

L'innovazione per la progettazione sostenibile

a cura di
Renata Morbiducci



Responsabile collana

Christiano Lepratti

(Università di Genova)

Renata Morbiducci

(Università di Genova)

Comitato scientifico

Carmen Andriani

(Università di Genova)

Thomas Auer

(Technische Universitaet Muenchen, Germania)

Umberto Berardi

(Ryerson University, Toronto, Canada)

Enrico Dassori

(Università di Genova)

Andrea Giachetta

(Università di Genova)

Marylís Nepomechie

(Florida International University - Miami, USA)

Thomas Spiegelhalter

(Florida International University - Miami, USA)

L'innovazione per la progettazione sostenibile

a cura di
Renata Morbiducci

con i contributi di
Clara Vite,
Salvatore Polverino,
Vittoria Bonini



è il marchio editoriale dell'Università di Genova



Per la realizzazione del capitolo 3, Salvatore Polverino ringrazia il Programma operativo nazionale (PON) «Ricerca e Innovazione 2014-2020» Azione IV.6 «Contratti di ricerca su tematiche Green» in quanto RTD-A (DM1062/2021, CUP D31B21008360007 – progetto «Sistemi costruttivi a base di materiali bidimensionali per un comportamento efficiente e resiliente delle costruzioni» SC 08/C1, SSD ICAR/10) presso il Dipartimento Architettura e Design dell'Università di Genova.

© 2023 GUP

I contenuti del presente volume sono pubblicati con la licenza
Creative commons 4.0 International Attribution-NonCommercial-ShareAlike.



Alcuni diritti sono riservati

e-ISBN (pdf) 978-88-3618-232-9

Pubblicato ad agosto 2023

Realizzazione Editoriale

GENOVA UNIVERSITY PRESS

Via Balbi, 6 – 16126 Genova

Tel. 010 20951558 – Fax 010 20951552

e-mail: gup@unige.it

<https://gup.unige.it>

INDICE

Parte I Innovazione e sostenibilità

1. Introduzione 9
Renata Morbiducci
2. Strumenti e normative per la valutazione delle sostenibilità 19
Clara Vite
3. Materiali innovativi per il progetto sostenibile 40
Salvatore Polverino
4. Sul disegno tecnico: progetto e costruzione 66
Vittoria Bonini

Parte II Esempi di applicazioni nella didattica

1. Introduzione 84
Renata Morbiducci
2. Edificio di nuova costruzione 89
*Salvatore Polverino, Vittoria Bonini, Clara Vite,
Renata Morbiducci*
3. Edificio esistente 116
Clara Vite, Renata Morbiducci
4. Intervento sul costruito. Un complesso residenziale 145
Clara Vite, Renata Morbiducci
5. Intervento sul costruito. Un quartiere storico: la Maddalena 179
Vittoria Bonini, Salvatore Polverino, Renata Morbiducci

2. Edificio di nuova costruzione

Salvatore Polverino, Vittoria Bonini, Clara Vite, Renata Morbiducci

2.1 Introduzione del caso presentato

La ‘nuova costruzione’ rappresenta un ambito ideale per le applicazioni in ambito didattico dei principi della progettazione sostenibile, in quanto gli studenti, neofiti dell’argomento, hanno una maggiore libertà di azione rispetto all’intervento su edifici esistenti; inoltre, tale contesto facilita lo sviluppo di un approccio digitale alla progettazione sostenibile, consentendo l’acquisizione di una metodologia di lavoro coerente con le richieste di innovazione provenienti dal settore edilizio¹.

L’applicazione dei principi della progettazione sostenibile in ambiente digitale costituisce il pilastro fondante dell’esercitazione laboratoriale dell’insegnamento Progettazione Sostenibile dell’Architettura, afferente al corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile-Architettura della Scuola Politecnica dell’Università di Genova. Oggetto dell’esercitazione è l’implementazione di un progetto di una nuova costruzione (ad esempio edificio residenziale multifamiliare, casa a schiera, residenza universitaria), già sviluppato durante i precedenti i corsi di Architettura Tecnica, attraverso

¹ European Construction Sector Observatory, «Digitalisation in the Construction Sector», 2021, <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/45547/attachments/1/translations/en/renditions/native>.

l'applicazione di scelte progettuali proprie della progettazione sostenibile.

Il lavoro è stato sviluppato a partire dall'a.a. 2017-2018 ed è stato seguito dalla Prof.ssa R. Morbiducci assistita nel corso degli anni da ing. C. Vite, ing. S. Polverino e ing. V. Bonini.

I principali esiti del suddetto percorso sono sintetizzati nel presente paragrafo.

2.2 Caratteristiche/scelte ambientali

La prima fase del progetto è consistita nel collocare l'edificio oggetto di studio in uno specifico ambito territoriale al fine di poter fornire agli studenti lo scenario ambientale sul quale basarsi per la definizione di scelte progettuali sostenibili. A tal fine, gli studenti sono stati suddivisi in gruppi e a ciascuno di essi è stata assegnata una Zona Climatica entro la quale simulare la collocazione del progetto: utilizzando la Tab. A (Elenco dei comuni italiani diviso per regioni e provincie) allegata al D.P.R. 412/93, gli studenti hanno individuato un Comune ricadente nella zona climatica assegnata; all'interno di quest'ultimo, mediante l'ausilio di software che impiegano immagini satellitari (ad esempio Google Earth e Openstreetmap), è stato individuato un lotto entro il quale collocare il progetto di nuova costruzione oggetto di studio (Fig. 1). La scelta è stata guidata dal rispetto dei principi della sostenibilità ambientale, ponendo come criteri i seguenti aspetti: saturazione di aree incolte del tessuto urbano, al fine di limitare il consumo di suolo agricolo; lotti non ricadenti in aree naturali; andamento altimetrico dell'area compatibile con l'edificio, in modo da limitare interventi massivi per il raccordo della costruzione al lotto preesistente (eccessivi lavori di scavo, rampa accesso, ecc...) (Fig. 2).

Nella fase successiva, gli studenti hanno effettuato una prima caratterizzazione dell'area entro cui collocare il progetto, raccogliendo dati relativamente alle principali caratteristiche ambientali; in particolare, sono stati analizzati i seguenti aspetti: temperatura, precipitazioni, stato del cielo, umidità relativa, radiazione solare e regime dei venti. Le infor-



CAPITOLO 0: PRESENTAZIONE DEL SITO

Localizzazione: Roma



Il sito in cui viene collocato il progetto si identifica con un lotto di terreno localizzato nella città di Roma e posto tra il Parco urbano "Andrea Campagna", via Mario Panunzio e Piazza S. Abazzi.

Esso si trova nel quartiere Tiburtino a circa un chilometro dall'importante stazione ferroviaria "Roma Tiburtina" e meno di sei dal centro della capitale, in posizione Nord-Est rispetto ad esso.

Questa zona è caratterizzata da numerosi progetti di riqualificazione urbana.

La città di Roma, situata nel centro Italia, più precisamente nella regione Lazio, se analizzata tramite scala topoclimatica, si colloca all'interno della zona climatica contrassegnata dalla lettera D, categoria che comprende i luoghi in cui i gradi giorno sono compresi tra i 1400 e 2100, poiché ve ne sono 1415.

Le categorie di suddetta scala vanno dalla lettera A alla lettera F, comportano un diverso utilizzo del riscaldamento e sono identificate come qui di seguito:

Clima	Gradi giorno	Quota consentita di riscaldamento / riscaldamento
A	< 600	6 ore/giorno
B	tra 600 e 900	8 ore/giorno
C	tra 900 e 1400	10 ore/giorno
D	tra 1400 e 2100	12 ore/giorno
E	tra 2100 e 3000	14 ore/giorno
F	> 3000	nessun limite



Le fonti: Immagini tratte da Google Earth

Università degli studi di Teramo - A. A. 2019/2021
Laboratorio di progettazione ambientale dell'architettura
Prof. Arch. R. ANDREOLUCCI, Ing. V. BONINI, Ing. S. POLI, Ing. G.
Gruppo di lavoro MALGUCCI, Valeria PELAZZA

Fig. 1 – Tavola esemplificativa della scelta del lotto oggetto di studio. (Immagine di G. Malvuccio e V. Pelazza)

1.2 SOPRALUOGO DELL'AREA INDIVIDUATA



SOPRALUOGO

Il comune di Garesio è situato in Val Tarnaro caratterizzata dal passaggio dell'omonimo fiume.

Il sito dove verrà inserito l'edificio è stato approfondito attraverso diverse viste. Queste sono state catturate da un livello vista uomo camminando lungo le strade che lo circondano.

Sia dalle analisi effettuate tramite l'applicazione Google Earth che dal sopralluogo da noi effettuato, risulta essere un terreno pianeggiante facilmente accessibile dalla strada SP178 (Via Valcasotto) e dalla via minore Via pian dei Prati.



— Perimetrazione lotto

Da fonte: GoogleEarth.org
Foto scattate dall'autrice Torterolo

UniGe

Laboratorio di Progettazione Sostenibile dell'Architettura
A.A. 2022/2023
Prof.ssa R. Morbidacci, Ing. S. Polverino

Studentesse G2
C. Coregli
C. Torterolo

Fig. 2 – Tavola esemplificativa delle analisi sul lotto oggetto di studio. (Immagine di C. Coregli e C. Torterolo)

mazioni raccolte sono state recuperate da siti web² che offrono gratuitamente banche dati di rapido e facile accesso, raccolti su un intervallo temporale di almeno dieci anni.

Le informazioni recuperate hanno consentito la definizione di un quadro critico esauriente enunciato attraverso una serie di elaborati, i cui principali esempi sono riportati di seguito, suddivisi per caratteristica climatica affrontata:

- temperatura (Fig. 3):
 - » andamento annuale della temperatura media, massima e minima mensile;
 - » andamento annuale della temperatura media, massima e minima mensile negli ultimi tre anni³.
- umidità (Fig. 3):
 - » andamento mensile dell'umidità media relativa;
 - » rapporto tra umidità relativa, temperatura e comfort termico.
- precipitazioni e stato del cielo (Fig. 3):
 - » precipitazioni totali mensili;
 - » precipitazioni nevose⁴.
- radiazione solare (Fig. 4):
 - » media mensile dell'irradiazione solare quotidiana;
 - » diagramma stereografico polare solare⁵;

² Tra i siti utilizzati ricordiamo: it.windfinder.com, it.weatherspark.com, www.ilmeteo.it, www.windy.com. Inoltre vi sono anche dati regionali reperibili sul sito delle Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale (ARPA).

³ Tale elaborato è stato realizzato per analizzare il discostamento dell'andamento delle temperature medie mensili degli ultimi tre anni rispetto ai dati storici come evidenza del cambiamento climatico in atto.

⁴ Solo per lotti ricadenti in zona E ed F.

⁵ Diagramma che riporta la traiettoria del Sole (altezza e azimut solari) nell'arco di un'intera giornata per ogni mese durante l'intero anno. Elaborato grazie all'applicativo dell'Atlante Italiano della radiazione solare, reperibile al sito <http://www.solaritaly.enea.it/>.



CAPITOLO 1: PRINCIPI AMBIENTALI

Caratteristiche climatiche: precipitazioni, temperatura, umidità relativa

Fig. 1: Confronto tra umidità relativa e precipitazioni (medie)

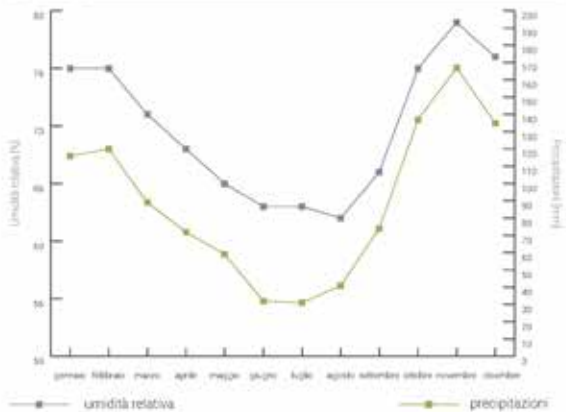


Fig. 2: Confronto tra umidità relativa e temperatura (medie)

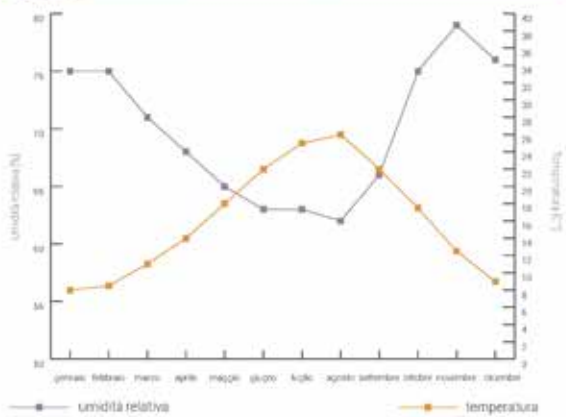


Fig. 3: Andamento delle precipitazioni (mm)

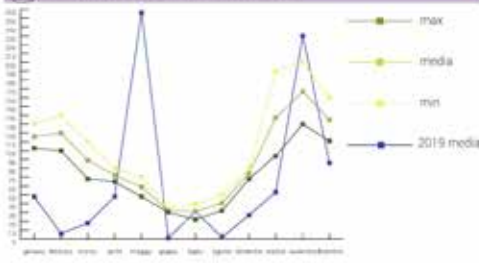


Fig. 4: Andamento dell'umidità relativa (%)

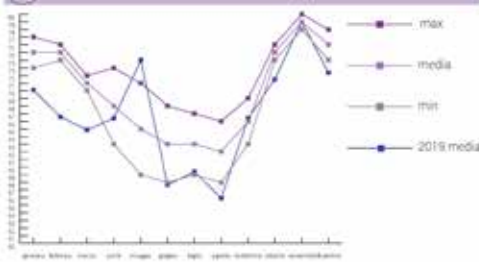
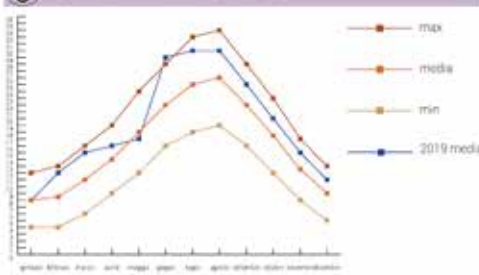


Fig. 5: Andamento della temperatura (°C)



Facendo un confronto dell'umidità relativa con la temperatura (fig. 1) e con le precipitazioni (fig. 2) si riesce a cogliere un nesso tra questi elementi.

L'umidità relativa è direttamente proporzionale alle precipitazioni, quindi nei mesi più piovosi sarà anche presente una maggiore umidità ed, al contrario, in quelli con meno piogge avremo un clima più secco.

Il rapporto dell'umidità relativa con le temperature è invece totalmente opposto: una proporzionalità inversa. All'aumentare dell'umidità diminuiscono i gradi e, di conseguenza, significa che vi è stato anche un innalzamento delle precipitazioni.

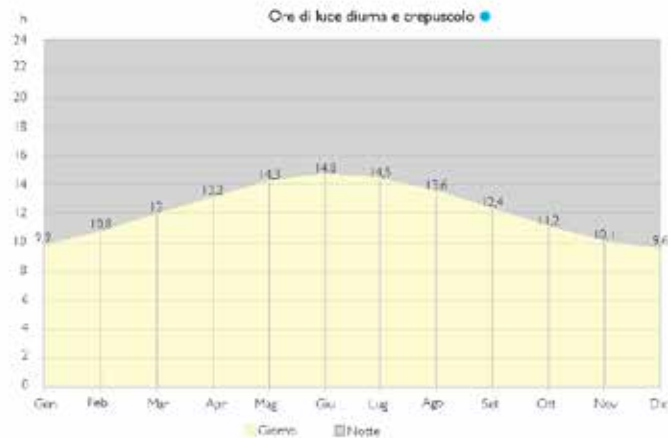
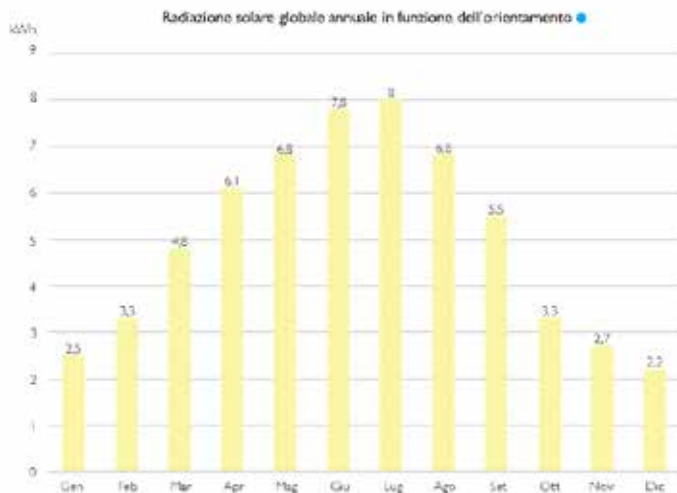
Da questi dati analizzati attraverso dei diagrammi a punti si evince che gli inverni romani sono piovosi, bagnati e freddi mentre le estati sono esattamente il contrario, in cui sono caratterizzate da un clima secco, caldo con scarse piogge.

- Le fonti:
- <https://www.meteoitalia.com/>
 - https://it.wikipedia.org/wiki/Clima_italiano
 - <https://www.3meteo.com/>
 - <https://www.visionmeteo.com/>
 - <https://www.ariaforyou.com/>
 - <https://www.giudicizi.it/>
 - <https://www.aria.it/>
 - <https://www.windy.com/>
 - <http://www.alpaccio.net/>

Università degli studi di Genova - A. A. 2020/2021
Laboratorio di progettazione sostenibile e dell'architettura
Prof. Arch. G. MALVUCCIO, ing. V. PELAZZA, ing. S. PAVI (PAU)
Gruppo E1 - Giuseppe MALVUCCIO, Valentina PELAZZA

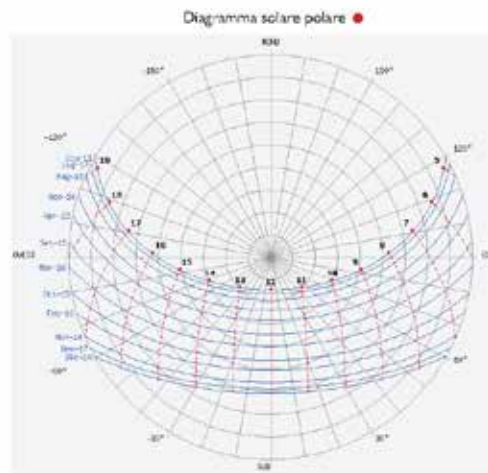
Fig. 3 – Tavola esemplificativa dell'analisi delle temperatura, umidità e precipitazioni. (Immagine di G. Malvuccio e V. Pelazza)

2.1.3 RADIAZIONE SOLARE



● <https://it.weatherpark.com/?71741/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Marsala-Italia-sotto-l'anno>
 ● <https://www.solarcalculator.it/SolDiagrammi/SolarX12/Mes2.php>

2.1 CARATTERISTICHE CLIMATICHE



RADIAZIONE SOLARE

Questa sezione affronta il tema dell'energia solare totale a onde corte incidente giornaliera che raggiunge la superficie del suolo, che subisce numerose variazioni stagionali durante l'intero anno.

La radiazione delle onde corte include la luce visibile e i raggi ultravioletti, la quale dipende dalle variazioni stagionali della lunghezza del giorno, l'elevazione del sole sull'orizzonte e l'assorbimento da parte delle nuvole oltre ad altri elementi atmosferici. Il periodo con maggior luminosità dell'anno ha una durata di circa 3 mesi, dal 6 maggio al 18 agosto, con un'energia a onde corte incidente giornaliera media per m^2 di oltre 6.8 kWh. Il mese più luminoso dell'anno è luglio, con una media di 8 kWh. Anche il periodo con maggior oscurità ha una durata di circa 3 mesi, dal 28 ottobre al 13 febbraio, con un'energia a onde corte incidente giornaliera media per m^2 di meno di 3,3 kWh. Il mese più buio dell'anno a Marsala è dicembre, con una media di 2,2 kWh.

Il grafico del diagramma solare soprastante indica il percorso del sole alla latitudine di $37^{\circ}48'$ e longitudine $12^{\circ}26'$ le quali corrispondono alle coordinate del lotto designato per l'inserimento dell'edificio.

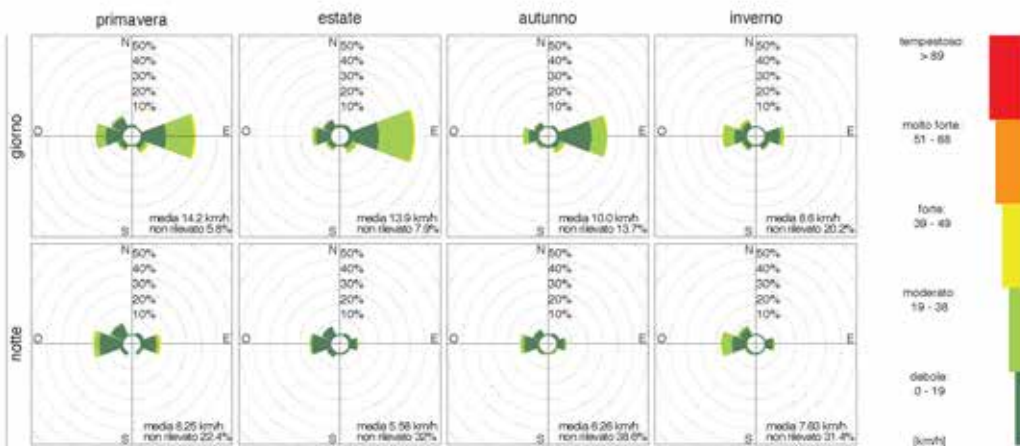
Nel riferimento polare, i raggi uniscono punti di uguale azimut, mentre le circonferenze concentriche punti di uguale altezza. Nel diagramma, le circonferenze sono disegnate con passo di 10° a partire dalla circonferenza più esterna (altezza = 0°) fino al punto centrale (altezza = 90°). Le linee che intersecano sia i cerchi sia i raggi indicano il percorso del sole durante ogni mese dell'anno.

Dallo stesso si può intuire come nei mesi invernali, i prospetti occidentale, orientale e meridionale del nostro edificio ricevono luce naturale, a differenza di quello settentrionale che, nei mesi indicati, rimane in ombra. A differenza di quanto analizzato in precedenza, nei mesi estivi anche le facce settentrionali godono del sole diretto.

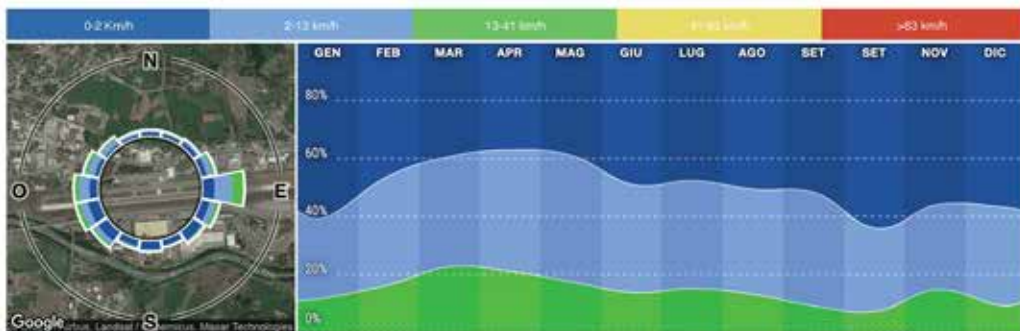
Fig. 4 – Tavola esemplificativa dell'analisi della radiazione solare. (Immagine di C. Bermond e A. Ruello)

1 caratteristiche climatiche

rosa dei venti - Saint Cristophe- Aeroporto



fonte: www.cf.regione.vda.it.
periodo osservazione dati: 01.01.1980 - 31.12.2018



fonte: www.windfinder.com;
periodo osservazione dati: 11.2015 - 11.2020 giornalmente dalle 7 alle 19 orario locale

regime del vento

I grafici rappresentano la frequenza delle osservazioni in funzione della provenienza dei venti, che vengono classificati in base all'intensità.

Si può osservare che nella **stagione fredda e di notte** i venti provenienti da **ovest** prevalgono con **intensità debole e moderata**, mentre di **giorno e nella stagione calda** prevalgono i venti provenienti da **est** più intensi.

Si deduce che i **venti provengono prevalentemente dalle direzioni lungo est ed ovest**. Questo dato è **fortemente influenzato dalla morfologia del territorio**.

Il secondo grafico mostra la intensità dei venti in relazione ai mesi dell'anno e la frequenza delle osservazioni in funzione della provenienza dei venti durante tutto l'anno. Dal confronto dei due grafici si possono ottenere le stesse osservazioni fatte precedentemente.

Di seguito viene riportata la scala Beaufort per avere misura dell'intensità dei venti tramite la descrizione.

scala Beaufort	descrizione	velocità [km/h]
0	calma	0 - 1
1	bava di vento	2 - 5
2	calma	6 - 11
3	bava di vento	12 - 19
4	brezza leggera	20 - 28
5	brezza fresca	29 - 38
6	vento fresco	39 - 49
7	vento forte	50 - 61
8	burrasca moderata	62 - 74
9	burrasca forte	75 - 88
10	tempesta	89 - 102
11	fortuale	103 - 117
12	uragano	> 117

Fig. 5 – Tavola esemplificativa dell'analisi del regime dei venti. (Immagine di C. Cirabisi e G. Ferrucci)

- regime dei venti (Fig. 5):
 - » media mensile della velocità del vento;
 - » direzione prevalente mensile dei venti.

Dopo aver delineato il quadro di insieme inerente le caratteristiche climatiche dell'area prescelta, sono stati analizzati aspetti quali la morfologia e le peculiarità del sito, riducendo, così, la scala dell'oggetto delle analisi: dall'area geografica (caratterizzata dai dati climatici riportati dalle stazioni metereologiche) al lotto, analizzato nella sua conformazione altimetrica e nelle sue caratteristiche locali (presenza di vegetazione, ombreggiamento e regime dei venti locale). I principali dati raccolti in questa fase⁶ sono stati elaborati mediante un *software* BIM⁷ che ha permesso di ottenere una restituzione tridimensionale dell'area in cui è stato collocato l'edificio oggetto dell'attività progettuale; tale operazione ha permesso di estrapolare le informazioni inerenti la clivometria, l'orientamento medio dei pendii e le caratteristiche materiche del suolo circostante; analisi, quest'ultima, di fondamentale importanza per la valutazione delle peculiarità dell'area oggetto di intervento, in quanto consente di valutare aspetti quali l'albedo e la permeabilità del suolo, necessari per avere un quadro conoscitivo completo sull'area (Fig. 6).

L'analisi delle caratteristiche locali del sito è stata completata mediante l'ausilio di immagini satellitari, che hanno consentito lo studio della vegetazione presente nell'area⁸ e di come questa vada a influenzare l'ombreggiamento e il regime locale dei venti (Fig. 7); per queste ultime

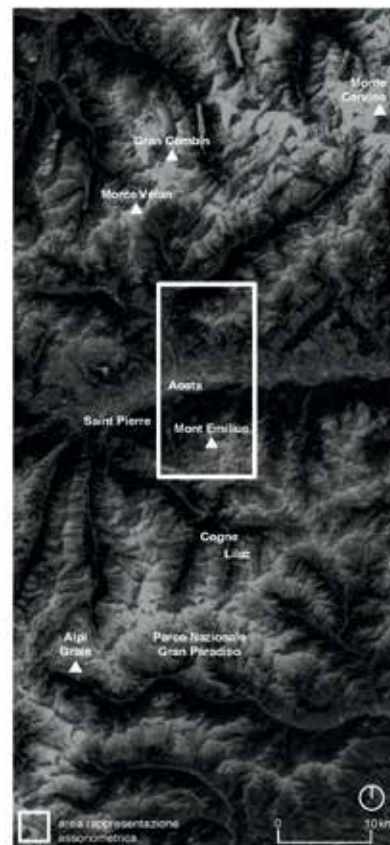
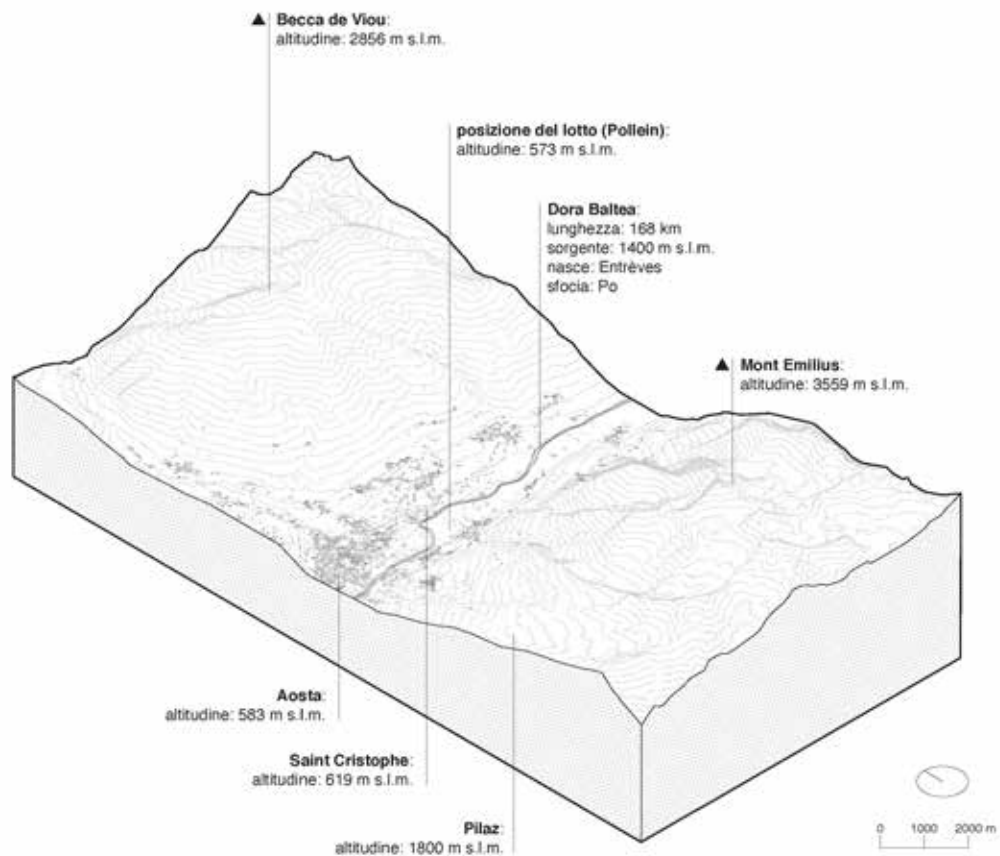
⁶ L'andamento altimetrico è stato delineato grazie all'utilizzo di programmi che impiegano immagini satellitari (Google Earth) e siti contenenti banche dati di file CAD (cadmapper.com) rappresentanti l'intera superficie terrestre.

⁷ Nell'esercitazione è stato utilizzato il software BIM Revit prodotto dall'azienda statunitense Autodesk.

⁸ Sono stati analizzati aspetti quali la disposizione nel lotto, l'altezza e, laddove possibile, le essenze presenti.

0 peculiarità del sito

orografia



gruppo 06: Chiara Cirabisi
Giuliana Ferrucci

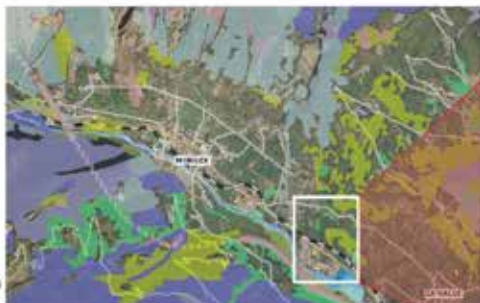
corso di Progettazione sostenibile dell'architettura
A.A. 2020/2021

Fig. 6 – Tavola esemplificativa dell'analisi morfologica del suolo. (Immagine di C. Cirabisi e G. Ferrucci)



caratteristiche peculiari VEGETAZIONE E PRESSIONE ANTROPICA

- Tipi forestali 2011
- Formazioni legnose riparie
 - Subalpini
 - Querceti di roverella
 - Querceti di rovere
 - Castagneti
 - Piante di pino silvestre
 - Boscaglie pioniere e d'invasione
 - Alberi pianiziali e montani
 - Azoreo-tiglio-frasinetti
 - Faggete
 - Abetine
 - Piceete
 - Piante di pino uncinato
 - Lariceti e cedriete
 - Arbusteti subalpini
 - Arbusteti pianiziali, collinari e montani
 - Mibouchinetti



Riserva naturale del Marais



Fonte: www.biodid.it

La riserva del Marais è costituita da un breve tratto di Dora Baltea e relativa piana alluvionale, si trova ad un'altezza di 890 m.s.l.m. tra i comuni di La Salle e Morgex ed è caratterizzata dalla **vegetazione** tipica degli ambienti ricchi d'acqua. È un rifugio per tutte quelle specie faunistiche e floristiche amanti dell'acqua, ormai molto rare, se non addirittura del tutto assenti nel resto della regione. I bordi dello sbarramento sono fitti di canne, luogo di riparo e nidificazione per uccelli, anfibi e insetti. Poco lontano dall'acqua, una passerella pedonale permette di scoprire le caratteristiche del bosco igrofilo di ontano bianco, pressoché scomparso a livello regionale.

La **vegetazione** valdostana vanta la presenza di **circa 2000 specie diverse** (su un totale di 5600 varietà catalogate per l'intera flora italiana).

Il piano collinare, fino a 800 m, ospita, oltre ad alberi da frutto e vigneti, boschi di roverella e castagno.

Lungo la Dora Baltea, oltre ai canneti, si trovano ontani, pioppi e salici.

La vegetazione arborea (**latifoglie** alle quote più basse) evolve gradualmente con l'altitudine, dapprima in miscelanee con betulle ed aceri montani, quindi in popolazioni di aghifoglie; queste annoverano, fino a 2000 m, il raro e pregiato pino cembro dai lunghi aghi riuniti in fascette da 5. Tra le **conifere**, si trovano anche il pino montano e silvestre, l'abete bianco, con i suoi coni eretti e la corteccia bianco cinerina, e quello rosso, dai coni pendenti. Più alto di tutti è il larice, che, in autunno, assume una caratteristica colorazione giallo oro. Nel parco regionale del Mont Avic l'albero più diffuso è, invece, il pino uncinato.

Una particolare ricchezza botanica è osservabile sui terrazzi prativi alla fine di giugno, con la fioritura alpestre: compaiono le stelle alpine, piante profette, e gli astri. Sulle morene, varia è la flora rupicola, con ericacee, e ginepro nano. Particolare menzione meritano le varie specie di Artemisia, raccolti per la fabbricazione del **Génépy**, noto liquore valdostano.

Nel territorio di Perloz si segnala anche la presenza della "Peonia officinalis". La flora tipica delle aree umide può essere osservata non solo nei bacini lacustri, ma anche in aree torbose e acquitrinose presenti in varie riserve naturali.

fonte: <https://mappe.regione.vda.it/pub>



Legenda

- Cambii antropici
- Pressione antropica
- media alta
- alta
- media
- bassa
- media bassa

Fonte: OPNA (2013) - ACERI (2018)

Un **corridoio ecologico** è una particolare area verde, studiata ad-hoc per preservare specie animali e piante che vivono in quel tipo di habitat.

La funzione principale del corridoio ecologico è quella di permettere il passaggio graduale tra un **habitat** e un altro. Un esempio perfetto di corridoio ecologico, nella definizione classica, è quello di un fiume; quest'ultimo infatti preserva le specie ma funziona anche da confine netto per animali e vegetazione.

I corridoi ecologici hanno quindi diverse funzioni, dalla ripopolazione di determinate specie alla preservazione di piante ed elementi territoriali, altrimenti a rischio nella normale situazione urbana.



Progettazione sostenibile dell'architettura
anno accademico 2022-2023

gruppo 3
Valeria Capurro
Silvia Veltri

TAV.15

Fig. 7 – Tavola esemplificativa dell'analisi della vegetazione locale. (Immagine di V. Capurro e S. Veltri)



caratteristiche peculiari STUDIO DELLE OMBRE

Equinozio
AUTUNNO



ore 7.45 (30 minuti dopo l'alba)



ore 12.00



ore 19.02 (30 minuti prima del tramonto)

Solstizio
INVERNO



ore 8.36 (30 minuti dopo l'alba)



ore 12.00



ore 14.48 (30 minuti prima del tramonto)

Equinozio
PRIMAVERA



ore 7.00 (30 minuti dopo l'alba)



ore 12.00



ore 18.10 (30 minuti prima del tramonto)

Solstizio
ESTATE



ore 6.10 (30 minuti dopo l'alba)



ore 12.00



ore 20.54 (30 minuti prima del tramonto)



Progettazione sostenibile dell'architettura
anno accademico 2022-2023

gruppo 3
Valeria Capurro
Silvia Veltri

TAV.17

Fig. 8 – Tavola esemplificativa dell'analisi dell'ombreggiamento del lotto. (Immagine di V. Capurro e S. Veltri)

due analisi si è rivelato fondamentale l'uso del *software* BIM Revit che ha consentito di simulare l'ombreggiamento sul lotto prescelto durante l'intero anno, considerando l'effetto di eventuali ostacoli presenti nell'area (alberi, altri edifici, rilievi, ecc.) (Fig. 8).

2.3 Caratteristiche/scelte tipologiche

A seguito della valutazione delle caratteristiche ambientali, analisi imprescindibile nel processo di applicazione dei principi della progettazione sostenibile, gli studenti hanno affrontato il tema delle caratteristiche tipologiche. In questa nuova fase sono state analizzate quelle particolari scelte progettuali atte a garantire il mantenimento dei requisiti di benessere abitativo per gli utenti, nel rispetto dei principi di sostenibilità. Il primo aspetto analizzato è consistito nella determinazione dell'orientamento dell'edificio in funzione della radiazione solare; tale analisi ha consentito di valutare l'esposizione solare più compatibile con il clima dell'area in cui è stato collocato l'edificio. Per la suddetta operazione di ottimizzazione dell'orientamento, si è deciso di seguire un duplice approccio: uno analogico e uno digitale.

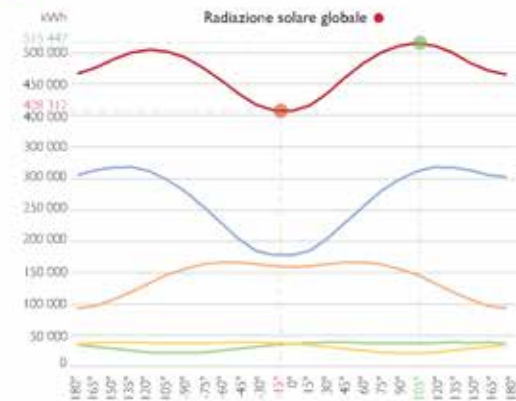
Il primo metodo si basa sull'impiego di un applicativo dell'*Atlante italiano della Radiazione Solare* (portale gestito dall'ENEA)⁹ che consente di calcolare la radiazione incidente su superfici inclinate al variare della loro esposizione, individuata dall'azimut solare; tali valori sono stati poi moltiplicati per il valore della superficie vetrata di ciascun prospetto dell'edificio oggetto di studio, al fine di associare l'effettivo apporto di radiazione solare a uno specifico orientamento (Fig. 9).

Nell'approccio digitale, le suddette analisi sul rapporto tra la radiazione solare incidente in funzione dell'orientamento dell'edificio oggetto di studio sono state svolte in ambiente BIM. A tal riguardo è stata utilizzata

⁹ Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile.

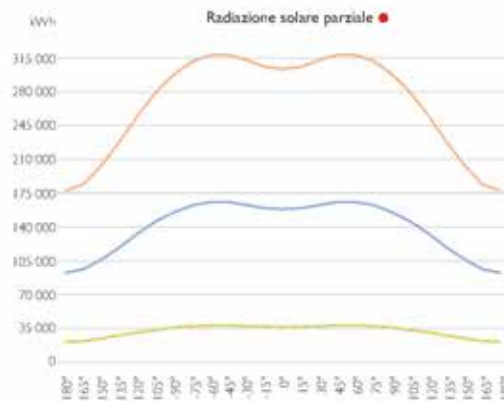
3.1.1 RADIAZIONE SOLARE

3.1 ORIENTAMENTO



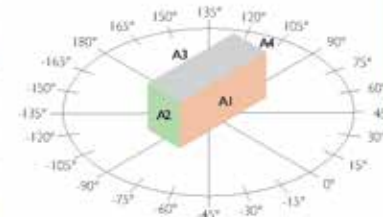
irraggiamento dei singoli prospetti è da considerarsi rispetto all'orientamento di A1

■ A1 ■ A2 ■ A3 ■ A4 ■ TOTALE



irraggiamento dei singoli prospetti è da considerarsi rispetto al proprio orientamento

■ A1 ■ A2 ■ A3 ■ A4



Schema rotazione prospetti
Ogni prospetto presenta superfici vetrate

A1				A2				A3				A4				TOTALE	
Azimet [°]	RGSAang [kWh/m²]	Sup. vetrate [m²]	RGSA [kWh]	Azimet [°]	RGSAang [kWh/m²]	Sup. vetrate [m²]	RGSA [kWh]	Azimet [°]	RGSAang [kWh/m²]	Sup. vetrate [m²]	RGSA [kWh]	Azimet [°]	RGSAang [kWh/m²]	Sup. vetrate [m²]	RGSA [kWh]	RGSA [kWh]	
-180	836	480,8	321268,8	105	1314	25,6	33638,4	15	1440	212,4	30556,8	-90	1405	25,6	30568	440791,2	
-165	870	480,8	343396	120	1202	26,6	30771,2	30	1478	212,4	312460,4	-75	1467	25,6	37555,2	477162,8	
-150	961	480,8	404778,8	135	1079	25,6	27622,4	45	1496	212,4	317750,4	-60	1497	25,6	38123,2	490174,8	
-135	1079	480,8	419533,2	150	964	25,6	24601,6	60	1497	212,4	317960,8	-45	1496	25,6	38292,6	500415,2	
-120	1202	480,8	433818,8	165	870	25,6	22272	75	1467	212,4	311590,8	-30	1471	25,6	37657,6	504702	
-105	1314	480,8	445911,2	180	836	25,6	21401,6	90	1405	212,4	29842,2	-15	1440	25,6	36864	502278,8	
-90	1405	480,8	455474	180	836	25,6	21401,6	105	1314	212,4	279093,6	0	1426	25,6	36505,6	492674,8	
-75	1467	480,8	462543,6	143	870	25,6	22272	120	1202	212,4	250304,8	15	1440	25,6	36864	476594,4	
-60	1497	480,8	46867,6	150	964	25,6	24601,6	135	1079	212,4	229179,6	30	1471	25,6	37657,6	457506,4	
-45	1496	480,8	463756,8	135	1079	25,6	25222,4	150	964	212,4	259146,4	45	1496	25,6	38292,6	435793,2	
-30	1478	480,8	429568,8	120	1202	25,6	30771,2	165	870	212,4	184788	60	1497	25,6	38323,2	484668,2	
-15	1440	480,8	339562	105	1314	25,6	33638,4	180	836	212,4	177566,4	75	1467	25,6	37555,2	463912	
0	1426	480,8	340003,2	90	1405	25,6	30768	180	836	212,4	177566,4	90	1405	25,6	30568	407503,2	
15	1440	480,8	339562	-75	1467	25,6	37555,2	165	870	212,4	184788	105	1314	25,6	33638,4	415533,6	
30	1478	480,8	429568,8	-60	1497	25,6	38323,2	150	964	212,4	259146,4	120	1202	25,6	30771,2	436497,6	
45	1496	480,8	463756,8	-45	1496	25,6	38292,6	135	1079	212,4	229179,6	135	1079	25,6	27622,4	440866,4	
60	1497	480,8	46867,6	-30	1471	25,6	37657,6	120	1202	212,4	250304,8	150	964	25,6	24601,6	483311,6	
75	1467	480,8	462543,6	-15	1440	25,6	36864	105	1314	212,4	279093,6	165	870	25,6	22272	500773,2	
90	1405	480,8	455474	0	1426	25,6	36505,6	90	1405	212,4	29842,2	180	836	25,6	21401,6	512053,2	
105	1314	480,8	445911,2	15	1440	25,6	36864	-75	1467	212,4	311590,8	180	836	25,6	21401,6	515447,6	
120	1202	480,8	433818,8	45	1496	25,6	38292,6	-60	1497	212,4	317960,8	-45	1496	25,6	22272	511074	
135	1079	480,8	419533,2	45	1496	25,6	38292,6	-45	1496	212,4	317750,4	-30	1471	25,6	24601,6	502020,8	
150	964	480,8	404778,8	45	1496	25,6	37305,2	-30	1471	212,4	313460,4	-15	1440	25,6	21401,6	484096,8	
165	870	480,8	363796	75	1467	25,6	38323,2	-15	1440	212,4	305566	-120	1202	25,6	30771,2	471366,4	
180	836	480,8	321268,8	90	1405	25,6	30568	0	1426	212,4	30382,4	-85	1314	25,6	33638,4	461117,6	

http://www.solaritaly.enea.it/CalcRgmIncl/Calcoli.php

ORIENTAMENTO E RADIAZIONE SOLARE MEDIANTE ENEA SOLARITALY

Attraverso il servizio di calcolo fornito da "Enea Solaritaly" si è preso in considerazione l'intero edificio, di cui sono stati numerati i prospetti (A1, A2, A3, A4) e si è calcolata la superficie vetrata di ogni prospetto basandosi sui disegni del progetto di partenza. Si è valutata la radiazione incidente su ciascun prospetto variandone di volta in volta l'orientamento di 15°. Moltiplicando la superficie vetrata di ogni prospetto per i valori di radiazione globale annua espressi in kWh/m² si ottiene la radiazione solare incidente espressa kWh. Infine, sommando i risultati ottenuti per ogni prospetto, abbiamo individuato il valore di radiazione solare maggiore (evidenziato in verde), ossia 515 477,6 kWh, che corrisponde all'orientamento di A1 di 105°, rispetto all'azimut zero. Assolutamente sfavorevole la rotazione -15°, a cui corrisponde una bassa radiazione solare pari a 408 312 kWh (evidenziato in rosso).

Fig. 9 – Tavola esemplificativa dell'analisi della radiazione solare incidente sull'edificio mediante l'applicativo EneaSolarItaly. (immagine di C. Bermond e A. Ruello)

l'estensione *Solar Analysis* disponibile per il *software* BIM Autodesk Revit, in grado di calcolare la radiazione solare incidente su una generica superficie dell'edificio, comprese le componenti dell'involucro trasparente; il principale vantaggio derivante da quest'ultima metodologia, rispetto al metodo analogico, è consistito nell'ottenere risultati più prossimi alla realtà, in quanto l'impiego di un modello digitale consente di tener conto dell'influenza della presenza di ostacoli esterni (edifici, vegetazione, rilievi, ecc...) oltre all'effetto ombreggiante derivante dalla forma dell'edificio stesso o dal posizionamento degli infissi rispetto all'involucro dell'edificio (Fig. 10). In entrambi i metodi, gli studenti hanno ottenuto un diagramma rappresentante l'andamento della radiazione solare globale annua¹⁰ incidente sulle superfici vetrate dell'edificio in funzione dell'orientamento di un prospetto scelto come riferimento, ottenendo, così, la posizione ottimizzante l'apporto della radiazione solare (Fig. 11).

L'orientamento prescelto è stato in seguito ulteriormente analizzato mediante una sua validazione rispetto al regime locale dei venti, valutando come questi vadano a impattare l'edificio oggetto di studio. In particolare, grazie all'ausilio di strumenti digitali interoperabili con *software* BIM è stato simulato l'andamento dei venti nella stagione invernale ed estiva. Gli studenti hanno valutato quali strategie progettuali adottare al fine di garantire il comfort degli utenti limitando, nel contempo, i consumi energetici (ad esempio la modifica dell'orientamento precedentemente ipotizzato o l'inserimento di alberature). A tal riguardo si è voluto garantire la massima permeabilità al vento nei mesi estivi, così da ottimizzare la ventilazione naturale e la conseguente azione rinfrescante; nel contempo, nei mesi invernali, si è deciso di massimizzare l'effetto schermante nei confronti dei venti freddi dato dalla presenza di ostacoli o dal particolare orientamento delle bucatore dell'involucro esterno dell'edificio, per limitare gli scambi termici con l'ambiente circostante, riducendo così i consumi legati al riscaldamento (Fig. 12).

¹⁰ L'unità di misura adottata per tale parametro è il kWh/m².

ANALISI IRRAGGIAMENTO REVIT

Dopo aver inserito il lotto nel sito considerando l'esposizione migliore, abbiamo ricavato le seguenti sezioni. Le prime tre, mostrano il posizionamento delle ville a schiera, mentre l'ultima rappresenta l'intero modello BIM che abbiamo creato.



Sezione A-A'



Sezione B-B'



Sezione C-C'

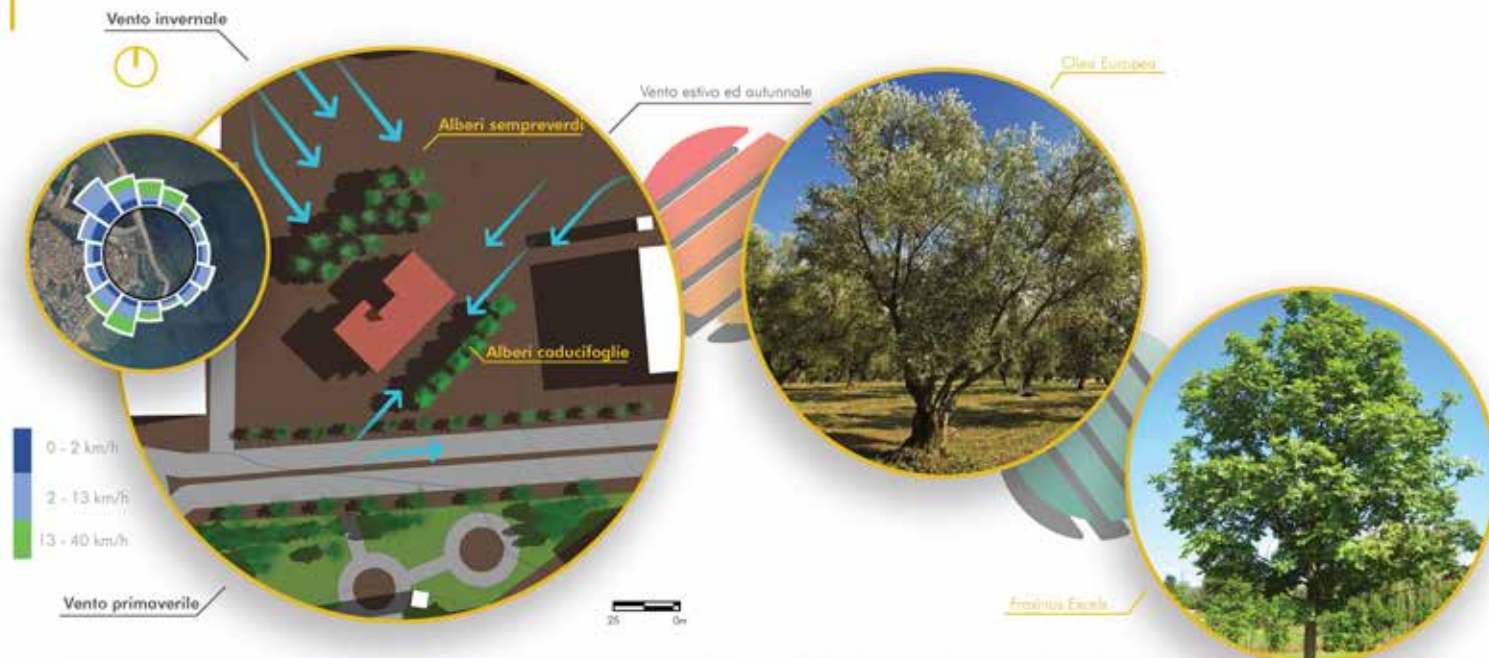


Sezione D-D'



2.01.2 ORIENTAMENTO/REGIME DEL VENTO

PRINCIPI TIPOLOGICI



L'aspetto del regime locale del vento è stato preso in considerazione sotto un duplice punto di vista. Da una parte si sfrutta la possibilità di poter indirizzare le brezze estive lungo le pareti esposte a Sud-Est e Sud-Ovest per mezzo di alberi caducifoglie che d'estate generano zone d'ombra sul terreno e d'inverno non ostacolano la radiazione solare che giunge con un angolo di incidenza minore. Dall'altra si è deciso di ridurre il carico termico dell'edificio davanti ai venti nord occidentali che, in media, spirano prevalentemente da dicembre a febbraio. Questo viene fatto piantando alberi sempreverdi che da una parte bloccano direttamente il flusso che lambisce la parete esposta a Nord-Est e allo stesso tempo impediscono la formazione di correnti che, deviate dalla fila di alberi a Est, potrebbero correre lungo le tre pareti dell'edificio comportando dispersioni di calore. Le soluzioni adottate funzionano tutto l'anno: i venti autunnali hanno direzione pari a quelli estivi e non vengono alimentati dagli

alberi spogli, quelli primaverili hanno influenza relativamente bassa perché smorzati dalla vegetazione già presente allo stato di fatto. La specie scelta per gli alberi sempreverdi è l'Olivo (*Olea Europaea*), presente sul territorio e tipico della macchia mediterranea. Per quanto riguarda la scelta degli alberi caducifoglie ci si è riferiti all'epoca di fogliazione e defogliazione delle varie specie. In particolare si è deciso di adottare alberi caratterizzati da epoca di defogliazione precoce (fino al 31 ottobre) in modo da evitare che questi alimentino i venti autunnali. L'epoca di fogliazione dovrebbe essere preferibilmente media o tardiva in modo da poter alimentare le brezze estive nei periodi effettivamente caldi. Queste peculiarità sono caratteristiche del Frassino comune (*Fraxinus Excelsa*) che, con un'epoca di fogliazione media (dopo il 1 aprile), corrisponde alla specie scelta per il lato sud-est.

Fonte: - Revit 2021, immagini estrapolate nell'anno 2019

Fig. 12 – Tavola esemplificativa dell'analisi del rapporto tra vegetazione e regime del vento. (Immagine di F. Campanini, C. De Nigris e M. Valentini)

Laddove non sia stato possibile ottimizzare l'orientamento secondo la suddetta strategia, sono stati impiegati dei sistemi di schermatura verde preferendo l'impiego di essenze caducifoglie: in estate con la loro chioma hanno una funzione ombreggiante, mentre nei mesi freddi massimizzano l'apporto della radiazione solare.

Infine, ulteriore parametro considerato ai fini della determinazione del migliore orientamento è stata la valutazione delle caratteristiche peculiari del sito e di come queste possano influenzare il benessere degli utenti, validando così quanto precedentemente individuato.

Altri aspetti analizzati relativi alle scelte tipologiche hanno riguardato caratteristiche quali il rapporto di forma S/V ¹¹ e la distribuzione degli spazi interni dell'edificio. In relazione a questi aspetti, fondamentale è stato l'apporto del modello BIM che ha consentito di delineare una rapida sintesi delle informazioni dimensionali consentendo la valutazione del grado di compattezza dell'edificio che, come noto, influenza notevolmente il comportamento energetico del sistema edilizio¹² (Fig. 13). Ulteriori analisi svolte sono consistite nell'evidenziare gli ambienti riscaldati all'interno dell'edificio, nello studio dell'organizzazione funzionale delle unità abitative e, infine, nel calcolo delle superfici vetrate per ogni singolo prospetto (Fig. 14).

2.4 Caratteristiche/scelte di dettaglio

L'ultima fase del percorso laboratoriale ha riguardato la definizione delle scelte di dettaglio; in tale momento, svolto interamente mediante l'utilizzo di *software* BIM, gli studenti hanno analizzato l'involucro

¹¹ Rapporto tra la superficie disperdente e il volume condizionato che consente di definire il grado di compattezza dell'edificio.

¹² C. Mitterer *et al.*, *Optimizing Energy Efficiency and Occupant Comfort with Climate Specific Design of the Building*, in «Frontiers of Architectural Research», 1, 3, 2012, pp. 229-35, <https://doi.org/10.1016/j.foar.2012.06.002>.



RAPPORTO SUPERFICI DISPERDENTI VOLUME RISCALDATO

Per effettuare il calcolo del rapporto tra le superfici disperdenti ed il volume riscaldato dell'edificio, come prima cosa sono state individuate, in pianta, le porzioni del progetto soggette a condizionamento invernale e/o estivo da quelle non soggette, ossia il vano scala ed i balconi. Il vano scala è situato parzialmente all'interno dell'edificio e ciò comporta che una parte di locali riscaldati entra in contatto con esso provocando, purtroppo, una maggiore dispersione di calore dell'edificio. Questa potrebbe essere diminuita nell'ipotesi in cui il vano scala fosse posizionato esternamente al volume totale dell'edificio, senza che si crei dunque un contatto tra le pareti interne dei locali riscaldati

con quelle del vano scala non riscaldato. Determinato dunque il valore totale della superficie disperdente dell'edificio è stato possibile rapportare questo risultato con il valore del volume riscaldato che, nel caso in oggetto, si tratta del volume ricompreso tra i due piani dell'edificio. Eseguendo questo rapporto si denota un risultato pari a $0,83 \text{ m}^3$, il quale simboleggia un valore relativamente alto. Un rapporto Superficie/Volume alto necessiterà di un isolamento molto maggiore per raggiungere buone prestazioni energetiche, fondamentali all'interno della progettazione sostenibile, in modo tale da garantire una continuità dell'involucro esterno.

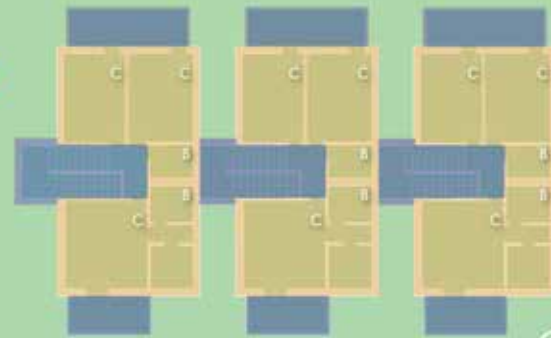


- Sottotetto
- Pareti
- Solato controterra

- Superficie non riscaldata
- Superficie riscaldata



PIANTA PIANO TERRA



PIANTA PRIMO PIANO

Superficie disperdente	m ²
Sottotetto	240,63
Pareti	200,37
Solato controterra	205,74
Tot. Superficie Disperdente	646,74

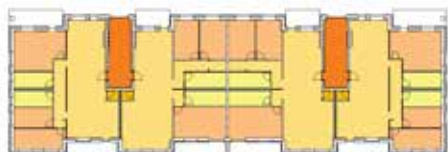
Totale volume riscaldato = $773,37 \text{ m}^3$

$$\frac{\text{Superficie disperdente}}{\text{Volume riscaldato}} = \frac{646,74 \text{ m}^2}{773,37 \text{ m}^3} = 0,83 \text{ m}^3$$

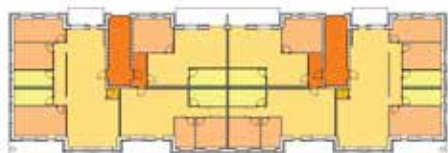
Fig. 13 – Tavola esemplificativa dell'analisi del rapporto tra superficie disperdente e volume riscaldato nell'edificio. (Immagine di M. G. Grosso e C. Rotelli)



Pianta del piano terra



Pianta del primo e terzo piano



Pianta del secondo piano

	Vano scala (m ²)	Cantine (m ²)	Locali tecnici (m ²)	Zona giorno (m ²)	Zona notte (m ²)	Bagni (m ²)
Piano terra	31,4	252,5	11,2	15	-	-
1° piano	34,8	-	-	287,6	170,8	35,4
2° piano	34,8	-	-	297,6	133,2	37
3° piano	34,8	-	-	287,6	170,8	35,4

Tabella metrature locali



Prospecto A1 - prospetto sud-est



Prospecto A3 - prospetto nord-ovest

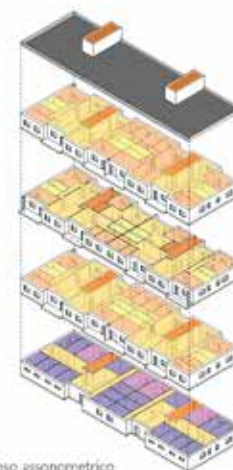


Prospecto A4 - prospetto nord-est

Prospecto A2 - prospetto sud-ovest

	Superficie vetrate (m ²)	Superficie opache (m ²)	Superficie totale (m ²)	Superficie vetrata (%)
Prospecto A1	108	354	464	23,27
Prospecto A2	21	205	226	9,29
Prospecto A3	99	465	564	17,55
Prospecto A4	21	205	226	9,29

Tabella superficie vetrate - opache



Esplosio assonometrico

DISPOSIZIONE DEI LOCALI

Nella prima parte della presente tavola, sono riportati i livelli costruttivi dell'edificio ossia piano terra, primo e terzo piano, secondo piano.

Lo schema progettuale prevede due entità distinte, ma strutturate in un'unico edificio, che, pertanto, si caratterizza da due ingressi e due vani scala.

I piani analizzati sono adibiti a: locali cantine e vani tecnici al piano terra; quattro unità abitative al piano 1°-3°; sei unità al piano 2°.

Ciascun appartamento è suddiviso in zona giorno, comprensiva di cucina e soggiorno, e di una zona notte complete di servizi.

Nella prima tabella a margine, sono riportate tali suddivisioni con relative metrature.

SUPERFICI VETRATE

Nella seconda parte vengono riportati i prospetti dell'edificio nei quali sono state evidenziate le superfici vetrate e nella successiva tabella sono state indicate le relative quotature.

Fig. 14 – Tavola esemplificativa dell'analisi della distribuzione degli spazi interni e delle superfici vetrate. (Immagine di C. Bermond e A. Ruello)

edilizio optando per una serie di scelte progettuali finalizzate a una sua ottimizzazione in chiave sostenibile.

In primo luogo, partendo dal progetto sviluppato nel corso di Architettura Tecnica, il modello elaborato durante le precedenti fasi è stato ulteriormente completato inserendo informazioni inerenti la definizione stratigrafica dei singoli elementi costruttivi; in questa fase, inoltre, gli studenti hanno definito i materiali costituenti l'involucro edilizio, scegliendo tra le diverse soluzioni presenti sul mercato, privilegiando scelte sostenibili dal punto di vista ambientale (predilezione per materiali locali ed ecocompatibili) ed economico (Fig. 15).

Ai fini di una maggiore definizione delle strategie atte all'efficientamento energetico dell'edificio, le scelte di dettaglio, operate precedentemente, sono state validate mediante l'impiego di un *software* BEM¹³ (Fig. 16). In particolare, si è verificato l'intero involucro edilizio secondo la normativa vigente nel territorio all'interno del quale è stata collocata la costruzione, andando ad analizzare le singole componenti edilizie ed elementi di criticità quali i ponti termici. Per quest'ultimo aspetto, sono state effettuate analisi agli elementi finiti (FEM) sui singoli punti di debolezza dell'involucro edilizio, arrivando così alla definizione della soluzione di dettaglio più performante (Fig. 17).

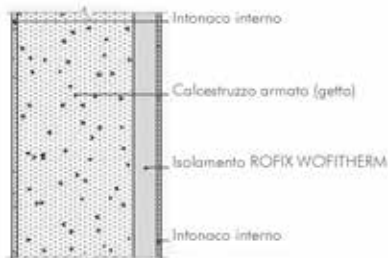
Infine, le suddette operazioni hanno portato alla definizione del modello BIM completo contenente tutte le stratigrafie adottate a seguito dell'analisi energetica e ulteriormente arricchito con elaborati grafici atti alla definizione dei nodi costruttivi inerenti i punti di maggiore criticità dell'organismo edilizio (ad esempio, intersezione tra primo calpestio involucro esterno, nodo trave perimetrale-tamponatura-solaio intermedio, nodo copertura-tamponatura verticale, ecc...); tale operazione è stata principalmente finalizzata all'offrire

¹³ BEM: Building energy model. Il software impiegato è *Termolog*, sviluppato dalla Logical Soft.

ELEMENTI COSTRUTTIVI

MODELLO BEM

M8 (vano scala)



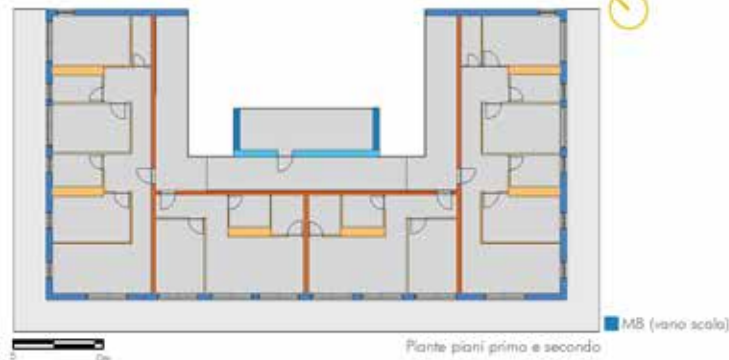
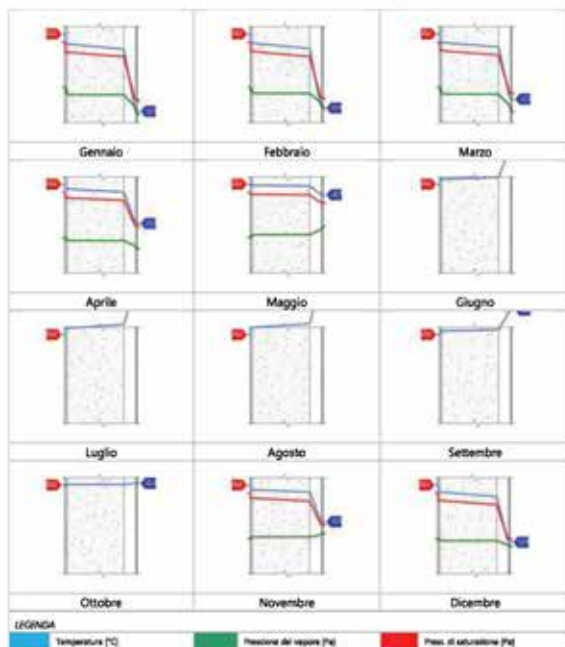
Spessore	380,0 mm	Trasmittanza	0,506 W/m ² K
Resistenza	1,977 m ² K/W	Massa superf.	727 kg/m ²
Tipologia	Parete		
Descrizione			

STRATIGRAFIA

	Spessore s mm	Conduttività λ W/(mK)	Resistenza R m ² /W	Densità ρ kg/m ³	Capacità C kJ/(kgK)	Fattore μ	
Adduttanza interna (flusso orizzontale)							
A	Intonaco interno	10,0	0,700	0,014	1,400	1,00	11,1
B	Calcestruzzo armato (getta)	300,0	1,910	0,137	2,400	1,00	999,999,0
C	Isolamento ROFIX WOFITHERM	80,0	0,037	1,633	110	2,10	3,0
D	Intonaco interno	10,0	0,700	0,014	1,400	1,00	11,1
Adduttanza esterna (flusso orizzontale)							
TOTALE	380,0	-	1,977	-	-	-	-

VERIFICA DI TRASMITTANZA - LIMITI RELATIVI ALLA NORMATIVA NAZIONALE LEGGE 90

Comune	Crotone
Zona climatica	B
Trasmittanza	0,506 W/m ² K
Trasmittanza limite	0,800 W/m ² K
Esito della verifica	OK

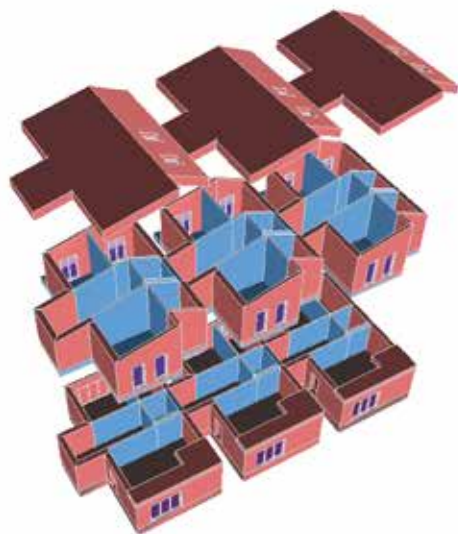


M8 è il tamponamento del vano scala, costituito principalmente da un getto di calcestruzzo armato e dotato di uno strato isolante ai fini del rispetto delle verifiche termo-igrometriche eseguite dal software

Fig. 15 – Tavola esemplificativa dell'analisi sulle stratigrafie degli elementi costruttivi dell'edificio oggetto di studio. (Immagine di F. Campanini, C. De Nigris e M. Valentini)

4 analisi energetica in BEM

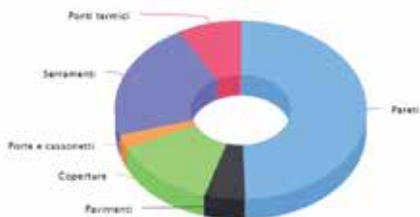
verso di dispersione



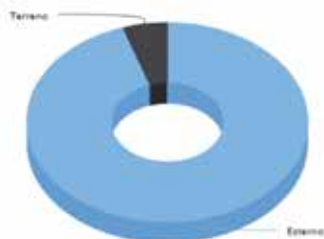
esterno ■
 interno alla zona ■
 terreno ■

calcolo e verifica del coefficiente medio globale di scambio termico H'T

- Scambi termici per tipologia [W/K] / Intero edificio



- Scambi termici per verso [W/K] / Intero edificio



Come detto in precedenza, lo studio delle caratteristiche dei materiali è stato fondamentale per elaborare le stratigrafie, in seguito dettagliate: a tale scopo ha avuto grande rilevanza la consultazione delle schede tecniche commerciali dei prodotti.

Dal momento che il progetto è stato collocato in un sito specifico a cui corrispondono dei requisiti minimi normati, si è resa necessaria la modifica dei materiali e dei relativi spessori rispetto agli elementi costruttivi di base. Ad esempio, in considerazione del fatto che il progetto si colloca in zona climatica E, è stato aumentato lo spessore dell'isolamento termico per tutti gli elementi dell'involucro. Per le verifiche si fa riferimento alla Normativa Nazionale: L. 90/2013 - D.M. (Requisiti Minimi).

L'edificio, come evidenziato nello schema a sinistra, è privo di zone non riscaldate all'interno; gli elementi confinanti con l'esterno, facenti parte dell'involucro, sono la copertura, il solaio controterra, il soffitto della parte terrazzata e i muri perimetrali.

Nei diagrammi a torta sulla destra, si può osservare la sintesi delle analisi compiute con l'impiego del coefficiente H'T - che fornisce la misura della trasmittanza termica globale -, la cui verifica risulta soddisfatta in relazione alle singole unità immobiliari e all'intero edificio (cfr. tabella in basso).

Dai grafici si evince principalmente che - nel calcolo dello scambio termico le pareti hanno rispetto agli altri elementi una incidenza molto alta (circa la metà), seguite in percentuale dai serramenti.

Nelle pagine seguenti sono riportate:

- le stratigrafie di ciascun elemento costruttivo con le relative caratteristiche energetiche e le verifiche termiche e alla condensa

- la verifica dei più importanti ponti termici con le relative verifiche della trasmittanza lineica e della muffa.

dati generali		calcolo e verifica del coefficiente medio globale di scambio termico HT				
indirizzo	comune: Polistri (AO)	unità immobiliare	A netta	HT	H'T limite	
intervento	normativa: Normativa Nazionale L. 90/2013 - D.M. Requisiti Minimi	unità immobiliare 01	465.18	0.229	0.5	si
	tipo di intervento: nuova costruzione	unità immobiliare 02	456.47	0.232	0.5	si
	uso prevalente: abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo	unità immobiliare 03	453.99	0.234	0.5	si
		intero edificio	1375.54	0.232	0.5	si

fonte: Termolog

gruppo 06: Chiara Cirabisi
 Giuliana Ferrucci

corso di Progettazione sostenibile dell'architettura
 A.A. 2020/2021

Fig. 16 – Tavola esemplificativa dell'analisi BEM sull'edificio oggetto di studio. (Immagine di C. Cirabisi e G. Ferrucci)

PONTE TERMICO - INCROCIO A T M1 - M5

DETTAGLIO DEI MATERIALI

Materiale	λ [W/mK]
1 Rasante + collante Roxif Unistar Light	0,360
2 Isolamento ROFOX WORTHERM	0,037
3 laterizio 25x30x25	0,192
4 Intonaco interno	0,700
5 Rasante + collante Roxif Unistar Light	0,360
9 Rasante + collante Roxif Unistar Light	0,360
12 Intonaco interno	0,700
14 laterizio B X 25 X 25	0,213
15 pannello fonotermoisolante	0,035
16 A/ia 200 mm (flusso orizzontale, aperture 500 - 1500 mm2)	2,220
17 pannello fonotermoisolante	0,035
18 laterizio B X 25 X 25	0,213

DETTAGLIO DEI CONFINI

Confine	T [°C]	R [m²K/W]
1 Temperatura esterna: direzione orizzontale del flusso	10,5	0,04
2 Temperatura interna: direzione orizzontale del flusso	20,0	0,13
3 Temperatura interna: direzione orizzontale del flusso	20,0	0,13
4 Temperatura interna: direzione orizzontale del flusso	20,0	0,13
5 Temperatura interna: direzione orizzontale del flusso	20,0	0,13

DETTAGLIO DI PRESSIONE E TEMPERATURA VALUTATI LUNGO TUTTO L'ARCO DELL'ANNO

Mese	Te [°C]	pe [%]	Pe [Pa]	Δp [Pa]	Pi [Pa]	Psi [Pa]	Tsi [°C]	Ti [°C]	fRsi
dicembre	13,00	91,1	1.363,7	348,5	1.712,2	2.140,3	18,59	20,00	0,7982
gennaio	10,50	80,7	1.024,1	437,3	1.461,4	1.826,7	16,08	20,00	0,5875
febbraio	10,90	86,5	1.127,4	423,1	1.550,4	1.938,0	17,01	20,00	0,6716
marzo	12,00	75,7	1.061,2	384,0	1.445,2	1.806,5	15,91	20,00	0,4883

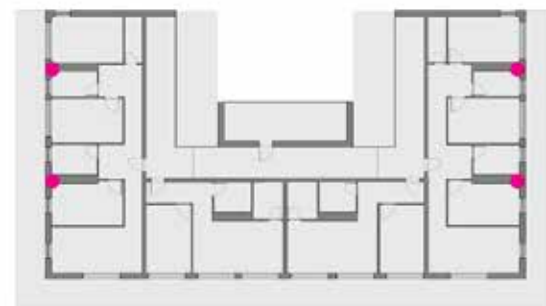
RISULTATI DI CALCOLO

Flusso Φ	0,82	W/m
Ψ interno	0,1064	W/mK
Ψ esterno	-0,0058	W/mK
Coefficiente di accoppiamento L2D	0,72	W/mK
Temperatura minima	19,3	°C

Te temperatura esterna medio mensile [°C]
 pe umidità relativa esterna [%]
 Pe pressione esterna [Pa]
 Δp variazione di pressione [Pa]
 Pi pressione interna [Pa]
 Psi pressione di saturazione interna [Pa]
 Tsi Temperatura superficiale interna [°C]
 Ti fattore di resistenza superficiale

ESITO DELLA VERIFICA DI ASSENZA DI MUFFA

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fRsi	0,992
Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fRsiAmm	0,798
Mese critico	Dicembre
ESITO VERIFICA DI CONDENZA SUPERFICIALE	fRsi > fRsi,max assenza di muffa

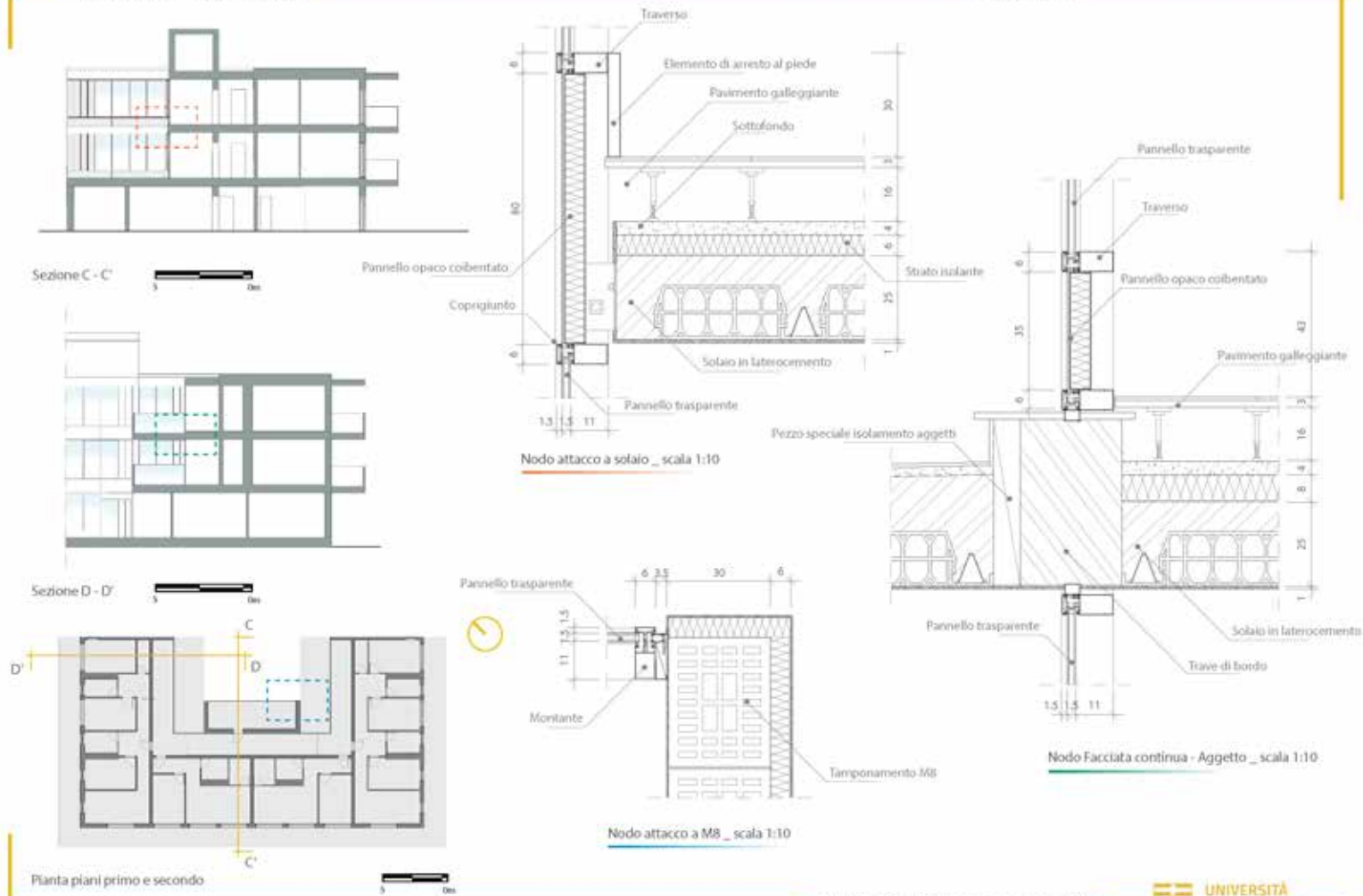


● Ponte termico - incrocio a T M1 - M5
 Pianta piani primo e secondo

Fig. 17 – Tavola esemplificativa dell’analisi FEM sui ponti termici nell’edificio oggetto di studio. (Immagine di F. Campanini, C. De Nigris e M. Valentini)

agli studenti una piena comprensione dei processi di realizzazione in cantiere dell'opera edile (Fig.18).

Il percorso laboratoriale mostrato nel presente paragrafo testimonia il legame che sussiste tra l'adozione di scelte progettuali sostenibili e una completa digitalizzazione del processo edilizio. In particolare, si è voluto trasmettere agli studenti un esempio di iter progettuale atto a dimostrare come l'impiego di un software BIM sia un metodo e uno strumento di fondamentale supporto all'applicazione dei principi di una corretta progettazione sostenibile.



Laboratorio di Progettazione esecutiva in ambiente BIM
 Anno Accademico 2020/2021
 Gruppo 4: F. Campanini, C. De Nigris, M. Valentini



Fig. 18 – Tavola esemplificativa dello studio dei particolare costruttivi realizzata su software Autodesk Revit. (Immagine di F. Campanini, C. De Nigris e M. Valentini)

Renata Morbiducci, è architetto, dottore di ricerca in ingegneria delle strutture. Professore ordinario di architettura tecnica e docente per Corsi di Dottorato, di Master e di Corsi universitari in Ingegneria e Architettura. È membro dell'ONG RINGO, Delegazione COP-UNFCCC. È responsabile scientifico di progetti internazionali e nazionali. Ha svolto attività di ricerca presso la University of Colorado (Boulder) e la Northwestern University (Evanston Chicago) ed è stata docente presso la Florida International University (FIU).

Il settore delle costruzioni sta entrando nella nuova era di trasformazione circolare e digitale dell'economia, con un rapido allineamento dei processi di produzione, costruzione e gestione ai principi dell'industria 4.0. La codifica di quelle che possono essere definite «scelte progettuali sostenibili» può essere definita investigando i principali ambiti annessi alla progettazione tecnica dell'architettura e dell'edilizia. A partire degli insegnamenti dei corsi universitari si possono distinguere numerosi ambiti di azione culturale teorica e applicativa dove analizzare gli sviluppi dei diversi aspetti inerenti l'innovazione nella progettazione sostenibile del costruito. Il presente volume contiene contributi di Renata Morbiducci, Clara Vite, Salvatore Polverino e Vittoria Bonini; in tali contributi gli autori analizzano i possibili strumenti al servizio di una progettazione sostenibile dell'architettura e di una sua declinazione nella didattica universitaria dal punto di vista teorico-applicativo.

e-ISBN: 978-88-3618-232-9

In copertina:
Sostenibilità
composizione di Alessandro Castellano, 2023