	1	0,2	
	Isolante_Pannelli Sughero Espanso	150	18	1850	0,04	0,1	
	Blocchi in calcestruzzo	900	12,5	1000	1	0,35	
Esterno							0,04
Trasmittanza Termica		U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,301			

### 7.3.2.2. COPERTURE

T_E_1							
	Materiale	Peso Specifico	Permeabilità al vapore	Capacità Termica	Conducibilità Termica	Spessore	Resistenza Termica
		[kg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[J/kg°C]	[W/m°C]		
Interno							0,1
	Intonaco_Calce Sabbia	1600	13	900	0,7	0,005	
	Pannelli_Legno Compensato Leggero	250	125	2000	0,09	0,025	
	Isolante_Pannelli in lana di canapa semi rigidi	50	1	1800	0,06	0,4	
	Coppi	600	7	840	0,25	0,03	
Esterno							0,04
Trasmittanza Termica		U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,139			

T_E_2							
	Materiale	Peso Specifico	Permeabilità al vapore	Capacità Termica	Conducibilità Termica	Spessore	Resistenza Termica
		[kg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[J/kg°C]	[W/m°C]		
Interno							0,1
	Intonaco_Calce Sabbia	1600	13	900	0,7	0,005	
	Pannelli_Legno Compensato Leggero	250	125	2000	0,09	0,01	
	Isolante_Pannelli in lana di canapa semi rigidi	50	1	1800	0,06	0,2	
	Lamiera grecata	8000	200000	500	17	0,02	
Esterno							0,04
Trasmittanza Termica		U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,278			

T\_E\_3

	Materiale	Peso Specifico	Permeabilità al vapore	Capacità Termica	Conducibilità Termica	Spessore	Resistenza Termica
		[kg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[J/kg°C]	[W/m°C]	[ m ]	[m <sup>2</sup> K/W]
Interno							0,1
	Intonaco_Calce Sabbia	1600	13	900	0,7	0,005	
	Pannelli_Legno Compensato Leggero	250	125	2000	0,09	0,01	
	Isolante_Pannelli in lana di canapa semi rigidi	50	1	1800	0,06	0,32	
	Lamiera grecata	8000	200000	500	17	0,002	
Esterno							0,04

Trasmittanza Termica	U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,179
----------------------	---	----------------------	-------

T\_E\_4

	Materiale	Peso Specifico	Permeabilità al vapore	Capacità Termica	Conducibilità Termica	Spessore	Resistenza Termica
		[kg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[J/kg°C]	[W/m°C]	[ m ]	[m <sup>2</sup> K/W]
Interno							0,1
	Intonaco_Calce Sabbia	1600	13	900	0,7	0,005	
	Pannelli_Legno Compensato Leggero	250	125	2000	0,09	0,01	
	Isolante_Pannelli in lana di canapa semi rigidi	50	1	1800	0,06	0,3	
	Intercapedine Aria_Non Ventilato _ spessore : mm 25-300	1,23	1	1008	0,18	0,2	
	Lamiera grecata	8000	200000	500	17	0,002	
Esterno							0,04

Trasmittanza Termica	U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,157
----------------------	---	----------------------	-------

T\_E\_5

	Materiale	Peso Specifico	Permeabilità al vapore	Capacità Termica	Conducibilità Termica	Spessore	Resistenza Termica
		[kg/m <sup>3</sup> ]	[-]	[J/kg°C]	[W/m°C]	[ m ]	[m <sup>2</sup> K/W]
Interno							0,1
	Intonaco_Calce Sabbia	1600	13	900	0,7	0,05	
	Pannelli_Legno Compensato Leggero	250	125	2000	0,09	0,1	
	Isolante_Pannelli in lana di canapa semi rigidi	50	1	1800	0,06	0,25	
	Coppi	600	7	840	0,25	0,04	
Esterno							0,04

Trasmittanza Termica	U	[W/m <sup>2</sup> K]	0,177
----------------------	---	----------------------	-------

7. 3. 2. 3. PAVIMENTI

G_E_1
-------

MATERIALE	PESO SPECIFICO	PERMEABILITÀ AL VAPORE	CAPACITÀ TERMICA	CONDUCIBILITÀ TERMICA	SPESORE	RESISTENZA TERMICA
	[KG/M3]	[-]	[J/KG°C]	[W/M°C]	[ M ]	[M2K/W]
						0
INTONACO_CALCE-CANAPULO	800	12	1500	0,15	0,01	
VETRO CELLULARE	150	1000000000	950	0,045	0,15	
ISOLANTE_PANNELLI SUGHERO ESPANSO	150	18	1850	0,04	0,05	
CLS	2000	69	880	1,16	0,2	
						0,04

TRASMITTANZA TERMICA	U	[W/M2K]	0,277
----------------------	---	---------	-------

G_E_2
-------

MATERIALE	PESO SPECIFICO	PERMEABILITÀ AL VAPORE	CAPACITÀ TERMICA	CONDUCIBILITÀ TERMICA	SPESORE	RESISTENZA TERMICA
	[KG/M3]	[-]	[J/KG°C]	[W/M°C]	[ M ]	[M2K/W]
						0
INTONACO_CALCE SABBIA	1600	13	900	0,7	0,01	
VETRO CELLULARE	150	1000000000	950	0,045	0,15	
ISOLANTE_PANNELLI SUGHERO ESPANSO	150	18	1850	0,04	0,05	
CLS	2000	69	880	1,16	0,15	
VESPAIO IGLOO						3,33
						0,04

TRASMITTANZA TERMICA	U	[W/M2K]	0,123
----------------------	---	---------	-------

## 7. 4. DIAGRAMMI DI GLASER

La progettazione di un nuovo involucro termicamente performante può causare problemi di condense all'interno della nuova stratigrafia. Per questo fatto, si illustrano qui sotto le diverse verifiche attraverso diagrammi di Glaser per tutte le nuove stratigrafie del progetto.

### 7.4.1. S\_E\_1

- STRATIGRAFIA ESISTENTE

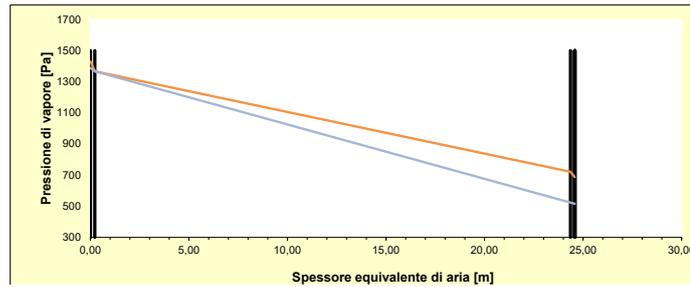


FIG 7. 4. 1. 3. 1\_ DIAGRAMMA DI GLASER\_SE1\_EXI\_GENNAIO

- STRATIGRAFIA DI PROGETTO

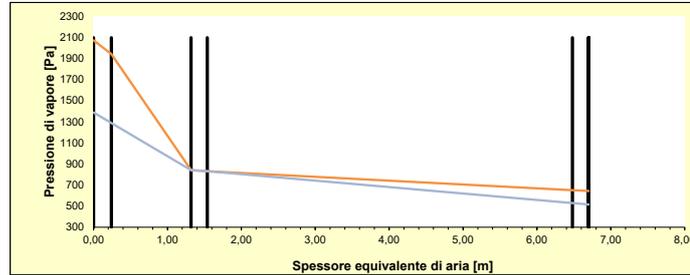


FIG 7. 4. 1. 3. 2\_ DIAGRAMMA DI GLASER\_SE1\_PRO\_GENNAIO

### 7.4.2. S\_E\_2

- STRATIGRAFIA ESISTENTE

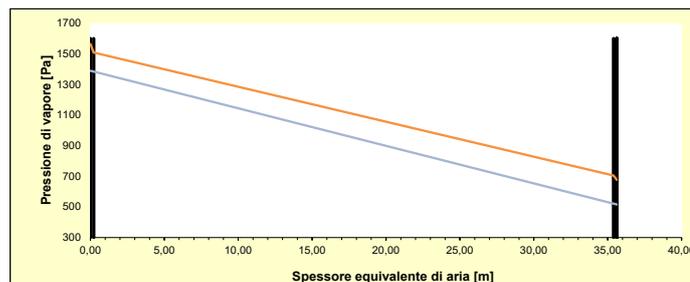


FIG 7. 4. 2. 3. 1\_ DIAGRAMMA DI GLASER\_SE2\_EXI\_GENNAIO

- STRATIGRAFIA DI PROGETTO

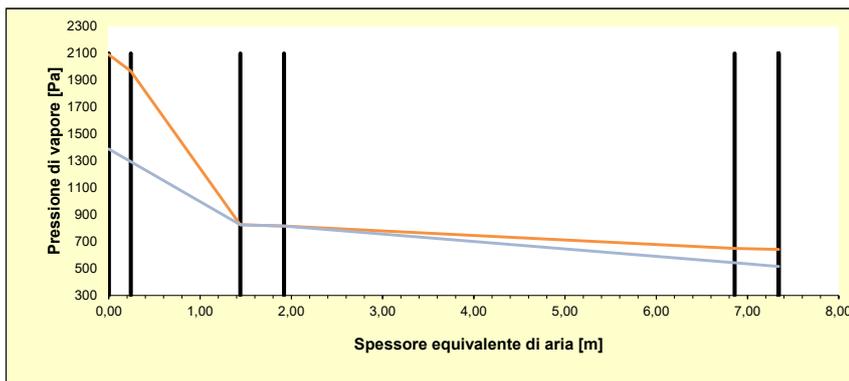


FIG 7. 4. 2. 3. 2\_ DIAGRAMMA DI GLASER\_SE2\_PRO\_GENNAIO

### 7.4.3. S\_E\_3

- STRATIGRAFIA ESISTENTE

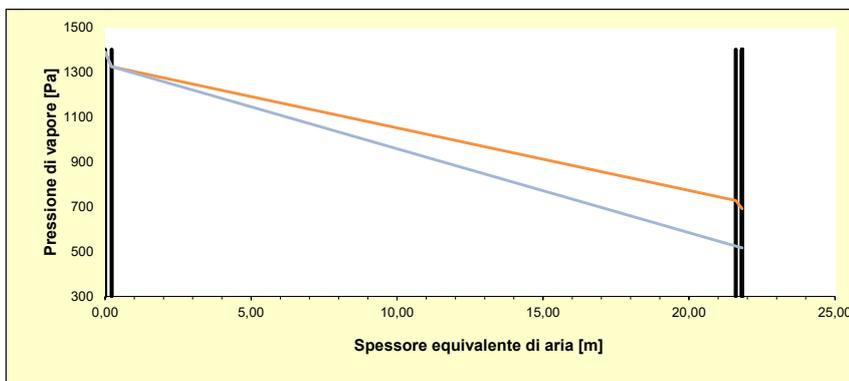


FIG 7. 4. 3. 3. 1\_ DIAGRAMMA DI GLASER\_SE3\_EXI\_GENNAIO

- STRATIGRAFIA DI PROGETTO

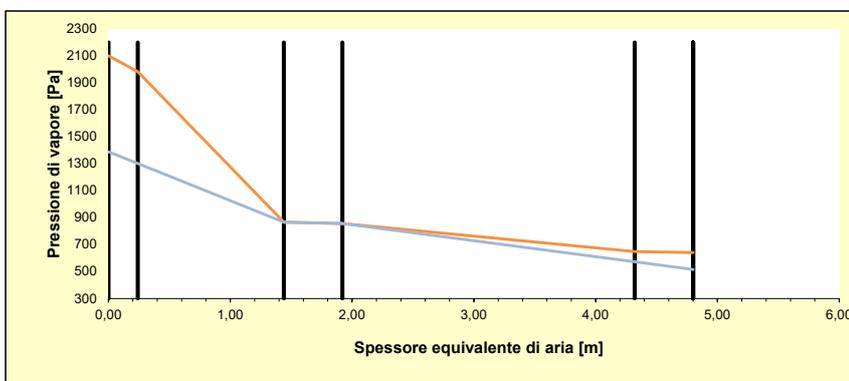


FIG 7. 4. 3. 3. 2\_ DIAGRAMMA DI GLASER\_SE3\_PRO\_GENNAIO

-

### 7.4.4. S\_E\_4

- STRATIGRAFIA ESISTENTE

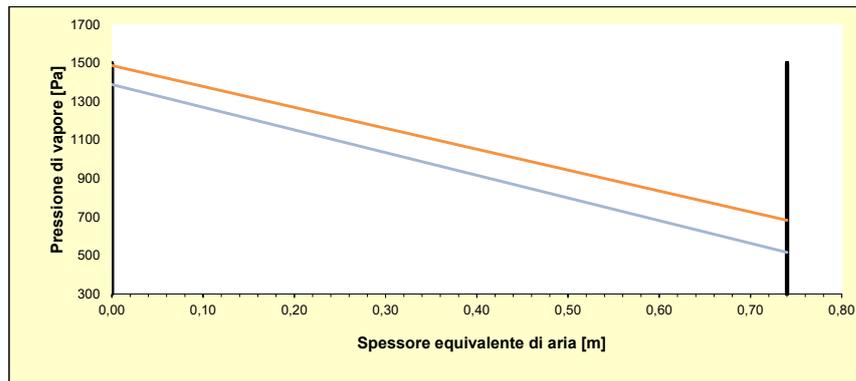


FIG 7. 4. 4. 3. 1\_ DIAGRAMMA DI GLASER\_SE4\_EXI\_GENNAIO

- STRATIGRAFIA DI PROGETTO

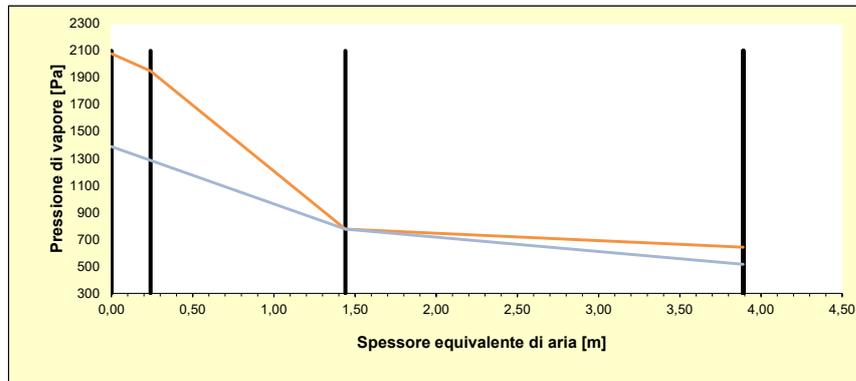


FIG 7. 4. 4. 3. 2\_ DIAGRAMMA DI GLASER\_SE4\_PRO\_GENNAIO

### 7.4.5. S\_E\_5

- STRATIGRAFIA ESISTENTE

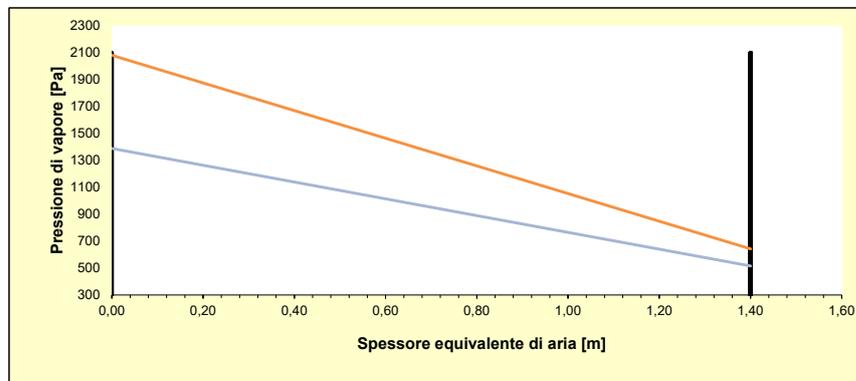


FIG 7. 4. 5. 3. 1\_ DIAGRAMMA DI GLASER\_SE5\_EXI\_GENNAIO

- STRATIGRAFIA DI PROGETTO

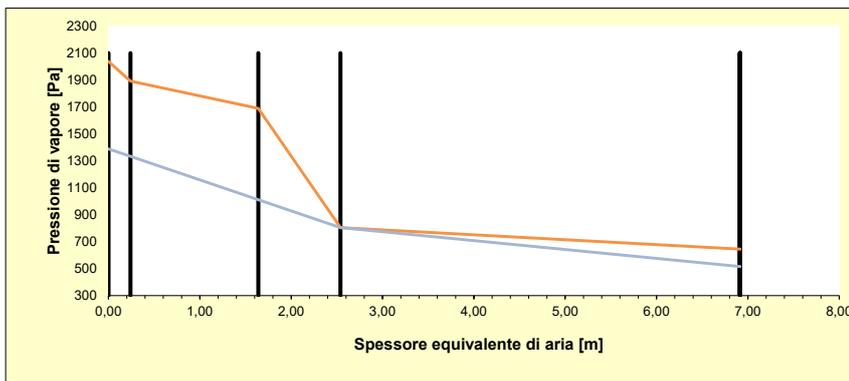


FIG 7. 4. 5. 3. 2\_ DIAGRAMMA DI GLASER\_SE5\_PRO\_GENNAIO

### 7.4.6. T\_E\_1

- STRATIGRAFIA ESISTENTE

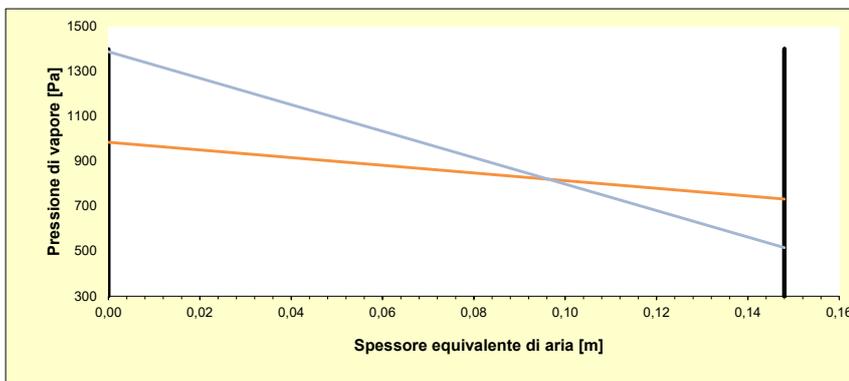


FIG 7. 4. 6. 3. 1\_ DIAGRAMMA DI GLASER\_TE1\_EXI\_GENNAIO

- STRATIGRAFIA DI PROGETTO

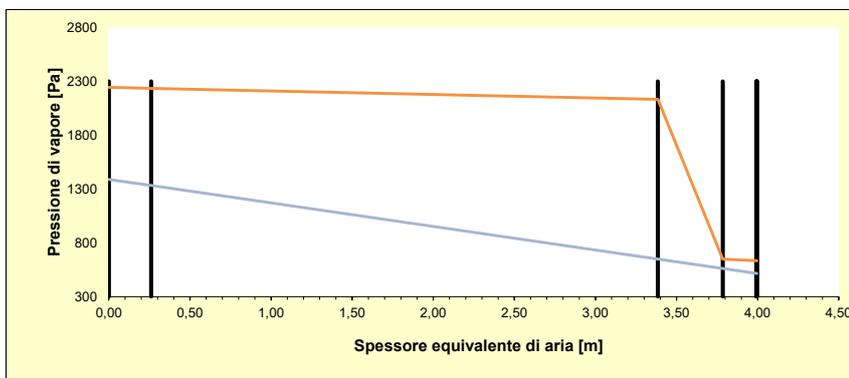


FIG 7. 4. 6. 3. 2\_ DIAGRAMMA DI GLASER\_TE1\_PRO\_GENNAIO

### 7.4.7. T\_E\_2

- STRATIGRAFIA ESISTENTE

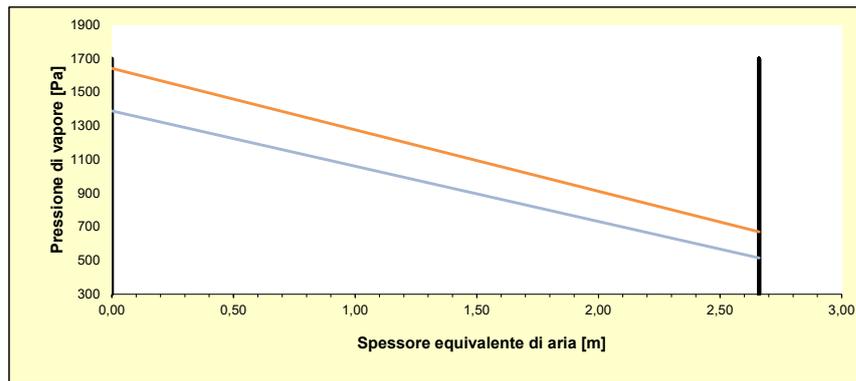


FIG 7. 4. 7. 3. 1\_ DIAGRAMMA DI GLASER\_TE2\_EXL\_GENNAIO

- STRATIGRAFIA DI PROGETTO

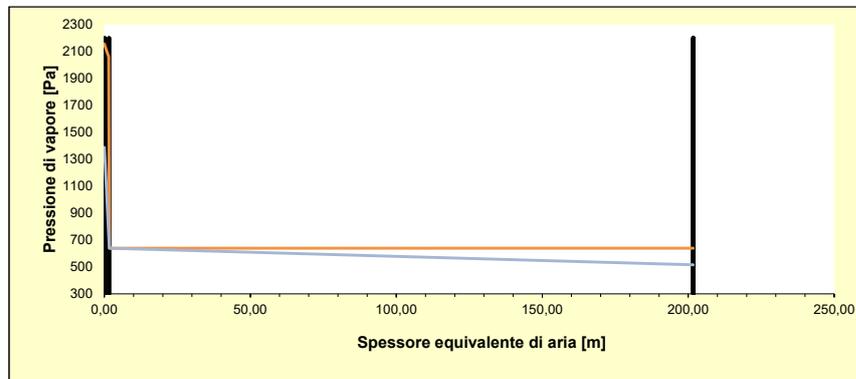


FIG 7. 4. 7. 3. 2\_ DIAGRAMMA DI GLASER\_TE2\_PRO\_GENNAIO

### 7.4.8. T\_E\_3

- STRATIGRAFIA ESISTENTE

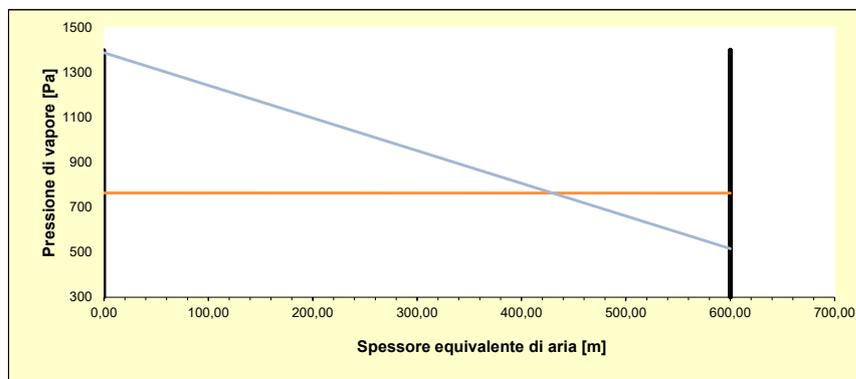


FIG 7. 4. 8. 3. 1\_ DIAGRAMMA DI GLASER\_TE3\_EXL\_GENNAIO

- STRATIGRAFIA DI PROGETTO

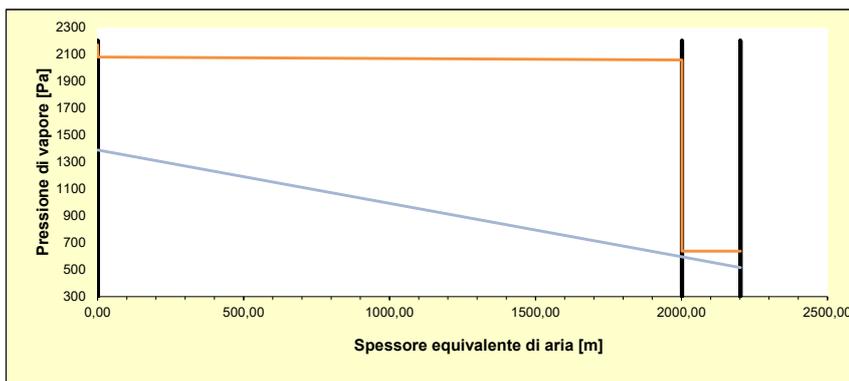


FIG 7. 4. 8. 3. 2\_ DIAGRAMMA DI GLASER\_TE3\_PRO\_GENNAIO

### 7.4.9. T\_E\_4

- STRATIGRAFIA ESISTENTE

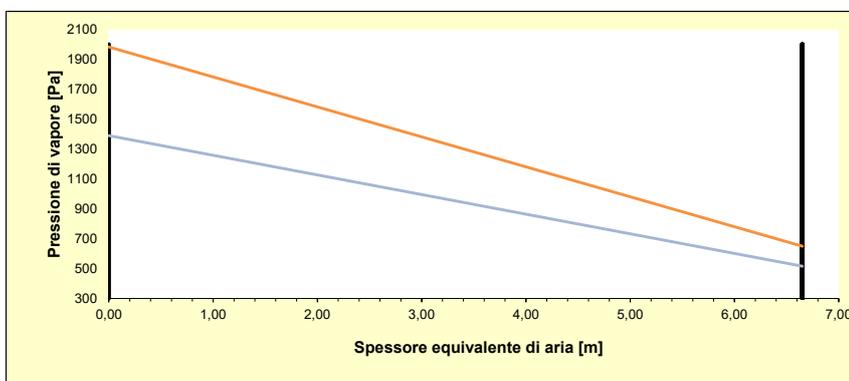


FIG 7. 4. 9. 3. 1\_ DIAGRAMMA DI GLASER\_TE4\_EXI\_GENNAIO

- STRATIGRAFIA DI PROGETTO

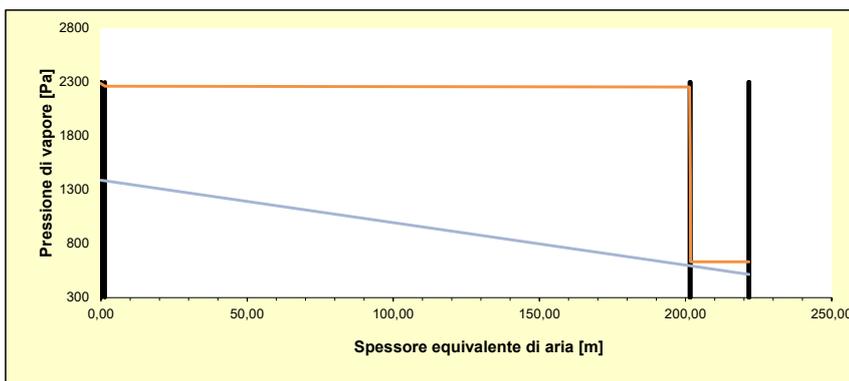


FIG 7. 4. 9. 3. 2\_ DIAGRAMMA DI GLASER\_TE4\_PRO\_GENNAIO

## 7.4.10. TRASMITTANZE DEI SERRAMENTI

I serramenti del progetto sono ad alta efficienza energetica. Le aperture in colmo delle due coperture hanno le stesse proprietà sia per la conducibilità termica, sia per la trasmittanza visiva. Il loro scopo è di fare passare la luce del sole, imprigionando dall'interno gli irraggiamenti provocati dal riscaldamento dei materiali costituendo l'interno.

In effetti, la ventilazione estiva si vuole effettuare soltanto dalle bocchette d'aria nelle loro vicinanze, in colmo.

Le vetrate in basso, verso strada sono duplici. Quelli utili per il muro Trombe sono di semplice vetro. L'isolamento viene garantito più all'interno del volume abitato. Si deve, in più garantire una massima quantità di energia solare verso la parete ricevitrice. I secondi vetri dando sulla zona degli uffici e della cucina sono di vetro doppio ad alta prestazione termica.

Le aperture verso il cortile sono di vetro doppio, a fin e di garantire una barriera termica in caso di surriscaldamento momentaneo della serra, o di dispersioni termiche elevate durante l'inverno.

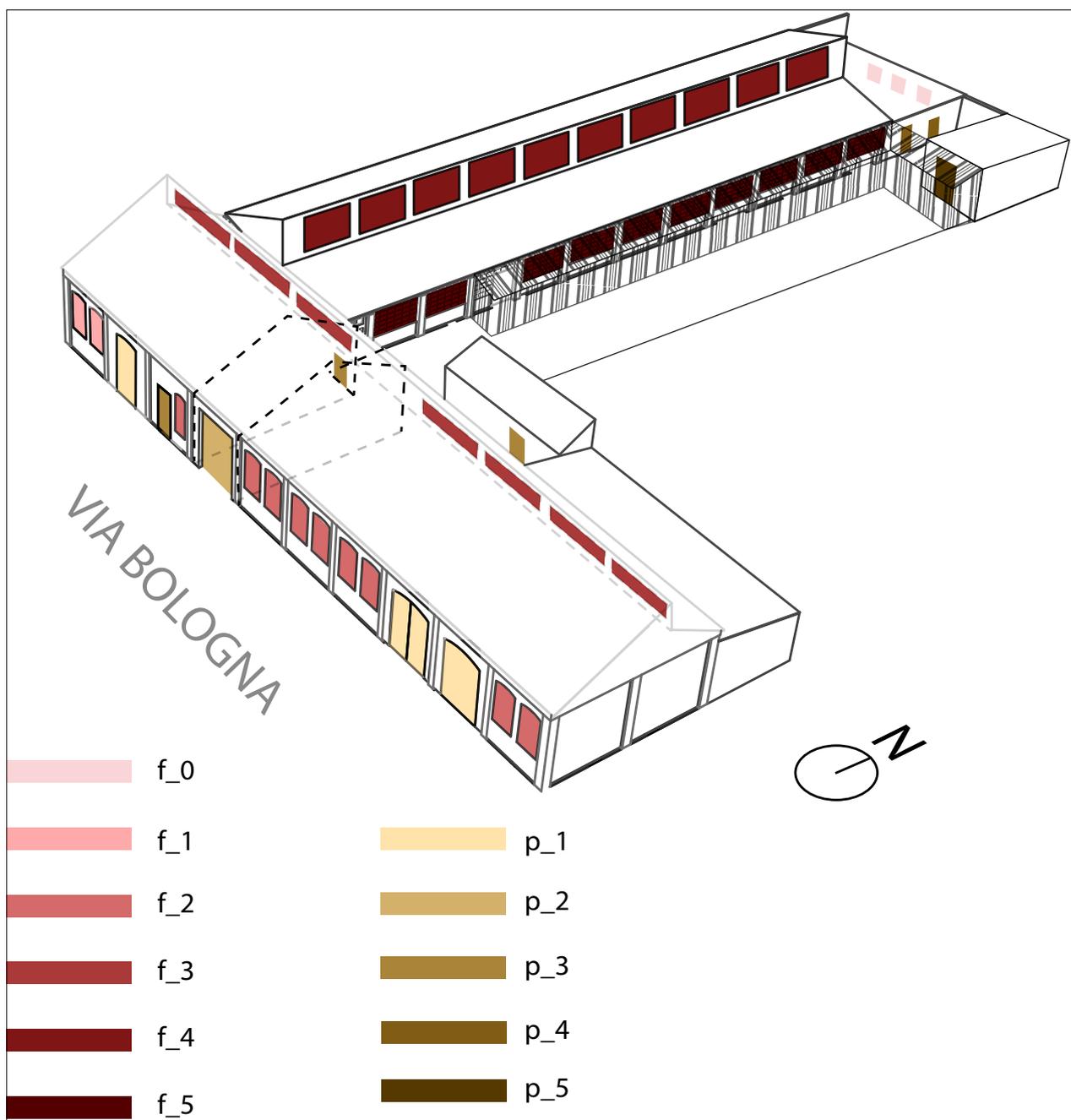


FIG 7. 4. 10. 3. 1\_ CONTESTUALIZZAZIONE DEI SERRAMENTI

## 7. 5. CALCOLO DEL CARICO TERMICO INVERNALE

### 7.5.1. PROCEDURA DI CALCOLO (UNI EN ISO 12831)

Si è fatto il calcolo del carico termico in modo semplificato, seguendo i principi della normativa UNI EN ISO 12831.

Si procederà secondo il metodo semplificato della normativa. Quindi si calcolerà la dispersione termica totale dello spazio riscaldato, al quale si aggiungerà la potenza di ripresa del riscaldamento.

La normativa indica che non è consentito l'uso del metodo semplificato per edifici non residenziali, però per questo esercizio, serve per capire in linea di massima se i risultati ricavati da software sono coerenti. Per questo motivo, si andrà comunque ad usare questo metodo, bensì con cautela.

Le misurazioni sono tutte fatte all'estradosso dei elementi dell'involucro, del pavimento e delle coperture.

I coefficienti di dispersione termica sono stati calcolati prendendo i valori tabellari per i diversi fattori correttivi. Ad esempio, il fattore correttivo rispetto all'esposizione dei elementi dell'involucro sono stati ricavati dal prospetto NA.3 a.

La dispersione termica per trasmissione verso il terreno mi ha permesso di caratterizzare meglio l'attacco della struttura sul suo sito.

- CALCOLO DISPERSIONE TERMICA PER TRASMISSIONE

#### 9.1.2

#### Dispersione termica di progetto per trasmissione

La dispersione termica di progetto per trasmissione,  $\Phi_{T,i}$ , per uno spazio riscaldato (i) è calcolata come segue:

$$\Phi_{T,i} = \sum_k f_k \times A_k \times U_k \times (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W] \quad (24)$$

dove:

$f_k$  = fattore di correzione della temperatura per l'elemento dell'edificio (k), che tiene conto della differenza tra la temperatura nel caso considerato e la temperatura esterna di progetto;

$A_k$  = area dell'elemento dell'edificio (k) in metri quadrati (m<sup>2</sup>);

$U_k$  = trasmittanza termica dell'elemento dell'edificio (k) in Watt al metro quadrato per Kelvin (W/m<sup>2</sup>×K).

- CALCOLO DISPERSIONE TERMICA PER VENTILAZIONE

<b>9.1.3</b>	<p><b>Dispersione termica di progetto per ventilazione</b></p> <p>La dispersione termica di progetto per ventilazione, <math>\Phi_{V,i}</math>, per uno spazio riscaldato (i) è calcolata come segue:</p> $\Phi_{V,i} = 0,34 \times \dot{V}_{\min,i} \times (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (25)$ <p>dove:</p> <p><math>\dot{V}_{\min,i}</math> = portata d'aria minima dello spazio riscaldato (i) richiesta per ragioni igieniche, in metri cubi all'ora (m<sup>3</sup>/h);</p>
--------------	---

Nel metodo semplificato, la ventilazione è considerata come quella sufficiente per mantenere un igiene corretta nel volume interno dello stabile.

- CALCOLO CARICO TERMICO TOTALE

<b>9.1.1</b>	<p><b>Dispersione termica totale di progetto</b></p> <p>La dispersione termica totale di progetto per uno spazio riscaldato (i), <math>\Phi_i</math>, è calcolata come segue:</p> $\Phi_i = (\Phi_{T,i} + \Phi_{V,i}) \times f_{\Delta\theta,i} \quad [\text{W}] \quad (23)$ <p>dove:</p> <p><math>\Phi_{T,i}</math> = dispersione termica di progetto per trasmissione dello spazio riscaldato (i) in Watt (W);</p> <p><math>\Phi_{V,i}</math> = dispersione termica di progetto per ventilazione dello spazio riscaldato (i) in Watt (W);</p> <p><math>f_{\Delta\theta,i}</math> = fattore di correzione della temperatura che tiene conto dell'ulteriore dispersione termica degli ambienti riscaldati a una temperatura più alta rispetto agli ambienti riscaldati adiacenti, per esempio una stanza da bagno riscaldata a 24° C.</p>
--------------	---

Le dispersioni termiche totali del progetto sono calcolate sulla base di dispersioni termiche per trasmissione e dispersioni termiche dovute alle infiltrazioni volute o non dell'edificio.

**9.2.1****Carico termico totale di progetto**

Il carico termico totale di progetto per uno spazio riscaldato (i),  $\Phi_{HL,i}$ , è calcolato come segue:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i} \quad [W] \quad (27)$$

dove:

$\Phi_i$  = dispersione termica totale di progetto dello spazio riscaldato (i) in Watt (W);

$\Phi_{RH,i}$  = potenza di ripresa del riscaldamento dello spazio riscaldato (i) in Watt (W).

**9.2.2****Spazi riscaldati in modo intermittente**

La potenza di ripresa del riscaldamento richiesta per compensare gli effetti del riscaldamento intermittente,  $\Phi_{RH,i}$ , in uno spazio riscaldato (i) è calcolata come segue:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \times f_{RH} \quad [W] \quad (28)$$

## 7.5.2. TEMPERATURE INTERNE DI PROGETTO

Il progetto assume diversi programmi. A fine di non focalizzarsi sul calcolo teorico del fabbisogno in potenza termica, si deciderà di avere una temperatura media interna di progetto pari a 18°C in quanto :  
[1]

T<sub>i,d</sub> (uffici) = 20°C  
 T<sub>i,d</sub> (ristoranti) = 20°C  
 T<sub>i,d</sub> (industrie) = 18°C  
 T<sub>i,d</sub> (gallerie) = 16°C

1 UNI EN ISO 12831 - Valori di temperatura interna di progetto secondo la destinazione d'uso

## 7.5.3. DISPERSIONI PER TRASMISSIONE

## 7.5.3.1. INVOLUCRO OPACO

	SUPERFICIE LORDA ESTERNA	NOME STRA- TIGRAFIA	TRASMIT- TANZA	VERSO ESTERNO	VERSO SPAZIO NON RISCALDATO	VERSO SERRA	COEFF D'ESPO- SIZIONE	COEFF DI DISPERSIONE TER- MICA
	[M2]		[W/M2K]					[W/K]
PARETE NORD GRANDE MA- NICA	33	S_E_3	0,356				1,2	14,09
PARETE NORD TERMOCOMPOST	17,18	S_E_3	0,356				1,2	7,34
PARETE SUD TERMOCOMPOST	12,39	S_E_3	0,356				1	4,41
PARETE EST TERMOCOMPOST	30,46	S_E_3	0,356				1,15	12,47
PARETE OUEST TERMOCOMPOST	24,33	S_E_3	0,356				1,1	9,53
PARETE OUEST GRANDE MANICA	190,33	S_E_4	0,416				1,1	87,06
PARETE OUEST RISTORANTE	106,2	S_E_4	0,416				1,1	48,58
PARETE OUEST CUCINA	60,06	S_E_1	0,472				1,1	31,18
PARETE OUEST INGRESSO CARRAIO	56,8	S_E_5	0,368				1,1	22,97
PARETE EST INGRESSO CAR- RAIO	56,8	S_E_5	0,368				1,15	24,01
PARETE SUD VIA BOLOGNA_ STOCCAGGIO	76	S_E_1	0,472				1	35,87
PARETE SUD VIA BOLOGNA_ CONCERTO	132,22	S_E_1	0,472				1	62,40
PARETE OUEST BACKSTAGE	9,94	S_E_3	0,356				1,1	3,89
PARETE NORD BACKSTAGE	55,76	S_E_3	0,356				1,2	23,82
PARETE EST BACKSTAGE	20,78	S_E_3	0,356				1,1	8,14
PARETE EST CONCERTO	73,64	S_E_3	0,356				1,15	30,14
PARETE EST RISTORANTE	63,3	S_E_2	0,256				1,15	18,63
PARETE EST INTERFACCIA SERRA-MANICA	82,2	S_E_2	0,256				1,15	24,19
COPERTURA PIATTA_SERVIZIO	73,35	T_E_4	0,076				1	5,55
COPERTURA PIATTA_TER- MOCPOST	41,95	T_E_4	0,076				1	3,17
COPERTURA OVEST GRANDE MANICA	147,8	T_E_5	0,177				1	26,16
COPERTURA EST GRANDE MANICA	145	T_E_5	0,177				1	25,67
COPERTURA NORD VIA BO- LOGNA	239,3	T_E_1	0,139				1	33,18
COPERTURA SUD VIA BOLOGNA	307,75	T_E_1	0,139				1	42,67
COPERTURA NORD BACKSTAGE	122,51	T_E_3	0,179				1	21,91

627,02

FIG 7.5.3.1.1\_ MISURAZIONI DELLE DISPERSIONI DELL'INVOLUCRO OPACO

## 7. 5. 3. 2. SERRAMENTI

		SUPERFICIE	SUPERFICIE	TRASMITTANZA	COEFF DI DISPERSIONE TERMICA
		[M2]	[M2]	[W/M2K]	[W/K]
FINESTRE	VIA BOLOGNA_1	2,56		1,4	3,584
	VIA BOLOGNA_2	2,56		1,4	3,584
	VIA BOLOGNA_3	2,56		1,4	3,584
	VIA BOLOGNA_4	4,69		1,4	6,566
	VIA BOLOGNA_5	4,69		1,4	6,566
	VIA BOLOGNA_6	4,69		1,4	6,566
	VIA BOLOGNA_7	4,69		1,4	6,566
	VIA BOLOGNA_8	4,69		1,4	6,566
	VIA BOLOGNA_9	4,69		1,4	6,566
	VIA BOLOGNA_10	4,69		1,4	6,566
	VIA BOLOGNA_11	4,69		1,4	6,566
LUCERNARI	GRANDE MANICA_1	2,9		1,4	4,06
	GRANDE MANICA_2	5,99		1,4	8,386
	GRANDE MANICA_3	5,99		1,4	8,386
	GRANDE MANICA_4	5,99		1,4	8,386
	GRANDE MANICA_5	5,99		1,4	8,386
	GRANDE MANICA_6	5,99		1,4	8,386
	GRANDE MANICA_7	5,99		1,4	8,386
	GRANDE MANICA_8	5,99		1,4	8,386
	GRANDE MANICA_9	5,99		1,4	8,386
	GRANDE MANICA_10	5,99		1,4	8,386
	GRANDE MANICA_11	5,99		1,4	8,386
	VIA BOLOGNA_1	0,66		1,4	0,924
	VIA BOLOGNA_2	0,66		1,4	0,924
	VIA BOLOGNA_3	0,66		1,4	0,924
	VIA BOLOGNA_4	0,66		1,4	0,924
	VIA BOLOGNA_5	0,66		1,4	0,924
	VIA BOLOGNA_6	0,66		1,4	0,924
	VIA BOLOGNA_7	0,66		1,4	0,924
	VIA BOLOGNA_8	0,66		1,4	0,924
	VIA BOLOGNA_9	0,66		1,4	0,924
	CONCERTO_1	0,68		1,4	0,952
	CONCERTO_2	0,68		1,4	0,952
	CONCERTO_3	0,68		1,4	0,952
	CONCERTO_4	0,68		1,4	0,952
	CONCERTO_5	0,68		1,4	0,952
	CONCERTO_6	0,68		1,4	0,952
	CONCERTO_7	0,68		1,4	0,952
	CONCERTO_8	0,68		1,4	0,952
	CONCERTO_9	0,68		1,4	0,952
	CONCERTO_10	0,68		1,4	0,952
	CONCERTO_11	0,68		1,4	0,952
	CONCERTO_12	0,68		1,4	0,952
	CONCERTO_13	0,68		1,4	0,952
CONCERTO_14	0,68		1,4	0,952	
CONCERTO_15	0,68		1,4	0,952	
PORTE	VIA BOLOGNA_1	14,98		1	14,98
	VIA BOLOGNA_2	7,95		1	7,95
	VIA BOLOGNA_3	11,82		1	11,82
	VIA BOLOGNA_4	7,65		1	7,65
	VIA BOLOGNA_5	7,65		1	7,65
	CORTILE_1	11,82		1	11,82
	CORTILE SPORTELLINO_1	3,92		1	3,92
	CORTILE MANICA_1	6,16		1	6,16
	CORTILE MANICA VERSO SERRA_1		2,4	1	0
	CORTILE MANICA VERSO SERRA_2		2,4	1	0
	CORTILE MANICA VERSO SERRA_3		6,16	1	0

245,746

FIG 7. 5. 3. 2. 1. \_MISURAZIONI DISPERSIONE DEI SERRAMENTI

7. 5. 3. 3. PAVIMENTO VERSO TERRENO

FIG 7. 5. 3. 3. 1\_

	SUPERFICIE LORDA ESTERNA	NOME STRATIGRAFIA	TRASMITTANZA	FATTORE CORETTIVO	COEFF. DI DISPERSIONE TERMICA
	[M <sup>2</sup> ]		[W/M <sup>2</sup> K]	F (H)	[W/K]
STABILE VIA BOLOGNA	498	G_E_1	0,277	0,3	41,357
BACKSTAGE	109	G_E_2	0,123	0,3	4,037
GRANDE MANICA	515	G_E_2	0,123	0,3	19,073
SERVIZI NORD	75	G_E_2	0,123	0,3	2,778
CENTRALE TERMOCOMPOST	40,5	G_E_2	0,123	0,3	1,500

68,745

FIG 7. 5. 3. 3. 2\_ MISURAZIONI DELLE DISPERSIONI TERMICHE VERSO IL TERRENO

7. 5. 3. 4. PONTI TERMICI

Si è anche fatta il rilievo di tutti i ponti termici, malgrado la non utilità per il metodo semplificato. La semplificazione dalla normativa impone un fattore di conversione di 1 sulle dispersioni termiche per trasmissione, per ponti termici isolati. Invece sale a 1,4 per ponti termici non isolati.

Facendo il rilievo dettagliato, si è ricavato la dispersione teorica dei ponti termici. Nel calcolo di seguito, si sono quindi paragonati i valori anticipati dal punto 7.3.4.8. Si è trovato un valore tale che il fattore di correzione sarebbe equivalente a :

$$f_{\Delta\theta} = \frac{\Phi_T + \Phi_{\Psi}}{\Phi_T} = \frac{(627 + 245)}{627} = 1.39$$

Il fattore di correzione trovato è molto più coerente a quello in condizione di ponti termici non isolati. Per questo motivo, possiamo quindi considerare le due ipotesi, Così da avere in mente un range di valori per il quale la dispersione termica dell'edificio si trova.

Si assume una progettazione ottimale delle zone di ponti termici lineari. Quindi i valori ricavati dal catalogo francese dei ponti termici sono i seguenti : [1]

1 «Catalogue des Ponts thermiques»

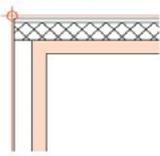
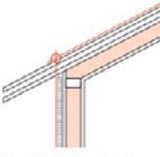
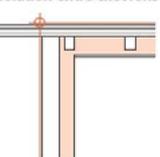
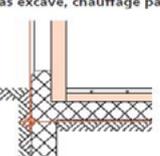
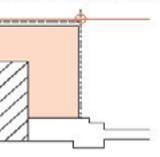
<p>Parete-Copertura : Piatto</p>	<p><b>Isolation continue</b> <span style="float: right;"><b>3.1-15</b></span></p>  <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Valeur U façade en W/(m² · K)</th> <th colspan="6">Valeur U toiture en W/(m² · K)</th> <th rowspan="2">Valeur Ψ en W/(m · K)</th> </tr> <tr> <th>0.15</th> <th>0.20</th> <th>0.25</th> <th>0.30</th> <th>0.35</th> <th>0.40</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.15</td><td>-0.12</td><td>-0.13</td><td>-0.15</td><td>-0.16</td><td>-0.18</td><td>-0.20</td><td></td></tr> <tr><td>0.20</td><td>-0.13</td><td>-0.14</td><td>-0.15</td><td>-0.16</td><td>-0.18</td><td>-0.19</td><td></td></tr> <tr><td>0.25</td><td>-0.15</td><td>-0.15</td><td>-0.16</td><td>-0.17</td><td>-0.18</td><td>-0.19</td><td></td></tr> <tr><td>0.30</td><td>-0.17</td><td>-0.17</td><td>-0.17</td><td>-0.18</td><td>-0.19</td><td>-0.20</td><td></td></tr> <tr><td>0.35</td><td>-0.19</td><td>-0.18</td><td>-0.19</td><td>-0.19</td><td>-0.20</td><td>-0.21</td><td></td></tr> <tr><td>0.40</td><td>-0.21</td><td>-0.20</td><td>-0.20</td><td>-0.21</td><td>-0.21</td><td>-0.22</td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>Conditions standard <span style="float: right;">Majorations</span></p>	Valeur U façade en W/(m² · K)	Valeur U toiture en W/(m² · K)						Valeur Ψ en W/(m · K)	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.15	-0.12	-0.13	-0.15	-0.16	-0.18	-0.20		0.20	-0.13	-0.14	-0.15	-0.16	-0.18	-0.19		0.25	-0.15	-0.15	-0.16	-0.17	-0.18	-0.19		0.30	-0.17	-0.17	-0.17	-0.18	-0.19	-0.20		0.35	-0.19	-0.18	-0.19	-0.19	-0.20	-0.21		0.40	-0.21	-0.20	-0.20	-0.21	-0.21	-0.22	
Valeur U façade en W/(m² · K)	Valeur U toiture en W/(m² · K)						Valeur Ψ en W/(m · K)																																																								
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40																																																									
0.15	-0.12	-0.13	-0.15	-0.16	-0.18	-0.20																																																									
0.20	-0.13	-0.14	-0.15	-0.16	-0.18	-0.19																																																									
0.25	-0.15	-0.15	-0.16	-0.17	-0.18	-0.19																																																									
0.30	-0.17	-0.17	-0.17	-0.18	-0.19	-0.20																																																									
0.35	-0.19	-0.18	-0.19	-0.19	-0.20	-0.21																																																									
0.40	-0.21	-0.20	-0.20	-0.21	-0.21	-0.22																																																									
<p>Parete-Copertura : Pendio Basso</p>	<p><b>Isolation entre chevrons</b> <span style="float: right;"><b>3.2-H2</b></span></p>  <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Valeur U façade en W/(m² · K)</th> <th colspan="6">Valeur U toiture en W/(m² · K)</th> <th rowspan="2">Valeur Ψ en W/(m · K)</th> </tr> <tr> <th>0.15</th> <th>0.20</th> <th>0.25</th> <th>0.30</th> <th>0.35</th> <th>0.40</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.15</td><td>-0.02</td><td>-0.02</td><td>-0.03</td><td>-0.04</td><td>-0.04</td><td>-0.05</td><td></td></tr> <tr><td>0.20</td><td>-0.03</td><td>-0.02</td><td>-0.03</td><td>-0.03</td><td>-0.04</td><td>-0.04</td><td></td></tr> <tr><td>0.25</td><td>-0.03</td><td>-0.03</td><td>-0.03</td><td>-0.04</td><td>-0.04</td><td>-0.04</td><td></td></tr> <tr><td>0.30</td><td>-0.04</td><td>-0.03</td><td>-0.04</td><td>-0.04</td><td>-0.04</td><td>-0.04</td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>Conditions standard <span style="float: right;">Majorations</span></p>	Valeur U façade en W/(m² · K)	Valeur U toiture en W/(m² · K)						Valeur Ψ en W/(m · K)	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.15	-0.02	-0.02	-0.03	-0.04	-0.04	-0.05		0.20	-0.03	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04		0.25	-0.03	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	-0.04		0.30	-0.04	-0.03	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04																	
Valeur U façade en W/(m² · K)	Valeur U toiture en W/(m² · K)						Valeur Ψ en W/(m · K)																																																								
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40																																																									
0.15	-0.02	-0.02	-0.03	-0.04	-0.04	-0.05																																																									
0.20	-0.03	-0.02	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04																																																									
0.25	-0.03	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	-0.04																																																									
0.30	-0.04	-0.03	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04																																																									
<p>Parete - Copertura : Pendio Trasversale</p>	<p><b>Isolation entre chevrons</b> <span style="float: right;"><b>3.3-12</b></span></p>  <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Valeur U façade en W/(m² · K)</th> <th colspan="6">Valeur U toiture en W/(m² · K)</th> <th rowspan="2">Valeur Ψ en W/(m · K)</th> </tr> <tr> <th>0.15</th> <th>0.20</th> <th>0.25</th> <th>0.30</th> <th>0.35</th> <th>0.40</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.15</td><td>-0.12</td><td>-0.12</td><td>-0.14</td><td>-0.15</td><td>-0.17</td><td>-0.19</td><td></td></tr> <tr><td>0.20</td><td>-0.12</td><td>-0.11</td><td>-0.13</td><td>-0.15</td><td>-0.16</td><td>-0.18</td><td></td></tr> <tr><td>0.25</td><td>-0.13</td><td>-0.13</td><td>-0.13</td><td>-0.14</td><td>-0.16</td><td>-0.17</td><td></td></tr> <tr><td>0.30</td><td>-0.14</td><td>-0.11</td><td>-0.13</td><td>-0.14</td><td>-0.16</td><td>-0.17</td><td></td></tr> <tr><td>0.35</td><td>-0.15</td><td>-0.12</td><td>-0.14</td><td>-0.15</td><td>-0.16</td><td>-0.17</td><td></td></tr> <tr><td>0.40</td><td>-0.17</td><td>-0.14</td><td>-0.14</td><td>-0.16</td><td>-0.17</td><td>-0.18</td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>Conditions standard <span style="float: right;">Majorations</span></p>	Valeur U façade en W/(m² · K)	Valeur U toiture en W/(m² · K)						Valeur Ψ en W/(m · K)	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.15	-0.12	-0.12	-0.14	-0.15	-0.17	-0.19		0.20	-0.12	-0.11	-0.13	-0.15	-0.16	-0.18		0.25	-0.13	-0.13	-0.13	-0.14	-0.16	-0.17		0.30	-0.14	-0.11	-0.13	-0.14	-0.16	-0.17		0.35	-0.15	-0.12	-0.14	-0.15	-0.16	-0.17		0.40	-0.17	-0.14	-0.14	-0.16	-0.17	-0.18	
Valeur U façade en W/(m² · K)	Valeur U toiture en W/(m² · K)						Valeur Ψ en W/(m · K)																																																								
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40																																																									
0.15	-0.12	-0.12	-0.14	-0.15	-0.17	-0.19																																																									
0.20	-0.12	-0.11	-0.13	-0.15	-0.16	-0.18																																																									
0.25	-0.13	-0.13	-0.13	-0.14	-0.16	-0.17																																																									
0.30	-0.14	-0.11	-0.13	-0.14	-0.16	-0.17																																																									
0.35	-0.15	-0.12	-0.14	-0.15	-0.16	-0.17																																																									
0.40	-0.17	-0.14	-0.14	-0.16	-0.17	-0.18																																																									
<p>Parete - Pavimento : Pavimento Radiante</p>	<p><b>Pas excavé, chauffage par le sol</b> <span style="float: right;"><b>3.4-19</b></span></p>  <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Valeur U façade en W/(m² · K)</th> <th colspan="2">Valeur U sol en W/(m² · K)</th> <th rowspan="2">Valeur Ψ en W/(m · K)</th> </tr> <tr> <th>0.20</th> <th>0.40</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.15</td><td>0.16</td><td>-0.01</td><td></td></tr> <tr><td>0.20</td><td>0.16</td><td>-0.02</td><td></td></tr> <tr><td>0.25</td><td>0.15</td><td>-0.02</td><td></td></tr> <tr><td>0.30</td><td>0.14</td><td>-0.02</td><td></td></tr> <tr><td>0.35</td><td>0.13</td><td>-0.03</td><td></td></tr> <tr><td>0.40</td><td>0.12</td><td>-0.04</td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>Conditions standard <span style="float: right;">Majorations</span></p>	Valeur U façade en W/(m² · K)	Valeur U sol en W/(m² · K)		Valeur Ψ en W/(m · K)	0.20	0.40	0.15	0.16	-0.01		0.20	0.16	-0.02		0.25	0.15	-0.02		0.30	0.14	-0.02		0.35	0.13	-0.03		0.40	0.12	-0.04																																	
Valeur U façade en W/(m² · K)	Valeur U sol en W/(m² · K)		Valeur Ψ en W/(m · K)																																																												
	0.20	0.40																																																													
0.15	0.16	-0.01																																																													
0.20	0.16	-0.02																																																													
0.25	0.15	-0.02																																																													
0.30	0.14	-0.02																																																													
0.35	0.13	-0.03																																																													
0.40	0.12	-0.04																																																													
<p>Parete - Infissi</p>	<p><b>Cadre entre murs en position intérieure</b> <span style="float: right;"><b>5.1-A1</b></span></p>  <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Valeur U paroi en W/(m² · K)</th> <th colspan="3">Type de fenêtre</th> <th rowspan="2">Valeur Ψ en W/(m · K)</th> </tr> <tr> <th>Bois</th> <th>Bois-métal</th> <th>Plastique</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.15</td><td>0.11</td><td>0.15</td><td>0.12</td><td></td></tr> <tr><td>0.20</td><td>0.10</td><td>0.14</td><td>0.11</td><td></td></tr> <tr><td>0.25</td><td>0.09</td><td>0.14</td><td>0.10</td><td></td></tr> <tr><td>0.30</td><td>0.08</td><td>0.13</td><td>0.10</td><td></td></tr> <tr><td>0.35</td><td>0.08</td><td>0.12</td><td>0.09</td><td></td></tr> <tr><td>0.40</td><td>0.07</td><td>0.11</td><td>0.08</td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>Conditions standard <span style="float: right;">Majorations</span></p> <p>Mur <span style="margin-left: 100px;">Brique t. c.</span> <span style="margin-left: 100px;">Mur en béton armé</span> <span style="margin-left: 100px;">+ 0.02 W/(m · K)</span></p>	Valeur U paroi en W/(m² · K)	Type de fenêtre			Valeur Ψ en W/(m · K)	Bois	Bois-métal	Plastique	0.15	0.11	0.15	0.12		0.20	0.10	0.14	0.11		0.25	0.09	0.14	0.10		0.30	0.08	0.13	0.10		0.35	0.08	0.12	0.09		0.40	0.07	0.11	0.08																									
Valeur U paroi en W/(m² · K)	Type de fenêtre			Valeur Ψ en W/(m · K)																																																											
	Bois	Bois-métal	Plastique																																																												
0.15	0.11	0.15	0.12																																																												
0.20	0.10	0.14	0.11																																																												
0.25	0.09	0.14	0.10																																																												
0.30	0.08	0.13	0.10																																																												
0.35	0.08	0.12	0.09																																																												
0.40	0.07	0.11	0.08																																																												

FIG 7. 5. 3. 4. 1\_ ATLANTE DEI PONTI TERMICI

TIPO DI PONTE TERMICO	DESCRIZIONE PONTE TERMICO	LUNGHEZZA	LUNGHEZZA	TRASMITTANZA CORREZIONI	COEFF DI DISPERSIONE TERMICA
		[M]	[M]	[W/MK]	[W/K]
PARETE-COPERTURA : PIATTO	SERVIZIO	35,9		-0,17	-6,103
	TERMOCOMPOST	26,66		-0,17	-4,532
PARETE-COPERTURA : PENDIO BASSO	GRANDE MANICA_OUEST	47,83		-0,04	-1,913
	GRANDE MANICA_OUEST	47,83		-0,04	-1,913
	CUCINA_NORD	14,6		-0,04	-0,584
	STOCCAGGIO_SUD	14,6		-0,04	-0,584
	CONCERTO_NORD	26,77		-0,04	-1,071
	CONCERTO_SUD	26,77		-0,04	-1,071
	BACKSTAGE_NORD	21,46		-0,04	-0,858
PARETE - COPERTURA : PENDIO TRASVERSALE	GRANDE MANICA_NORD	10,15		-0,11	-1,117
	GRANDE MANICA_SUD	10,15		-0,11	-1,117
	VIA BOLOGNA_OUEST	11		-0,11	-1,21
	VIA BOLOGNA_EST	11		-0,11	-1,21
	BACKSTAGE_EST	6,02		-0,11	-0,662
	BACKSTAGE_OUEST	6,02		-0,11	-0,662
PARETE - PAVIMENTO : PAVIMENTO RADIANTE	IMPRONTA EDIFICIO	242		0,14	33,88
PARETE - INFISSI	FINESTRE	98,42		0,1	9,842
	FINESTRE VERSO SERRA	0	42,18	0,1	0
	LUCERNAIO_GRANDE MANICA	110,55		0,1	11,055
	LUCERNAIO_VIA BOLOGNA	89,55		0,1	8,955

39,125

FIG 7. 5. 3. 4. 2\_ MISURAZIONI DELLE DISPERSIONI DEI PONTI TERMICI DELL'EDIFICIO

### 7. 5. 3. 5. RISULTATI

Sono stati esposti i due risultati a secondo della presa in considerazione dei ponti termici o meno. Di conseguenza, la prima tabella rappresenta il valore maggiorante del range, prendendo in considerazione questi ponti termici, ricavati dal «catalogue des ponts thermiques» français. E invece la seconda tabella illustra il valore del range basso.

	COEFFICIENTE DI DISPERSIONE TERMICA	DT	CARICO TERMICO
	[W/K]	[K]	[W]
SUPERFICIE OPACHE	627,02	26	16302,5
SERRAMENTI	39,125	26	1017,3
PONTI TERMICI	245,746	26	6389,4
TERRENO	68,745	26	1787,4
TOTALE			25496,5

FIG 7. 5. 3. 5. 1\_ RISULTATO DELLE DISPERSIONI TERMICHE MAGGIORATE PER TRASMISSIONE DELL'EDIFICIO

	COEFFICIENTE DI DISPERSIONE TERMICA	dT	CARICO TERMICO
	[W/K]	[K]	[W]
SUPERFICIE OPACHE	627,02	26	16302,5
SERRAMENTI	39,125	26	1017,3
TERRENO	68,745	26	1787,4
TOTALE			19107,1

FIG 7. 5. 3. 5. 2\_ \_RISULTATO DELLE DISPERSIONI TERMICHE MINORATE PER TRASMISSIONE DELL'EDIFICIO

La dispersione termica per trasmissione viene quindi calcolata nel range tra 19,1 kW e 25,50 kW.

#### 7.5.4. DISPERSIONI PER VENTILAZIONE

Si tratta di ventilazione con recupero di calore. La formula usata sarà quindi modificata a secondo del rendimento del sistema.

Si porrà un rendimento del 70% sulla temperatura interna. [1]

TEMPERATURA INTERNA DI SET POINT = 18°C	TEMPERATURA DI «SUPPLY»
100%	70%

La temperatura di supply che si può recuperare è quindi : 13,14°C .

Ciò porta ad un Delta di 18-13,14 = 4,86°C

	VOLUME NETTO INTERNO	RICAMBI D'ARIA	V <sub>MIN</sub>	dT	DISPERSIONE PER VENTILAZIONE
	[m3]	[/h]	[m3/h]	[K]	[W]
STABILE_VIA BOLOGNA	866,20	0,50	433,10	4,86	715,65
BACKSTAGE	310,00	0,50	155,00	4,86	256,12
GRANDE MANICA	2170,42	0,50	1085,21	4,86	1793,20
SERVIZI NORD	162,00	0,50	81,00	4,86	133,84
CENTRALE TERMOCOMPOST	85,96	0,50	42,98	26,00	379,94

3278,77

FIG 7. 5. 4. 5. 1\_ RISULTATO DELLE DISPERSIONI TERMICHE PER VENTILAZIONE DELL'EDIFICIO

La dispersione termica per ventilazione può quindi essere considerata di 3,28 kW.

1 <https://www.fantinicosmi.it/prodotto/serie-uvr-he/>

### 7.5.5. POTENZA DI RIPRESA DI RISCALDAMENTO

Si dovrebbe piuttosto parlare in questo caso di potenza dovuta all'inerzia termica dei materiali usati nella ristrutturazione. In questo caso, la massa termica non è alta, visto che l'isolamento interno riduce considerevolmente la massa che assorbiva precedentemente il calore interno.

prospetto D.10a Fattore di ripresa del riscaldamento,  $f_{RH}$ , per edifici non residenziali, periodo di inattività notturna max. 12 h

Durata del periodo di ripresa in ore	$f_{RH}$ W/m <sup>2</sup>								
	Calo previsto della temperatura interna durante il periodo di inattività <sup>a)</sup>								
	2 K			3 K			4 K		
	massa dell'edificio			massa dell'edificio			massa dell'edificio		
	bassa	media	alta	bassa	media	alta	bassa	media	alta
1	18	23	25	27	30	27	22	27	31
2	9	16	22	18	20	23	18	24	25
3	6	13	18	11	16	18	11	18	18
4	4	11	16	6	13	16	11	16	16

a) Negli edifici ben isolati e a tenuta d'aria, un calo della temperatura interna maggiore di 2 K fino a 3 K durante il periodo di inattività non è molto probabile. Esso dipende dalle condizioni climatiche e dalla massa termica dell'edificio.

L'ipotesi sottostante a questa scelta progettuale è che l'impianto di riscaldamento essendo maggiormente a fonti rinnovabili, si sta attento al risparmio energetico, però bisogna conservare l'efficacia al raggiungimento ad una temperatura accettabile in tempo più breve che l'unico riscaldamento solare.

	SUPERFICIE LORDA ESTERNA	SUPERFICIE INTERNA NETTA	MASSA DI MATERIALE DELL'INVOLUCRO	f (RH)	POTENZA DI RIPRESA
	[M2]	[M2]	[-]	[W/M2]	[W]
STABILE VIA BOLOGNA	498	373,5	BASSA	22	8217
BACKSTAGE	109	81,75	BASSA	22	1798,5
GRANDE MANICA	515	386,25	BASSA	22	8497,5
SERVIZI NORD	75	56,25	BASSA	18	1012,5
CENTRALE TERMOCOMPOST	40,5	30,375	BASSA	11	334,125

19859,625

FIG 7. 5. 5. 1\_ CALCOLO DELLA POTENZA DI RIPRESA

La potenza di ripresa vale ipoteticamente 19,86 kW con le ipotesi qui sopra.

### 7.5.6. CALCOLO DEL CARICO TERMICO TOTALE

Siccome abbiamo impostato un range a secondo della considerazione dei ponti termici, si presentano qui sotto i due valori minimi e massimi del carico termico di progetto, sul quale si confronteranno e si appoggeranno i valori successivi.

DISPERSIONI PER TRASMISSIONE	DISPERSIONI PER VENTILAZIONE	POTENZA DI RIPRESA DI RISCALDAMENTO
[W]	[W]	[W]
25497	3279	19860

CARICO TERMICO TOTALE ( MAGGIORATO )
[W]
48635

DISPERSIONI PER TRASMISSIONE	DISPERSIONI PER VENTILAZIONE	POTENZA DI RIPRESA DI RISCALDAMENTO
[W]	[W]	[W]
19107	3279	19860

CARICO TERMICO TOTALE ( MINORATO )
[W]
42246

Il carico termico totale dell'intero progetto varierà quindi tra 42,25 kW e 48,64 kW.

## 7.5.7. CONFRONTO E RAPPORTI

	SUPERFICIE [M2]	VOLUME [M3]
INTERNA	1100	3600
ESTERNA	1238	4000

	DISPERSIONI [W]
MIN	42250
MAX	48640

Si è cercato di capire se i rapporti ricavati dalle superfici e i volumi inerenti al progetto, con le dispersioni calcolate in modo semplificato sono coerenti con dei valori pubblici.

Qui sotto sono riportati quelli di progetto.

	RAPPORTO	SUPERFICIE INTERNA	SUPERFICIE ESTERNA
DISPERSIONI	MIN	38	34
	MAX	44	39
	MED	41	37

	RAPPORTO	VOLUME INTERNO	VOLUME ESTERNO
DISPERSIONI	MIN	12	11
	MAX	14	12
	MED	13	11

Attraverso diverse fonti <sup>[1]</sup>, si deve passare dalle dispersioni al consumo energetico. Si faranno due ipotesi molto grossolane per avere un valore circa attendibile.

Si assume che il periodo di riscaldamento annuo sia la metà dell'anno intero.

Si assume in più che il consumo medio dei giorni di riscaldamento sia un terzo dell'arco della giornata.

Prendendo il valore medio di dispersione termica per unità di superficie :

$$40W / m^2 * \left(\frac{365 * 24}{2}\right) * \frac{1}{3} * 0.001 = 58kWh / m^2 .anno$$

Questo valore si trova nel range di valori espressi da «Effinergie»<sup>[2]</sup> :

50 kWh/m2.anno : per edifici ex-novo

80kWh/m2.anno : per ristrutturazioni dell'esistente.

Si può concludere che il valore trovato è coerente con valori reali e relativi alle problematiche odierne di risparmio energetico.

1 <http://www.rt-batiment.fr/>

2 <https://www.effinergie.org>

### 7.5.8. CALCOLO FABBISOGNO IN ACS

Secondo la 11300-2, si può ricavare indicativamente il volume del fabbisogno di acqua calda sanitaria in funzione del programma della struttura. Per quanto riguarda il progetto, il sistema edificio impianto si trova nella categoria D2 ( sistema fabbricato-impianto per unica tipologia di destinazione non residenziale).

Si tratta del metodo standard A1 o A2, e la relazione è :

<b>7.1.3</b>	<p><b>Volume di acqua richiesto per altre tipologie di edifici</b></p> <p>Per gli edifici non residenziali il volume di acqua richiesto <math>V_w</math>, espresso in litri/giorno, è calcolato come:</p> $V_w = a \times N_u \quad [l/giorno] \quad (29)$ <p>dove:</p> <p><math>a</math> è il fabbisogno specifico giornaliero in litri/(giorno <math>\times N_u</math>) ricavabile dal prospetto 31;</p> <p><math>N_u</math> è un parametro variabile in funzione del tipo di edificio ricavabile dal prospetto 31.</p>
--------------	---

FIG 7. 5. 8. 5. 1\_ PUNTO 7.1.3 DELLA UNI TS 11300-2:2004

prospetto 31 Valori dei parametri $a$ ed $N_u$ per gli edifici non residenziali			
Tipo di Attività	$a$	$N_u$	Categoria DPR 412/83
Dormitori, Residence e B&B	40	Numero di letti	E.1 (3)
Hotel fino a tre stelle	60	Numero di letti	E.1 (3)
Hotel quattro stelle e oltre	80	Numero di letti	E.1 (3)
Attività ospedaliera con pernottamento	80	Numero di letti	E.3
Attività ospedaliera day hospital (senza pernottamento)	15	Numero di letti	E.3
Scuole e istruzione	0,2	Numero di allievi	E.7
Scuole materne e asili nido	8	Numero di bambini	E.7
Attività sportive/palestre	50	Per doccia installata	E.6 (2)
Spogliatoi di stabilimenti	10	Per doccia installata	E.6 (3)
Uffici	0,2	Sup.netta climatizzata	E.2
Esercizio Commerciale senza obbligo di servizi igienici per il pubblico	0	-	E.5
Esercizio Commerciale con obbligo di servizi igienici per il pubblico	0,2	Sup.netta climatizzata	E.5
Ristoranti - Caffetterie	65	Numero di coperti <sup>1)</sup>	E.4 (3)
Catering, self service, Bar	25	Numero di coperti <sup>1)</sup>	E.4 (3)
Servizio lavanderia	50	Numero di letti	n.d.
Centri benessere	200	Numero di ospiti	n.d.
Altro	0	-	n.d.

1) Per le valutazioni di calcolo sia di progetto (A1) sia Standard (A2) il numero di coperti viene determinato come 1,5 volte l'occupazione convenzionale. Per le valutazioni nelle condizioni di effettivo utilizzo (A3) il numero di coperti corrisponde agli effettivi coperti per cui è stata dimensionata la cucina.

FIG 7. 5. 8. 5. 2\_ PROSPETTO RICAVATO DALLA UNI TS 11300-2:2004

Si procede alla valutazione dell'intero edificio come superficie di uffici. Per quanto, si procede al calcolo del fabbisogno in ACS.

$$V_w = 0.2 * 1000 = 200L / \text{giorno}$$

All'anno si calcolano quindi :

$$\frac{200 * 365}{1000} = 73m^3 / \text{anno}$$

## 7. 6. PRESENTAZIONE DELLE TECNOLOGIE BIOCLIMATICHE USATE

### 7.6.1. MURO TROMBE

Il muro Trombe ( oppure chiamato muro di Trombe-Michel ) è un sistema di riscaldamento solare passivo. È stato messo in opera e sperimentato dal professore Félix Trombe e dall'architetto Jacques Michel tra gli anni 1950 e 1970. Precedentemente, però, Edward Morse aveva già brevettato il concetto nel 1881 in America. Il sistema è stato all'ombra dello sviluppo economico mondiale fino al 1956. Idealmente, il muro Trombe è un muro pieno, fatto ad esempio di calcestruzzo o di pietra. Di colore scuro e di superficie rugosa, viene esposto a Sud ed è coperto di un vetro. Quest'ultimo intrappola il calore del sole che si diffonde e si accumula nella materia solida. Restituisce il calore all'interno in modo lento e continuo nel tempo. In questa configurazione, il muro viene chiamato «muro captatore». Si può anche andare a buccare il setto, nelle parti alte e basse. Questo permette all'aria riscaldata tra il vetro e il setto di essere mandata come aria caricata all'interno. Può essere necessario a volte di scegliere un vetro performante, come un doppio vetro a bassa emissività. Durante la notte, si può pensare a proteggere il vetro dalla dispersione verso la volta celeste, inserendo un sistema di tende isolante. Per essere funzionale, il muro non deve avere uno strato di isolante sulla superficie captatrice. Questo però viene contraddetto se si vuole usare unicamente l'aria riscaldata nell'intercapedine.

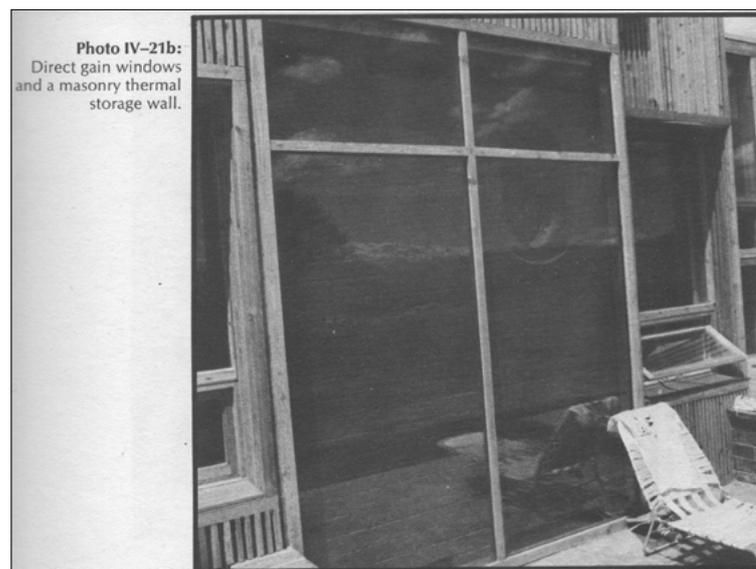


FIG 7. 6. 1. 5. 1\_ MURO TROMBE CON GUADAGNO DIRETTO\_ENERGY BOOK, MA

Un muro Trombe trasferisce tra 30 e 45% dell'energia ricevuta dal collettore all' spazio interno. [1]  
L'efficienza di tale sistema è determinata non solo dalle perdite riflettive e di assorbimento del vetro, ma anche dalle dispersioni termiche della superficie verso l'esterno, dovuto al delta di temperatura molto elevato. È per questo motivo che un doppio vetro aumenta il rendimento di tale sistema, limitando le perdite verso l'esterno.

1 Edward MAZRIA « Passive Solar Book »

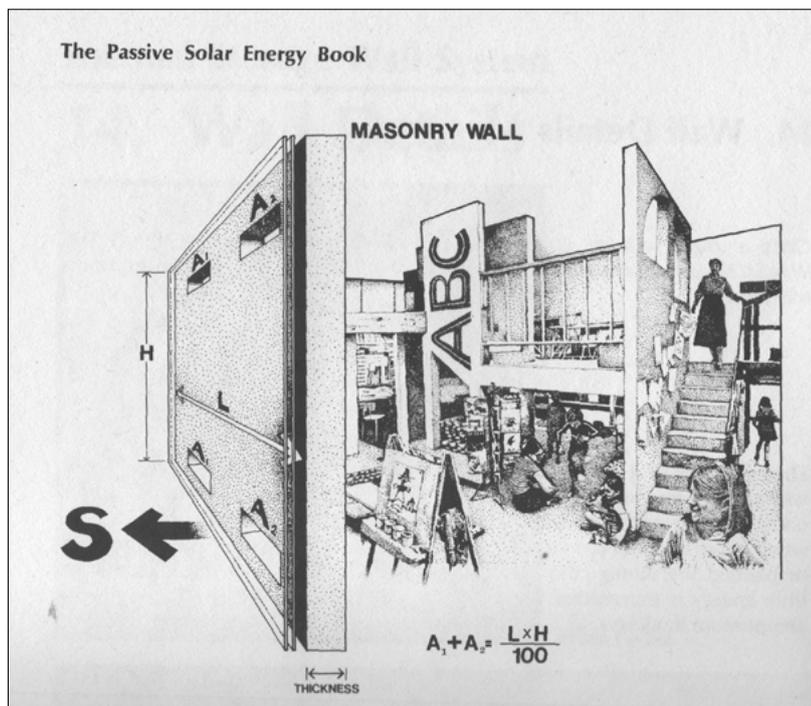


FIG 7. 6. 1. 5. 2\_ ILLUSTRAZIONE DI RUSS BALL \_ ENERGY BOOK, MAZRIA E.

L'illustrazione qui sopra indica una formula molto semplificata che permette di progettare senza grandi errori il rapporto tra le bocchette d'aria e la superficie del muro trombe.

Il suo funzionamento d'inverno è quello più immediato, in quanto l'aria recuperata da sotto viene riscaldata per effetto serra. L'aria calda sale e provoca un risucchio dell'aria fredda in parte bassa.

D'estate, l'ingresso in basso rimane la stessa, ma l'uscita è direttamente portata verso l'esterno. Viene a dire che serve un'altra tubazione di scarico dell'aria caricata di calorie precedentemente all'interno. Il risucchio viene fatto naturalmente. L'ingresso dell'aria fresca può essere gestito da un pozzo canadese da cui l'aria viene mandata all'interno fresca d'estate. [1]

Se si decide di aggiungere una schermatura orizzontale sopra il muro trombe per evitare il surriscaldamento estivo, allora non si avrà più l'ambivalenza stagionale.

1 [https://it.wikipedia.org/wiki/Muro\\_di\\_Trombe-Michel](https://it.wikipedia.org/wiki/Muro_di_Trombe-Michel)

## 7.6.2. POZZO CANADESE

### 7.6.2.1. ASPETTI GENERALI

In tante culture, sia in climi caldi che in climi freddi, si usava l'inerzia termica del terreno per ottenere delle temperature interne con un minore variazione di quella esterna. Due metodi furono emerse, una per irraggiamento, interrando o meno l'abitazione ; l'altra sfruttava la convezione dell'aria entrando nell'edificio. Nei climi caldi e secchi, l'aria entrando venne sottomessa a due tipi di raffreddamento, uno per scambio con le parete della condotta, e l'altra per evaporazione, consumando in questa maniera calorie.

Nei climi freddi invece, l'obbiettivo è di preriscaldare l'aria entrando a fine di consumare meno combustivo per arrivare a temperatura di comfort. Bill Mollison proponeva una cesta di carbone vegetale per attrarre l'acqua condensata e rilasciarla quando le condizioni erano piu favorevole. <sup>[1]</sup>

Il sistema del pozzo canadese usa l'energia «geosolare» ; ciò significa l'energia impioggionata all'interno dei strati superficiali della crosta terrestre. Si tratta di un scambiatore termico costituito da condotte interrate nelle quale passa dell'aria prima di entrare in casa. Durante il suo passaggio sotto terra, essa si riscalda o si raffresca, a secondo della stagione. Il vantaggio principale de questa risorsa energetica è la sua regolarità : a solo un paio di metri di profondità, si può considerare una debole variazione da una stagione all'altra. Invece, dal giorno alla notte, la variazioe diventa nulla, ed questa caratteristica ci è molto utile per quanto riguarda il preriscaldamento al quale tendiamo in questo esercizio.



FIG 7. 6. 2. 1. 1\_ SISTEMA SEMPLIFICATO DEL POZZO CANADESE

1

BILL MOLLISON, PERMACULTURE TWO, PRACTICAL DESIGN FOR TOWN AND COUNTRY IN PERMANENT AGRICULTURE, 1979

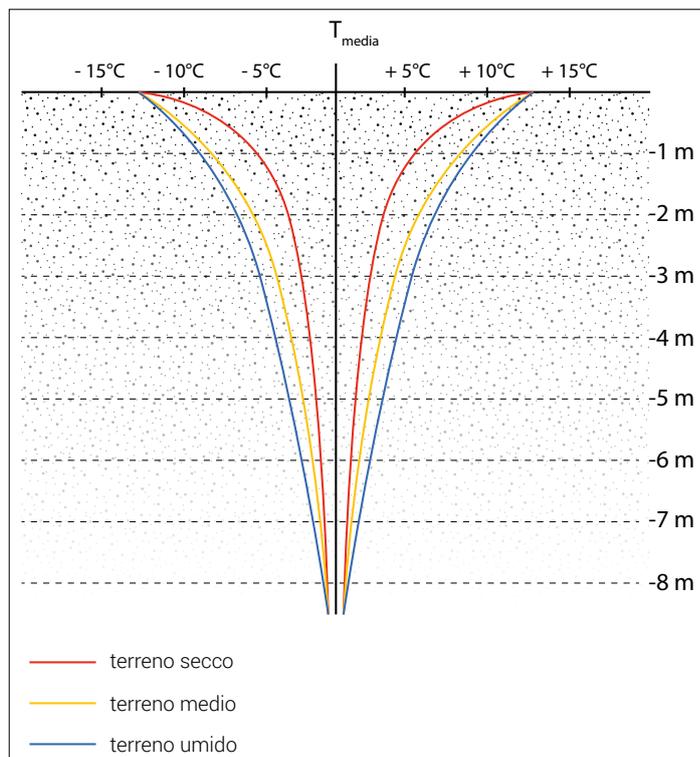


FIG 7. 6. 2. 1. 2\_ AMPLITUDINE DELLA TEMPERATURA NEL TERRENO

Il regime permanente si considera attinto a 5 metri di profondità per un terreno secco, 7,5 metri per un terreno medio e 9 metri per un terreno umido. Questo fenomeno è dovuto alla conducibilità termica del suolo,

Un altro parametro è importante, si tratta della capacità calorifica del suolo. Essa dipende dai diversi componenti che compongono il suolo, come i minerali, la materia organica, l'acqua, l'aria.. Un terreno umido e ricco in materia organica conserva meglio il calore di un terreno secco contenente molti minerali.

Un pozzo canadese è quindi più efficiente in un terreno fatto di argilla-limo umido che in un terreno sabbioso e secco. La roccia offre un'ottima conducibilità termica ma la messa in opera è troppo onerosa per rendere l'opera credibile e redditizia.

#### 7. 6. 2. 2. ELEMENTI PER LA PROGETTAZIONE

La configurazione di un pozzo canadese varia in funzione di tanti parametri ( tipo di suolo, di terreno, tipo di edificio, .. ) però dipende prima di tutto degli obiettivi del progetto ; preriscaldamento invernale e raffreddamento o semplicemente raffreddamento estivo. Si deciderà per questo progetto di offrire un doppio uso di questa tecnologia, essendo disponibile sempre, e il progetto stando in una zona temperata.

Di solito, un pozzo canadese è semplicemente una condotta rettilinea interrata. Si vedrà però che si possono trovare delle considerazioni rilevanti per quanto riguarda il rendimento dell'impianto. Per progetti di ristrutturazione come quello in esame, l'investimento nella realizzazione di un pozzo canadese dipende soprattutto dalla configurazione e della natura del terreno. Per esempio, la fattibilità economica di uno scavo esclusivo per condotte di pozzo canadese in terreno roccioso rischia di non superare la prova ! Anche se non determinanti per l'efficienza ottimale dell'impianto, i suoli costituiti di elementi a grani fini come i limi sono preferibili a quelli di tipo grana grosso come sabbia o ciottoli. L'efficienza determinante sarà dovuta soprattutto alla granulometria e la consistenza del riempimento avvolgendo le condotte.

Per un'installazione doppia, come per questo caso, si cercherà un'inerzia termica stagionale ( e non annuale ). Per quello, si tende di solito a interrare le condotte tra 1,5m e 2,5m di profondità. Il dimensionamento delle condotte regge la sua lunghezza e il suo diametro. Per un edificio di dimensione media come il nostro caso, la lunghezza oscilla tra 30 e 50 m e il diametro tra 0,15 e 0,25 m. La lunghezza tende ad un massimo perché altrimenti, l'energia elettrica per alimentare il ventilatore riduce totalmente il guadagno termico bilanciato. La velocità dell'aria nella condotta è il fattore più importante per una buona qualità di scambio termico tra terreno ed aria. Per un uso in preriscaldamento la velocità base è tra 1 e 1,5 m/s.

Per quanto riguarda il materiale delle condotte, la scelta sta dal punto di vista economico ma anche altri due punti. Il punto di vista termico ; le condotte a superficie lisce ( come il PVC e il PE non rigato ) riducono i scambi termici. Con questa scelta di materiale, si consiglia di aumentare di 15% la lunghezza totale della condotta. Dal punto di vista sanitario, l'esigenza principale è di avere una sigillatura perfetta. I rischi di infiltrazione di acqua, terra ma anche rido per esempio impocono di scegliere un materiale con giunzioni tra elementi impermeabile. Di solito per questioni ecologiche, se sceglie principalmente il polietilene dal PVC. Esistono comunque altri materiali come la ghisa, il cemento o il gres porcellanato smaltato, ma bisogna tenere conto delle infiltrazioni possibili. <sup>[1]</sup>

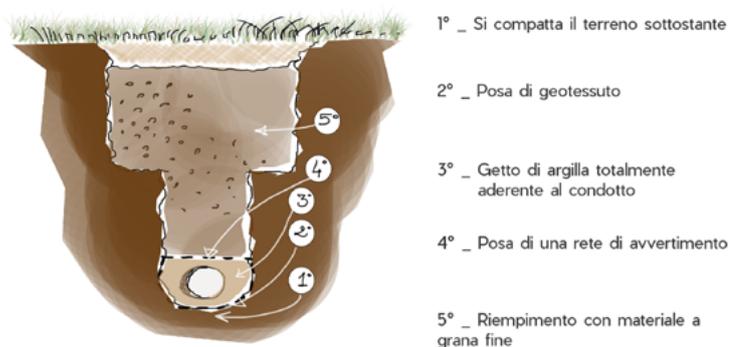


FIG 7. 6. 2. 2. 1\_ POSA DI UNA CONDOTTA

### 7. 6. 2. 3. DIMENSIONAMENTO

Il dimensionamento è molto diverso a secondo dell'utilità del pozzo canadese per l'unico raffrescamento estivo o per la doppia utilizzazione, invernale e estiva.

Per questo fatto, ci limiteremo al dimensionamento di un pozzo canadese ambivalente. La sua configurazione generale è una canalizzazione unica di 30m per una superficie di 100m<sup>2</sup>. La distanza tra i pezzi di condotta è di minimo 1,50 m minimo e la profondità oscilla tra 1,50 e 2,50 m. Il diametro più appropriato varia tra 15 e 25 cm, ottimizzando la velocità dell'aria a 1,5 m/s.

Ci deve essere una pendenza di 2 a 3 % .

La presa d'aria deve essere almeno a 1,2 m dal suolo per evitare l'assorbimento di polveri. Deve anche stare lontano da inquinanti. Il possibile condensato deve essere purgato da un sifone in fine corsa, così come un accesso di pulizia del condotto. Una presa d'aria diretta verso l'esterno permette di regolare l'ingresso dal pozzo canadese quando il bisogno in aria temperata è nullo. A fine di regolare questi due flussi, serve una falda, che porti ad un ventilatore, separato da un filtraggio d'aria. Il flusso emesso viene poi distribuito nelle diverse zone.

Nel nostro caso, l'aria distribuita deve prima passare attraverso il bio-reattore per salire ad una temperatura più appropriata al fabbisogno richiesto.

Ci chiederemo se la scelta di un scambiatore aria/acqua è più conveniente qualora si usi il bio reattore.

Si porrà la questione del rendimento di un tale scambiatore termico.

1

COURGEY S. , OLIVA J.P. \_ «LA CONCEPTION BIOCLIMATIQUE», P 175

### 7.6.3. PANNELLI SOLARI

#### 7.6.3.1. BREVE INTRODUZIONE

Un pannello solare termico è un dispositivo progettato per raccogliere l'energia solare trasmessa dall'irraggiamento solare verso un fluido calorifico sotto forma di calore. Questa energia può poi essere usata per il riscaldamento negli edifici, per la produzione di acqua calda sanitaria oppure anche in alcuni processi industriali.

Non è una tecnologia fotovoltaica, che trasforma l'energia fotonica in elettricità, però esistono dei pannelli che sono sia fotovoltaici che termici.

Esistono diversi tipi di sensore a seconda dell'uso che se ne vuole fare, e del fluido usato per trasportare l'energia. Tenendo in considerazione un fluido liquido, ci sono tre grandi famiglie:

- i sensori a tubi sotto vuoto
  - il fluido circola all'interno di tubazione sotto vuoto. Migliora le perdite per convezione.

- i sensori piani vetrati

il fluido è di solito acqua con antigelo alimentare, e passa in tubazione incollato ad un foglio assorbente, dietro ad un vetro, il tutto isolato. Il vetro è trasparente ma opaco all'infrarosso dall'interno, permettendo di intrappolare il calore.

- i sensori non vetrati

Si tratta di solo tubazione nera, di plastica tipo EPDM, arrotolato su una superficie piana.

I primi pannelli solari erano dipinti di nero opaco, ma la pittura nera opaca ha una grande emissività nell'infrarosso. Ciò provocava un irraggiamento più forte venendo dalla tubazione. Riscaldando la camera isolata, riscalda anche il vetro, che trasmette per dispersione conduttiva e radiativa il calore verso l'esterno.

Per deviare da questa insidia, si può usare un trattamento al cromo per esempio. Si parla così di superficie selettive, assorbendo bene il raggio visibile dove si trova la maggioranza dell'energia solare e dissipando poco nell'infrarosso.

#### 7.6.3.2. DIMENSIONAMENTO

Il rapporto «volume di stoccaggio» / «superficie del sensore» determina il funzionamento ottimale dell'insieme del sistema e la frazione solare raggiunta, e di conseguenza il buon dimensionamento rispetto al fabbisogno calcolato a monte. Si può partire sia dalla frazione solare, sia dal miglior rapporto economico costo/benefici.

Un sistema correttamente dimensionato dovrebbe produrre tra 300 e 450 kWh/m<sup>2</sup>. [1]

Fraction solaire %	Type d'installation	Surface de capteur	Volume de stockage du tampon
20 à 40 %	Grandes	1m <sup>2</sup> par 50 à 70 l/j d'ECS à 60 °C	50 l/m <sup>2</sup>
40 à 50 %	Moyennes	1m <sup>2</sup> par 50 à 60 l/j d'ECS à 60 °C	50 à 60 l/m <sup>2</sup>
50 à 60 %	Petites	1m <sup>2</sup> par 30 à 40 l/j d'ECS à 60 °C	60 l/m <sup>2</sup>

FIG 7.6.3.2.1\_ TABELLA CORRELANDO LA FRAZIONE SOLARE AL VOLUME DI STOCCAGGIO

1 [www.energieplus-lesite.be](http://www.energieplus-lesite.be)

#### 7.6.4. «WATER TANK», SERBATOIO D'ACQUA COME MASSA TERMICA

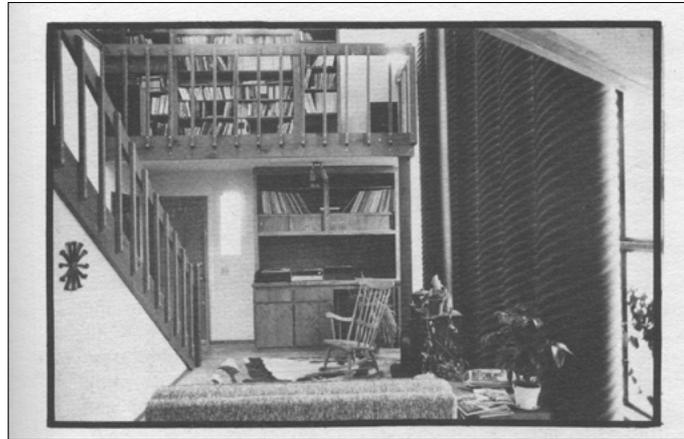


FIG 7. 6. 4. 2. 1\_ ILLUSTRAZIONE DI STOCCAGGIO TERMICO AD ACQUA, THE ENERGY SOLAR BOOK, MAZRIA E.

L'acqua ha un ottimo rendimento per questa tecnologia. Come si nota sul grafico qui sotto, più lo spessore del setto d'accumulo è grande, più l'acqua è l'elemento ideale. Bisogna però essere attenti a non dimenticare l'effusività del materiale che la circonda, altrimenti il calcolo viene errato.

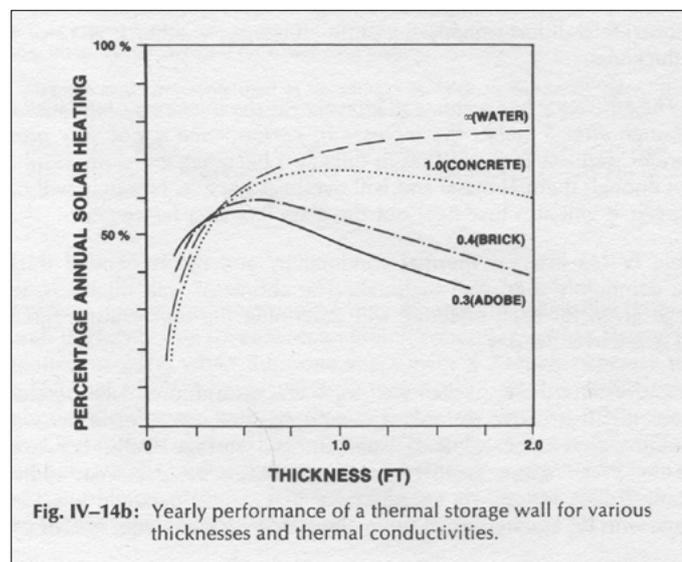


FIG 7. 6. 4. 2. 2\_ EFFICIENZA TERMICA DELL'ACQUA RISPETTO AD ALTRI MATERIALI, THE ENERGY SOLAR BOOK, MAZRIA E.

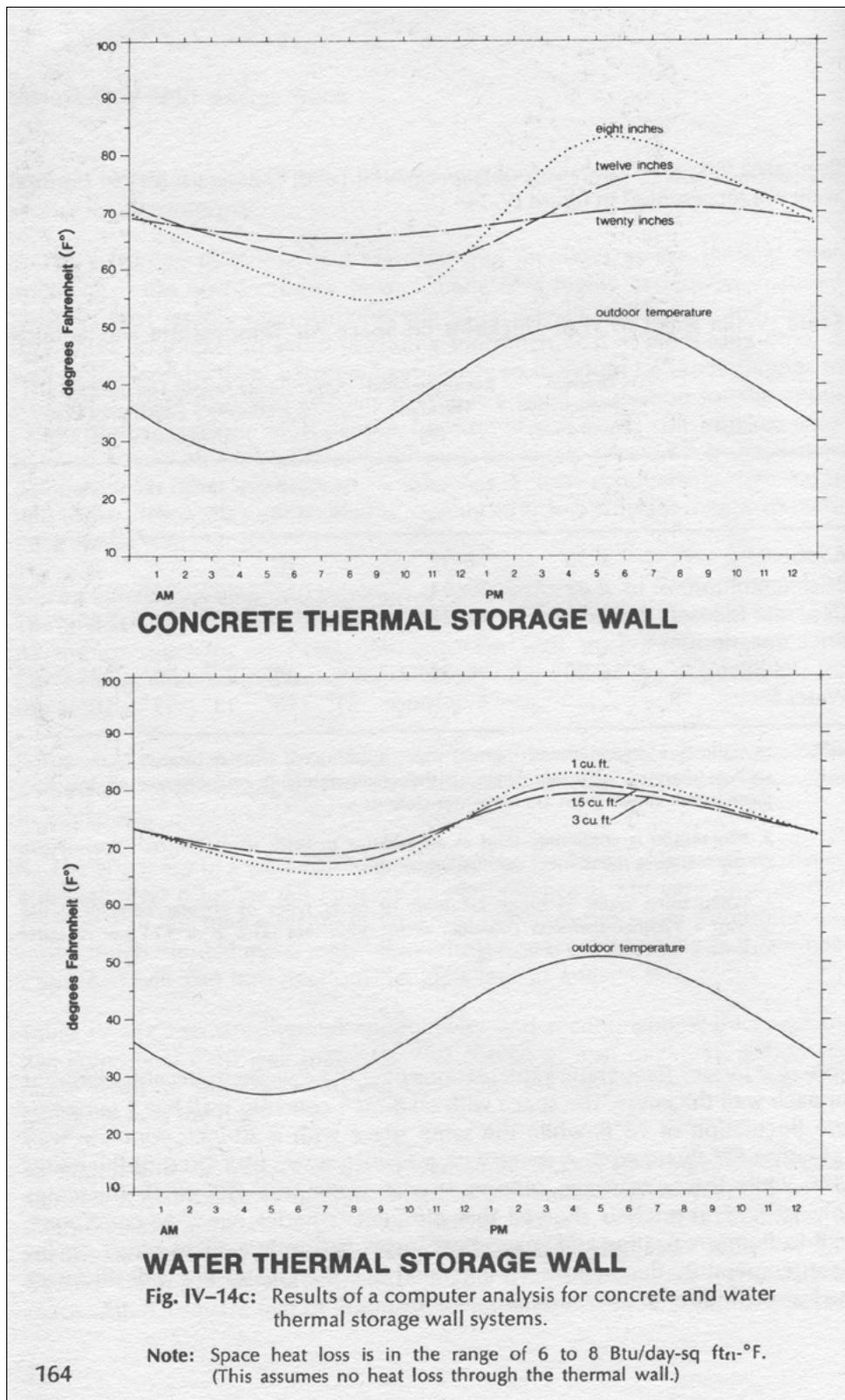


FIG 7. 6. 4. 2. 3\_ SFASAMENTI TERMICI ACQUA E CEMENTO, THE ENERGY SOLAR BOOK, MAZRIA E.

In questo progetto, non si userà questo sistema, in quanto non è in adeguazione con lo spirito progettuale iniziale. Si farà però un accenno ad una simulazione che permette di usare il diagramma qui sopra a fine di paragone.

## 7.6.5. REATTORE TERMOCOMPOST

### 7.6.5.1. ASPETTI GENERALI

Il ThermoCompost<sup>[1]</sup> è un impianto che genera energia biotermica a partire dal riciclaggio e compostaggio dei sottoprodotti agricoli e forestali. È un sistema ecologico ed economico che sfrutta il calore prodotto dal compostaggio di rami. Il potenziale di questa tecnologia in città è la massa organica di tutti i vegetali dei parchi. Le potature finemente triturate e bagnate, vengono accatastate in cumuli che possono andare da 1 metro a 10 metri di diametro. Oltre, rischia di non entrare sufficientemente ossigeno per una degradazione aerobica. Tecnicamente il ThermoCompost è rappresentato come un volume cilindrico formato da una spirale di tubi collegati in modo che l'acqua possa scaldare al meglio. I cumuli possono avere una forma naturale data dal materiale, di cui l'angolo d'attrito è di circa 70 gradi, e assumere quindi una forma conica. Possono essere contenute anche con strutture, e sarà il caso in questo studio, visto il volume circoscritto della zona termica 3. Questo permetterà di ottenere un cilindro al posto del cono. Come un compost domestico i batteri, vivendo in presenza d'ossigeno, innalzano la temperatura nel cumulo nel giro di pochi giorni anche oltre i 55°C per 12-18 mesi.<sup>[2]</sup>

Secondo il precursore francese Jean Pain, «La durata e l'energia estratta è molto variabile dall'essenza, dal periodo di taglio, dal diametro, e quindi dal contenuto delle sostanze. Altri fattori sono il tempo trascorso dal taglio alla cippatura, dal tempo trascorso dalla cippatura alla posa in opera, dalla quantità di calore estratta, dalla velocità di circolazione, dai tipi di microrganismi, dalla differenza di temperatura dell'acqua estratta, dalla quantità di ossigeno presente, dalle condizioni climatiche esterne, ed interne.»<sup>[3]</sup>

I tubi, che a seconda della grandezza dell'impianto possono avere diametri interni da 16mm a 40 mm. Possono essere posati in molti modi : ad esempio a spirale concentrica o a spirali sovrapposte. La pompa può essere comandata attraverso sonde di temperatura dall'interno del cippato. L'accumulo generalmente viene fatto esternamente. Generalmente il fluido che scambia è acqua, ma potrebbe anche essere glicole o altri fluidi.

Gli usi principali del termocompost sono il riscaldamento residenziale, e la produzione d'acqua calda sanitaria.

Per di più, a regime, la temperatura dell'acqua in uscita dallo scambiatore termico, viene nuovamente immessa in ingresso al ThermoCompost ad una temperatura superiore a la temperatura iniziale. Questo riduce il salto termico e di conseguenza la potenza termica assorbita dall'acqua in ricircolo, rendendo più efficiente il sistema.

Nel processo di compostaggio si possono distinguere 4 fasi cronologiche, legate al rilascio di calore dovuto all'attività dei microrganismi. La fermentazione corrisponde alla fase di aumento della temperatura, con ampio degrado di molecole labili e cellulosa. Sono soprattutto i batteri che sono attivi durante questa fase. La metà del carbonio inizialmente presente in materia organica viene rilasciato nell'atmosfera sotto forma di CO<sup>2</sup>. La durata di questa fase è dell'ordine di alcune settimane. È essenziale, soprattutto per ridurre al minimo gli odori, rispettare tre regole fondamentali che sono l'umidità a 60%, un rapporto Carbonio/Azoto pari a 30, e un aerazione costante.

Per limitare il rischio di malfunzionamento e di disturbo degli odori, è necessario controllare il processo di compostaggio, che si basa sul controllo di cinque parametri principali:

- La porosità della miscela tra 30% e 40%.
- Il rapporto Carbonio/Azoto compreso tra 25 e 35 all'inizio del compostaggio.
- Il contenuto di ossigeno garantito dall'aerazione. Il fabbisogno di ossigeno varia durante la reazione.
- Il tasso di umidità, circa 60-65%.
- La temperatura, che risulta dall'attività biologica, verso 60°C.

1 <http://www.wecf.eu/download/2016/November/EindrapportBiomeiler.pdf>

2 [https://amslaurea.unibo.it/15043/1/Tesi\\_Rubens\\_Pistocchi.pdf](https://amslaurea.unibo.it/15043/1/Tesi_Rubens_Pistocchi.pdf)

3 <http://www.pierre1911.fr/2013/11/2-methode-jean-pain.html>

## 7. 6. 5. 2. USO CON I PANNELLI CAPILLARI

I pannelli capillari sono dei assemblaggi di tubi molto fini, collegati ad un repartitore e un collettore. Si possono usare sia per soffitto, sia su pavimento.

Il modo in cui è costituito il pannello capillare richiama la rete naturale delle vene sotto la nostra pelle. Ed è quello che regola la temperatura del nostro corpo. Secondo lo stesso processo, lo scambio di calore con l'esterno è intensivo ed efficace dal punto di vista energetico. Una stanza riscaldata o raffrescata ha solo bisogno di qualche grado. Questo è dovuto al fatto che ci sono tanti tubicini per cui il passaggio del fluido ha bisogno di pochissima energia di trascinamento, rispetto anche ai tubi convenzionali usati nel pavimento radiante classico.

Grazie allo spessore minimo tra l'ambiente e i pannelli capillari, il sistema reagisce velocemente. La distribuzione è uniforme visto la quantità dei pannelli.<sup>[1]</sup>

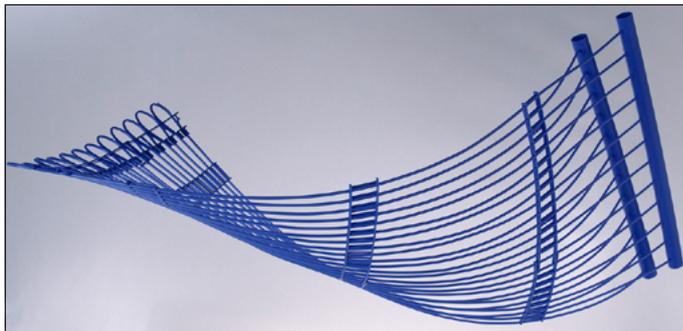


FIG 7. 6. 5. 2. 1\_ RETE DI RISCALDAMENTO CAPILLARE

Queste due qualità : l'efficienza nello scambio termico e il suo trasporto a pressione debole creano un risparmio energetico non trascurabile. Di solito, è composta da tubi di diametro inferiore a 5mm, la sua struttura è flessibile. Lo spazio tra i tubicini varia tra 10 e 50 mm, di solito fabbricati in polipropilene, ma visto il suo spessore irrisorio, la sua conducibilità non è un freno per lo scambio termico. Possiede una durata di vita elevata, e facilmente riciclabile. Però la sua posa deve essere anticipata da una protezione contro la corrosione.

1 [https://fr.wikipedia.org/wiki/Natte\\_capillaire](https://fr.wikipedia.org/wiki/Natte_capillaire)

## 7.6.6. IMBUTTI AD ARIA

Un imbuto ad aria funziona a secondo della velocità dell'aria entrante nel sistema. Si tratta di coinvolgere il flusso d'aria verso una sezione ridotta con lo scopo di ridurre la temperatura percepita. L'aria uscente si muove verso l'interno con una velocità maggiore, rendendo la temperatura percepita più bassa dell'ambiente circostante.<sup>[1]</sup> Si collocherà nella zona del progetto dove la corrente d'aria estiva è maggiore, e ortogonale alla parete. La zona ottimale è quella del ristorante, laddove si era visto nell'analisi di *esposizione solare dell'esistente*, un surriscaldamento in copertura, dovuta all'esposizione estiva.

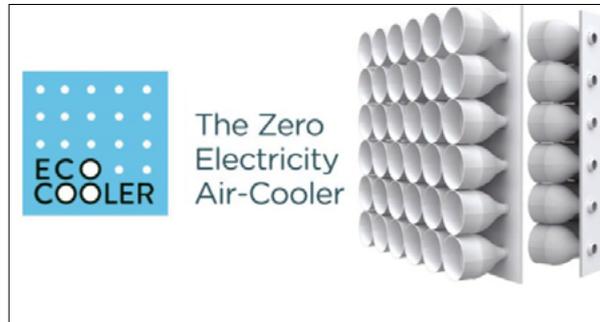


FIG 7. 6. 6. 2. 1\_ RETE DI RISCALDAMENTO CAPILLARE

## 7.6.7. MICRO EOLICO PER CONVEZIONE

Il moto dell'aria può generare elettricità grazie ad una turbina eolica. E' quello che si vede già attraverso le paleoliche terrestri, sottomarine, e sospese nell'aria. Queste sfruttano il vento. Tuttavia il vento non è nient'altro che la reazione di una differenza di temperatura, generata dal riscaldamento solare, a scala territoriale.

L'idea presente qui si appoggia all'esperimento della torre solare eolica. La prima fu costruita in Spagna da una ditta tedesca nel 1983, e funzionò 7 anni. Si è deciso di riprovare questa volta in Australia.<sup>[2]</sup>

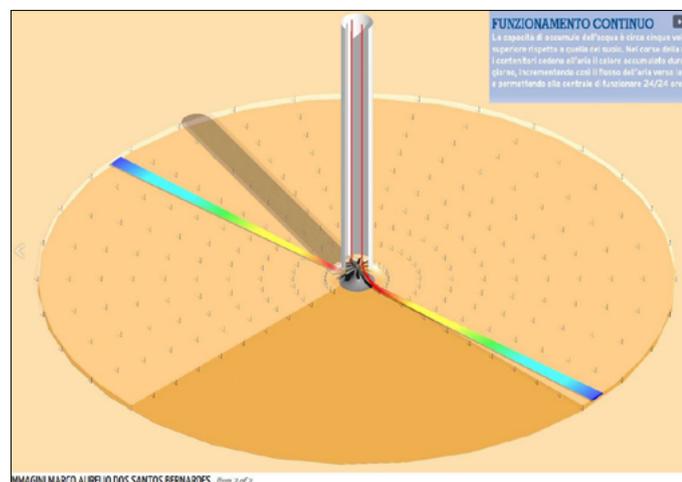
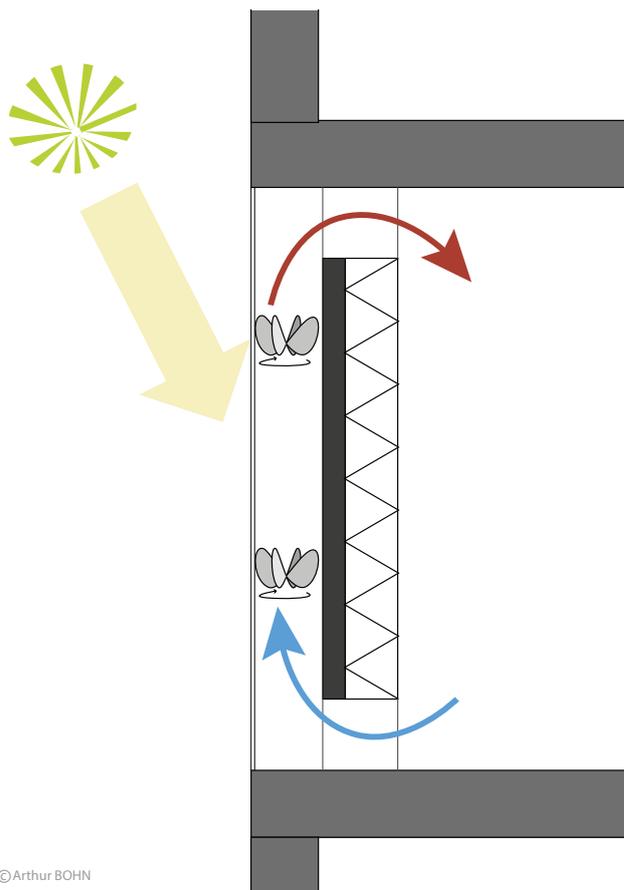


FIG 7. 6. 7. 2. 1\_ TORRE-TURBINA DI CONVEZIONE NATURALE

Il concetto rimane lo stesso, però si è pensato di sfruttare il gradient termico generato all'interno dell'intercapedine del muro trombe. La convezione naturale sarebbe la fonte per micro turbine ad assi verticali, collegati appositamente per generare elettricità. Non si è trovata nessuna informazione riferita a questa prova. Non si andrà in questa tesi, ad indagare su questo tema.

1 <https://inhabitat.com/this-amazing-bangladeshi-air-cooler-is-made-from-plastic-bottles-and-uses-no-electricity/>  
 2 <http://www.rinnovabili.it/energia/eolico/arizona-torre-solare-eolica-666/>

Qui sotto, si present  uno schizzo progettuale come punto di partenza per sviluppare questa idea, e quantificare quanto sia probabile un moto sufficiente dell'aria per poter spingere microturbine molto leggere.



  Arthur BOHN

FIG 7. 6. 7. 2. 2\_ EOLICO CONVETTIVO\_SCHEMA CONCETTUALE

# 8. TECNOLOGIE PER L'ENERGIA TERMICA

Il progetto prevede un isolamento a capotto interno in terra paglia alleggerita. Si prenderà come valori, quelli messi in evidenza da prove sperimentali attraverso il gruppo studentesco La Termitière<sup>[1]</sup> durante il cantiere di ristrutturazione del Cecchi Point a Torino tra gli anni 2016 e 2018.

Non si userà nessuna ventilazione meccanica, quindi si può evitare di seguire i prassi della normativa UNI 10339 sugli « impianti aeraulici a fine di benessere». Questo permette anche di non dover garantire una portata nominale di aria di estrazione, in quanto la ventilazione naturale gestisce l'aria viziata per convezione naturale.

Il carico termico di progetto, calcolato sulla base dell'architettura diventa molto complesso da descrivere in un progetto di architettura bioclimatica, in quanto è anche l'architettura che produce la prestazione termica che permette di compensare il carico termico dello stesso oggetto. Si tratta di un loop progettuale senza vederne nè l'inizio, nè la fine, agli occhi della progettazione convenzionale. Uno si deve accontentare di proporre un modello informatico, ubicato in un suo contesto, per ricevere i giusti input d'intorno. Da lì, a seguito di iterazioni di calcolo, si riesce a distinguere se il sistema raggiunge un equilibrio, o quanto meno le prestazioni termoigrometriche di comfort interno, con l'apposito ricambio d'aria.

Si presenterà la simulazione energetica eseguita da Grasshopper , con il modello di EnergyPlus per lo stesso modello usato per il metodo semplificato della UNI 12831. In questo modo, si cercherà soltanto di reagire sull'attendibilità generale del software rispetto al calcolo manuale. Si presenta qui sotto la simulazione energetica del progetto. Lo si paragonerà a quanto *calcolato a mano*.

---

1 <https://webthesis.biblio.polito.it/6115/>

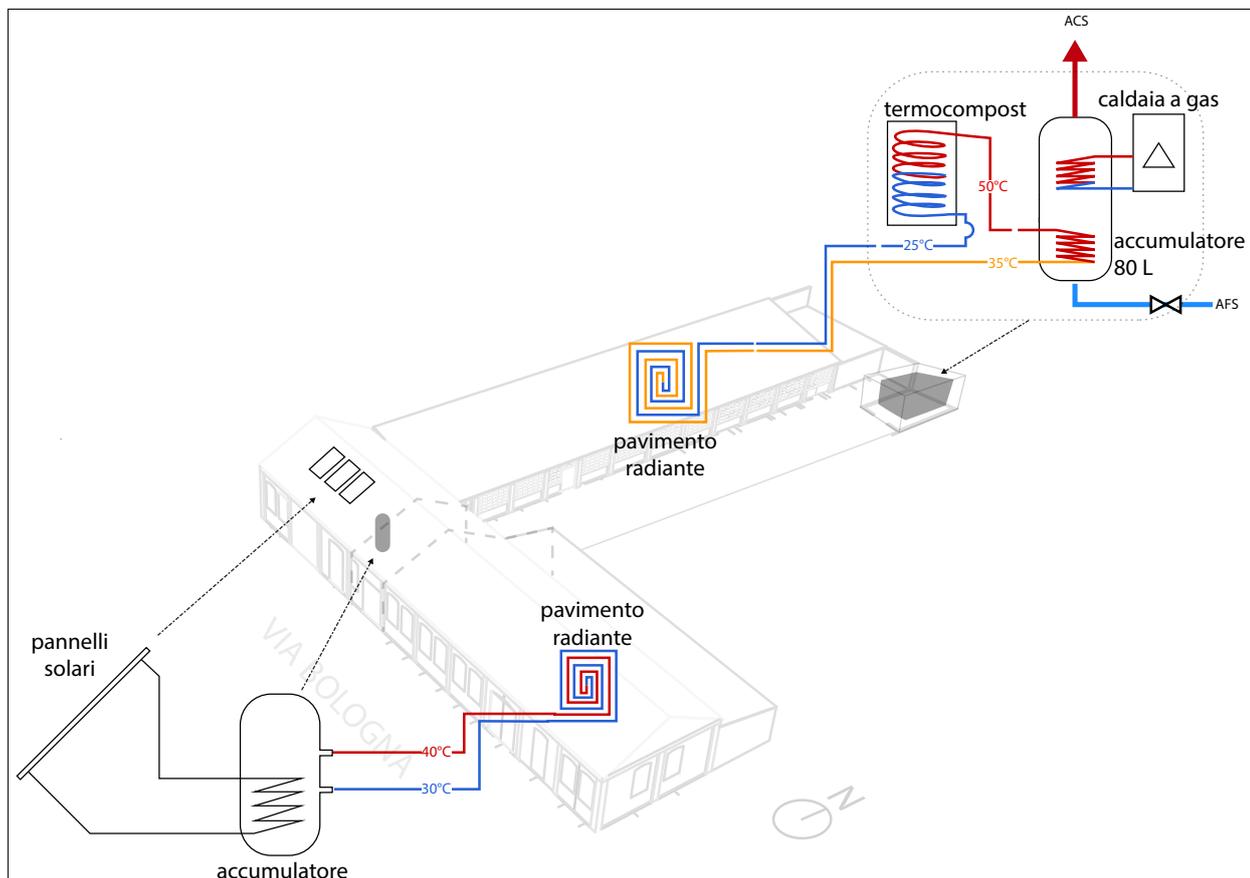


FIG 8. 6. 7. 2. 1\_ SCHEMA FUNZIONALE DEL PROGETTO IMPIANTISTICO

L'illustrazione qui sopra indica in modo sintetico le generazione del riscaldamento e della produzione di acqua calda sanitaria del progetto. Viene in seguito la programmazione temporale delle diverse tecnologie usate e le loro efficienze a secondo del clima del mese. Quest'approccio è qualitativo e molto sintetico, pero da una buona base progettuale in quanto si riesce a distinguere diversi periodi a secondo dell'ambito mirato. L'importante in questa fase è di coprire l'anno intero, evidenziando il periodo di riscaldamento e quello del raffreddamento, ma anche la continuità della produzione di acqua calda. Quest'ultimo viene assicurato dal termocompost, appoggiato per sicurezza sanitaria ad una caldaia a gas, in caso di surriscaldamento anti-legionella.

AMBITO	TECNOLOGIA	GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
RISCALDAMENTO_ ZONA TERMICA 1	MURO "TROMBE"												
	PANNELLI SOLARI (PAVIMENTO RADIANTE)												
RISCALDAMENTO_ ZONA TERMICA 2	TERMOCOMPOST (PAVIMENTO RADIANTE)												
	SERRA												
RAFFRESCAMENTO_ ZONA TERMICA 1	MURO "TROMBE"												
RAFFRESCAMENTO_ ZONA TERMICA 2	IMBUTI D'ARIA												
	POZZO CANADESE												
ACS	CALDAIA GAS												
	TERMOCOMPOST												

	ALTA EFFICIENZA
	MEDIA EFFICIENZA
	DISCRETA EFFICIENZA

FIG 8. 6. 7. 2. 2\_ FASCIE PERIODICHE DELLE SOLUZIONI BIOCLIMATICHE ADOTTATE

La tabella qui sopra rappresenta l'ipotesi di funzionamento delle diverse soluzioni bioclimatiche. Lo scopo è di coprire l'intero anno, sovrapponendo al meglio le diverse tecnologie, e secondo le diverse zone termiche.

## 8. 1. MURO DI TROMBE-MICHEL

Si presente in questo capitolo, i risultati delle diverse simulazioni per quantificare quanto l'uso del muro Trombe sia efficiente per il riscaldamento invernale, secondo l'irraggiamento di Torino.  
 Si sono fatte due prove, scegliendo la seconda per il resto del progetto. Oltre ad essere quella piu rispettosa del edificio esistente, è anche quella che riesce a proteggere l'edificio dal surriscaldamento estivo.

### 8.1.1. PRIMA PROVA

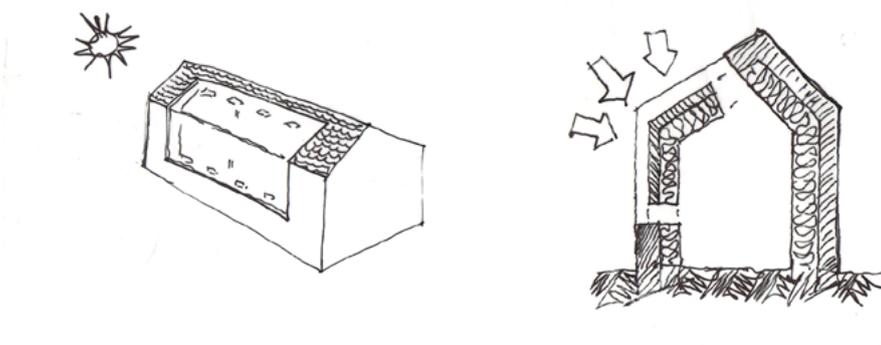


FIG 8. 1. 1. 2. 1\_ SCHEMA CONCETTUALE DI PROGETTO DEL MURO TROMBE

La scelta di costruire un muro Trombe sia sulla parete che sulla copertura è intuitiva, in quanto sono le due superficie captanti la massima quantità di energia.

### 8.1.2. SCRIPT GRASSHOPPER

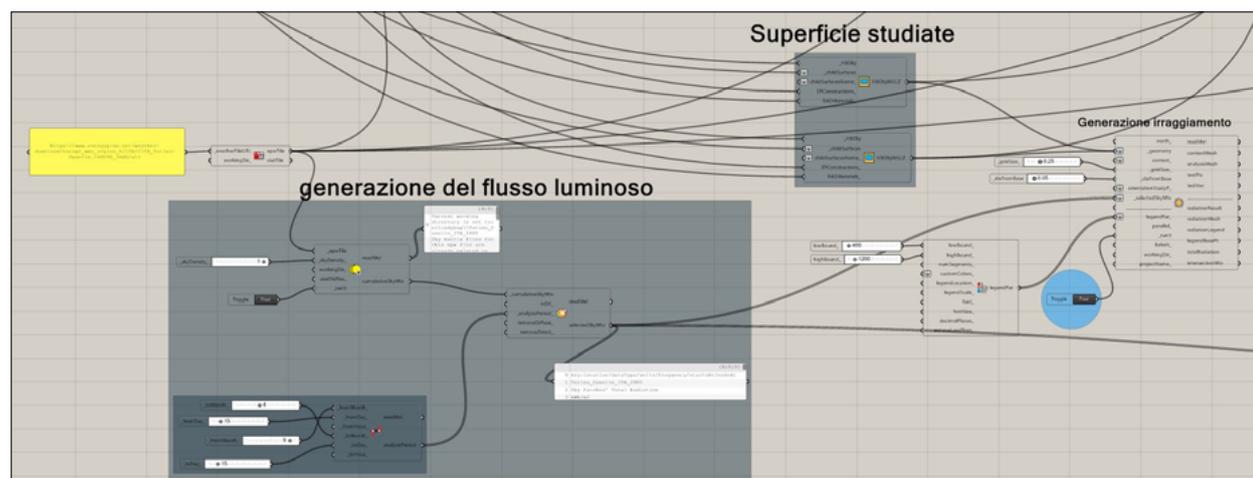


FIG 8. 1. 2. 2. 1\_ SCRIPT DELLA GENERAZIONE DEL FLUSSO LUMINOSO

Per generare la quantità di energia che ricadono sulle due vetrate, si deve generare il cielo della localizzazione geografica. Per quello, servono i due componenti in basso a sinistra dell'illustrazione qui sopra. Serve anche indicare il periodo dell'analisi, in quanto è un quantitativo di energia. Il riquadro grigio raggruppa le due superfici vetrate, con apposito materiale e le loro proprietà (non visibile qui). In fine, la simulazione viene lanciata con gli appositi parametri di legenda desiderati.

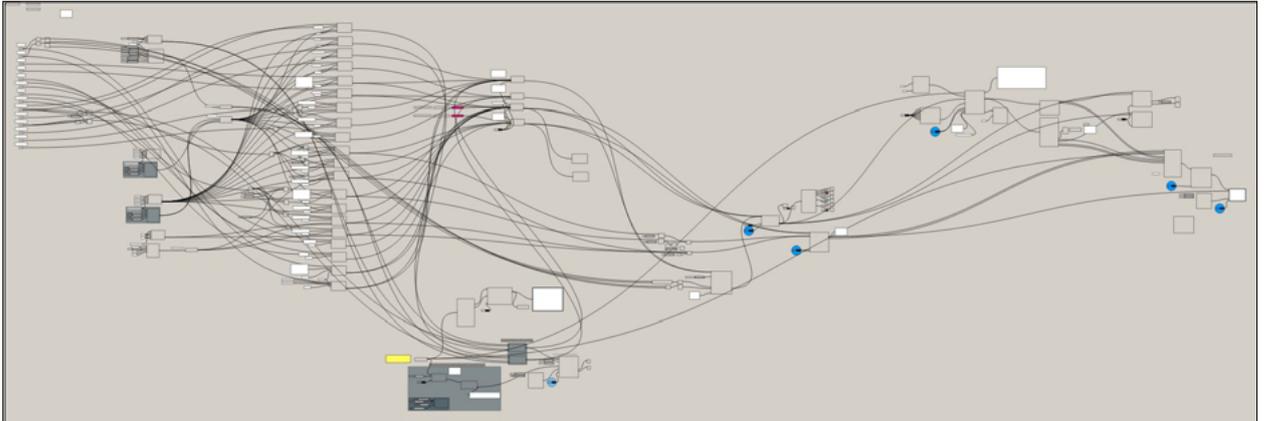


FIG 8. 1. 2. 2\_ SCRIPT DELL'ANALISI ENERGETICA DEL MURO TROMBE

Questo screenshot più generale illustra l'insieme dell script, mettendo in relazione la geometria, la generazione luminosa, e l'analisi dinamica calcolando la temperatura operante in tutti i punti dell'interno.

### 8.1.3. RISULTATI

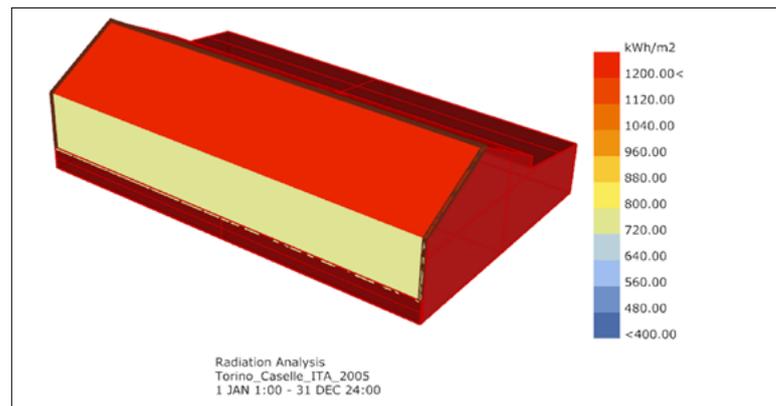


FIG 8. 1. 3. 2\_ 1\_ VALORE DI ENERGIA SOLARE RICEVUTO DURANTE L'ANNO

L'energia totale ricevuta dal sole vale  $1200\text{kWh/m}^2 * 160\text{ m}^2 + 750\text{kWh/m}^2 * 140\text{ m}^2 = 297000\text{kWh}$  per l'intero anno.

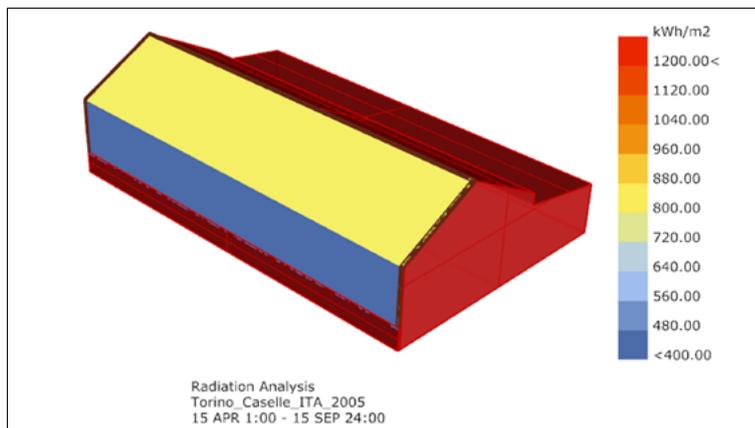


FIG 8. 1. 3. 2\_ VALORE DI ENERGIA SOLARE RICEVUTO DURANTE IL PERIODO ESTIVO

Il periodo estivo contiene una grande quantità potenziale di energia radiante. Tuttavia, è il momento dell'anno in cui bisogna scaricare al massimo l'edificio. Ci si creerà sicuramente un surriscaldamento. Questo si andrà a verificare al prossimo punto. L'energia totale ricevuta sulle due superficie è di  $800 \cdot 160 + 450 \cdot 140 = 191000 \text{ kWh}$  per il periodo estivo.

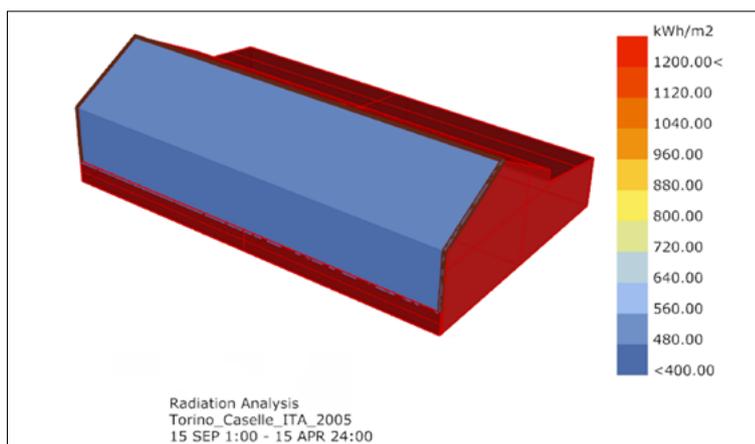


FIG 8. 1. 3. 2\_ VALORE DI ENERGIA SOLARE RICEVUTO DURANTE IL PERIODO INVERNALE

Il periodo invernale permette di ricevere una quantità di energia totale di circa  $450 \text{ kWh/m}^2$  sia sulla parete, sia sulla falda Sud. La superficie totale è di  $300 \text{ m}^2$ , e quindi l'energia solare ricevuta monta a  $135000 \text{ kWh}$  per tutto il periodo.

Prima di andare a vedere le simulazioni, si propone di illustrare lo script dell'analisi energetica interna. Si è andato prima di tutto ad informare le superficie dell'involucro. Poi a secondo del periodo d'analisi, si risolve il calcolo, e si va mediare le temperature operante dell'aria, grazie al motore di calcolo di EnergyPlus.

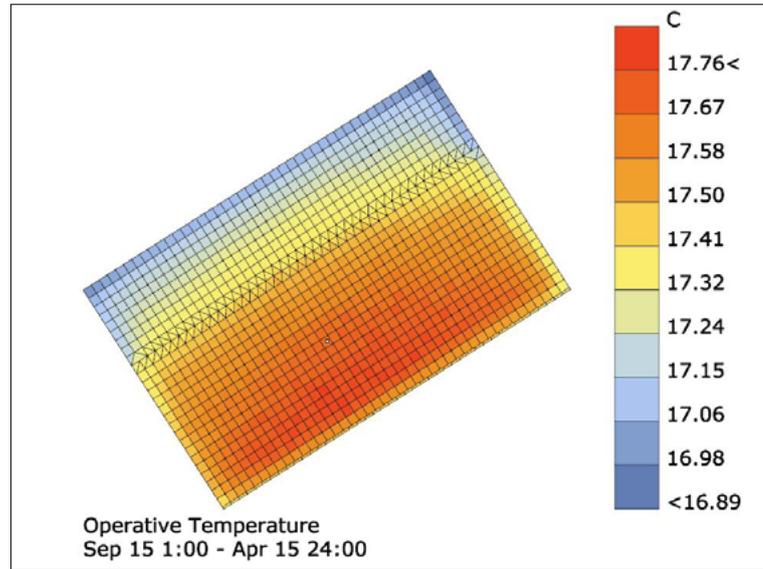


FIG 8. 1. 3. 2. 4\_ DIAGRAMMA DELLA TEMPERATURA OPERATIVA DURANTE IL PERIODO INVERNALE

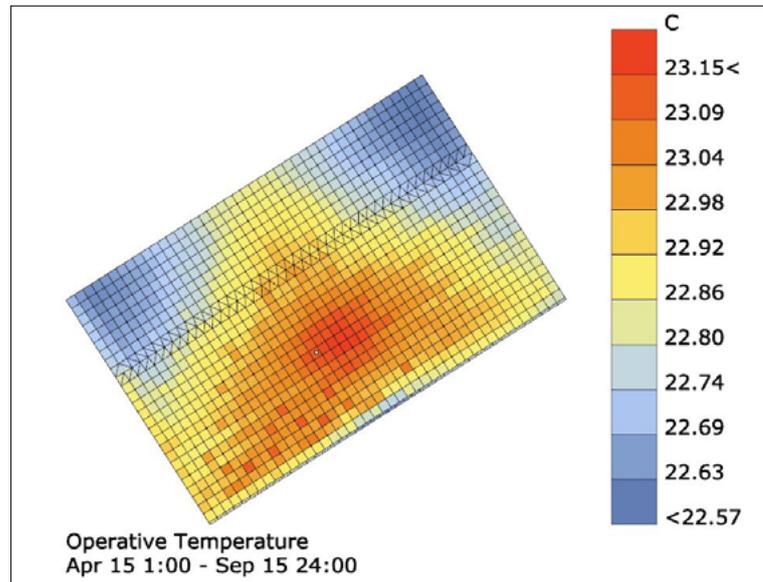


FIG 8. 1. 3. 2. 5\_ DIAGRAMMA DELLA TEMPERATURA OPERATIVA DURANTE IL PERIODO ESTIVO

Si è cercato di capire in seguito, l'andamento del flusso d'aria riscaldato dal muro Trombe. Per fare ciò, si è fatto una simulation in Computational Fluid Dynamic attraverso il software OpenFOAM. Si è scelto il 21 Dicembre.

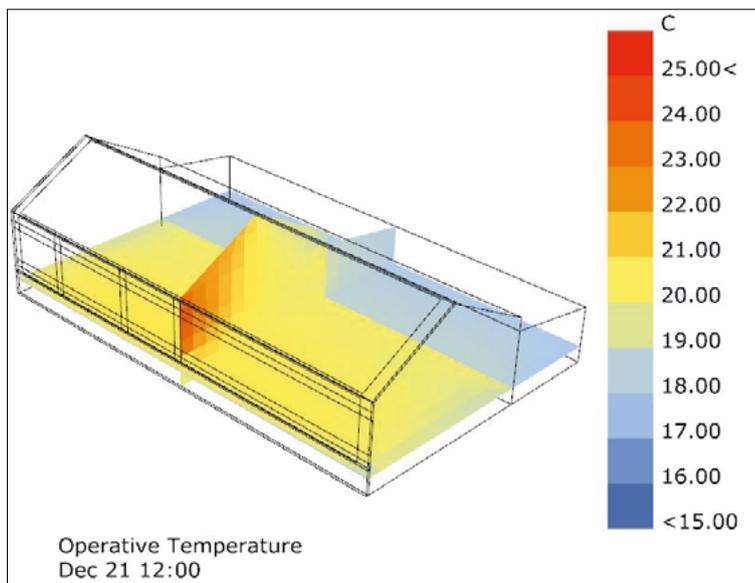


FIG 8. 1. 3. 2. 6\_ DIAGRAMMA DELLA TEMPERATURA OPERATIVA PER IL 21 DICEMBRE

Il risultato guida il lettore per capire quanto diffonda il calore generato dal muro Trombe. Si nota che si guadagna  $5^{\circ}\text{C}$  su tutta la parte Sud. Si nota anche quanto il calore sale. Si è fatta la sezione verticale su una finestra del muro Trombe per approfondire il moto principale dell'aria. Il contrasto con il volume nascosto dietro non è veritiero in quanto, per la simulazione, si è dovuto modellare un muro d'aria dividendo virtualmente i due spazi. Non è quindi da tenere in considerazione.

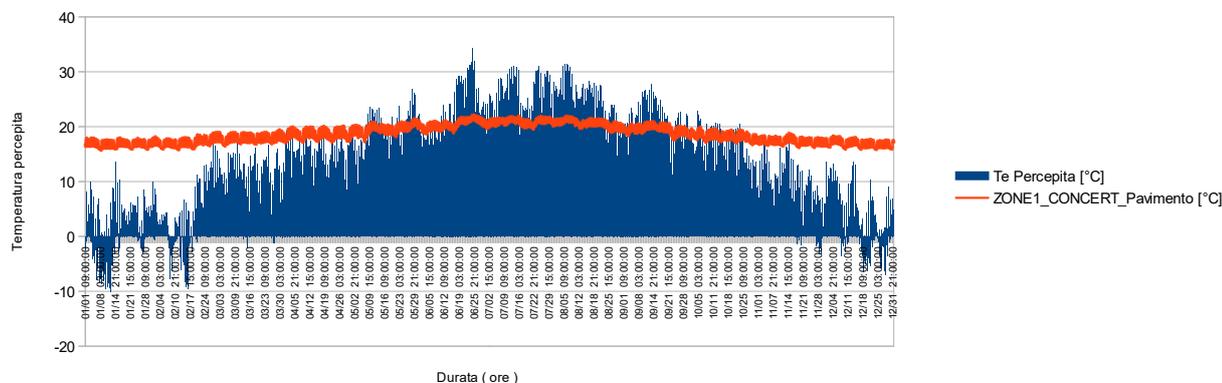


FIG 8. 1. 3. 2. 7\_ PARAGONE DELL'ANDAMENTO DELLE TEMPERATURE INTERNE ED ESTERNE

Si può visualizzare l'andamento della temperatura interna in confronto alla temperatura percepita esterna durante l'anno intero. Lo scopo è di raddrizzare al massimo la curva della temperatura interna. Questo significa che l'inerzia termica dell'edificio ha un ruolo di smorzatore termico, ed è quello che si cerca.

Esiste un altro motivo per il quale si è scartata questa scelta, è quello del sistema di ricambi d'aria. In effetti, si è deciso di posizionare i camini in estremi del colmo a fine di recuperare l'aria viziata più calda. Emettendo l'aria riscaldata alla stessa altezza, si evita una miscela dell'aria, e le sostanze inquinante rimangono all'interno. Questi motivi permettono di rigettare questa scelta. Si vede adesso un'altra scelta più moderata in quantità di riscaldamento durante periodi invernali, ma evita tutte le mesaventure citate precedentemente.

## 8.1.4. SECONDA PROVA

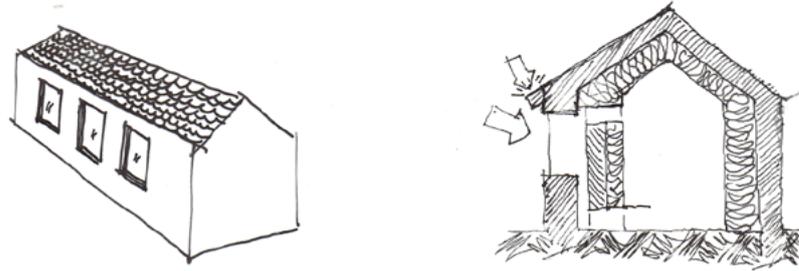


FIG 8. 1. 4. 2. 1\_ SCHEMA CONCETTUALE DI PROGETTO DEL MURO TROMBE\_SCELTA 2

La seconda prova fa intervenire soltanto la parete come superficie captante. Le aperture iniziali sono sufficientemente grande per pensare ad operare senza incrementare la superficie visibile dal sole.

### 8. 1. 4. 1. SCRIPTING

Lo script della seconda prova è verosimile alla prima scelta in quanto le analisi sono sensibilmente le stesse. Quello che cambia naturalmente sono le superficie d'input e le informazioni date. Si nota la pesantezza nella lettura delle assegnazioni dei materiali alle superficie. Il resto dello script consiste nel simulare l'analisi energetica, e poi trasmettere le temperature delle superficie interne per generare la seconda simulazione CFD per visualizzare il moto dell'aria.

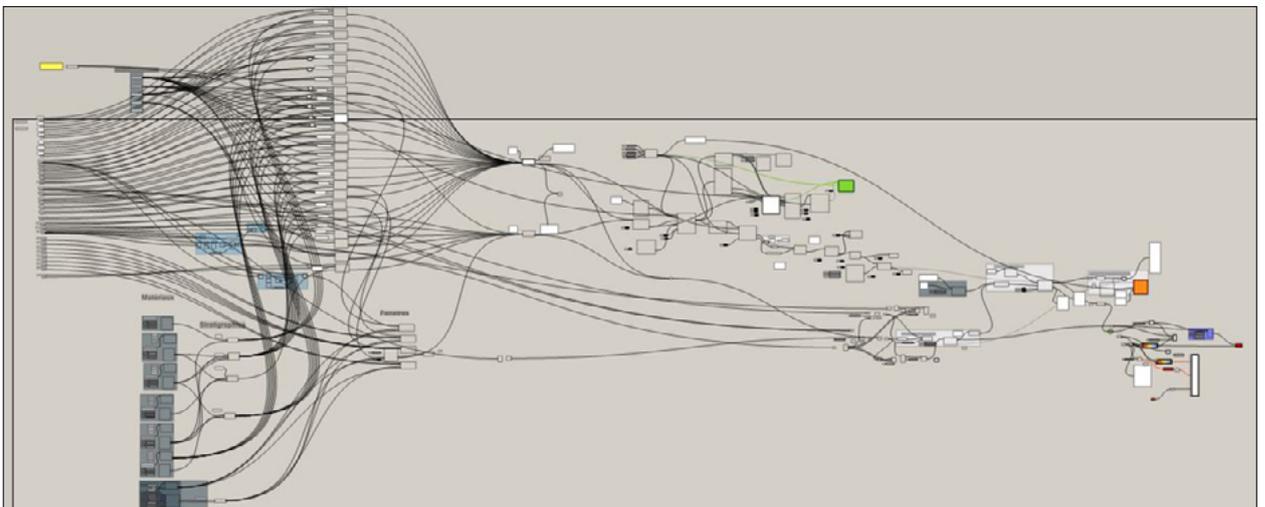


FIG 8. 1. 4. 1. 1\_ SCRIPT DELLA SECONDA PROVA DEL MURO TROMBE

## 8. 1. 4. 2. SIMULAZIONI

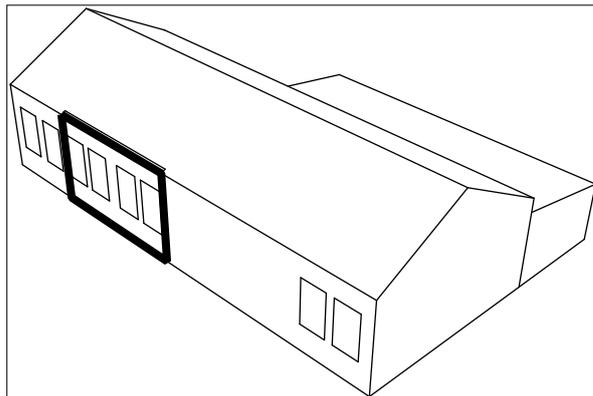


FIG 8. 1. 4. 2. 1\_ ASSONOMETRIA DELLA SCELTA 2

Il diagramma sottostante rappresenta l'energia recuperata da una finestra del muro Trombe sul periodo di riscaldamento. Ci sono 4 finestre in totalità. Viene a dire che la produzione totale di energia varia da 4kWh all'inizio del giorno e verso sera, a 8kWh di energia calorifica in mezza giornata.

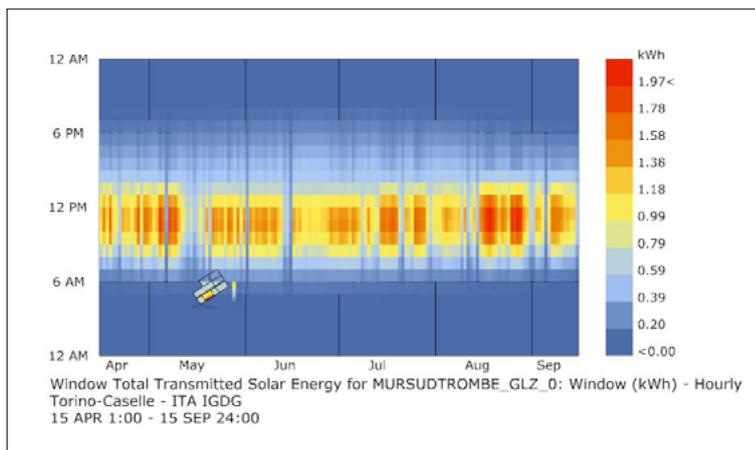


FIG 8. 1. 4. 2. 2\_ PRODUZIONE TERMICA SINGOLA FINESTRA \_ PERIODO INVERNALE

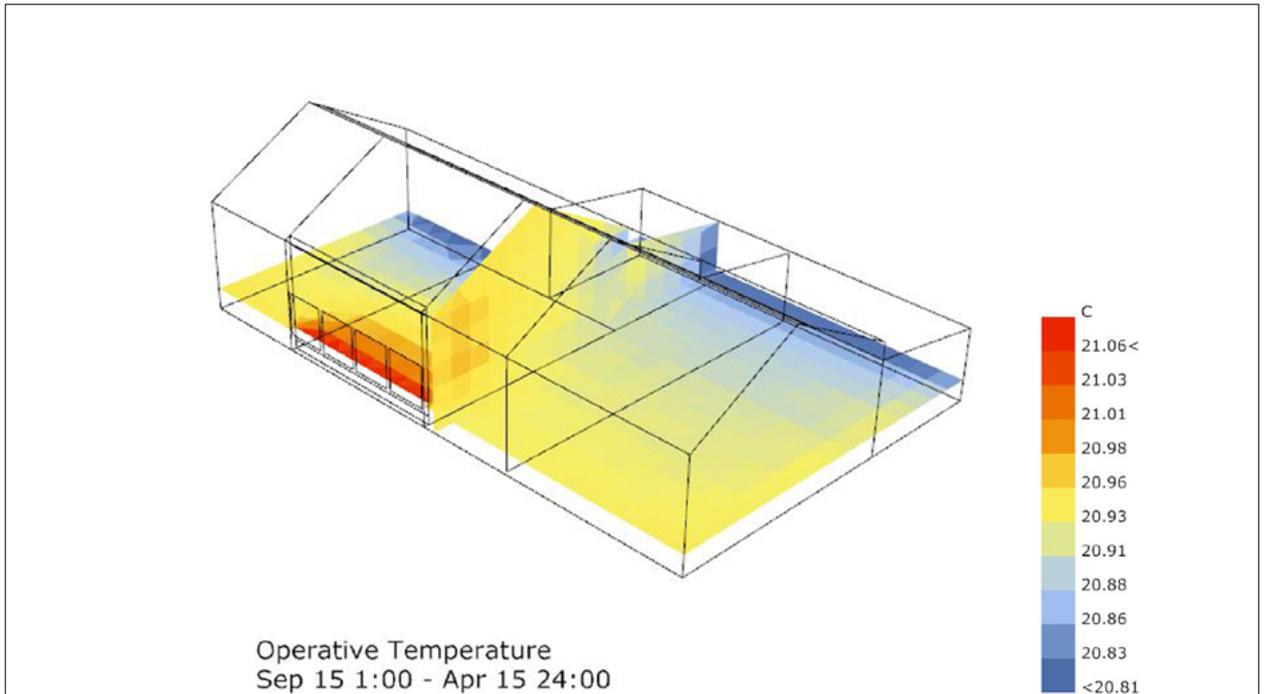


FIG 8. 1. 4. 2. 3\_ TEMPERATURA OPERATIVA \_ PERIODO INVERNALE

La prestazione energetica del muro Trombe copre mediamente tutto il periodo invernale. Si simula adesso il caso di un giorno particolarmente freddo dell'anno. Lo scopo è di capire se durante la giornata di lavoro, lo spazio riceve una temperatura di comfort sufficiente o meno. Se tuttavia, non lo è, si cercherà di seguito a risolvere il discomfort grazie al sistema di pannelli radianti. Per questo, si rimanda al punto 8.5.

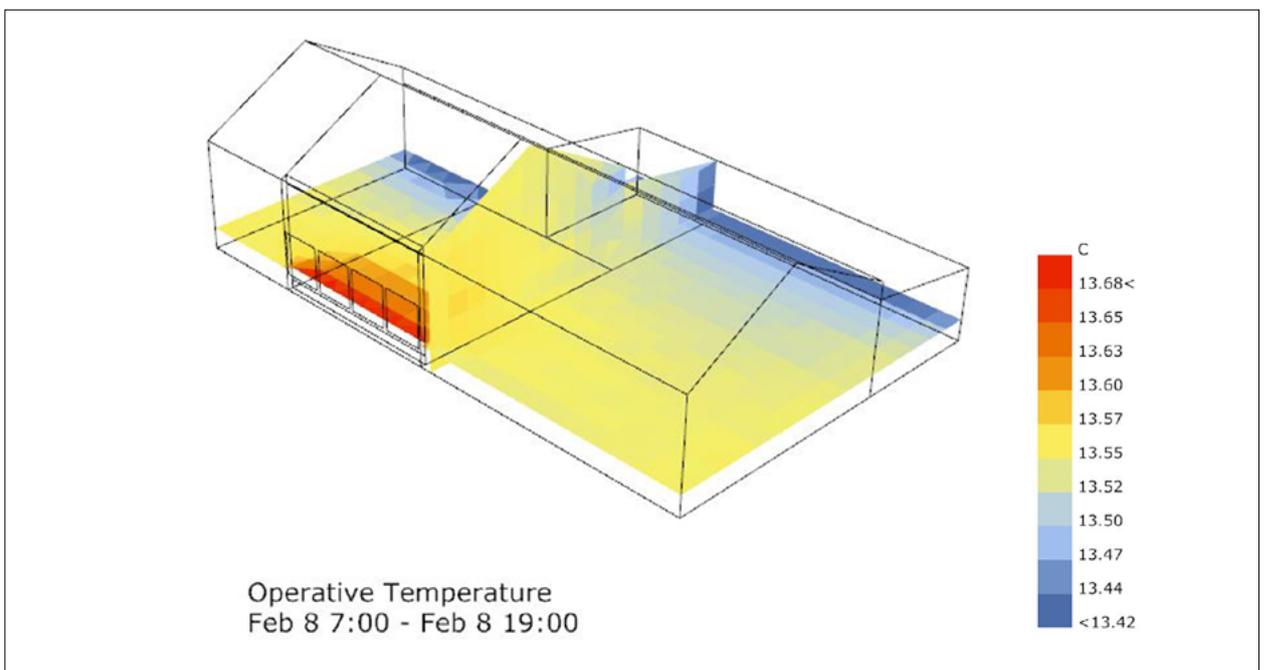


FIG 8. 1. 4. 2. 4\_ TEMPERATURA OPERATIVA \_ GIORNO IL PIÙ FREDDO

Il risultato prova che non è sufficiente per il riscaldamento globale della sala di concerto. Si andrà quindi a verificare il comfort dopo aver dimensionato una pavimentazione radiante generato da pannelli solari.

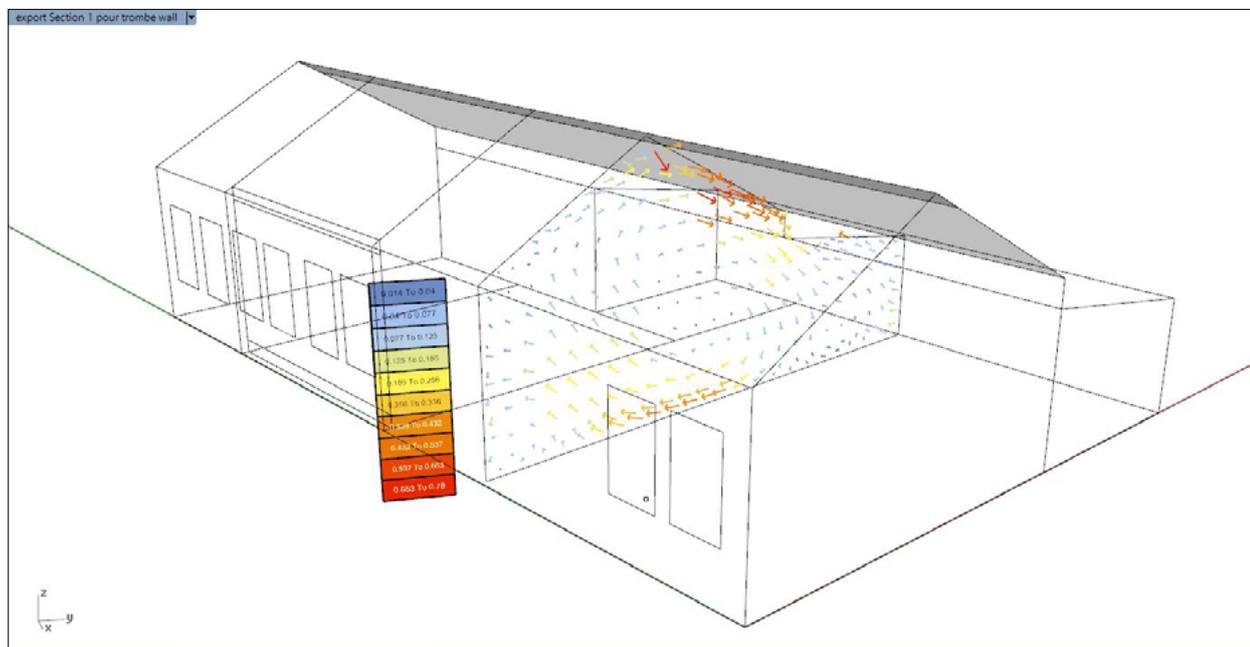
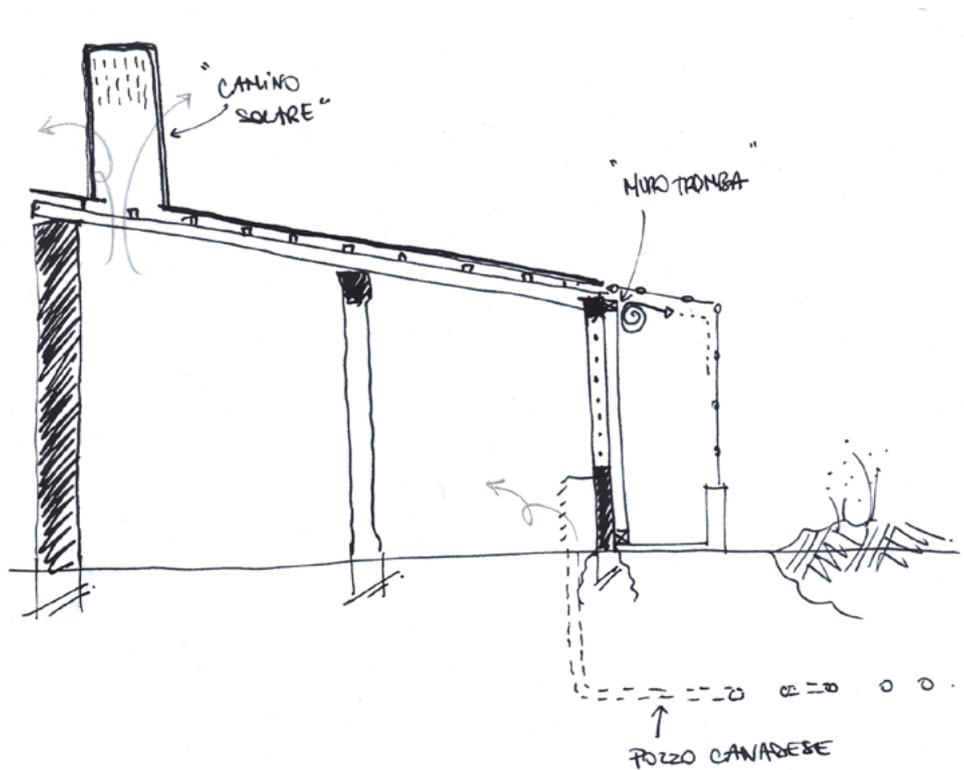


FIG 8. 1. 4. 2. 5\_ MOTI D'ARIA IN SEZIONE TRASVERSALE

La simulazione qui sopra illustra la computazione fluidodinamica di una sezione di edificio, sottoposto al riscaldamento passiva del muro Trombe sulla parete Sud. Si nota chiaramente la convezione naturale prodotta da questo input.

I colori rappresentano le velocità e non le temperature. Si vede l'incremento della velocità dell'aria in parte alta, sotto la falda Nord, dovuto alla presenza del lucernario rappresentato in grigio scura sull'illustrazione. I valori sono in m/s. Si ricorda il lettore che una velocità d'aria interna da non superare è di 4m/s. Questo non è il nostro caso, in quanto le velocità riferite qui non superano 1 m/s.

## 8. 2. POZZO CANADESE



## 8.2.1. SCRIPTING

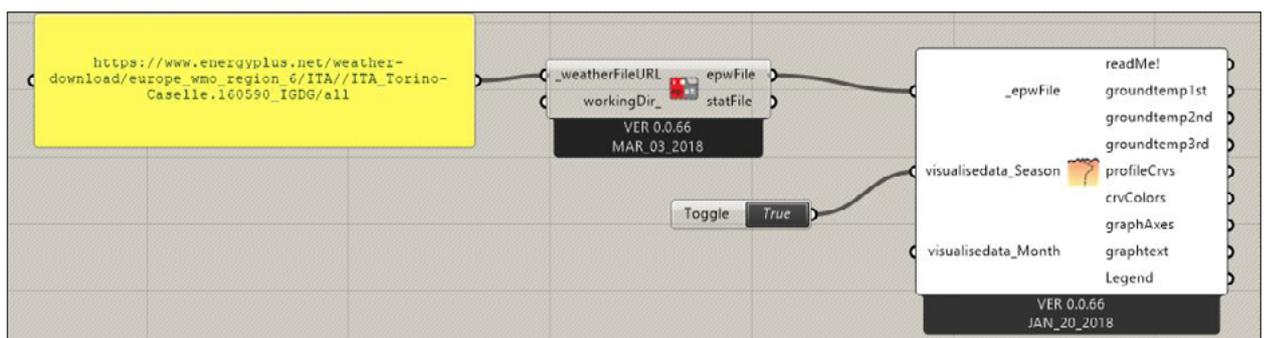


FIG 8. 2. 1. 2. 1\_ SCRIPTING DELLE CURVE DI TEMPERATURE NEL SUOLO\_TORINO

Grasshopper e il suo componente Ladybug permettono di generare la progressione del calore nel terreno a secondo della località studiata. Questo è valido mediamente, in quanto il terreno possiede troppo variabili su piccole zone. Il caricamento del file .epw permette di generare quattro curve partendo dalle medie stagionali di temperature esterne. La loro progressione nel terreno è dovuta alla conducibilità termica del terreno, in funzione dell'umidità media cui si trova il posto.

Per la seconda parte di questo sotto capitolo, si presenta lo script. Tratta della simulazione termodinamica della manica su cortile, ma anche della computazione fluidodinamica, grazie a OpenFOAM.

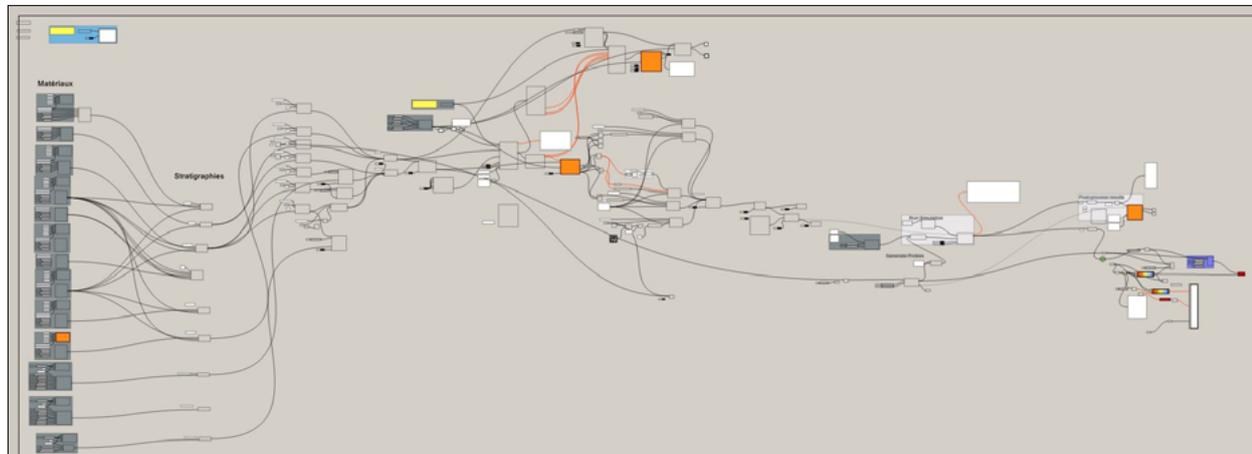


FIG 8. 2. 1. 2\_ SCRIPTING DELLA SIMULAZIONE DELL'EFFETTO DI UN POZZO CANADESE

## 8.2.2. RISULTATI

La temperatura esterna di progetto di Torino è di  $-8^{\circ}\text{C}$ . E la media lungo l'anno è di  $12,3^{\circ}\text{C}$ . Prendendo questo valore, e innegando la tubatura di passaggio d'aria a 2,5 metri di profondità, si riesce a ricavare una temperatura preriscaldata plausibile per usufruire dell'energia del termocompost.

Si è andato a fare un paragone tra un calcolo manuale, patendo dalle *curve di smorzamento*, e la simulazione numerica attraverso il plugin Ladybug.

Il programma propone un valore meno ottimistico rispetto al calcolo manuale. Questo permette di capire che il software usa un calcolo cautelativo. Si prenderà una media tra i due valori per il seguito dell'esercizio.

L'uso del software ci permette di evidenziare la profondità per la quale le temperature del periodo invernale sono identiche, ugualmente per il periodo estivo. Si andrà di conseguenza ad una profondità di 2,5m per la posa della tubatura.

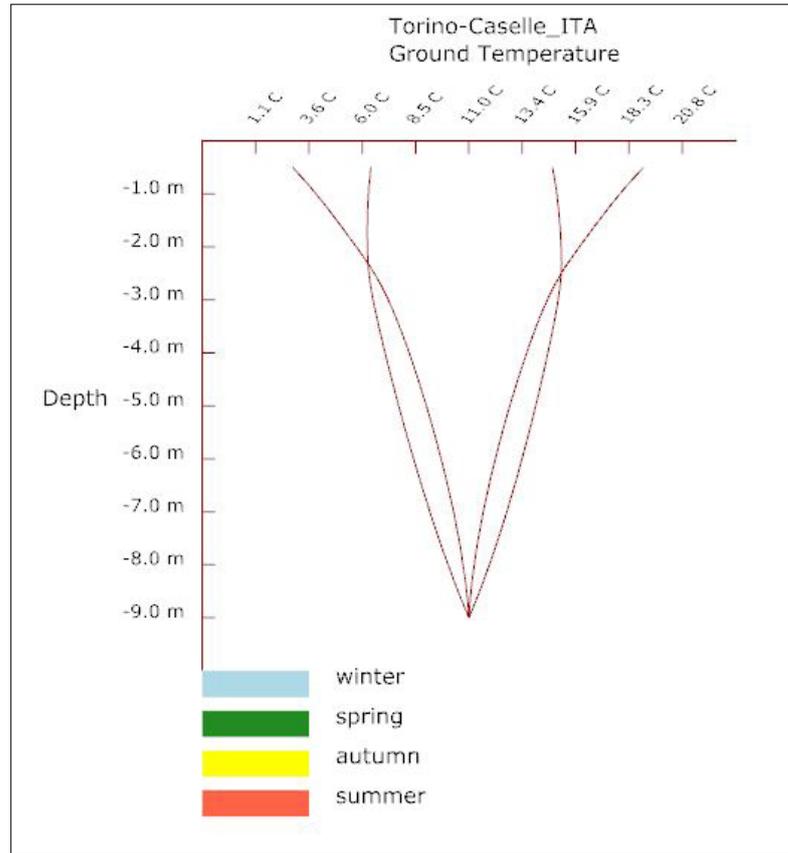


FIG 8. 2. 2. 1\_ CURVE DI TEMPERATURE NEL SUOLO PER STAGIONE\_TORINO

Seguendo la curve di smorzamento della sinusoide che rappresenta l'escursione della temperatura esterna, si ha come temperatura preriscaldata :

$$T_{prerisc} = 12,3 - 5 = 7,3^{\circ}\text{C}$$

Il valore medio sarà :

$$T_{prerisc,d} = \frac{7,3 + 6,3}{2} = 6,8^{\circ}\text{C}$$

Si sono fatte due simulazioni per rappresentare l'aiuto dell'impianto di raffreddamento del pozzo canadese. Si è ipotizzato una ventilazione meccanizzata nella tubazione per garantire una velocità dell'aria condizionata di 2m/s. La prima simulazione indica la temperatura senza impianto di raffreddamento, in media, durante il periodo estivo. Si nota che la temperatura interna supera di più di 10°C in media, la temperatura d comfort di 26°C. Il calore massimo si rileva nelle vicinanze delle finestre, dando verso la serra.

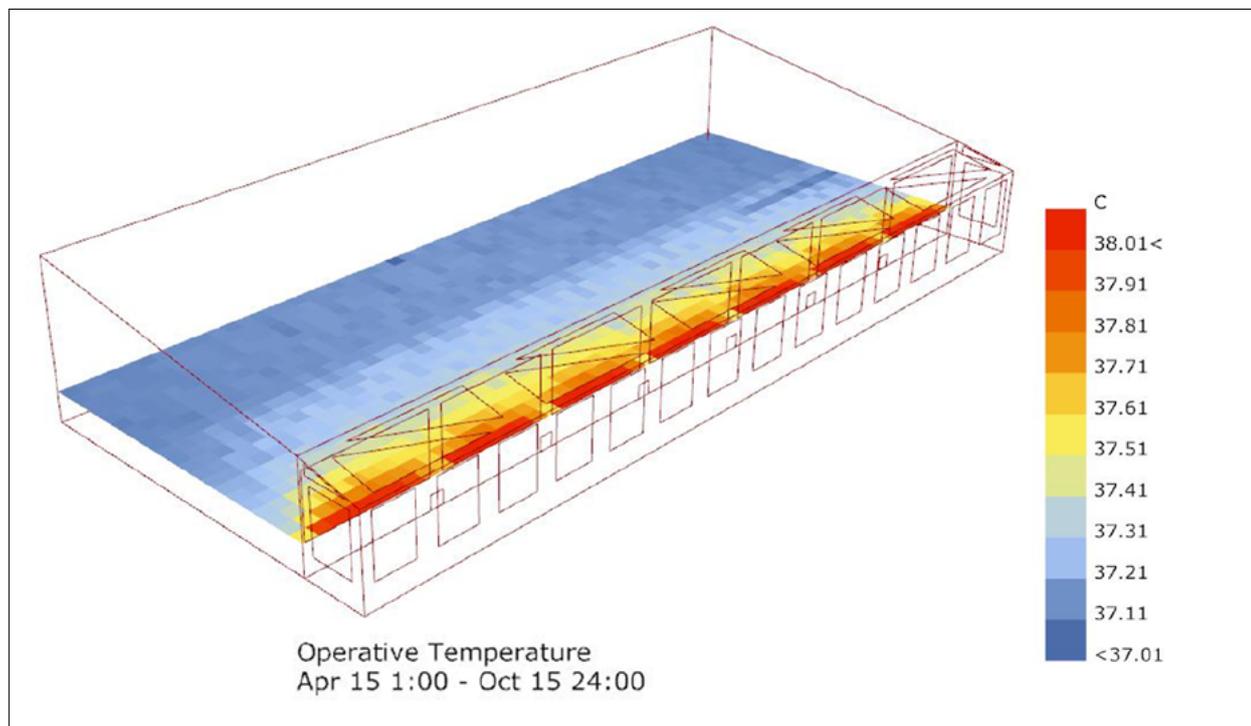


FIG 8. 2. 2. 2\_ SIMULAZIONE DELLA TEMPERATURA OPERANTE SENZA IMPIANTO

Le due simulazioni che seguono sono state elaborate dall'inserimento di bocchette d'aria sotto le finestre, come viste nella sezione trasversale allegata.

La computazione fluido dinamica ha permesso di evidenziare le temperature presente ma anche il moto dell'aria interna, al fine di capire il percorso dell'aria cambiata nello spazio.

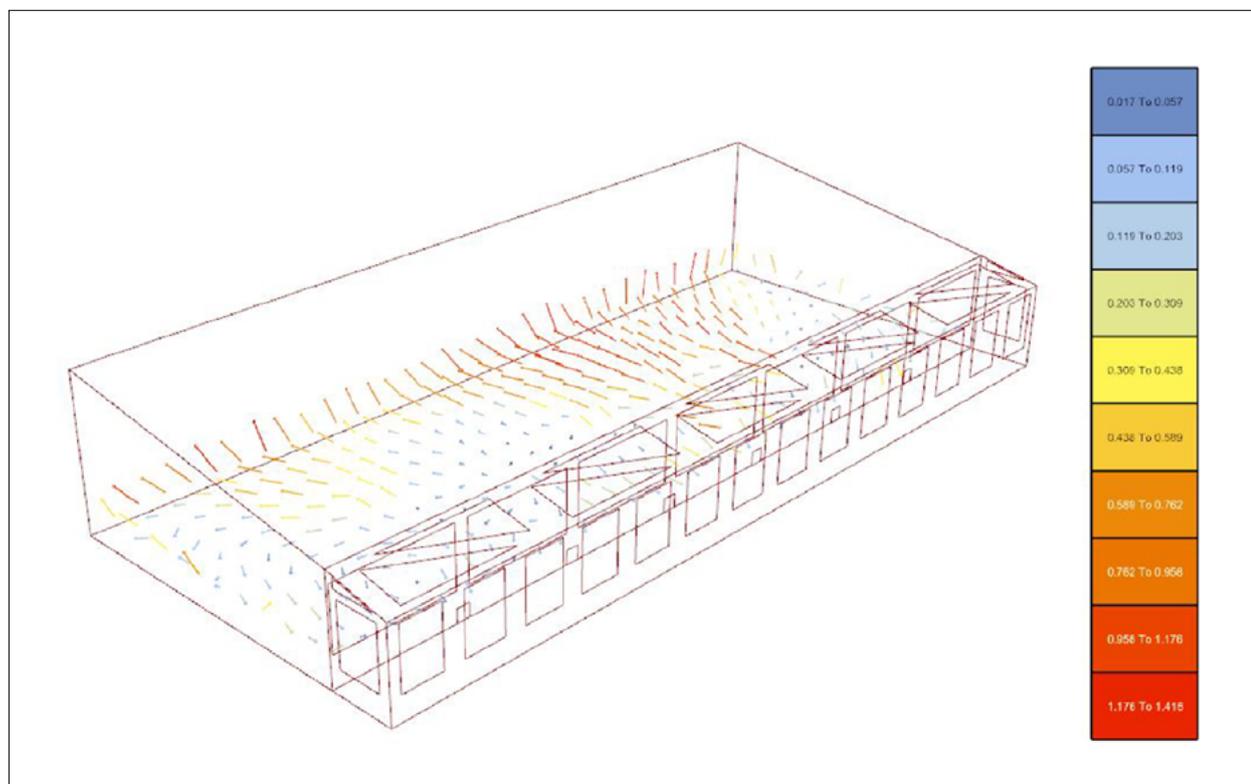


FIG 8. 2. 2. 3\_ SIMULAZIONE DEL FLUSSO D'ARIA CON IMPIANTO \_ INLET : 2M/S

Le velocità variano tra 1.4m/s nelle vicinanze delle bocchette, a quasi statico al centro di alcuni vortici al centro della stanza.

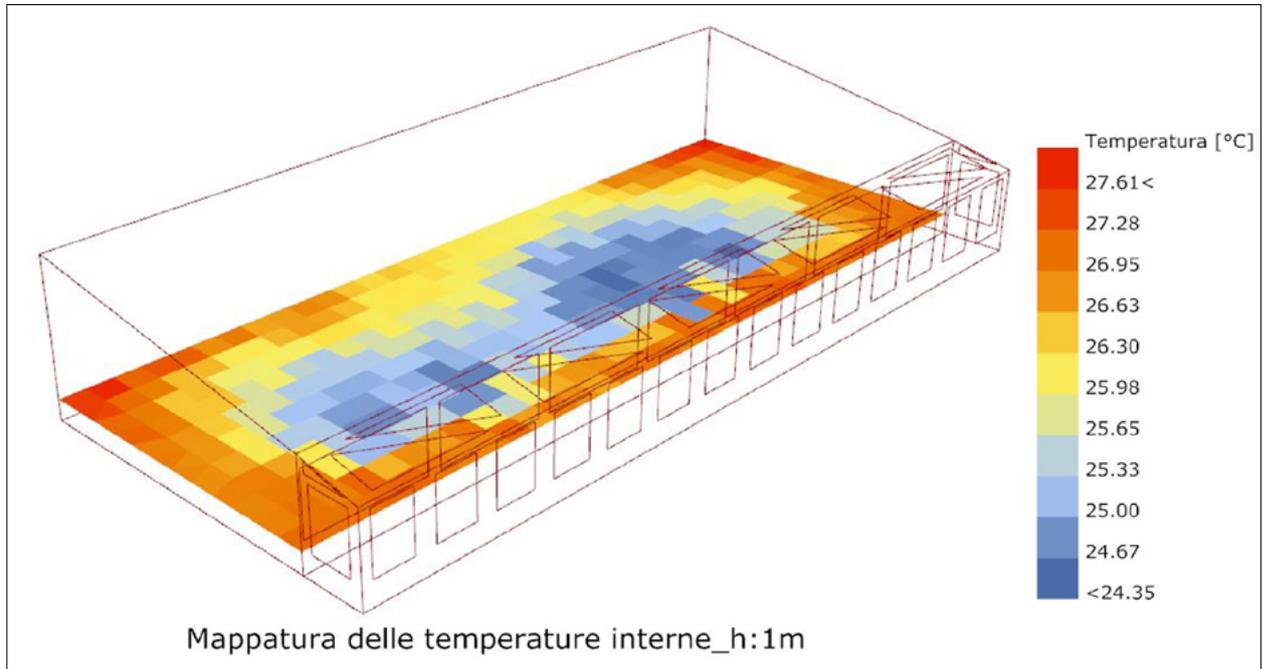
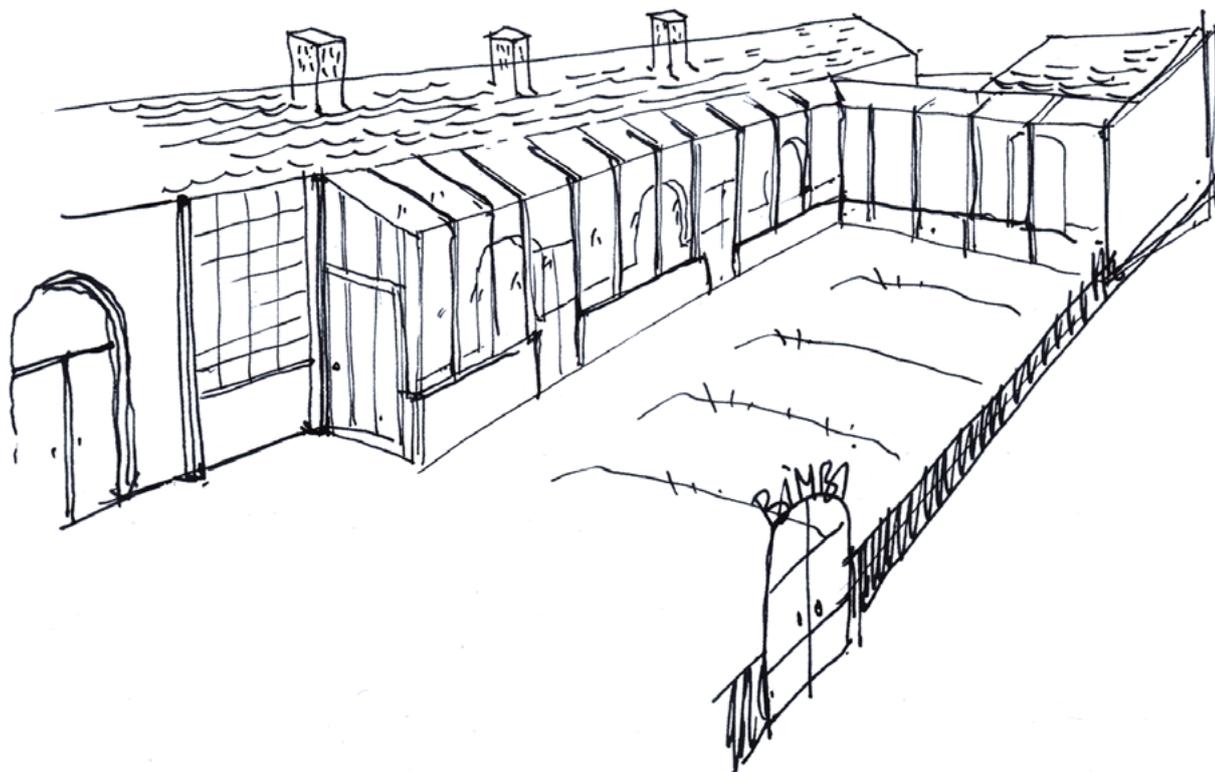


FIG 8. 2. 2. 4\_ SIMULAZIONE DELLE TEMPERATURE INTERNE \_ INLET : 2M/S

Le temperature scendono considerevolmente con questa tecnologia d'impianto passivo. Si nota che l'aria miscelata è più fresca al centro della stanza.

La correlazione principale da concludere tra le due simulazioni precedenti è che la temperatura più bassa si misura laddove il moto dell'aria è massimo e unidirezionale. Si nota anche che l'aria calda si sposta verso i camini del tetto, leccando la parete opposta.

## 8. 3. SERRA



### 8.3.1. SCRIPTING

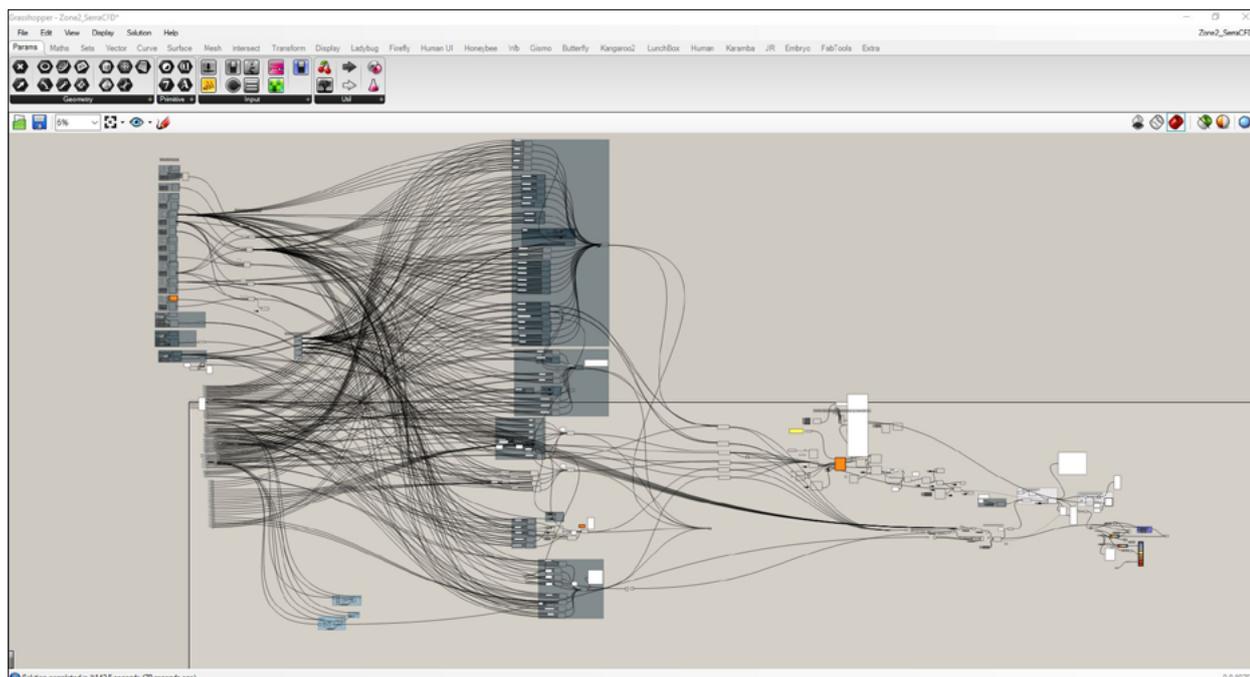


FIG 8. 3. 1. 2. 1\_ SCRIPT GRASSHOPPER PER COMPUTAZIONE TERMICA DELLA SERRA

Si è cercato di presentare l'insieme dello script anche se non si riesce ad identificare i componenti. Si voleva presentare una visione d'insieme piuttosto che descrivere tutto il processo anche esso, abbastanza simile alla gestione del muro Trombe.

Ci sono comunque per ogni caso delle faccende che talvolta sono sottili da risolvere. Ogni forma ha una particolarità geometrica, che bisogna andare a decostruire fino alla risoluzione del problema, e ricostituire l'insieme. E' per quello che si lo script prende un'ampiezza tale al finale. Siccome si deve tenere conto di ogni particolarità, l'automatizzazione del processo diventa molto fastidiosa se non si è esperto, o quanto meno se non si lavora costantemente sulla scrittura di tali script.

## 8.3.2. RISOLUZIONE DEI PROBLEMI

### 8.3.2.1. «FORME NON CONVESSE»

Il traguardo del plug in HoneyBee è di proprio curare la modellazione secondo la logica di esso. Un volume è composto da superficie costruite in modo concavo. Ciò viene a dire che se una superficie possiede una forma convessa, il software non effettua l'analisi STD. Però non esplicita quale superficie non è corretta.

Una forma concava significa una forma cui la forma non permette di costruire una retta tra due punti qualsiasi del suo contorno.

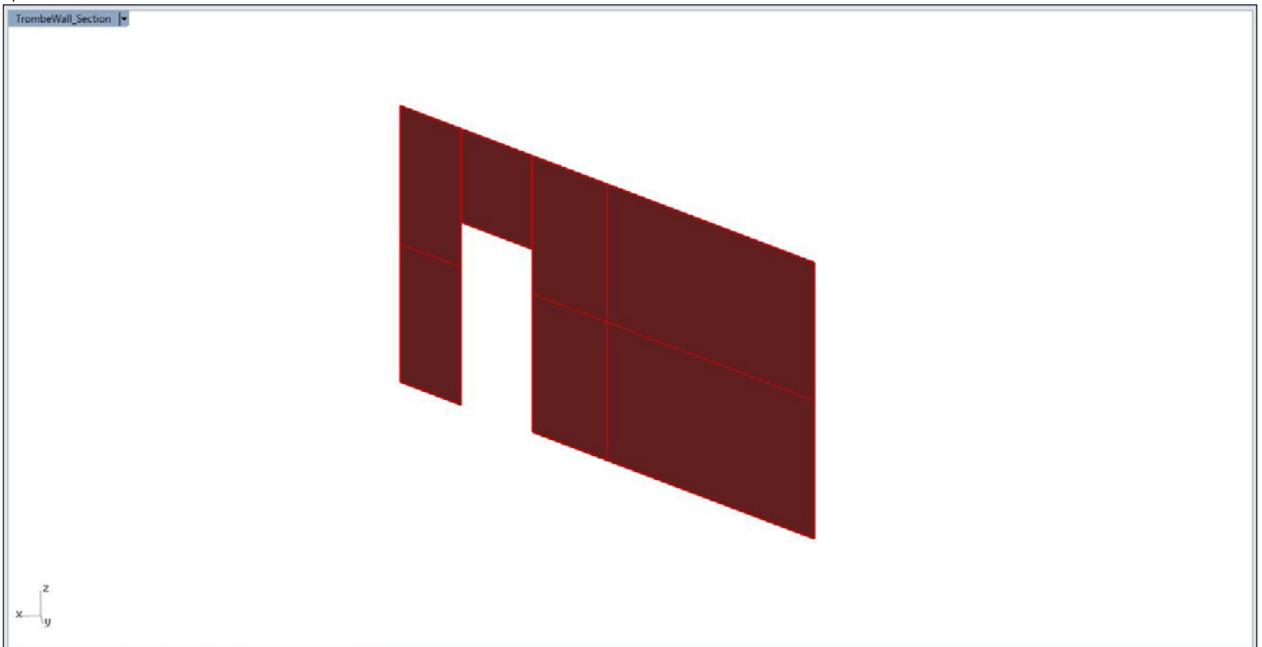


FIG 8.3.2.1.1\_ FORMA NON CONVESSA

Per ritrovare la superficie errata, esiste un componente che permette di isolarla : « Honeybee\_FindNon-Convex».

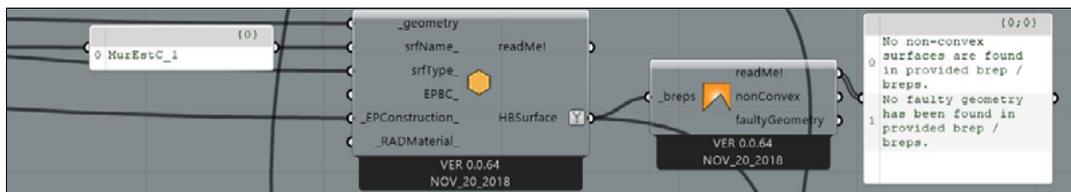


FIG 8. 3. 2. 1. 2\_ RICONOSCIMENTO DI SUPERFICIE NON CONVESSE

Di solito le superficie non-convesse sono le superficie contenente finestre. Malgrado l'uso dei due componenti permettendo di costruire finestre, ossia le « glaze-Ratio» e le «Glaze-Drawing», la superficie opaca restante viene ognitanto considerata come superficie non convessa. In quel caso, uno delle due metodi funzionano rispetto all'altra.

### 8. 3. 2. 2. ZONE TERMICHE CON PARETE INTERNE

Una zona termica è definita di default con un involucro dando verso l'esterno. Invece, per simulare l'effetto di una serra, bsogna creare una partizione tra due zone termiche separati da una parete interna. Per di più, in questo caso, le finestre aggiungono una complessità alla risoluzione del problema.

Esiste il componente « HoneyyBee\_SetEPZonelInterior» che propone di inserire una o diverse partizioni come interne.

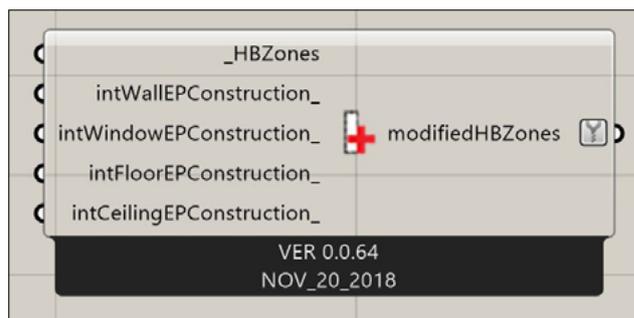


FIG 8. 3. 2. 2. 1\_ CREARE PARTIZIONE INTERNA

### 8. 3. 3. RISULTATI

#### 8. 3. 3. 1. INVERNO

Lo scopo di dividere in quattro parti il giorno medio del periodo invernale permette di comprendere in dettaglio il comportamento della serra sul volume della manica del cortile.

Tempi per ogni simulazione : 5 min

Lo studio è stato programmato per tutto il periodo invernale, dalle ore 6 del mattino, fino a mezzo giorno. Gli alberi a Est rappresentano una maschera di ombreggiamento importante. Per la simulazione, sono stati rappresentati con 3 Brep esagonali, di altezza circa 15m e raggio 4m.

La loro presenza è importante. Sono stati fatti simulazione con e senza a fine di capire il loro ruolo. Il pomeriggio è stimato da mezzogiorno fino alle 18. In questo periodo, il sole intercetta direttamente il tetto della serra.

La sera invece viaggia dall 18 fino a mezzanotte. Durante l'inverno, non c'è più il sole. Però è interessante capire se il riscaldamento successo durante il giorno luminoso è conservato nel volume della manica. Scomettando che la serra sia abbastanza isolata.

La fascia orario notturna riflette l'idea dell'inerzia termica interna dell'edificio. Il suo scopo è di capire quanto bisogna scaldare il volume per la mattina successiva.

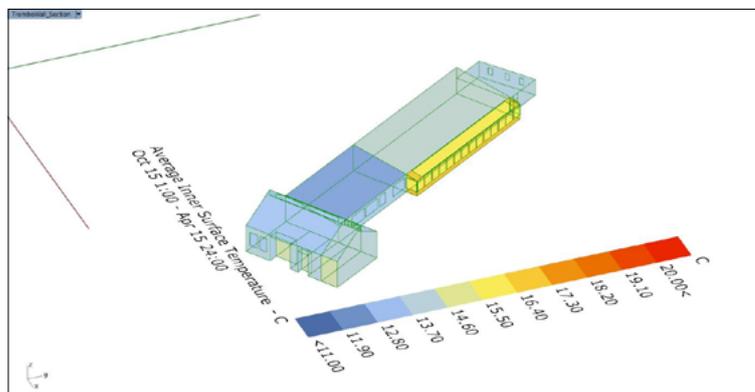


FIG 8. 3. 3. 1. 1\_ TEMPERATURA INTERNA SUPERFICIALE SENZA ISOLAMENTO\_ INVERNO

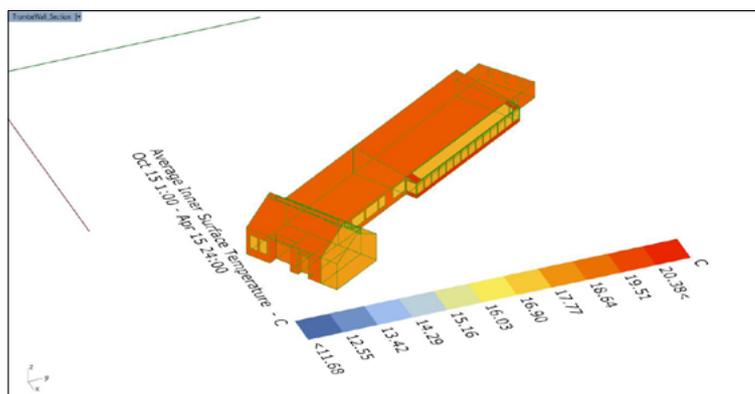


FIG 8. 3. 3. 1. 2\_ TEMPERATURA INTERNA SUPERFICIALE CON ISOLAMENTO\_ INVERNO

Si è cercato di confrontare le stesse condizioni d'intorno, per il volume coibentato e non. Il motivo è di capire quanto si efficiente la serra a Est di un volume.

Facendo una simulazione per un giorno particolarmente freddo, si è verificato durante la giornata ( in presenza del sole, senza nuvole ) questa mappatura delle temperature. Si è tenuto in conto pero, dell'impianto di riscaldamento presentato nel prossimo punto dello studio.

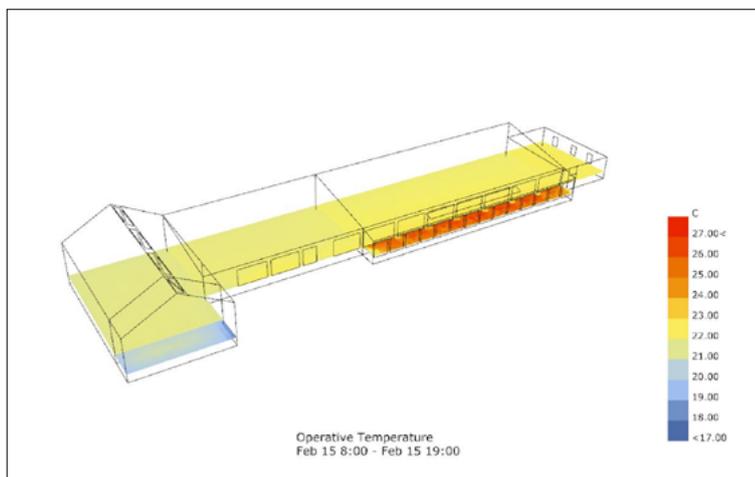


FIG 8. 3. 3. 1. 3\_ MAPPATURA DELLE TEMPERATURE PER LA GIORNATA DEL 15 FEBBRAIO

### 8. 3. 3. 2. ESTATE

Lo scopo di dividere in quattro parti il giorno medio del periodo invernale permette di comprendere in dettaglio il comportamento della serra sul volume della manica del cortile.

Tempi per ogni simulazione : 5 min

Lo studio è stato programmato per tutto il periodo invernale, dalle ore 6 del mattino, fino a mezzo giorno. Gli alberi a Est rappresentano una maschera di ombreggiamento importante. Per la simulazione, sono stati rappresentati con 3 Brep esagonali, di altezza circa 15m e raggio 4m.

La loro presenza è importante. Sono stati fatti simulazione con e senza a fine di capire il loro ruolo. Il pomeriggio è stimato da mezzogiorno fino alle 18. In questo periodo, il sole intercetta direttamente il tetto della serra.

La sera invece viaggia dall 18 fino a mezzanotte. Durante l'inverno, non c'è più il sole. Però è interessante capire se il riscaldamento successo durante il giorno luminoso è conservato nel volume della manica. Scomettando che la serra sia abbastanza isolata.

La fascia orario notturna riflette l'idea dell'inerzia termica interna dell'edificio. Il suo scopo è di capire quanto bisogna scaldare il volume per la mattina successiva.

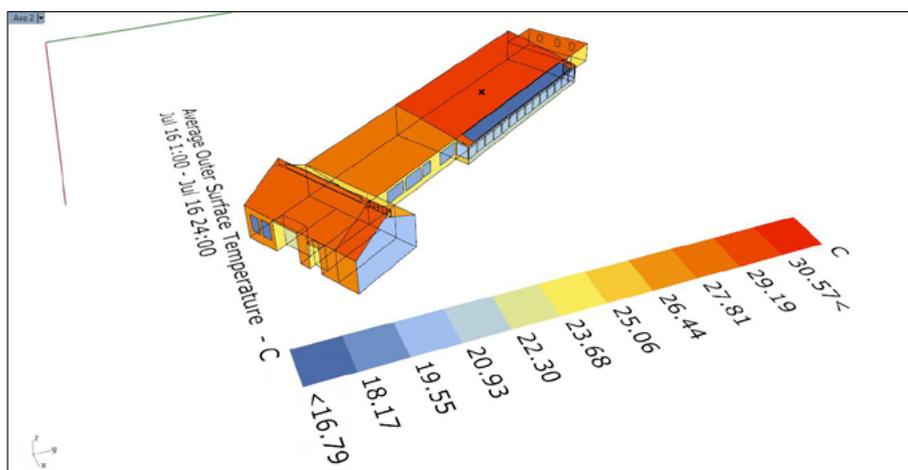


FIG 8. 3. 3. 2. 1\_ TEMPERATURA INTERNA SUPERFICIALE SENZA ISOLAMENTO\_ 16 LUGLIO

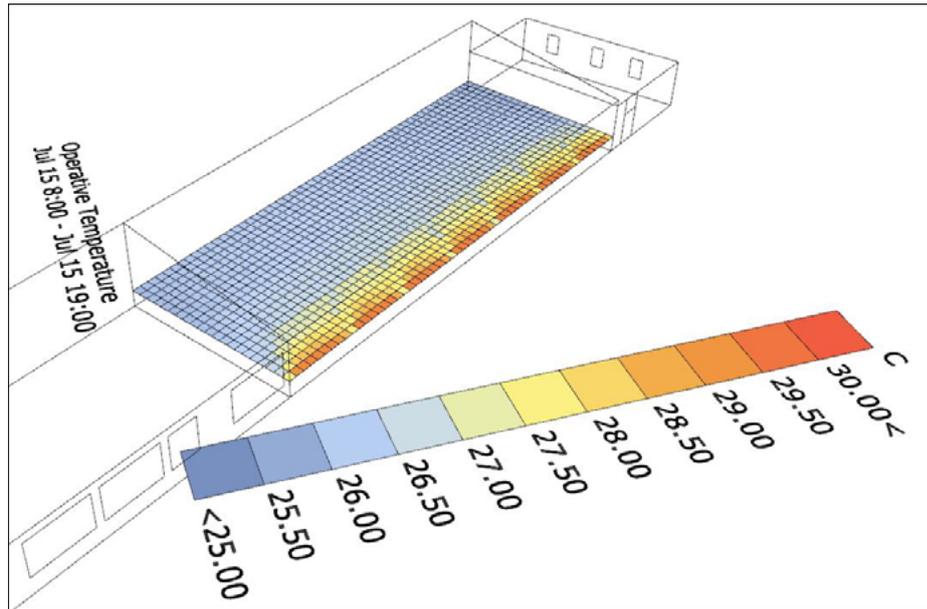


FIG 8. 3. 3. 2\_ TEMPERATURA OPERATIVA SENZA SERRA\_ 16 LUGLIO

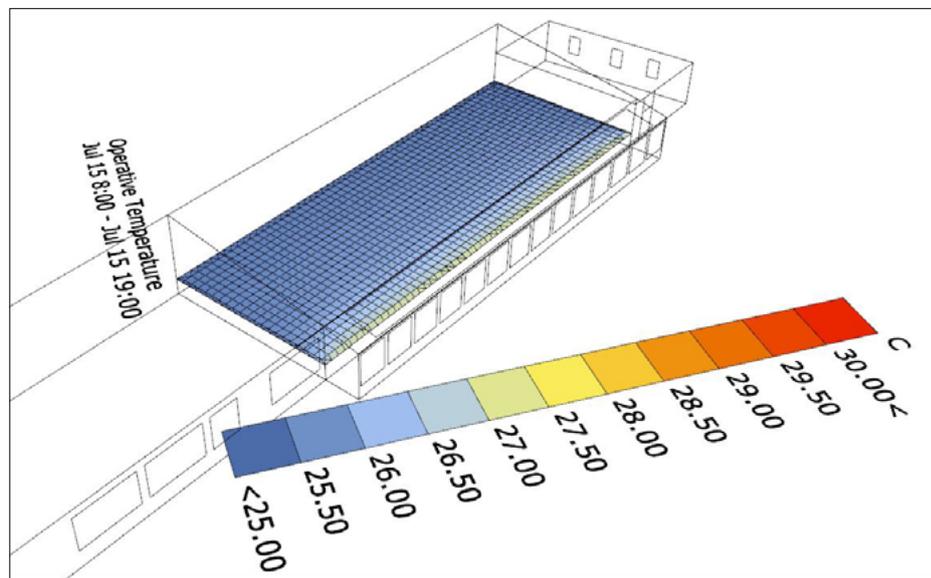


FIG 8. 3. 3. 2. 3\_ TEMPERATURA OPERATIVA CON SERRA\_ 16 LUGLIO

Le due simulazioni precedenti fanno capire quanto sia importante la serra ventilata d'estate, a condizione di aprire le finestre tra l'interno e la serra. Le temperature scende di circa 4°C.

## 8. 4. TERMOCOMPOST

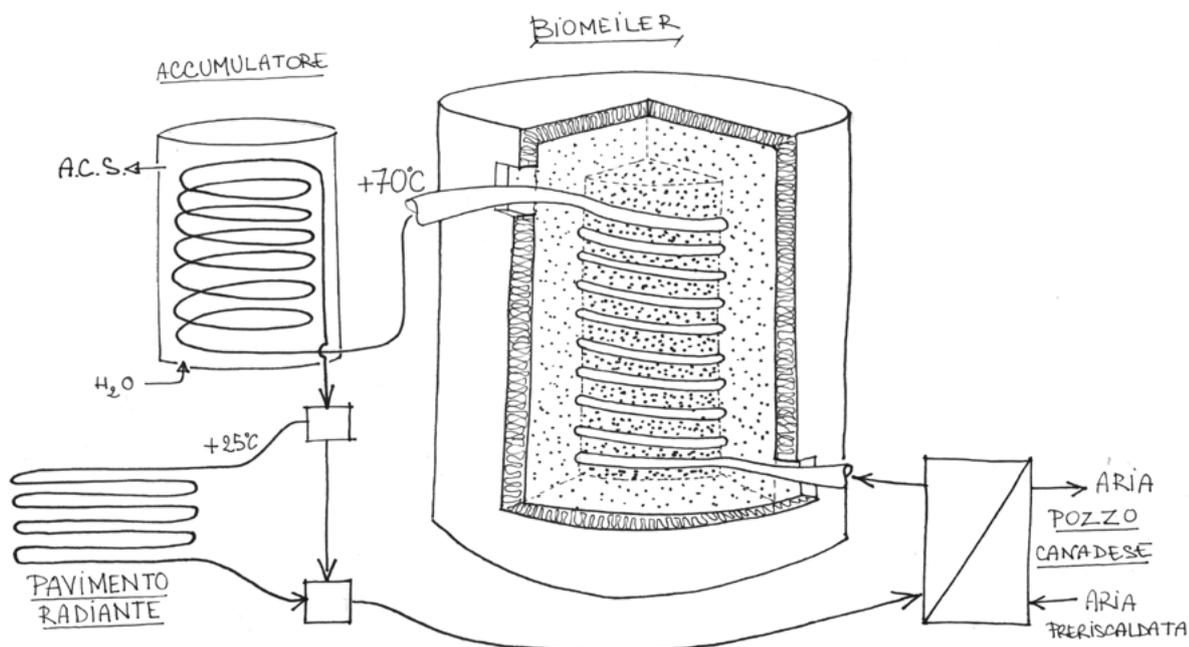


FIG 8. 4. 3. 2. 1\_ SCHEMA DEL FUNZIONAMENTO DEL BIOMEILER NEL PROGETTO (ARTHUR BOHN)

Lo sviluppo progettuale che segue è stato ispirato da una tesi di laurea magistrale in Ingegneria per l'ambiente e il territorio, di Rubens Pistocchi <sup>[1]</sup>. Tratta del dimensionamento di un impianto di termocompost per il giardino botanico di Bologna.

Round Base - these are just some examples							
Diameter	Height	Area	Layers	Volume	Energy output		
m	m	m <sup>2</sup>		m <sup>3</sup>	kW		
4	2.1	13	2	20	1.1		
5	2.8	20	3	40	2.6		
6	2.8	28	3	60	4.2		
7	3.5	37	4	100	7.9		
8	3.5	50	4	145	11.3		
Rectangular Base - these are just some examples							
Length	Width	Area	Height	Layers	Volume	Energy output	
m	m	m <sup>2</sup>	m		m <sup>3</sup>	kW	
4	3	12	2.1	2	22	0.9	
5	4	20	2.8	3	50	2.5	
6	5	30	2.8	3	77	4.5	
7	5	35	3.5	4	110	6.5	
8	5	40	3.5	4	125	7.8	

FIG 8. 4. 3. 2. 2\_ TABELLA DI PREDIMENSIONAMENTO DI UN BIOMEILER

1 [https://amslaurea.unibo.it/15043/1/Tesi\\_Rubens\\_Pistocchi.pdf](https://amslaurea.unibo.it/15043/1/Tesi_Rubens_Pistocchi.pdf)

### 8.4.1. CALCOLI DI PROGETTAZIONE

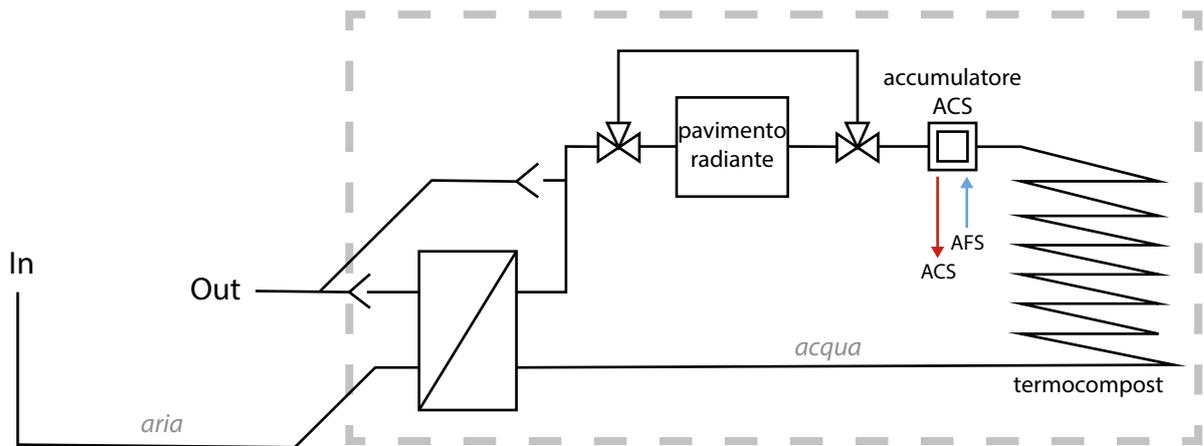


FIG 8. 4. 1. 2. 1\_ SCHEMA FUNZIONALE DEL PROGETTO DI BIOMEILER ASSISTITO DEL POZZO CANCADESE

#### 8. 4. 1. 1. DATI D'INGRESSO

- TUBATURA

Si considera un impianto di termocompost avente un volume cilindrico di diametro 4m, altezza 3m, e di cui la temperatura interna

Calcolo della portata in funzione della prevalenza della pompa e del diametro della tubazione<sup>[1]</sup>

TUBATURA ( PE )							
PASSO	LUNGHEZZA	RAGGIO INTERNO	RAGGIO ESTERNO	CONDUCIBILITÀ TERMICA	SCABREZZA	PORTATA	
D	L'	R(I)	R(EXT)	K	E	M°	
[M]	[M]	[M]	[M]	[W/mK]	[-]	[L/s]	[M3/s]
0,1	160,2	0,03	0,035	0,3	150	0,53	0,001

FIG 8. 4. 1. 1. 1\_ TABELLA DI PREDIMENSIONAMENTO DELLA TUBATURA

1 <http://fabrizio.zellini.org/portata-di-acqua-da-un-tubo?lunghezza=100&c=140>

• IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO

Si progetta con una tubatura in polietilene di spessore 5mm, con un diametro interno di 30mm.

IMPIANTO										
ALTEZZA	DIAMETRO	LARGHEZZA	LUNGHEZZA	VOLUME	TEMPERATURA DI COMPOSTAGGIO		TEMPERATURA INGRESSO H <sub>2</sub> O		PREVALENZA RELATIVA DELLA POMPA	
H	D	L	L	V	T <sub>c</sub>		T <sub>sup</sub>		H'	
[M]	[M]	[M]	[M]	[M <sup>3</sup> ]	[°C]	[K]	[°C]	[K]	[MCA]	[BAR]
2,5	4	0	0	31,416	55	328	7,3	280,3	2,5	0,25

FIG 8. 4. 1. 1. 2\_ TABELLA DELLE PROPRIETA DELL'IMPIANTO DI TERMOCOMPOST

FLUIDO ( ACQUA )	
CALORE SPECIFICO	DENSITA
C <sub>p</sub>	RHO
[J/KG.K]	[KG/M <sup>3</sup> ]
4186	1000

FIG 8. 4. 1. 1. 3\_ TABELLA DELLE PROPRIETA DEL FLUIDO TERMOVETTORE

8. 4. 1. 2. CALCOLO DELLA TEMPERATURA DI USCITA

Si va a calcolare la temperatura uscente, che sarà convogliata ai pannelli radianti.

$$P = \frac{(T_c - T_{sup})}{R}$$

Dove :

- P : Potenza termica scambiata tra il fluido e il cippato in fermentazione
- T<sub>c</sub> : Temperatura media della fermentazione
- T<sub>sup</sub> : Temperatura d'ingresso dell'acqua preriscaldata
- R : Resistenza termica della tubatura in polietilene

$$R = \frac{\ln\left(\frac{r_{ext}}{r_{int}}\right)}{(2 * \pi * L * k)}$$

Dove :

- k : Conducibilità termica del polietilene ( k=0.3W/mK )

Il passo successivo è di calcolare la temperatura in uscita del termocompost. Questa è la temperatura d'ingresso verso l'accumulatore di acqua calda sanitaria. Quest'ultimo scambia calore fino a raggiungere 45°C. L'eccesso viene condotto nella rete del pavimento radiante, quale bisogno non supera 26°C.

$$T_{out} = T_{in} - \frac{P}{\dot{m} * C_p}$$

Dove :

- Tout : Temperatura d'uscita dell'acqua [K]
- m° : Portata in massa del fluido [kg/s]
- Cp : Calore specifico dell'acqua [J/kgK]

L'equazione qui sopra viene dalla formula generale qui sotto :

$$P = \dot{m} * C_p * (T_{out} - T_{in})$$

Dove la portata in massa del fluido è calcolata come segue :

$$\dot{m} = \rho * v * (\pi * r_{int}^2)$$

dove :

- rho : densità dell'acqua
- v : velocità dell'acqua

La velocità del fluido viene anticipatamente calcolato con questa formula :

$$Q = 0.785 * v * D^2$$

Per quanto riguarda la portata in L/s, si può ricavare da tabelle di schede, come specificato prima. Si parte dal presupposto che ci sono solo perdite di carico distribuite equivalente alla quota altimetrica del cumulo. Quindi si dimensiona la pompa per la prevalenza uguale a h=2.5m. Si usa la formula di Hazen-Williams per il calcolo della portata.

$$Q = 0.849 * A * c * R_h^{0.63} * J^{0.54}$$

Qui sotto si recapitolano i diversi risultati, tra cui la temperatura uscente del termocompost.

RESISTENZA TERMICA DELLA TUBATURA	POTENZA TERMICA		VELOCITÀ DEL FLUIDO	PORTATA MASSICA	TEMPERATURA USCENTE	
R	P		v	Q	T (OUT)	
[K/W]	[W]	[kW]	[m/s]	[kg/s]	[°C]	[K]
0,0006	79012	79.01	0,62	0,44	50,18	323,18

Secondo la manualistica CALEFFI, la velocità del fluido corrisponde alla velocità nelle tubazione di distribuzione (tra 0.2 e 0.7 m/s).<sup>[1]</sup>

Si cerca di apprezzare o meno l'efficienza del pavimento radiante su tutto il pavimento della manica lunga.

Secondo letteratura di buona approssimazione<sup>[2]</sup>, un edificio necessita di circa 0.03kW/m<sup>3</sup>per una coibentazione molto performante. Avendo il volume della zona termica 2 uguale a 3250m<sup>3</sup>, si deduce una potenza richiesta di 100kW. Il sistema del termocompost produce 93kW. La differenza è piccola e quindi per questo esercizio si concluderà qui. Tuttavia, bisognerebbe proporre una caldaia d'appoggio per i giorni più freddi dell'anno.

## 8.4.2. SIMULAZIONI

Si procederà in prima battuta alla simulazione termodinamica del volume senza nessun condizionamento. In seconda battuta, si presenteranno i risultati scegliendo come valore di temperatura d'uscita a 30°C.

### 8.4.2.1. SENZA IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

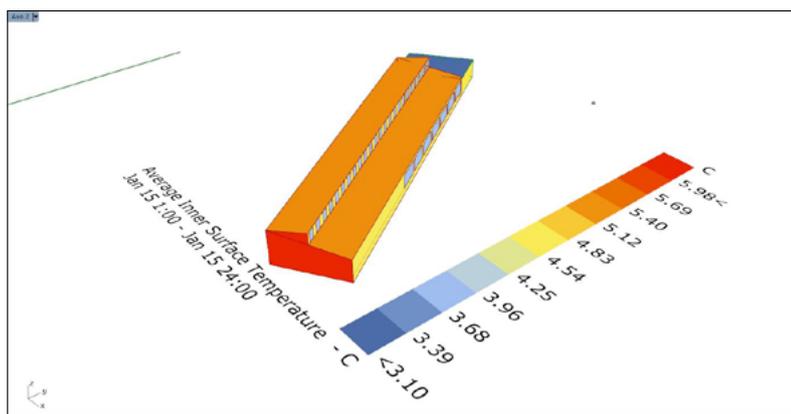


FIG 8. 4. 2. 1. 1\_ SIMULAZIONE DELLE TEMPERATURA SUPERFICIALI INTERNE \_ SENZA RISCALDAMENTO

L'illustrazione qui sopra rappresenta i valori di temperatura superficiali media di ciascun elemento dell'involucro.

1 [https://www.caleffi.com/sites/default/files/file/quaderno\\_1\\_it.pdf](https://www.caleffi.com/sites/default/files/file/quaderno_1_it.pdf)

2 <http://www.caldaiaacondensazione.it/articoli/tecnica/caldaia-a-condensazione-la-potenza-necessaria>

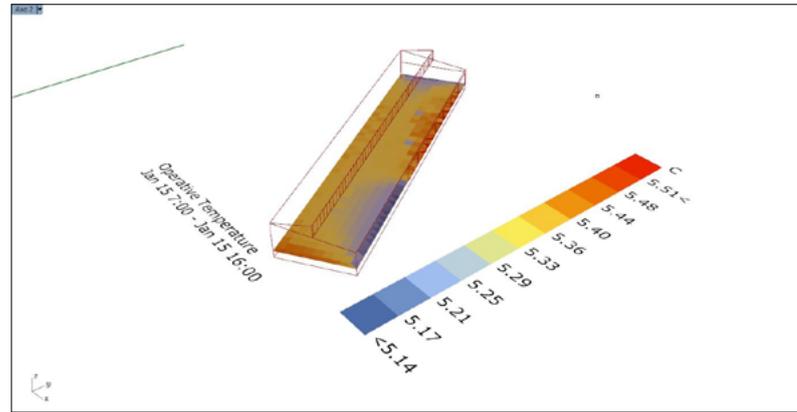


FIG 8. 4. 2. 1. 2\_ SIMULAZIONE DELLE TEMPERATURA OPERATIVE INTERNE \_ SENZA RISCALDAMENTO

La mappatura delle temperature operative qui sopra sta ad indicare quanto influenti sono gli elementi d'involucro. Si nota che la serra ripara un minimo la zone interna collocata. La parte non riparata dalla serra percepisce invece il freddo in modo piu diretto.

#### 8. 4. 2. 2. CON IMPIANTO DI RISCALDAMENTO

Si assume una temperatura di riscaldamento a pavimento di  $28^{\circ}\text{C}$  su tutta la superficie del pavimento. Per la simulazione, si prenderà in considerazione soltanto il volume della manica su cortile, in quanto la potenza di calcolo non permetteva di calcolare oltre.

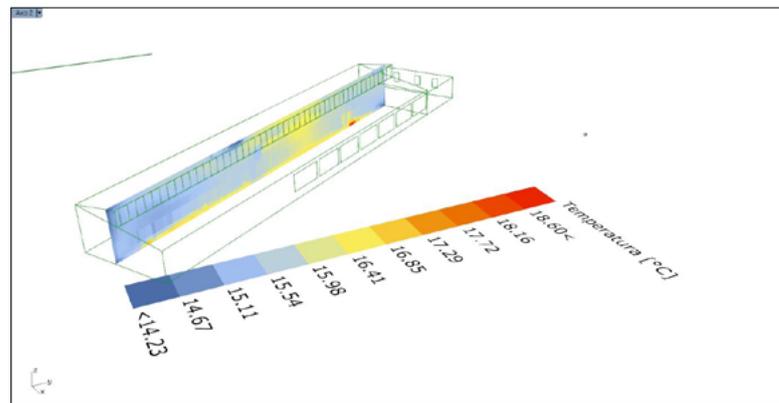


FIG 8. 4. 2. 2. 1\_ SIMULAZIONE DELLE TEMPERATURA OPERATIVE INTERNE \_ CON RISCALDAMENTO

Il risultato fa uscire una temperatura dell'aria prossima a  $15^{\circ}\text{C}$ , ma questo non è uno stato stazionario, in quanto è si tratta di un analisi in Computational Fluid Dynamics. Le iterazioni hanno cercato di raggiungere ad una situazione stabile, ma il tempo di calcolo oltrepassava un giorno. Se avessimo lasciato il software processare con una quantità di iterazioni maggiori, probabilmente la temperatura si sarebbe alzata e bilanciata con le dispersioni termiche dell'involucro.

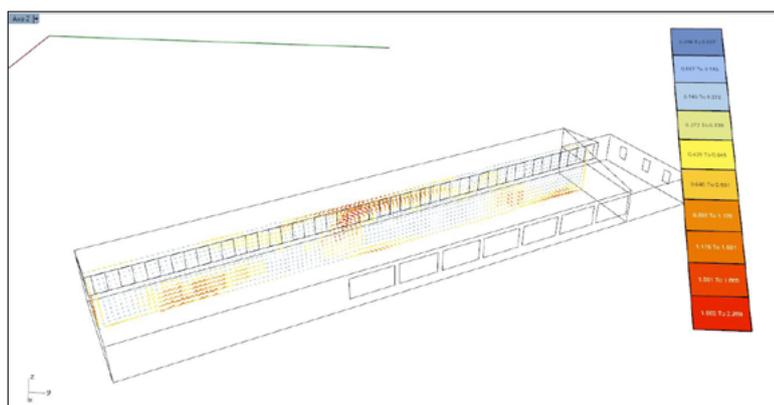


FIG 8. 4. 2. 2\_ SIMULAZIONE DEL MOTO DELL'ARIA \_ CON RISCALDAMENTO

Si è poi fatto una simulazione del riscaldamento in STD- Si è preso il giorno più freddo per capire se il pavimento fosse sufficiente in regime stazionario.

Il tempo di simulazione è di circa 1 ora. La prima mezzora impiega tutti i processori del computer. Poi avviene la saturazione di memoria viva per l'altra mezzora.

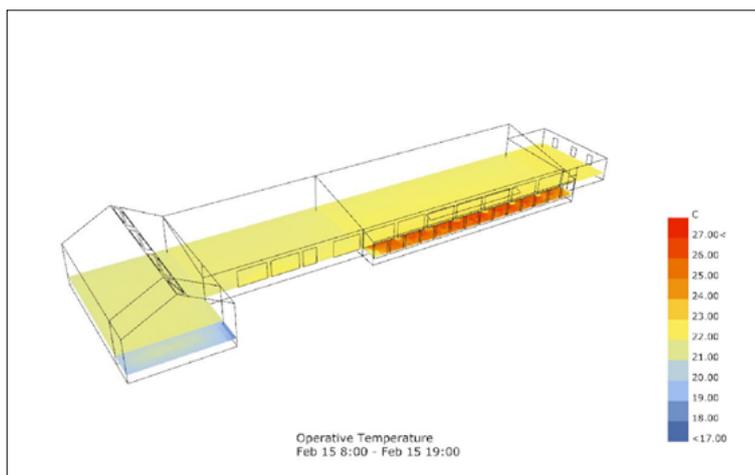


FIG 8. 4. 2. 3\_ SIMULAZIONE DTERMICO DINAMICA \_ CON RISCALDAMENTO

Si nota che il riscaldamento a pavimento è sufficiente con una temperatura d'uscita del termocompost di 50°C. In effetti, il calcolo tiene conto della temperatura d'uscita del generatore. Le perdite termiche del generatore, del sistema di distribuzione, di regolazione e di erogazione sono comprese all'interno del calcolo.

Si può assumere quindi che per le condizioni inserite, risulti verosimilmente questa composizione del microclima.

### 8.4.3. USO PER L'ACS

«Negli impianti d'acqua calda sanitaria centralizzati il rischio di colonizzazione e crescita di Legionella può essere minimizzato mantenendo costantemente la temperatura di distribuzione dell'acqua al di sopra di 50°C.»<sup>[1]</sup>

Dopo esser passato nella pavimentazione, il fluido avrà perso 10°C e sarà al ritorno a 30°C. L'energia ancora incorporata può essere utile per il preriscaldamento dell'acqua fredda. Ovviamente, non basterà, e per questo motivo, ci deve essere un altro impianto per poter garantire il salto termico da raggiungere a fine di allontanarsi dai rischi di legionella.

Avremo quindi :

$$P_{termocompost} = 0.68 * 4186 * (30 - 20) = 28.5kW$$

con la portata massica calcolata dal dimensionamento del termocompost :  $m = 0.68 \text{ kg/s}$ ,  
e :

$$P_{caldaia} = \frac{80L}{2 * 60} * 4186 * (60 - 20) = 111kW$$

La portata massica della caldaia deve essere il volume dell'accumulatore diviso due ore di preriscaldamento, convertito in secondi.

Servirà quindi un caldaia a gas per sostenere il fabbisogno in ACS. Tuttavia, il risparmio energetico annuo sale a :  $28.5 * 2 * 365 = 20805kWh$  . Ossia, a livello economico, circa 2000 € ( con 0.1€/kWh ).

### 8.4.4. DIMENSIONAMENTO DELL'ACCUMULATORE

Dal prospetto G.2 della UNI 9182, si ricava il volume dell'accumulatore per tale fabbisogno :

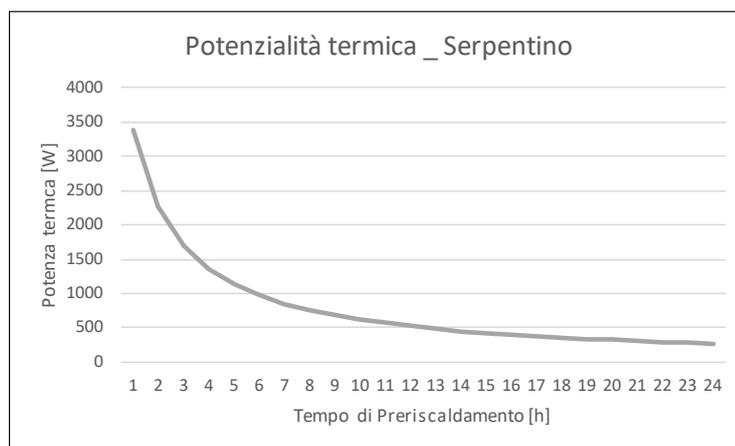
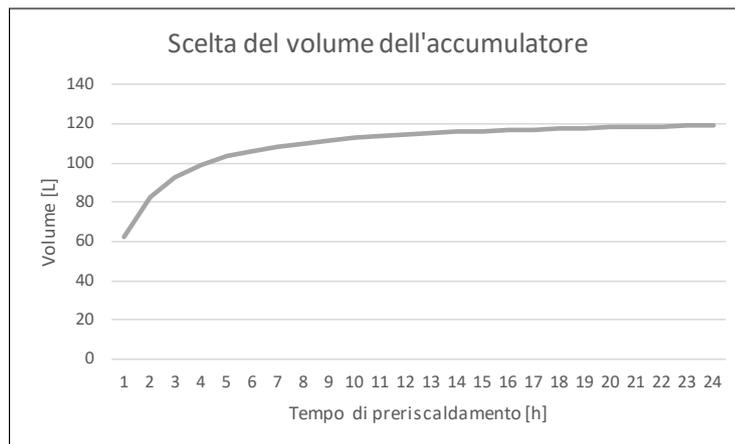
$$V_c = \frac{q_M * d_p * (T_m - T_f)}{d_p + P_r} * \frac{P_r}{T_c - T_f}$$

dove :

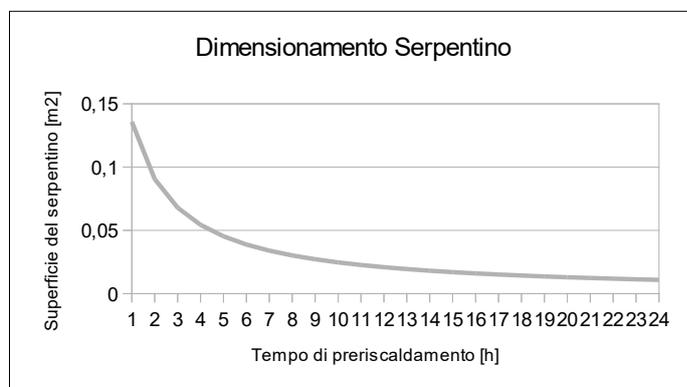
G.1	Dati di base per il dimensionamento
	Si considerano i dati seguenti:
	- il consumo orario, in litri/ora, di acqua calda $q_M$ alla temperatura $T_m$ nel periodo di punta $d_p$ considerato;
	- la durata in ore del periodo di punta $d_p$ ;
	- la durata in ore del periodo di preriscaldamento $P_r$ dell'acqua contenuta nel serbatoio di accumulo;
	- i valori della temperatura $T_c$ dell'acqua calda accumulata e dell'acqua fredda $T_f$ in entrata.

<sup>1</sup> [http://www.salute.gov.it/imgs/C\\_17\\_pubblicazioni\\_2362\\_allegato.pdf](http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_2362_allegato.pdf)

Risulta l'andamento qui sotto, permettendo di concludere con un accumulatore di 80L, con un tempo di preriscaldamento di 2 ore.



La potenza richiesta è di 2.26 kW, è relativamente poco, ma è normale visto il debole fabbisogno in ACS del progetto. Si prosegue comunque a calcolare la superficie del serpentino dell'accumulatore.



Il serpentino dell'accumulatore deve superiore a 0.1m<sup>2</sup>. Non serve quindi andare oltre nel calcolo, visto che la superficie minima del serpentino è raggiunta da qualsiasi accumulatore in commercio.

## 8. 5. PANNELLI SOLARI - ISOLATED GAIN

La scelta progettuale dei pannelli solari viene dalla grande superficie in copertura, rivolta verso Sud e con un'inclinazione ottimale di 30° per la latitudine di Torino.

Si è evidenziata la dispersione termica della zona termica 1 partendo dalla modellizzazione come illustrato qui sotto. La simulazione permette di evidenziare l'energia dispersa mese per mese con una discretizzazione oraria. Si è quindi andato a derivare secondo il tempo le diverse 8760 valori di ciascun elemento dell'involucro. Ovviamente, il periodo estivo collette valori negativi, significando l'eccesso da estrarre dall'ambiente.

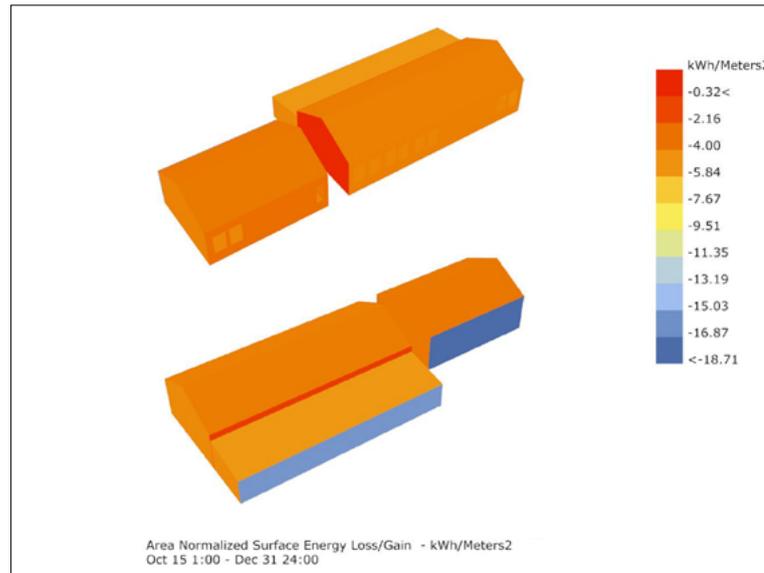


FIG 8. 5. 4. 2. 1\_ ENERGIA DISPERSA PERIODO INVERNALE\_OTTOBRE - GENNAIO

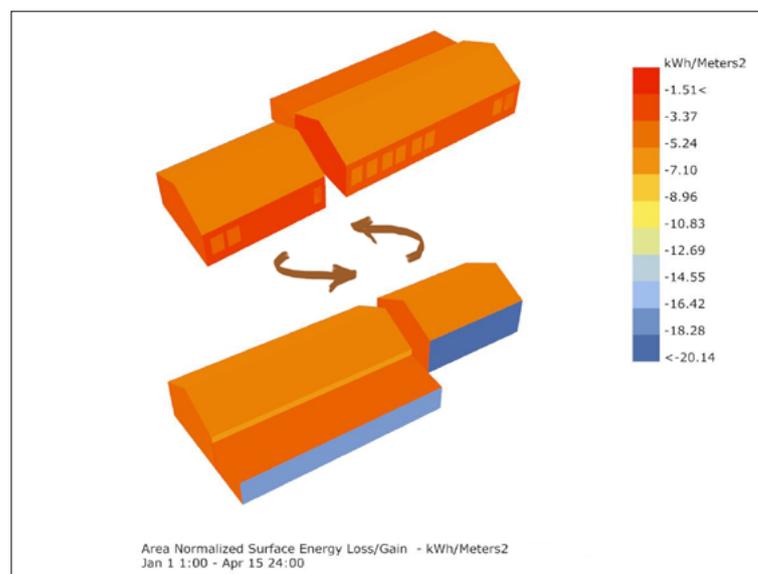


FIG 8. 5. 4. 2. 2\_ ENERGIA DISPERSA PERIODO INVERNALE\_GENNAIO-APRILE

Si sono scelti un modello di pannelli solari piani, vetrati come segue. Il motivo è il rapporto efficienza-prezzo, in effetti, ad oggi, il costo dei pannelli sotto vuoto non permetterebbe di ottenere un rapporto così conveniente per la differenza di temperature ricercata, di un pavimento radiante. Si riporta all'illustrazione che segue.

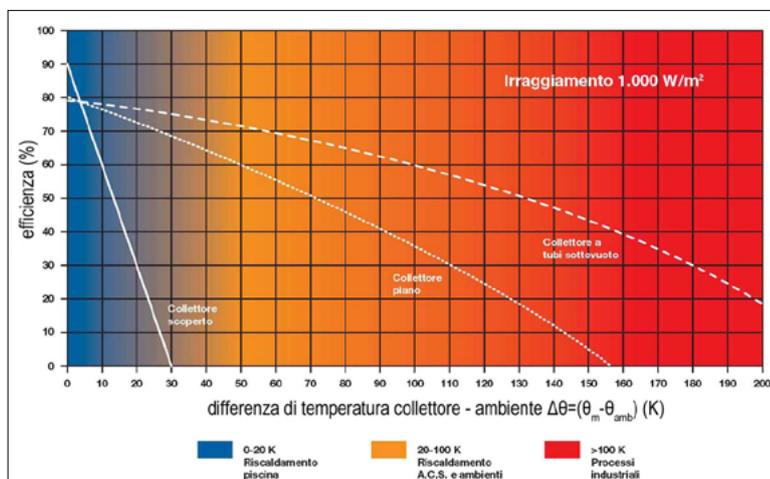


FIG 8. 5. 4. 2\_3\_ RENDIMENTI A SECONDO DELLE TIPOLOGIA DI PANNELLI

Lo scopo è di dimensionare la superficie di pannelli solari. Per questo, si è anche ricavato l'illuminanza ricadente sulla copertura, mese per mese. Il rendimento del pannello viene considerato pari a 75%. L'ultima riga rappresenta la superficie di pannelli solari lordi da installare sulla copertura.

		GENNAIO	FEBBRAIO	MARZO	APRILE	MAGGIO	GIUGNO	LUGLIO	AGOSTO	SETTEMBRE	OTTOBRE	NOVEMBRE	DICEMBRE
DISPERSIONE	[kW]	5,28	4,44	2,94	1,59	0,39	-0,93	-1,59	-1,38	-0,24	1,62	3,36	4,80
TEMPO MENSILE	[h]	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744
PSOL	[kW/m2]	0,087	0,14	0,223	0,282	0,316	0,321	0,351	0,308	0,247	0,16	0,11	0,092
TE	[°C]	0,4	3,2	8,2	12,7	16,7	21,1	23,3	22,6	18,8	12,6	6,8	2
DT=TM-TE	[°C]	34,6	31,8	26,8	22,3	18,3	13,9	11,7	12,4	16,2	22,4	28,2	33
RENDIMENTO PANNELLO	[-]	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
POTENZA SINGOLO PANNELLO	[kW/m2]	0,065	0,105	0,167	0,212	0,237	0,241	0,263	0,231	0,185	0,12	0,083	0,069
SUPERFICIE PANNELLI	[m2]	80,920	42,286	17,578	7,518	1,646	0	0	0	0	13,5	40,727	69,565

Si sceglierà quindi 80m2 di superficie di pannelli solari per raggiungere la potenza richiesta nel mese più freddo. Secondo questa referenza<sup>[1]</sup>, si va ben oltre il 10% della superficie interna da riscaldare, ma il motivo c'è, ed è l'altezza dei volumi da riscaldare. In effetti, questo rapporto viene di solito usato per residenze, con altezze dell'ordine di 2,70m.

1 [http://www.nextville.it/Abitazioni\\_singole/702/IL\\_dimensionamento\\_degli\\_impianti](http://www.nextville.it/Abitazioni_singole/702/IL_dimensionamento_degli_impianti)

Il carico provocato viene calcolato come segue :

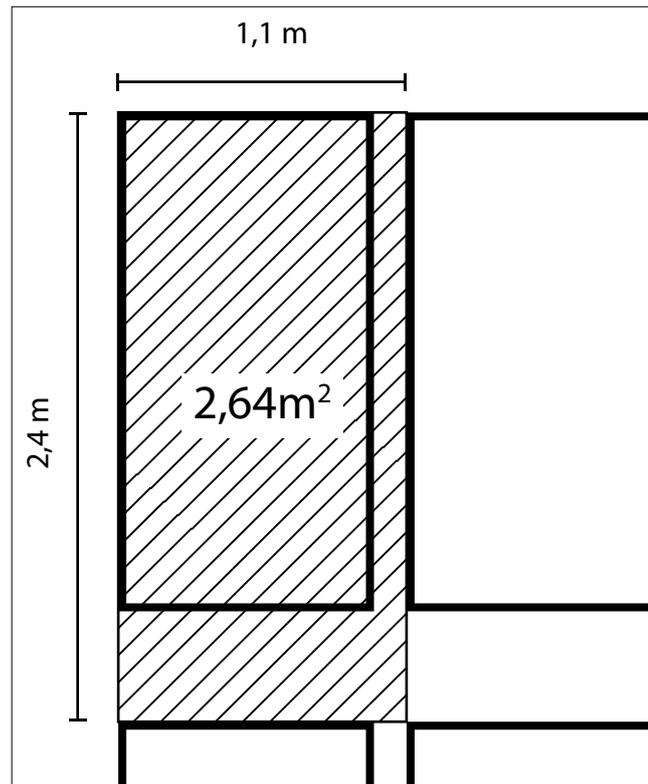


FIG 8. 5. 4. 2. 4\_ DIMENSIONE PANNELLI SOLARI

Si ha quindi, con il peso di un pannello 50kg :

$$Q = \frac{500N}{2,64m^2} = 190 \frac{N}{m^2}$$

La superficie totale vale :

$$A = \frac{80 * 2,64}{2} = 105,6m^2$$

E quindi il carico totale da aggiungere alla copertura è :

$$q = 190 * 105,6 = 20,07kN$$

## 8. 6. AERAZIONE AD IMBUTTO



## 8. 6. 1. SIMULAZIONE DI PROVA

La modellazione sottostante rappresenta la prova effettuata a fine di validare la congruenza della simulazione. I dati di input sono un velocità d'aria dalla parete sinistra. L'imbuto recepisce questa portata e lo covoglia con una velocità superiore. La temperatura legata al cambiamento del flusso è riportata qui sotto.

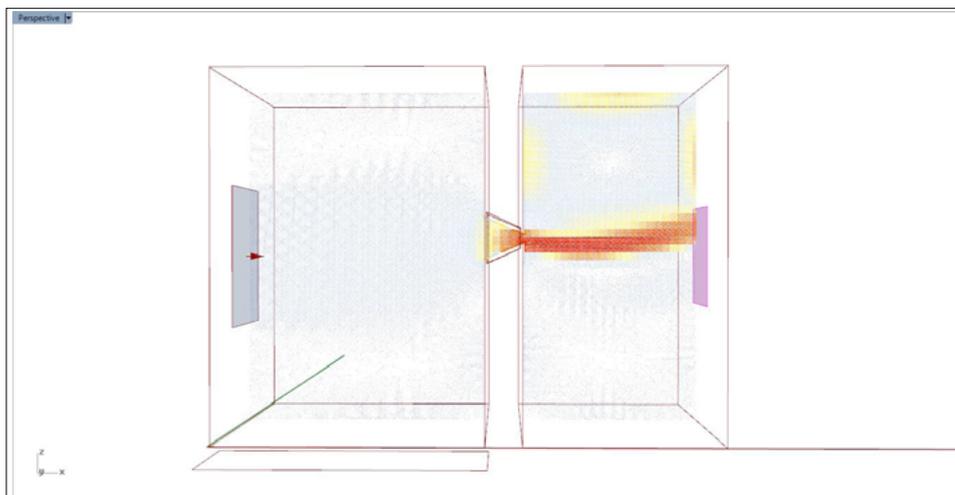


FIG 8. 6. 1. 2. 1\_ SIMULAZIONE DI PROVA

8.6.2. PROCESSO DI PROGETTAZIONE

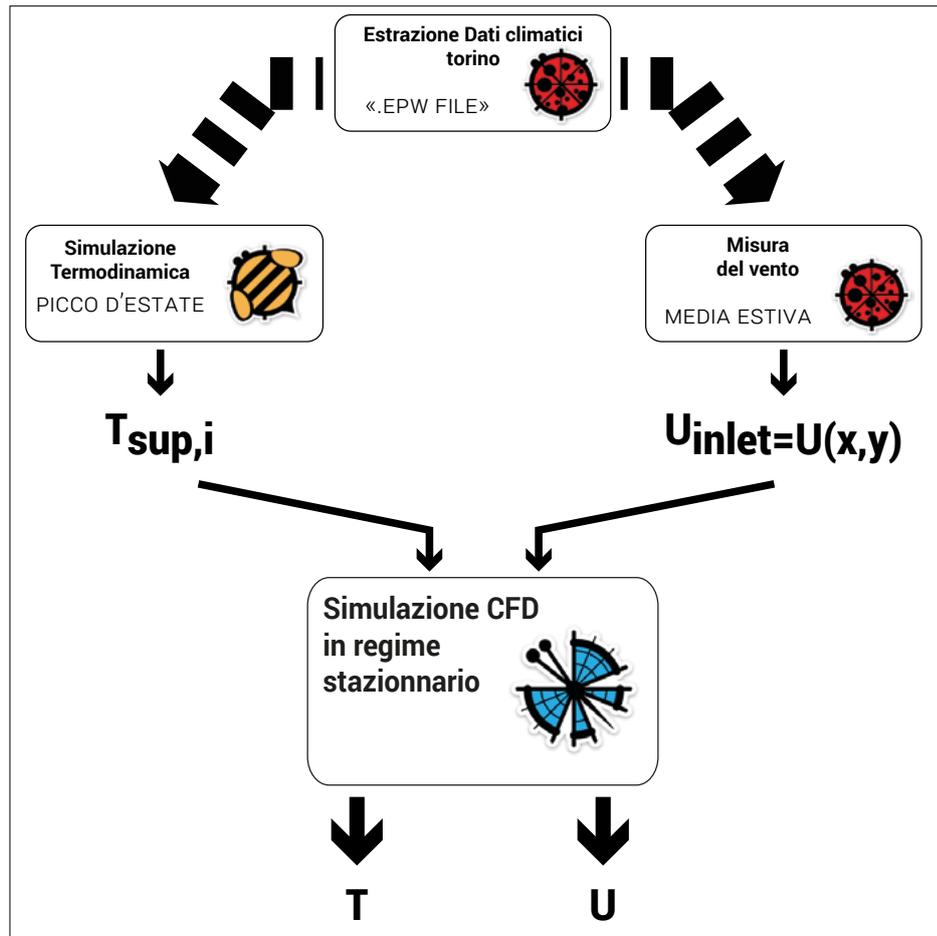


FIG 8. 6. 2. 2. 1\_ SCHEMA DELL'ITER PROGETTUALE PER IL RAFFRESCAMENTO AD IMBUTO

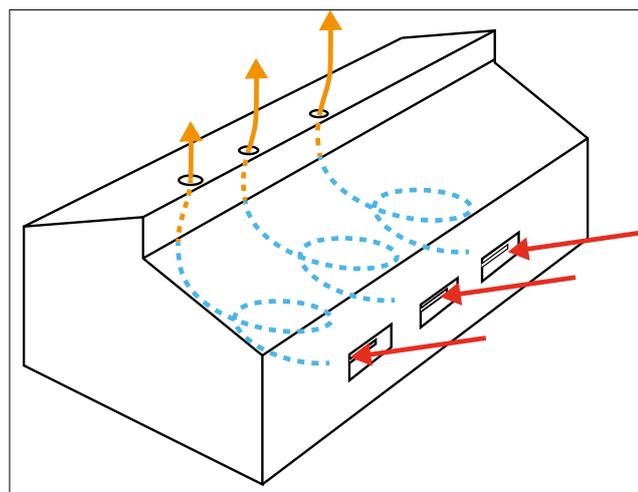


FIG 8. 6. 2. 2. 2\_ SCHEMA DELL'ITER PROGETTUALE PER IL RAFFRESCAMENTO AD IMBUTO

### 8.6.3. SIMULAZIONE STD

Le seguenti simulazioni rappresentano le temperature superficiali misurate dopo l'isolamento di progetto a cappotto interno. Si nota che le temperature sono molto omogenee, ciò significa un bassissimo rischio di condense puntuali dovute al salto termico agli angoli dell'edificio. Tuttavia, le temperature sono molto elevate, ed è per quello che si proverà ad installare questa tecnologia ad imbuto.

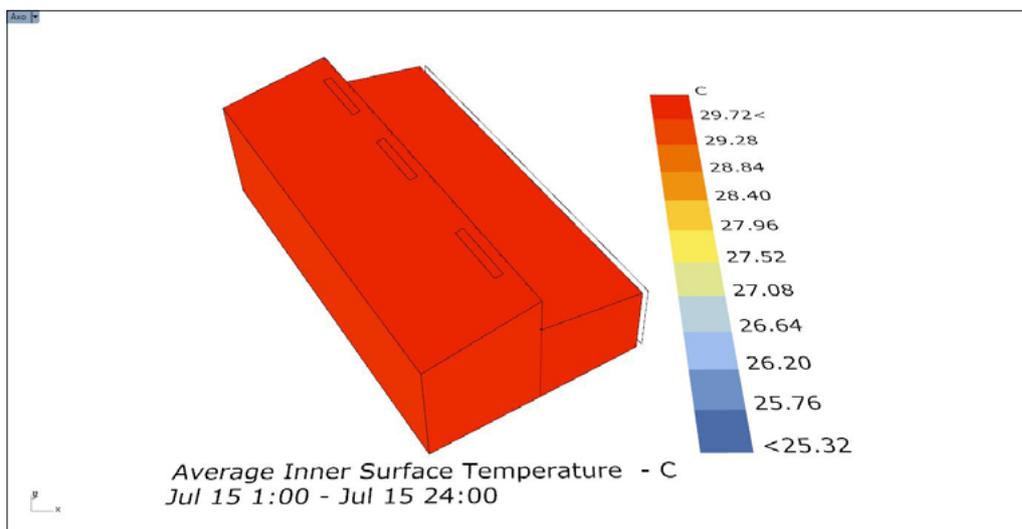


FIG 8. 6. 3. 2. 1\_ TEMPERATURE INTERNE SUPERFICIALI PER IL PICCO ESTIVO \_ DA SUD

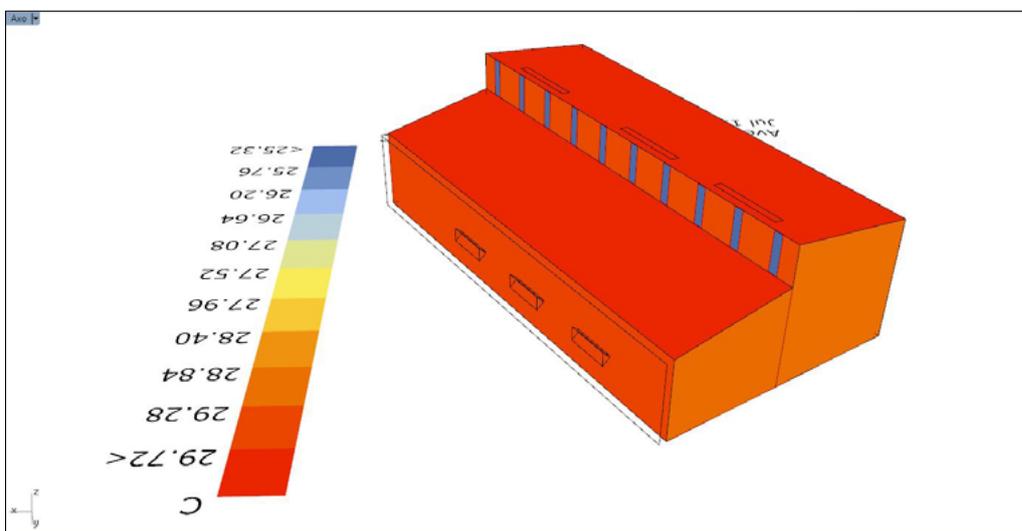


FIG 8. 6. 3. 2. 2\_ TEMPERATURE INTERNE SUPERFICIALI PER IL PICCO ESTIVO \_ DA NORD

Le temperature superficiali interne sono pressoché uguali su tutto l'involucro. Si tenga conto però della differenza Nord-Sud di un grado Celsius nell'elaborazione della simulazione con presenza di bocchette d'aria ad imbuto.

## 8.6.4. SIMULAZIONE SENZA RAFFRESCAMENTO

La prima simulazione presenta l'andamento interno delle temperature e del moto dell'aria.

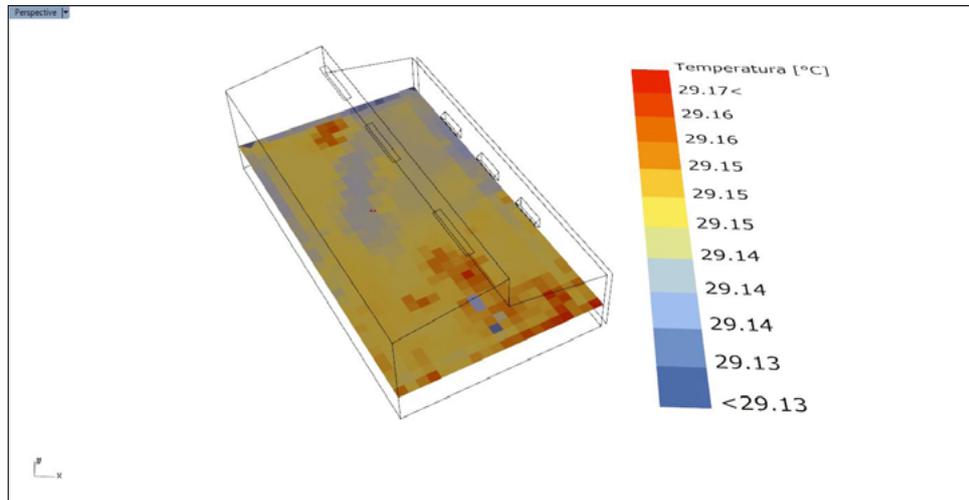


FIG 8. 6. 4. 2. 1\_ ANDAMENTO DELLE TEMPERATURE INTERNE SENZA RAFFRESCAMENTO

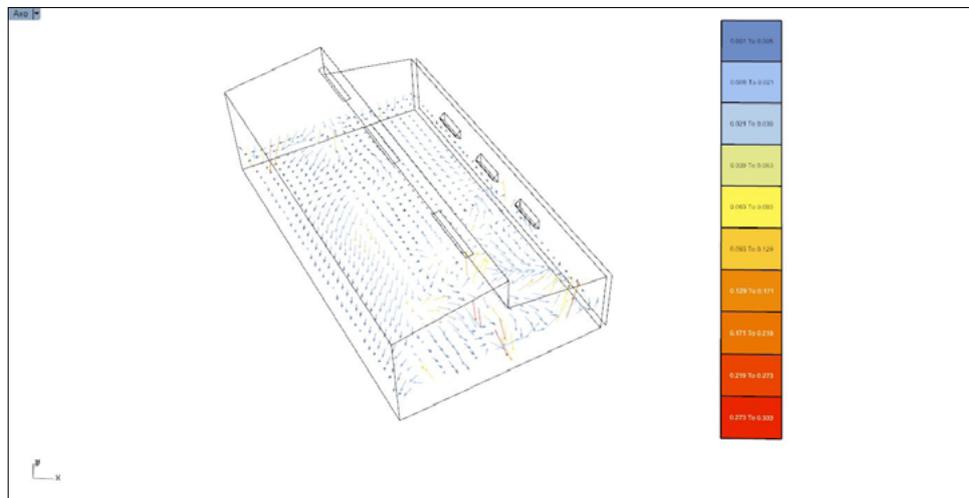


FIG 8. 6. 4. 2. 2\_ ANDAMENTO DEL MOTO DELL'ARIA SENZA RAFFRESCAMENTO

L'andamento dimostra una certa stagnazione sia delle temperature, sia dell'aria.

### 8.6.5. SIMULAZIONE CON RAFFRESCAMENTO NATURALE

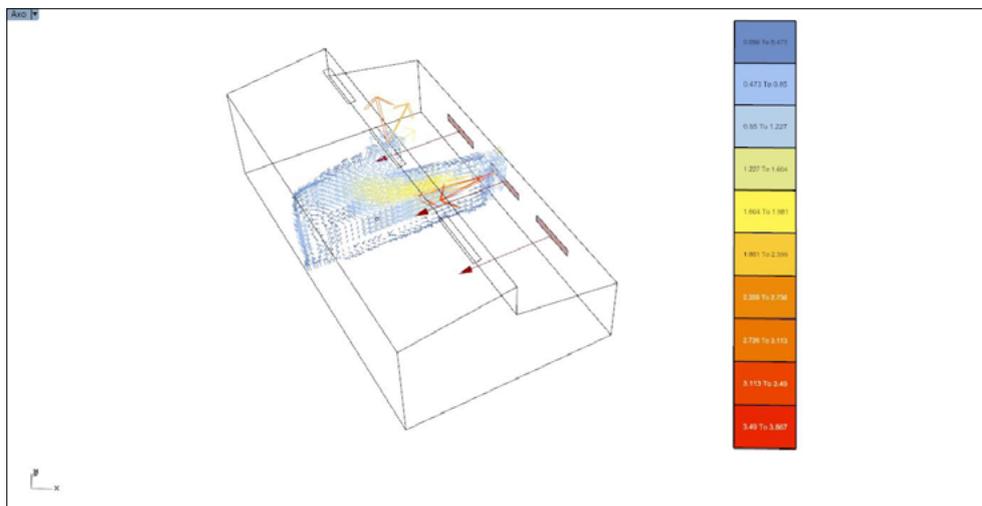


FIG 8. 6. 5. 2. 1\_ RAPPRESENTAZIONE DEL MOTO DELL'ARIA DI UNA SEZIONE TRASVERSALE

Da questo diagramma, si può concludere che l'imbuto d'aria aumenta di tanto il moto dell'aria, fino ad essere poco piacevole. In quel caso, si penserà ad abbassare le bocchette, essendo presente unicamente per il raffrescamento e non per la vista.

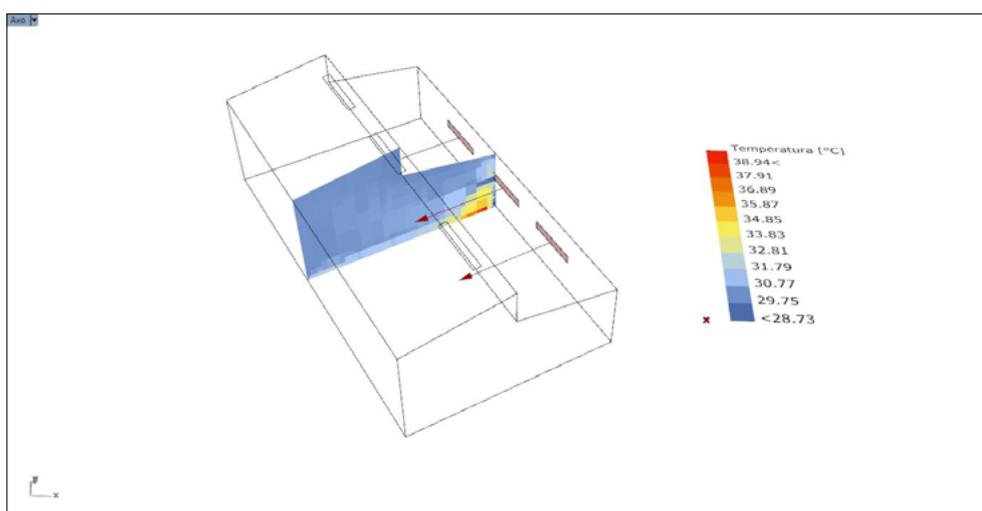


FIG 8. 6. 5. 2. 2\_ RAPPRESENTAZIONE DELLE TEMPERATURE DI UNA SEZIONE TRASVERSALE

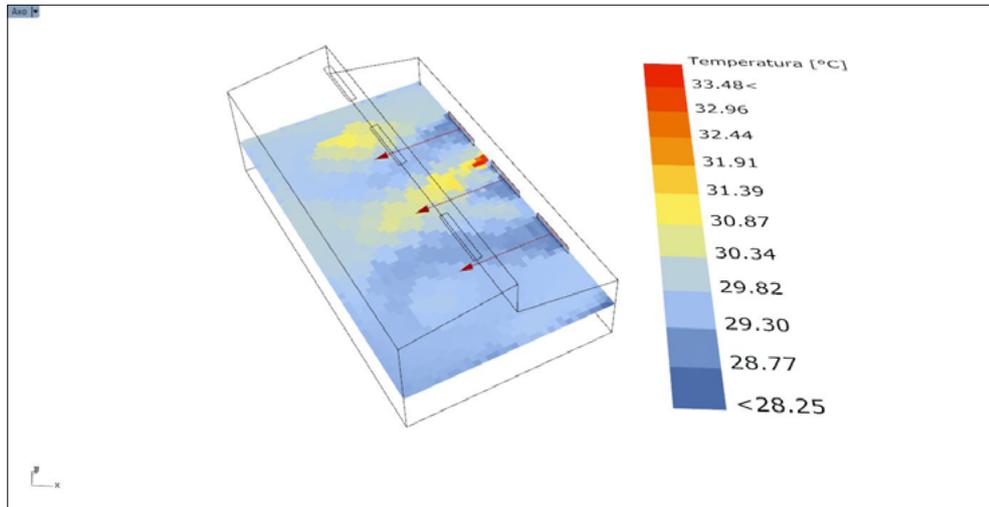


FIG 8. 6. 5. 2. 3\_ RAPPRESENTAZIONE DELLE TEMPERATURE DI UNA SEZIONE ORIZZONTALE A 1.5 M

La simulazione è stata effettuata con input dell'aria imposta a una velocità di 2m/s, e si nota nettamente quanto si rinfreschi l'aria una volta passata attraverso l'imbuto, da cui fuoriescono i tre vettori. Le temperature non sono di certo accettabile se lo si prende come sufficiente questa tecnologia, per il piacere di sentire un moto d'aria durante il periodo estivo è un reale successo impiantistico in questo studio.

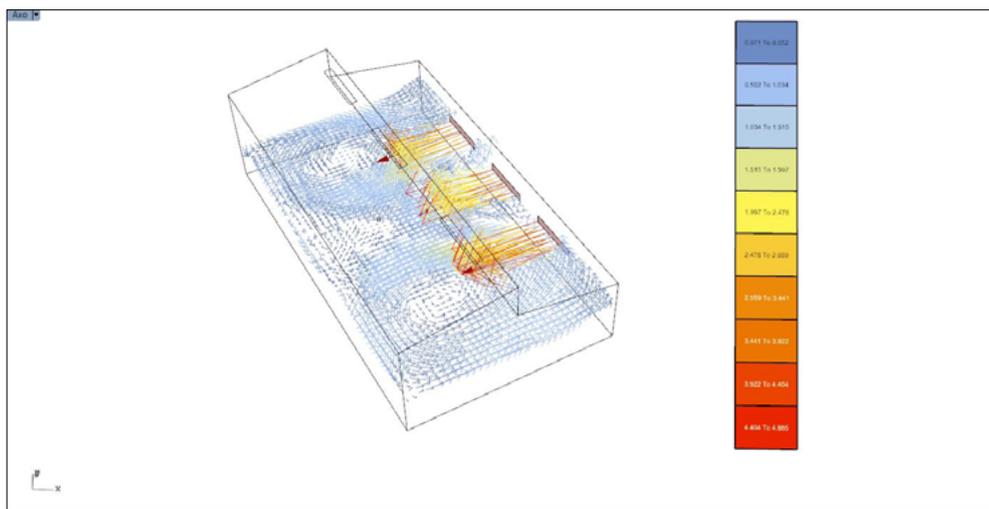


FIG 8. 6. 5. 2. 4\_ RAPPRESENTAZIONE DEL MOTO DELL'ARIA DI UNA SEZIONE ORIZZONTALE A 1.5 M

## 8. 7. SIMULAZIONE TOTALE CONSUMO ENERGETICO

La simulazione del carico termico viene con il confronto del calcolo manuale fatto al capitolo 7.5. Si è ancora una volta divisa in due periodi omogenei, per quanto riguarda il riscaldamento dei leghe, e il raffrescamento.

### 8.7.1. PERIODO ESTIVO

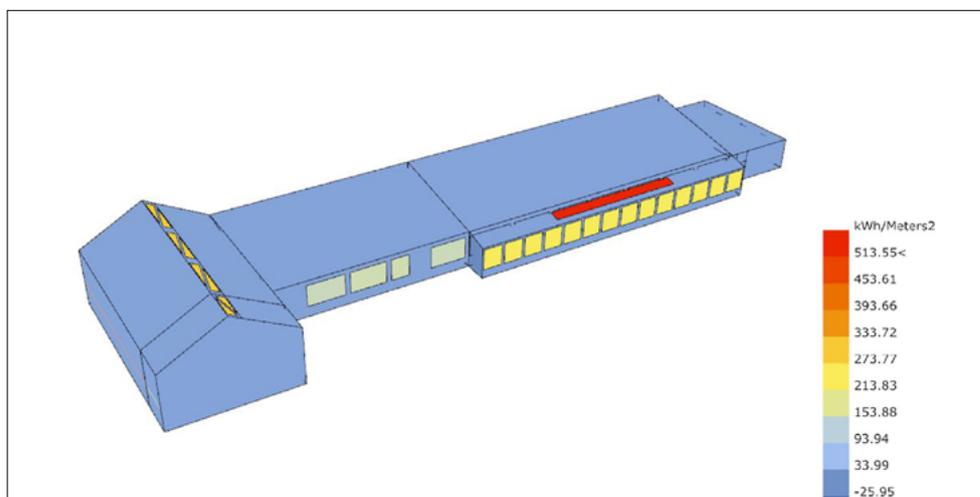


FIG 8. 7. 1. 2. 1\_ RAPPRESENTAZIONE DEL CARICO TERMICO ESTIVO

E' rappresentata la zona termica 2, con il carico termico relativo. La superficie adiacente alla prima zona termica non è rilevante per il calcolo del carico termico, essendo verso uno spazio riscaldato.

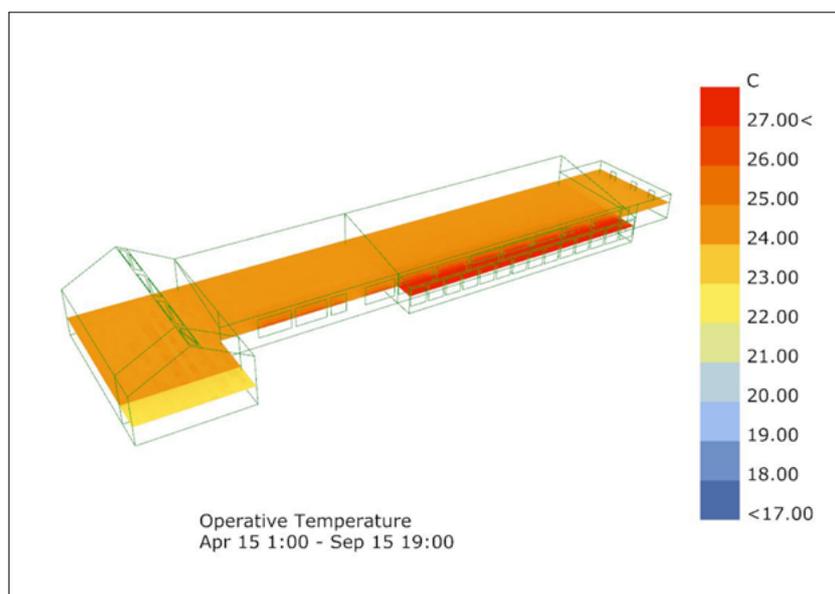


FIG 8. 7. 1. 2. 2\_ TEMPERATURE OPERATIVE ESTIVE

## 8.7.2. PERIODO INVERNALE

### 8.7.2.1. VALORE DI CONSUMO SECONDO LE SUPERFICIE

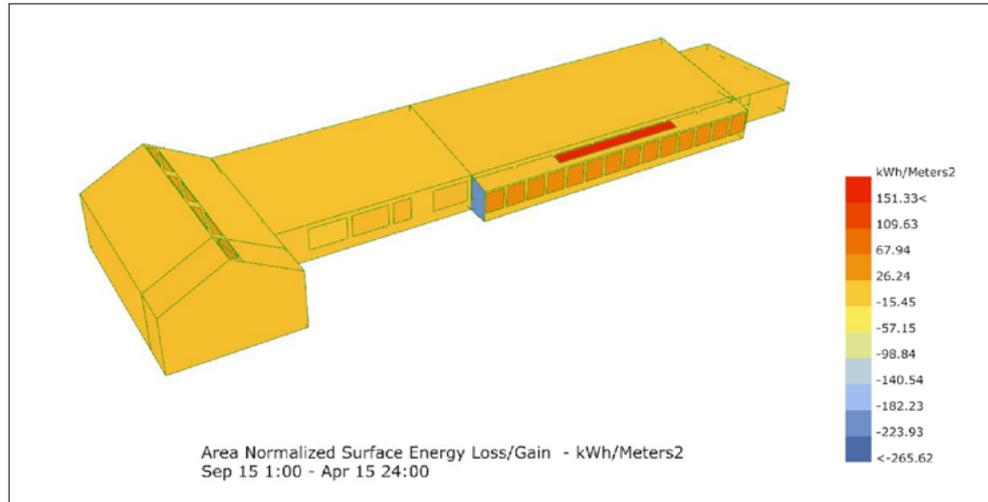


FIG 8.7.2.1.1\_ RAPPRESENTAZIONE DEL CARICO TERMICO INVERNALE

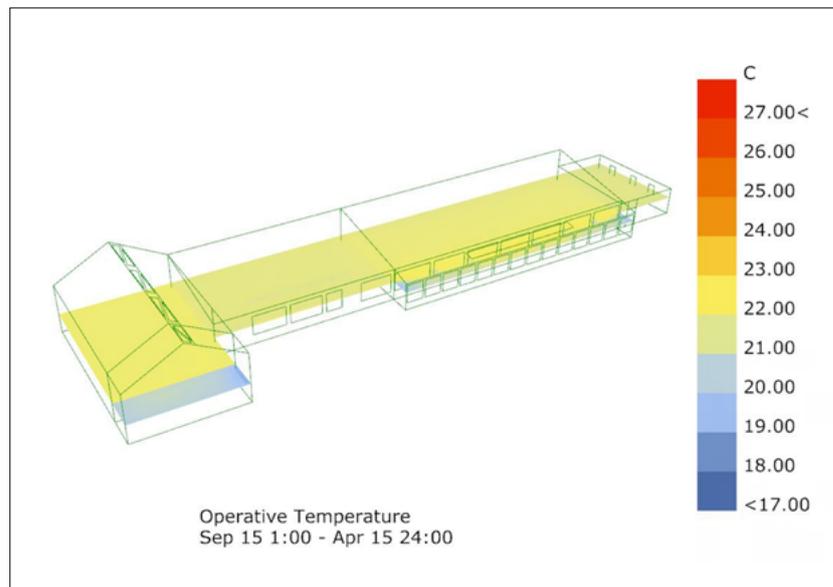


FIG 8.7.2.1.2\_ TEMPERATURE OPERATIVE INVERNALI

Si nota che la temperatura operativa a 1m del suolo è intorno a 21°C con l'impianto di pavimento radiante. Ciò conferma l'efficienza di un tale impianto per questo progetto.

8. 7. 2. 2. VALORE DI CONSUMO GLOBALE

Si è fatto la misurazione totale a partire da due simulazioni, una per la manica su strada, e l'altra per quella sul cortile. I valori del consumo energetico vengono sommati per ricavare il consumo totale.

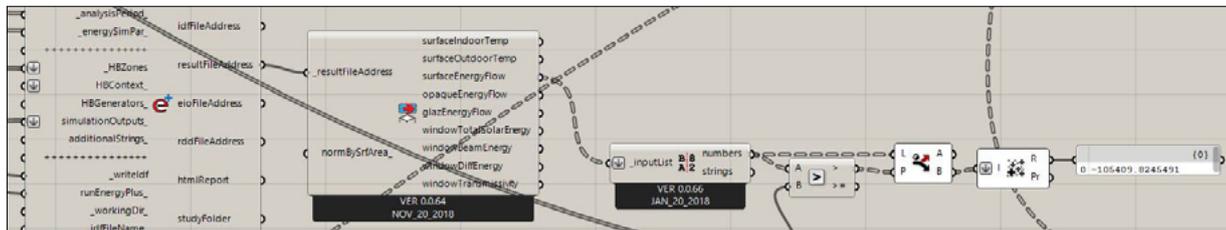


FIG 8. 7. 2. 2. 1\_ CONSUMO GLOBALE DELLA MANICA SU CORTILE

Il valore del consumo globale delle attività della manica su cortile è di circa 110 000 kWh.

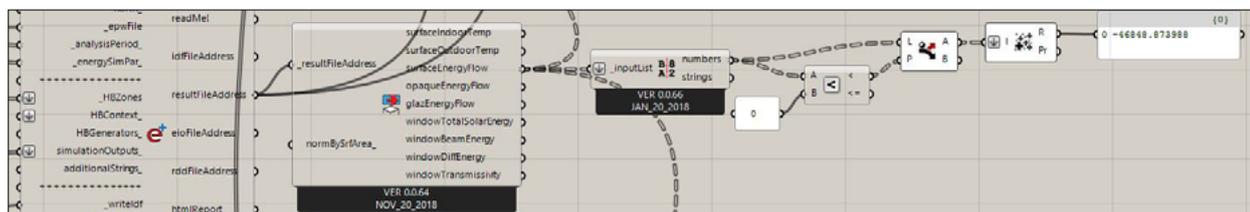


FIG 8. 7. 2. 2. 2\_ CONSUMO GLOBALE DELLA MANICA SU STRADA

Il consumo misurato all'interno della manica su strada è di circa 50 000 kWh.

Si calcola quindi un consumo globale per tutto il periodo, maggiorato a : 180 000 kWh.

La superficie totale è di 1000 m<sup>2</sup>, però siccome le altezze dei volumi variano, si è misurato il volume in modo più specifico. Abbiamo quindi :

NOME EDIFICIO	SUPERFICIE	ALTEZZA MEDIA	VOLUME
	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m <sup>3</sup> ]
MANICA SU STRADA	350	6	2100
MANICA SU CORTILE	650	7	4550

Il volume totale è quindi di 6750m<sup>3</sup>, e il consumo riportato al volume unitario è di :

$$\frac{180000}{6750} = 26,66kWh / m^3$$

A fine di validare o meno questo numero, si è andato a verificare quanto scritto in conclusione del calcolo manuale del carico termico. Il valore del consumo energetico per una ristrutturazione edile è di 80 kWh/m<sup>2</sup>. Riportato ad un consumo unitario in un volume di altezza 3m, questo consumo è equivalente a :

$$\frac{80}{3} = 27kWh / m^3$$

La prestazione energetica dell'edificio è quindi in adeguazione con il requisito della coibentazione in ambito di ristrutturazione.

# 9. CONCLUSIONE

Lo studio termico dinamico di un progetto sta per essere standardizzato in Italia nella progettazione termica in edilizia. Il risparmio energetico e delle risorse ne fanno un traguardo molto importante nel mondo odierno ed è per questo motivo che si è provato con questa tesi, a sfiorare le potenzialità dello strumento numerico, in quanto ormai insostituibile nella progettazione dinamica.

L'Architettura bioclimatica è un ramo poco diffuso nella progettazione edile, perchè a tutti gli effetti, richiede un'esperienza in queste soluzioni tecnologiche e poco conosciute. Richiede anche da parte dell'utente una flessibilità nella percezione del comfort. Attendere ad una costanza meccanizzata non è fattibile, anche se lo scopo dell'ingegnerizzazione climatica nell'edilizia è proprio di garantire un certo comfort statico.

La tradizione costruttiva, e la cultura millennaria dell'habitat umano si riscontra oggi con la tecnologia di punta della computerizzazione dei dati climatici. La sfida per tutta la nuova generazione di progettisti, sia architetti, sia ingegneri, può essere di cambiare le abitudini di una professione che dovrebbe sempre *«proiettare oltre»*.

La computerizzazione è anche diventato un lobbying economico di grande interesse a livello mondiale. Il costo del software, oltre ad essere il frutto di un lavoro umano, è anche l'opportunità di avere la certezza di un calcolo in regola con una certificazione di calcolo. Esiste però un'altra via molto interessante, ed è quella della comunità informale, autogestita. I softwares «Open source» e la quantità sempre crescente di coinvolti. Se non si può garantire sotto format di certificazione ufficiale la loro veracità, si potrebbe comunque confermare, grazie alla famosa Legge dei Grandi Numeri, che la probabilità di vedere un errore concettuale in un oggetto sotto occhio di una popolazione afferrata e numerosissima rimane infinitesimale. L'esempio affascinante del Wikipedia globale dà lo spirito e l'anima di questo modo di vedere il mondo, con fiducia dall'uomo verso l'uomo.

Le conclusioni impiantistiche, tratte dalle prove effettuate sono ancora poco conclusive, in quanto servirebbero tempi e conoscenze più approfondite sulla programmazione in linguaggio Python. Tuttavia, si può affermare che si è stato molto utile nella ricerca di strumenti progettuali, e dell'uso che se ne può trarre. Si concluderà aggiungendo che lo scopo di questa tesi è duplice, in quanto l'Architettura Bioclimatica, attraverso l'uso di software open source di termodinamica e fluidodinamica, può essere un'adeguata alternativa di progettazione, sia per formare un ruolo più responsabile, sia per l'onore animata in questa disciplina professionale.



# 10 . REFERENZE

## 10 . 1 . LIBRI

VAN LENGEN Johann, *Cantos del arquitecto descalzo*, Melhoramentos, 1981, 348p.

WIENKE Uwe, *Manuale di Bioedilizia*, DEI tipografie del genio civile, 491p.

MAZRIA Edward, *The Passive Solar Energy Book*, Rodale, 435p.

LAZZARIN Renato, *Sistemi Solari Attivi*, in *Le scienze dell'artificiale*, ed. Franco Muzzio & C. , 1981, 476p.

VAN DRESSER Peter, *Case Solari Locali*, in *Le scienze dell'artificiale*, ed. Franco Muzzio & C. , 1979, 126p.

OLGYAY Victor, *Progettare con il clima*, in *Le scienze dell'artificiale*, ed. Franco Muzzio & C. , 1981, 350p.

LOS Sergio, *La Progettazione dell'Architettura Bioclimatica*, in *Le scienze dell'artificiale*, ed. Franco Muzzio & C. , 1979, 272p.

WRIGHT David, *Manuel d'Architecture Naturelle*, ed. Parenthèses, 1979 ( 2004 ), 248p.

COURGEY S., OLIVA J.P., *La Conception Bioclimatique*, ed. terre vivante, 2006, 239p.

COURGEY S., OLIVA J.P., *L'isolation thermique*, ed. terre vivante, 2010, 256p.

SCARZELLA Paolo, ZERBINATTI Marco, *Recupero e Conservazione dell'edilizia storica*, Alinea Ed. , 2009, 254p.

## 10. 2. ARTICOLI E PUBBLICAZIONI

« La valorizzazione dei sottoprodotti agricoli : gli usi energetici della paglia e della lolla di riso” , scritta da O. De Marco, G. Camaggio e S. Stifani

«Valorisation de l'inertie thermique pour la performance énergétique des batiments» , Layal Chahwane, Architecture, aménagement de l'espace. Université de Grenoble, 2011

Edna Shaviv, Abraham Yezioro, and Isaac G. Capeluto. Thermal mass and night ventilation as passive cooling design strategy. Renewable Energy, 24(3-4) :445 – 452, 2001

## 10. 3. PROGETTI

### 10.3.1. MURO TROMBE

The Kelbaugh Solar House, Princeton, New Jersey \_ Douglas K. KELBAUGH \_ 1973-5

The Trombe House, Odeillo, France \_ Félix TROMBE \_ 1967

### 10.3.2. DIRECT GAIN \_ SISTEMA DI MURI IN ADOBE

The Karen Terry House, Santa Fe, New Mexico \_ David WRIGHT \_ 1974

### 10.3.3. DIRECT GAIN \_ SISTEMA DI MURI D'ACQUA

Longview School, Davis, California \_ John HAMMOND

### 10.3.4. SERRA

The Lasar Residence, New Milford, Connecticut \_ Stephen LASAR \_

## 10. 4. PERSONNALITÀ NOTEVOLI

- ANDERS NYQUIST, SAR/MSA, ARCHITETTO SVEDESE , 1938

Vive al Nord della Svezia, vicino al polo Artico. Lavora da architetto da 1962, come da designer, professore, pianificatore. Possiede il suo ufficio proprio dal 1991, con sua moglie e sua figlia Karin. Lavora su diversi temi come la pianificazione urbana ecologica, la ricerca e l'insegnamento. Tutti i loro progetti sono basati sulla nozione dei sistemi naturali. « EcoCycle Design »

- GUNTER PAULI , THE BLUE ECONOMY, IMPRENDITORE, 1956
- EDWARD MAZRIA, ARCHITETTO AMERICANO, 1940
- DAVID WRIGHT, DAVID WRIGHT & ASSOCIATES, ARCHITETTO AMERICANO

David Wright s'è specializzato nel solare passivo e l'ambientale dal 1976, e lo sta ancora praticando. Ha lavorato in California, ma anche in altre parte del mondo, con 400 progetti passivi al suo attivo.

- MIKE REYNOLDS, ARCHITETTO ( CF HONEYBEE\_CHRIS MACKKEY )
- THE WHOLE COMMUNITY OF LADYBUG, ENERGYPLUS, OPENFOAM



# 11 . ANNEXE

## 11. 1. PLANIMETRIA ESISTENTE/NUOVO \_ 1/200

Si rimanda all'allegato intitolato :

- Nuovo Distrutto\_200

## 11. 2. PIANTA DI PROGETTO \_ 1/100

Si rimanda agli allegati intitolati :

- Planimetria architettonica\_1
- Planimetria architettonica\_2
- Planimetria architettonica\_3

## 11. 3. SEZIONI DI PROGETTO \_ 1/50

Si rimanda agli allegati intitolati :

- Sezione AA'
- Sezione BB'
- Sezione CC'
- Sezione DD'
- Sezione EE'
- Sezione FF'

## 11. 4. PROSPETTO DI PROGETTO \_ 1/50

Si rimanda all'allegato intitolato :

- Prospetto

## 11. 5. STRATIGRAFIE \_ 1/5

Si rimanda agli allegati intitolati :

- S\_I\_1
- S\_E\_1
- S\_E\_2
- S\_E\_3
- S\_E\_4
- S\_E\_5
- T\_E\_1
- T\_E\_2
- T\_E\_3
- T\_E-4
- T\_E\_5
- T\_E\_6
- G\_E\_1
- G\_E\_2

## 11. 6. DETTAGLI COSTRUTTIVI \_ 1/5

Si rimanda agli allegati intitolati :

- Dettaglio Costruttivo A
- Dettaglio Costruttivo B
- Dettaglio Costruttivo C
- Dettaglio Costruttivo D
- Dettaglio Costruttivo E
- Dettaglio Costruttivo F
- Dettaglio Costruttivo G
- Dettaglio Costruttivo H
- Dettaglio Costruttivo I
- Dettaglio Costruttivo J
- Dettaglio Costruttivo K

FINE