



POLITECNICO
MILANO 1863

POLO TERRITORIALE DI
LECCO

Scuola di Architettura Urbanistica Ingegneria delle Costruzioni

Corso di Laurea magistrale in Ingegneria Edile – Architettura

MUSIC SCHOOL

Tra Lario e Grigna

**Riqualificazione di edificio pubblico storico a scuola di musica
e progetto di un centro polifunzionale a Mandello del Lario.**

Relatore: Prof.ssa Elisabetta Rosina

Tesi di Laurea di

Mara COLOMBO
Elisa RIGAMONTI

Matr. 665065
Matr. 662824

Anno Accademico 2015-2016

INDICE

INDICE DELLE FIGURE	6
INDICE DELLE TABELLE	12
INDICE DELLE TAVOLE.....	14
ABSTRACT	17
ABSTRACT - ENGLISH VERSION	20
1. MUSIC SCHOOL NEL LECCHESE.....	24
1.1 Analisi delle funzioni simili.....	24
2. CONOSCERE IL TERRITORIO	27
2.1 Localizzazione geografica	27
2.2 I caratteri naturali	27
2.2.1 Morfologia.....	27
2.2.2 Analisi del Verde.....	30
2.2.3 Clima.....	33
2.3 L'evoluzione storica del Comune di Mandello del Lario.....	36
2.3.1 Cenni storici.....	36
2.4 I caratteri antropici	42
2.4.1 Analisi dei Pieni e dei Vuoti	42
2.4.2 Uso del suolo e analisi delle funzioni	43
2.4.1 Analisi della Viabilità	46
3. SINTESI E SVILUPPO DELL'IDEA	49
3.1 SWOT a livello comunale	49
3.2 Analisi SWOT locale	50
4. CONOSCERE L'EDIFICIO	53
4.1 Inquadramento fotografico	53
4.2 Dati storici	54
4.2.1 La Frazione Molina	54
4.2.2 L'edificio di Via Dante Alighieri	59
4.3 Le modifiche apportate nel corso degli anni	61
4.4 I vincoli	65
4.4.1 D.Lgs. 42/2004 e s.m.i.....	65
4.4.2 Piano di Governo del Territorio (PGT).....	65
4.5 Descrizione del corpo di fabbrica	66
4.5.1 L'esterno.....	66
4.5.2 L'interno.....	67
4.6 Rilievo geometrico	70
4.6.1 Premessa.....	70
4.6.2 Strumenti e procedimento di rilevazione.....	70
4.6.3 Risultati	72
4.6.4 Criticità.....	72
4.7 Rilievo materico	73
4.7.1. Obiettivi.....	73
4.7.2. Ipotesi	73

4.7.3. Procedimento di rilevazione	74
4.7.4. Materiali rilevati	74
4.7.5. Risultati	75
4.7.6. Criticità.....	76
4.8 Rilievo del degrado.....	76
4.8.1. Procedimento di rilevazione	76
4.8.2 Patologie riscontrate.....	77
4.8.3. Risultati	78
4.8.4. Conclusioni.....	80
4.9 Le schede d'intervento	80
5. IL PROGETTO DELLA SCUOLA DI MUSICA	113
5.1 Breve descrizione degli interventi in progetto.....	113
5.2. Il Lay-out interno	115
5.3. Accessibilità	117
5.4. Requisiti acustici passivi.....	119
5.4.1. Obiettivi.....	119
5.4.2. La normativa di riferimento.....	119
5.4.3. Facciata aula primo piano esposizione Nord-Est	121
5.4.4. Infissi.....	122
5.4.5. Permeabilità all'aria	123
5.4.6. Caratteristiche delle prestazioni dei serramenti	124
5.4.7. Verifica della facciata – D2m,nT,w.....	125
5.4.8. Parete di separazione tra aula e aula – Piano Primo – Esposizione Nord-Est.....	126
5.4.9. Verifica della parete divisoria – R'w.....	127
5.4.10. Solaio tra piano primo e secondo	128
5.4.11. Verifica del solaio tra piano primo e secondo– L'nw	130
5.6. Rapporto aero-illuminante	133
5.7. Fattore di luce diurna – Luminanza - Illuminamento.....	134
6. IL MASTERPLAN	136
6.1 Obiettivi	136
6.2 Gli interventi	137
6.2.1. Ridefinizione viabilità pedonale su Via Dante Alighieri	137
6.2.2. Riqualificazione piazza IV Novembre	138
6.2.3. Riqualificazione argini Torrente Meria.....	139
6.2.4. Connessioni tra edificio esistente e nuovo centro polifunzionale.....	140
6.2.5. Conclusioni.....	140
6.3 Il centro polifunzionale.....	141
6.3.1. Il Concept	141
6.3.2. I riferimenti progettuali.....	142
6.3.3. L'organizzazione funzionale	145
6.3.4. Caratteristiche dei locali interni	145
6.3.5 La scelta dei materiali	148
6.4 Accessibilità	152
6.5 Impianti tecnologici.....	152
6.6 La prevenzione incendi.....	160
6.6.1 Regola Tecnica.....	160
6.6.2. Attività soggette al controllo periodico di prevenzione	160
6.6.3 Scelta dell'area e accesso.....	161
6.6.4 Ubicazione ai piani interrati	161
6.6.5 Carico d'incendio	161
6.6.6 Resistenza al fuoco	163
6.6.7 Reazione al fuoco.....	163

6.6.8 Distribuzione e sistemazione dei posti nella sala.....	165
6.6.9 Misure per l'esodo del pubblico dalla sala	166
6.6.10 Mezzi ed impianti di estinzione degli incendi.....	168
6.6.11 Impianto di rivelazione e segnalazione automatica degli incendi.....	169
6.6.12 Segnaletica di sicurezza.....	169
7. IL PROGETTO STRUTTURALE.....	170
7.1 Caratteristiche del sito	170
7.2 Normativa di riferimento	172
7.3 Piante Strutturali.....	173
7.4. Predimensionamento della copertura.....	174
7.4.1. Analisi dei carichi.....	174
7.4.2 Schema strutturale della copertura	176
7.4.3 Predimensionamento del solaio autoportante di copertura	177
7.4.4. Predimensionamento travi secondarie tipo T-01	179
7.4.5. Predimensionamento travi secondarie tipo T-02	182
7.4.6. Predimensionamento Travi Primarie	185
7.5. Solaio interpiano info point.....	188
7.5.1. Analisi Dei Carichi.....	188
7.5.2. Schema Strutturale Solaio Interpiano	189
7.5.3. Predimensionamento Solaio Collaborante Interpiano	190
7.5.4. Predimensionamento Travi Terziarie T1.....	192
7.5.5. Predimensionamento Travi Secondarie T2	195
7.5.6. Predimensionamento Trave T0.6	198
7.5.7. Predimensionamento Trave T0.7	199
7.6. Predimensionamento pilastro H. 6 m.....	201
7.6.1. Analisi dei carichi.....	201
7.6.2. Combinazione di Carico SLU	202
7.6.3. Predimensionamento Pilastro	202
7.7 Predimensionamento pilastro H. 4,50 m.....	205
7.7.1. Analisi dei carichi.....	205
7.7.2. Combinazione di Carico SLU	206
7.7.3. Predimensionamento Pilastro	207
8. PROGETTO TECNOLOGICO	210
8.1 Applicazione del DGR 6480 del 30.07.2015	210
8.1.1 Criteri generali per il calcolo dell'efficienza energetica degli edifici [Cap.4 – DGR 6480/2015]	210
8.1.2 Prescrizioni comuni per gli edifici di nuova costruzione, gli edifici oggetto di ristrutturazioni importanti o gli edifici sottoposti a riqualificazione energetica [Cap.5 – DGR 6480/2015]	210
8.1.3 Requisiti comuni a tutte le tipologie di intervento [Cap.5 – DGR 6480/2015]	211
8.1.4 Requisiti e prescrizioni specifici per gli edifici di nuova costruzione o soggetti a ristrutturazioni importanti di primo livello. Requisiti degli edifici a energia quasi zero. [Cap.6 – DGR 6480/2015]	212
8.2 Progetto nuovo edificio polifunzionale	212
8.2.1 Definizioni Requisiti e Verifiche da soddisfare [Cap.6 – DGR 6480/2015].....	212
8.2.2 Verifiche progetto del nuovo edificio polifunzionale	214
8.2.3 Conclusioni sui dati ottenuti dal calcolo delle prestazioni energetiche edificio esistente.	216
8.3 Progetto edificio esistente adibito a scuola di musica	217
8.3.1 Requisiti e prescrizioni specifici per gli edifici soggetti a ristrutturazioni importanti di secondo livello [Cap.7-8 – DGR 6480/2015].....	217
8.3.2 Scelte progettuali edificio esiste adibito a scuola di musica	219

8.3.4 Conclusioni sui dati ottenuti dal calcolo delle prestazioni energetiche edificio esistente	228
8.4 Attestato di Prestazione Energetica (APE) [Cap.10,11,15 – DGR 6480/2015] .	229
8.4.1 Elementi per calcolo dell'indice di prestazione energetica.....	231
8.4.2 APE Edificio Polifunzionale	232
8.4.3 APE Edificio Esistente senza intervento di ristrutturazione.....	235
8.4.4 APE Edificio Scuola di Musica nuovo progetto di ristrutturazione.....	238
8.4.5 Confronto tra i Stato di Fatto ed edificio di progetto.....	241
9. IL PROGETTO ILLUMINOTECNICO	243
9.1 La radiazione solare	243
9.2 I parametri da calcolare.....	244
9.3 La luce naturale	246
9.4 La scelta dei vetri	247
9.4.1 Prestazioni meccaniche e sicurezza del vetro	247
9.4.2 Il vetro float	247
9.4.3 Le caratteristiche energetiche del vetro float	248
9.4.4 Tipi di vetri rivestiti	249
9.5 Calcolo illuminotecnico dell'Infopoint	257
9.5.1 Calcolo ILLUMINAMENTO	258
9.5.2 Calcolo LUMINANZA	261
9.5.3 Calcolo FATTORE DI LUCE DIURNA	263
CONCLUSIONI	264
BIBLIOGRAFIA	266
BIBLIOGRAFIA.....	267
SITI INTERNET.....	268
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	269

INDICE DELLE FIGURE

Fig. 1 - Estratto della Tav. 01 – Analisi delle funzioni simili	25
Fig. 2 - Localizzazione geografica nazionale	27
Fig. 3 - Localizzazione geografica regionale.....	27
Fig. 4 - Localizzazione geografica provinciale	27
Fig. 5 - Foto Panoramica estratta da Google Earth – Image 2016 – Digital Globe	28
Fig. 6 - Foto Panoramica di Mandello del Lario, scattata dal Comune di Barni	28
Fig. 7 - I percorsi del Grignone o Grigna Settentrionale - Fonte: Guida Provincia di Lecco - Settore Turismo	29
Fig. 8 - Estratto Tavola 03 – Analisi del Verde	30
Fig. 9 - Estratto Tavola 03 – Analisi del Verde intorno all'area di progetto.....	31
Fig. 10 - Estratto Tavola 03 – Analisi del Verde “Giardini di Piazza Gera”.....	32
Fig. 11 - Diagramma della radiazione solare – Latitudine 45° Nord	35
Fig. 12 - Massima estensione del feudo di Mandello, 1537-1780 Fonte “Oppidum Mandelli”, pag. 74	36
Fig. 13 - Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, fonte Oppidum Mandelli, p.533.....	37
Fig. 14 - Stabilimento e Villaggio Guzzi, foto anni’ 50 - Fonte “Oppidum Mandelli, p. 521. 39	
Fig. 15 - Estratto Tavola 10 – Analisi dei nuclei storici.....	40
Fig. 16 - Veduta del borgo di Mandello, anno 1850 fonte “Oppidum Mandelli”, p. 140.....	40
Fig. 17 - Estratto Tavola 02 – Analisi dei Pieni e dei Vuoti.....	42
Fig. 18 - Estratto Tavola 07 – Analisi del Tessuto Urbano.....	43
Fig. 19 - Estratto Tavola 09 – Analisi della Produzione Industriale.....	44
Fig. 20 - Estratto Tavola 08 – Analisi delle Funzioni	45
Fig. 21 - Estratto Tavola 04 – Analisi della Viabilità.....	47
Fig. 22 - Estratto Tavola 05 – Analisi degli Attraversamenti.....	47
Fig. 23-Estratto Tavola 11 – Analisi SWOT a livello comunale	49
Fig. 24 - Estratto Tavola 17 – Analisi SWOT locale.....	50
Fig. 25 - Estratto Tavola 77 – Prospetti.....	51
Fig. 26 - Estratto tavola dei collegamenti tra edificio di studio e luoghi pubblici	53
Fig. 27 – Estratto Tavola 12 – Inquadramento fotografico	54
Fig. 28 - Targa esplicativa del Mulino Ripamonti, frazione Molina.....	55
Fig. 29 - Targa esplicativa del mulino Mainetti, frazione Molina	55
Fig. 30 - Cartolina storica - Frazione Molina, 1930.....	56
Fig. 31 - Frazione Molina in una copia fatta dall'originale Catasto Teresiano del 1722, in azzurro il torrente Meria, in arancione le strade	57
Fig. 32 - Estratto Tavola 15 - Analisi delle tappe evolutive di Frazione Molina	57
Fig. 33 - Riproduzione catastale del nucleo storico di Molina - anno 1958	58
Fig. 34 - Targa commemorativa installata sulla parete orientale dell'edificio	59
Fig. 35 - Archivio di Stato di Como, Catasto Teresiano, Molina, 1722	60
Fig. 36 - Archivio di Stato di Como, Catasto Lombardo Veneto, Molina, 1859	60
Fig. 37 - Archivio di Stato di Como, Catasto Lombardo Veneto, Molina, 1898	60
Fig. 38 – Particolare del bassorilievo con stemma del Comune di Rongio - Prospetto Sud	61
Fig. 39 – Archivio comunale di Mandello, scheda catastale Molina, 2010	62
Fig. 40 - Archivio comunale di Mandello, scheda catastale Molina, 2011 - Aggiornamento	62
Fig. 41 - Fotografia dell'interno – sala civica – anno 2010.....	63

Fig. 42 -Fotografia della scala interna di accesso ai piani superiori – anno 2015	63
Fig. 43 - Estratto PRG, 2006	64
Fig. 44 - Lavori in corso giardino pubblico, Luglio 2007.....	64
Fig. 45 - Foto edificio di progetto e sullo sfondo Casa Angeloni e la discarica dei Turcèè, 1980-85.....	64
Fig. 46 - Lavori di apertura del locale a piano terra e, sullo sfondo parco giochi, 2007	64
Fig. 47 - Sponda occidentale del torrente Meria - Area a Parcheggio pubblico.....	64
Fig. 48 – Sponda occidentale del torrente Meria - Chiesa di San Rocco e parco giochi... 64	64
Fig. 49 - Stralcio P.G.T. - classificazione ambiti (Estratto Tav.16)	65
Fig. 50 - Fotografia del prospetto Sud dell'edificio, 2015	66
Fig. 51 - Fotografia del prospetto Nord-Est dell'edificio, 2015	66
Fig. 52 - Elaborato planimetrico, Catasto Fabbricati, 12.04.2011	67
Fig. 53 - Fotografia dell'atrio di ingresso, Marzo 2015.....	68
Fig. 54 - Fotografia scala interna, 2015.....	68
Fig. 55 - Pianta Piano Terra – SdF.....	68
Fig. 56 - Pianta Piano Primo - SdF	68
Fig. 57 - Fotografia locale a piano terra affacciato sul prospetto sud	69
Fig. 58 - Fotografica di una sala interna al piano primo, Maggio 2014	69
Fig. 59 - Fotografia atrio di ingresso uffici al piano primo, Maggio 2014	69
Fig. 59 - Fotografia locale a piano terra affacciato sul prospetto sud	70
Fig. 60 - Stralcio tav.26 "Rilievo geometrico Prospetto Sud" – disegno fuori scala	71
Fig. 61 - Stralcio tav.24 "Rilievo geometrico Sezione A-A" – disegno fuori scala.....	71
Fig. 62 - Stralcio tav.25 "Rilievo geometrico Sezione B-B" – disegno fuori scala	72
Fig. 63 - Esempio di muratura mista di pietrame e mattoni	73
Fig. 64 - Stratigrafia tipo - Trattato di restauro architettonico, G. Carbonara - UTET Torino, 1996.....	73
Fig. 65 - Esempio di solaio latero-cementizio, Tav. LIII, C. Formenti, R. Cortelletti	74
Fig. 66 - Legenda del rilievo materico – estratto tavole del rilievo materico.....	74
Fig. 67 - Legenda codici di riferimento mappatura del degrado – estratto tavole del rilievo del degrado	77
Fig. 68 - Facciata Nord - Particolare della zona interessata da fessurazione.....	79
Fig. 69 - Facciata Nord – Particolare della zona interessata da patologie di rigonfiamento, distacco e mancanza	79
Fig. 70 - Pianta Piano Terra	113
Fig. 71 - Pianta Piano Primo	113
Fig. 72 - Pianta Piano Secondo.....	113
Fig. 73 - Lay-out interno con funzioni	115
Fig. 74 – Estratto Tav.55 – Particolare in pianta dell'ascensore di progetto.....	117
Fig. 75 - Foto esemplificativa ascensore vetrato – fonte web: www.farmaascensori.it	117
Fig. 76 - Schematizzazione misure minime ascensore	117
Fig. 77 - Accessibilità e percorsi interni ed esterni	118
Fig. 78 - Schema di analisi dell'isolamento acustico di facciata	121
Fig. 79 - Certificato di prova parete di facciata	125
Fig. 80 - Stratigrafia parete di facciata - M4 – Estratto Tav. 84	125
Fig. 81 - Schema di analisi dell'isolamento acustico fra ambienti adiacenti.....	126
Fig. 82 - Certificato di prova parete divisoria.....	127
Fig. 83 - Stratigrafia parete divisoria – D9 – Estratto Tav. 96	127

Fig. 84 - Schema di analisi dell'isolamento al calpestio fra ambienti sovrapposti	128
Fig. 85 - Modalità di corretta posa di tappetino isolante	129
Fig. 86 - Estratto scheda tecnica tappetino antirumore, tipo Fonostop Legno, Index	130
Fig. 87 - Indice di Prestazione Energetica dell'edificio in condizioni attuali	131
Fig. 88 - Indice di Prestazione Energetica dell'edificio dopo l'intervento	131
Fig. 89 - Aula considerata per il calcolo - P.1 - Esposizione Nord-Est	134
Fig. 90 - Calcolo di FLD - Fattore Luce Diurna	134
Fig. 91 - Render dell'aula considerata	134
Fig. 92 - Calcolo Illuminamento	134
Fig. 93 - Calcolo Luminanza	134
Fig. 94 - Masterplan di progetto	136
Fig. 95 - Nuovo percorso pedonale su Via Dante Alighieri	137
Fig. 96 - Vista prospettica della quinta	138
Fig. 97 - Vista assonometrica della quinta	138
Fig. 98 - Percorsi Pedonali e Veicolari	138
Fig. 99 - Particolare della riqualificazione argini Torrente Meria	139
Fig. 100 - Riqualificazione Torrente Meria - prima e dopo l'intervento di sistemazione ...	139
Fig. 101 - Fotografia dell'attuale ingresso al parcheggio interrato	140
Fig. 102 - Particolare delle connessioni veicolari e pedonali tra esistente e nuovo	140
Fig. 103 - Schema dislivelli	140
Fig. 104 - Concept plan	141
Fig. 105 - Sezione della casa bioclimatica di Socrate	142
Fig. 106 - Prima bozza di progetto	142
Fig. 107 - Kengo Kuma & Associates, Xincheng East Rd, Youxian, Zhuzhou, Hunan, República Popular China, Xinjin Zhi Museum	142
Fig. 108 - Render - Vista Prospetto Ovest	143
Fig. 109 - Render - Vista dall'interno sul prospetto Sud - foyer/reception	143
Fig. 110 - Vista assonometrica chiusure verticali	143
Fig. 111 - Museo Fondazione Beyeler, Svizzera, Renzo Piano	144
Fig. 112 - Vista assonometrica Nord-Est del centro polifunzionale	144
Fig. 113 - Lay-out funzionale-spaziale del centro polifunzionale	145
Fig. 114 - Pianta Piano Terra	145
Fig. 115 - Render - Vista dalla scuola di musica - prospetto Sud - foyer/reception	146
Fig. 116 - Open - Closed del centro polifunzionale - Scenario 2	146
Fig. 117 - Open - Closed del centro polifunzionale - Scenario 3	146
Fig. 118 - Render - infopoint - Prospetto Ovest	147
Fig. 119 - Render - Vista dall'interno verso la Grigna - infopoint	147
Fig. 120 - Vista della mostra presso la Fondazione Beyeler,	147
Fig. 121 - Esempio di rivestimento in Tecu Zinn - Realizzazione del Centro Cortonese di Perugia - Hof Lab	148
Fig. 122 - Particolari del rivestimento - - Centro Cortonese di Perugia - Hof Lab	148
Fig. 123 - Disegno tridimensionale della chiusura verticale con rivestimento in Tecu Zinn	149
Fig. 124 - Render del prospetto Est dell'edificio - su Via Dante Alighieri	149
Fig. 125 - Prospetto Est - su Via Dante Alighieri	149
Fig. 126 - Particolari degli impianti di raccolta acqua meteorica nella sezione inclinata e nel nodo tra copertura piane ed inclinata	149

Fig. 127 - Nodo Verticale tra parete e copertura	150
Fig. 128 - Falda con pannelli fotovoltaici	150
Fig. 129 - Esempio di pannello fotovoltaico	151
Fig. 130 - Render – Vista prospettica Sud-Ovest con rivestimento in Tecu Zinn	151
Fig. 131 - Accessibilità al centro polifunzionale	152
Fig. 132 - Particolare della centrale termica	153
Fig. 133 - Estratto Tav. 97 - Impianto ACS	153
Fig. 134 - Macro zone per dimensionamento impianto di climatizzazione	154
Fig. 135 - Estratto Tav. 98 - Impianto climatizzazione	154
Fig. 136 - Esempio di venticolvettore da installare	158
Fig. 137 - Estratto Tav. 99 - Impianto riscaldamento	159
Fig. 138 - Passaggio autobotte VF	161
Fig. 139 - Esempio di vernice intumescente per rivestimento pilastri in acciaio	164
Fig. 140 - Esempio di vernice intumescente per rivestimento solaio in acciaio	165
Fig. 141 - Particolare delle dimensioni della sala polifunzionale	166
Fig. 142 - Estratto Tav. 100 - Planimetria prevenzione incendi – particolare vie d’esodo	167
Fig. 143 - Porta scorrevole con dispositivo di apertura a battente in caso di emergenza	168
Fig. 144 - Estratto Tav. 100 - Planimetria prevenzione incendi con attacco motopompa esterno	169
Fig. 146 - Sezione longitudinale nuovo edificio polifunzionale	171
Fig. 147 - posizionamento di lamina in FRP – estratta dal “Manuale del rinforzo strutturale” edito da Mapei	172
Fig. 148 - lisciatura dell’adesivo con spatola piana – foto estratta dal “Manuale del rinforzo strutturale” edito da Mapei	172
Fig. 149 - applicazione al lembo teso de travetto del rinforzo – foto estratta dal “Manuale del rinforzo strutturale” edito da Mapei	172
Fig. 150 - Pianta Piano -1 – Autorimessa esistente	173
Fig. 151 - Pianta Piano – 0 – (+1.92 m)	173
Fig. 152 - Pianta Piano – 1- (+5.92)	173
Fig. 153 - Stratigrafia pacchetto copertura	174
Fig. 154 - Pianta strutturale della copertura	176
Fig. 155 - Pianta strutturale copertura con suddivisione solaio, travi primarie e secondarie	176
Fig. 156 - Schema per dimensionamento solaio	177
Fig. 157 - Schema di carico del solaio	178
Fig. 158 - Tabella caratteristiche lamiera grecata – Estratta da manuale Metecno S.p.A.	178
Fig. 159 - Schema per dimensionamento trave	179
Fig. 160 - Schema di carico della trave terziaria	179
Fig. 161 - Schema di carico della trave terziaria e individuazione reazioni vincolari	181
Fig. 162 - Schema per dimensionamento trave secondaria	182
Fig. 163 - Schema di carico della trave secondaria	182
Fig. 164 - Schema di carico della trave secondaria e individuazione reazioni vincolari ...	183
Fig. 165 - Schema per dimensionamento trave primaria	185
Fig. 166 - Schema di carico della trave primaria	185
Fig. 167 - Stratigrafia pacchetto copertura	188
Fig. 168 - Pianta strutturale del solaio interpiano	189

Fig. 169 - Pianta strutturale solaio interpiano con suddivisione solaio, travi primarie e secondarie	189
Fig. 170 - Schema per dimensionamento solaio	190
Fig. 171 - Esempio di lamiera grecata collaborante – estratta da manuale Metecno S.p.A.	190
Fig. 172 - Esempio di lamiera grecata collaborante e getto integrativo – estratta da manuale Metecno S.p.A.	191
Fig. 173 - Schema di carico del solaio	191
Fig. 174 - Tabella caratteristiche lamiera grecata collaborante – Estratta da manuale Metecno S.p.A.	191
Fig. 175 - Schema per dimensionamento trave terziaria	192
Fig. 176 - Schema di carico della trave terziaria del soppalco	192
Fig. 177 - Schema di carico della trave terziaria e individuazione reazioni vincolari	194
Fig. 178 - Schemi di carico della travi secondarie e individuazione reazioni vincolari.	194
Fig. 179 - Schema per dimensionamento trave secondaria.....	195
Fig. 180 - Schema di carico della trave secondaria del soppalco	195
Fig. 181 - Schema di carico della trave terziaria e individuazione reazioni vincolari	196
Fig. 182 - Schema per dimensionamento trave primaria T0.6	198
Fig. 183 - Schema per dimensionamento trave primaria T0.7	199
Fig. 184 - Schema di carico della trave primaria	199
Fig. 185 - Pianta strutturale della copertura	201
Fig. 186 - Schema per dimensionamento pilastro.....	201
Fig. 187 - Schema per dimensionamento pilastro.....	205
Fig. 182 - Pianta di riferimento per individuazione stratigrafie – P. Terra	220
Fig. 183 - Pianta di riferimento per individuazione stratigrafie – P. Primo	220
Fig. 184 - Pianta di riferimento per individuazione stratigrafie – P. Secondo	221
Fig. 185 - Sezione di riferimento per individuazione stratigrafie	221
Fig. 186 - Sezione di riferimento indicazione ponti termici	228
Fig. 187 - Scomposizione della radiazione solare globale	243
Fig. 188 - Scomposizione della radiazione solare nei materiali trasparenti.....	244
Fig. 189 - Definizione di Illuminamento	244
Fig. 190 - Definizione di Luminanza	245
Fig. 191 - Vista del prospetto Sud-Occidentale del centro polifunzionale	246
Fig. 192 - Proprietà ottiche di un vetro Float	248
Fig. 193 - Trasmittanza e riflettanza di un vetro float	248
Fig. 194 - Curve spettrali di un vetro bassoemissivo e di un vetro float	250
Fig. 195 - Identificazione delle facce dei vetri e posizionamento dei trattamenti (coating)	251
Fig. 196 - Schema di vetrata isolante	252
Fig. 197 - Vista della vetrata a Nord dell'Infopoint	253
Fig. 198 - Curve spettrali di un vetro a filtro solare e di un vetro float	254
Fig. 199 - Vista della vetrata a Sud	255
Fig. 200 - Vista dalla reception della vetrata a Sud	256
Fig. 201 - Vista dal foyer della vetrata ad Ovest	256
Fig. 202 - Individuazione dell'area di studio Fig. 203 - Posizione in pianta del punto di ripresa per calcolo luminanza	257
Fig. 204 - Posizionamento in sezione del punto di ripresa per calcolo luminanza	257

<i>Fig. 205 - Vista tridimensionale dell'area di studio</i>	<i>257</i>
<i>Fig. 206 – Vista dall'interno dell'infopoint verso vetrate Nord ed Ovest</i>	<i>257</i>
<i>Fig. 207 - Vista dall'interno dell'infopoint verso vetrata a Sud</i>	<i>257</i>
<i>Fig. 208 - Confronto illuminamento tra vetro selettivo al 68 % e al 42 % a Gennaio</i>	<i>259</i>
<i>Fig. 209 - Confronto illuminamento tra vetro selettivo al 68 % e al 42 % a Luglio</i>	<i>260</i>
<i>Fig. 210 - Confronto Luminanza tra vetro selettivo al 68 % e al 42 % a Gennaio</i>	<i>261</i>
<i>Fig. 211 - Confronto Luminanza tra vetro selettivo al 68 % e al 42 % a Luglio</i>	<i>262</i>
<i>Fig. 212 - FLDm Vetro selettivo 68%</i>	<i>263</i>
<i>Fig. 213 - FLDm Vetro selettivo 42%</i>	<i>263</i>

INDICE DELLE TABELLE

Tab. 1 - Precipitazione Medie Mensili [mm]	33
Tab. 2 - Temperature Minime Mensili [°C]	34
Tab. 3 - Temperature Massime Mensili [°C]	34
Tab. 4 - Umidità nell'aria[%]	34
Tab. 5 - Durata media giorno[h].....	35
Tab. 6 - Indice destinazioni urbanistiche	43
Tab. 7 - Tabella percentuali di degrado presente sulle facciate	78
Tab. 8 - Dimensioni ascensore per adeguamento edifici preesistenti, D.M. 236/1989, p.to 8.1.12, lettera c).....	117
Tab. 9 - Valori limiti massimi del livello sonoro equivalente relativi alle classi di destinazione d'uso	119
Tab. 10 - Tabella A - Classificazione degli ambienti abitativi.....	120
Tab. 11 - Tabella B - Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e impianti tecnologici	120
Tab. 12 - Valori di fonoisolamento di facciata rispetto alle destinazioni d'uso	122
Tab. 13 - Tabella riepilogativa composizioni acustiche con valutazione ISO 140/3 e ISO 717-1.....	123
Tab. 14 - Classificazione della permeabilità all'aria basata sulla superficie totale	123
Tab. 15 - Classificazione della permeabilità all'aria basata sul perimetro apribile	123
Tab. 16 - Relazione tra la classificazione della permeabilità all'aria basata sulla superficie totale e quella basata sul perimetro apribile	124
Tab. 17 - Valori medi di un serramento in legno	124
Tab. 18 - Valori medi di un serramento in alluminio	124
Tab. 19 - Calcolo dei rapporti aero-illuminanti nei diversi locali	133
Tab. 20 - Calcolo potenza frigorifera - zona 1 - Sala polifunzionale	155
Tab. 21 - Calcolo potenza frigorifera - zona 2 - ingresso / foyer / corridoio.....	156
Tab. 22 - Calcolo potenza frigorifera - zona 3 - Infopoint	157
Tab. 23 - Riepilogo e dimensionamento ventilconvettori	158
Tab. 24 - Attività soggette D.P.R. 151/2011	160
Tab. 25 - Potere calorifico dei materiali impiegati e relative quantità	162
Tab. 26 - Tabella 3 - D.M. 9/3/2007	162
Tab. 27 - Tabella 4 - D.M. 9/3/2007	163
Tab. 28 - Stratigrafia pacchetto copertura	174
Tab. 29 - Stratigrafia pacchetto controsoffitto copertura	174
Tab. 30 - Tabella 4.2.X - NTC 2008 - Limiti di deformabilità elementi di impalcato	180
Tab. 31 - Tabella caratteristiche profili in acciaio tipo IPE -Oppo S.r.l.....	180
Tab. 32 - Tabella caratteristiche profili in acciaio tipo IPE -Oppo S.r.l.....	183
Tab. 33 - Tabella caratteristiche profili in acciaio tipo HEA -Oppo S.r.l.....	186
Tab. 34 - Schema di carico della trave primaria con individuazione delle reazioni vincolari	186
Tab. 35 - Stratigrafia pacchetto solaio interpiano Infopoint	188
Tab. 36 - Tabella 4.2.X - NTC 2008 - Limiti di deformabilità elementi di impalcato	193
Tab. 37 - Tabella caratteristiche profili in acciaio tipo IPE -Oppo S.r.l.....	193
Tab. 38 - Tabella caratteristiche profili in acciaio tipo HEA -Oppo S.r.l.....	196
Tab. 39 - Tabella caratteristiche profili in acciaio tipo IPE -Oppo S.r.l.....	199
Tab. 40 - Tabella riassuntiva dei Carichi agenti su pilastro da predimensionare	202

Tab. 41 - Tabella riassuntiva dimensionamento del pilastro rispetto asse di inerzia xx	203
Tab. 42 - Tabella riassuntiva dimensionamento del pilastro rispetto asse di inerzia yy	204
Tab. 43 - Tabella riassuntiva dei Carichi agenti su pilastro dal soppalco	205
Tab. 44 - Tabella riassuntiva dei Carichi agenti su pilastro dalla copertura	206
Tab. 45 - Tabella riassuntiva dimensionamento del pilastro rispetto asse di inerzia xx	207
Tab. 46 - Tabella riassuntiva dimensionamento del pilastro rispetto asse di inerzia yy	208
Tab. 47 - Estratto Tabella 3 - Prescrizioni, requisiti e verifiche in funzione della tipologia di intervento – DGR 6480/2015 – in verde sono stati evidenziati gli interventi di nostro interesse	211
Tab. 48 - Tabella 2 – Efficienze, parametri e indici di prestazione energetica	213
Tab. 49 - estratto Tabella 10 - Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico $H'T$ (W/m ² K)	214
Tab. 50 - Tipologia intervento - Rapporto di forma e zona climatiche.....	214
Tab. 51 - Tabella riassuntiva valori e relativa verifica del requisito.....	215
Tab. 52 - Tabella riassuntiva valori e relativa verifica del requisito.....	215
Tab. 53 - Tabella riassuntiva valori e relativa verifica del requisito.....	216
Tab. 54 - Tabella riassuntiva valori e relativa verifica del requisito.....	216
Tab. 55 - Tabella riassuntiva valori con incremento per luoghi pubblici	216
Tab. 56 - estratto Tabella 10 - Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico $H'T$ (W/m ² K)	217
Tab. 57 - Tabella riassuntiva dei valori di trasmittanza e fattore di trasmissione solare totale per componenti finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud	218
Tab. 58 - estratto Tabella 4 – Tecnologie standard dell'edificio di riferimento.....	229
Tab. 59 - estratto Tabella 5 – Scala di classificazione degli edifici sulla base dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile	230
Tab. 60 - Tabella riassuntiva indicatore della prestazione energetica invernale ed estiva del fabbricato, al netto degli impianti presenti	230
Tab. 61 - FLD - Valori limite imposti dal D.M. 5/7/75 e s.m.i.....	246
Tab. 62 - Valori di illuminamento nei locali ai sensi della UNI EN 12464	258

INDICE DELLE TAVOLE

TAV. 01	ANALISI DELLE FUNZIONI SIMILI
TAV. 02	ANALISI DEI PIENI E DEI VUOTI
TAV. 03	ANALISI DEL VERDE
TAV. 04	ANALISI DELLA VIABILITA'
TAV. 05	ANALISI DEGLI ATTRAVERSAMENTI
TAV. 06	ANALISI DEI COLLEGAMENTI
TAV. 07	ANALISI DEL TESSUTO URBANO
TAV. 08	ANALISI DELLE FUNZIONI
TAV. 09	ANALISI DELLA PRODUZIONE INDUSTRIALE
TAV. 10	ANALISI DEI NUCLEI STORICI
TAV. 11	ANALISI SWOT GENERALE
TAV. 12	INQUADRAMENTO FOTOGRAFICO
TAV. 13	INQUADRAMENTO FOTOGRAFICO
TAV. 14	INQUADRAMENTO FOTOGRAFICO
TAV. 15	ANALISI TAPPE EVOLUTIVE FRAZIONE MOLINA
TAV. 16	STRALCIO AZZONAMENTO PGT
TAV. 17	ANALISI FORZE – DEBOLEZZE - OPPORTUNITA' - MINACCE
TAV. 18	MASTERPLAN
TAV. 19	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO FOTOGRAFICO
TAV. 20	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO METRICO – PIANTA PIANO TERRA
TAV. 21	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO METRICO – PIANTA PIANO PRIMO
TAV. 22	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO METRICO – PIANTA PIANO SECONDO
TAV. 23	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO METRICO – PIANTA PIANO SOTTOTETTO
TAV. 24	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO METRICO – SEZIONE AA
TAV. 25	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO METRICO – SEZIONE BB
TAV. 26	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO METRICO – PROSPETTO SUD
TAV. 27	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO METRICO – PROSPETTO EST
TAV. 28	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO METRICO – PROSPETTO NORD
TAV. 29	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO METRICO – PROSPETTO OVEST
TAV. 30	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO METRICO – PORTICO ESTERNO
TAV. 31	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO METRICO – PROSPETTO SUD
TAV. 32	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO METRICO – PROSPETTO EST
TAV. 33	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO METRICO – PROSPETTO NORD
TAV. 34	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO METRICO – PROSPETTO OVEST
TAV. 35	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO METRICO – PORTICO ESTERNO
TAV. 36	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO DEGRADO – PROSPETTO SUD
TAV. 37	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO DEGRADO – PROSPETTO EST
TAV. 38	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO DEGRADO – PROSPETTO NORD
TAV. 39	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO DEGRADO – PROSPETTO OVEST
TAV. 40	EDIFICIO ESISTENTE – RILIEVO DEGRADO – PORTICO ESTERNO
TAV. 41	EDIFICIO ESISTENTE – INTERVENTO – PROSPETTO SUD
TAV. 42	EDIFICIO ESISTENTE – INTERVENTO – PROSPETTO EST
TAV. 43	EDIFICIO ESISTENTE – INTERVENTO – PROSPETTO NORD
TAV. 44	EDIFICIO ESISTENTE – INTERVENTO – PROSPETTO OVEST
TAV. 45	EDIFICIO ESISTENTE – ABACO SERRAMENTI – A.S.0.1
TAV. 46	EDIFICIO ESISTENTE – ABACO SERRAMENTI – A.S.0.2
TAV. 47	EDIFICIO ESISTENTE – ABACO SERRAMENTI – A.S.0.3

TAV. 48	EDIFICIO ESISTENTE – ABACO SERRAMENTI – A.S.0.4
TAV. 49	EDIFICIO ESISTENTE – ABACO SERRAMENTI – A.S.0.5
TAV. 50	EDIFICIO ESISTENTE – ABACO SERRAMENTI – A.S.1.1
TAV. 51	EDIFICIO ESISTENTE – ABACO SERRAMENTI – A.S.1.2
TAV. 52	EDIFICIO ESISTENTE – ABACO SERRAMENTI – A.S.2.1
TAV. 53	EDIFICIO ESISTENTE – ABACO SERRAMENTI – A.S.2.2
TAV. 54	EDIFICIO ESISTENTE – DEMOLIZIONI E COSTRUZIONI
TAV. 55	EDIFICIO ESISTENTE – PROGETTO – PIANTA PIANO TERRA
TAV. 56	EDIFICIO ESISTENTE – PROGETTO – PIANTA PIANO PRIMO
TAV. 57	EDIFICIO ESISTENTE – PROGETTO – PIANO PIANO SECONDO
TAV. 58	EDIFICIO ESISTENTE – PROGETTO – SEZIONE AA
TAV. 59	EDIFICIO ESISTENTE – PROGETTO – SEZIONE BB
TAV. 60	EDIFICIO ESISTENTE – PROGETTO – SEZIONE CC
TAV. 61	EDIFICIO ESISTENTE – PROGETTO – BLOW-UP
TAV. 62	EDIFICIO ESISTENTE – PROGETTO – NODO N.V.01
TAV. 63	EDIFICIO ESISTENTE – PROGETTO – NODO N.V.02
TAV. 64	EDIFICIO ESISTENTE – PROGETTO – NODO N.V.03
TAV. 65	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – RIFERIMENTI ARCHITETTONICI
TAV. 66	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – RENDER
TAV. 67	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – RENDER
TAV. 68	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – RENDER
TAV. 69	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – INSERIMENTI FOTOGRAFICI
TAV. 70	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – PROGETTO – PIANTA PIANO TERRA
TAV. 71	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – PROGETTO – PIANTA PIANO SOPPALCO
TAV. 72	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – PROGETTO – SEZIONI AA-BB
TAV. 73	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – PROGETTO – SEZIONE BB
TAV. 74	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – PROGETTO – MAGLIA STRUTTURALE – PIANO INTERRATO – AUTORIMESSA ESISTENTE
TAV. 75	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – PROGETTO – MAGLIA STRUTTURALE – PIANO SOPPALCO
TAV. 76	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – PROGETTO – MAGLIA STRUTTURALE – PIANO COPERTURA
TAV. 77	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – PROGETTO – PROSPETTI
TAV. 78	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – PROGETTO – NODO VERTICALE – N.V. 04
TAV. 79	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – PROGETTO – NODO VERTICALE – N.V. 05
TAV. 80	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – PROGETTO – NODO VERTICALE – N.V. 06-07
TAV. 81	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – PROGETTO – NODO ORIZZONTALE – N.O. 08
TAV. 82	STRATIGRAFIE – CHIUSURE VERTICALI – M1-M1.1
TAV. 83	STRATIGRAFIE – CHIUSURE VERTICALI – M2
TAV. 84	STRATIGRAFIE – CHIUSURE VERTICALI – M3-M4
TAV. 85	STRATIGRAFIE – CHIUSURE ORIZZONTALI – P1-P2
TAV. 86	STRATIGRAFIE – CHIUSURE VERTICALI – M5-M6
TAV. 87	STRATIGRAFIE – CHIUSURE ORIZZONTALI – S1-S1.1
TAV. 88	STRATIGRAFIE – CHIUSURE ORIZZONTALI – P6-P8
TAV. 89	STRATIGRAFIE – PARTIZIONI ORIZZONTALI – S2-S3
TAV. 90	STRATIGRAFIE – PARTIZIONI ORIZZONTALI – S4-P4
TAV. 91	STRATIGRAFIE – PARTIZIONI VERTICALI – D1-D2
TAV. 92	STRATIGRAFIE – PARTIZIONI VERTICALI – D3-D4

TAV. 93	STRATIGRAFIE – PARTIZIONI VERTICALI – D3.1-D3.2
TAV. 94	STRATIGRAFIE – PARTIZIONI VERTICALI – D5-D6
TAV. 95	STRATIGRAFIE – PARTIZIONI VERTICALI – D7-D8
TAV. 96	STRATIGRAFIE – PARTIZIONI VERTICALI – D9-D10
TAV. 97	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – PROGETTO – IMPIANTO ACQUA CALDA SANITARIA
TAV. 98	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – PROGETTO – IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE
TAV. 99	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – PROGETTO – IMPIANTO DI RISCALDAMENTO
TAV. 100	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – PROGETTO – PREVENZIONE ANTINCENDIO
TAV. 101	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – PROGETTO – ILLUMINOTECNICA
TAV. 102	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – PROGETTO – BIOCLIMATICO INVERNALE
TAV. 103	EDIFICIO POLIFUNZIONALE – PROGETTO – BIOCLIMATICO ESTIVO

ABSTRACT

“La musica è un’architettura senza edificio.” C. Baglioni

Music School – Tra Lario e Grigna è un progetto che nasce dalla volontà di creare uno spazio musicale, e non solo, per coloro che, appassionati di musica e di strumenti musicali, hanno la voglia di imparare l’arte dei suoni e dei rumori organizzati e collocati in uno specifico tempo, secondo metodi differenti nel genere e nella tecnica, con la possibilità di esibirsi e mostrare alla collettività il proprio talento, in uno spazio tutto nuovo.

La possibilità di creare tale spazio è stata offerta dal Comune di Mandello del Lario che ci ha permesso di studiarne l’inserimento all’interno di un edificio risalente all’inizio del ventesimo secolo, destinato fin dai primi anni della sua costruzione, ad uso scolastico.

Abbiamo intrapreso la progettazione di un nuovo centro polifunzionale, nel centro del Comune di Mandello del Lario, coniugando il passato con il presente e quindi con il futuro, intervenendo sul recupero funzionale dell’edificio esistente destinandolo a scuola di musica, e sulla riqualificazione dell’area circostante prevedendo la realizzazione di una nuova struttura destinata ad ospitare una sala polifunzionale ed un infopoint.

La riqualificazione dell’edificio esistente ha previsto la formazione di partizioni interne, contropareti e controsoffitti, realizzati mediante sistemi modulari, compatibili, removibili a basso impatto ambientale, che garantiscono la ri-funionalizzazione degli spazi interni garantendo i requisiti prestazionali specifici di ogni locale e la possibilità di essere rimossi, senza che gli elementi di chiusura e partizione originali dell’edificio subiscano conseguenze irreversibili. Gli elementi tecnologici introdotti hanno consentito di raggiungere livelli di comfort acustico e termo-igrometrico che garantiscono il rispetto delle vigenti normative con particolare riferimento al risparmio energetico.

Il nuovo centro polifunzionale, estensione architettonica e funzionale dell’edificio esistente, consente di organizzare eventi che possano servire da cassa di risonanza per la scuola di musica e per il territorio comunale. La sua forma richiama volutamente un elemento di comunicazione e continuità tra passato e futuro e tra Lario e Grigna. La progettazione, basata sulle recenti normative, ha consentito la realizzazione di un edificio a energia quasi zero NZEB (Nearly Zero Energy Building) rispettoso delle problematiche ambientali e attento al comfort interno degli occupanti.

Durante il percorso di studi universitari abbiamo potuto comprendere quanto sia importante valutare e studiare gli oggetti edilizi che ci circondano, al fine di poter conservare il patrimonio architettonico esistente che costituisce la nostra memoria storica, e nella formulazione della nostra tesi, oltre a studiare le relazioni che si possono instaurare tra questo luogo della memoria e il restante tessuto urbano, abbiamo tentato di raggiungere alcuni obiettivi che garantiscano la massimizzazione del rispetto dell’opera, pur sapendo che qualsiasi tipo di intervento è, per sua natura, una modificazione dell’opera stessa.

Tra gli obiettivi prefissati ricordiamo i principali: consentire la massima permanenza della materia autentica, limitando le trasformazioni; utilizzare conoscenze oggettive puntuali e strettamente correlate all’edificio; realizzare interventi riconoscibili e reversibili che siano un’aggiunta o che affianchino l’esistente, al fine di rendere possibile nel tempo,

il controllo, il monitoraggio ed eventuali interventi manutentivi, sino ad arrivare alla completa rimozione.

Il lavoro di tesi si articola in tre parti:

- La prima: analisi urbanistica del sito e studio delle indagini antropiche del territorio;
- La seconda: analisi dell'edificio esistente e progettazione di riqualificazione funzionale e tecnologica;
- La terza: definizione del progetto del nuovo edificio polifunzionale, sviluppando tematiche architettoniche, strutturali ed energetiche.

ABSTRACT - *English Version*

“Music is architecture without a building.” C. Baglioni

Music School – Tra Lario e Grigna [*Between Lake Como and the Grigna mountain massif*] is a project born of the desire to create a space for music, though not only this, to be used by those who are passionate about music and musical instruments. These are people who want to learn the art of sounds and noises within a specific temporal context and display their talent before an audience within an entirely new space as they perform in various genres that employ different kinds of techniques.

The town of Mandello del Lario offers the chance to realize this space, and it has allowed us to think about creating it within a building dating back to the beginning of the twentieth century, when it was built as a school.

We began planning a new multi-functional centre at the heart of Mandello del Lario, joining in this way the past to the present and, hence, also to the future. Re-using the existing structure as a music school, we planned to build a new structure on the surrounding land to house a multi-functional room and an information centre. Modernizing the building has meant creating internal partitions and compatible false walls and ceilings built in accordance with modular design systems that are also removable and have low environmental impact. These guarantee the re-use of internal spaces and the specific needs of each one of them as well as the ability to remove or reconfigure them without making irreversible changes to the building’s original walls and doors. In addition, the use of certain technologies has made it possible to maintain acoustic and thermo-hydrometric comfort levels that also meet current regulations and save energy as well. The extension of the pre-existing building’s architecture, functions and uses allows it to host events that serve as a sounding board for the music school and the entire town. Its configuration explicitly addresses the issue of continuity and communication between the past and the future, and between Lake Como and the Grigna mountain massif. Based on the most recent regulations, this project has led to the creation of an NZEB (Nearly Zero Energy Building) that respects environmental concerns while also addressing its occupants’ need to regulate comfort levels inside.

Throughout the course of our university studies we have understood the importance of evaluating and studying architectural materials around us. This is of vital concern in preserving our existing architectural heritage, which contributes to our memory of history. Hence, beyond our study of the relationship between this place of memory and the surrounding urban area, whilst writing my thesis we have striven to reach objectives that would guarantee the maximum respect for the building as it was, knowing at the same time that any change to it is, by its very nature, a form of modification to it.

The following are the principal objectives we set for ourself: retain original materials as long as possible and prevent changes to them; make use of precise and objective sources of information that are strictly related to the building itself; make only recognizable and reversible changes, such as an addition flanking the existing structure, so that they may be completely removable if necessary due to subsequent monitoring and future maintenance.

The content of this thesis is divided into three parts:

- The first: an urban analysis of the site and the study of pre-existing research about the area;
- The second: an analysis of the existing building and a plan for a functional and technological modernization of it.
- The third: a definition of the new building's multi-functional aspects and its architectural, structural and energy-using parameters.

MUSIC SCHOOL NEL LECCHESE

Lo studio per la progettazione della nuova scuola di Musica si è basato preliminarmente sulla definizione del bacino d'utenza e sull'analisi dei servizi offerti dalle esistenti scuole di musica presenti sul territorio.

1. MUSIC SCHOOL NEL LECCHESE

1.1 Analisi delle funzioni simili

Per prima cosa abbiamo indirizzato la nostra attenzione sulla ricerca di scuole di musica nella Provincia di Lecco e sulle attività svolte in esse.

Come si evince dalla tavola 01 "*Analisi delle funzioni simili*", (di seguito si riporta uno stralcio dell'elaborato), abbiamo individuato sul territorio sei strutture adibite a scuola di musica, tra cui: due localizzate nel Comune di Mandello (il Corpo Musicale Mandellese e l'Associazione Mandello Oratorio San Lorenzo); tre nel Comune di Lecco e una nel Comune di Merate.

Per ogni struttura abbiamo analizzato le attività svolte, evidenziando quelle che saranno introdotte nella scuola di musica in progetto.

Con l'aiuto di schede di rilevazione abbiamo sintetizzato l'esito della ricerca nell'elaborato 01 da cui è emerso che:

- I nuclei principali in cui si riscontra la presenza di scuole di musica sono principalmente tre: Mandello del Lario, Lecco e Merate;
- A Mandello del Lario si rilevano due scuole di musica di cui una è riconducibile al corpo della banda comunale mediante la Scuola Allievi; la seconda scuola presenta funzioni assimilabili all'idea di progetto, ovvero corsi di insegnamento per strumenti musicali e corsi di canto ma non dispone di sale di prova e/o di registrazione, che troveranno posto nel nuovo progetto di Via Dante Alighieri.
- Le tre scuole di musica presenti a Lecco svolgono attività simili ma solo il Laboratorio Musicale MiSol dispone di una sala di registrazione e una sala prove, effettuando servizio di Registrazione cd audio e demo, Recording musicale e Missaggio con la possibilità di svolgere Workshop di registrazione.
- Infine la scuola San Francesco di Merate è assimilabile, per attività svolte, alle altre scuole presenti a Lecco e a Mandello focalizzando le attività all'educazione musicale dei bambini. Inoltre la scuola San Francesco promuove ed organizza concerti e saggi anche al di fuori delle proprie mura.

L'analisi delle funzioni simili ha confermato l'idea di riprogettare l'edificio di via Alighieri integrando al suo interno quelle attività non presenti nelle altre strutture del territorio, come ad esempio le sale prove e di registrazione e la biblioteca musicale. Il progetto prevede inoltre la formazione di spazi destinati ad aule studio, necessarie ai corsi pratici strumentali, di teoria e solfeggio e di canto.

Lo studio dei bacini di affluenza evidenzia che a Nord-Est rispetto a Mandello, con particolare riferimento all'alta Valsassina, per poter disporre di una sala prove e/o di registrazione, l'utenza deve percorrere più di 10 km verso il capoluogo di provincia, mentre con la riqualificazione dell'edificio di Via Dante Alighieri, sarà possibile ridurre la distanza. Inoltre comuni come Bellagio, Onno e Oliveto del Lario, posizionati sulla sponda occidentale del lago di Como potranno frequentare la scuola di Mandello, sfruttando la navigazione del Lario mediante il servizio traghetti.

CONOSCERE IL TERRITORIO

Per conoscere il sito di progetto abbiamo svolto le analisi urbanistiche utilizzando rappresentazioni grafiche su ampia scala al 1:10.000 e 1:50.000 per consentire una visione globale del territorio comunale e su scala di dettaglio al 1:500 per l'elaborazione del Masterplan di progetto.

Di seguito vengono illustrati gli esiti delle nostre ricerche sui caratteri naturali, ed antropici riferiti alle condizioni urbane, storiche e socio – economiche del Comune.

2. CONOSCERE IL TERRITORIO

2.1 Localizzazione geografica

Mandello del Lario sorge sul ramo orientale del Lago di Como ed è un Comune italiano della provincia di Lecco, in Lombardia.



Fig. 2 - Localizzazione geografica nazionale



Fig. 3 - Localizzazione geografica regionale



Fig. 4 - Localizzazione geografica provinciale

Il territorio comunale si sviluppa principalmente sulla riva destra del lago, e, caso abbastanza insolito, si estende (ad ovest) anche sulla sponda opposta con la frazione Moregge-Moregallo (Fig. 4).

A nord, est e sud Mandello si estende fino alla cima della Grigna Settentrionale (2.410 m s.l.m.), comprendendo parte dei Piani Resinelli (1.200 m).

Il Comune di Mandello confina a nord con Lierna, a nord-ovest con Esino Lario, a ovest con Pasturo e Ballabio, a sud con Abbadia Lariana, a est con il Lario.

2.2 I caratteri naturali

2.2.1 Morfologia

Mandello del Lario appartiene al bacino del Lario Orientale ed il suo territorio è di 41,77 km², caratterizzato da ripidi versanti rocciosi delle Grigne e dalla conoide del torrente Meria, che si spinge fino al lago e su cui si estende il centro abitato.

Il suolo su cui sorge la cittadina è di origine alluvionale, una piana formata dall'azione del torrente Meria, che ha trasportato a valle grandi quantità di detriti. Il terreno è costituito prevalentemente da limi, sabbie e ghiaie. Le montagne che circondano Mandello sono prevalentemente formate da calcari tipo dolomie e argille, composizione tipica delle Prealpi Lombarde.¹

La sua altitudine varia dai 200 m s.l.m. della zona lago, ai 2.409 m della Grigna Settentrionale, mentre una porzione minore, denominata Moregge, si trova sulla sponda occidentale del lago, ai piedi del versante Est del Monte Moregallo (1.275 m).

¹ Collana "Vivi la Città 2005", Amministrazione comunale di Mandello del Lario, Gruppo Media, Iniziative editoriali e comunicazioni, www.gruppomedia.com, n° 230 – Ottobre 2004, p. 9.

Il territorio comunale in corrispondenza della fascia di terra che si estende dal lago verso l'entroterra appare pianeggiante e diviso longitudinalmente dalla strada S.P. 72 e trasversalmente dal Torrente Meria che scende dalle pendici della Grigna Settentrionale. Lungo queste due direttrici si è sviluppato il carattere fortemente antropico del Comune.

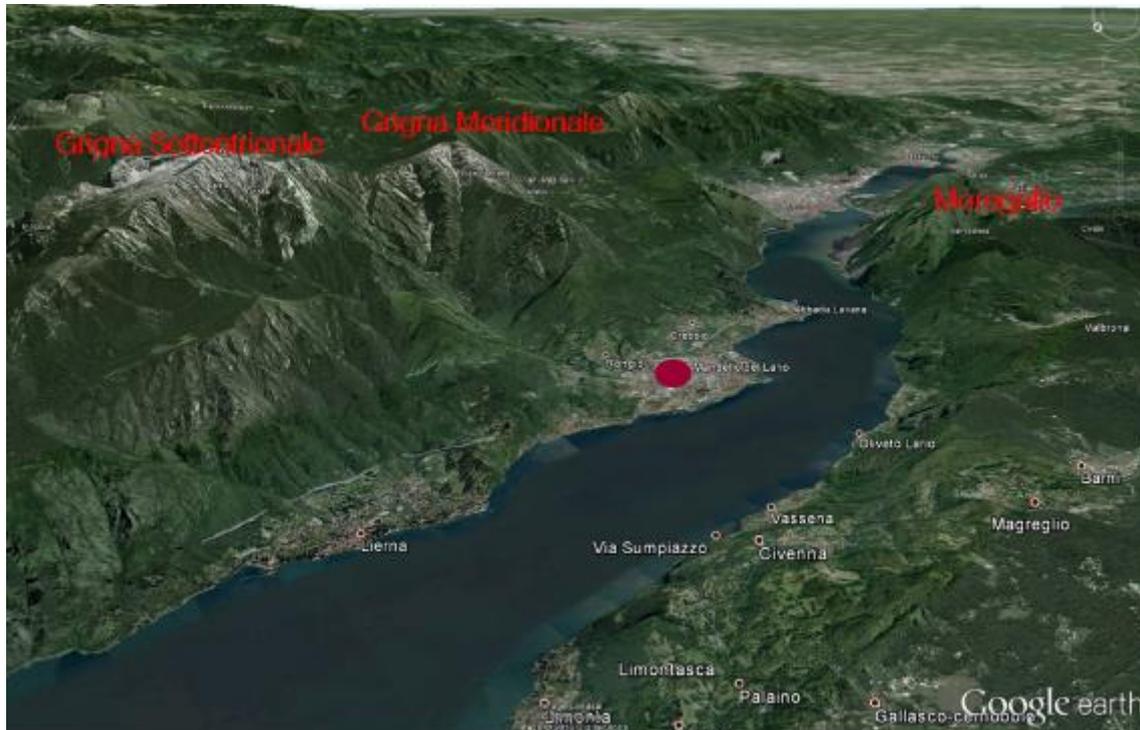


Fig. 5 - Foto Panoramica estratta da Google Earth – Image 2016 – Digital Globe



Fig. 6 - Foto Panoramica di Mandello del Lario, scattata dal Comune di Barni



Fig. 7 - I percorsi del Grignone o Grigna Settentrionale - Fonte: Guida Provincia di Lecco - Settore Turismo

2.2.2 Analisi del Verde

L'analisi delle aree a verde consente di individuare due categorie: la più estesa è quella delle aree boschive presenti principalmente nella zona orientale del paese, mentre la seconda è quella dei giardini e degli spazi verdi privati annessi agli edifici.

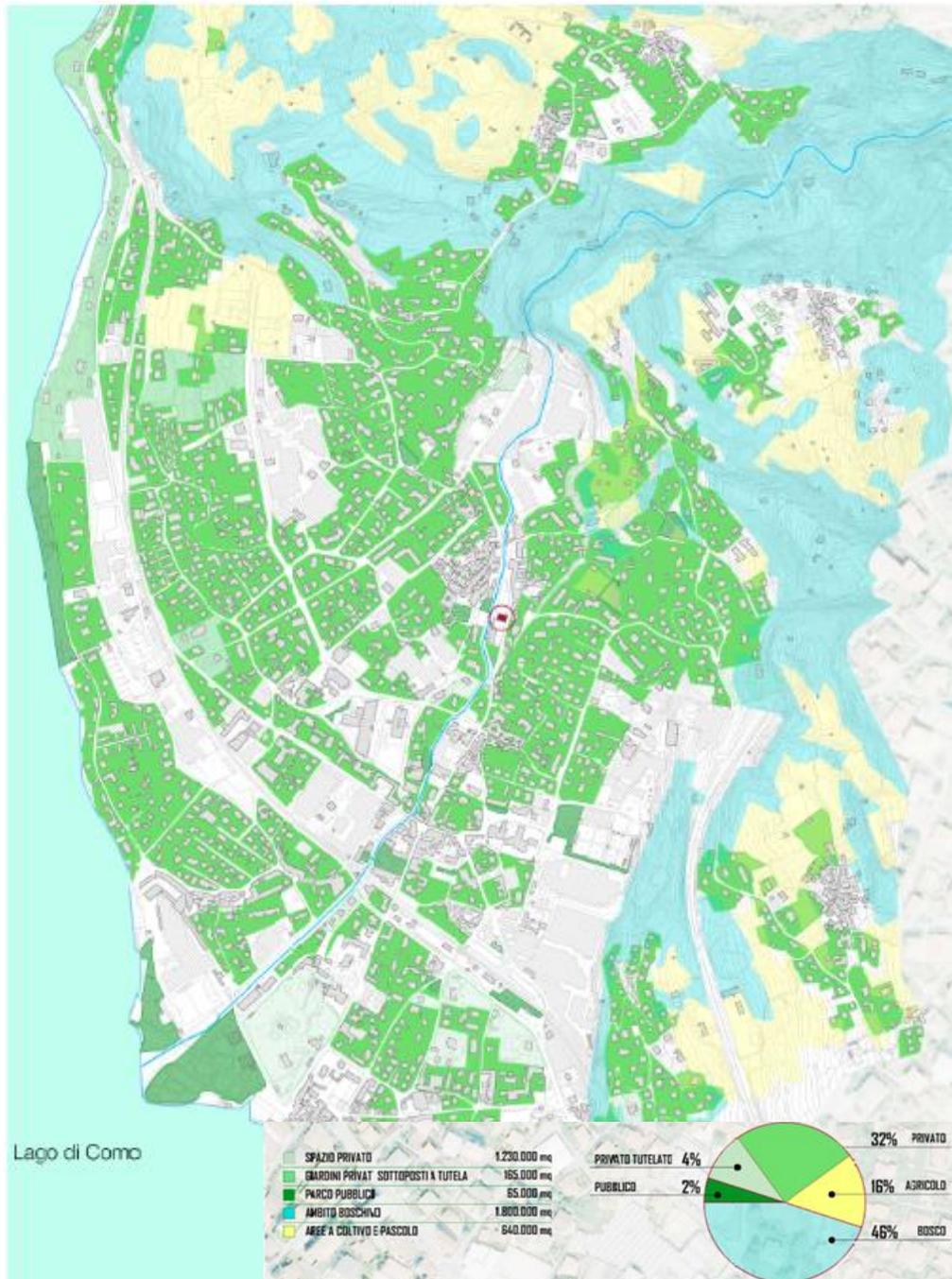


Fig. 8 - Estratto Tavola 03 – Analisi del Verde

Una piccola percentuale del verde privato è rappresentato anche dal verde privato tutelato, riferito a giardini di ville private talvolta soggette a vincoli di tipo storico.

Gli spazi destinati a verde pubblico rappresentano, al contrario, una percentuale molto bassa e sono sparsi sul territorio senza una logica, ma semplicemente ricavati da terreni ineditati, situati nei pressi di edifici pubblici o di strade pubbliche.

Si riscontra tuttavia la presenza di una zona a verde pubblico di recente costruzione posta nelle vicinanze dell'area di progetto in cui è stato ricavato anche un piccolo parco giochi per bambini.



Fig. 9 - Estratto Tavola 03 – Analisi del Verde intorno all'area di progetto

Si rileva inoltre una grande area a verde pubblico, direttamente confinante con il lago, in cui sono presenti strutture per la collettività, come piccole sale conferenze e un'area coperta polifunzionale per eventi e manifestazioni.

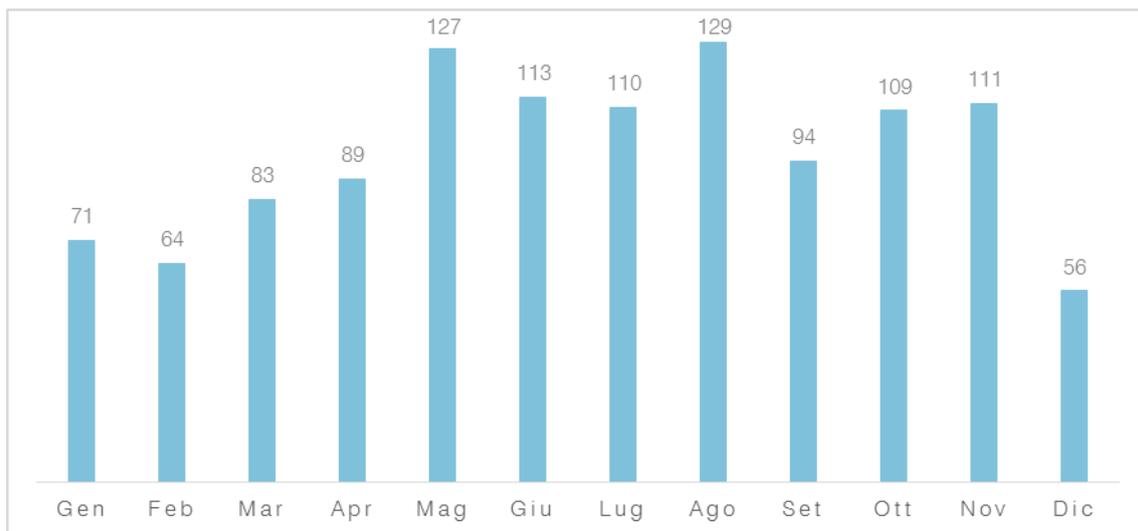


Fig. 10 - Estratto Tavola 03 – Analisi del Verde "Giardini di Piazza Gera"

2.2.3 Clima

Il clima di Mandello del Lario, così come quello di tutta la zona del lago, è caldo e temperato. Questo è testimoniato anche dalla flora presente nel territorio, tra cui ulivi, azalee ed altre piante mediterranee.

Analizzando i dati delle stazioni climatiche della zona, abbiamo osservato che esiste una piovosità significativa durante tutto l'anno, con una media annuale di 1.156 mm, riscontrabile anche a dicembre, che è il mese più secco, con meno di 60 mm di precipitazioni.



Tab. 1- Precipitazione Medie Mensili [mm]

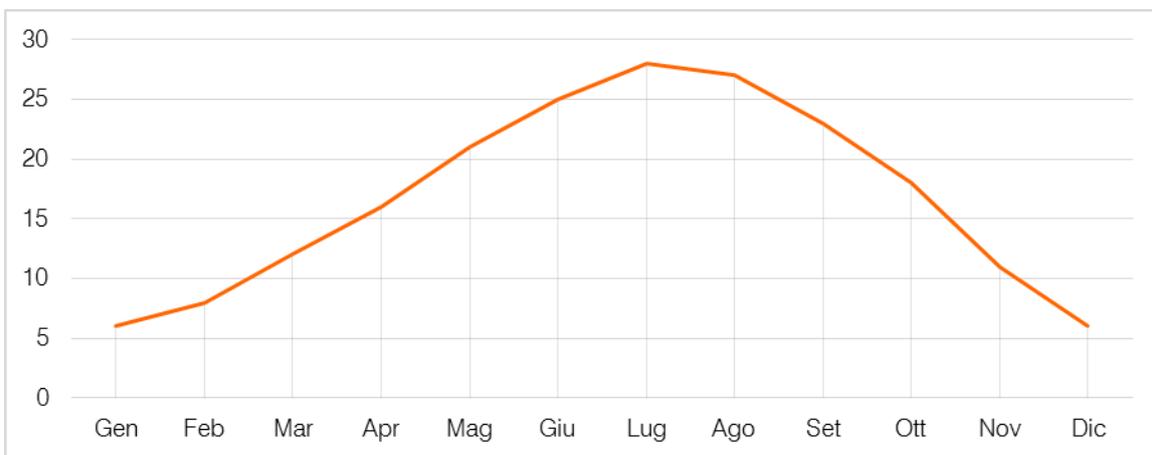
In estate il caldo e l'umidità sono attenuati dalla presenza, quasi costante, dei venti: i principali sono Breva, Tivano e le Montive. La Breva soffia da sud in maniera poco violenta, con una durata che va da metà mattina fino alle prime ore serali. Il Tivano spira da nord-est nelle prime ore del mattino, proviene dalla Valtellina e quando è totalmente assente indica l'avvicinarsi del cattivo tempo. Infine, dalle valli che sboccano sul lago soffiano le Montive, che durante i temporali, possono anche diventare molto violente. Altri venti che soffiano sul territorio, limitati ad alcune stagioni o a particolari eventi climatici, sono il primaverile Ventone, che spira dalla Val Chiavenna, il Menaggino, che arriva da sud durante i temporali estivi, infine la Bergamasca, che nelle ore serali risale tutto il ramo di Lecco sino a perdere intensità al centro lago.

La presenza dei rilievi influisce sulla temperatura, che presenta un'elevata variabilità spaziale, dalle zone sulle sponde del lago dove la temperatura raramente scende sotto gli 0°C in inverno e d'estate sono le più calde, alle zone più interne che sono invece caratterizzate da un clima temperato freddo, con inverni più rigidi.

Le temperature medie mensili, variabili di circa 20°C durante l'anno, mettono in evidenza la costanza dei valori massimi nel mese di luglio, con temperatura media di 22°C, e dei minimi in gennaio, quando la temperatura arriva a -2°C ed è la più basse dell'anno.



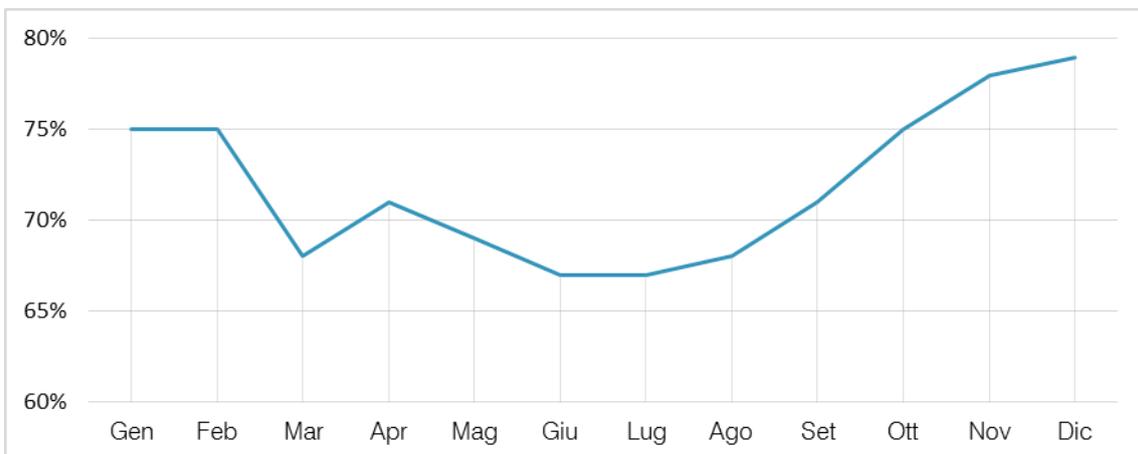
Tab. 2 - Temperature Minime Mensili [°C]



Tab. 3 - Temperature Massime Mensili [°C]

L'analisi delle Tab. 2, Tab. 3, mostra una curva tendenzialmente senza picchi, sia per le temperature estive, sia per quelle invernali.

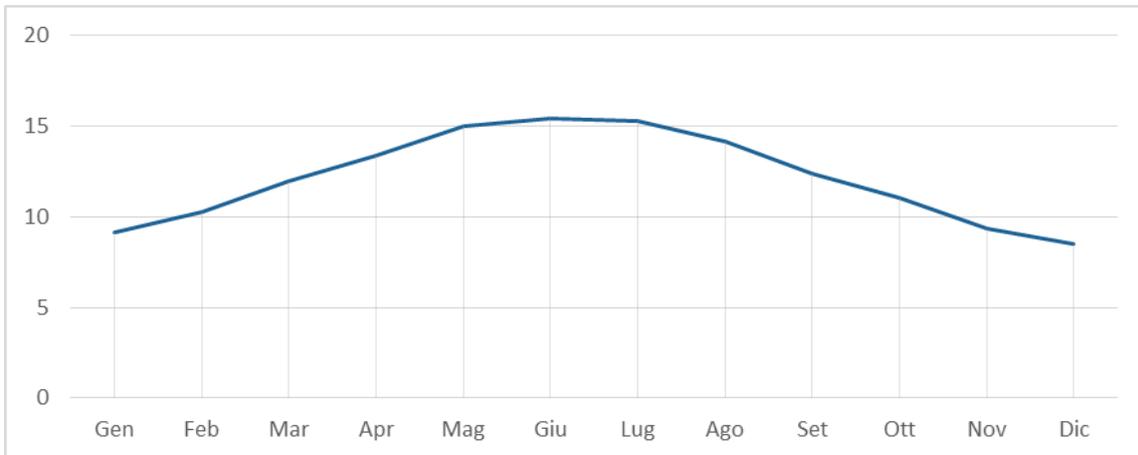
La percezione del clima è influenzata dalla percentuale di umidità presente nell'aria. Dalla tabella successiva si evince che i mesi con un più alto tasso di umidità sono quelli invernali, mentre giugno e luglio hanno i valori più bassi.



Tab. 4 - Umidità nell'aria[%]

Infine, un altro fattore che condiziona il clima è la radiazione solare incidente, che dipende dalla latitudine del luogo e dal momento della giornata che si prende in considerazione.

Alla variazione dell'altezza del sole corrisponde la diversa durata del periodo giornaliero di illuminazione solare: la durata media del giorno nella di zona di Mandello risulta essere di circa 15 ore in estate e di 9 ore nei mesi invernali.



Tab. 5 - Durata media giorno[h]

Per determinare la posizione del sole sulla volta celeste si utilizzano le carte dei percorsi solari, ovvero dei diagrammi in cui è possibile leggere altezza e azimuth solari alle diverse ore di un giorno di ciascun mese.

Mandello del Lario si trova ad una latitudine $45^{\circ}55'12''$ Nord e ad una longitudine $09^{\circ}19'13''$ Est: riportiamo quindi il grafico solare a cui fare riferimento, estratto dalla norma UNI 10349.

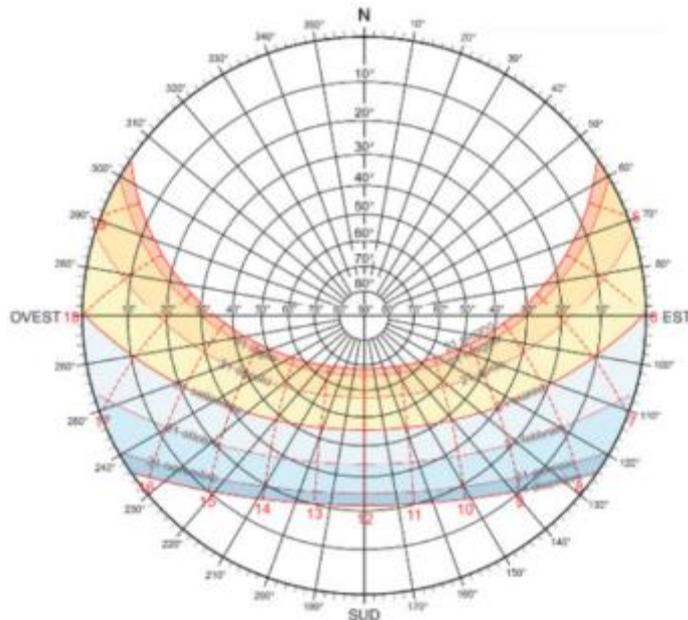


Fig. 11 - Diagramma della radiazione solare – Latitudine 45° Nord

Mandello del Lario è in zona climatica E, con un valore di 2.373 gradi giorni. Questi dati ci serviranno in seguito per l'elaborazione dell'Attestato di Prestazione Energetica degli edifici di progetto.

2.3 L'evoluzione storica del Comune di Mandello del Lario

2.3.1 Cenni storici

Diversi reperti archeologici rinvenuti nei dintorni del Comune di Mandello del Lario confermano la presenza delle popolazioni celtiche alla fine del VII secolo a.C.

Il principale centro storico documentato è il borgo di Mandello², che si suppone di fondazione romana, in quanto l'aspetto urbano della frazione Mandello Basso (zona a lago vicino alla chiesa di San Lorenzo) segue un rigido schema rettangolare, tipicamente simile ad un accampamento romano.

Dopo la caduta dell'Impero Romano sono i Longobardi a stanziarsi sul territorio e da loro arrivano le prime menzioni scritte che riguardano la trasformazione di Mandello in corte regia, ossi terra di proprietà reale.

Nel 603 d.C. Papa Gregorio I cede al conte di Angera tutte le corti regie del Comitato di Milano, fra le quali figura anche Mandello, che diviene successivamente Comune rurale dell'alto milanese, feudo comitale e residenza dei conti Mandelli che traggono, come di consuetudine dei tempi, il cognome di famiglia dal nome del borgo.³

Con la costituzione del Sacro Romano Impero, Mandello diventa la sede amministrativa del più importante feudo della riva orientale del lago. La sua giurisdizione si estende fino a Lierna e, durante il dominio visconteo e sforzesco, arriva a comprendere gli attuali comuni di Varenna, Bellano, Dervio, Corenno e Dorio.



Fig. 12 - Massima estensione del feudo di Mandello, 1537-1780 Fonte "Oppidum Mandelli", pag. 74⁴

² Il toponimo è citato con sicurezza in un testamento dell'anno 769 (CDL), con il quale il diacono Gratilasciava, tra gli altri beni, gli oliveti che possedeva "in Mandello et Varenno". Saverio Almini, Lombardia Beni Culturali, ultimo aggiornamento Link risorsa: <http://www.lombardiabeniculturali.it/istituzioni/schede/5000766/>.

³ Collana "Vivi la Città 2005", Amministrazione comunale di Mandello del Lario, Gruppo Media, Iniziative editoriali e comunicazioni, www.gruppomedia.com, n° 230 – Ottobre 2004, p. 9.

⁴ La comunità generale di Mandello, "essendo anche capo di pieve" – come attestano le risposte – non era dipendente "da altro comune": era costituita dai comuni di Abbadia; Borbino; Linzanico; Grebbio; Lombrino; Olcio; Rongio; Molina; Tonzanico; Motteno; Maggiana; Somana; Molini inferiori e superiori. Altri due comuni le

Nel 1117, durante la guerra di carattere religioso tra Como e Milano, i Mandellesi, diversamente dagli altri paesi della stessa sponda, appoggiano i Comaschi e nel 1126 Mandello subisce saccheggiamenti da parte dei Milanesi e dei Lecchesi.⁵

Nel 1160, quando si formano i nuovi comuni, Mandello è tra i primi borghi del lago ad accogliere la novità amministrativa e costituisce un Comune con consoli, assemblee e magistrati propri.

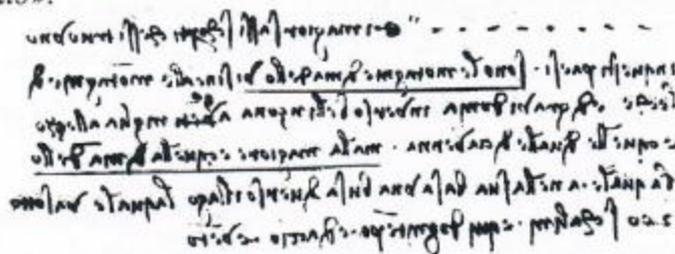
Nel 1336 viene sottomesso politicamente a Milano, sotto il governo di Azzone Visconti, il quale crea lo statuto del borgo e della pieve. Nel 1398 viene eletto il primo podestà, Giovanni De Bombelli.

Durante la guerra tra Milano e Venezia, Mandello oppone resistenza alla Repubblica Veneta che nel 1453 aveva già occupato la Valsassina, e nel 1449 si fortifica ulteriormente concludendo il vallo attorno all'abitato.⁶

Nel 1485 il borgo di Mandello viene ceduto a Clara Sforza e nel 1500 Leonardo da Vinci visita il Lago di Como passando anche per Mandello, parlandone nel Codice Atlantico.⁷

Leonardo, infatti, nel Codice Atlantico, foglio 214 v.e. si esprime così:
 "A Bormi. A Bormi sono i bagni; sopra Como 8 miglia è la Priniana, la quale cresce e decresce ogni 6 ore; e il suo crescere fa acqua per 2 mulina e n'avanza, e il suo calare fa asciugare le fonti. Più su 2 miglia è Nesso, terra dove cade uno fiume con grande empito, per una grandissima fessura di monte. Queste gite son da fare nel mese di maggio. E i maggior sassi scoperti che si trovino in detto paese son le montagne di Mandello, visine alle montagne di Lecche e di Gravidonia, inverso Bellinzona a 30 miglia a Lecco, e quelle di valle di Chiavenna; ma la maggiore è quella di Mandello, la quale ha nella sua basa una busa di verso il lago, la quale va sotto 200 scalini; e qui d'ogni tempo è diaccio e vento".

.. *mag[g]ior sassi scoperti che si truov[a]no in questi paesi sono le montagne di Mandello, visine alle montagne di Leche [Lecco] e di Gravidonia [Gravedona]. In verso Bellinzona a 30 miglia a Lecco, è quelle di valle di C[h]iavenna; ma la mag[g]iore è quella di Mandello, la quale ha nella sua basa una busa di verso il lago, la quale va sotto 200 scalini e qui d'ogni tempo è diaccio e vento».*



Leonardo, particolare del C.A. 214 v.e.

Fig. 13 - Leonardo da Vinci, Codice Atlantico, fonte Oppidum Mandelli, p.533

erano in parte aggregati, cioè Vassena e Lierna. Saverio Almini, *Lombardia Beni Culturali*, ultimo aggiornamento
 Link risorsa: <http://www.lombardiabeniculturali.it/istituzioni/schede/5000766/>

⁵ Collana "Vivi la Città 2005", Amministrazione comunale di Mandello del Lario, Gruppo Media, Iniziative editoriali e comunicazioni, www.gruppomedia.com, n° 230 – Ottobre 2004, p. 9.

⁶ Collana "Vivi la Città 2005", Amministrazione comunale di Mandello del Lario, Gruppo Media, Iniziative editoriali e comunicazioni, www.gruppomedia.com, n° 230 – Ottobre 2004, pp. 10-11.

⁷ Vincenzo Zucchi, *Oppidum Mandelli*, Arti Grafiche Panizza – Mandello del Lario, prima edizione 1931, quinta edizione aggiornata 1990, p.533.

Il 1531 è un anno tragico per i Mandellesi a causa di una terribile inondazione che provoca gravi danni. Nel 1537 il feudo di Mandello viene ceduto al senatore cremonese Francesco Sfrondati, la cui casata mantenne l'investitura fino al 1788. Nel 1789 le leggi napoleoniche aboliscono ogni vincolo feudale.

Nel 1635, con la pietra di Olcio e Mandello si realizza il primo pavimento del Duomo di Milano, e circa un secolo dopo, nel 1742 vengono scoperte due miniere di piombo sui monti sopra Mandello, poi abbandonate.

Successivamente Mandello subisce il dominio dei Francesi e degli Austriaci almeno fino al 1848, quando le idee rivoluzionarie prendono piede ed in paese viene istituito un Comitato Risorgimentale.⁸

Nel 1850 viene fondato il Vellutificio Redaelli, industria storica in attività fino a qualche anno fa, che produce fusi per la torcitura e che vengono esportati in tutto il mondo.

Nel 1859 la guerra d'indipendenza segna la fine della dominazione austriaca e Mandello è il primo Comune lariano su cui sventola la bandiera italiana.

Nel 1863 si approva il toponimo Mandello del Lario, e la popolazione è di 3.250 abitanti.

Nel 1885 si realizza il tratto ferroviario da Lecco a Como e nel 1894 entra in funzione la linea Bellano – Como.

Nel 1895 si registra la fondazione della ditta Carcano ad opera di Andrea Carcano, ancora oggi grande industria per la laminazione e la trasformazione dell'alluminio.

Nel 1898 viene elaborato l'aggiornamento del Catasto Lombardo Veneto in cui compare per la prima volta anche l'edificio di Via Dante Alighieri oggetto del nostro studio. Sono passati solo 39 anni dal primo catasto Lombardo Veneto in cui non si riscontrava la presenza dell'edificio. Questo fatto ci fa dunque supporre che l'edificio sia stato realizzato proprio intorno alla fine del XIX secolo.

Inoltre da testimonianze orali raccolte nell'archivio della memoria locale di Mandello del Lario, abbiamo saputo che l'edificio, fin dalla sua nascita è stato un edificio pubblico destinato all'istruzione elementare dei bambini.⁹

Nel 1921 viene fondata la Moto Guzzi, anch'essa conosciuta in tutto il mondo per la realizzazione di motociclette.

⁸ Collana "Vivi la Città 2005", Amministrazione comunale di Mandello del Lario, Gruppo Media, Iniziative editoriali e comunicazioni, www.gruppomedia.com, n° 230 – Ottobre 2004, p. 11.

⁹ Fonte orale, Arch. Antonio Balbiani, cittadino Mandellese.



Fig. 14 - Stabilimento e Villaggio Guzzi, foto anni '50 - Fonte "Oppidum Mandelli, p. 521

Nel 1935 la popolazione supera i 4.600 abitanti e nel 1940 inizia l'attività del teatro Sociale.

Alla fine degli anni '40 vengono fondate le ditte CEMB e Gilardoni Raggi X e viene realizzato il cinema teatro Astoria, ora intitolato F. De Andrè.

Nel 1951 Mandello del Lario viene raggiunta dal metanodotto e la popolazione conta circa 6.500 abitanti.

Nel 1961 Mandello del Lario conta 8.000 abitanti e sono registrate 350 imprese, a testimonianza del tessuto industriale ampiamente radicato nel territorio.

Nel 1992 nasce la Provincia di Lecco e Mandello conta 10.300 abitanti.

Negli anni più recenti viene fondato l'archivio comunale della memoria locale (2006) e vengono inaugurate alcune sale polifunzionali nei pressi del lungolago e la nuova sala civica di Molina, al piano terra dell'edificio di Via Dante Alighieri, edificio oggetto di studio.

Come riportato nella tavola 10 "Analisi dei Nuclei Storici" il Comune di Mandello del Lario è nato dalla formazione di più nuclei agricoli sviluppatisi, per le frazioni a lago, lungo gli assi delle attuali vie centrali del paese, mentre per le frazioni collinari, lungo le più importanti vie agrosilvopastorali e i sentieri storici di collegamento tra la zona rivierasca e i monti. La morfologia territoriale ha, naturalmente, caratterizzato lo sviluppo insediativo del Comune. Infatti, come si evince dall'estratto del catasto Teresiano del 1722, nell'area pianeggiante o precollinare sono sorte le prime costruzioni collegate al resto del territorio mediante, quella che ancora oggi rappresenta l'asse viario principale di collegamento del centro. Già a quest'epoca si riscontra la presenza di alcune cascine distanziate dall'insediamento principale nelle quattro direzioni. I nuclei storici che hanno formato l'attuale Comune di Mandello del Lario sono, partendo da sud: Mandello Basso, Mulini, Maggiana, Tonzanico, Motteno; Molina; Luzzeno, Gorlo, Rongio, Zeno, Somana, Bornico, Sonvico e Olcio.¹⁰

¹⁰ Vincenzo Zucchi, *Oppidum Mandelli*, Arti Grafiche Panizza – Mandello del Lario, prima edizione 1931, quinta edizione aggiornata 1990.

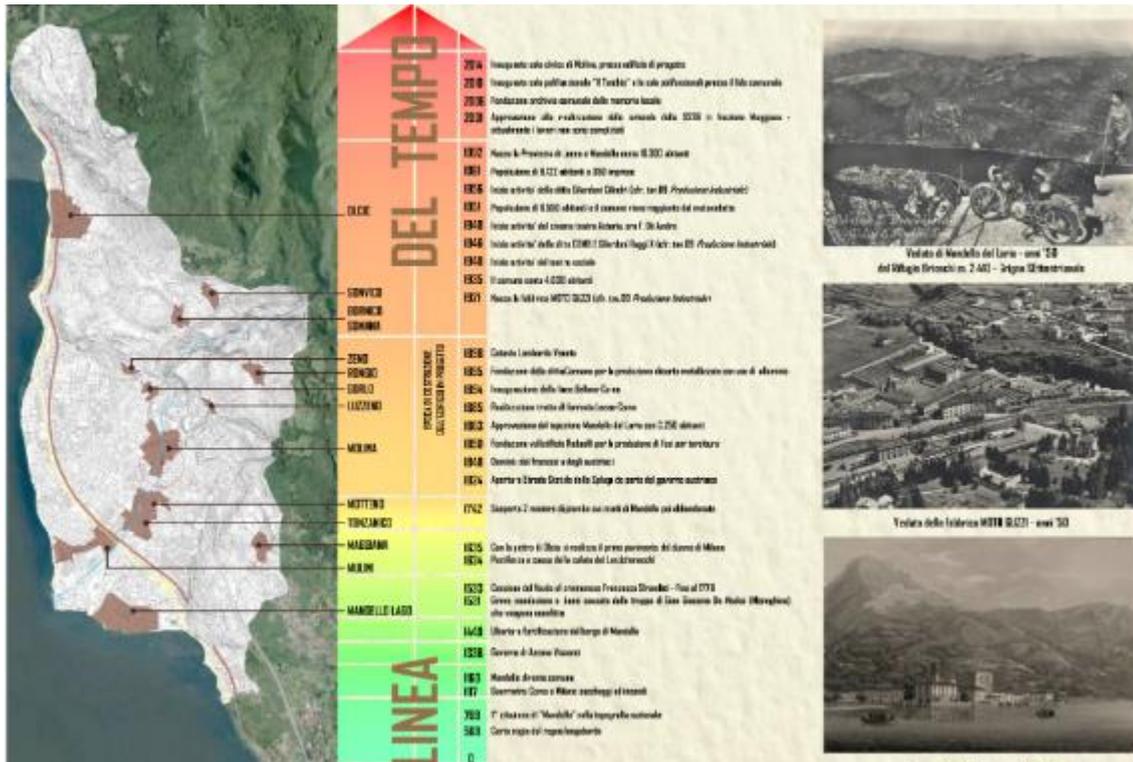


Fig. 15 - Estratto Tavola 10 – Analisi dei nuclei storici

Nel corso del 1800, si assiste ad uno sviluppo e ad una riorganizzazione dei nuclei storici mantenendo comunque l'impianto originario. In particolare, si evidenzia un allargamento del perimetro insediativo verso le principali direttrici di collegamento con il lago. Al contrario i nuclei esterni al centro di Mandello (Somano, Maggiana, Rongio, Olcico) rimangono sostanzialmente immutati fino ai primi del '900.



Fig. 16 - Veduta del borgo di Mandello, anno 1850 fonte "Oppidum Mandelli", p. 140

Nel corso del 1900 lo sviluppo insediativo, prevalentemente di carattere residenziale, ha teso sempre più ad estendersi dal nucleo originario per allargarsi verso il sistema lacustre del territorio comunale parallelamente al corso del fiume Meria fino a raggiungere il Lago di Como. In un periodo compreso tra i primi del '900 e il 1960 si assiste ad una crescita degli insediamenti (soprattutto industriali) prevalentemente lungo i due assi viari che portano verso i centri maggiori, ovvero lungo l'asse viario di collegamento con Lecco (attuale S.P. 72). Le nuove costruzioni presentano un disegno urbanistico ben preciso e si sviluppano in modo organizzato lungo la viabilità principale del paese. Dal 1980 ad oggi si è assistito ad un rallentamento dell'edificazione presentando sporadici situazioni puntuali di costruzioni per lo più a est del territorio comunale lungo il sistema collinare.

L'attuale struttura insediativa è contrassegnata dalla presenza dei tracciati storici originari di collegamento nord-sud ed est-ovest e dai nuclei di vecchia formazione. Le aree e i servizi pubblici, quali ad esempio il Municipio, la scuola, la posta, ecc., sono concentrati attorno ad esso mantenendo il suo carattere di centralità rispetto al resto del territorio.

Le attività industriali e artigianali sono localizzate pressoché in posizione centrale lungo gli assi principali di collegamento. Questo da un punto di vista insediativo determina non poche criticità sotto il profilo viabilistico e di mitigazione tra il sistema insediativo residenziale e quello industriale. Le attività commerciali mantengono ancora quel carattere diffuso su tutto il territorio con una certa predominanza nelle vie centrali del paese e di accesso. Di non poca importanza sono le viabilità minori intercomunali che collegano il Comune di Mandello del Lario con i comuni contermini e con le frazioni, le quali rappresentano anche occasione di fruizione pubblica e valorizzazione del territorio.

Come sopra descritto, il centro di Mandello del Lario è caratterizzato da due orditure urbane, un insediamento piuttosto compatto e aggregato per il centro storico, ed un insediamento piuttosto sparso con una area di media densità insediativa rappresentata dalla zona periferica. Esso è costituito prevalentemente da edifici con destinazione abitativa ma ospita anche piccoli esercizi commerciali (parrucchiera, piccoli alimentari, bar, ecc.). Questa tipologia insediativa, con le dovute distinzioni, è un modello applicabile anche ai nuclei storici periferici.

Altro sistema insediativo riconoscibile è quello industriale-artigianale localizzato lungo la S.P. 72 e in altre vie del paese; esso risulta integrato e policentrico nel sistema residenziale con realtà industriali ormai radicate nel territorio che hanno prodotto un disegno del tessuto consolidato piuttosto variegato contribuendo in modo significativo alla frammentazione funzionale e alla cesura di tutto il territorio urbanizzato.

In riferimento alle analisi condotte, possiamo rilevare che l'attuale impianto urbanistico del Comune di Mandello rispecchia l'evoluzione storica di un paese in cui prima l'agricoltura e la pastorizia, e successivamente l'industria hanno portato le popolazioni ad occupare i territori più interni, con la formazione di piccoli nuclei storici che gradualmente si sono evoluti verso il lago e le principali vie di comunicazione.

Si rileva un forte carattere industriale che, in concomitanza del completamento della tratta ferroviaria Lecco-Colico del 1894, ha portato ad un rapido incremento demografico ed urbanistico, proteso fino al secondo dopoguerra, che ha visto la nascita di condomini vicino ai centri storici e la costruzione di capannoni artigianali ed industriali in adiacenza alle ville di proprietà degli imprenditori stessi.

Questo processo di intensa urbanizzazione ha portato ad un tessuto urbano disarmonico con percorsi "residenziali" sovrapposti a quelli "industriali", con zone congestionate dal traffico e zone verdi deficitarie nel centro del paese.

2.4 I caratteri antropici

2.4.1 Analisi dei Pieni e dei Vuoti

Ad oggi la popolazione di Mandello del Lario conta 10.425 abitanti su una superficie di 43,33 km², registrando una densità di 240,59 ab./km².

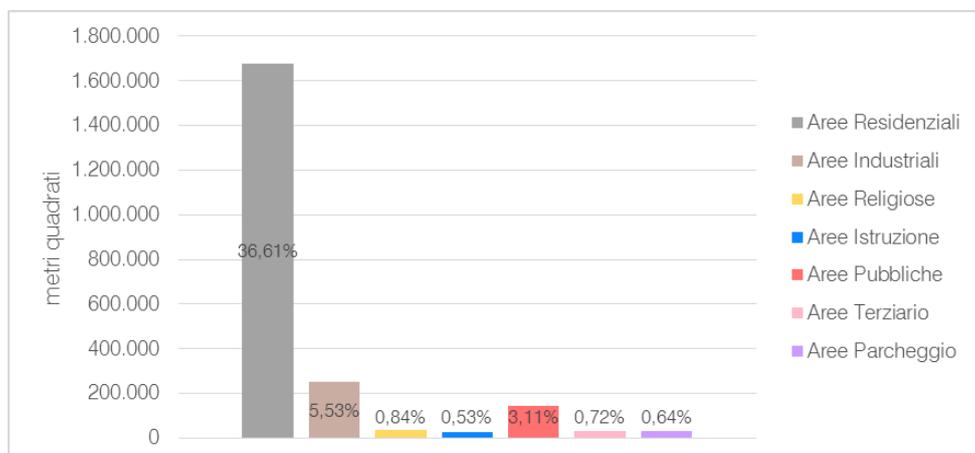
Lo studio del tessuto urbano di Mandello del Lario è stato effettuato mediante l'analisi degli spazi definiti "Pieni", ovvero il costruito, e degli spazi "Vuoti", ovvero le strade e la parte di territorio ineditato. Da questa analisi è emerso che la superficie del centro abitato è fortemente antropizzata. Osservando la tavola di progetto Tav. 02 "Analisi dei Pieni e dei Vuoti", è possibile cogliere la presenza di numerosi "piccoli" edifici, a destinazione residenziale e/o commerciale, e di edifici planimetricamente più rilevanti che rappresentano gli insediamenti industriali.



Fig. 17 - Estratto Tavola 02 – Analisi dei Pieni e dei Vuoti

2.4.2 Uso del suolo e analisi delle funzioni

A conferma di quanto già anticipato nell'analisi dei Pieni e dei Vuoti, è risultata significativa l'indagine svolta sulle destinazioni d'uso del territorio comunale di Mandello del Lario.



Tab. 6 - Indice destinazioni urbanistiche

E' emerso infatti che le aree residenziali occupano la maggior parte del territorio comunale e sono costituite principalmente da abitazioni singole, solitamente con due piani fuori terra, e circondate da giardini.

Questa tipologia edilizia è presente soprattutto lungo Viale Costituzione e in altre aree sparse sul territorio, mentre nelle zone più centrali troviamo edifici pluripiano costituiti da condomini e palazzine.



Fig. 18 - Estratto Tavola 07 – Analisi del Tessuto Urbano¹¹

Al secondo posto per estensione, troviamo le aree industriali. Esse occupano elevate porzioni di territorio e sono dislocate in modo disordinato ma sempre facilmente accessibili

¹¹ Fonte "Piano di Governo del Territorio del Comune di Mandello del Lario, Piano dei Servizi – Relazione – Norme di attuazione" L.R. 11.03.2005, n° 12 – Delibera di Adozione C.C. n. 24 del 27.06.2012.

dalla S.P. 72 che nel passato ha rappresentato l'unica via di comunicazione e trasporto su gomma. Fa eccezione la ditta Carcano che, al contrario, si è sviluppata nella zona nord-orientale in corrispondenza del torrente Meria, utilizzato in antichità, come forza motrice delle ruote dei mulini e quindi delle macchine utensili per la trasformazione e la laminazione dell'alluminio.



Fig. 19 - Estratto Tavola 09 – Analisi della Produzione Industriale

Le industrie presenti a Mandello del Lario, come la Gilardoni S.p.A. la Carcano Antonio S.p.A. la Gilardoni Vittorio, la CEMB S.p.A. e la Moto Guzzi (ormai industria storica) sono conosciute sia a livello nazionale che internazionale. Esse impiegano un numero di dipendenti superiore a 200 e questo è un indice che rappresenta la dimensione di tali insediamenti. Il tessuto industriale contribuisce al benessere socio-economico della comunità locale ma concorre alla congestione del traffico locale sia per l'afflusso di addetti che per il trasporto di merce su gomma.

Le aree pubbliche sono distribuite nel territorio comunale in base alle funzioni in esse svolte. Con riferimento alla Tavola 08 "Analisi delle Funzioni" si individuano:

- I servizi di ordine pubblico, le poste, i servizi sanitari, i servizi religiosi situati nel centro cittadino;
- I servizi di pubblica istruzione distribuiti nel centro abitato;
- Zone ad uso pubblico, come spiagge libere, centri sportivi e di aggregazione sociale distribuiti sull'intero territorio del centro abitato.

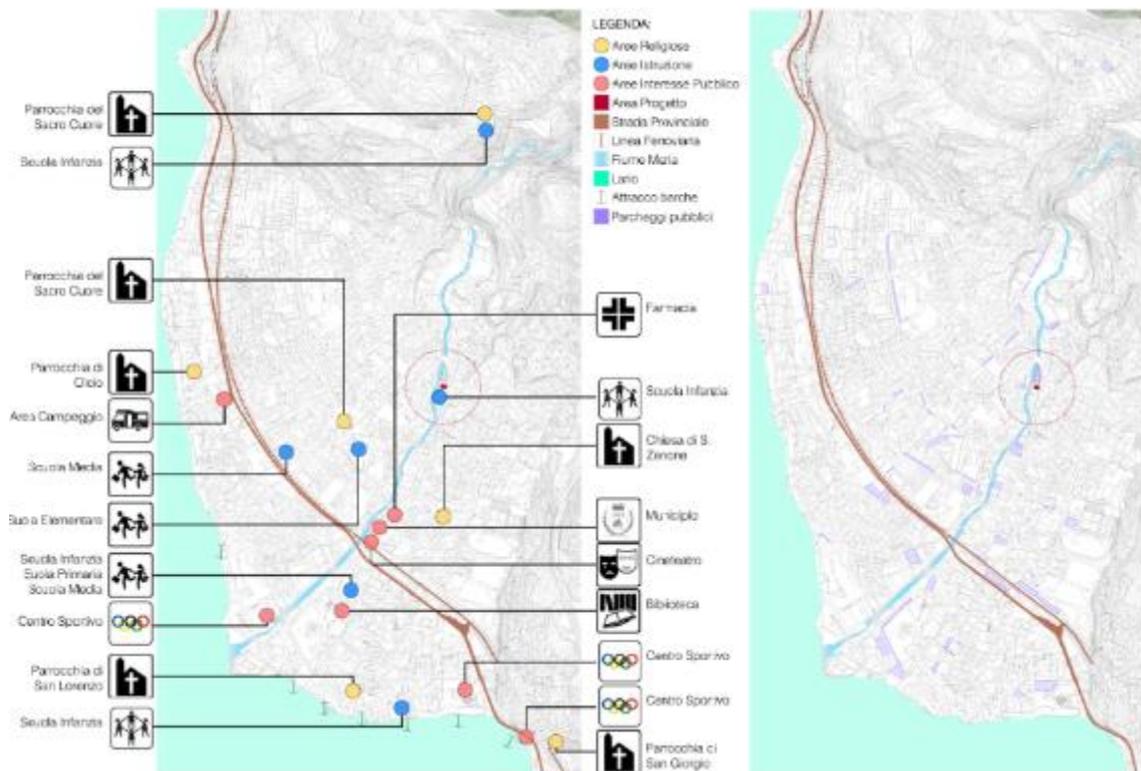


Fig. 20 - Estratto Tavola 08 – Analisi delle Funzioni

2.4.1 Analisi della Viabilità

Come si evince dalla *Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.*, la viabilità è costituita dai seguenti sistemi:

- Vie di terra – trasporto su gomma: S.P. 72 e S.S. 36;
- Vie di terra – trasporto su gomma: strade locali;
- Vie di terra – trasporto su rotaia: rete ferroviaria Milano-Sondrio-Tirano;
- Via d'acqua: navigazione del lago di Como.

Il territorio comunale di Mandello del Lario è attraversato dalla strada provinciale S.P.72, che si estende lungo tutto il paese, da Nord a Sud. Questa arteria ha rappresentato fin dall'antichità un'importante via di comunicazione con i Comuni della provincia di Sondrio e ancora oggi è ampiamente trafficata, ed utilizzata sia per gli spostamenti all'interno del Comune, che per quelli extra-comunali. Mandello infatti non è dotato di uno svincolo di collegamento diretto con la strada statale S.S. 36 ad elevata percorrenza e pertanto la S.P. 72 rappresenta l'unico collegamento con gli altri centri abitati della costa orientale del lago. Nel 2001 il Consiglio Comunale diede il via libero ad un progetto per la realizzazione di uno svincolo sulla S.S. 36, in corrispondenza della frazione di Maggiana, ma tale opera non è ancora stata realizzata. Recentemente si è proposto, a livello provinciale, la realizzazione di un mini svincolo fruibile dagli automobilisti diretti da e verso Sondrio, sfruttando la struttura già esistente del sottopasso tra due stazioni di servizio e collegando l'area di servizio nord a Via per Maggiana.

La maggior parte della rete viaria urbana di Mandello del Lario è costituita da strade comunali interne al centro abitato, con capacità di smaltimento del traffico molto ridotta, in quanto la sezione stradale è spesso soggetta a restringimenti o pendenze significative ed elevata tortuosità, provocando notevoli disagi al transito dei veicoli pesanti a servizio delle varie industrie che hanno sede nel Comune.

Per quanto riguarda il trasporto pubblico locale, le strade interne comunali sono percorse dalla linea degli autobus che collega principalmente le frazioni situate ad est della S.P. 72 e lasciando scoperta la zona verso il lago, con un'unica fermata in corrispondenza della stazione ferroviaria. Il collegamento intercomunale è invece consentito sempre ed unicamente dalla S.P. 72.

La S.P. 72 è costeggiata dalla linea ferroviaria Milano-Sondrio-Tirano, che si sviluppa con un unico binario da Nord a Sud. La presenza di un unico binario rappresenta una criticità per il potenziamento dei collegamenti e del trasporto su rotaia, che potrebbe invece rappresentare un'opportunità per ridurre i tempi di percorrenza dei collegamenti con i comuni limitrofi e i capoluoghi.

Un'ulteriore opportunità di trasporto è rappresentata dalla navigazione del lago. La navigazione avviene principalmente per scopi turistici collegando Mandello a Lecco e Varenna. Da quest'ultima località è possibile usufruire di un servizio di ferry, anche per autovetture, tramite il quale raggiungere le altre sponde del lago: Bellagio e Menaggio/Cadenabbia. Nel basso numero di corse e nella ridotta capienza dei mezzi di trasporto lacustri si riscontra una criticità che potrebbe essere trasformata in un'opportunità per ridurre la congestione delle vie di trasporto su gomma per scopi lavorativi e non solo turistici. Si precisa che la collocazione degli attracchi rispetto ai luoghi di lavoro, riferendoci per esempio sia a Mandello che a Lecco, e dei rispettivi collegamenti con mezzi pubblici, quali per esempio bus, rappresentano un ulteriore ostacolo allo sfruttamento della via d'acqua.

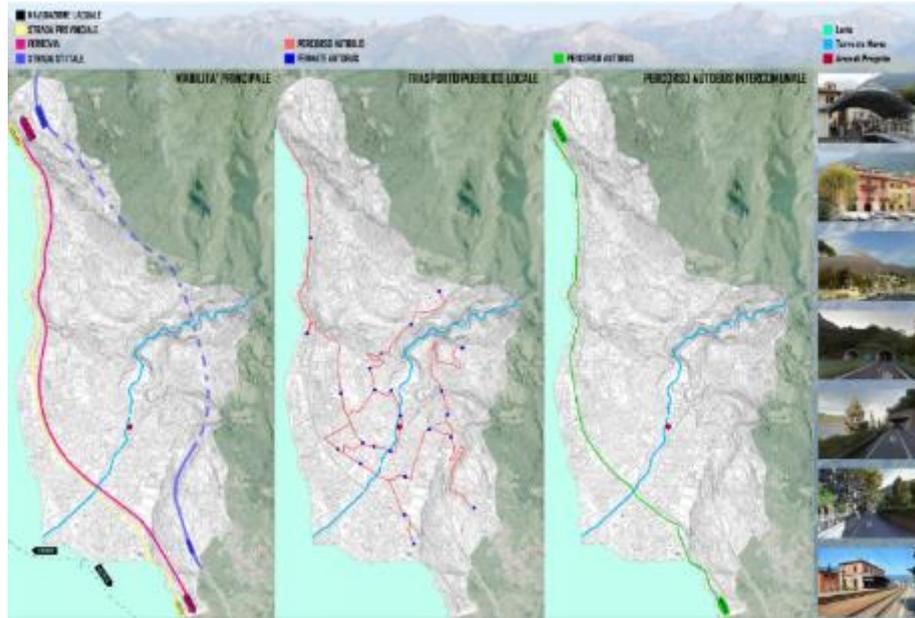


Fig. 21 - Estratto Tavola 04 – Analisi della Viabilità

L'indagine degli attraversamenti carrabili e pedonali della S.P. 72 e della linea ferroviaria, è indicata nella tavola 05 "Analisi degli Attraversamenti", di cui si riporta uno stralcio.

La linea ferroviaria può essere attraversata in corrispondenza dei sottopassaggi di Via Parodi, Via Sottopassaggio e Viale della Costituzione e dei passaggi a livello di Via Manzoni e Via Cavour. È presente un unico sottopassaggio esclusivamente pedonale situato in corrispondenza della stazione ferroviaria in Via Risorgimento.

La dotazione di marciapiedi, di attraversamenti e più in generale di percorsi ciclo-pedonali è deficitaria e non adeguatamente sviluppata, fatta eccezione per le zone a traffico limitato vicino al Municipio e nel centro storico della zona Mandello lago. La presenza di numerosi giardini privati, che si affacciano direttamente sul lago, non consente la creazione di un itinerario ciclo-pedonale panoramico, che oltre a finalità turistiche, consentirebbe di evitare il transito di pedoni e ciclisti sulla S.P. 72.



Fig. 22 - Estratto Tavola 05 – Analisi degli Attraversamenti

SINTESI E SVILUPPO DELL'IDEA

Al termine del processo di conoscenza degli aspetti ambientali, naturali, antropici e storici del Comune di Mandello del Lario abbiamo sintetizzato le informazioni ottenute, mediante l'assegnazione di punti di Forza, Debolezza, Opportunità e Minacce e definendo gli elementi positivi e negativi presenti ed agenti nell'area di progetto, al fine di poter avere una chiara idea sull'intervento di conservazione e di progettazione.

3. SINTESI E SVILUPPO DELL'IDEA

3.1 SWOT a livello comunale

L'analisi SWOT (Strength, Weakness, Opportunities, and Threats) fornisce l'ispirazione per la definizione del progetto considerando i punti di Forza e di Debolezza come fattori endogeni, e riferendosi alle caratteristiche intrinseche della zona di studio, mentre le Opportunità e le Minacce rappresentano dei fattori esogeni, ovvero sono elementi che dipendono dalla trasformazione del contesto.

Si è individuato quale Punto di Forza: la posizione geografica del territorio e lo skyline visibile verso il lago, e altrettanto quello delle montagne, favoriscono il benessere generale della collettività e aumentano le possibilità turistiche della zona.

Si sono individuati quali Punti di Debolezza: la criticità dei flussi veicolari, la posizione all'interno del centro abitato degli insediamenti industriali, la posizione della ferrovia che divide il paese in due parti, e la mancanza di percorsi pedonali e ciclabili poiché concorrono a rendere poco fruibile e congestionato il territorio.

Si sono individuate le seguenti Opportunità: la presenza di molti nuclei storici per le attività di valorizzazione degli stessi; la possibilità di riqualificare il sistema viabilistico e di realizzare aree a parcheggio e percorsi ciclo-pedonali per migliorare la fruizione del territorio; la presenza della ferrovia e la navigazione del lago per limitare il trasporto su gomma a vantaggio di migliori condizioni di fruibilità del territorio; la riqualificazione del torrente Meria per creare scorci suggestivi ed essere utilizzato quale fonte di energia rinnovabile.

Si sono individuate le seguenti Minacce: la presenza di nuclei storici che non sono stati oggetto di riqualificazione con conseguente perdita di identità storica; la condizione idrogeologica del torrente Meria che potrebbe essere causa di fenomeni di inondazione.



Fig. 23-Estratto Tavola 11 – Analisi SWOT a livello comunale

3.2 Analisi SWOT locale

Vista da vicino, la nostra area di progetto presenta i seguenti fattori di Forza, Debolezza, Opportunità e Minacce:

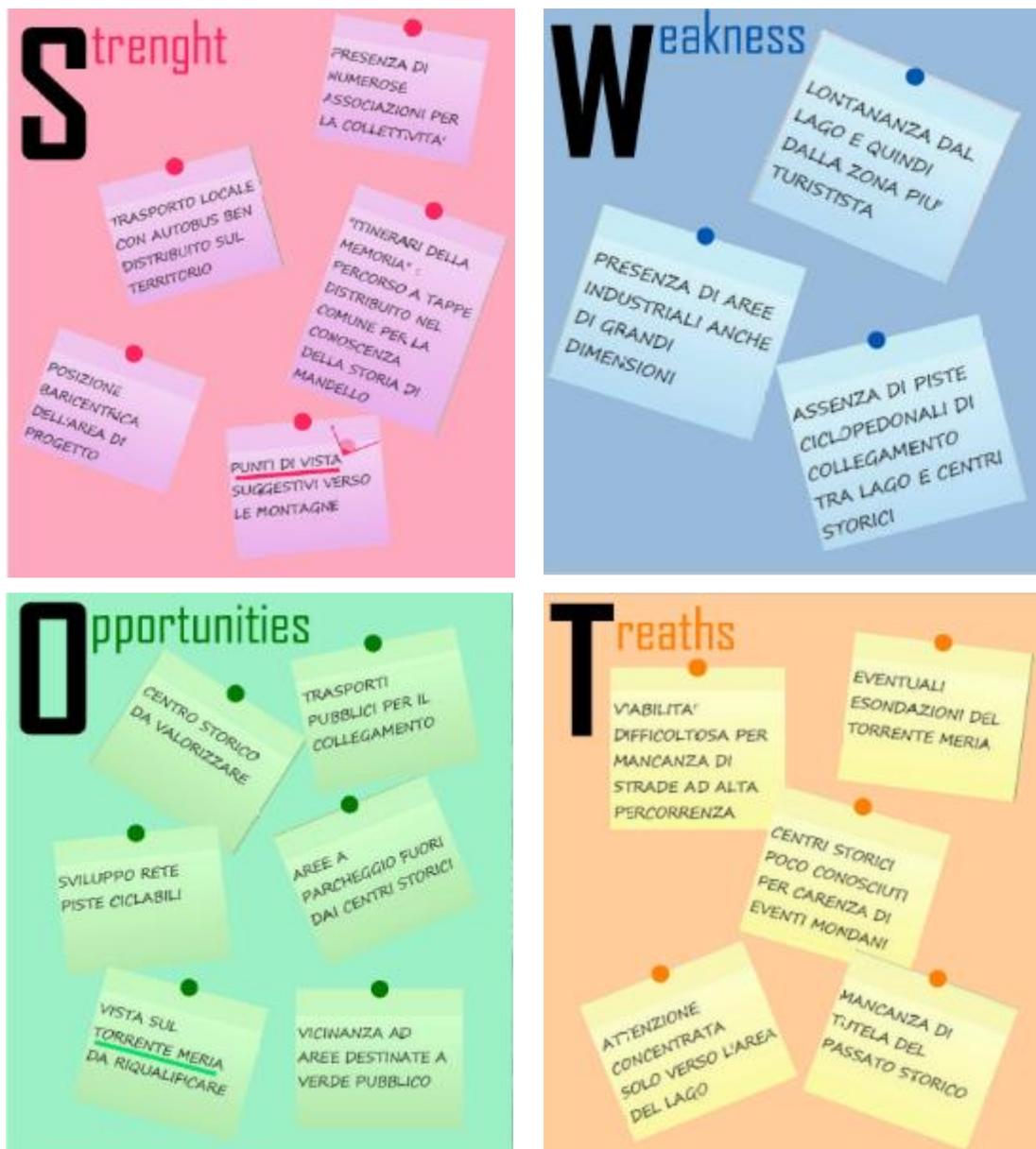


Fig. 24 - Estratto Tavola 17 – Analisi SWOT locale

Dalle precedenti analisi si evince che la zona oggetto di intervento non presenta particolari punti di forza, ma evidenzia alcune minacce e debolezze. Il progetto si prefigge di sfruttare le opportunità concesse al fine di mitigare gli aspetti negativi emersi: da un lato la riqualificazione delle aree esterne e la costruzione del nuovo edificio contribuiranno a migliorare la percezione dei luoghi, dall'altro, unitamente alla riqualificazione funzionale dell'edificio esistente verrà creata una nuova opportunità di utilizzo degli immobili e delle aree esterne. Il progetto prevede inoltre la riqualificazione architettonica del torrente Meria, mediante la formazione di una fascia verde per raggiungere due obiettivi: il rinnovamento estetico del torrente e l'inserimento di un percorso ciclo-pedonale nel verde.

Le funzioni che si svolgeranno all'interno degli edifici in progetto contribuiranno a diffondere la cultura musicale e tramite l'infopoint a far conoscere il territorio di Mandello e delle zone circostanti.

Crediamo che la progettazione di un nuovo edificio polifunzionale, posizionato in ideale continuità con la scuola di musica, rappresenti un punto luce nel centro di Mandello del Lario, una lanterna che attiri la collettività nel centro paese, accogliendo eventi e manifestazioni per valorizzare le arti imparate nella scuola di musica, ma anche il centro storico nella sua più ampia accezione. E' per tale motivo che abbiamo immaginato il nuovo edificio come un cannocchiale, posto nel paese, con la lente rivolta su uno dei punti di forza di Mandello del Lario: le montagne.



Fig. 25 - Estratto Tavola 77 – Prospetti

EDIFICIO ESISTENTE

CONOSCERE L'EDIFICIO

Nel seguente capitolo descriviamo le caratteristiche dell'edificio esistente, nella sua dimensione spaziale e nella sua composizione materica. Rileviamo la condizione di degrado delle facciate esterne e degli elementi che le compongono e riportiamo gli interventi da eseguirsi al fine di permettere la trasmissione del bene al futuro nelle migliori condizioni possibili, cercando di perseguire l'obiettivo del minimo intervento, della reversibilità e della compatibilità.

4. CONOSCERE L'EDIFICIO

4.1 Inquadramento fotografico

L'edificio oggetto di studio è ubicato nel centro storico della frazione di Mandello del Lario, denominata Molina e dista dal lago circa 1,4 km, ovvero circa 15 minuti a piedi e 5 minuti in auto.



Fig. 26 - Estratto tavola dei collegamenti tra edificio di studio e luoghi pubblici

L'edificio si affaccia:

- Ad Est su via Dante Alighieri a medio scorrimento veicolare,
- Ad Ovest sull Torrente Meria, un letto d'acqua di ragguardevole portata che nasce dal gruppo delle Grigne;
- A Sud su un piccolo cortile che collega l'adiacente Scuola Materna,
- A Nord verso il parcheggio pubblico costituito da un piano seminterrato e uno all'aperto. Da questo ultimo fronte è possibile scorgere la Grigna Settentrionale.

I collegamenti tra le due rive del torrente Meria sono consentiti per mezzo di un ponte pedonale in acciaio verniciato, situato ad Ovest dell'edificio,¹² al di là del quale è presente

¹²Il ponte pedonale trae forma dal progetto di due travi/parapetto in acciaio verniciato. La sezione delle travi asseconda i flussi di percorrenza e genera un calibro variabile del passaggio pedonale. La scelta di realizzare il ponte in acciaio trae spunto dalla storica presenza sul territorio di Mandello del Lario di numerose e rinomate aziende metalmeccaniche. Il ponte pedonale, che collega la nuova piazza con via Dante Alighieri sul lato opposto del torrente, viene realizzato con struttura principale in acciaio formata da due travi a "C" che assumono anche funzione di parapetto. Le travi hanno un'altezza di 1.41 m e si sviluppano per una lunghezza di 14.80 m. Le due travi sono collegate inferiormente con profilati metallici sui quali viene posato il piano di calpestio formato da una lamiera grecata con getto di completamento in cls e pavimentazione in asfalto. L'impalcato inferiore, oltre a sostenere i sovraccarichi verticali previsti, assolve il compito di contrastare le rotazioni verso la parte centrale del manufatto delle due "travi parapetto" senza dover ricorrere a ritegni torsionali sulle due spalle. L'imposta sugli argini avviene mediante travi ripartitori in c.a. e opportuni dispositivi di appoggio. "Progetto ponte pedonale a Mandello del Lario", Arch. Romegialli – Anno di realizzazione 2009 –

un'ampia piazza, riqualificata alla fine degli anni '90 dall'amministrazione comunale, ... *per fornire la popolazione residente di un garage sotterraneo...* [cit. Fabiana Bertassi, "La Chiesa di San Rocco in Molina a Mandello del Lario", Edizioni WIVI, Anno 2012, p. 11] sulla quale si affaccia la Chiesa di San Giorgio, edificata tra il 1567 e il 1578.¹³ La facciata della chiesa ed il campanile, proprio come l'edificio di Via Dante Alighieri, *sono dipinti di colore giallo, una tonalità più chiara rispetto al cosiddetto "giallo lombardo"*¹⁴ di cui un esempio è il santuario della Beata Vergine del Fiume, sito sempre a Mandello, più a valle lungo lo stesso Meria. [cit. Fabiana Bertassi, "La Chiesa di San Rocco in Molina a Mandello del Lario", Edizioni WIVI, Anno 2012, p. 13].

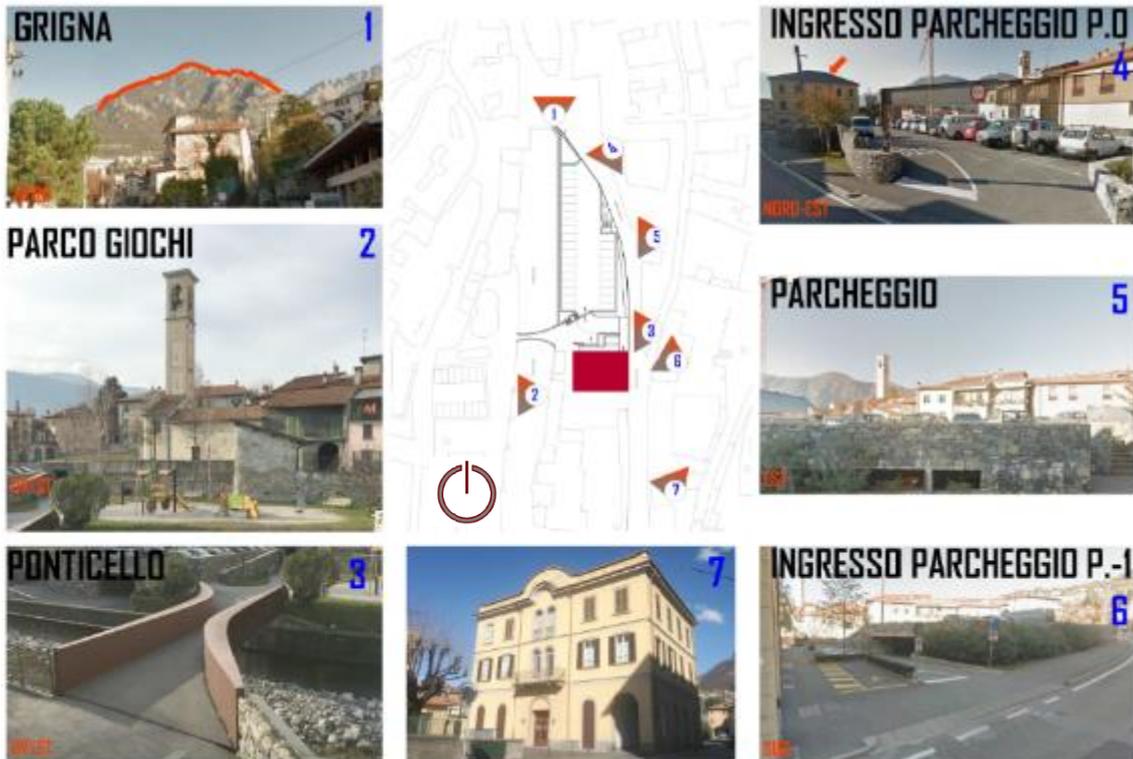


Fig. 27 – Estratto Tavola 12 – Inquadramento fotografico

4.2 Dati storici

4.2.1 La Frazione Molina

La frazione Molina a Mandello del Lario è stata comune fino al 1757¹⁵, anno in cui venne aggregata al comune di Rongio, che rimase, a sua volta, comune fino al 1927, quando venne assorbito dal confinante comune di Mandello del Lario, ad opera di Mussolini.¹⁶

La frazione è stata così chiamata poiché esistevano delle ruote da mulino che sfruttavano per il loro funzionamento, l'acqua della Roggia Valmeria, canale artificiale parallelo al

Strutture: studio Moncecchi associati, realizzazione: impresa L. Colombo e ditta GTT (taglio laser). Link risorsa: <http://www.actromegialli.it/architecture/pontepedonale>

¹³ Fabiola Bertassi, "La Chiesa di San Rocco in Molina a Mandello del Lario", Edizioni WIVI, Anno 2012, p. 8.

¹⁴ "...Sa cominciato ad affermarsi sugli edifici pubblici e rappresentativi soltanto nell'800, assieme a varie sfumature di rosso, perché erano i colori preferiti dai Geni Civili del 1° Regno d'Italia..." Articolo del Corriere della Sera, "Addio al "giallo Milano" Palazzi sempre più grigi, E. Rosaspina, 20.02.2005, Corriere della Sera, Cronaca Milano

¹⁵ Editto di Milano, 10 giugno 1757, fonte Archivio dei Beni Culturali della Lombardia, link risorsa: www.lombardiabeniculturali.it/istituzioni/schede5000710-5000550-30518171.

¹⁶ Archivio dei Beni Culturali della Lombardia, link risorsa: www.lombardiabeniculturali.it/istituzioni/

torrente Meria. La progressiva urbanizzazione ha portato alla copertura di tratti di questa roggia, e per tale motivo sono state eliminate anche le antiche ruote ed i relativi mulini.¹⁷ L'associazione Archivio Comunale Memoria Locale di Mandello del Lario ha posizionato alcune targhe commemorative su edifici di importanza storica, o in luoghi che hanno partecipato a costituire la memoria storia del comune.



Fig. 28 - Targa esplicativa del Mulino Ripamonti, frazione Molina



Fig. 29 - Targa esplicativa del mulino Mainetti, frazione Molina

Questa frazione è considerata il nucleo insediativo principale da cui si è sviluppata la zona centrale del comune di Mandello del Lario. All'interno del tessuto urbano sono identificabili l'insediamento più antico, sulla sponda destra del torrente Meria, e quello più recente, a sinistra del torrente.

¹⁷ L'Associazione Archivio Comunale Memoria Locale di Mandello del Lario ha ricostruito la storia di alcuni mulini presenti, come il Mulino Ripamonti e il Mulino Mainetti.

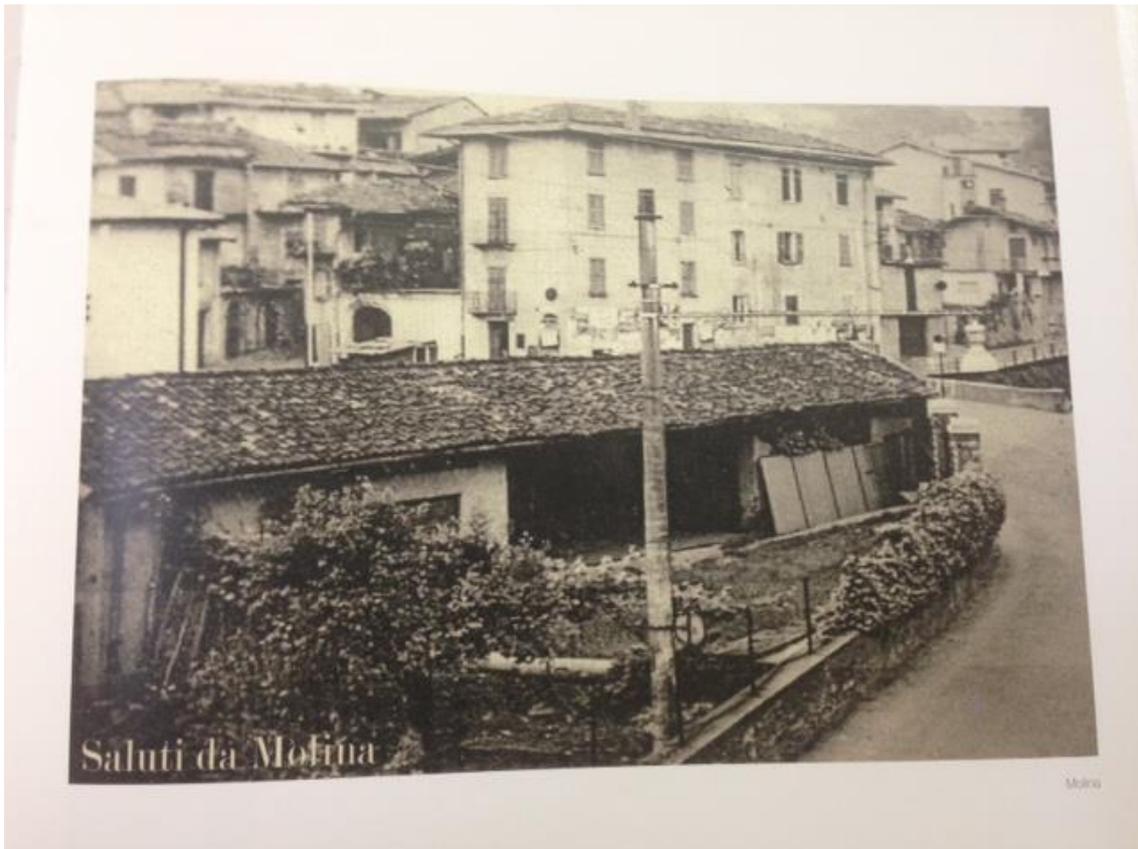


Fig. 30 - Cartolina storica - Frazione Molina, 1930¹⁸

¹⁸ AA.VV. (A cura dell'Archivio Comunale Memoria Locale), *Mandello del Lario*, Archivio Comunale Memoria Locale Mandello, 2014.

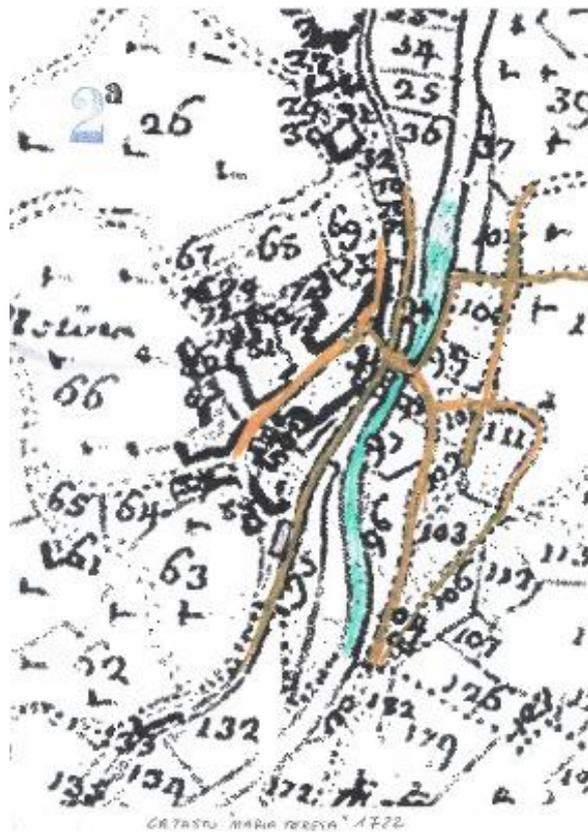


Fig. 31 - Frazione Molina in una copia fatta dall'originale Catasto Teresiano del 1722, in azzurro il torrente Meria, in arancione le strade¹⁹



Fig. 32 - Estratto Tavola 15 - Analisi delle tappe evolutive di Frazione Molina

¹⁹ Archivio privato, per gentile concessione, dell'Arch. Antonio Balbiani.

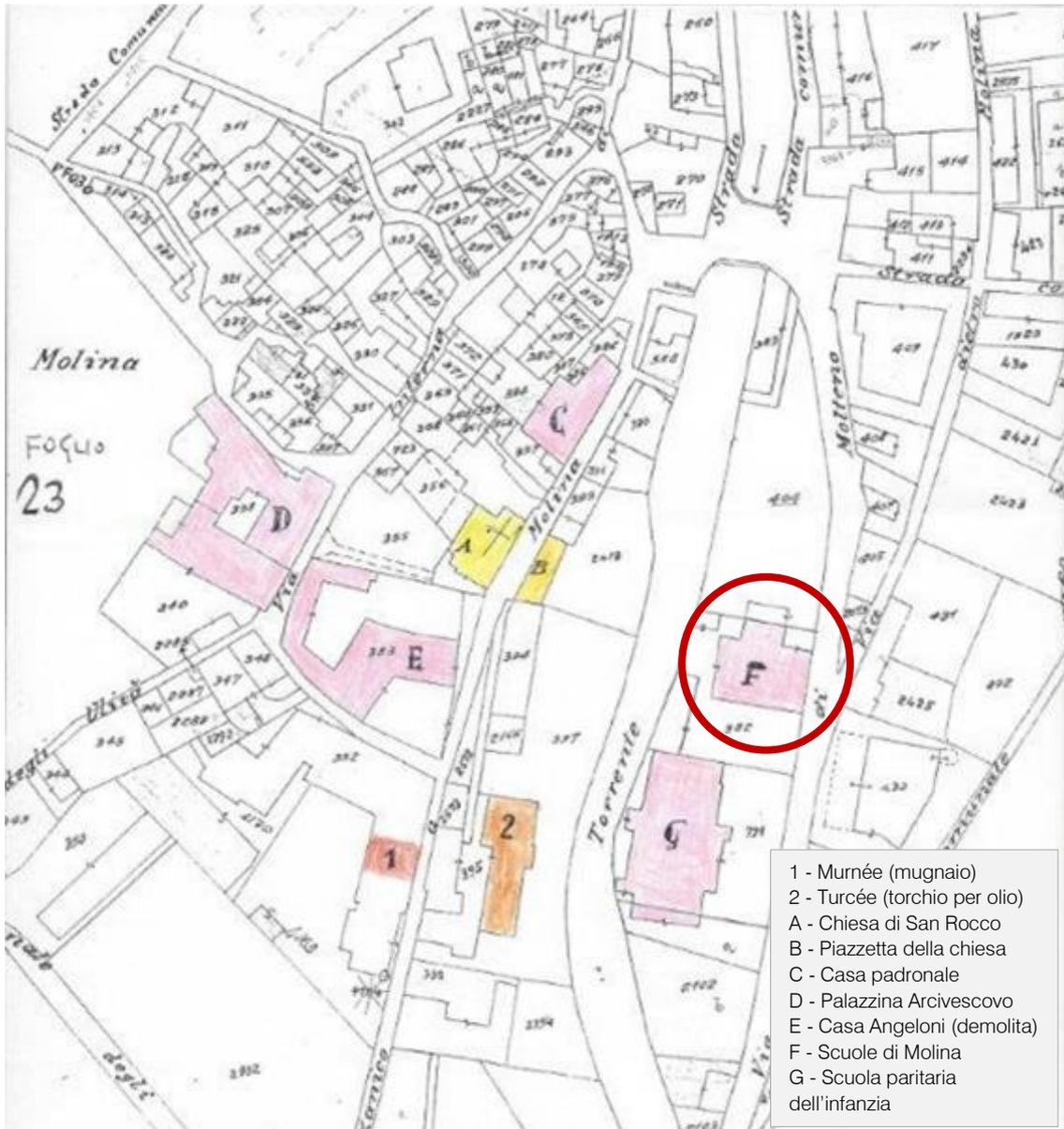


Fig. 33 - Riproduzione catastale del nucleo storico di Molina - anno 1958²⁰

²⁰ Archivio privato, per gentile concessione, dell'Arch. Antonio Balbiani.

4.2.2 L'edificio di Via Dante Alighieri

La realizzazione dell'edificio oggetto di studio risale ai primi anni del Novecento e, sulla scorta dei documenti illustrati di seguito, possiamo indicativamente porla nell'arco dei dieci anni compresi tra il 1888 ed il 1898. Esiste un atto notarile datato 17 settembre 1888, inserito in una targa commemorativa installata presso l'edificio, che ci informa della volontà del Sig. Luigi Azzoni, fu Lazzaro, di vendere all'allora Comune di Rongio, *"una porzione del fondo a prato sito nel Comune di Rongio sotto il numero mappale 404 ... per il prezzo di costruirvi una fabbricato scolastico... dovrà essere separata dal restante terreno in linea retta dalla strada al fiume... mediante muri di cinta dell'altezza non minore di metri due"*²¹

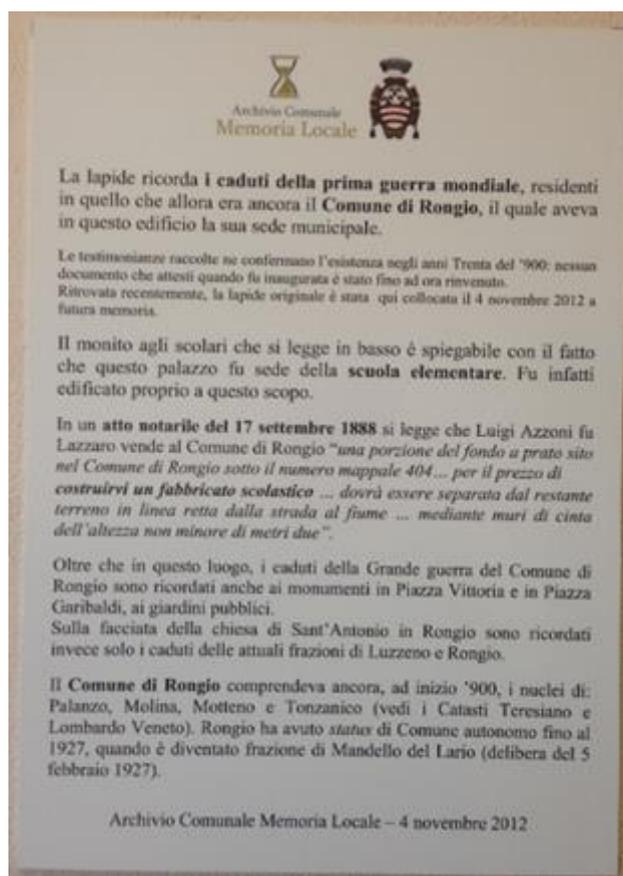


Fig. 34 - Targa commemorativa installata sulla parete orientale dell'edificio

Dallo studio dei catasti storici, reperibili presso l'Archivio di Stato di Como, abbiamo potuto osservare che nei rilievi effettuati all'epoca del Catasto Teresiano, 1722, la scuola di Molina non è presente, così come in quello successivo, Catasto Lombardo Veneto del 1859. E' solo nel secondo aggiornamento del Catasto Lombardo Veneto, 1898, che compare per la prima volta.

²¹ Archivio di Stato di Como, atto notarile del 17 settembre 1888.



Fig. 35 - Archivio di Stato di Como, Catasto Teresiano, Molina, 1722



Fig. 36 - Archivio di Stato di Como, Catasto Lombardo Veneto, Molina, 1859



Fig. 37 - Archivio di Stato di Como, Catasto Lombardo Veneto, Molina, 1898

L'edificio nacque come edificio scolastico, ma fu anche sede del Municipio di Rongio,²² fino al 1927, quando è divenuto frazione di Mandello del Lario.²³ Sul cornicione posto sul fronte meridionale troviamo inserito un bassorilievo che richiama lo stemma di quello che fu il comune di Rongio. Nel corso degli anni, per evitarne il deterioramento ed il successivo crollo è stata applicata della rete a protezione dello stesso, come visibile in Fig. 38.



Fig. 38 – Particolare del bassorilievo con stemma del Comune di Rongio - Prospetto Sud

Durante la seconda Guerra Mondiale (1943-45) lo stabile fu sede del comando tedesco ed in seguito alla fuga dei tedeschi nell'aprile del 1945, divenne sede del Comando partigiano, per poi essere restituito ad uso civile nel giugno del 1945 e, ad ottobre dello stesso anno, riprese la sua funzione originaria di istituto scolastico.²⁴

4.3 Le modifiche apportate nel corso degli anni

Abbiamo potuto raccogliere ulteriori informazioni sull'edificio, grazie all'intervista con l'Arch. Antonio Balbiani, personaggio noto tra i mandellesi in quanto ha rivestito il ruolo di assessore comunale quasi ininterrottamente dal 1977 al 1988 e, per tale motivo, considerato memoria storia del paese.²⁵

ANNI '50

- Dallo studio degli elaborati catastali del 2010, è possibile notare la presenza di una superfetazione sul fronte settentrionale. Tale ampliamento fu realizzato negli anni Cinquanta per fare in modo che la scuola potesse avere al suo interno i servizi igienici. Dallo studio della pianta interna il locale fu ricavato nel mezzanino delle scale.

²² Informazioni raccolte nell' intervista all'Arch. Antonio Balbiani, Mandello del Lario, Giugno 2016.

²³ Delibera comunale del 05.02.1927.

²⁴ AA.VV. (A cura dell'Archivio Comunale Memoria Locale), *Mandello del Lario*, Archivio Comunale Memoria Locale Mandello, 2014

²⁵ Informazioni raccolte nell' intervista all'Arch. Antonio Balbiani, Mandello del Lario, Giugno 2016.

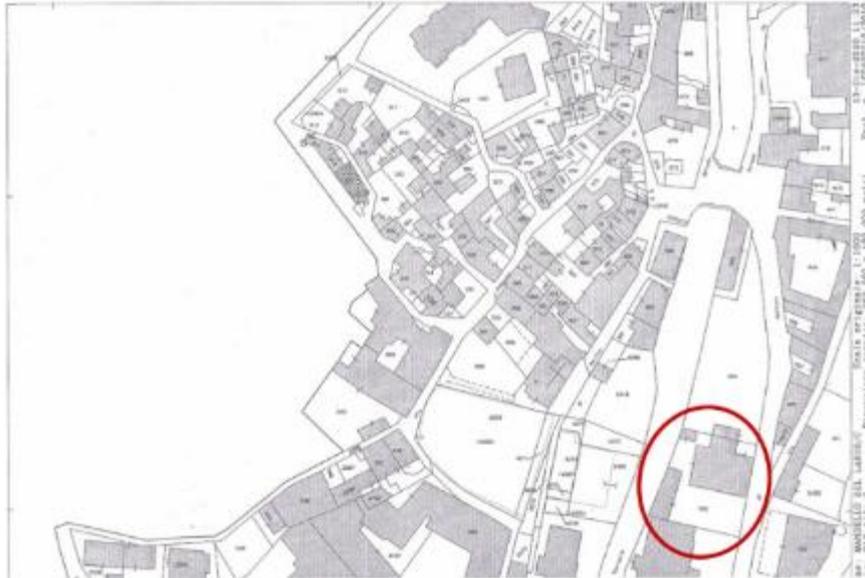


Fig. 39 – Archivio comunale di Mandello, scheda catastale Molina, 2010

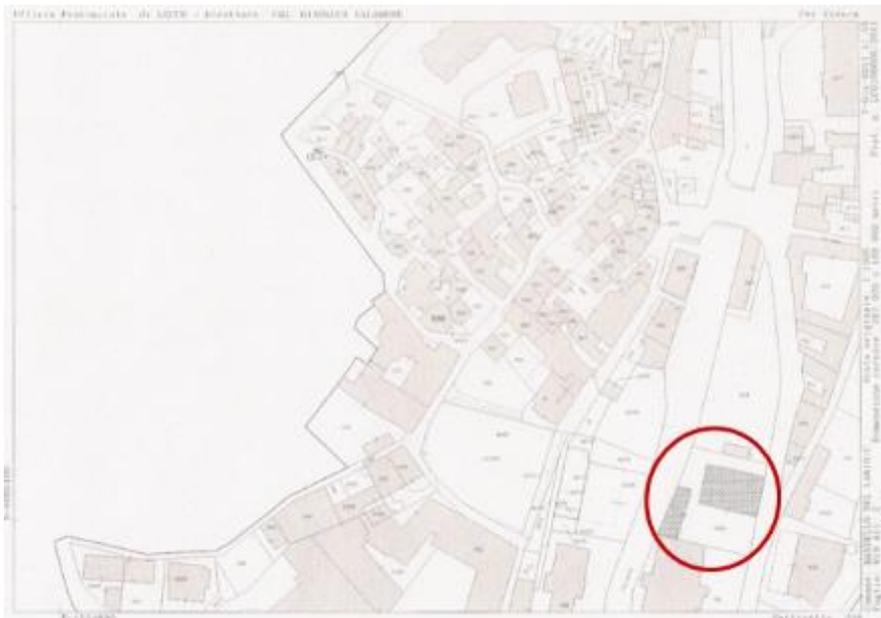


Fig. 40 - Archivio comunale di Mandello, scheda catastale Molina, 2011 - Aggiornamento

ANNI '70

- L'edificio conclude la sua funzione scolastica e le scuole vengono definitivamente chiuse e sostituite dalle scuole elementari "Sandro Pertini", in Via Nazario Sauro;
- Si eseguono dei lavori di ristrutturazione dell'intero stabile, consistenti in:
- Demolizione dei servizi igienici presente sul mezzanino delle scale;
 - Rifacimento dei solai originari costituiti da travi in legno ed arelle palustri intonacati, con nuovi solai latero-cementizi;
 - Modifica della dimensione interna degli ambienti mediante la realizzazione di tramezzi in laterizio. Tale configurazione è quella attualmente presente;

ANNI '80

- Svuotamento del locale a piano terra sul prospetto orientale, per la realizzazione del porticato esistente, per sanare un'esigenza collettiva di passaggio pedonale protetto dalla strada, verso la piazza IV Novembre.
- Rintonacatura dell'intero edificio con nuovi materiali senza conservazione della pittura originaria.

ANNI '90 e 2000

In questi anni l'edificio è stato sede di svariate associazioni, quali Avis, CGL, CISL, UIL. Nel 2001 la sala più grande situata a piano terra è stata oggetto di ristrutturazione per essere trasformata in sala civica del Comune di Mandello del Lario, con una capienza di circa 40 persone.



Fig. 41 - Fotografia dell'interno – sala civica – anno 2010

Tra il 2006 e il 2014 si sono svolti ulteriori lavori di ristrutturazione interna che hanno interessato buona parte dei locali interni ed in particolare riferiti al rifacimento dell'intonaco interno e molto probabilmente dei pavimenti.

Sempre da testimonianze orali raccolte dai frequentatori dell'edificio, si presume che, sullo scalone di accesso ai vari piani, sia stato sostituito anche il corrimano originario in ferro battuto, con quello attualmente presente, di tipo commerciale in ferro.

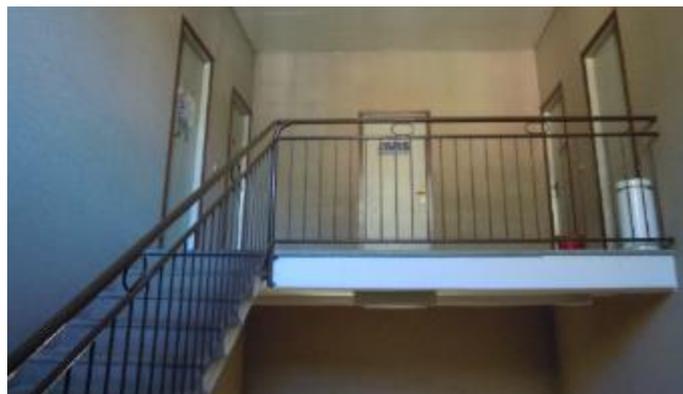


Fig. 42 -Fotografia della scala interna di accesso ai piani superiori – anno 2015

Negli stessi anni anche la zona circostante l'edificio in progetto, ha subito modifiche, in particolare il giardino pubblico che interessava la parte a nord dell'area di progetto, è stato trasformato in una zona a parcheggio, ora interessata dal nostro progetto di centro polifunzionale.

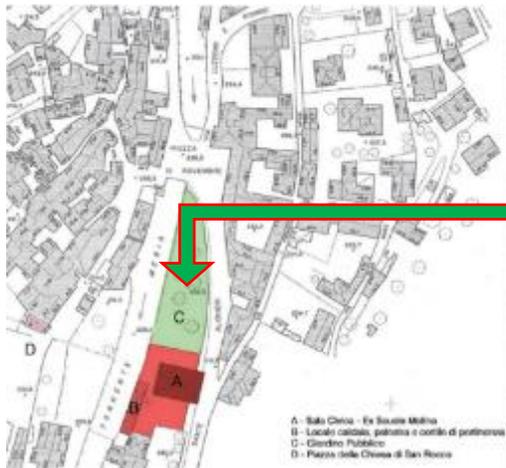


Fig. 43 - Estratto PRG, 2006



Fig. 44 - Lavori in corso giardino pubblico, Luglio 2007

La zona sulla sponda occidentale del torrente Meria, utilizzata come discarica, è stata trasformata, dopo la demolizione di Villa Angeloni, in una piazza, antistante la chiesa di San Rocco, e, una parte, in zona a parcheggio, come appare attualmente.²⁶



Fig. 45 - Foto edificio di progetto e sullo sfondo Casa Angeloni e la discarica dei Turcée, 1980-85



Fig. 46 - Lavori di apertura del locale a piano terra e, sullo sfondo parco giochi, 2007



Fig. 47 - Sponda occidentale del torrente Meria - Area a Parcheggio pubblico



Fig. 48 - Sponda occidentale del torrente Meria - Chiesa di San Rocco e parco giochi

²⁶ Mariani Riccardo, Una nuova piazza antica in "L'Eco delle Grigne", a VI, n°2, Novembre 2006, p.3.

4.4 I vincoli

Lo studio dell'edificio ci ha condotto a proseguire il percorso analizzando i vincoli presenti sia sull'edificio stesso, sia sull'area circostante, come illustrato di seguito.

4.4.1 D.Lgs. 42/2004 e s.m.i.

Un edificio appartenente allo Stato, regioni, enti pubblici territoriali, nonché ad ogni altro ente ed istituto pubblico, (nel nostro caso è uno stabile di proprietà comunale), che presenta interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico, è considerato bene culturale, ai sensi dell'art. 10 del Codice dei beni culturali e del paesaggio, D.Lgs. 42/2004. In particolare, visto il periodo di edificazione risalente ai primi anni del Novecento, come indicato al comma 1 dell'art. 12 del summenzionato decreto: *“Le cose indicate all'articolo 10, comma 1, che siano opera di autore non più vivente e la cui esecuzione risalga ad oltre cinquanta anni, se mobili, o ad oltre settanta anni, se immobili, sono sottoposte alle disposizioni della presente Parte fino a quando non sia stata effettuata la verifica di cui al comma 2”*. Ovvero una verifica di interesse culturale effettuata dai competenti organi del Ministero, i quali verificano la sussistenza dell'interesse artistico, storico, archeologico o etnoantropologico, ai fini di assicurare uniformità di valutazione.²⁷

Infine, ai sensi dell'art. 20, comma 1, ci teniamo a ricordare, visto i precedenti interventi di ristrutturazione, tutt'altro che conservativi che: *“I beni culturali non possono essere distrutti, deteriorati, danneggiati o adibiti ad usi non compatibili con il loro carattere storico o artistico oppure tali da recare pregiudizio alla loro conservazione.”*

L'idea, di trasformare questo edificio in scuola di musica, sembra volerlo riportare indietro nel tempo a quella che fu la sua funzione originaria di istituto scolastico e far rivivere la storia, questa volta in versione musicale, a nuove generazioni di studenti.

4.4.2 Piano di Governo del Territorio (PGT)

L'area di progetto insiste su un'area destinata attualmente a parcheggio, che nel PGT vigente viene identificata come area servizi per attrezzature pubbliche e pubblico interesse e per le quali non sono indicati parametri ed indici urbanistici da rispettare *“in quanto gli eventuali interventi edilizi dovranno essere sempre e comunque finalizzati alla destinazione di zona e ai fini collettivi di iniziativa pubblica o privata, e pertanto soggetti a specifico progetto da approvare in Consiglio Comunale”*²⁸



Fig. 49 - Stralcio P.G.T. - classificazione ambiti (Estratto Tav.16)

²⁷ D.Lgs. 42/2004 e s.m.i. – Codice dei Beni Culturali e del paesaggio.

²⁸ Titolo V – Norme di Attuazione per le aree per attrezzature pubbliche e di interesse pubblico, PGT di Mandello del Lario, delibera di adozione C.C. n. 24 del 27.06.2012.

4.5 Descrizione del corpo di fabbrica

4.5.1 L'esterno

L'edificio è isolato rispetto ai fabbricati circostanti e si sviluppa su tre piani fuori terra oltre il sottotetto. Si presenta come un parallelepipedo con copertura a doppia falda, realizzata con tegole in laterizio, scandito da finestrate regolari, interrotte sul prospetto sud da un balcone e dal portone di ingresso. La fascia basale dell'edificio è ricoperta da bugne realizzate in intonaco di cemento, mentre le fasce superiori, sempre in intonaco di cemento, sono scandite da cornici marcapiano. L'edificio presenta inoltre una cornice di coronamento, posta in corrispondenza dell'ultimo solaio, con bassorilievo decorativo riportante al centro lo stemma del comune di Rongio e verso l'esterno richiama invece il tema floreale. Le aperture sono scandite da stipiti in cemento: nella fascia basale, e ai piani superiori del prospetto sud, sono presenti aperture con voltino a tutto sesto, mentre le restanti aperture sono di forma rettangolare. Sono identificabili sul prospetto sud, facciata principale rivolta verso il Lario, a piano primo e secondo, in corrispondenza dell'asse di simmetria, due serie di porte finestre affiancate.



Fig. 50 - Fotografia del prospetto Sud dell'edificio, 2015

A piano terra è presente un passaggio coperto, da sud a nord, che disegna sul prospetto est un porticato aperto con quattro archi di uguale dimensione.



Fig. 51 - Fotografia del prospetto Nord-Est dell'edificio, 2015

Tutti i prospetti sono intonacati con malta di cemento tinteggiati in colore giallo ocre e, risalendo all'epoca di edificazione, si presume che le chiusure perimetrali siano realizzate in muratura mista costituita da materiale lapideo e laterizi.

Le aperture sono dotate di serramenti ed infissi in legno, questi ultimi dotati di vetro singolo.



Fig. xx – Fotografia del prospetto Ovest dell'edificio – anno 2015

Sulle facciate sono stati eseguiti interventi di sostituzione degli elementi di raccolta dell'acqua piovana, recentemente infatti alcuni pluviali in plastica (probabilmente danneggiati) sono stati sostituiti con elementi in lamiera preverniciata color testa di moro, così come i canali e la scossalina a protezione dell'elemento decorativo di coronamento.

4.5.2 L'interno

I locali interni, attualmente destinati ad ufficio, sono separati da pareti divisorie in laterizio, con strato di intonaco di cemento e finitura con pittura di colore bianco. La loro realizzazione risale ai lavori di ristrutturazione avvenuti tra gli anni '70 e '80.²⁹

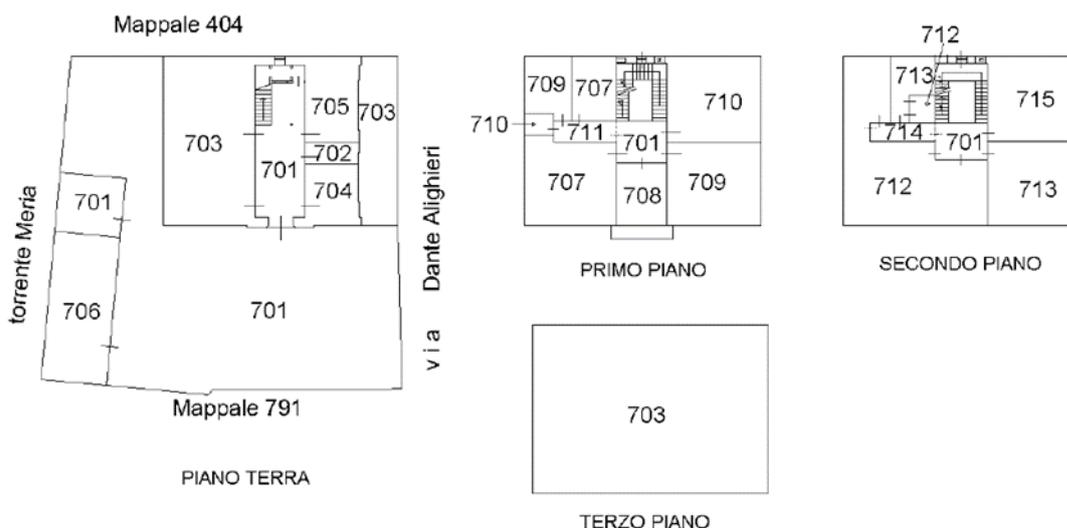


Fig. 52 - Elaborato planimetrico, Catasto Fabbricati, 12.04.2011

²⁹ Intervista all'arch. Antonio Balbiani.

Come illustrato nelle schede catastali forniteci dall'Amministrazione Comunale, i tre piani dell'edificio sono collegati mediante un corpo scala posizionato al centro della facciata settentrionale, che presumiamo sia realizzata in muratura mista di materiale lapideo e laterizi come le strutture portanti, con la pedata in lastre di pietra. Molto probabilmente si tratta di una pietra arenaria, come ad esempio la pietra serena, utilizzata anche nelle cornici della vicina chiesa di San Rocco.³⁰ L'ingresso all'edificio è costituito da un ampio atrio illuminato dal portone di ingresso con infisso in legno e vetri singoli.



Fig. 53 - Fotografia dell'atrio di ingresso, Marzo 2015



Fig. 54 - Fotografia scala interna, 2015

A piano terra trova localizzazione la sala civica, ristrutturata nel 2001, che occupa tutta la parte orientale dell'edificio, mentre sul lato opposto sono presenti altri due locali, non accessibili durante il sopralluogo, le cui dimensioni planimetriche sono state ricavate dai rilievi dei piani soprastanti e dalle schede del catasto.



Fig. 55 - Pianta Piano Terra - SdF



Fig. 56 - Pianta Piano Primo - SdF

Il piano primo è suddiviso in 3 locali, di dimensioni pari a circa 36 m², mediante pareti divisorie realizzate nei lavori di ristrutturazione degli anni '80. Il locale di circa 16 m², che fronteggia il blocco scala, è invece stato ricavato tra i due muri portanti di spina ed è anch'esso suddiviso dagli altri mediante contropareti in laterizio intonacate, che da come si vede dalla Fig. 56, sono servite per tamponare le due porte precedentemente esistenti.

La distribuzione dei locali al secondo piano corrisponde esattamente a quella del piano primo. Purtroppo non è stato possibile accedere a tali locali, ad eccezione dei servizi igienici, ma abbiamo potuto ricostruire la relativa distribuzione grazie alle schede catastali forniteci.

³⁰ Fabiola Bertassi, "La Chiesa di San Rocco in Molina a Mandello del Lario", Edizioni WIVI, Anno 2012, p. 14

I locali del primo piano sono tinteggiati in colore bianco, mentre le zone di passaggio, come gli atri e la scala presentano una finitura in granigliato di marmo plastico, tipica degli anni '70-'80, nelle tinte del marrone, beige.



Fig. 57 - Fotografia locale a piano terra affacciato sul prospetto sud



Fig. 58 - Fotografia di una sala interna al piano primo, Maggio 2014



Fig. 59 - Fotografia atrio di ingresso uffici al piano primo, Maggio 2014

I pavimenti sono costituiti da piastrelle in ceramica, rifatti anch'essi negli anni '70 e le altezze dei locali variano tra i 4,00 del piano terra, ai 3,50 del secondo piano.

4.6 Rilievo geometrico

4.6.1 Premessa

Dopo una prima fase di rilievo fotografico, che ci ha permesso di elaborare degli eidotipo, abbiamo eseguito un accurato rilievo geometrico delle facciate esterne e dei locali interni accessibili. Tale rilievo è molto importante in quanto permette di iniziare a conoscere in modo più approfondito l'oggetto di studio, soprattutto nella successiva fase di restituzione grafica al computer, di capire come funziona, come sono organizzati i diversi livelli e come sono connessi gli spazi.

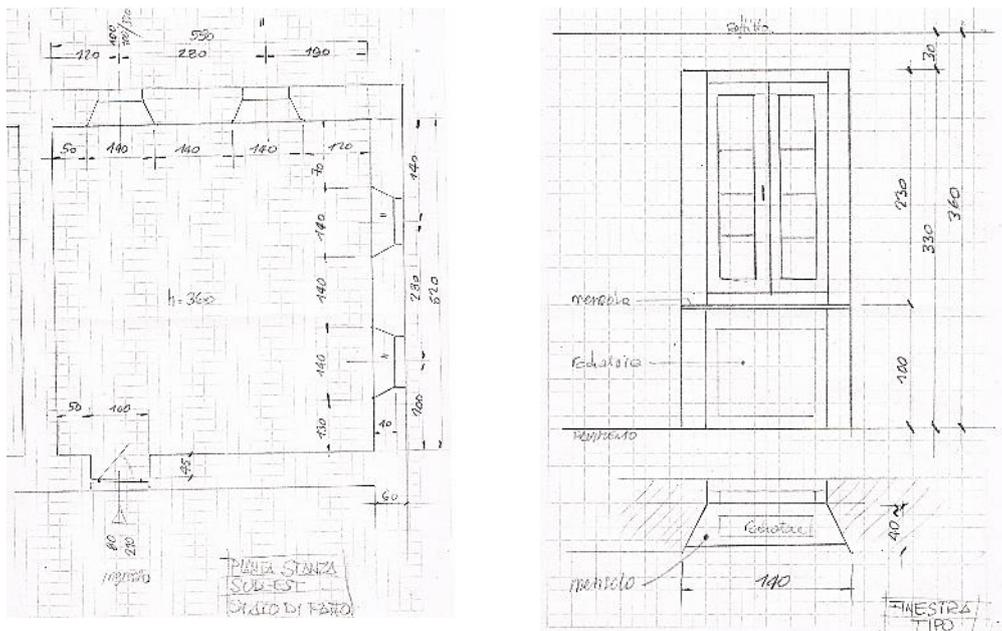


Fig. 59 - Fotografia locale a piano terra affacciato sul prospetto sud

L'edificio ha dimensioni in pianta di 18,50 m x 13,40 m. Ha una forma planimetrica rettangolare ed è costituito da tre piani fuori terra abitabili oltre al sottotetto. Il piano del sottotetto non è stato rilevato in quanto non accessibile, ma grazie alle schede catastali forniteci dall'Amministrazione Comunale, abbiamo potuto desumere le relative dimensioni ed altezze.

4.6.2 Strumenti e procedimento di rilevazione

Il rilievo geometrico, esterno ed interno, è stato condotto mediante l'utilizzo di metro rigido, livella a bolla d'aria, misuratore laser, fettuccia metrica, filo a piombo e macchina fotografica digitale.

Abbiamo eseguito il rilievo dei prospetti utilizzando i distanziometri laser e i metri rigidi. Per poter misurare le distanze tra i davanzali delle finestre e le cornici marcapiano siamo entrante nell'edificio e, dai locali accessibili abbiamo ottenuto le relative misure proiettando il laser.

Per collegare correttamente il rilievo altimetrico degli ambienti sovrapposti abbiamo preso a riferimento un punto esterno all'edificio, in particolare il punto situato in corrispondenza del portone di ingresso, e a questo abbiamo correlato le quote dei piani orizzontali di riferimento dei singoli ambienti, a queste quote sono poi stata riferite quelle dei piani orizzontali utilizzati per il rilievo planimetrico dei vari livelli, e quindi anche le quote di tutti i singoli punti di dettaglio.

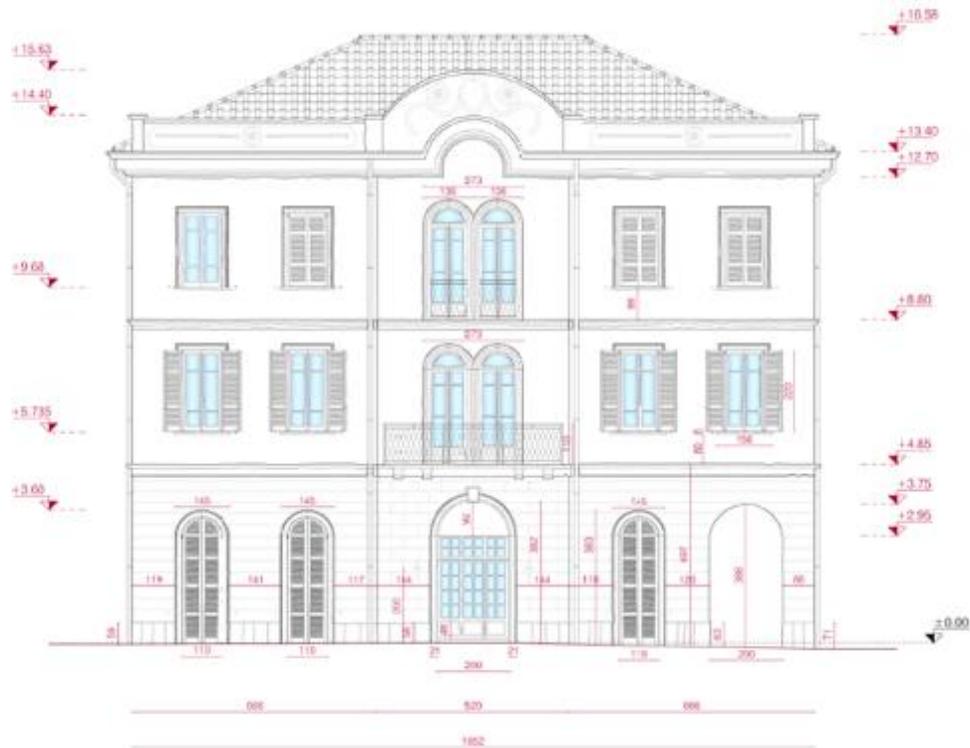


Fig. 60 - Stralcio tav.26 "Rilievo geometrico Prospetto Sud" – disegno fuori scala

Le quote altimetriche indicate nel prospetto sono state tutte correlate alla quota della linea fondamentale ($\pm 0,00$), misurando le distanze verticali da questa, con segno positivo se verso l'alto e segno negativo se verso il basso, secondo la tecnica delle coordinate cartesiane.

Misurando inoltre l'altezza interna dei locali accessibili, e confrontando i valori con quelli delle cornici marcapiano, presi dall'esterno, è stato possibile ricavare anche gli spessori delle partizioni orizzontali. La restituzione grafica di questo rilievo è stata poi eseguita mediante l'elaborazione di due sezioni, trasversale (A-A) e longitudinale (B-B).

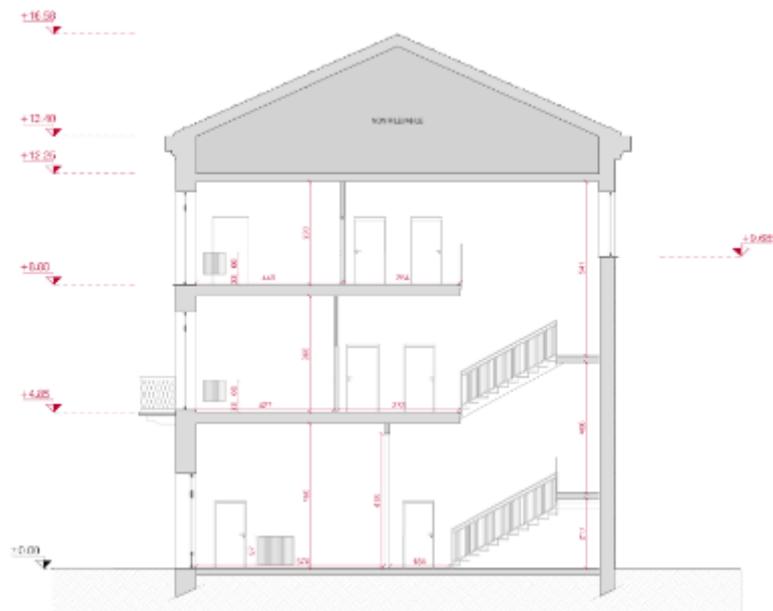


Fig. 61 - Stralcio tav.24 "Rilievo geometrico Sezione A-A" – disegno fuori scala

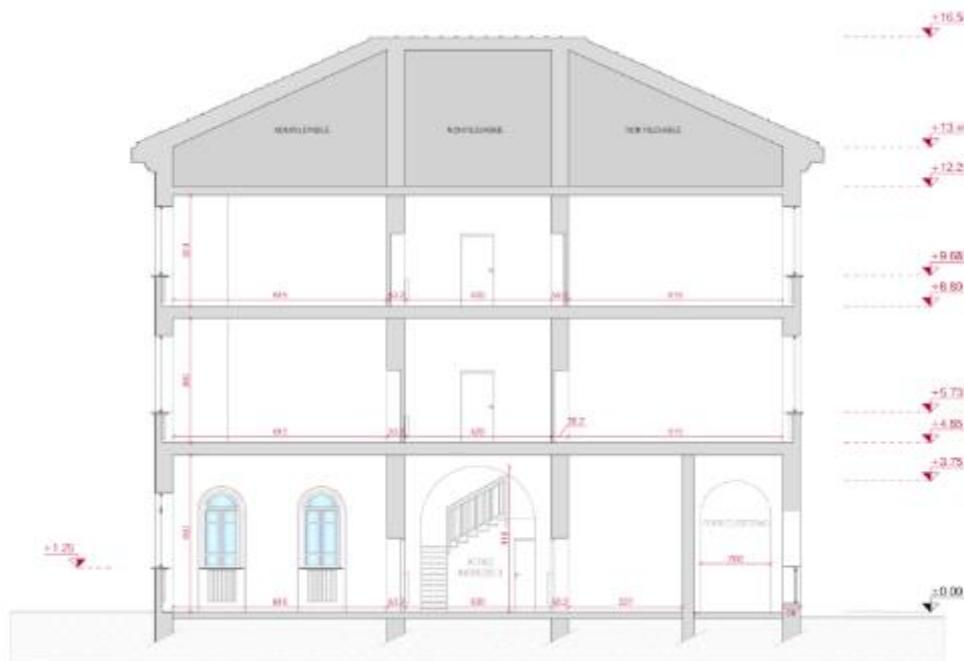


Fig. 62 - Stralcio tav.25 "Rilevo geometrico Sezione B-B" – disegno fuori scala

4.6.3 Risultati

La buona riuscita del rilievo geometrico ci ha permesso di porre delle solide basi per la successiva fase di rilevazione dei materiali che compongono l'edificio e il loro stato di conservazione, oltre che fornirci delle importanti informazioni sul funzionamento strutturale.

Abbiamo potuto identificare la struttura portante, costituita da setti murari portanti, di spessore pari a circa 0,50 m, che costituiscono l'ossatura principale esterna, e suddividono i locali interni in tre parti: la parte centrale in cui trova collocazione la scala di accesso ai vari livelli e due parti laterali di uguali dimensioni planimetriche, che a loro volta contengono i vari locali, suddivisi mediante pareti interne divisorie, di spessore pari 25/30 centimetri, realizzati in epoca recente, (lavori eseguiti negli anni '70 e '80).

L'edificio risulta pertanto governato da una simmetria tra i setti e tra le pareti divisorie che permettono l'ottimale redistribuzione degli sforzi all'interno dell'intera ossatura portante, ed inoltre, vista l'assenza di fessurazioni passanti, abbiamo potuto ipotizzare anche un corretto trasferimento di tali sforzi nel sistema fondazionale.

4.6.4 Criticità

I lavori di ristrutturazione eseguiti durante gli anni '70 e '80, non consentono di rilevare eventuali irregolarità o fuori piombo della struttura originaria, semmai ce ne fossero stati, poiché il rifacimento completo dei solai e degli intonaci eseguito senza alcun criterio di conservazione della memoria storica, hanno "nascosto" le stratigrafie precedenti, e non avendo potuto effettuare campionature non abbiamo potuto approfondire la nostra ricerca.

4.7 Rilievo materico

4.7.1. Obiettivi

Il rilievo materico dell'oggetto di studio consiste nell'individuare quali materiali sono stati utilizzati per la realizzazione dell'edificio.

Questa analisi ci ha permesso di conoscere in modo più approfondito l'edificio e ci ha inoltre condotto ad effettuare delle riflessioni sul tipo di struttura portante, poiché non essendo visibile, non siamo state in grado di definire con certezza l'ossatura principale.

4.7.2. Ipotesi

Abbiamo ipotizzato che l'edificio, risalente ai primi anni del Novecento, abbia una struttura portante costituita da una muratura ordinaria mista di pietrame e mattoni, in cui i mattoni potevano essere impiegati per chiudere i vuoti tra gli elementi di pietra o per aggiustare i piani della muratura o per la costruzione dei ricorsi orizzontali, da interporre alla muratura in pietrame, o probabilmente anche per le spalle delle aperture.

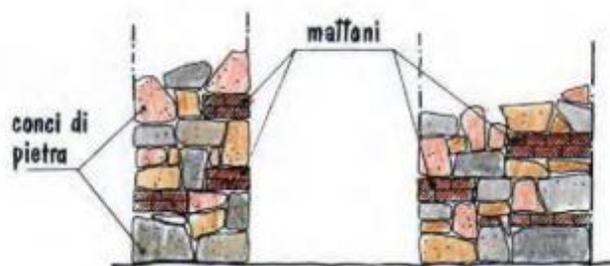


Fig. 63 - Esempio di muratura mista di pietrame e mattoni

Le strutture portanti e i maschi murari risultano intonacati con intonaco di cemento e finitura al civile di colore bianco. A questo punto abbiamo quindi ipotizzato che lo strato di intonaco sia composto da "una base rustica, il rinzaffo, un secondo strato di definitiva regolarizzazione, l'arriccio, e un terzo strato di finitura dalle caratteristiche molto variabili a seconda delle epoche e delle regioni" (V. Varagnoli – La materia degli antichi edifici – C3 – le malte, gli intonaci e gli stucchi – p. 399 – Trattato di restauro architettonico, G. Carbonara.

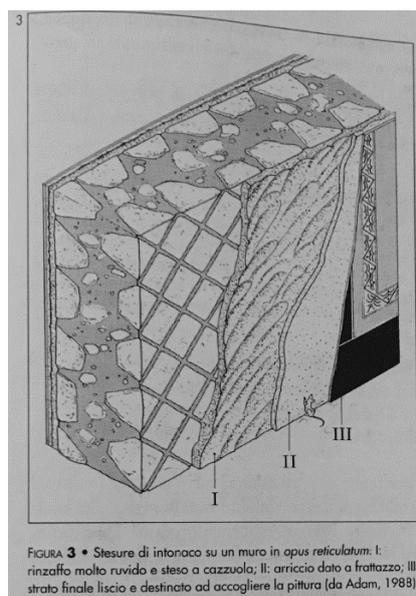


Fig. 64 - Stratigrafia tipo - Trattato di restauro architettonico, G. Carbonara - UTET Torino, 1996

Per quanto riguarda gli elementi di partizione orizzontale abbiamo ipotizzato dapprima l'utilizzo di solai lignei tipici dell'architettura dei primi del Novecento, ma da un'empirica verifica in sito della rigidità dei solai, e sulla base delle testimonianze raccolte, abbiamo scartato tale ipotesi. Durante i lavori di ristrutturazione, eseguiti negli anni '70, gli originali solai lignei sono stati sostituiti con elementi latero-cementizi e getto integrativo in calcestruzzo.

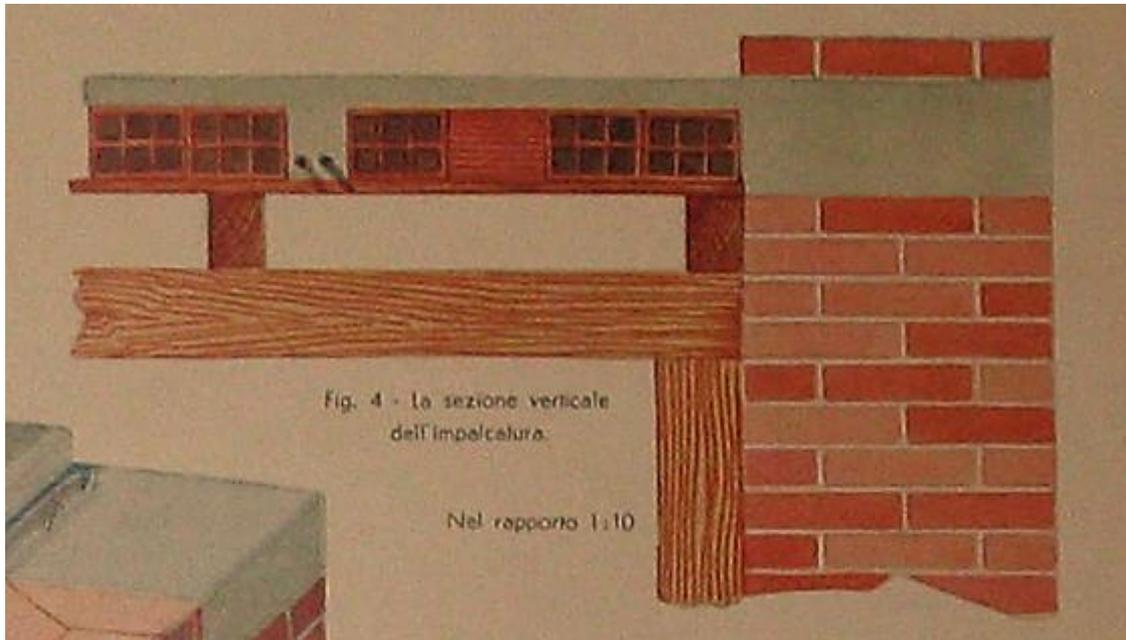


Fig. 65 - Esempio di solaio latero-cementizio, Tav. LIII, C. Formenti, R. Cortelletti

4.7.3. Procedimento di rilevazione

Abbiamo creato una legenda di tutti i materiali rilevati durante il sopralluogo e a ciascun materiale abbiamo assegnato un colore ed un codice alfanumerico. Successivamente, sui disegni, già elaborati con la restituzione grafica del rilievo geometrico, abbiamo identificato i diversi materiali di cui sono composte le facciate, assegnando a ciascuno il proprio colore.

LEGENDA RILIEVO MATERICO

LA		TEGOLE MARSIGLIESI IN LATERIZIO	LE		LEGNO
IC		INTONACO DI CEMENTO CON FINITURA AL PLASTICO	RA		RAME
CE		MALTA DI CEMENTO	VE		VETRO
PB		LASTRE DI PIETRA BEOLA	G		LAMIEFA PREVERNICIATA
F		FERRO	P		PLASTICA

Fig. 66 - Legenda del rilievo materico – estratto tavole del rilievo materico

4.7.4. Materiali rilevati

Durante le visite di sopralluogo abbiamo scattato numerose fotografie per identificare il maggior numero di informazioni in merito alla composizione materica dell'oggetto di studio.

Sulla base del rilievo visivo e su alcuni campioni raccolti abbiamo potuto definire i seguenti materiali.

IC - Intonaco di cemento

Le facciate esterne sono costituite da uno strato di supporto in malta cementizia e da uno strato superficiale di intonaco cementizio con finitura al plastico tinteggiato in colore giallo ocra.

CE - Cemento

Le cornici marcapiano sono realizzate in cemento e non sono state oggetto di tinteggiatura, quindi appaiono di colore grigio. Uno sguardo non attento potrebbe confondere il cemento con la pietra, ma analizzando le patologie di degrado abbiamo potuto confermare che si tratta di cemento.

Agli stipiti delle finestre della facciata principale sono state applicate delle cornici in cemento.

PB – Pietra Beola

Lungo tutto il perimetro dell'edificio, in corrispondenza della fascia basale, a contatto con la pavimentazione esterna, è stata applicata una zoccolatura in pietra. In riferimento alle caratteristiche di colore e consistenza, abbiamo potuto riscontrare che la pietra utilizzata è la Beola, in uso nell'edilizia civile per l'elevata resistenza all'usura, e messa in opera in lastre, grazie alla natura scistosa della roccia, ovvero fratturabile lungo il piano orizzontale e quindi relativamente facile da suddividere in lastre. Questo tipo di pietra, proveniente dalla Val d'Ossola fu molto impiegata nel Ducato di Milano per la realizzazione dei gradini delle scale, per i balconi, per le coperture e per le zoccolature degli edifici.

G – Lamiera preverniciata

Gli elementi di raccolta delle acque meteoriche sono per la maggior parte, ed in particolare, quelli soggetti a recente manutenzione, in lamiera preverniciata, così come la scossalina a protezione del coronamento presente in copertura. Alcuni tratti finali dei pluviali, invece sono in plastica arancione. Elemento che risulta in estrema dissonanza con l'intero edificio.

LE – Legno

Gli infissi ed i serramenti sono tutti in legno, e si presentano molto degradati rispetto allo stato della facciata, indice di scarsa manutenzione degli elementi lignei, ad eccezione del portone centrale che si presenta maggiormente mantenuto. Molto probabilmente oggetto anch'esso, di recente sostituzione.

F – Ferro

Le balaustre della balconata del primo piano, e i parapetti presenti in corrispondenza delle finestre del secondo piano, e del porticato ad Est, sono in ferro.

4.7.5. Risultati

Dal rilievo effettuato è emerso che l'edificio ha subito nel corso degli anni delle modifiche presentando elementi di finitura molto diversi rispetto a quelli originari dei primi anni del Novecento. Tale affermazione è supportata dal fatto che la finitura con intonaco cementizio al plastico è un materiale di recente formulazione e che non poteva essere sicuramente messo in opera nei primi anni del '900.

Inoltre abbiamo supposto che le cornici in cemento, proprio per il tipo di materiale in cui sono realizzate, possano essere state aggiunte in anni successivi all'edificazione.

4.7.6. Criticità

La criticità riscontrata è rappresentata dal non essere riuscite a trovare informazioni relative ai disegni originari e ai successivi lavori di ristrutturazione, nonostante le richieste evase all'Amministrazione Comunale.

4.8 Rilievo del degrado

In seguito alla rilevazione materica abbiamo effettuato l'indagine delle patologie di degrado che interessano l'edificio. L'attenzione si è concentrata principalmente sulla parte esterna, in quanto all'interno, i lavori eseguiti in anni recenti, non hanno lasciato tracce dei materiali originari, rendendo quindi impraticabile un'analisi del degrado.

Abbiamo studiato, per ogni tipo di materiale, le patologie ad esso associate, e questo ci ha permesso di conoscere approfonditamente le debolezze dell'edificio, ed in particolar modo, ci ha confermato che l'edificio, dopo i lavori di ristrutturazione degli anni '70 non è più stato oggetto di programmi di manutenzione.

4.8.1. Procedimento di rilevazione

Utilizzando i disegni del rilievo geometrico, abbiamo effettuato ulteriori sopralluoghi in cui sono state scattate le fotografie mirate ad evidenziare la patologia dello strato in analisi. Questo ci ha consentito di riportare su carta, l'estensione della patologia, creando una mappatura del degrado. La mappatura viene effettuata utilizzando dei colori per individuare il tipo di materiale (rilievo materico) e dei retini/tratteggi per individuare il tipo di degrado.

L'individuazione del tipo di degrado avviene mediante lo studio e la conoscenza di un documento normativo, "Raccomandazioni NorMal 1/88" in cui sono stati catalogati i tipi di degrado in riferimento al tipo di materiale. Infatti ogni materiale, a seconda delle caratteristiche chimiche, fisiche, di esposizione, ecc, si degrada in modo diverso rispetto ad un altro, ed è quindi molto importante conoscere approfonditamente il tipo di supporto su cui è presente la patologia, aspetto da tenere ben presente anche nella successiva fase di intervento sul supporto, che va trattato con opportuni prodotti e mirate attività di esecuzione del ripristino.

Una volta effettuata la mappatura grafica del degrado, abbiamo sintetizzato i dati raccolti all'interno di schede di rilevamento, di seguito allegate, in cui sono stati riportati i dati riferiti all'elemento tecnico interessato, al materiale di cui è costituito, alla localizzazione (Piano Terra, Primo o Secondo) e all'orientamento. Si è riportata la patologia, con relativa definizione NorMal 1/88, lo stato di avanzamento, la diffusione e lo stato di conservazione, le cause, gli effetti macroscopici visibili e le conseguenze indotte. Infine, nell'ultima parte sono state indicate le fasi di intervento per il ripristino e la sistemazione della patologia.

Gli elaborati grafici del degrado costituiti dai quattro prospetti dell'edificio, riportano a lato del disegno, delle etichette in cui si identifica, mediante un codice alfabetico riportato in legenda, il tipo di materiale e il tipo di patologia.

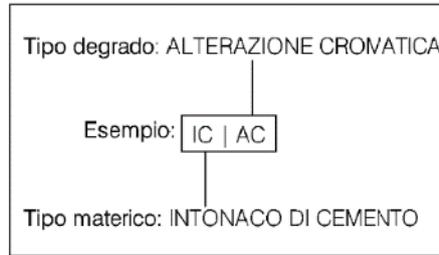


Fig. 67 - Legenda codici di riferimento mappatura del degrado – estratto tavole del rilievo del degrado

4.8.2 Patologie riscontrate

Le patologie riscontrate sulle facciate esterne sono state le seguenti:

AC - Alterazione Cromatica: Alterazione, a carico dei componenti del materiale, che si manifesta attraverso la variazione di uno o più parametri che definiscono il colore (tinta, chiarezza, saturazione). Può manifestarsi con morfologie diverse a seconda delle condizioni e può riferirsi a zone ampie e localizzate, generalmente è estesa a tutto il materiale interessato.

ES - Esfoliazione: Degradazione che si manifesta con distacco, spesso seguito da caduta, di uno o più strati superficiali subparalleli fra loro (sfoglie).

ER - Erosione: Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa. Quando sono note le cause di degrado, possono essere utilizzati anche termini come erosione per abrasione o corrasione (cause meccaniche), o erosione per corrosione, (cause chimiche e biologiche), erosione per usura (cause antropiche).

DS - Deposito Superficiale: Accumulo di materiali estranei di varia natura, quali polvere, terriccio, guano, ecc. Ha spessore variabile, generalmente scarsa coerenza e scarsa aderenza al materiale sottostante.

PB - Patina Biologica: Strato sottile, morbido ed omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita prevalentemente da microorganismi cui possono aderire polvere, terriccio, ecc.

DA - Degrado Antropico: Qualsiasi forma di alterazione e/o modificazione dello stato di conservazione di un bene culturale e/o del contesto in cui esso è inserito quando questa azione è indotta dall'uso improprio.

C - Colatura: Tracce ad andamento verticale. Frequentemente se ne riscontrano numerose ad andamento parallelo. Patologia causata per effetto del ruscellamento delle acque meteoriche.

MZ - Mancanza: Caduta o perdita di parti. Il termine si usa quando tale forma di degradazione non è descrivibile con altre voci del lessico.

F - Fessurazione: Soluzione di continuità nel materiale che implica lo spostamento reciproco delle parti.

D - Distacco: Soluzione di continuità tra strati di un intonaco, sia tra loro che rispetto al substrato, che prelude, in genere, alla caduta degli strati stessi.

R - Rigonfiamento: Sollevamento superficiale e localizzato del materiale, che assume forma e consistenza variabili.

M - Macchia: Variazione cromatica localizzata della superficie, correlata sia alla presenza di determinati componenti naturali del materiale (concentrazione di pirite nei marmi) sia alla

presenza di materiale estraneo (acqua, prodotti di ossidazione di materiali metallici, sostanze organiche, vernici, microrganismi).

V - Presenza di Vegetazione: Locuzione impiegata quando vi siano licheni, muschi o piante.

4.8.3. Risultati

Le patologie rilevate sulle facciate dell'edificio sono state riassunte in termini percentuali nella seguente tabella.

Sistema tecnologico	Materiale	Patologia	Percentuale patologia sulla facciata			
			Nord	Ovest	Sud	Est
Chiusure verticali	Intonaco di cemento	Fessurazione	5%	2%	2%	--
		Rigonfiamento	1%	4%	18%	10%
		Distacco	--	5%	6%	6%
		Mancanza	1%	4%	18%	10%
		Deposito superficiale	70%	60%	40%	25%
		Degrado antropico- graffiti	1%	--	--	--
		Degrado antropico- risarcimenti	2%	3%	--	--
		Degrado antropico - fori	1%	1%	--	1%
		Degrado antropico - generale	2%	--	--	--
		Patina biologica	5%	10%	1%	1%
	Cemento	Esfoliazione	90%	80%	50%	10%
		Colature	50%	--	20%	10%
		Distacco	70%	60%	40%	5%
		Mancanza	30%	0	20%	3%
		Patina biologica	20%	60%	1%	2%
	Pietra	Deposito superficiale	--	--	1%	2%
		Patina biologica	50%	1%	20%	3%
		Macchia	--	0,5%	60%	--
		Vegetazione	40%	--	--	3%
Degrado antropico		5%	--	--	--	
Tetto	Laterizi	Deposito superficiale	--	10	--	10
Infissi	Legno	Esfoliazione	40%	10%	30%	20%
		Alterazione cromatica	--	50%	30%	80%
		Degradazione differenziale	30%	30%	30%	10%
		Solcature	40%	10%	30%	20%
		Mancanza	50%	20%	10%	10%
Elementi raccolta acqua	Plastica	Mancanza	--	--	--	2%
		Alterazione cromatica	--	50%	30%	20%

Tab. 7 - Tabella percentuali di degrado presente sulle facciate

Possiamo affermare che il quadro fessurativo dell'intonaco di cemento, di recente rifacimento, non è significativo, definendolo più rilevante sul prospetto Nord (prospetto che presenta maggiori patologie di degrado rispetto agli altri).



Fig. 68 - Facciata Nord - Particolare della zona interessata da fessurazione

Sempre sul prospetto Nord si evidenzia la presenza di una più ampia zona interessata da patologie di rigonfiamento e distacco.

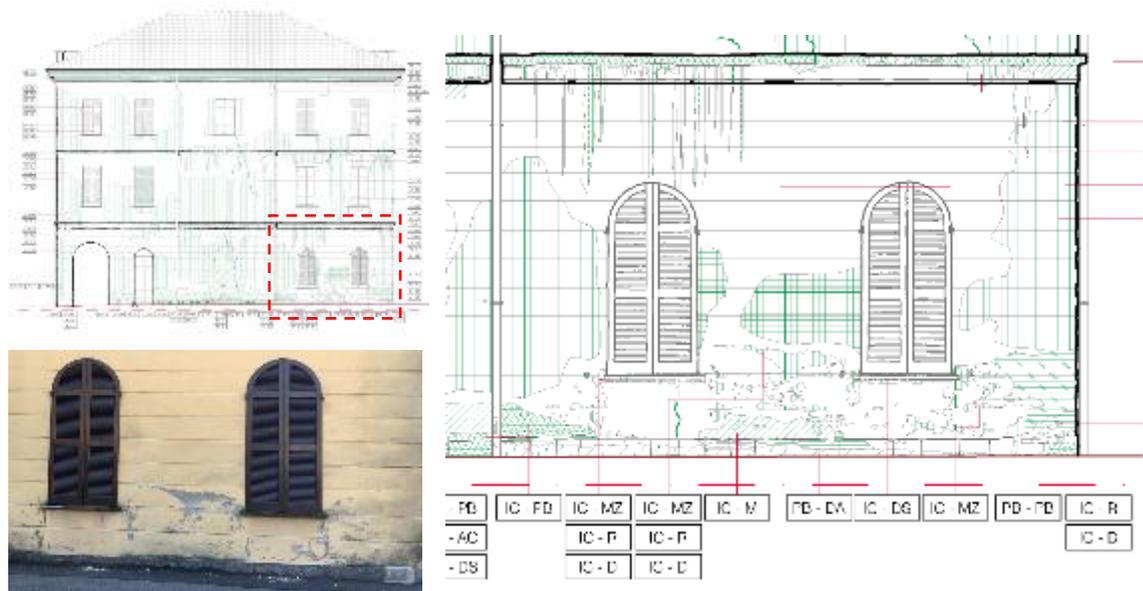


Fig. 69 - Facciata Nord – Particolare della zona interessata da patologie di rigonfiamento, distacco e mancanza

Per questi tipi di patologie l'intervento dovrebbe essere pressoché immediato poiché la mancanza dell'intonaco provoca danni ulteriori al supporto interno che viene esposto agli eventi meteorici, quindi ad infiltrazioni d'acqua e successiva presenza di umidità nella muratura. La spiegazione di questo quadro patologico maggiormente diffuso sulla facciata settentrionale ci è stata fornita dal fatto che durante i lavori di sistemazione esterna,

avvenuti dal 2006 al 2007, sono state create alcune zone di stoccaggio dei materiali edilizi (sabbia, ghiaia, ecc.), a contatto con la facciata dell'edificio. In caso di maltempo, i depositi di sabbia e ghiaia hanno assorbito l'acqua meteorica, inumidendosi, ed essendo direttamente a contatto con la muratura, l'umidità è stata trasferita alla muratura stessa, riportando i danni che abbiamo rilevato. A testimonianza dei lavori eseguiti anche la presenza di uno strato di guaina bituminosa (che abbiamo identificato come degrado antropico) tagliata malamente in corrispondenza della zoccolatura in pietra beola e, di uno strato di materiale per impermeabilizzare versato in eccesso e non pulito, che ha macchiato la pietra. (Vedi scheda intervento SI.PB.DA.14 al paragrafo successivo).

La patologia maggiormente diffusa su tutte le facciate è il deposito superficiale, costituito dall'accumulo di materiali di varia natura, come ad esempio polvere e terriccio, e nettamente visibili sono anche le colature provenienti dalle cornici marcapiano in cemento. E' da segnalare la presenza di patina biologica sulle cornici marcapiano ed in corrispondenza della zoccolatura inferiore in pietra beola. La prima dovuta molto probabilmente al ristagno di acqua meteorica sull'elemento, in quanto, presentando patologie dovute all'esfoliazione dello strato superiore, non svolge più la sua funzione di allontanare l'acqua dal paramento e una parte viene quindi assorbita; mentre la seconda dovuta molto probabilmente, alla mala esecuzione o assenza di strato di impermeabilizzazione della fascia inferiore, prima di effettuare la posa delle lastre di pietra.

Altri elementi fortemente degradati sono gli infissi ed i serramenti, analizzati mediante l'elaborazione dell'abaco dei serramenti, in cui si è provveduto a riportare l'immagine fotografica, la riproduzione grafica in scala 1:20, la descrizione dei materiali costituenti, il tipo di degrado, lo stato di conservazione ed infine i necessari interventi di manutenzione da eseguire, secondo un idoneo programma di manutenzione.

Per quanto riguarda le strutture portanti, il sopralluogo non ha dato nessun riscontro in merito alla presenza di fessurazioni o altre patologie in quanto le travi ed i pilastri risultano conglobati all'interno della muratura esistente intonacata, con l'impossibilità di vedere oltre lo strato di intonaco esterno.

4.8.4. Conclusioni

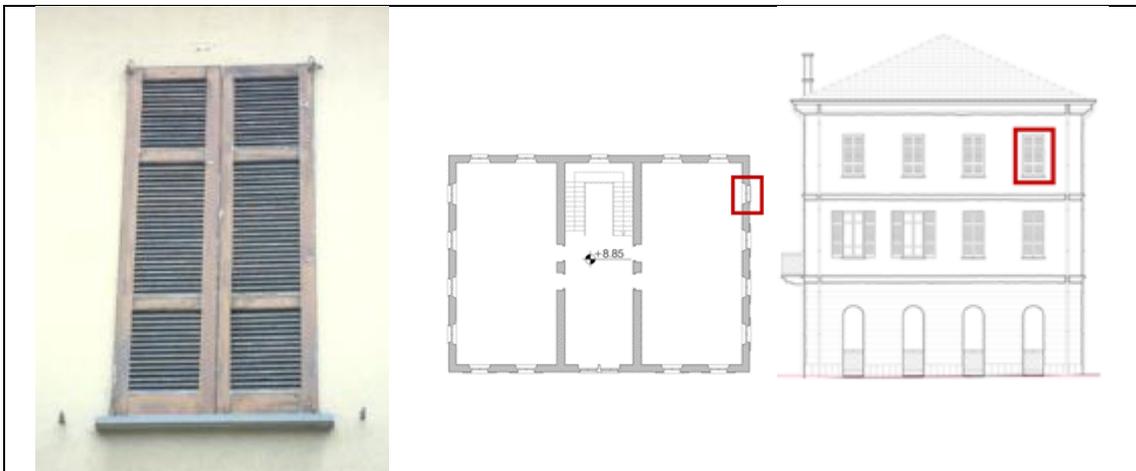
L'edificio deve essere sottoposto ad un programma di manutenzione costante al fine di garantirne lo stato di conservazione e per continuare a contribuire alla memoria storica del Comune di Mandello del Lario e si segnala la necessità di interventi da effettuare nel breve periodo per fermare la diffusione delle patologie rilevate, come suggerito nella nostra tavola degli interventi e relative schede di catalogazione di seguito allegate.

4.9 Le schede d'intervento

Affinché si possa intervenire in modo efficiente sull'edificio, è necessario condurre il percorso di analisi sopra descritto, riferito ai materiali e le patologie che insistono su di essi, per giungere alla formulazione di interventi che possano permettere al bene di continuare a vivere nel futuro. Abbiamo dunque raccolto gli interventi da effettuare nelle schede di seguito allegate, e abbiamo potuto associare ad ogni tipo di degrado la relativa scheda di intervento, identificandole sulla tavola del degrado, mediante apposite targhette.

SI.LE.AC.01

Unità tecnologica interessata:	Serramento
Materiale:	LE - Legno
Localizzazione:	Piano Secondo
Orientamento:	Est



Patologia di degrado:	Alterazione Cromatica
Definizione Normal 1/88:	Alterazione, a carico dei componenti del materiale, che si manifesta attraverso la variazione di uno o più parametri che definiscono il colore (tinta, chiarezza, saturazione). Può manifestarsi con morfologie diverse a seconda delle condizioni e può riferirsi a zone ampie e localizzate, generalmente è estesa a tutto il materiale interessato.
Stato di avanzamento:	In atto
Diffusione/Stato di Conservazione:	La patologia è estesa a tutte le persiane del primo e del secondo piano dei prospetti rivolti ad Est, Ovest e Sud.
Cause:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Precipitazioni meteoriche; ▪ Radiazioni solari; ▪ Affioramento di macchie; ▪ Assorbimento differenziato del supporto; ▪ Emersione del pigmento in fase di decoesione e successivo dilavamento della superficie; ▪ Mancanza e/o insufficienza di accorgimenti protettivi; ▪ Invecchiamento naturale.
Effetti macroscopici:	Alterazione nella colorazione del serramento.
Conseguenze indotte:	Cambiamento dell'aspetto estetico.

Intervento	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rimozione delle ante e posizionamento delle stesse su una superficie adeguata e possibilmente in luogo coperto e/o all'ombra; ▪ Carteggiatura dell'intera superficie con l'utilizzo di carta abrasiva per lisciare la superficie; 	(°°)

- Pulizia delle polveri di carteggiatura mediante panno pulito ed inumidito con acqua ragia. Se l'acqua ragia penetra nel legno e ravviva il colore della superficie significa che il legno necessita dell'applicazione di un impregnante. Quindi si procede all'applicazione di tante mani di impregnante per quante ne assorbe il legno stesso. Quando la superficie appare lucida, significa che il legno è saturo di impregnante e si è così ottenuta la massima protezione del legno. L'impregnante deve essere costituito da un prodotto senza colorazione, quindi trasparente;
- Eventuale stuccatura di fessurazioni mediante l'impiego di pasta di legno della stessa essenza del persiana;
- Successiva carteggiatura sempre con carta abrasiva per preparare lo strato alla fase di riverniciatura con prodotto neutro di protezione;
- Pulizia delle polveri di carteggiatura mediante panno pulito ed umido;
- Applicazione di prodotto trasparente antitarlo a protezione del serramento, possibilmente da effettuare con pennello a setole morbide.

SI.LE.ES.02

Unità tecnologica interessata:	Serramento
Materiale:	LE - Legno
Localizzazione:	Piano Primo
Orientamento:	Sud



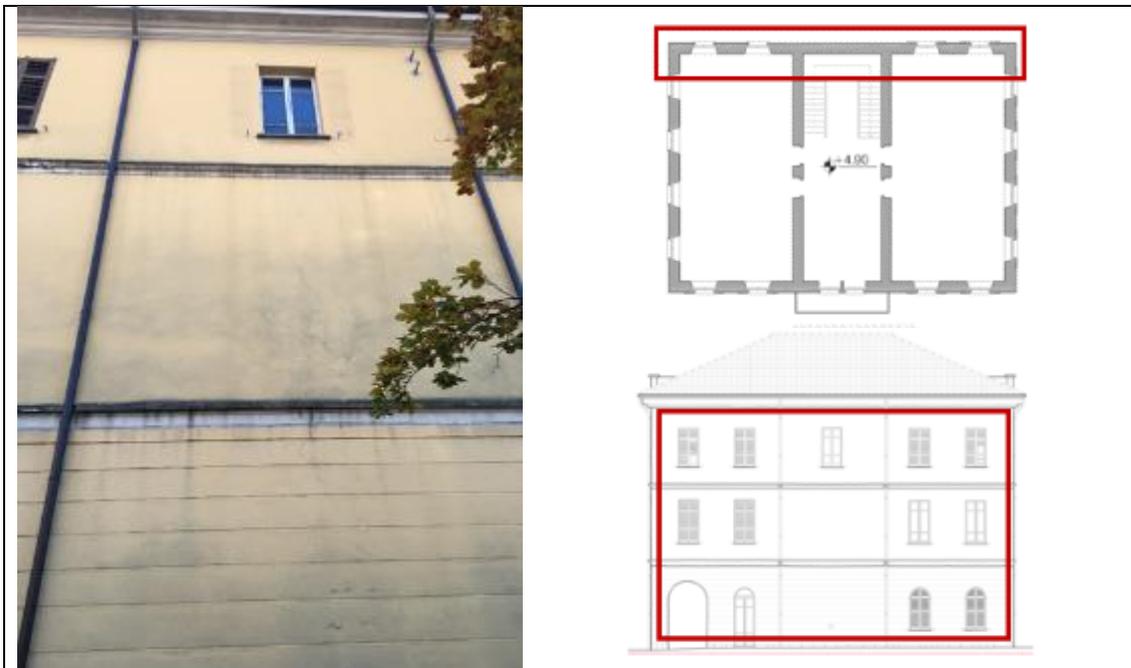
Patologia di degrado:	Esfoliazione della pittura
Definizione Normal 1/88:	Degradazione che si manifesta con distacco, spesso seguito da caduta, di uno o più strati superficiali subparalleli fra loro (sfoglie).
Stato di avanzamento:	Profondo.
Diffusione/Stato di Conservazione:	La patologia è estesa a tutti i serramenti, soprattutto se non protetti da persiane esterne, con variazioni di gravità in base all'esposizione e alla manutenzione.
Cause:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Esposizione ad agenti atmosferici; ▪ Presenza di acqua in movimento all'interno del substrato; ▪ Radiazioni solari; ▪ Affioramento di macchie; ▪ Assorbimento differenziato del supporto; ▪ Emersione del pigmento in fase di decoesione e successivo dilavamento della superficie; ▪ Mancanza e/o insufficienza di accorgimenti protettivi; ▪ Invecchiamento naturale.
Effetti macroscopici:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alterazione nella colorazione del serramento; ▪ Esfoliazione;
Conseguenze indotte:	Eventuale marcescenza delle fibre superficiali e non, del legno e differenza cromatica con il resto del materiale (°/°)

Intervento

- Carteggiatura dell'intera superficie del serramento per la rimozione del film di vernice esistente mediante l'utilizzo di carta abrasiva;
- Stuccatura e riempimento di eventuali fori e fessure con pasta di legno della stessa essenza del serramento;
- Eventuale stuccatura di fessurazioni mediante l'impiego di pasta di legno della stessa essenza del persiana;
- Successiva carteggiatura sempre con carta abrasiva per preparare lo strato alla fase di riverniciatura con prodotto neutro di protezione;
- Pulizia delle polveri di carteggiatura mediante panno pulito ed inumidito con acqua ragia. Se l'acqua ragia penetra nel legno e ravviva il colore della superficie significa che il legno necessita dell'applicazione di un impregnante. Quindi si procede all'applicazione di tante mai di impregnante per quante ne assorbe il legno stesso. Quando la superficie appare lucida, significa che il legno è saturo di impregnante e si è così ottenuta la massima protezione del legno. L'impregnante deve essere costituito da un prodotto senza colorazione, quindi trasparente;
- Pulizia delle polveri di carteggiatura mediante panno pulito ed umido;
- Applicazione di prodotto trasparente antitarlo a protezione del serramento, possibilmente da effettuare con pennello a setole morbide.

SI.IC.DS.03

Unità tecnologica interessata:	Chiusura verticale
Materiale:	IC – Intonaco di cemento
Localizzazione:	Piano Terra, Primo e Secondo
Orientamento:	Nord



Patologia di degrado:	Deposito Superficiale
Definizione Normal 1/88:	Accumulo di materiali estranei di varia natura, quali polvere, terriccio, guano, ecc. Ha spessore variabile, generalmente scarsa coerenza e scarsa aderenza al materiale sottostante.
Stato di avanzamento:	Superficiale.
Diffusione/Stato di Conservazione:	La patologia è molto estesa su tutte le facciate dell'edificio.
Cause:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Esposizione ad agenti atmosferici; ▪ Scabrosità e deformazione delle superfici; ▪ Inquinanti atmosferici; ▪ Deposito di particolato; ▪ Scarsa pulitura e manutenzione della superficie.
Effetti macroscopici:	Presenza di zone con colorazione incoerente rispetto al paramento circostante.
Conseguenze indotte:	Alterazione della colorazione della parete.

Intervento	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pulitura a secco del supporto mediante l'utilizzo di spugne tipo Wishab che permettono l'asportazione dei depositi di polvere e di fumi; ▪ Eventuale pulitura dello strato più sporco mediante l'uso di idro pulitrice a bassa pressione con utilizzo di acqua deionizzata. 	

SI.IC.PB.04

Unità tecnologica interessata:	Chiusura verticale
Materiale:	IC – Intonaco di cemento
Localizzazione:	Piano Terra
Orientamento:	Nord



Patologia di degrado:	Patina Biologica
Definizione Normal 1/88:	Strato sottile, morbido ed omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita prevalentemente da microorganismi cui possono aderire polvere, terriccio, ecc.
Stato di avanzamento:	In atto
Diffusione/Stato di Conservazione:	La patologia è presente nella zona dello zoccolo inferiore della facciata rivolta a Nord e, in particolare, in prossimità dello stacco tra intonaco e pietra beola.
Cause:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Azione di organismi autotrofi; ▪ Ristagno di acque meteoriche e umidità; ▪ Scabrosità della superficie che favorisce l'infiltrazione di acqua.
Effetti macroscopici:	Presenza di zone con colorazione prevalentemente verdastra sulla parete.
Conseguenze indotte:	Deterioramento della superficie e possibile distacco dell'intonaco cementizio.

Intervento	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ammorbidire la patina mediante lavaggio con acqua nebulizzata deionizzata, possibilmente dirigendo lo spruzzo verso l'alto e non direttamente sulla patina. ▪ Quando la patina sarà sufficientemente ammorbidita si procede con una spazzola di saggina e si comincia a spazzolare via la patina, partendo dall'alto e procedendo verso il basso. Durante tale fase è necessario valutare quanto essere energici per non rovinare il muro; ▪ Applicazione di biocida; ▪ Lavaggio con acqua deionizzata della superficie con idro pulitrice a moderata pressione per rimuovere ogni traccia di biocida e dei rimanenti infestanti biologici. 	

SI.IC.DA.05

Unità tecnologica interessata:	Chiusura verticale
Materiale:	IC – Intonaco di cemento
Localizzazione:	Piano Terra
Orientamento:	Nord

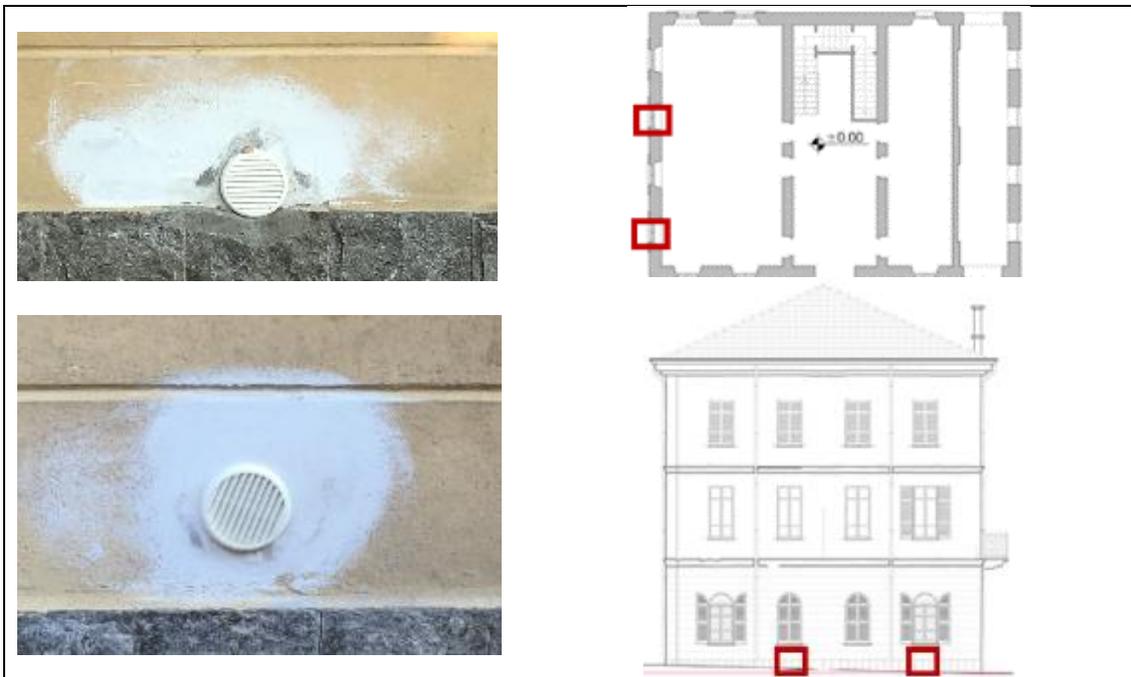


Patologia di degrado:	Degrado Antropico
Definizione Normal 1/88:	Qualsiasi forma di alterazione e/o modificazione dello stato di conservazione di un bene culturale e/o del contesto in cui esso è inserito quando questa azione è indotta dall'uso improprio.
Stato di avanzamento:	Superficiale.
Diffusione/Stato di Conservazione:	La patologia è presente nelle facciata rivolta a Nord a piano terra, all'altezza di 1.00 metri dal piano strada.
Cause:	Azione da parte dell'uomo con utilizzo di vernici;
Effetti macroscopici:	Alterazione nella colorazione del paramento murario.
Conseguenze indotte:	Cambiamento dell'aspetto estetico della facciata.

Intervento	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rimozione dei depositi superficiali incoerenti a secco con pennellesse; ▪ Pulitura della superficie mediante l'utilizzo di rimotori antigraffiti costituiti da una soluzione in gel pronta all'uso, a base di terpeni e tensioattivi, formulata appositamente per rimuovere graffiti. I rimotori antigraffiti presentano pH neutro ed un punto di infiammabilità inferiore a 60°. La formulazione in gel consente una maggiore permanenza sulla superficie imbrattata facilitandone la rimozione con il rigonfiamento delle vernici. L'applicazione è eseguita a pannello e l'asportazione dei residui di pittura è resa possibile con l'ausilio di cotone asciutto e spazzolini a setole morbide, seguiti dal successivo lavaggio della superficie con acqua demineralizzata e/o con acetone; ▪ Posa di trattamento protettivo antigraffiti a base di copolimeri fluorurati. 	

SI.IC.DA.06

Unità tecnologica interessata:	Chiusura verticale
Materiale:	IC – Intonaco di cemento
Localizzazione:	Piano Terra
Orientamento:	Ovest

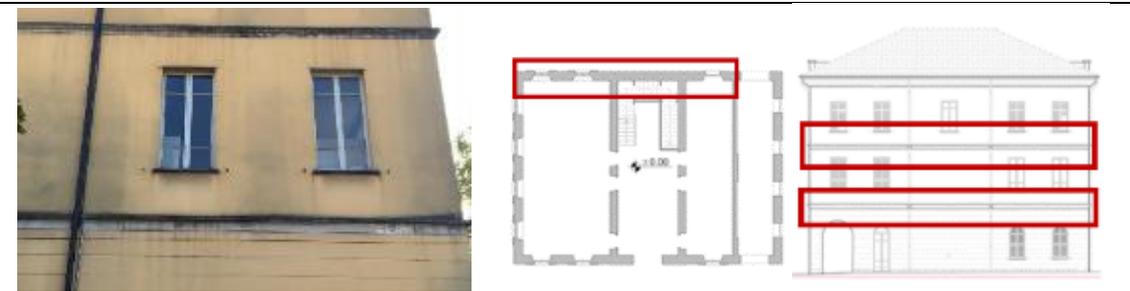


Patologia di degrado:	Degrado Antropico
Definizione Normal 1/88:	Qualsiasi forma di alterazione e/o modificazione dello stato di conservazione di un bene culturale e/o del contesto in cui esso è inserito quando questa azione è indotta dall'uso improprio.
Stato di avanzamento:	Superficiale.
Diffusione/Stato di Conservazione:	La patologia è presente nelle facciata rivolta a Ovest a piano terra.
Cause:	Azione da parte dell'uomo per lavori di adeguamento impiantistico effettuati nel periodo tra il 2010 e il 2014.
Effetti macroscopici:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alterazione dell'aspetto originario della parete; ▪ Discontinuità materica della finitura;
Conseguenze indotte:	Distacco di parti superficiali dell'intonaco.

Intervento	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rimozione della malta cementizia in tutte le sue parti mediante l'uso di microtrapano; ▪ Pulitura e rimozione di polvere con idrolavaggio a bassa pressione con acqua deionizzata e spazzole di saggina; ▪ Integrazione con malta cementizia di caratteristiche e granulometria simile all'esistente; ▪ Eventuale tinteggiatura a base di silicati della parte di facciata o dell'intera facciata. 	

SI.IC.CO.07

Unità tecnologica interessata:	Chiusura verticale
Materiale:	IC – Intonaco di cemento
Localizzazione:	Piano Terra e Primo
Orientamento:	Nord



Patologia di degrado:	Colatura
Definizione Normal 1/88:	Tracce ad andamento verticale. Frequentemente se ne riscontrano numerose ad andamento parallelo. Patologia causata per effetto del ruscellamento delle acque meteoriche.
Stato di avanzamento:	Superficiale.
Diffusione/Stato di Conservazione:	La patologia è estesa sulla facciata Est ed in particolare sulla facciata Nord, a piano terra e primo, immediatamente al di sotto delle cornici marcapiano in cemento e dei davanzali.
Cause:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aggressione del paramento murario da parte di acque meteoriche e possibile presenza di agenti inquinanti dovuti ai fumi e alle polveri delle vicine industrie e del traffico veicolare; ▪ Dilavamento idrico puntuale a causa di acqua meteorica battente o di ruscellamento, più o meno acida; ▪ Migrazione di acqua/umidità di condensazione e accidentale, causata da fuoriuscite da gronde, davanzali, pluviali difettosi, ecc.
Effetti macroscopici:	Alterazione nella colorazione della facciata.
Conseguenze indotte:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambiamento dell'aspetto estetico della facciata; ▪ Formazione di patina biologica.

Intervento	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rimozione dei depositi superficiali incoerenti a secco con spazzole di saggina o getti d'aria compressa a bassa pressione; ▪ Lavaggio con acqua deionizzata e leggera spazzolatura al fine di rimuovere eventuali residui di materiale; ▪ Eventuale tinteggiatura a base di silicati della parte di facciata o dell'intera facciata. 	

SI.IC.MZ.08

Unità tecnologica interessata:	Chiusura verticale
Materiale:	IC – Intonaco di cemento
Localizzazione:	Piano Terra
Orientamento:	Nord



Patologia di degrado:	Mancanza
Definizione Normal 1/88:	Caduta o perdita di parti. Il termine si usa quando tale forma di degradazione non è descrivibile con altre voci del lessico.
Stato di avanzamento:	Profondo.
Diffusione/Stato di Conservazione:	La patologia è estesa principalmente sul prospetto Nord, a livello del piano terra. Tuttavia si riscontra la presenza di mancanze sempre a livello del piano terra, in prossimità dello zoccolo in pietra beola, anche su tutte le altre facciate. Inoltre sul prospetto Ovest è presente una mancanza dell'intonaco anche in corrispondenza del Piano Secondo.
Cause:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fenomeni di umidità ascendente; ▪ Distacchi dovuti alla presenza di fessurazioni dello strato di intonaco; ▪ Errori di messa in opera dello strato di intonaco; ▪ Utilizzo di sabbie o malte poco idonee.
Effetti macroscopici:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mancanza di materia; ▪ Discontinuità materica della finitura; ▪ Alterazione dell'aspetto estetico.
Conseguenze indotte:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Infiltrazioni di acqua nella muratura; ▪ Umidità nella muratura; ▪ Fessurazioni.

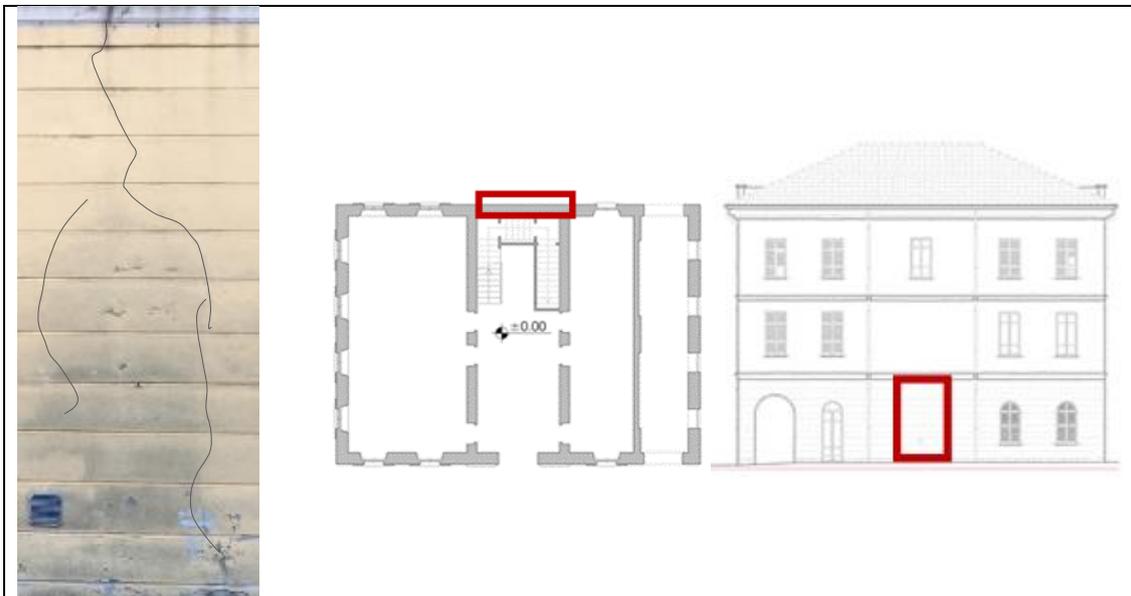
(°/°)

Intervento

- Pulitura a secco con spazzole di saggina;
- Eventuale asportazione delle parti irrecuperabili con spatole e bisturi;
- Integrazione con malta cementizia di caratteristiche e granulometria simile all'esistente. Le mancanze situate nella zona vicino alla zoccolatura saranno invece integrate con intonaco deumidificante;
- Eventuale tinteggiatura a base di silicati della parte di facciata o dell'intera facciata

SI.IC.F.09

Unità tecnologica interessata:	Chiusura verticale
Materiale:	IC – Intonaco di cemento
Localizzazione:	Piano Terra
Orientamento:	Nord



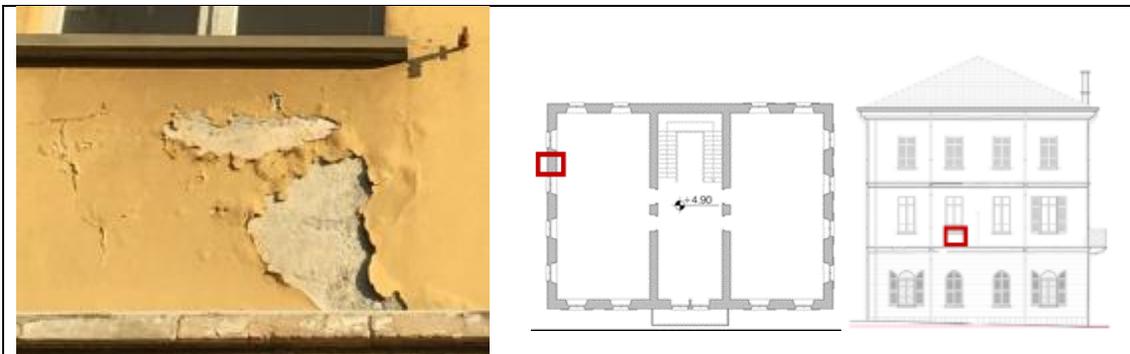
Patologia di degrado:	Fessurazione
Definizione Normal 1/88:	Soluzione di continuità nel materiale che implica lo spostamento reciproco delle parti.
Stato di avanzamento:	Superficiale, in atto.
Diffusione/Stato di Conservazione:	La patologia è presente su tutte le facciate dell'edificio in corrispondenza di alcuni spigoli dei davanzali, delle finestre e anche nel centro delle pareti. Tutte le fessure riguardano esclusivamente lo strato di finitura esterno.
Cause:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dilatazione d'interfaccia tra supporto e finitura; ▪ Cicli di gelo e disgelo; ▪ Perdita di elasticità nel tempo dello strato superficiale; ▪ Errata posa dello strato di finitura eseguita in condizioni di temperatura non ottimale.
Effetti macroscopici:	Discontinuità della superficie del materiale che si presenta come una linea verticale semplice (fessura ad un ramo) o composta (fessura a due o più rami).
Conseguenze indotte:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Infiltrazioni di acqua nel substrato; ▪ Rigonfiamenti dell'intonaco esterno; ▪ Formazione di condensa superficiale ed interstiziale.

Intervento

- Eventuale asportazione di parti distaccate ed irrecuperabili mediante pulitura manuale con scalpelli di piccole dimensioni per la rimozione delle parti di intonaco degradate;
- Spazzolatura con spazzole di saggina e spugne morbide tipo Wishab, e pulizia con aria compressa per le fessurazioni più profonde;
- Eventuale lavaggio dei residui con acqua deionizzata nebulizzata e spazzolatura leggera con spazzole di saggina;
- Applicazione di malta di cemento all'interno delle fessure per colmare la discontinuità con colorazione simile all'esistente per le fessure superficiali;
- Eventuale tinteggiatura a base di silicati della parte di facciata o dell'intera facciata.

SI.IC.D.10

Unità tecnologica interessata:	Chiusura verticale
Materiale:	IC – Intonaco di cemento
Localizzazione:	Piano Terra
Orientamento:	Nord



Patologia di degrado:	Distacco
Definizione Normal 1/88:	Soluzione di continuità tra strati di un intonaco, sia tra loro che rispetto al substrato, che prelude, in genere, alla caduta degli strati stessi.
Stato di avanzamento:	Superficiale, in atto.
Diffusione/Stato di Conservazione:	La patologia è presente sulla facciata a Ovest in corrispondenza del piano secondo.
Cause:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presenza di umidità nella muratura; ▪ Presenza di fessurazioni nello strato superficiale dell'intonaco; ▪ Dilatazioni differenziali tra materiale di supporto e finitura; ▪ Errori di posa in opera e utilizzo di sabbie o malte poco idonee; ▪ In questo caso, trovandoci al secondo piano, si può considerare il passaggio di tubature all'interno del muro che possono aver provocato perdite superficiali.
Effetti macroscopici:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alterazione dell'aspetto originario della parete; ▪ Evidente rigonfiamento dello strato di rivestimento.
Conseguenze indotte:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disgregazioni superficiali seguite da fenomeni di distacco e mancanza; ▪ Infiltrazioni di acqua nella muratura.

Intervento	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rimozione completa dello strato superficiale di intonaco decoeso irrecuperabile; ▪ Verifica dello strato sottostante; ▪ Pulitura a secco con spazzole di saggina e aspiratore di polvere; ▪ Ripristino della superficie mediante integrazione con malta cementizia o intonaco deumidificante di caratteristiche e granulometria simile all'esistente; ▪ Eventuale tinteggiatura a base di silicati della parte di facciata o dell'intera facciata. 	

SI.IC.R.11

Unità tecnologica interessata:	Chiusura verticale
Materiale:	IC – Intonaco di cemento
Localizzazione:	Piano Terra
Orientamento:	Est



Patologia di degrado:	Rigonfiamento
Definizione Normal 1/88:	Sollevamento superficiale e localizzato del materiale, che assume forma e consistenza variabili.
Stato di avanzamento:	Superficiale.
Diffusione/Stato di Conservazione:	La patologia è presente su tutte le facciate principalmente nelle zone in prossimità della zoccolatura.
Cause:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presenza di umidità nella muratura; ▪ Distacco conseguente alla presenza di fessurazioni; ▪ Dilatazioni differenziali tra materiale di supporto e finitura; ▪ Errori di posa in opera e utilizzo di sabbie o malte poco idonee.
Effetti macroscopici:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evidente rigonfiamento dello strato di rivestimento; ▪ Fessurazione dello strato di intonaco; ▪ Intonaco visibilmente distaccato dallo strato inferiore.
Conseguenze indotte:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Distacco; ▪ Caduta dell'intonaco; ▪ Infiltrazioni di acqua nella muratura. (°/°)

Intervento

- Eventuale asportazione di parti distaccate ed irrecuperabili mediante pulitura manuale con scalpelli di piccole dimensioni per la rimozione delle parti di intonaco degradate;
- Pulitura a secco con spazzole di saggina o aria compressa a bassa pressione, del supporto;
- Ripristino della superficie mediante integrazione con malta cementizia o intonaco deumidificante di caratteristiche e granulometria simile all'esistente;
- Eventuale tinteggiatura a base di silicati della parte di facciata o dell'intera facciata.

SI.IC.M.12

Unità tecnologica interessata:	Chiusura verticale
Materiale:	IC – Intonaco di cemento
Localizzazione:	Piano Terra
Orientamento:	Sud



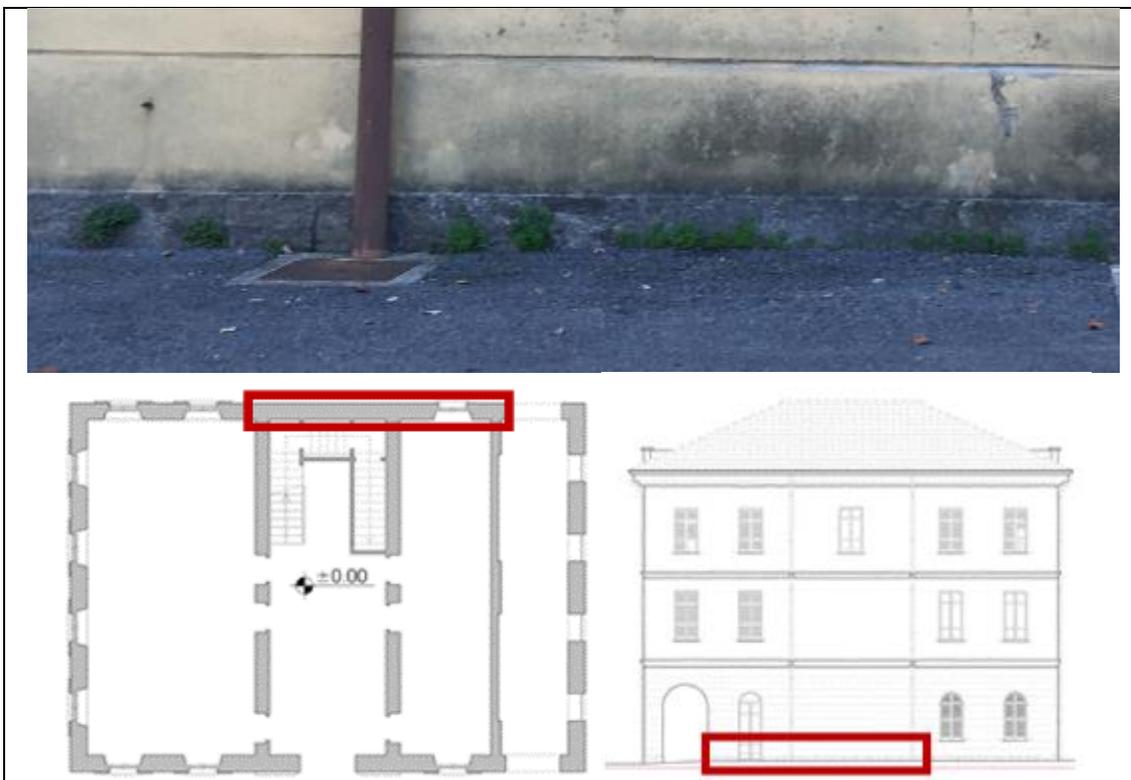
Patologia di degrado:	Macchia di vernice
Definizione Normal 1/88:	Variazione cromatica localizzata della superficie, correlata sia alla presenza di determinati componenti naturali del materiale (concentrazione di pirite nei marmi) sia alla presenza di materiale estraneo (acqua, prodotti di ossidazione di materiali metallici, sostanze organiche, vernici, microrganismi).
Stato di avanzamento:	Localizzata.
Diffusione/Stato di Conservazione:	La patologia è presente sulla facciata a Sud a piano terra in corrispondenza dei pluviali in lamiera preverniciata.
Cause:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilizzo di vernici a spruzzo per la ritinteggiatura dei pluviali in lamiera presenti sul prospetto Ovest, quindi maggiormente esposti alla radiazione solare; ▪ Mancata protezione del paramento murario durante le operazioni di riverniciatura dei pluviali.
Effetti macroscopici:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evidente alterazione cromatica della facciata.
Conseguenze indotte:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambiamento dell'aspetto estetico della facciata.

Intervento

- Cauta rimozione di eventuali strati di tinteggiatura degradati ponendo attenzione a non intaccare il supporto;
- Pulitura meccanica a secco con l'ausilio di spazzole di saggina o getti di aria compressa a bassa pressione;
- Eventuale tinteggiatura a base di silicati della parte di facciata o dell'intera facciata.

SI.PB.V.13

Unità tecnologica interessata:	Chiusura verticale
Materiale:	PB – Pietra Beola
Localizzazione:	Piano Terra
Orientamento:	Nord

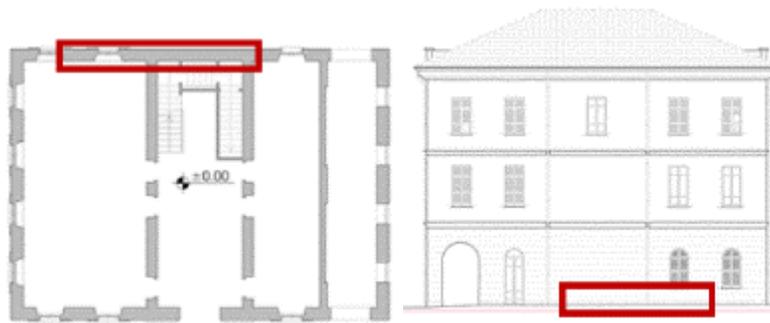


Patologia di degrado:	Presenza di Vegetazione
Definizione Normal 1/88:	Locuzione impiegata quando vi siano licheni, muschi o piante.
Stato di avanzamento:	Localizzata.
Diffusione/Stato di Conservazione:	La patologia è presente sulla facciata a Nord ed Est a piano terra in corrispondenza dell'innesto dell'edificio (zoccolatura in pietra beola) e la strada.
Cause:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presenza di vuoti, quali fori, fessure, fratture; ▪ Ambiente soggetto a presenza di acqua (pioggia, condensazione, umidità di risalita).
Effetti macroscopici:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vegetazione infestante che nasconde lo strato di rivestimento.
Conseguenze indotte:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Possibili fessurazioni nello spessore murario.

Intervento	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Essiccazione della vegetazione infestante mediante l'uso di diserbante totale; ▪ Asportazione meccanica mediante l'uso di spazzole sintetiche rigide e spatole di legno; Applicazione di biocidi specifici per la specie infestante; ▪ Pulitura a secco con spazzole di saggina; ▪ Eventuali risarcimenti con malte di caratteristiche materiche e granulometriche simili all'esistente. 	

SI.PB.DA.14

Unità tecnologica interessata:	Chiusura verticale
Materiale:	PB – Pietra Beola
Localizzazione:	Piano Terra
Orientamento:	Nord



Patologia di degrado:	Degrado Antropico
Definizione Normal 1/88:	Qualsiasi forma di alterazione e/o modificazione dello stato di conservazione di un bene culturale e/o del contesto in cui esso è inserito quando questa azione è indotta dall'uso improprio. (°/°)

Stato di avanzamento:	Localizzata.
Diffusione/Stato di Conservazione:	La patologia è presente nella parte della zoccolatura sul prospetto rivolto a Nord.
Cause:	Eccesso di posa dello strato di manto di impermeabilizzazione della pavimentazione esterna durante i lavori di sistemazione esterna effettuati nel periodo tra il 2010 e il 2014.
Effetti macroscopici:	Alterazione dell'aspetto originario della pietra beola.
Conseguenze indotte:	Cambiamento dell'aspetto estetico della zoccolatura.

Intervento	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rimozione dell'eccesso di guaina bituminosa mediante taglio con utensili manuali tipo cutter, e successiva rimozione dei residui di guaina mediante lavaggio con spugne tipo wishab e acetone; ▪ Successiva pulitura con acqua deionizzata a bassa pressione dei residui di acetone. 	

SI.PB.PB.15

Unità tecnologica interessata:	Chiusura verticale
Materiale:	PB – Pietra Beola
Localizzazione:	Piano Terra
Orientamento:	Sud



Patologia di degrado:	Patina Biologica
Definizione Normal 1/88:	Qualsiasi forma di alterazione e/o modificazione dello stato di conservazione di un bene culturale e/o del contesto in cui esso è inserito quando questa azione è indotta dall'uso improprio.
Stato di avanzamento:	Localizzata.
Diffusione/Stato di Conservazione:	La patologia si presenta su alcune lastre di pietra beola che costituiscono la zoccolatura dell'edificio.
Cause:	Aggressione della pietra da parte di pioggia battente e vento che favorisce la penetrazione dell'acqua, con successivi fenomeni di risalita capillare.
Effetti macroscopici:	Alterazione dell'aspetto originario della pietra beola.
Conseguenze indotte:	Cambiamento dell'aspetto estetico della zoccolatura; Deterioramento della superficie.

Intervento	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lavaggio della pietra con acqua nebulizzata e pulitura manuale con spazzola di saggina. ▪ Applicazione di biocida diluito in acqua con pennello per la disinfezione della muratura. ▪ Lavaggio con acqua deionizzata per rimuovere ogni traccia di biocida. 	

SI.CE.ES.16

Unità tecnologica interessata:	Chiusura verticale
Materiale:	CE – Cemento
Localizzazione:	Piano Primo
Orientamento:	Ovest



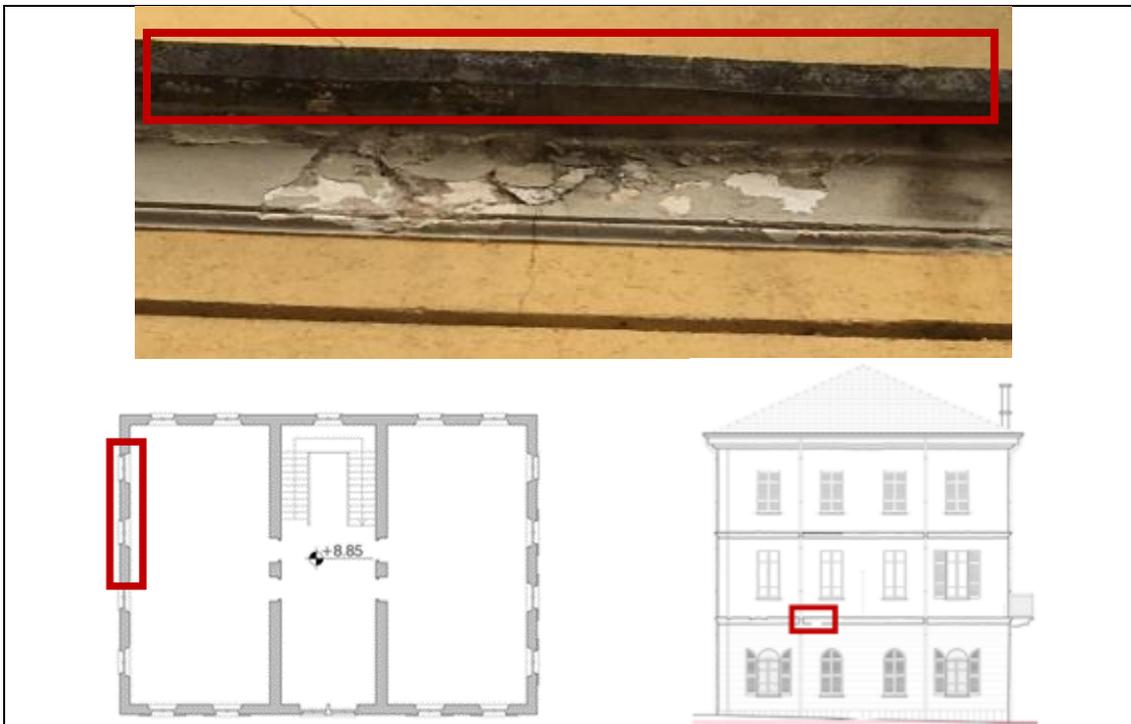
Patologia di degrado:	Esfoliazione
Definizione Normal 1/88:	Degradazione che si manifesta con distacco, spesso seguito da caduta di uno o più strati superficiali subparalleli tra loro (sfoglie).
Stato di avanzamento:	Localizzata sui cornicioni.
Diffusione/Stato di Conservazione:	La patologia si presenta su gran parte della superficie delle cornici marcapiano dell'edificio, tra piano terra e primo e, primo e secondo piano.
Cause:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Processi meccanici e/o chimici dovuti all'acqua delle precipitazioni meteoriche; ▪ Movimento di acqua nel substrato.
Effetti macroscopici:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Discontinuità dello strato superficiale dell'intonaco; ▪ Alterazione dell'aspetto originario dell'elemento.
Conseguenze indotte:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambiamento dell'aspetto estetico della zoccolatura; ▪ Deterioramento della superficie; ▪ Infiltrazione di acqua nell'elemento tecnico; ▪ Distacco e caduta dell'intonaco.

Intervento	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Asportazione delle parti irrecuperabili con spazzole di saggina, spatole e bisturi; ▪ Pulitura manuale con spazzole morbide, tipo Wishab e acqua deionizzata nebulizzata; 	(°/°)

- Eventuale e conseguente risarcimento con malta di cemento con caratteristiche granulometriche simile all'esistente;
- Eventuale tinteggiatura a base di silicati della parte di facciata o dell'intera facciata.

SI.CE.PB.17

Unità tecnologica interessata:	Chiusura verticale
Materiale:	CE – Cemento
Localizzazione:	Piano Primo
Orientamento:	Ovest



Patologia di degrado:	Patina Biologica
Definizione Normal 1/88:	Strato sottile, morbido ed omogeneo, aderente alla superficie e di evidente natura biologica, di colore variabile, per lo più verde. La patina biologica è costituita prevalentemente da microorganismi cui possono aderire polvere, terriccio, ecc.
Stato di avanzamento:	Localizzata sui cornicioni e davanzali.
Diffusione/Stato di Conservazione:	La patologia si presenta su gran parte della superficie delle cornici marcapiano dell'edificio e dei davanzali.
Cause:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Infiltrazioni d'acqua; ▪ Ristagno di acque meteoriche ed umidità; ▪ Scabrosità della superficie che consente l'infiltrazione d'acqua; ▪ Mancanza di manutenzione.
Effetti macroscopici:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presenza di zone di colorazione grigio-verdastra.
Conseguenze indotte:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambiamento dell'aspetto estetico dell'elemento; ▪ Deterioramento della superficie; ▪ Infiltrazione di acqua nell'elemento tecnico.

(°/°)

Intervento

- Pulitura a secco con spazzole di saggina;
- Eventuale ammorbidimento della patina mediante applicazioni di soluzione, tipo ammoniacca al 5%;
- Seconda asportazione manuale mediante l'uso di spazzole sintetiche rigide e spatole di legno;
- Eventuale applicazione di biocida;
- Lavaggio con acqua deionizzata e nebulizzata per rimuovere le tracce di biocida e rimanenti infestanti biologici;

SI.CE.DA.18

Unità tecnologica interessata:	Chiusura verticale
Materiale:	CE – Cemento
Localizzazione:	Piano Primo
Orientamento:	Ovest



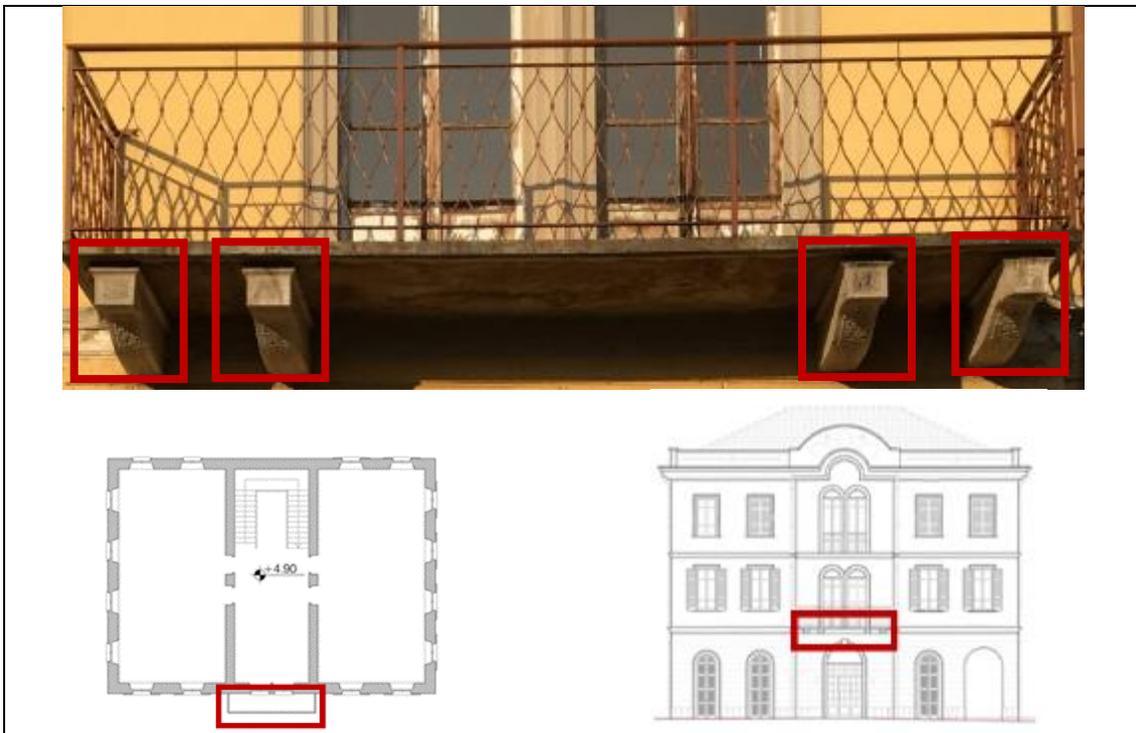
Patologia di degrado:	Degrado Antropico (Mancanza)
Definizione Normal 1/88:	Qualsiasi forma di alterazione e/o modificazione dello stato di conservazione di un bene culturale e/o del contesto in cui esso è inserito quando questa azione è indotta dall'uso improprio.
Stato di avanzamento:	Localizzata.
Diffusione/Stato di Conservazione:	La patologia è posizionata sotto la finestra del piano primo del prospetto ovest, in prossimità dello spigolo. E' caratterizzata dalla mancanza dello strato superficiale di intonaco e di parte del supporto sottostante.
Cause:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inserimento di elementi per passaggio di cavi successivamente rimossi; Mancata chiusura del foro.
Effetti macroscopici:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Discontinuità dello strato superficiale dell'intonaco; Alterazione dell'aspetto originario dell'elemento.
Conseguenze indotte:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambiamento dell'aspetto estetico dell'elemento; ▪ Deterioramento della superficie; ▪ Infiltrazione di acqua nel paramento murario.

Intervento

- Pulitura a secco con spazzole di saggina;
- Risarcimento con malta di cemento con caratteristiche granulometriche simile all'esistente ed eventuale tinteggiatura a base di silicati della parte di facciata o dell'intera facciata.

SI.CE.ER.19

Unità tecnologica interessata:	Chiusura verticale
Materiale:	CE – Cemento
Localizzazione:	Piano Primo
Orientamento:	Sud



Patologia di degrado:	Erosione
Definizione Normal 1/88:	Asportazione di materiale dalla superficie dovuta a processi di natura diversa. Quando sono note le cause di degrado, possono essere utilizzati anche termini come <i>erosione per abrasione</i> o <i>corrasione</i> (cause meccaniche), o <i>erosione per corrosione</i> , (cause chimiche e biologiche), <i>erosione per usura</i> (cause antropiche).
Stato di avanzamento:	Localizzata.
Diffusione/Stato di Conservazione:	Si riscontra la patologia in corrispondenza degli elementi di sostegno del balcone. In questo caso si può parlare di erosione per abrasione.
Cause:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Esposizione diretta agli agenti atmosferici (acqua, vento); ▪ Scarsa compattezza dello strato superficiale.
Effetti macroscopici:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disomogeneità della geometria; ▪ Alterazione materica dell'aspetto originario dell'elemento.
Conseguenze indotte:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Variazione della geometria; ▪ Problemi di allontanamento delle acque meteoriche;

	<ul style="list-style-type: none">▪ Esposizione di superficie irregolare maggiormente soggetta a fenomeni di degrado.
--	---

Intervento

<ul style="list-style-type: none">▪ Pulitura a secco con impiego di pennelli e/o spazzole o con moderati getti di aria compressa a bassa pressione, al fine di rimuovere i depositi polverulenti;▪ Eventuale pulitura con acqua a bassa pressione per eliminare possibili residui incoerenti che minerebbero l'efficacia del successivo trattamento;▪ Eventuale ricostruzione della geometria con malta di cemento compatibile per natura e grana a quella esistente;▪ Applicazione, su soporto asciutto, di prodotto protettivo idrorepellente mediante stesura a pennello o a spruzzo.

SI.LA.DS.20

Unità tecnologica interessata:	Chiusura Orizzontale
Materiale:	LA – Tegole marsigliesi in Laterizio
Localizzazione:	Copertura
Orientamento:	Est

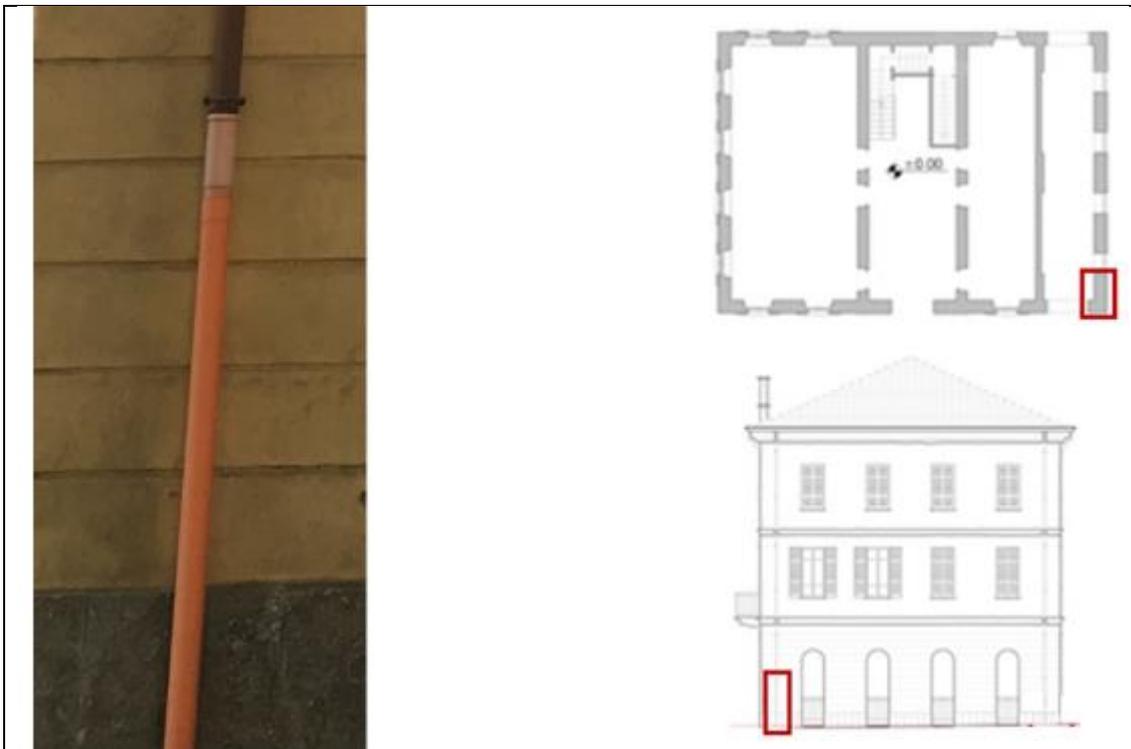


Patologia di degrado:	Deposito Superficiale
Definizione Normal 1/88:	Accumulo di materiali estranei di varia natura, quali polvere, terriccio, guano, ecc. Ha spessore variabile, generalmente scarsa coerenza e scarsa aderenza al materiale sottostante.
Stato di avanzamento:	Superficiale.
Diffusione/Stato di Conservazione:	Si riscontra la patologia sulle falde inclinate rivolte ad Est e ad Ovest.
Cause:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Esposizione diretta agli agenti atmosferici (acqua, vento); ▪ Scabrosità e deformazione delle superfici;
Effetti macroscopici:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alterazione della colorazione
Conseguenze indotte:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambiamento dell'aspetto estetico

Intervento	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pulitura a secco con impiego spazzole dure o con moderati getti di aria compressa a bassa pressione, al fine di rimuovere i depositi polverulenti; ▪ Risciacquo con acqua calda, dall'alto verso il basso; ▪ SE il deposito è resistente si può procedere alla pulitura co idropulitrice e acqua deionizzata a bassa pressione per eliminare possibili residui incoerenti, prestando attenzione a non erodere le tegole per non renderle più ricettive allo sporco. ▪ Eventuale ricostruzione della geometria con malta di cemento compatibile per natura e grana a quella esistente; ▪ Applicazione, su sopporto asciutto, di prodotto protettivo idrorepellente mediante stesura a pennello o a spruzzo. 	

SI.P.AC.21

Elemento interessato:	Pluviale
Materiale:	P – Plastica
Localizzazione:	Paino Terra
Orientamento:	Est

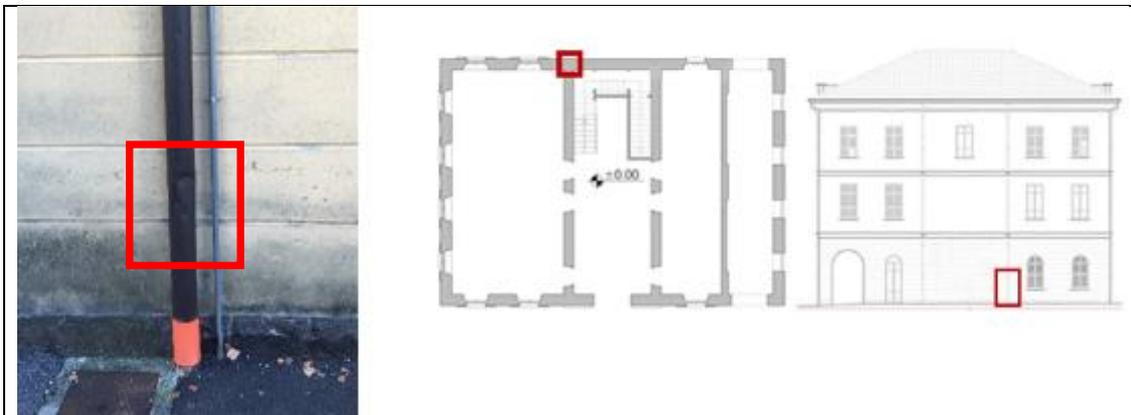


Patologia di degrado:	Presenza di elemento diverso
Definizione Normal 1/88:	--
Stato di avanzamento:	Localizzata.
Diffusione/Stato di Conservazione:	Tratto finale del pluviale presente a piano terra, sul prospetto Est.
Cause:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rottura dell'elemento preesistente e sostituito con un altro elemento di diverso materiale;
Effetti macroscopici:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Discontinuità materica tra gli elementi; ▪ Alterazione dell'aspetto originario dell'elemento.
Conseguenze indotte:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cambiamento dell'aspetto estetico dell'elemento e della facciata in generale.

Intervento
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rimozione dell'elemento; ▪ Sostituzione del pluviale in PVC con elementi in lamiera preverniciata al fine di uniformare il colore agli elementi esistenti.

SI.P.AC.22

Elemento interessato:	Pluviale
Materiale:	P – Plastica
Localizzazione:	Paino Terra
Orientamento:	Nord



Patologia di degrado:	Deformazione
Definizione Normal 1/88:	Variazione della sagoma o della forma che interessa l'intero spessore del materiale.
Stato di avanzamento:	Localizzata.
Diffusione/Stato di Conservazione:	Tratto finale del pluviale presente a piano terra, sul prospetto Nord.
Cause:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schiacciamento dell'elemento a causa di urto accidentale contro persone o cose;
Effetti macroscopici:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alterazione dell'aspetto originario dell'elemento.
Conseguenze indotte:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cattivo funzionamento dell'elemento a causa del restringimento di sezione del tubo; ▪ Cambiamento dell'aspetto estetico dell'elemento e della facciata in generale.

Intervento	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rimozione dell'elemento; ▪ Sostituzione del tratto finale del pluviale con elementi in lamiera preverniciata al fine di uniformare il colore agli elementi esistenti. 	

EDIFICIO ESISTENTE IL PROGETTO

Le fasi del rilievo geometrico, materico e del degrado, ci hanno permesso di conoscere l'oggetto di studio in modo più approfondito e ci hanno aiutato a definire con maggiore precisione i possibili interventi da realizzare per distribuire, i nuovi servizi offerti dalla futura scuola di musica.

La volontà è stata quella di ripensare l'edificio come un nuovo involucro che al suo interno, potesse rispettare i canoni previsti dalle vigenti normative in fatto di prestazione energetica e di confort acustico.

Per garantire il rispetto degli obiettivi del minimo intervento e della reversibilità, fili conduttori del nostro "modus operandi", abbiamo scelto di applicare stratigrafie a secco, mediante l'uso di materiali in gesso e simili ed isolanti ad elevate prestazioni termoisolometriche, che mediante la loro messa in opera, interferiscono con l'esistente, nei soli punti strettamente necessari per il loro fissaggio. Per le stesse ragioni abbiamo deciso di lasciare i serramenti e gli infissi esistenti, in modo da non modificare l'aspetto esteriore dell'edificio, applicando invece, all'interno, dei nuovi serramenti, inseriti nelle strutture metalliche di supporto del rivestimento, già in fase di progettazione, che possano garantire, insieme a tutti i nuovi elementi, il confort richiesto.

Proseguiamo quindi nel trattamento, con la descrizione di tutte le scelte effettuate per la realizzazione della nuova scuola di musica.

5. IL PROGETTO DELLA SCUOLA DI MUSICA

5.1 Breve descrizione degli interventi in progetto

Come già anticipato al capitolo 4, par. 4.4, l'edificio è soggetto a vincolo storico-artistico secondo quanto previsto dal D.Lgs. n. 42 del 22/01/2004 si è intervenuti con una progettazione volta a raggiungere l'obiettivo del minimo intervento che risultasse comunque esaustiva dei requisiti prestazioni richiesti dalle funzioni svolte all'interno dell'edificio. Pertanto le demolizioni interesseranno solo gli elementi di separazione interna di recente edificazione risalenti agli anni '70, mentre la riqualificazione delle partizioni interne, contropareti e controsoffitti, verrà realizzata mediante sistemi modulari, compatibili, removibili a basso impatto ambientale, che garantiscono la ri-funionalizzazione degli spazi interni garantendo i requisiti prestazionali specifici di ogni locale e la possibilità di essere rimossi, senza che gli elementi di chiusura e partizione originali dell'edificio subiscano conseguenze irreversibili. Gli elementi tecnologici introdotti hanno consentito di raggiungere livelli di comfort acustico e termo-igrometrico che garantiscono il rispetto delle vigenti normative con particolare riferimento al risparmio energetico.

Il progetto della nuova scuola di musica prevede i seguenti interventi:

- Demolizione di alcune partizione interne esistenti, aggiunte nelle precedenti ristrutturazioni;
- Realizzazione di nuovi divisori interni;
- Realizzazione di contropareti in corrispondenza delle murature portanti;
- Coibentazione delle contropareti perimetrali;
- Realizzazione di ascensore;
- Installazione di nuovi serramenti interni;
- Realizzazione di controsoffitti e pavimenti.



Fig. 70 - Pianta Piano Terra



Fig. 71 - Pianta Piano Primo

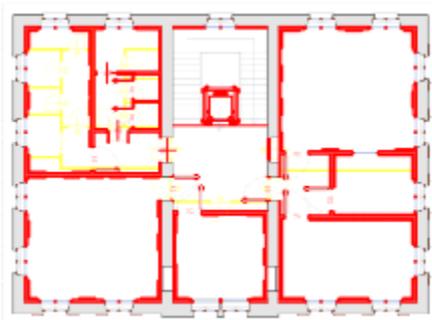


Fig. 72 - Pianta Piano Secondo



Non sono previsti consolidamenti e/o adeguamenti strutturali poiché il rilievo del degrado, come indicato al paragrafo 5.8.3, non ha evidenziato fessurazioni passanti, o altre patologie riconducibili alla necessità di eseguire tali interventi, ed in secondo luogo poiché non vi è cambio di destinazione d'uso.

Non sono previsti interventi di ristrutturazione impiantistica poiché l'impianto elettrico risulta adeguato recentemente, mentre l'impianto di riscaldamento e idrico sanitario, risultano adeguati alle necessità del progetto.

L'obiettivo del minimo intervento ci ha condotto, inoltre, a considerare l'ipotesi di non intervenire sui pavimenti esistenti, se non mediante la posa di elementi flottanti isolati con idoneo strato isolante anti-calpestio.

Per la descrizione delle stratigrafie si rimanda al capitolo 8, in cui sono dettagliati tutti i materiali utilizzati.

5.2. Il Lay-out interno

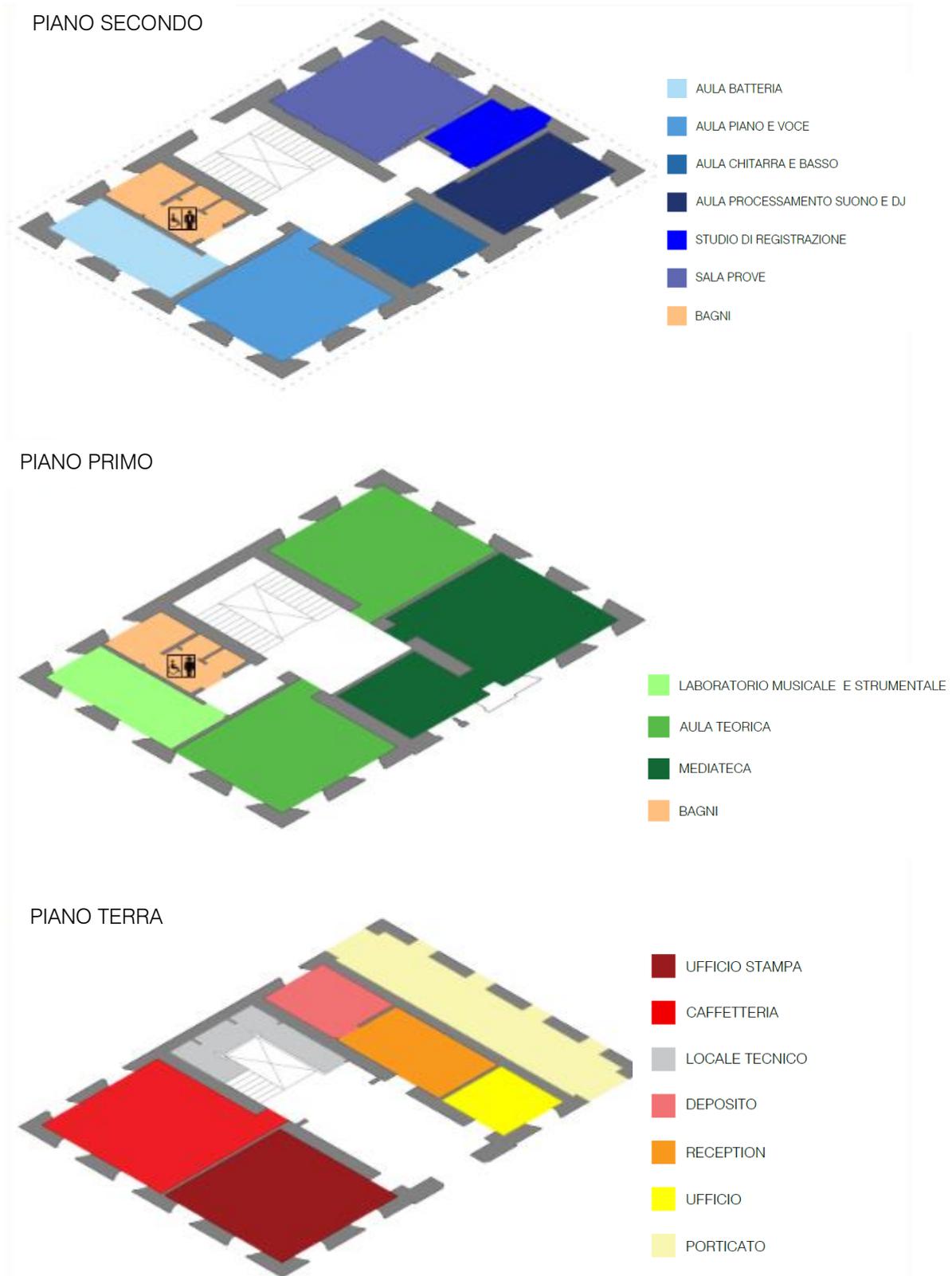


Fig. 73 - Lay-out interno con funzioni

Il posizionamento delle diverse funzioni è stato effettuato adottando il criterio per il quale il silenzio tende a salire verso l'alto, ovvero:

Gli spazi pubblici sono situati al piano terra per consentire la fruizione dell'edificio non solo ai frequentatori della scuola, ma anche a tutta la collettività mediante l'inserimento della caffetteria, che può effettuare anche un servizio di ristorazione di tipo fast-food. La zona reception è qui collocata perché facilmente individuabile e raggiungibile. Il deposito retrostante può svolgere la sua funzione sia per la caffetteria, sia per la reception, mediante l'inserimento, ad esempio, di armadi metallici dotati di chiave.

Salendo al piano primo, il rumore si attenua rispetto al piano inferiore e trovano collocazione gli spazi per l'insegnamento musicale con due aule per l'insegnamento con capienza di 20 utenti ciascuna, un laboratorio musicale strumentale per la musica di gruppo ed una mediateca per la consultazione di cd e dvd musicali.

Al secondo ed ultimo piano, nella parte orientale, il silenzio regna sovrano e sono dunque state collocate le sale anecoiche come la sala prova, di registrazione e di processamento del suono. Sul lato occidentale sono state posizionate le aule dedicate all'insegnamento singolare degli strumenti musicali.

5.3. Accessibilità

La verifica dell'accessibilità effettuata ai sensi della L.R. n. 13/89, ha determinato oltre che le dimensioni delle porte interne, della posizione delle maniglie e degli interruttori elettrici, anche la dimensione ed il layout dei servizi igienici. Fondamentale, per garantire l'accessibilità all'intero edificio, è stata la possibilità di inserire un ascensore, ricavato all'interno della tromba delle scale esistenti. Tale elemento è costituito da elementi portanti in acciaio e pareti vetrate, al fine di garantire leggerezza visiva e trasparenza, ancorati nei solai interpiano della scala esistente e nel pavimento.

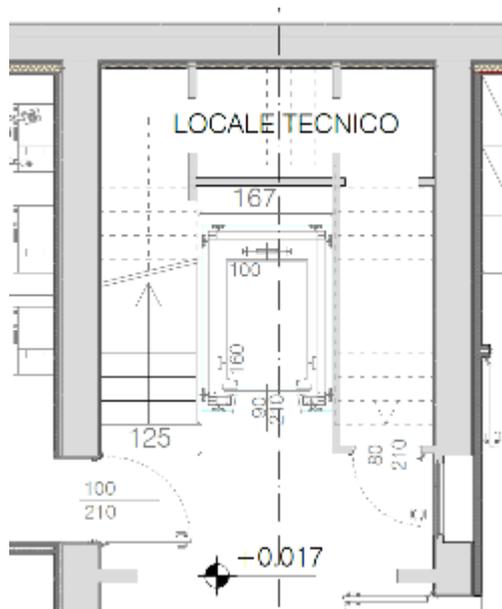


Fig. 74 – Estratto Tav.55 – Particolare in pianta dell'ascensore di progetto



Fig. 75 - Foto esemplificativa ascensore vetrato – fonte web: www.farmaascensori.it

È stato possibile coniugare l'accessibilità dell'edificio con il vincolo storico artistico prevedendo un ascensore dotato di struttura in acciaio e privo di fossa ed extra corsa come consentito in deroga dal D.P.R. n. 162 del 30/04/1999 e n. 8 del 8/3/2015. L'ascensore ha dimensioni 1 m x 1,60 m ed è dotato di porta di accesso di larghezza pari a 90 cm, quindi superiori a quelle minime previste dal Decreto che le indica pari a:

Elemento	Profondità	Larghezza	Luce minima	VERIFICA
Cabina	1,20 m	0,80 m	--	✓
Porta	--	--	0,75 m	✓
Piattaforma minima	1,40 m	1,40 m	--	✓

Tab. 8 – Dimensioni ascensore per adeguamento edifici preesistenti, D.M. 236/1989, p.to 8.1.12, lettera c).

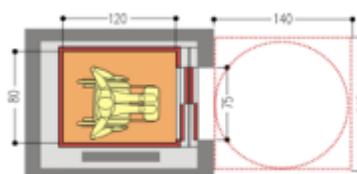
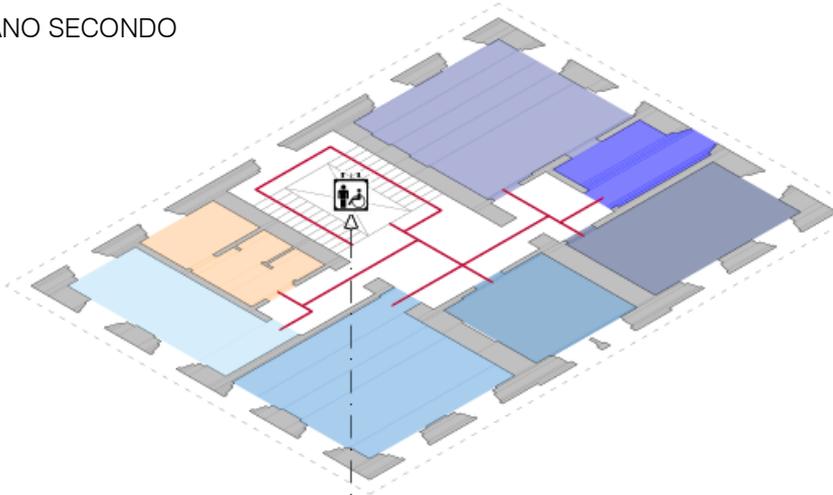


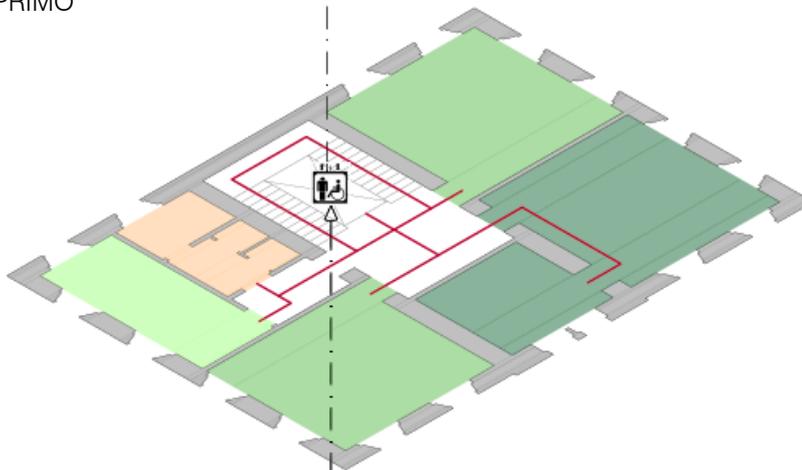
Fig. 76 - Schematizzazione misure minime ascensore

PIANO SECONDO



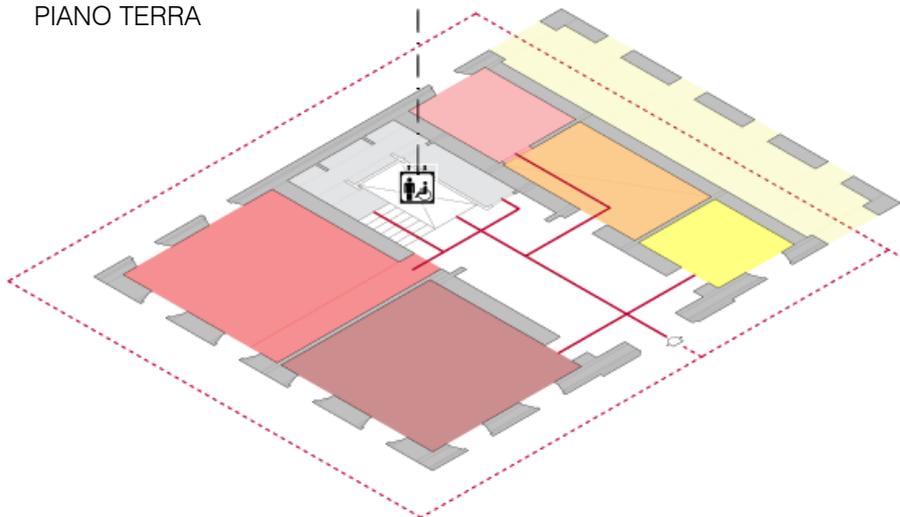
- PERCORSI INTERNI
- ASCENSORE
- AULA BATTERIA
- AULA PIANO E VOCE
- AULA CHITARRA E BASSO
- AULA PROCESSAMENTO SUONO E DJ
- STUDIO DI REGISTRAZIONE
- SALA PROVE
- BAGNI

PIANO PRIMO



- LABORATORIO MUSICALE E STRUMENTALE
- AULA TEORICA
- MEDIATECA
- BAGNI

PIANO TERRA



- INGRESSO
- PERCORSI ESTERNI
- PERCORSI INTERNI
- ASCENSORE
- UFFICIO STAMPA
- CAFFETTERIA
- LOCALE TECNICO
- DEPOSITO
- RECEPTION
- UFFICIO
- PORTICATO

Fig. 77 - Accessibilità e percorsi interni ed esterni

5.4. Requisiti acustici passivi

5.4.1. Obiettivi

La finalità che ci si è proposta consta nell'individuazione delle caratteristiche progettuali (stratigrafie, tipologia della componentistica impiegata, sistemi di giunzione) che possano consentire il conseguimento dei valori imposti dalla Legge, secondo quanto previsto dal DPCM 5/12/97 Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici" e della Legge 26 ottobre 1995 n. 447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico", per verificare il rispetto dei requisiti acustici passivi.

5.4.2. La normativa di riferimento

Con il DPCM del 1 marzo 1991, vengono fissati i "Limiti massimi di esposizione al rumore nell'ambiente esterno e nell'ambiente interno". Il territorio urbano viene di fatto suddiviso in classi di destinazione d'uso. Sulla base della zonizzazione sono definiti per l'esterno i valori dei limiti massimi che sono tollerati per il livello sonoro equivalente $Leq(A)$, durante i periodi diurni e notturni. L'attuazione di quanto sopra stabilito, rientra tra i compiti assegnati agli organismi regionali, provinciali e comunali.

Valori dei limiti massimi del livello sonoro equivalente ($Leq A$) relativi alle classi di destinazione d'uso del territorio di riferimento			
Classi di destinazione d'uso del territorio		Tempi di riferimento	
		Diurno	Notturmo
I	Aree particolarmente protette	50	40
II	Aree prevalentemente residenziali	55	45
III	Aree di tipo misto	60	50
IV	Aree di intensa attività umana	65	55
V	Aree prevalentemente industriali	70	60
VI	Aree esclusivamente industriali	70	70
Limiti Massimi: Leq in dB(A)			

Tab. 9 – Valori limiti massimi del livello sonoro equivalente relativi alle classi di destinazione d'uso

Per l'ambiente interno il DPCM prescrive il criterio differenziale equivalente uguale a 5 dB(A) di giorno e 3 dB(A) di notte. La differenza si calcola tra il livello disturbante detto "ambientale" e il livello di fondo detto "residuo". Se però, a finestra chiusa, il livello ambientale è inferiore a 40 dB(A) di giorno e a 30 dB(A) di notte, la presunta immissione sonora deve considerarsi accettabile.

La Legge 447 del 26 ottobre 1995 o "Legge quadro sull'inquinamento acustico", pone come obiettivo prioritario, la tutela dell'ambiente e della salute umana. Anche il settore delle costruzioni viene direttamente interessato dalle normative in ciò che concerne la concezione tecnologica e tipologica dei componenti di edifici nuovi o da recuperare, riguardo al livello di protezione passiva che devono offrire nei confronti della propagazione del rumore.

Il Decreto applicativo della 447 emesso in data 5 dicembre 1997, fissa con la Tabella A le categorie degli ambienti abitativi da prendere in esame, indica tra gli elementi di partizione

orizzontali e verticali le grandezze di riferimento, e nella Tabella B i requisiti acustici passivi, per ogni categoria di edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici.

Tabella A	Classificazione degli ambienti abitativi (art. 2)
Categoria A	Edifici adibiti ad uso residenziale
Categoria B	Edifici adibiti ad uffici e assimilati
Categoria C	Edifici adibiti ad alberghi, pensioni e attività assimilabili
Categoria D	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
Categoria E	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
Categoria F	Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto e assimilabili
Categoria G	Edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili

Tab. 10 - Tabella A - Classificazione degli ambienti abitativi

Tabella B		Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici				
Categorie di cui alla Tab. A		Parametri				
		R_w (*)	$D_{2m,nT}$	L_{nw}	$L_{s\ max}$	L_{Aeq}
1	D	55	45	58	35	25
2	A-C	50	40	63	35	35
3	E	50	48	58	35	25
4	B-F-G	50	42	55	35	32

(*) Valori di R_w riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari

Tab. 11 - Tabella B - Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e impianti tecnologici

Potere fonoisolante apparente - R'_w

rappresenta la differenza di livello sonoro esistente tra due stanze di due unità immobiliari adiacenti e può essere riferito sia ai muri che ai solai; la normativa fissa il valore MINIMO da rispettare (50 decibel nel caso delle unità residenziali).

Isolamento acustico di facciata - $D_{2m,nT,w}$

rappresenta la differenza di livello sonoro esistente tra l'esterno e l'interno di un ambiente abitativo; la normativa fissa il valore MINIMO da rispettare (40 decibel nel caso delle unità residenziali).

Livello del rumore di calpestio - $L'_{n,w}$

rappresenta il livello sonoro esistente in un ambiente abitativo quando, al piano soprastante, viene azionato un dispositivo che genera 10 colpi al secondo con dei "martelletti" da 0,5 kg; la normativa fissa il valore MASSIMO da rispettare (63 decibel nel caso delle unità residenziali). Ciò vale anche all'interno della medesima unità immobiliare (villetta su due piani).

Rumore degli impianti a funzionamento discontinuo - $L_{AS,max}$

rappresenta il valore MASSIMO del livello sonoro misurabile in un ambiente diverso da quello in cui il rumore viene originato; tale valore è pari a 35 dBA.

Rumore degli impianti a funzionamento continuo - L_{Aeq}

rappresenta il valore MEDIO del livello sonoro misurabile in un ambiente diverso da quello in cui il rumore viene originato; tale valore è pari a 35 dBA per le unità residenziali. Tali verifiche potrebbero essere effettuate anche all'interno della medesima unità abitativa; ciò giustificerebbe ad esempio l'assenza di disturbo tra bagno e stanza da letto adiacente.

5.4.3. Facciata aula primo piano esposizione Nord-Est

Come indicato nella Tab. A del citato D.P.C.M. 5/12/1997 l'isolamento di facciata richiesto deve essere pari ad almeno:

$$D_{2m,nT,w} = 48 \text{ dB per gruppo E}$$

L'ottenimento del requisito richiede pareti o vetrate adeguatamente fonoisolanti.



Fig. 78 - Schema di analisi dell'isolamento acustico di facciata

Alcune regole di buona pratica sono:

- La posa delle partizioni verticali su supporti resilienti al di sotto delle partizioni;
- Lo spessore minimo dell'intonaco come prescritto;
- Il disaccoppiamento della parete costituente la facciata con gli elementi passanti (tipicamente impianti idraulici, elettrici, riscaldamento ...);
- L'interposizione di materiale fono-isolante nella cavità nel caso in cui la facciata sia realizzata con una parete doppia;
- Ciascun paramento deve essere realizzato sigillando accuratamente le fughe orizzontali e verticali tra mattone e mattone per il suo intero spessore;
- Si deve fare attenzione a sigillare i giunti tra i pannelli fonoisolanti da porre nell'intercapedine, così come tutti i collegamenti (pannello/solaio, pannello/soffitto) mediante apposito nastro adesivo;
- Eventuali punti singolari di collegamento esterno/interno (griglie aerazione delle cucine/bagni) dovranno utilizzare componentistica adeguata atta ad attenuare il collegamento acustico per questa via;
- Il paramento interno deve essere desolidarizzato perimetralmente mediante l'applicazione di un supporto elastico sottile;

5.4.4. Infissi

Gli infissi contribuiscono maggiormente all'isolamento della facciata, il cui indice varia secondo la destinazione d'uso, rispettivamente:

Destinazione d'uso	Fonoisolamento di Facciata dB
Categoria A - residenze ed assimilabili	40
Categoria B - uffici ed assimilabili	42
Categoria C - alberghi, pensioni ed assimilabili	40
Categoria D - ospedali, case di cura ed assimilabili	45
Categoria E - scuole di tutti i livelli ed assimilabili	48
Categoria F - attività ricreative, di culto ed assimilabili	42
Categoria G - attività commerciali ed assimilabili	42

Tab. 12 - Valori di fonoisolamento di facciata rispetto alle destinazioni d'uso

Il valore dell'isolamento si riferisce alla facciata nel suo complesso. Se si vuole rispettare la legge, il valore dei componenti significativi, come il vetro, deve essere allineato. Può essere in alcuni casi inferiore solo di qualche unità e solo se gli altri componenti di facciata e la posa, hanno prestazioni superiori.

Particolare attenzione viene riservata all'isolamento acustico standardizzato di facciata, definito da:

$$D_{2m,nT} = D_{2m} + 10 \log T/T_0$$

dove:

D_{2m} = $L_{1,2m} - L_2$ è la differenza di livello sonoro.

$L_{1,2m}$ = livello pressione esterna a 2 m dalla facciata.

L_2 = livello pressione interna ambiente ricevente.

T e T_0 = tempo di riverberazione interno e di riferimento.

L'isolamento standardizzato risulterà dalla media ponderata tra gli elementi componenti di facciata, ad esempio tra finestrate e pareti murarie, tra vetri e strutture leggere di alluminio, ecc.

Poiché i valori stabiliti si riferiscono ai componenti di facciata in opera, sarà opportuno incrementare "saggiamente" i valori dell'indice di valutazione R_w specifico del vetro, in funzione non solo del tipo di serramento previsto, ma altresì degli elementi complementari di facciata (ponti acustici) rigorosamente vagliati.

Tabella riepilogativa composizioni acustiche con valutazione ISO 140/3 e ISO 717-1					
Indice di riduzione acustica			Denominazione commerciale composizione	Peso Kg/m ²	Spessore mm
R_w	C	Ctr			
39			SGG Climalit Silence 39/20	34	20
40			SGG Climalit Silence 40/21	36	21
41			SGG Climalit Silence 41/27	37	27
42			SGG Climalit Silence 42/29	42	29
$43 \pm 0,5$			SGG Climalit Silence 43/32	42	32
44			SGG Climalit Silence 44/34	46	34
45			SGG Climalit Silence 45/34	47	34
46			SGG Climalit Silence 46/37	54	37
47			SGG Climalit Silence 47/36	53	36

48 ± 0,5			SGG Climalit Silence 48/36	53	41
49			SGG Climalit Silence 49/42	54	42
50			SGG Climalit Silence 50/46	54	46
51			SGG Climalit Silence 51/48	68	47

Tab. 13 – Tabella riepilogativa composizioni acustiche con valutazione ISO 140/3 e ISO 717-1

Le prestazioni acustiche di una finestra sono valutate, secondo ISO, con il Potere Fonoisolante misurato in laboratorio, analogamente a quanto viene fatto per il vetro. Tuttavia esistono altri parametri importanti da considerare e cioè:

- L'accuratezza della posa della finestra
- La protezione acustica del cassonetto
- Le caratteristiche della parte cieca della parete
- Il rapporto di superficie tra la parte cieca della parete e quella delle finestre
- Il funzionamento dell'insieme serramento-vetro.

Esistono ora i presupposti per stimare il potere fonoisolante di una parete con finestra in funzione di 3 parametri variabili:

- Il rapporto tra la superficie della parte cieca della parete e di quella della finestra
- Il potere fonoisolante del vetro e quindi della finestra
- Il potere fonoisolante della parte cieca della parete

Nell'edilizia residenziale urbana il valore del potere fonoisolante da consigliare è tra i 40 e i 43 dB. Nel terziario il valore da consigliare è dai 43 dB in su.

5.4.5. Permeabilità all'aria

Norma di test UNI EN 1026(2001)

Norma di Classificazione UNI EN 12207(2000)

CLASSE	Permeabilità all'aria di riferimento a 100 Pa m ³ /h m ²	Pressione massima di prova Pa
0	Non sottoposto a prova	
1	50	150
2	27	300
3	9	600
4	3	600

Tab. 14 - Classificazione della permeabilità all'aria basata sulla superficie totale

Classificazione della permeabilità all'aria basata sul perimetro apribile

CLASSE	Permeabilità all'aria di riferimento a 100 Pa m ³ /h m ²	Pressione massima di prova Pa
0	Non sottoposto a prova	
1	12,50	150
2	6,75	300
3	2,25	600
4	0,75	600

Tab. 15 - Classificazione della permeabilità all'aria basata sul perimetro apribile

Classificazione della permeabilità all'aria basata sulla superficie totale	Classificazione della permeabilità all'aria basata sul perimetro apribile	Classe finale
1	1	1
2	2	2
2	1	
1	2	
3	1	
1	3	
3	3	3
3	2	
2	3	
4	2	
2	4	
4	4	4
4	3	
3	4	
1	4	Inclassificabile
4	1	

Tab. 16 - Relazione tra la classificazione della permeabilità all'aria basata sulla superficie totale e quella basata sul perimetro apribile

5.4.6. Caratteristiche delle prestazioni dei serramenti

In tabella vengono riportati i valori medi di un **serramento in legno**

Trasmittanza termica del telaio	
<ul style="list-style-type: none"> Larghezza media telaio 30 mm Larghezza media telaio 50 mm Larghezza media telaio 100 mm 	2,20 W/mqK 1,90 W/mqK 1,42 W/mqK
Permeabilità all'aria	Classe A3 (2)
Tenuta all'acqua	Classe E4 (3)
Resistenza al vento	Classe V3 (4)
Isolamento acustico	Classe R3 (5)

Tab. 17 - Valori medi di un serramento in legno

- (1) Secondo la UNI EN 10077 Prestazione termica di finestre, porte e chiusure – Calcolo della trasmittanza termica – Metodo semplificato
- (2) Secondo la UNI EN 1026 Finestre e porte finestre – Tenuta all'aria – Classificazione
- (3) Secondo la UNI EN 1027 Finestre e porte finestre – Tenuta all'acqua – Classificazione
- (4) Secondo la UNI EN 12211 Finestre e porte finestre – Resistenza al carico del vento – Classificazione
- (5) Secondo la UNI 8204 Vetro 10/12/5 $R_w=40dB$

In tabella vengono riportati i valori medi di un **serramento in alluminio**

Trasmittanza termica del telaio	
<ul style="list-style-type: none"> Con taglio termico Senza taglio termico 	3,10 – 3,70 W/mqK 7,00 W/mqK
Permeabilità all'aria	Classe A3 (2)
Tenuta all'acqua	Classe E4 (3)
Resistenza al vento	Classe V3 (4)
Isolamento acustico	Classe R3 (5)

Tab. 18 - Valori medi di un serramento in alluminio

- (1) Secondo la UNI EN 10077 Prestazione termica di finestre, porte e chiusure – Calcolo della trasmittanza termica – Metodo semplificato
- (2) Secondo la UNI EN 1026 Finestre e porte finestre – Tenuta all'aria – Classificazione
- (3) Secondo la UNI EN 1027 Finestre e porte finestre – Tenuta all'acqua – Classificazione
- (4) Secondo la UNI EN 12211 Finestre e porte finestre – Resistenza al carico del vento – Classificazione
- (5) Secondo la UNI 8204 Vetro 10/12/5 $R_w=40dB$

5.4.7. Verifica della facciata – D2m,nT,w

La struttura utilizzata per realizzare la controparete è dotata del seguente rapporto di prova, che attesta il valore del poter fonoisolante pari a 59 dB.

Con riferimento alla precedente tabella *Tab. 11 - Tabella B - Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e impianti tecnologici*, si verifica che la prestazione acustica della parete è maggiore di quanto indicato dal limite di legge, ovvero:

$$D_{2m,nT,w} = 48 \text{ dB} < 59 \text{ dB VERIFICATO}$$



Fig. 79 - Certificato di prova parete di facciata

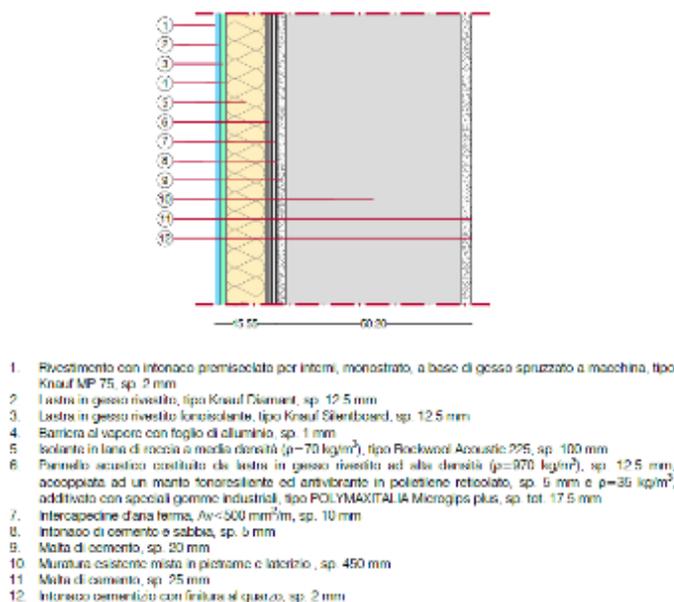


Fig. 80 - Stratigrafia parete di facciata - M4 – Estratto Tav. 84

Si precisa che il certificato di prova si riferisce alla sola controparete. Non è stato possibile reperire un certificato di prova e/o dei report di misure in sito riferiti alla struttura completa. Tuttavia è possibile utilizzare tale certificato in maniera conservativa in quanto la massa muraria della parete esistente migliora le caratteristiche acustiche rispetto a quanto indicato nel certificato

5.4.8. Parete di separazione tra aula e aula – Piano Primo – Esposizione Nord-Est

Come indicato nella Tab. A del citato D.P.C.M. 5/12/1997 l'isolamento per via aerea (potere fonoisolante apparente $R'w$) richiesto fra ambienti deve essere pari ad almeno:

$R'w = 50$ dB per gruppo E

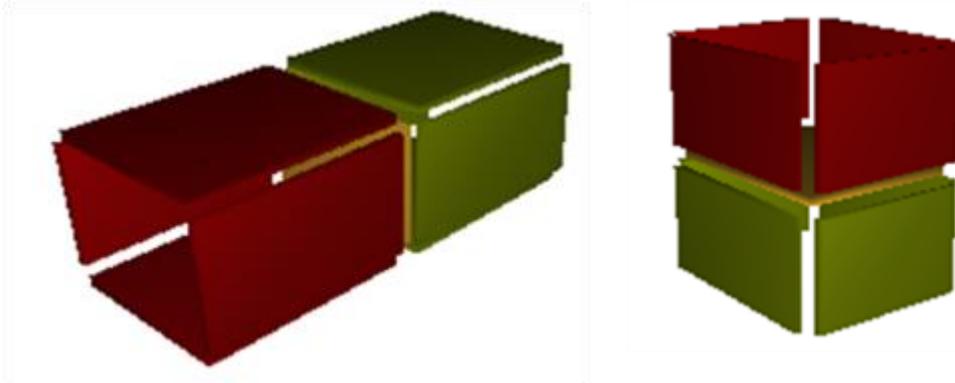


Fig. 81 - Schema di analisi dell'isolamento acustico fra ambienti adiacenti

Alcune regole di buona pratica sono:

- La posa delle partizioni verticali su supporti resilienti al di sopra ed al di sotto delle partizioni;
- Lo spessore minimo dell'intonaco come prescritto;
- Il disaccoppiamento delle due pareti costituenti la partizione verticale, evitando di creare ponti acustici con elementi passanti (tipicamente impianti idraulici, elettrici, riscaldamento ...), che dovranno essere, nel caso, acusticamente isolati;
- È da evitare la posa di scatole a muro per prese e interruttori, nonché di scatole di derivazione, centraline, citofoni, impianti antifurto, antenna nelle pareti di divisione tra unità immobiliari;
- Nel caso di quadri elettrici, cassette ecc. è necessario evitare che siano collocate in posizioni affacciate sulle pareti doppie;
- L'interposizione di materiale fono-isolante nella cavità fra le partizioni verticali;
- Ciascun paramento deve essere realizzato sigillando accuratamente le fughe orizzontali e verticali tra mattone e mattone per il suo intero spessore;
- Si deve fare attenzione a sigillare i giunti tra i pannelli fonoisolanti da porre nell'intercapedine, così come tutti i collegamenti (pannello/solaio, pannello/soffitto) mediante apposito nastro adesivo;
- Eventuali punti singolari di collegamento esterno/interno (griglie aerazione delle cucine/bagni) dovranno utilizzare componentistica adeguata atta ad attenuare il collegamento acustico per questa via.

5.4.9. Verifica della parete divisoria – R'w

La struttura utilizzata per realizzare la parete divisoria è dotata del seguente rapporto di prova, che attesta il valore del poter fonoisolante pari a 53 dB.

Con riferimento alla precedente tabella *Tab. 11 - Tabella B - Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e impianti tecnologici*, si verifica che la prestazione acustica della parete è maggiore di quanto indicato dal limite di legge, ovvero:

$$R'w = 50 \text{ dB} < 53 \text{ dB VERIFICATO}$$

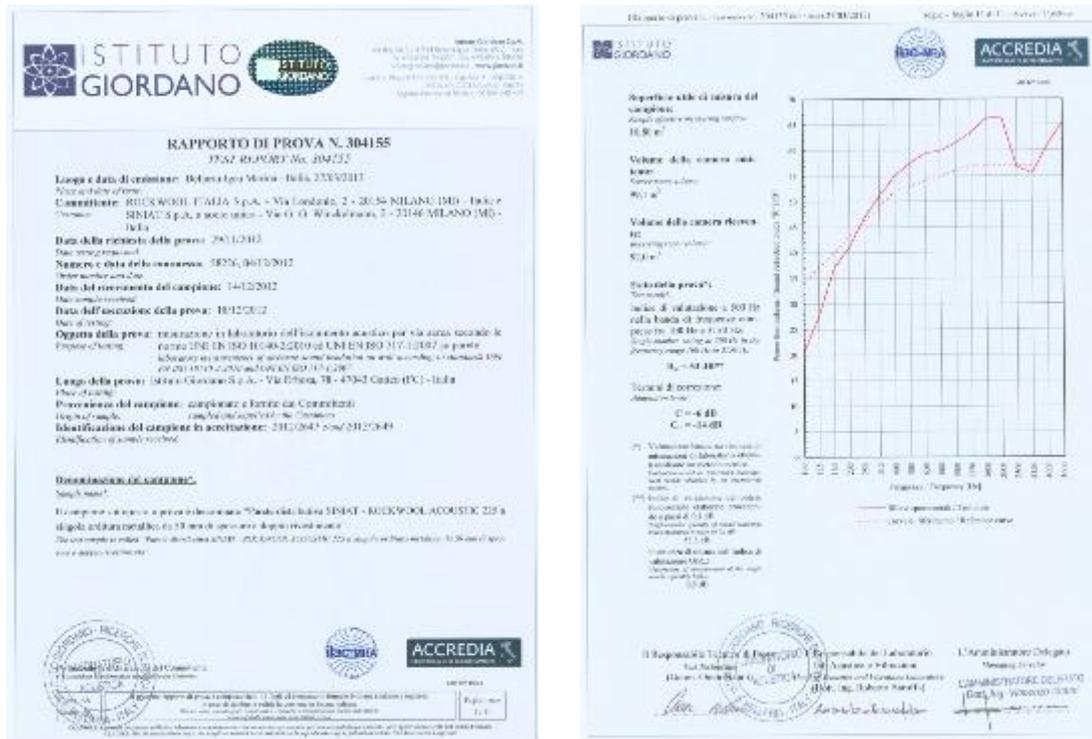
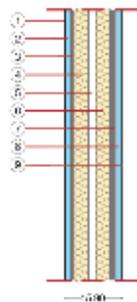


Fig. 82 - Certificato di prova parete divisoria



1. Rivestimento con intonaco premiscelato per interni mineralizzato a base di gesso spruzzato a macchina, tipo Knud MP 76, sp. 2 mm
2. Isolante in gesso rivestito fibrocemento, tipo Knud Fibrocem, sp. 12,5 mm
3. Isolante in gesso rivestito fibrocemento, tipo Knud Fibrocem, sp. 12,5 mm
4. Isolante in lana di roccia a media densità (ρ=70 kg/m³), tipo Rocsonal Acustico 225, sp. 40 mm
5. Interspaziole d'aria ferma, h=500 mm/m, sp. 20 mm
6. Isolante in lana di roccia a media densità (ρ=70 kg/m³), tipo Rocsonal Acustico 225, sp. 40 mm
7. Pannello acustico costituito da lastra in cartongesso ad alta densità (ρ=970 kg/m³), sp. 12,5 mm accoppiata ad un manto fonoresiliente ed antivibrante in polietilene reticolato sp. 5 mm a ρ=35 kg/m³, sovrapposti con speciali gomme industriali tipo POLYMAXITALIA Microgips plus, sp. int. 17,5 mm
8. Isolante in gesso rivestito, tipo Knud Fibrocem, sp. 12,5 mm
9. Rivestimento con intonaco premiscelato per interni mineralizzato a base di gesso spruzzato a macchina, tipo Knud MP 76, sp. 2 mm

Fig. 83 - Stratigrafia parete divisoria – D9 – Estratto Tav. 96

Al fine di migliorare la prestazione acustica della parete, già rispettosa dei limite di legge, si è adottato il seguente accorgimento: Inserimento nella stratigrafia di pannello acustico costituito da lastra in cartongesso ad alta densità 970 kg/mc, accoppiata ad una manto fonoresiliente ed antivibrante in polietilene reticolato, densità 35 kg/mc additivato con speciali gomme industriali, tipo POLYMAXITALIA Microgips Plus. Da indicazioni del produttore, tale accorgimento dovrebbe migliorare l'indice Rw di circa 51 dB.

5.4.10. Solaio tra piano primo e secondo

L'isolamento al calpestio esprime la necessità di disaccoppiare le strutture sovrapposte, ma è allo stesso tempo un modo per ridurre le problematiche di trasmissione per via solida fra tutti gli ambienti dell'edificio.

Come indicato nella Tab. A del citato D.P.C.M. 5/12/1997 l'isolamento al calpestio richiesto deve essere pari ad almeno:

$L'_{nw} = 58 \text{ dB}$ per gruppo E

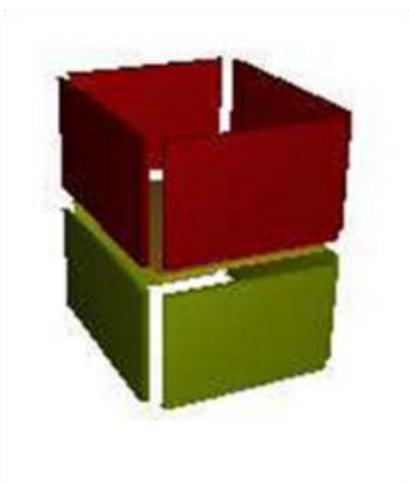


Fig. 84 - Schema di analisi dell'isolamento al calpestio fra ambienti sovrapposti

Alcune regole di buona pratica sono:

- Effettuare il distacco del massetto dalle pareti mediante una striscia perimetrale di fascia desolidarizzante di altezza adeguatamente superiore allo spessore del massetto, per assicurare il distacco anche della pavimentazione. (Figura 1)
- Prestare attenzione affinché non si creino ponti acustici tra il massetto di rivestimento e la struttura portante, avendo cura di risvoltare lo strato resiliente, adottato nel caso di 'Pavimento Galleggiante'; (figura 2)
- È tassativo realizzare o impostare i muri divisorii prima della posa del pavimento galleggiante per evitare che la parete di separazione posata direttamente sul pavimento galleggiante trasmetta i rumori aerei e di percussione generati nel locale disturbante;
- La superficie del massetto non deve essere superiore a 30 m² con lati di non oltre 7 m; superfici più grandi devono essere frazionate mediante giunti di dilatazione.
- Allo scopo di evitare un'essiccazione troppo rapida e irregolare, bisogna mantenere umido il massetto per almeno 7 giorni, evitando di camminarci sopra per i primi 3 giorni ed attendendo un periodo sufficiente prima della posa della pavimentazione (almeno 4-5 settimane).
- Dopo la posa del massetto verificare di avere ancora un'altezza adeguata di fascia perimetrale; quest'ultima infatti dovrà contenere anche lo strato di pavimentazione finale per garantire una completa disgiunzione delle pareti. (Figura 3-4)
- Dopo aver posato la pavimentazione rifilare l'eccesso di fascia desolidarizzante prima della posa del battiscopa (figura 5).

- Posare il battiscopa creando un distacco tra il battiscopa stesso e la pavimentazione. Il distacco si può realizzare o con un sottile velo di silicone (1,5 mm) oppure con un nylon che dovrà essere rimosso dopo la posa del battiscopa (figura 6-7)



Fig. 85 - Modalità di corretta posa di tappetino isolante

5.4.11. Verifica del solaio tra piano primo e secondo- L'nw

Considerato il requisito del minimo intervento, si è scelto di non realizzare il massetto galleggiante, ma di limitare la riqualificazione acustica nella posa di un tappetino antirumore specifico per pavimenti flottanti in legno.

Si allega di seguito la scheda tecnica con l'indicazione di prova acustica effettuata dal produttore.

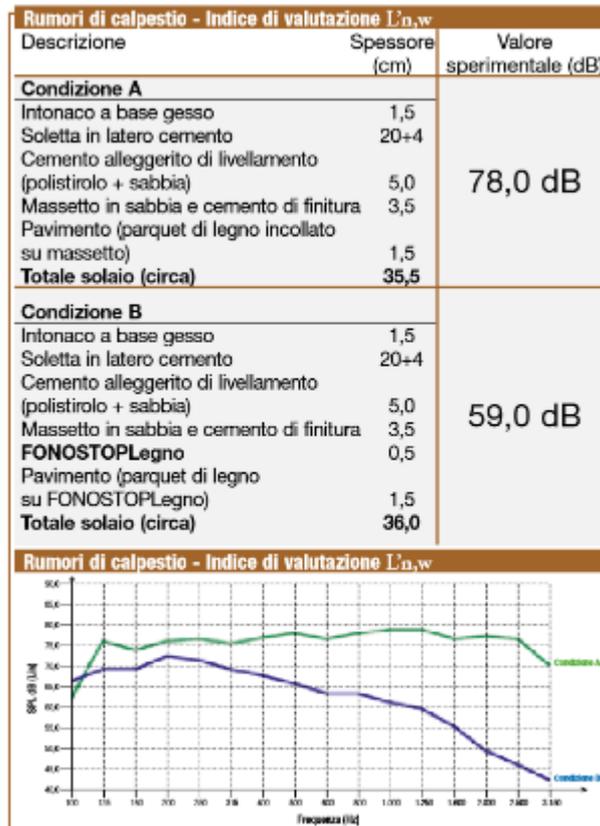


Fig. 86 - Estratto scheda tecnica tappetino antirumore, tipo Fonostop Legno, Index

In questo caso la verifica dei limiti di legge è apparentemente non verificata in quanto l'indice di valutazione **L'nw** del materiale è pari a 59 dB.

$$L'_{nw} = 58 \text{ dB} < 59 \text{ dB NON VERIFICATO}$$

Tuttavia la presenza del controsoffitto all'intradosso del solaio migliora la caratteristica acustica dell'elemento.

6.5. Riqualificazione energetica

La riqualificazione energetica dell'edificio ha tenuto conto sia del vincolo storico-artistico dell'edificio sia delle esigenze di risparmio energetico ed al comfort rapportato all'esercizio delle funzioni svolte.

Il vincolo non ha consentito di coibentare l'edificio dall'esterno ma ha obbligato ad operare dall'interno con conseguente presenza di alcuni ponti termici e impossibilità di coibentare il pavimento del piano terra e la porzione di pavimento del piano primo confinate con il porticato del prospetto est. Tali limitazioni hanno condizionato il risultato finale di efficienza energetica che nonostante ciò ha raggiunto un livello più che accettabile.

Ci si è basati sulle indicazioni e prescrizioni della recente normativa emanata dalla Regione Lombardia D.G.R. n. 6480 del 30/07/2015 che recepisce il D.M. del 26/06/2015 integrando la procedura di calcolo conforme alle norme UNI-TS.

Il risultato della riqualificazione energetica prevista in progetto è stato quantificato analiticamente mediante la redazione dell'Attestato di Prestazione Energetica dell'edificio mediante l'utilizzo il software, reso disponibile gratuitamente dalla Regione Lombardia, CENED+2. Il dettaglio di tali risultati è consultabile al successivo capitolo 8.

Al fine di quantificare l'incremento di prestazione energetica, ottenuto mediante il progetto di riqualificazione, abbiamo proceduto alla redazione di due Attestati di Prestazione Energetica dell'edificio: ante operam e post operam.

Riportiamo di seguito uno stralcio significativo degli Attestati di Prestazione Energetica.

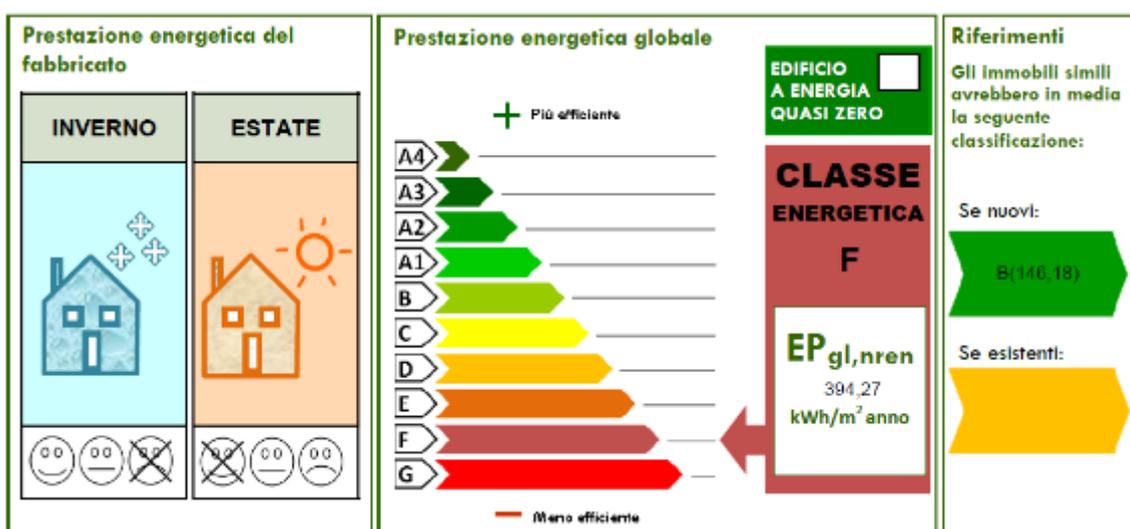


Fig. 87 – Indice di Prestazione Energetica dell'edificio in condizioni attuali

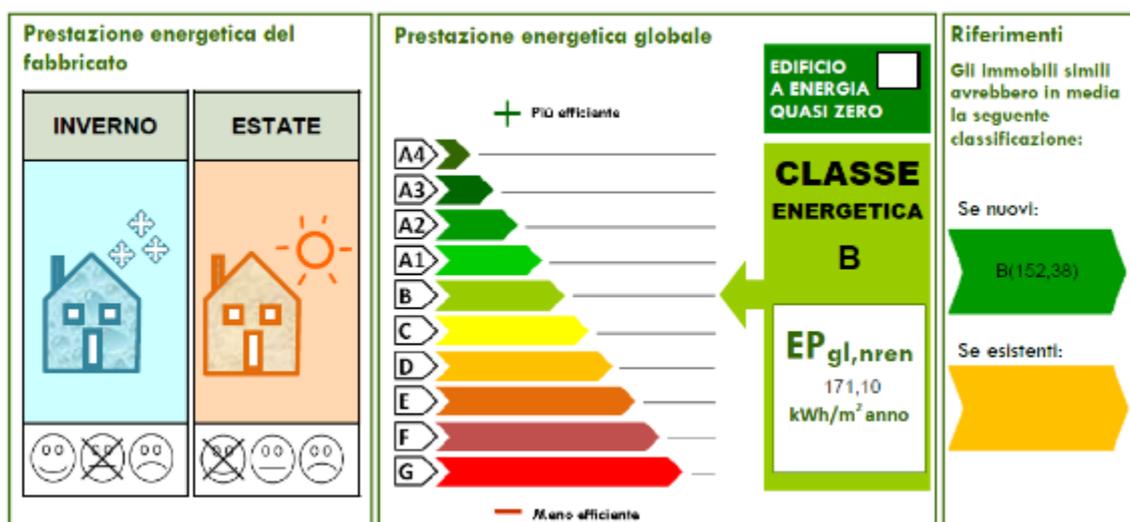


Fig. 88 – Indice di Prestazione Energetica dell'edificio dopo l'intervento

Rimandando al capitolo 8 per le considerazioni specifiche segnaliamo che l'intervento ha previsto:

- La coibentazioni delle chiusure opache verticali mediante contropareti interne;

- La coibentazioni delle chiusure opache orizzontali rivolte verso zone non riscaldate mediante controsoffitto coibentato all'intradosso e coibentazione all'estradosso;
- Il mantenimento dei serramenti esistenti e la posa di nuovi serramenti a formare un doppio serramento.
- L'installazione di valvole termostatiche sui radiatori esistenti;
- Il mantenimento del generatore di calore esistente.

Il metodo di calcolo e le relative osservazioni sono riportati negli approfondimenti al capitolo 8.

5.6. Rapporto aero-illuminante

Il rapporto aero-illuminante rappresenta il rapporto tra la superficie delle finestre di un locale e la superficie di pavimento del locale stesso. Il regolamento edilizio del comune di Mandello del Lario prevede un valore da rispettare non minore di 1/8, calcolato secondo la seguente tabella.

P I A N O	Destinazione	Superficie Utile (Su)	Superficie finestre	Tot. Sup. finestre (Sf)	Rapporto 1/8 di S.U (K):	Sf>K	Verifica
		Caffetteria	35,34	4,62			
			4,62				
			3,15				
			3,15	15,54	4,42	9,24>4,42	OK
T E R R A	Sala Stampa	35,11	3,15				
			3,15				
			3,15				
			3,15	12,60	4,39	12,90>4,39	OK
	Ufficio	9,51	4,62	4,62	1,19		OK
	Reception	in deroga perché edificio storico ante 1934 - ventilazione meccanica + non presenza continuativa					

P I A N O	Destinazione	Superficie Utile (Su)	Superficie finestre	Tot. Sup. finestre (Sf)	Rapporto 1/8 di S.U (K):	Sf>K	Verifica
		Aula teoria 01	32,40	3,23			
			3,23				
			3,23				
			3,23	12,90	4,05	12,9>4,052	OK
P I A N O	Aula teoria 02	34,69	3,23				
			3,23				
			3,23				
			3,23	12,90	4,34	12,90>4,34	OK
P R I M O	Mediateca 01	35,52	3,23				
			3,23				
			3,23				
			3,23	12,90	4,44	12,90>4,44	OK
	Mediateca 02	15,32	3,60				
			3,60	7,20	1,92	7,20>1,92	OK
	Laboratorio musicale	18,10	3,23				
			3,23				
			3,23	9,68	2,26	9,68>2,26	OK

P I A N O	Destinazione	Superficie Utile (Su)	Superficie finestre	Tot. Sup. finestre (Sf)	Rapporto 1/8 di S.U (K):	Sf>K	Verifica
		Sala prove	30,42	2,73			
			2,73				
			2,73				
			2,73	10,92	3,80	10,9>3,80	OK
S E C O N D O	Sala Registrazione	8,92	2,73				
				2,73	1,11	2,73>1,11	OK
	Sala Processamento suono	19,95	2,73				
			2,73				
			2,73	8,19	2,49	8,19>2,49	OK
	Aula chitarra e basso	14,09	3,36				
			3,36				
				6,72	1,76	6,72>1,76	OK
	Aula piano e voce	30,82	2,73				
			2,73				
			2,73				
			2,73	10,92	3,85	10,92>3,85	OK
	Aula Batteria	16,83	2,73				
			2,73				
			2,73				
			2,73	8,19	2,10	8,19>2,10	OK

Tab. 19 - Calcolo dei rapporti aero-illuminanti nei diversi locali

Trattandosi di un edificio storico, e comunque costruito prima del 1934, il valore di 1/8 può essere derogato, tuttavia, nel nostro caso, è ampiamente verificato in tutti i locali, ad eccezione della sola reception a piano terra. Abbiamo ritenuto questo risultato poco significativo sia dal punto di vista dell'illuminazione, in quanto alla reception non c'è presenza continuativa di persone per periodo lunghi, e sia dal punto di vista dell'areazione, poiché è presente l'impianto di ventilazione meccanica.

5.7. Fattore di luce diurna – Luminanza - Illuminamento

Si è proceduto ad analizzare, mediante il software Velux Daylight Visualizer 2, l'aula posta al primo piano a nord-est, considerata la più sfavorevole per il calcolo del FLD. Mentre per la luminanza e l'illuminamento si è considerato il mese di luglio con cielo sereno alle ore 15. Si riportano di seguito i grafici ottenuti dal calcolo.



Fig. 89 - Aula considerata per il calcolo - P.1 - Esposizione Nord-Est

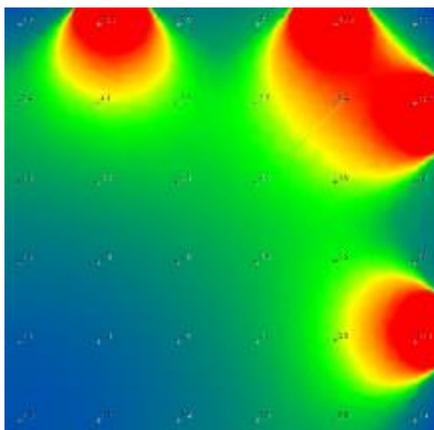


Fig. 90 - Calcolo di FLD - Fattore Luce Diurna



Fig. 91 - Render dell'aula considerata

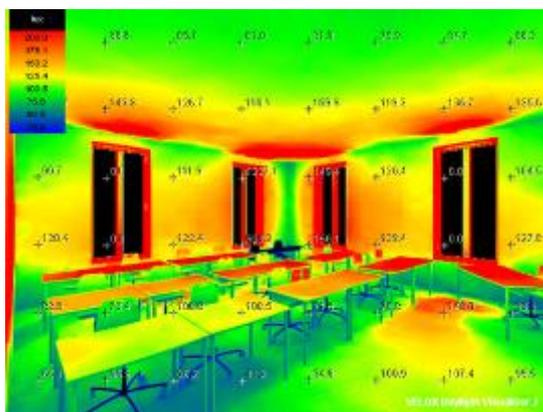


Fig. 92 - Calcolo Illuminamento

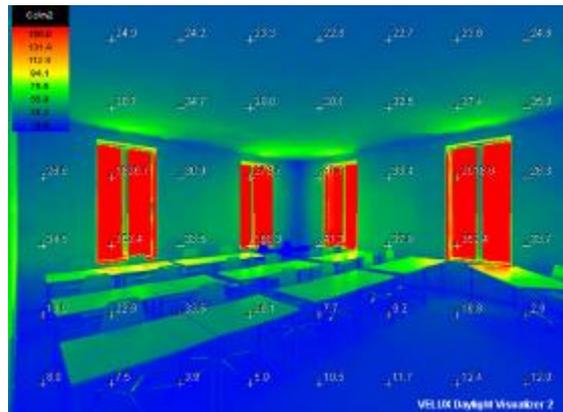


Fig. 93 - Calcolo Luminanza

Il metodo di calcolo e le relative osservazioni sono riportati negli approfondimenti al capitolo 9.

EDIFICIO POLIFUNZIONALE IL MASTERPLAN

In questo capitolo viene descritta la nascita dell'idea di progetto del nuovo centro polifunzionale, con la descrizione dettagliata di tutte le componenti che ci hanno permesso di progettare un elemento ad elevate prestazioni energetiche, tanto da considerarlo un Edificio ad Energia Quasi Zero – NZEB.

Si riportano le caratteristiche peculiari del nostro progetto dallo studio dei percorsi a cui si collega lo studio dell'involucro, passando per l'organizzazione funzionale spaziale, con il raggiungimento dei requisiti di accessibilità, fino ad arrivare ad un predimensionamento impiantistico, e terminando il percorso nel rispetto dei requisiti di prevenzione incendio.

6. IL MASTERPLAN

6.1 Obiettivi

L'idea di un nuovo centro polifunzionale nasce dalla volontà di creare uno spazio in cui condividere le esperienze musicali coltivate all'interno della vicina scuola di musica.

Abbiamo esteso lo studio all'area circostante, concentrandoci particolarmente sull'area settentrionale che, come già specificato al capitolo 4 è attualmente occupata da una zona a parcheggio pubblico, con autorimessa seminterrata. Vista la possibilità, consentita dal PGT, di avere un'area a destinazione pubblica esente da vincoli specifici abbiamo iniziato il nostro percorso di progettazione di un nuovo edificio, che potesse contenere al suo interno diverse funzioni.

Proprio come spiegato dal prof. Matteo Ruta ³¹, il primo aspetto evidente emerso durante la progettazione dell'edificio polifunzionale è stato quello di estendere la progettazione non solo all'edificio in sé, ma anche allo spazio cittadino in cui si innesta, ridefinendolo e migliorandolo. Abbiamo concentrato l'attenzione nella progettazione del sistema dei percorsi e delle connessioni tra le varie funzioni, in particolare ci riferiamo ai collegamenti tra l'edificio storico, con le sue caratteristiche e peculiarità, ed il nuovo, per il quale la nostra volontà è stata quella di farlo dialogare in armonia con l'esistente, cercando di richiamare i caratteri naturalistici del territorio, la Grigna ed il Lario.

Un secondo aspetto, sempre evidenziato dal prof. Ruta nel suo articolo e da noi ripreso è riferito alla sostenibilità ambientale raggiunta mediante strategie attive come l'uso di pannelli fotovoltaici sulla copertura e l'utilizzo di stratigrafie performanti.



Fig. 94 - Masterplan di progetto

Il nostro progetto insiste su un'area complessiva di circa 4.000 m², di cui:

- 500 m² occupati dal nuovo edificio polifunzionale;
- 300 m² occupati dall'edificio esistente;

³¹ Matteo Ruta, "Tante Funzioni insieme possono portare a molti vantaggi", Arkitipio, n° 98/2015, p.22.

- 1.000m² occupati dalla piazza IV Novembre;
- 2.000 m² occupati dalla zona verde e dal torrente Meria.

6.2 Gli interventi

Abbiamo individuato un indice di possibili interventi da realizzare sull'area di progetto che possiamo così brevemente definire:

1. Ridefinizione della viabilità pedonale su via Dante Alighieri;
2. Riqualificazione della piazza IV Novembre con la formazione di una rotatoria e riposizionamento della fermata degli autobus;
3. Riqualificazione degli argini del torrente Meria, mediante rinverdimento degli stessi e progettazione di percorsi ciclopedonali;
4. Sistemazione delle connessioni tra edificio esistente e nuovo centro polifunzionale;
5. Rifunzionalizzazione dell'edificio esistente a scuola di musica;
6. Progettazione del nuovo centro polifunzionale

6.2.1. Ridefinizione viabilità pedonale su Via Dante Alighieri

Il nuovo passaggio pedonale su Via Dante Alighieri è stato riqualificato mediante la realizzazione di una rampa pedonale che permetterà di congiungere il porticato esistente, da noi definito a quota 0,00 m, alla quota dell'attuale parcheggio pubblico, situato a 1,92 metri, sulla quale insisterà il nuovo edificio.

Tale passaggio è stato protetto dal traffico veicolare da una quinta, realizzata con struttura metallica che richiama il rivestimento esterno dell'edificio di progetto, tipo Tecu Zinn a doghe orizzontali che si sviluppa in senso longitudinale rispetto alla Via Dante Alighieri e avente larghezza in pianta di circa 50 cm. Pur essendo strutturalmente indipendente, rappresenta un elemento di continuità con l'edificio esistente, richiamando la scansione architettonica delle aperture, che vengono riproposte lungo tutto il tracciato e sviluppandosi in altezza raggiungendo la quota della prima cornice marcapiano. Abbiamo pensato di agganciare alla struttura, mediante dei tiranti in acciaio, una copertura trasparente in modo da creare un passaggio coperto, garantendo la vista verso l'alto, e quindi verso la Grigna.

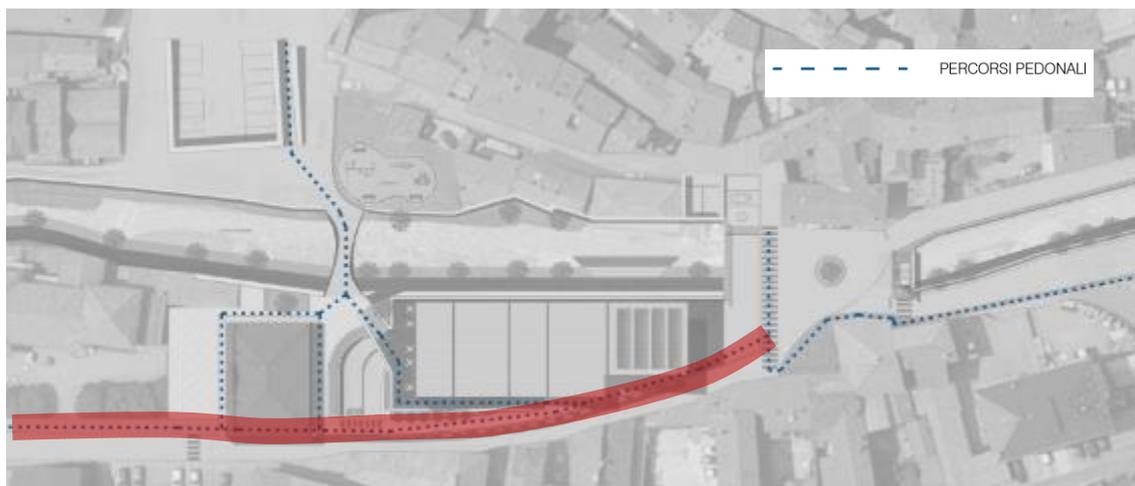


Fig. 95 - Nuovo percorso pedonale su Via Dante Alighieri



Fig. 96 - Vista prospettica della quinta



Fig. 97 - Vista assometrica della quinta

6.2.2. Riqualificazione piazza IV Novembre

Prendendo spunto da questo nuovo passaggio pedonale, abbiamo pensato di riqualificare la piazza IV Novembre, posizionata a Nord dell'area di progetto, in modo da aprire la vista del nuovo centro polifunzionale su uno spazio pubblico di ampio respiro, ricreando una nuova piazza e inserendo una rotatoria, in modo da incanalare il traffico veicolare. Si è pensato di creare un nuovo marciapiede lungo il lato orientale di Via Dante Alighieri, che consente ai pedoni di raggiungere la piazza mediante un primo tratto protetto dalla quinta descritta precedentemente e, successivamente, attraversando la strada, è possibile raggiungere la pensilina degli autobus.

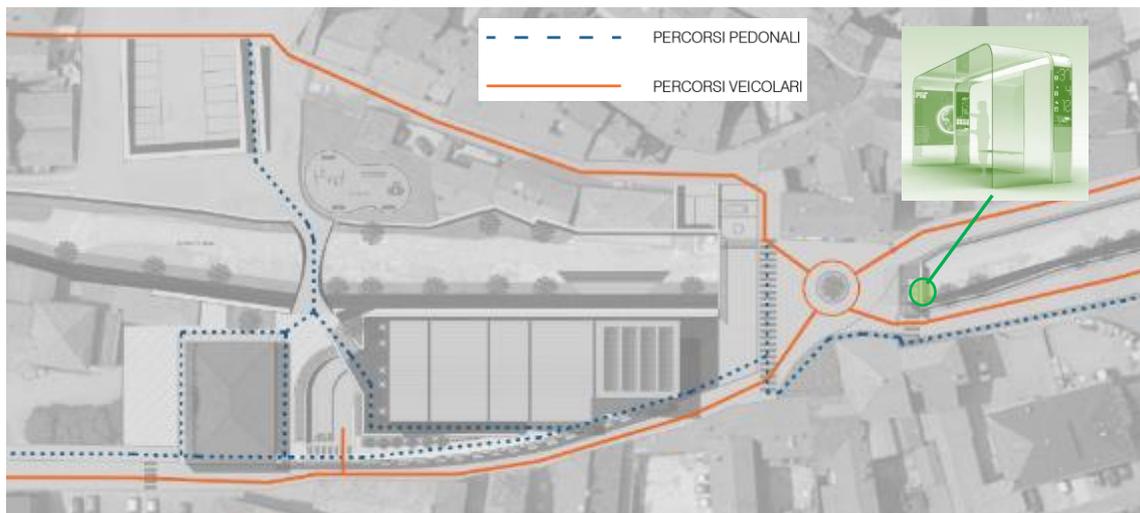


Fig. 98 - Percorsi Pedonali e Veicolari

6.2.3. Riqualificazione argini Torrente Meria

Il Torrente Meria che caratterizza il fronte occidentale dell'area di progetto è stato riqualificato a livello di masterplan, considerando la sistemazione delle sponde, mediante il posizionamento di materiale inerte per la formazione delle scarpate e successivo inerbimento delle stesse e, grazie ad un sistema di rampe ciclo-pedonali è stato correlato con la quota planimetrica della scuola di musica.



Fig. 99 - Particolare della riqualificazione argini Torrente Meria



Fig. 100 – Riqualificazione Torrente Meria – prima e dopo l'intervento di sistemazione

6.2.4. Connessioni tra edificio esistente e nuovo centro polifunzionale

La nuova struttura insiste sul parcheggio esistente situato al piano interrato dell'area di progetto e realizzato intorno agli inizi del XXI secolo, a cui si accede mediante una rampa carrabile situata in adiacenza alla scuola di musica.



Fig. 101 - Fotografia dell'attuale ingresso al parcheggio interrato

Tale accesso non è stato modificato se non con l'aggiunta di un muro di separazione destinato al passaggio pedonale, che permette agli utenti di raggiungere la scuola di musica e, mediante una rampa, l'ingresso al nuovo edificio.

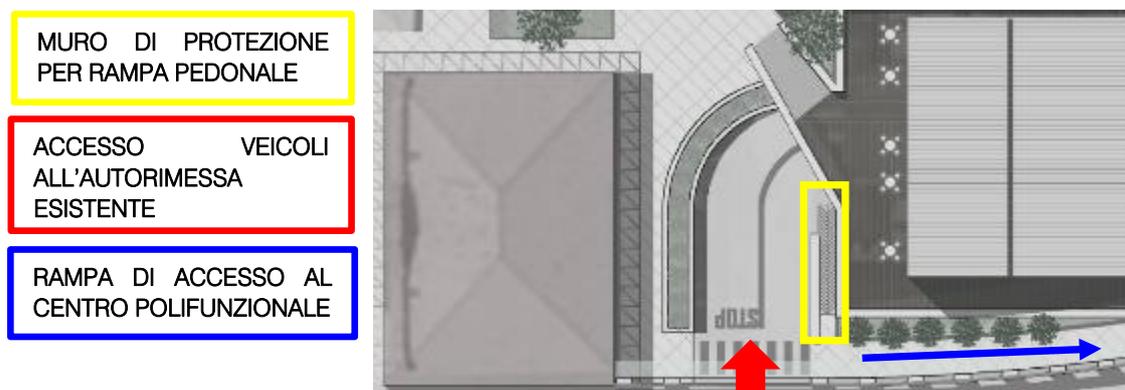


Fig. 102 - Particolare delle connessioni veicolari e pedonali tra esistente e nuovo

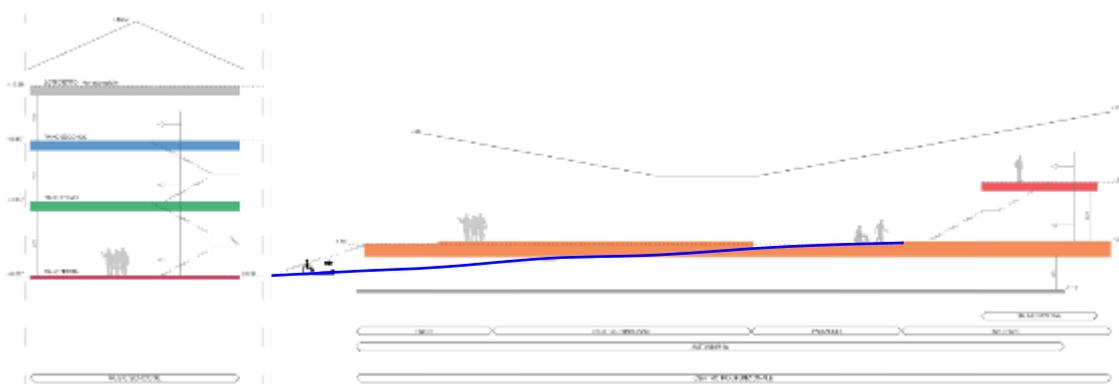


Fig. 103 - Schema dislivelli

6.2.5. Conclusioni

L'intervento di rifunionalizzazione dell'edificio esistente a scuola di musica è tratto nel capitolo precedente a cui si rimanda, mentre lo studio della progettazione del nuovo centro polifunzionale è tratta nel prossimo capitolo.

6.3 Il centro polifunzionale

6.3.1. Il Concept

Nella ricerca della forma architettonica, abbiamo cercato di pensare ad un edificio che potesse assolvere alle varie funzioni, in modo da correlare ai materiali da utilizzare gli aspetti peculiari dell'intorno. Era necessario avere un fronte orientale compatto e chiuso, per evitare l'affaccio su Via Dante Alighieri, sia per un fattore estetico, sia per isolare l'edificio dal rumore prodotto dalla strada. Al contrario, invece, il fronte occidentale lo volevamo aperto e luminoso tale da indirizzare la vista sull'intorno, quindi sul fiume e sulla piazzetta della Chiesa di San Rocco retrostante, mentre a Sud e a Nord la volontà è sempre stata quella di aprire la vista dei fruitori, da una parte verso la scuola di musica, con cui questo nuovo centro è in stretta comunicazione, e dall'altra verso la Grigna, oggetto ispiratore dell'intero percorso di progettazione.



Fig. 104 - Concept plan

L'orientamento dell'edificio è stato un aspetto molto importante che ha guidato la nostra progettazione, sia nella scelta dei materiali, sia nel posizionamento degli elementi vetrati. L'opportuno disegno delle aperture vanta infatti origini molto antiche poiché già Socrate (470 – 399 a.C), “suggeriva di realizzare abitazioni aperte sulla facciata esposta a sud per sfruttare i raggi solari in inverno, ma di proteggere tale facciata con dei porticati che fungessero da schermo durante la stagione estiva, quando il sole alto sull'orizzonte non riesce a far penetrare la radiazione solare all'interno dell'edificio. Viceversa la facciata esposta a nord doveva essere ribassata, massiva e con aperture ridottissime per proteggere l'edificio dai freddi venti invernali”.³² Pur condividendo questi concetti di base, ancora attuali, con le nuove tecnologie e i nuovi materiali abbiamo potuto rispettare i principi termometrici ed illuminotecnici posizionando le aperture anche sui fronti Nord, Sud ed Ovest, senza la necessità di applicare elementi di protezione. Questo perché, innanzitutto, l'edificio è stato dotato di una copertura con sporgenza di un 1,00 m rispetto al filo delle pareti, sui fronti Nord, Sud ed Ovest, per un benefico ombreggiamento estivo, ed in secondo luogo perché i vetri utilizzati sono molto performanti. Le caratteristiche sono descritte nell'approfondimento illuminotecnico al capitolo 9.

³² Stefano Agnoli, Michele Zinzi, “Involucro trasparente ed efficienza energetica”, Dario Flaccovio Editore, 2013, p. 5.

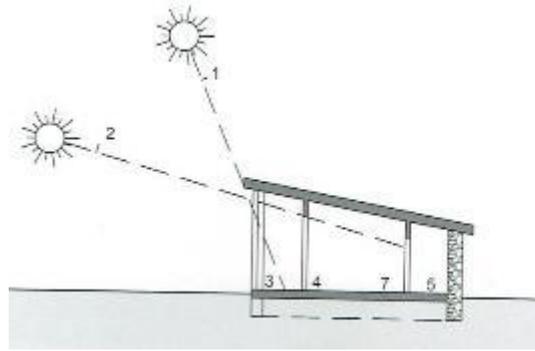


Fig. 105 - Sezione della casa bioclimatica di Socrate

6.3.2. I riferimenti progettuali

Lo sviluppo longitudinale dell'area di progetto, la vista della Grigna e la volontà di collegare il nuovo centro con la scuola di musica, ci hanno portato ad impostare il disegno lungo linee direttrici parallele che partendo da punti significativi rappresentati dalle cornici marcapiano della scuola di musica, ci hanno condotto a disegnare un elemento ad andamento rettilineo con l'ultimo tratto inclinato verso la Grigna.

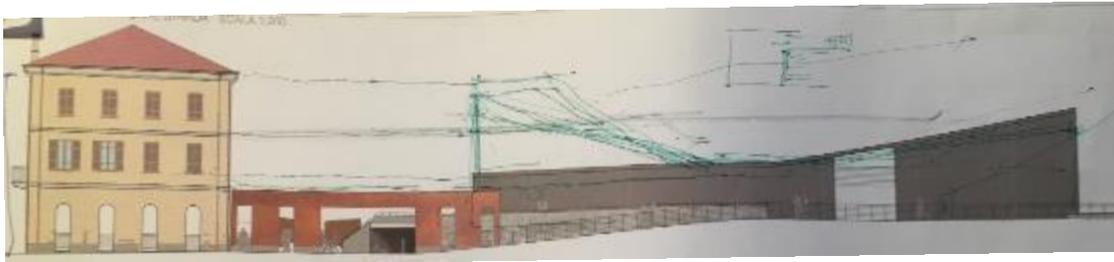


Fig. 106 - Prima bozza di progetto

La forma architettonica è stata poi rielaborata, aprendo anche il prospetto Sud verso la scuola di musica, ottenendo un vero e proprio cannocchiale: *Tra Lario e Grigna*.

La spinta necessaria per confermare questa forma architettonica ci è stata fornita da un edificio realizzato dall'architetto Kengo Kuma, nella repubblica popolare cinese, nel quale abbiamo riscontrato alcuni aspetti che volevamo far emergere anche nel nostro progetto, ovvero:

1. Rivolgere l'attenzione dei fruitori, attraverso l'edificio, che diventa un camminamento, cioè dirigere le persone dalla parte anteriore verso quella posteriore;
2. La visione alla montagna Lao Junshan, luogo sacro per il taoismo.



Fig. 107 - Kengo Kuma & Associates, Xincheng East Rd, Youxian, Zhuzhou, Hunan, Repubblica Popolare China, Xinjin Zhi Museum



Fig. 108 - Render – Vista Prospetto Ovest



Fig. 109 - Render – Vista dall'interno sul prospetto Sud - foyer/reception

La forma architettonica da assegnare alla quinta muraria, elemento di continuità tra l'edificio esistente ed il nuovo, è stata ricercata nei parallelismi delle partizioni interne. Il lotto, sul quale insiste il nuovo edificio, si sviluppa lungo la direzione Nord-Sud, parallela a Via Dante Alighieri e al Torrente Meria, questo consente alla matita di disegnare lunghe linee parallele e longitudinali che definiscono gli spazi, scandendo muri e vetrate.

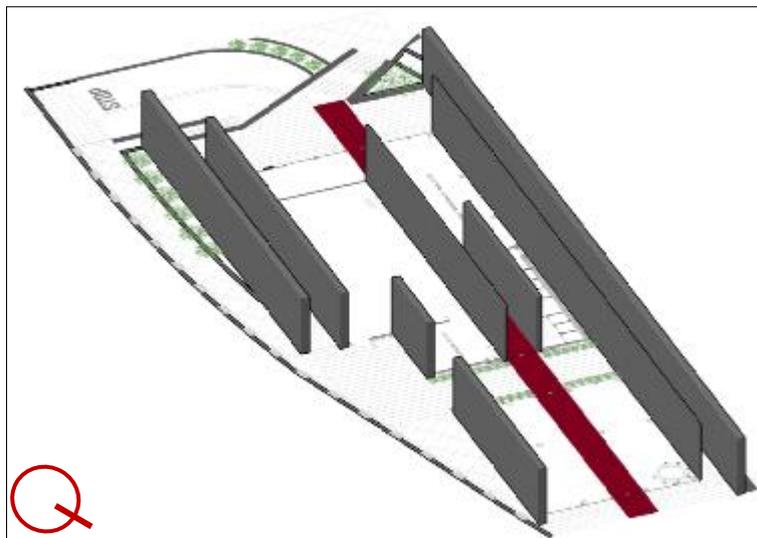


Fig. 110 - Vista assometrica chiusure verticali

Il progetto ispiratore della quinta, è stato quello del museo Beyeler, dell'arch. Renzo Piano, realizzato in comune di Riehen, nel Canton Basilea in Svizzera, in cui abbiamo potuto riscontrare i seguenti punti comuni:

1. L'edificio insiste su un terreno lungo delimitato a Sud da una strada;
2. L'edificio è caratterizzata da una planimetria rigorosa costituita da 4 pareti uguali che corrono in direzione Nord – Sud lungo il muro perimetrale;
3. Gli ambienti formano delle gallerie che terminano con finestre a tutta altezza.



Fig. 111 - Museo Fondazione Beyeler, Svizzera, Renzo Piano

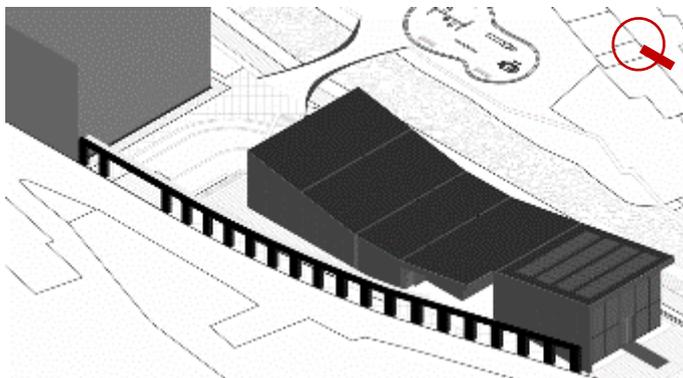


Fig. 112 - Vista assonometrica Nord-Est del centro polifunzionale

6.3.3. L'organizzazione funzionale

Il primo elemento spaziale che abbiamo voluto inserire nel progetto è stata la sala polifunzionale. Per questioni illuminotecniche, di isolamento acustico e di vicinanza con la scuola di musica questa sala è stata collocata nella zona sud orientale dell'edificio, dove la chiusura verticale è completamente opaca.

Annessi alla sala polifunzionale vi sono poi tutti i locali necessari per l'intrattenimento delle persone, quindi la reception, il guardaroba ed il foyer dotato di grandi vetrate apribili, che permettono all'interno di diventare un tutt'uno con l'esterno, soprattutto nei periodi estivi. Il tratto identificativo del nostro progetto è il passaggio coperto da Sud a Nord che permette il collegamento tra la scuola di musica e la piazza, in modo che gli utenti attraversino questa parte di città, circondati da opere d'arte – per la presenza di spazi espositivi – e viste suggestive – sul torrente Meria ad Ovest e verso la Grigna a Nord, con le vetrate dell'edificio che le fanno da cornice. Sono poi presenti i servizi accessori, come i bagni, i locali tecnici e di deposito e il locale centrale termica, con accesso solo dall'esterno.

Il percorso all'interno dell'edificio si conclude nell'info – point, dove al piano superiore soppalcato è stata creata una sala espositiva, con la possibilità di fermarsi ed ammirare l'imponente parete Sud-occidentale della Grigna.

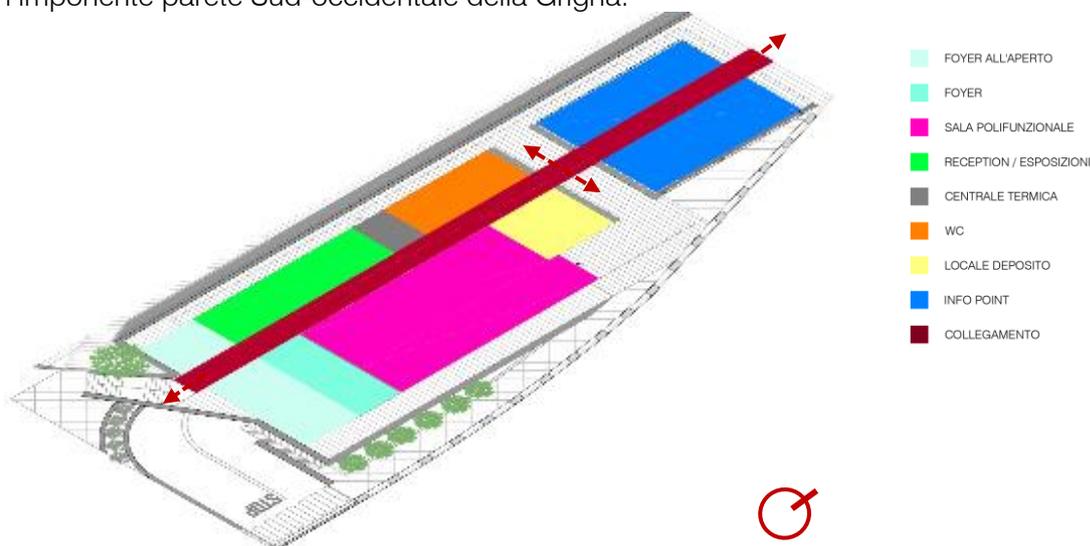


Fig. 113 - Lay-out funzionale-spaziale del centro polifunzionale

6.3.4. Caratteristiche dei locali interni



Fig. 114 - Pianta Piano Terra

La sala polifunzionale ha dimensioni di circa 16,5 m x 8,0 m e può ospitare al suo interno un pubblico di circa 100 persone. La sala è stata pensata e progettata per essere utilizzata in modo polivalente per l'esecuzione di concerti, eventi, manifestazioni e conferenze, a seconda delle necessità.



Fig. 115 - Render – Vista dalla scuola di musica - prospetto Sud - foyer/reception

Sono stati progettati i locali tecnici per il deposito di materiali di diversa natura a servizio della sala polifunzionale e comunicante con essa; uno spazio per la collocazione della centrale termica ospitante i generatori di calore per il funzionamento impiantistico dell'edificio.

Attraverso lo studio degli accessi è stato possibile rendere fruibile i servizi igienici non solo ai frequentatori dell'edificio ma anche alla collettività. Infatti sono consentite diverse opzioni:

1.	Sala polifunzionale	OPEN	infopoint	OPEN	WC	OPEN
2.	Sala polifunzionale	CLOSED	infopoint	OPEN	WC	OPEN
3.	Sala polifunzionale	CLOSED	infopoint	CLOSED	WC	OPEN



Fig. 116 - Open - Closed del centro polifunzionale – Scenario 2



Fig. 117 - Open - Closed del centro polifunzionale - Scenario 3

L'infopoint è situato nel blocco settentrionale e occupa tutta la superficie a piano terra. I prospetti a Nord, Sud ed Ovest sono vetrati, mentre quello orientale, prospiciente via Dante Alighieri risulta completamente opaco.



Fig. 118 - Render – infopoint – Prospetto Ovest

Mediante una scala in acciaio si raggiungere il piano soppalcato in cui è stata collocata una sala espositiva e da cui è possibile vedere la parete Sud-Ovest della Grigna nella sua massima imponenza (2.200 m), grazie all'andamento inclinato della copertura.

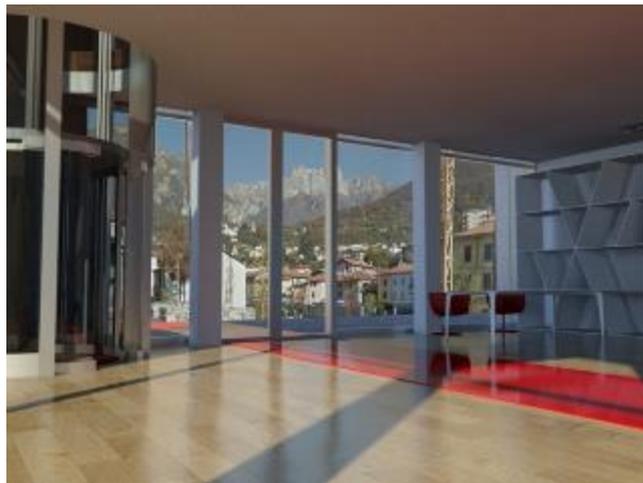


Fig. 119 - Render – Vista dall'interno verso la Grigna – infopoint



Fig. 120 - Vista della mostra presso la Fondazione Beyeler, Riehen 2009, photo Christoph Stutz

6.3.5 La scelta dei materiali

Il rivestimento esterno

Dalle indicazioni emerse nel concept, abbiamo voluto che la facciata rivolta ad Est, quindi su Via Dante Alighieri, fosse completamente opaca, in modo da accompagnare il movimento della strada. Il materiale che abbiamo deciso di utilizzare è il Tecu Zinn, un rivestimento in rame stagnato di colore grigio chiaro satinato che muta gradualmente opacizzandosi e scurendosi leggermente nel tempo. Riportiamo un esempio di edificio realizzato a Perugia in cui è stato utilizzato il Tecu Zinn.



Fig. 121 - Esempio di rivestimento in Tecu Zinn – Realizzazione del Centro Cortonese di Perugia – Hof Lab



Fig. 122 - Particolari del rivestimento - - Centro Cortonese di Perugia – Hof Lab

L'utilizzo di questo rivestimento ci ha permesso di avere il fronte opaco continuo desiderato. La nuance del grigio, colore neutro, è stata scelta proprio per creare un fronte compatto e che, pur evitando un netto contrasto di colore con l'intorno, aiuta a far concepire ai fruitori della strada, il senso del percorso da Sud a Nord del complesso.

Nelle fotografie sopra riportate le doghe hanno andamento orizzontale, mentre nel nostro caso, il rivestimento dell'edificio è costituito da doghe verticali, in contrapposizione con quelle utilizzate per la quinta, che hanno invece andamento orizzontale, a richiamare le fasce bugnate del piano terra della scuola di musica.



Fig. 123 - Disegno tridimensionale della chiusura verticale con rivestimento in Tecu Zinn



Fig. 124 - Render del prospetto Est dell'edificio - su Via Dante Alighieri



Fig. 125 - Prospetto Est - su Via Dante Alighieri

La copertura

La copertura è realizzata in Tecu Zinn in continuità con il rivestimento della parete. Gli elementi per la raccolta dell'acqua piovana sono stati incassati all'interno della copertura in modo da ottenere un volume compatto. Anche i pluviali sono stati alloggiati all'interno della struttura di rivestimento in cartongesso dei pilastri.

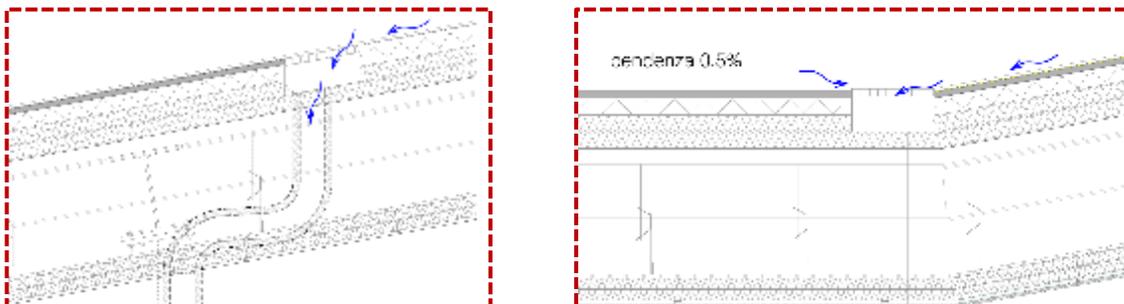


Fig. 126 - Particolari degli impianti di raccolta acqua meteorica nella sezione inclinata e nel nodo tra copertura piane ed inclinata

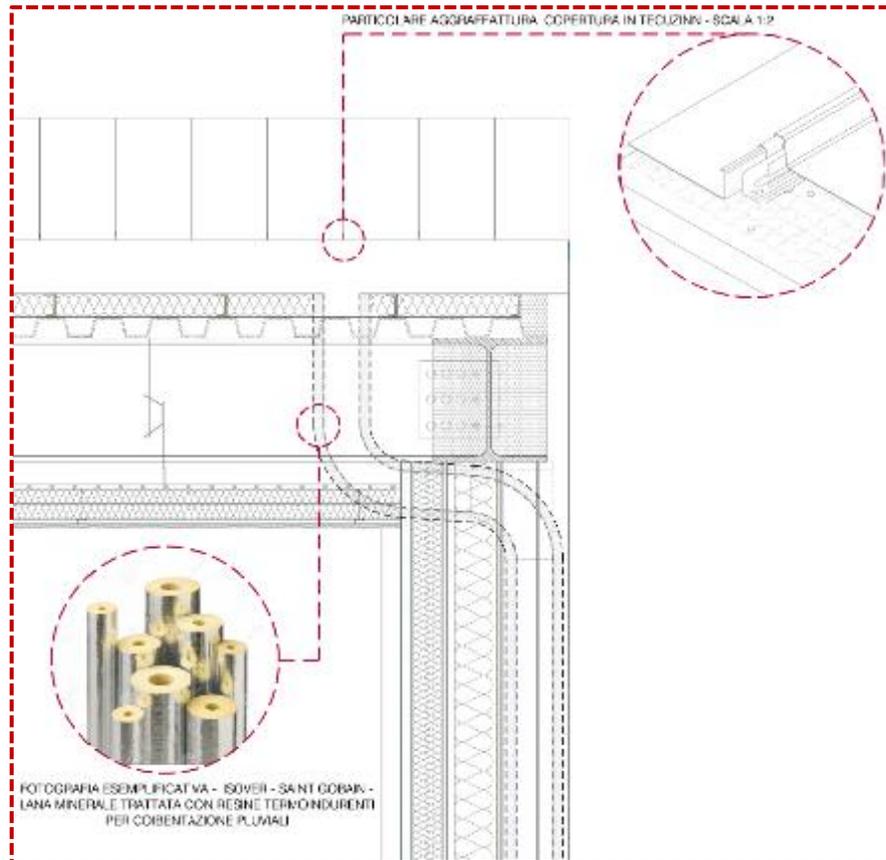


Fig. 127 - Nodo Verticale tra parete e copertura

La parte di copertura che interessa l'infopoint è interessata dall'inserimento di pannelli fotovoltaici integrati nella copertura stessa. E' stata scelta questa falda, inclinata di circa 10°, in funzione dell'orientamento a Sud, ottimale per il posizionamento dei pannelli fotovoltaici.

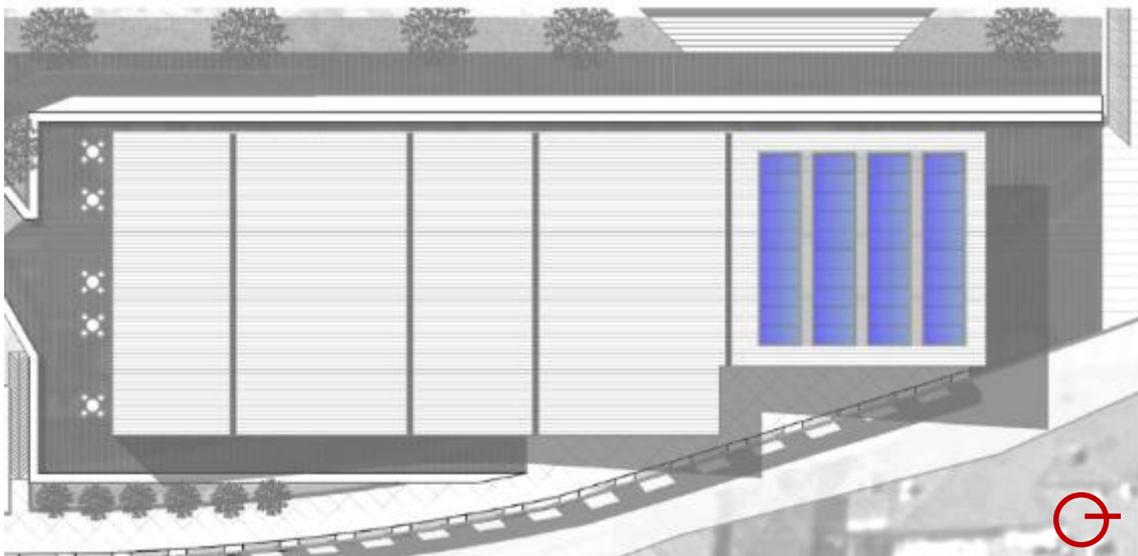


Fig. 128 - Falda con pannelli fotovoltaici

Il pannello solare fotovoltaico utilizzato è il Mitsubishi Electric, costituito da un film sottile di silicio amorfo con fattore di potenza di picco kpv pari a $0,235 \text{ kW/m}^2$, con un fattore di efficienza pari al 70%. Sulla base dei calcoli energetici effettuati al capitolo 8, per dimensionare l'impianto abbiamo avuto bisogno di n° 40 pannelli, di dimensione pari a $2,00 \text{ m} \times 1,00 \text{ m}$, per una superficie totale di captazione pari a 80 m^2 . Tra una striscia e l'altra di pannelli abbiamo lasciato un passaggio di $0,60 \text{ m}$, per consentire la futura manutenzione.



Fig. 129 – Esempio di pannello fotovoltaico

Le aperture

Le vetrate sono composte da doppi vetri a bassoemissivi a Nord e filtro solare a Sud ed Ovest (le cui caratteristiche sono descritte nell'approfondimento illuminotecnico al capitolo 9). L'impiego di questi vetri con la presenza della gronda sporgente di 1 m , rispetto al filo delle pareti, ci ha permesso di sfruttare appieno la luce solare, senza l'impiego di sistemi esterni oscuranti come i brise soleil. A sostegno di questa soluzione abbiamo eseguito opportuni calcoli illuminotecnici, riportati al capitolo 9.



Fig. 130 - Render – Vista prospettica Sud-Ovest con rivestimento in Tecu Zinn

I materiali per l'interno

La progettazione tecnologica dell'interno ha visto l'impiego di materiali stratificati a secco, le cui caratteristiche sono meglio specificate nel capitolo 8 riferito al sistema tecnologico. Abbiamo effettuato questa scelta per ridurre i carichi che andranno a distribuirsi negli elementi portanti orizzontali e verticali, dell'attuale autorimessa.

6.4 Accessibilità

Abbiamo avuto particolare cura nella progettazione degli spazi, cercando di evitare la presenza di barriere architettoniche che ostacolano i percorsi degli utenti. In particolare, l'accesso all'edificio avviene mediante la rampa pedonale posizionata ad Est e protetta dalla strada mediante la quinta muraria. E' possibile l'accesso da Sud anche mediante una scala esistente in pietra.

Da nord l'edificio è perfettamente raggiungibile dalla piazza in quanto posizionato alla stessa quota planimetrica.

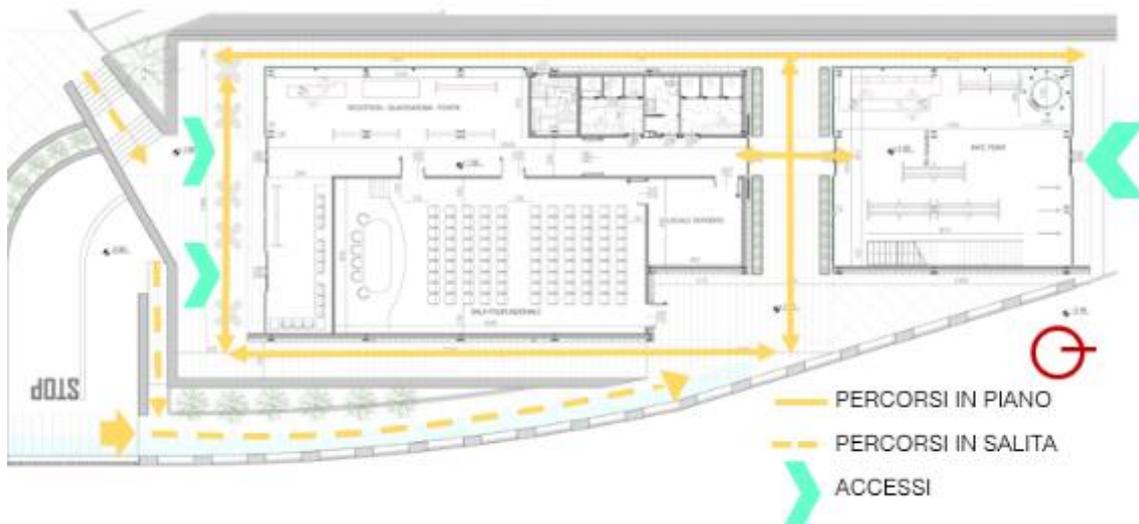


Fig. 131 - Accessibilità al centro polifunzionale

All'interno tutti i camminamenti hanno dimensioni tali da permettere il passaggio di almeno 2 persone contemporaneamente. In particolare, il camminamento centrale ha una larghezza di 2,00 m, mentre all'interno della sala polifunzionale i corridoi hanno larghezza minima non inferiore a 1,20 m.

I servizi igienici sono dotati di spazi idonei per i portatori di handicap e nell'infopoint l'accesso al piano soppalcato è garantito da un ascensore circolare vetrato con diametro interno pari a 1,50 m.

6.5 Impianti tecnologici

Gli impianti tecnologici all'interno del nuovo centro polifunzionale sono gestiti da una pompa di calore collocata nella centrale termica, a cui si accede esclusivamente dall'esterno. Il locale sarà compartimentato rispetto al resto, mediante l'installazione di pareti ignifughe. All'interno della centrale termica trovano posto, oltre al generatore di calore, anche i contatori per l'energia elettrica, l'inverter per l'impianto fotovoltaico, il contatore dell'acqua, i collettori degli aerotermini e dei pannelli radianti oltre che la centrale di trattamento dell'aria.

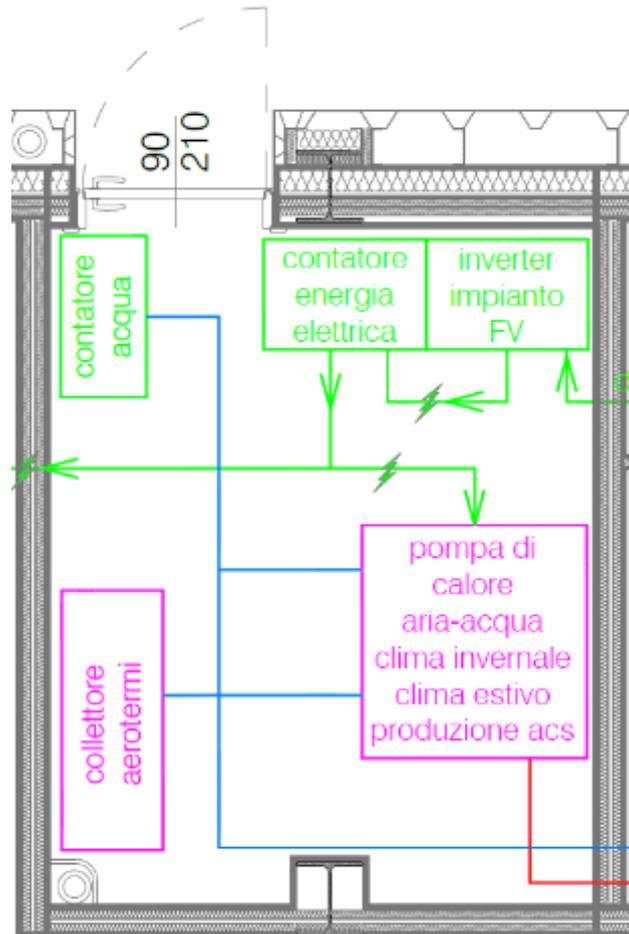


Fig. 132 - Particolare della centrale termica

L'impianto per produzione Acqua Cada Sanitaria

La pompa di calore viene alimentata dalla corrente elettrica e in parte dai pannelli fotovoltaici presenti in copertura. L'impianto di produzione di acqua calda sanitaria è al servizio esclusivamente dei servizi igienici.

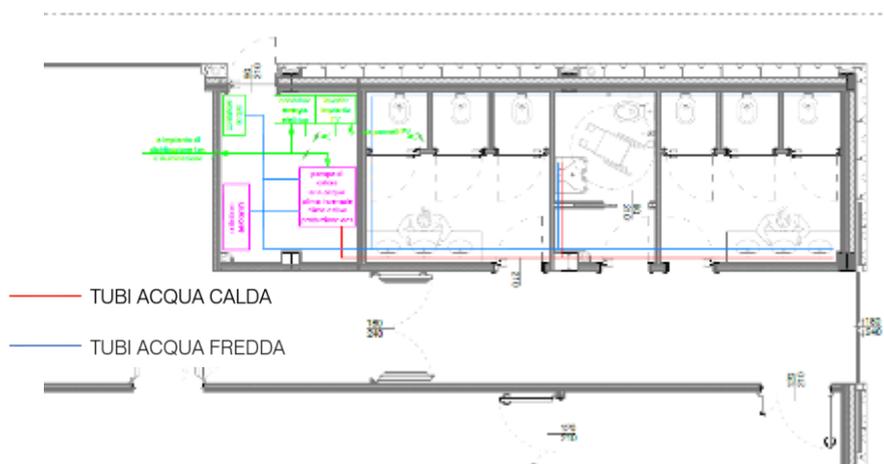
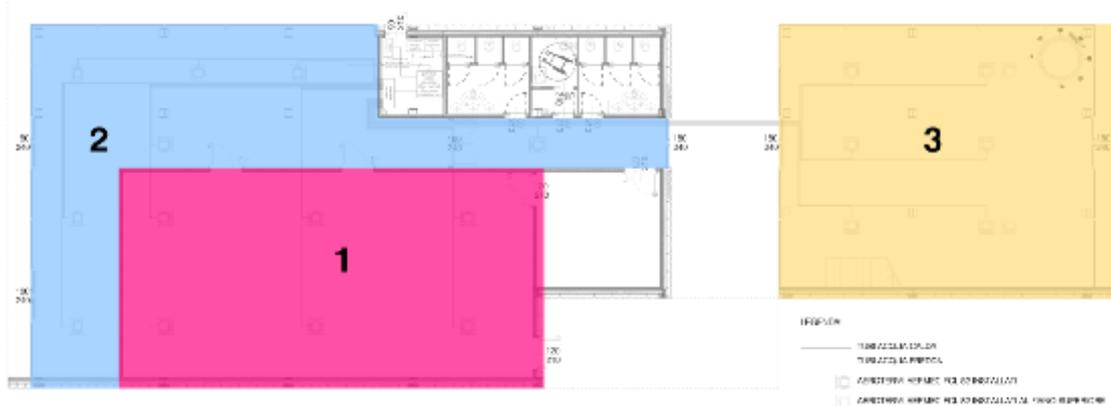


Fig. 133 - Estratto Tav. 97 - Impianto ACS

L'impianto per la Climatizzazione

Per il predimensionamento dell'impianto di condizionamento abbiamo suddiviso l'edificio in 3 macro zone:

1. sala conferenze;
2. ingresso / foyer / corridoi;
3. info point;

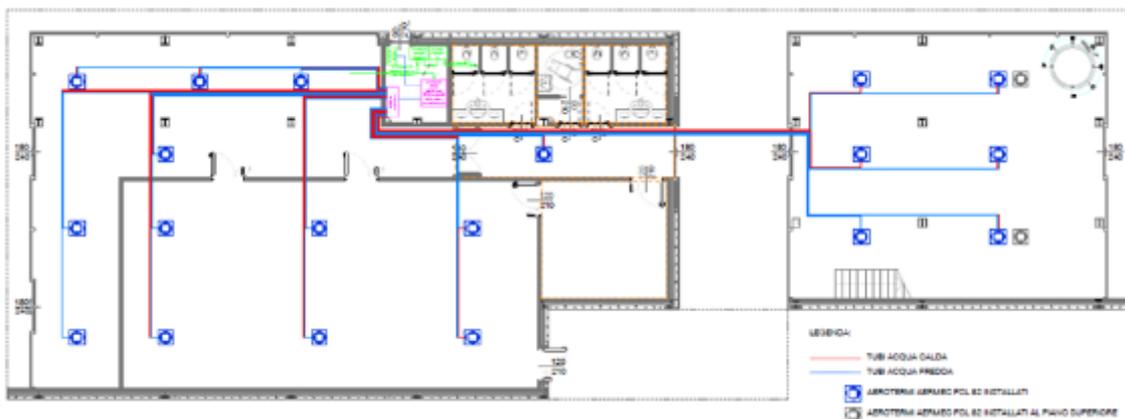


Per ogni macro zona abbiamo poi calcolato la potenza frigorifera richiesta in base ai parametri relativi alla superficie disperdente, al volume, ai valori di trasmittanza degli elementi opachi e vetriati e al loro orientamento, agli apporti interni in funzione degli apparecchi installati e al grado di affollamento. In base al valore ottenuto di potenza frigorifera abbiamo quindi scelto i ventilconvettori di AERMEC con potenza modulante (alta, media, bassa velocità), collegati alla pompa di calore presente in centrale termica, e abbiamo predimensionato gli elementi da installare nelle diverse zone.

I parametri presi a riferimento sono stati i seguenti:

Temperatura esterna: 35 °C

Umidità relativa: 50 %



Calcoli climatizzazione Locale 1 – sala polifunzionale

sala conferenze						
Apparecchiature elettriche presenti	W	4000	Stanza 1	76662		
			Stanza 2	134310,4		
Occupanti			Stanza 3	146578,4		
persone con attività normale	n	100	stanza 4	0		
persone con attività moderata	n		Stanza 5			
persone con attività pesante	n		Stanza 6			
			Base	Altezza		
Pavimenti	mq	128	16	8		
Finestre o vetrine						
a nord	mq	2,52	1,2	2,1		
a sud	mq	0				
a est	mq	0				
a ovest	mq	0				
Soffitti						
con locali sovrastanti	mq	0				
con tetto isolato	mq	128	16	8		
con tetto non isolato	mq	0				
Pareti esterne						
a nord	mq	7	2	3,5		
a sud	mq	0				
a est	mq	56	16	3,5		
a ovest	mq	0				
Pareti interne	mq	0				
Rientri d'aria (locali pubblici)	n° pers./h	48				
Ricambi d'aria	mc/h	1568				
		TOTALE BTU/h	76662		22547,64706	22,54765 kW

Tab. 20 - Calcolo potenza frigorifera – zona 1 – Sala polifunzionale

Locali 2 - ingresso / foyer / corridoio

ingresso/corridoio					
Apparecchiature elettriche presenti	W	2000			
Occupanti					
persone con attività normale	n	100			
persone con attività moderata	n				
persone con attività pesante	n		Base	Altezza	
Pavimenti	mq	128	128	1	
Finestre o vetrine					
a nord	mq	7	2	3,5	
a sud	mq	84	14	6	
a est	mq	0			
a ovest	mq	63	14	4,5	
Soffitti					
con locali sovrastanti	mq	0			
con tetto isolato	mq	128	128	1	
con tetto non isolato	mq	0			
Pareti esterne					
a nord	mq	0			
a sud	mq	0			
a est	mq	18,48	3,36	5,5	
a ovest	mq	0			
Pareti interne	mq	45	15	3	
Rientri d'aria (locali pubblici)	n° pers./h	48			
Ricambi d'aria	mc/h	1568			
		TOTALE BTU/h	134310,4	39503,05882	39,50306 kW

Tab. 21 - Calcolo potenza frigorifera – zona 2 – ingresso / foyer / corridoio

Locale 3 – infopoint

infopoint					
Apparecchiature elettriche presenti	W	5000			
Occupanti					
persone con attività normale	n	25			
persone con attività moderata	n				
persone con attività pesante	n		Base	Altezza	
Pavimenti	mq	132	132	1	
Finestre o vetrine					
a nord	mq	77	10	7,7	
a sud	mq	50	10	5	
a est	mq	0			
a ovest	mq	81,28	12,7	6,4	
Soffitti					
con locali sovrastanti	mq	0			
con tetto isolato	mq	132	132	1	
con tetto non isolato	mq	0			
Pareti esterne					
a nord	mq	0			
a sud	mq	0			
a est	mq	81,28	12,7	6,4	
a ovest	mq	0			
Pareti interne	mq	0			
Rientri d'aria (locali pubblici)	n° pers./h	48			
Ricambi d'aria	mc/h	2541			
		TOTALE BTU/h	146578,4	43111,29412	43,11129 kW

Tab. 22 - Calcolo potenza frigorifera – zona 3 – Infopoint

Dimensionamento dei Ventilconvettori

	superficie	h media	volume	ricambi d'aria	ricambi d'aria tot
	mq	m	mc	vol/h	
sala conferenze	128	3,5	448	3,5	1568
ingresso/corridoio	128	3,5	448	3,5	1568
infopoint	132	5,5	726	3,5	2541

potenza frigo richiesta kW	potenza frigo installata		tot					
	unitaria	n						
22,50	4,04	6	24,24	aermec	FCL	82	M	
39,50	6	7	42,00	aermec	FCL	82	H	
43,00	6	8	48,00	aermec	FCL	82	H	

Tab. 23 - Riepilogo e dimensionamento ventilconvettori



Fig. 136 - Esempio di venticollettore da installare

L'impianto per il Riscaldamento

Il sistema di riscaldamento previsto per il nuovo progetto polifunzionale prevede l'utilizzo di pannelli radianti a pavimento.

Per la progettazione di tale sistema abbiamo individuato all'interno dell'edificio, n° 9 zone che, a seconda del tipo di locale e dell'esposizione, possono essere regolate, mediante opportuni apparecchi termostatici installati all'interno dei locali. Questo per rispettare quanto previsto dalla DGR 6480/2015, per la quale è obbligatorio installare all'interno di nuovi edifici tutti gli accorgimenti necessari per poter ridurre i consumi energetici. Tale suddivisione permette quindi al sistema di autoregolarsi andando ad intervenire solo in quelle zone dove è richiesto e per il tempo necessario a raggiungere la temperatura. Questo permetterà anche ai futuri fruitori di poter riscaldare i diversi locali, a seconda dell'occasione e quindi in funzione delle esigenze, senza dover necessariamente riscaldare l'intero complesso. Nella centrale termica sarà quindi installata la centralina bioclimatica necessaria al controllo della temperatura di ogni zona in funzione anche della temperatura esterna.

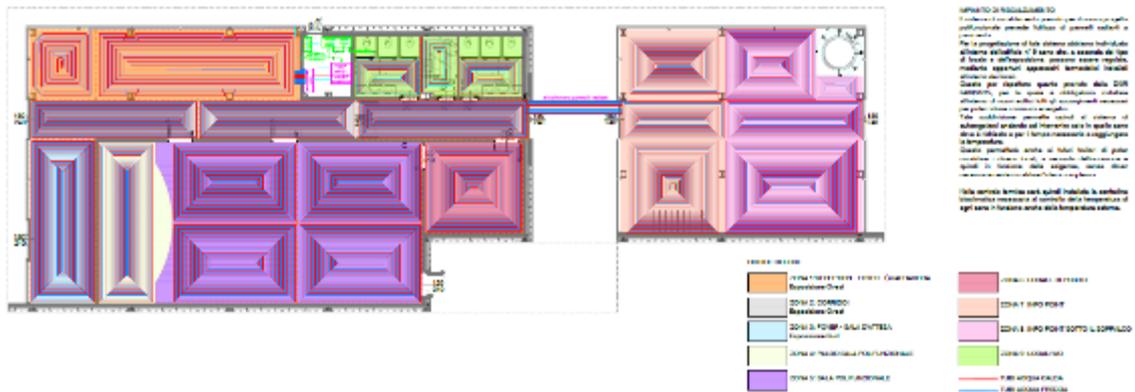


Fig. 137 - Estratto Tav. 99 - Impianto riscaldamento

6.6 La prevenzione incendi

6.6.1 Regola Tecnica

Per quanto riguarda la progettazione antincendio, abbiamo fatto riferimento alla Regola Tecnica specifica, contenuta nel D.M. 19.08.1996

Con questa Regola tecnica l'obiettivo primario è quello di proteggere il pubblico presente nei locali/ambienti destinati al pubblico spettacolo o all'intrattenimento. Con il successivo D.P.R. n°311 del 28.05.2011, vi è stata una semplificazione dei procedimenti relativi ad autorizzazioni, e si rende noto l'obbligo per il titolare di un Locale di Pubblico spettacolo (LPS), di munirsi di apposita licenza di agibilità per esercitare l'attività di spettacolo o intrattenimento. Tale licenza è rilasciata dal Sindaco previa acquisizione di un parere di una Commissione tecnica, che si esprime sugli aspetti relativi a:

- Sicurezza degli impianti;
- Vie d'esodo e sicurezza contro gli incendi;
- Prevenzione degli infortuni;
- Acustica e rumore;
- Idoneità della segnaletica;
- Sicurezza statica;
- Igiene dei locali.

Nel nostro caso, essendo un ambiente con capienza inferiore a 200 persone, l'accertamento pubblico è sostituito da una relazione tecnica redatta da un professionista iscritto all'albo degli ingegneri e/o architetti e/o geometri e/o periti industriali, che attesti la rispondenza del locale o degli impianti alle regole tecniche. Per i locali con capienza intermedia tra 100 e 200 persone è rimasto l'obbligo del rilascio del Certificato di Prevenzione Incendi (CPI), da parte del Comando dei Vigili del Fuoco.

6.6.2. Attività soggette al controllo periodico di prevenzione

Ai sensi del DPR 151/2011 i locali di pubblico spettacolo e di intrattenimento in genere, impianti e centri sportivi, sia a carattere pubblico che privato, con capienza superiore a 100 persone, ovvero di superficie lorda in pianta al chiuso superiore a 200 m², sono classificati nell'Attività 65, in particolare nel nostro caso:

Capienza: fino a 200 persone;

Superficie in pianta al chiuso: 500 m² > 200 m²

Attività VVF di riferimento: ATTIVITA' 65 – Categoria B

N.	ATTIVITÀ	CATEGORIA		
		A	B	C
65	Locali di spettacolo e di trattenimento in genere ⁽²⁾⁽³⁾ , impianti e centri sportivi, palestre, sia a carattere pubblico che privato, con capienza superiore a 100 persone, ovvero di superficie lorda in pianta al chiuso superiore a 200 m². Sono escluse le manifestazioni temporanee, di qualsiasi genere, che si effettuano in locali o luoghi aperti al pubblico.		fino a 200 persone	oltre 200 persone

Tab. 24 - Attività soggette D.P.R. 151/2011

Tra le attività soggette ricordiamo anche l'autorimessa semi interrata, posizionata a quota - 2,50 dal piano terra, in quanto avente capacità di parcheggio superiore a 9 posti auto, ai sensi del D.M. 01.02.1986.

La centrale termica realizzata al piano terra del nuovo centro, invece, non rientra nelle attività soggette in quanto è stata dimensionata con generatore a pompa di calore. Tuttavia, le pareti divisorie prevedono comunque la realizzazione con pareti ignifughe.

6.6.3 Scelta dell'area e accesso

L'area su cui sorge il nuovo centro polifunzionale rispetta le distanze di sicurezza esterne dagli insediamenti circostanti. E' consentito l'intervento dei mezzi di soccorso dei Vigili del Fuoco, in quanto adiacente ad una strada di pubblico transito e su cui non sono imposti vincoli di dimensione e peso. Sono rispettati i seguenti requisiti minimi:

- Larghezza > 3,5 m;
- Altezza libera > 4 m;
- Raggio di svolta: 13 m;
- Pendenza: < 10 %;
- Resistenza al carico: almeno 20 ton (8 sull'asse anteriore e 12 sull'asse posteriore; passo 4m)



Fig. 138 - Passaggio autobotte WF

6.6.4 Ubicazione ai piani interrati

Il nuovo centro polifunzionale si sviluppa interamente al piano terra, ad eccezione del soppalco sopra l'info-point. Al piano interrato, ovvero a circa 2,50 m, dal piano terra, è presente l'autorimessa esistente, già soggetta al controllo di prevenzione incendi.

6.6.5 Carico d'incendio

Per determinare il carico d'incendio specifico di progetto $q_{f,d}$ si è calcolato prima il carico d'incendio q_f , con la seguente formula:

$$q_f = \frac{\sum_{i=1}^n g_i \cdot H_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$$

Con g_i , H_i , m_i e ψ_i calcolati nel seguente modo:

materiale	quantità	unità di misura quantità	potere calorific o	unità di misura p.c.	mi	psi	totale [MJ]
carta	1.000	kg	17	MJ/kg	0,80	1,00	13.600
cartone	1.000	kg	17	MJ/kg	0,80	1,00	13.600
imballaggi di plastica	500	kg	46	MJ/kg	1,00	1,00	23.000
scrivanie/tavoli (cad)	20	cad	480	MJ/cad	1,00	1,00	9.600
armadio con contentuo (cad)	2	cad	3.350	MJ/cad	1,00	1,00	6.700
sedie metalliche imbottite (cad)	200	cad	90	MJ/cad	1,00	1,00	18.000
poltrone	20	kg	335	MJ/m	1,00	1,00	6.700
impianto elettrico (m)	2.000	m	11	MJ/m	1,00	1,00	22.000
lampade (cad)	100	cad	160	MJ/cad	1,00	1,00	16.000
quadro elettrico (cad)	2	cad	300	MJ/cad	1,00	1,00	600
computer (cad)	10	cad	168	MJ/cad	1,00	1,00	1.680
materiale plastico	1.000	kg	40	MJ/kg	1,00	1,00	40.000
							171.480

Tab. 25 - Potere calorifico dei materiali impiegati e relative quantità

Considerando la superficie dell'intero edificio pari a circa 500 m², si ottiene un valore di:

$$qf = 342,96 \text{ MJ/m}^2$$

Che convertito in kg di legna standard /m² è pari a : 17,5 kg di legna standard /m²

Il carico d'incendio specifico di progetto qf,d si è determinato mediante la formula:

$$q_{f,d} = \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \cdot q_f$$

Con riferimento alle tabelle 1,2,3 del D.M. 9/3/2007, si sono utilizzati i seguenti valori:

$\delta_{q1} = 1,00$ poiché A(superficie in pianta lorda del compartimento in m²) è stata considerata minore di 500 m²

$\delta_{q2} = 0,80$ poiché area che presenta un basso rischio di incendio in termini di probabilità di innesco, velocità di propagazione delle fiamme e possibilità di controllo dell'incendio da parte delle squadre di emergenza;

$$\delta_{qn} = \delta_{n6} \times \delta_{n9} = 0,81$$

Dove i valori sono stati ricavati dalla seguente tabella del decreto sopra citato:

δ_{hi} Funzione delle misure di protezione								
Sistemi automatici di estinzione		Sistemi di evacuazione automatica di fumo e calore	Sistemi automatici di rivelazione, segnalazione e allarme di incendio	Squadra aziendale dedicata alla lotta antincendio ¹	Rete idrica antincendio		Percorsi protetti di accesso	Accessibilità ai mezzi di soccorso VVF
ad acqua	altro				interna	interna e esterna		
δ_{h1}	δ_{h2}	δ_{h3}	δ_{h4}	δ_{h5}	δ_{h6}	δ_{h7}	δ_{h8}	δ_{h9}
0,60	0,80	0,90	0,85	0,90	0,90	0,80	0,90	0,90

Tab. 26 - Tabella 3 – D.M. 9/3/2007

Ottenendo un carico d'incendio specifico di progetto pari a:

$$q_{f,d} = 222,24 \text{ MJ/m}^2$$

E per il quale si adotta una classe di reazione al fuoco pari a **20**

Carichi d'incendio specifici di progetto ($Q_{f,d}$)	Classe
Non superiore a 100 MJ/m ²	0
Non superiore a 200 MJ/m ²	15
Non superiore a 300 MJ/m ²	20
Non superiore a 450 MJ/m ²	30
Non superiore a 600 MJ/m ²	45
Non superiore a 900 MJ/m ²	60
Non superiore a 1200 MJ/m ²	90
Non superiore a 1800 MJ/m ²	120
Non superiore a 2400 MJ/m ²	180
Superiore a 2400 MJ/m ²	240

Tab. 27 - Tabella 4 – D.M. 9/3/2007

6.6.6 Resistenza al fuoco

Edificio pluripiano con altezza antincendio < 12 m, pertanto:

Resistenza prevista dalla Regola Tecnica: **R 60**

Indice REI previsto dalla Regola Tecnica: **REI 60**

6.6.7 Reazione al fuoco

Le strutture portanti del nuovo centro polifunzionale sono realizzate in acciaio. Tale materiale rappresenta un certa vulnerabilità quando esposto all'incendio, dovuta alla conducibilità termica, che permette un rapido trasferimento di calore dalle sezioni più esterne a quelle più interne, ma soprattutto, a causa della perdita di alcune importanti caratteristiche meccaniche, con particolare riferimento alla tensione di snervamento, che si riduce in modo importante, già a partire da 400 °C, mentre a circa 600 °C, risulta praticamente dimezzata. Inoltre la leggerezza rispetto ad altri materiali da costruzione agisce a sfavore in caso di incendio perché comporta un incremento di temperatura molto rapido anche nelle prime fasi del cimento termico. Gli studi effettuati sul comportamento dell'intera struttura, effettuati negli ultimi anni, hanno portato a sviluppare delle tecniche di protezione antincendio degli elementi in acciaio, che consistono nell'applicare un protettivo capace di rallentare l'incremento di temperatura sulla struttura in modo che questa non raggiunga quella critica di collasso durante l'intera esposizione all'incendio. Poiché gli elementi in acciaio esposti ad alte temperature non modificano sostanzialmente la loro composizione, non emettono gas o fumi e, generalmente, non subiscono delaminazioni o distacchi, il protettivo possiede solo caratteristiche altamente isolanti in modo da avere una "elasticità" tale da non compromettere l'adesione e la coesione quando l'elemento strutturale, a causa del carico applicato e delle temperature raggiunte, si deformerà.

Nel nostro caso, dovendo garantire una protezione R90, applicheremo sui pilastri uno strato di pittura intumescente, tipo Promapaint, e successivamente, solo per garantire l'aspetto estetico delle strutture, un rivestimento con una lastra in cartongesso, tipo Promatect H. Di seguito alcune immagini illustrative.

Promat

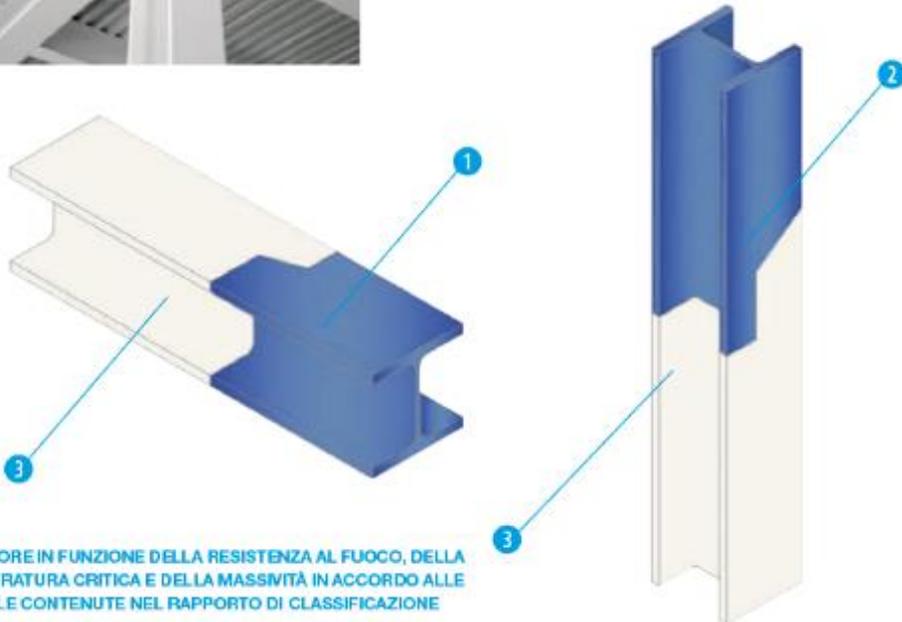
Resistenza al fuoco di elementi in acciaio protetti da pittura intumescente PROMAPAIN[®]

ENV
13381-4

R15/120



- i** Fondi compatibili: Epossipoliamidici al testato di Zinco/Epossivinilici/Alchidici/Alchidici modificati con resine fenoliche
- i** Fondi non compatibili: Zincanti inorganici/acciaio zincato
- i** Primer di adesione: TY-ROX[®] ove necessario



SPESSORE IN FUNZIONE DELLA RESISTENZA AL FUOCO, DELLA TEMPERATURA CRITICA E DELLA MASSIVITÀ IN ACCORDO ALLE TABELLE CONTENUTE NEL RAPPORTO DI CLASSIFICAZIONE

Legenda tecnica

- ① Trave in acciaio
- ② Pilastro in acciaio
- ③ Pittura intumescente PROMAPAIN[®]

Fig. 139 - Esempio di vernice intumescente per rivestimento pilastri in acciaio

Promat

Resistenza al fuoco di solai in lamiera grecata protetti con pittura intumescente PROMAPAIN[®]-SC4

EN 13381-5

REI 30-60

Primer di adesione:
-TY-ROX[®]



Legenda tecnica

- 1 Solaio in lamiera grecata
- 2 Primer di adesione TY-ROX[®]
- 3 Pittura intumescente PROMAPAIN[®]-SC4

Fig. 140 - Esempio di vernice intumescente per rivestimento solaio in acciaio

I materiali che costituiscono l'edificio sono realizzati in classe 0 (nuova classe A1 = non combustibili); è comunque consentito, negli atri, nei passaggi in genere e nelle vie d'esodo, l'impiego di materiali in classe 1 (nuova A2), in ragione del 50% massimo della loro superficie totale (pavimento + pareti + soffitto + proiezioni orizzontali della scale), mentre in tutti gli altri ambienti è consentito che i materiali di rivestimento dei pavimenti siano di classe 2 (nuova A3), e gli altri materiali di rivestimento siano di classe 1. Infine, i materiali suscettibili di prendere fuoco su entrambe le facce (tende e simili) dovranno essere di classe di reazione al fuoco non superiore ad 1. Le poltrone ed i mobili imbottiti devono essere di classe 1 IM, mentre i sedili non imbottiti costituiti da materiali combustibili devono essere di classe non superiore a 2.

Le lastre in cartongesso utilizzate per i rivestimenti sono di classe A2-s1,d0, come certificato dal produttore (Knauf), quindi rispettose dei valori previsti dalla Regola Tecnica.

6.6.8 Distribuzione e sistemazione dei posti nella sala

Distribuzione dei posti a sedere

Il locale in cui sono previsti circa 100 posti a sedere è la sala polifunzionale. Le poltrone saranno di tipo fisso, distribuite in n° 11 file, con 9 posti per ciascuna.

La sala è suddivisa in 3 settori, quello del palco con profondità pari a 3,75 m, e la restante sala suddivisa da passaggi longitudinali e trasversali di larghezza non inferiore a 0,90 m (per locali con capienza non superiore a 150 posti).

Sistemazione dei posti fissi a sedere

La distanza tra gli schienali è pari a 0,90 m > 0,80 m

La larghezza di ciascun posto a sedere è pari a 0,60 m > 0,50 m

Il sedile sarà del tipo a ribaltamento automatico o per gravità.

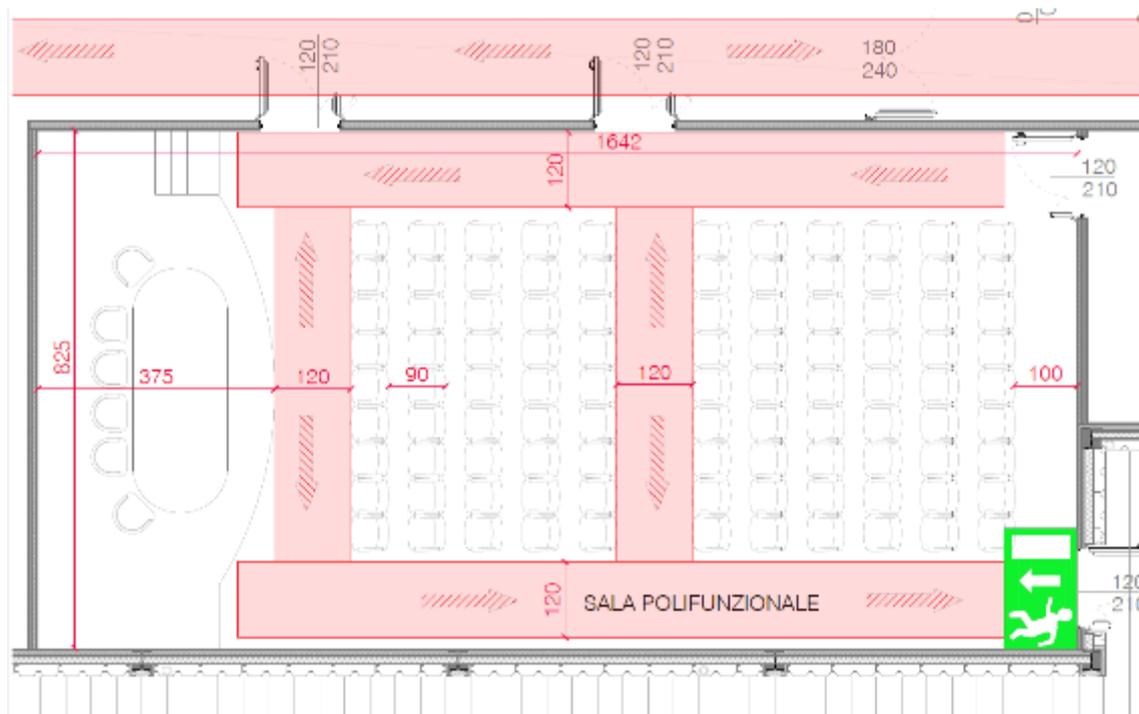


Fig. 141 - Particolare delle dimensioni della sala polifunzionale

6.6.9 Misure per l'esodo del pubblico dalla sala

AFFOLLAMENTO

L'affollamento massimo è stabilito in base al numero dei posti a sedere, pertanto è pari a 105 persone nella sala polifunzionale. Si prevede per l'intero edificio un affollamento massimo pari a **200 persone**.

CAPACITA' DI DEFLUSSO

La capacità di deflusso per i locali al chiuso e con pavimento a quota compresa tra +/- 1 m, rispetto al piano di riferimento, come nel nostro caso, è pari a **50**.

SISTEMA DELLE VIE DI USCITA

Il nuovo centro polifunzionale prevede in totale n° 4 vie di uscita che, con percorsi indipendenti, adducono a luogo sicuro all'esterno.

L'altezza dei percorsi è superiore a 2,00 m e le uscite sono distribuite con criteri di uniformità e simmetria. La pendenza dei corridoi e dei passaggi è non superiore al 12%, e le rampe presenti non hanno pendenze superiori al 8%.

NUMERO DELLE USCITE

Il calcolo delle uscite viene effettuato con il seguente procedimento:

- Massimo Affollamento 200 persone
- Capacità di Deflusso 50
- Moduli di uscita = $200/50 = 4$ moduli x 0,60 m = **2,40 m**

Nel progetto abbiamo inserito n° 4 uscite con le seguenti dimensioni:

- INGRESSO SUD: 3 moduli x 0,60 m = 1,80 m
- INGRESSO NORD: 3 moduli x 0,60 m = 1,80 m
- INGRESSO SALA POLIFUNZIONALE: 2 moduli x 0,60 m = 1,20 m
- INGRESSO SUD INFO-POINT: 3 moduli x 0,60 m = 1,80 m
- INGRESSO NORD INFO-POINT 3 moduli x 0,60 m = 1,80 m
- TOTALE: **14 moduli x 0,60 m = 8,40 m**

Riassumendo: **8,40 m > 2,40** **VERIFICATO**

Le uscite sono ubicate in posizione ragionevolmente contrapposta. Le uscite sono dotate di porte apribili nel verso dell'esodo con un sistema semplice spinta, anche quelle scorrevoli in corrispondenza degli ingressi principali sono dotate di tali sistemi.

LARGHEZZA DELLE VIE DI USCITA

La larghezza di ogni singola via d'uscita è multipla del modulo di uscita (0,60 m) e comunque non inferiore a due moduli (1,20 m), come meglio specificato nel paragrafo precedente.

LUNGHEZZA DELLE VIE DI USCITA

Per i locali al chiuso, la lunghezza massima del percorso di uscita, misurata dall'interno della sala, fino a luogo sicuro, non è superiore a **50 m**. In ogni caso, le lunghezze delle vie d'uscita risultano essere inferiori a 25 metri.



Fig. 142 – Estratto Tav. 100 - Planimetria prevenzione incendi – particolare vie d'esodo

PORTE

Le porte situate sulle vie d'uscita si aprono nel verso dell'esodo a semplice spinta.



Fig. 143 - Porta scorrevole con dispositivo di apertura a battente in caso di emergenza

6.6.10 Mezzi ed impianti di estinzione degli incendi

ESTINTORI

Tutti i locali sono dotati di un adeguato numero di estintori portatili, distribuiti in modo uniforme nell'area da proteggere e, comunque:

- Sono posizionati in prossimità degli accessi;
- In vicinanza di aree di maggior pericolo (centrale termica);

Gli estintori devono essere installati in ragione di uno ogni 200 m² di pavimento, o frazione, con un minimo di due estintori per piano.

Gli estintori dovranno avere capacità estinguente non inferiore a 13A 89B.

IMPIANTI IDRICI ANTINCENDIO

- IDRANTI DN 45

Saranno installati impianti idrici con idranti, costituiti da una rete di tubazioni ad anello, con montanti disposti in posizione protetta, da cui si derivano gli idranti DN 45. Saranno soddisfatte le seguenti prescrizioni:

Al bocchello della lancia dell'idrante posizionato nelle condizioni più sfavorevoli di altimetria e distanza deve essere assicurata una portata non inferiore a 120 l/min ed una pressione residua di almeno 2 bar;

Il numero e la posizione degli idranti sono stati prescelti in modo da consentire il raggiungimento, con il getto, di ogni punto dell'area protetta. Abbiamo previsto n° 3 idranti.

Gli idranti sono stati posizionati in corrispondenza delle uscite di emergenza, quindi in posizioni utili all'accessibilità ed all'operatività in caso d'incendio. Le lunghezze delle manichette avranno lunghezza non superiore a 20 m, come indicato nella UNI EN 671-2.

E' previsto n° 1 attacco doppio di mandata DN 70 per il collegamento con le autopompe dei V.V.F.



Fig. 144 - Estratto Tav.100 - Planimetria prevenzione incendi con attacco motopompa esterno

- IMPIANTO DI SPEGNIMENTO AUTOMATICO A PIOGGIA

Nel nostro caso non si prevede l'installazione di un impianto di spegnimento automatico a pioggia (impianto sprinkler) in quanto, il carico d'incendio calcolato al par. 7.6.5 è pari a 18,56 kg/m² di legna standard, quindi **INFERIORE** a 50 kg/m² di legna standard, valore oltre il quale la regola tecnica stabilisce obbligatoria la presenza di tale impianto.

6.6.11 Impianto di rivelazione e segnalazione automatica degli incendi

Deve essere installato un impianto di rivelazione e segnalazione automatica degli incendi a protezione Negli ambienti con carico d'incendio superiore a 30 kg/m² di legna standard, pertanto nel nostro caso, non è prevista l'installazione di tale impianto.

6.6.12 Segnaletica di sicurezza

Sulle porte delle uscite di sicurezza sarà installata una segnaletica di tipo luminoso, mantenuta sempre accesa durante l'esercizio dell'attività, ed inoltre alimentata in emergenza.

La cartellonistica indicherà:

- Le porte delle uscite di sicurezza;
- I percorsi per il raggiungimento delle uscite di sicurezza;
- L'ubicazione dei mezzi fissi e portatili di estinzione incendi.

EDIFICIO POLIFUNZIONALE IL PROGETTO STRUTTURALE

Nel presente capitolo vengono riportati tutte le verifiche previste dalla normativa per il predimensionamento degli elementi strutturali del nuovo progetto dell'edificio polifunzionale situato in adiacenza alla scuola di musica.

Nell'elaborazione del progetto si è tenuto in considerazione della modifica della destinazione d'uso della zona soprastante l'autorimessa esistente, attualmente adibita a parcheggio e per la quale abbiamo supposto un intervento degli elementi orizzontali mediante l'utilizzo di materiali compositi in FRP.

A fine di contenere i sovraccarichi si è proceduto poi al calcolo di travi e pilastri del nuovo edificio, come previsto dalla normativa vigente (NTC 2008, Circolare Esplicativa, Eurocodici), per il predimensionamento degli stessi, mediante la suddivisione dell'edificio in una maglia strutturale costituita da travi primarie, secondarie e terziarie.

Il solaio di copertura è stato predimensionato mediante l'utilizzo di lamiera grecata autoportante, mentre quello del solaio interpiano tra infopoint e sala espositiva è costituito da una lamiera grecata collaborante con getto in cls.

7. IL PROGETTO STRUTTURALE

7.1 Caratteristiche del sito

Il nuovo edificio polifunzionale appare come un unico volume che si sviluppa, sul fronte sud fino ad un'altezza di circa 7.00 metri, mentre sul fronte nord raggiunge un'altezza pari

a circa 8.00 metri. La copertura risulta quindi inclinata di circa 10° a Nord e a Sud ed il tratto centrale di collegamento tra i due piani inclinati è invece orizzontale con altezza di circa 4 metri.



Fig. 146 - Sezione longitudinale nuovo edificio polifunzionale

Nel volume di sinistra è contenuta una sala polifunzionale con capienza massima di 100 persone, una reception, e la zona dei servizi (WC, centrale termica, locale tecnico), mentre nel volume di sinistra è contenuto l'Info Point al piano terra e, una sala espositiva con vista sulla Grigna, al piano primo, soppalcato. Il rivestimento esterno dell'edificio è di tipo metallico tipo TECU ZINK.

Siccome il nuovo progetto sorge al di sopra di un'autorimessa esistente, costituita da setti in c.a., si è deciso di realizzare il nuovo volume utilizzando strutture portanti in acciaio (travi e pilastri) e utilizzando una tecnologia stratificata a secco (partizioni orizzontali e verticali), in quanto più leggera rispetto a quella tradizionale, che prevede l'impiego di lamiera grecata sia autoportanti (in copertura) che collaboranti (solaio del soppalco dell'info-point – unico solaio interpiano).

Non essendo riusciti a recuperare i sovraccarichi considerati per il parcheggio carrabile esistente, e sapendo che, da normativa (Tabella 31.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici), il carico per rimesse e parcheggi è definito da un valore pari a $q_k = 2,50 \text{ kN/m}^2$, ovviamente diverso alla nuova destinazione d'uso dell'area soprastante l'autorimessa, si dovrà intervenire nel consolidamento degli elementi orizzontali del solaio esistente.

Tali interventi potranno riguardare ad esempio la realizzazione di placcaggi in FRP (Fiber Reinforced Polymers) che permettono il rinforzo degli elementi strutturali soggetti ad un momento flettente di progetto maggiore della corrispondente capacità flessionale. Il rinforzo con materiali compositi può essere eseguito applicando una o più lamine al lembo teso dell'elemento da rinforzare, agendo in parallelo ad esso, limitandosi a collaborare con questo, senza sostituirlo, in modo da pervenire ad un incremento della resistenza delle travi.

Si riportano delle foto illustrative dell'intervento da eseguire sul solaio dell'autorimessa.



Fig. 147 - posizionamento di lamina in FRP – estratta dal “Manuale del rinforzo strutturale” edito da Mapei



Fig. 148 - lisciatura dell'adesivo con spatola piana – foto estratta dal “Manuale del rinforzo strutturale” edito da Mapei

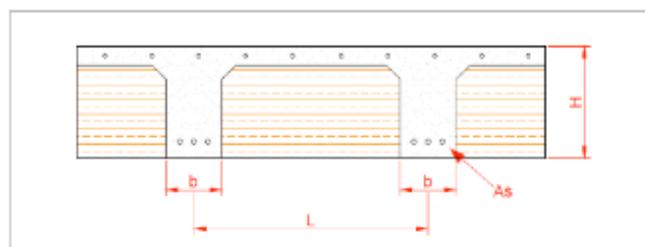


Fig. 149 - applicazione al lembo teso de travetto del rinforzo – foto estratta dal “Manuale del rinforzo strutturale” edito da Mapei

7.2 Normativa di riferimento

Schematizzando, per quanto riguarda le NTC2008, si farà riferimento a:

- § 2.2 per gli stati limite;
- § 2.5.3 per le combinazioni delle azioni;
- § 3.1.2 per i carichi permanenti strutturali;
- § 3.1.3 per i carichi permanenti non strutturali;
- § 3.1.4 per i carichi variabili;
- § 3.4 per le azioni della neve;

7.3 Piante Strutturali

Il parcheggio esistente è costituito da setti in c.a. (indicati in rosso in fig. XXX) sui quali si innestano i nuovi pilastri (impronta indicata in blu in fig. XXX) in acciaio dell'edificio di progetto. La maglia strutturale è dunque la seguente:

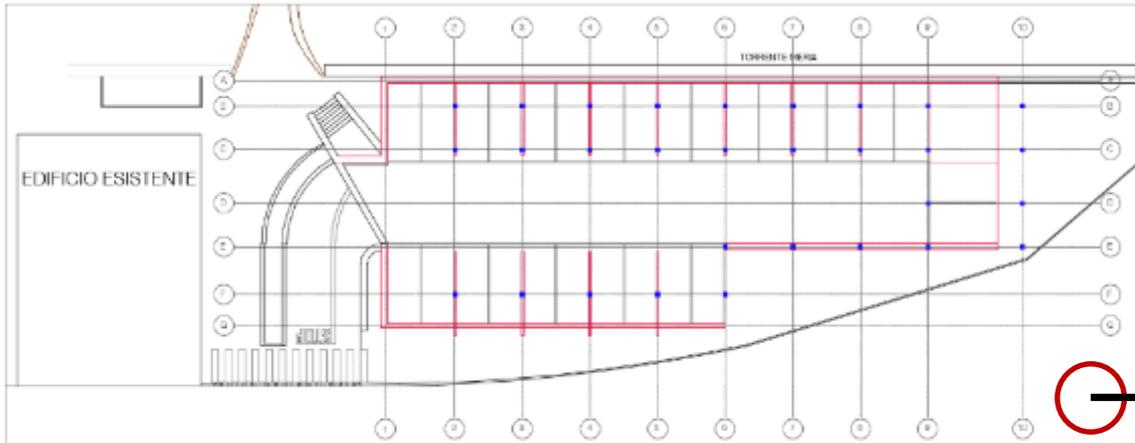


Fig. 150 - Pianta Piano -1 – Autorimessa esistente

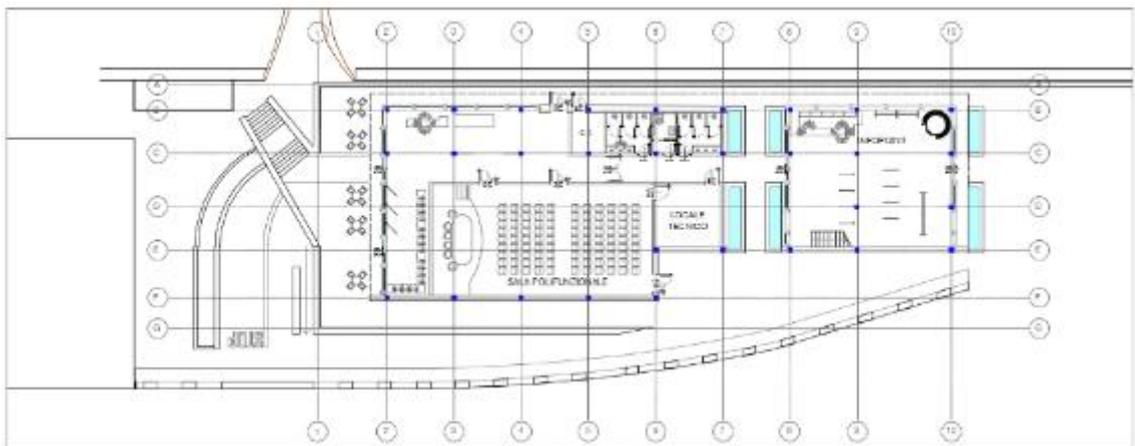


Fig. 151 - Pianta Piano -0 – (+1.92 m)

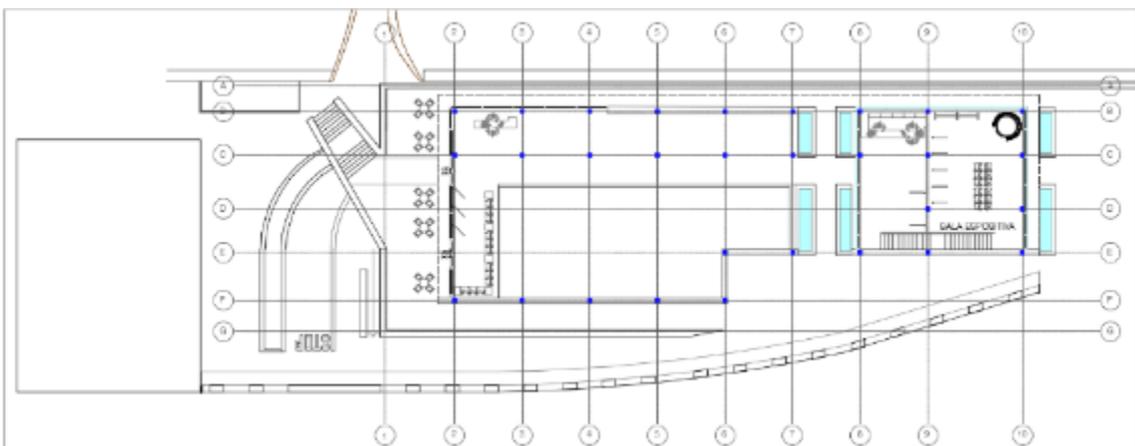


Fig. 152 - Pianta Piano -1- (+5.92)

7.4. Predimensionamento della copertura

L'analisi dei carichi è stata condotta sulla base delle stratigrafie studiate per il nostro edificio. Come già anticipato si tratta di una tecnologia stratificata a secco e gli elementi da considerare sono stati il pacchetto della copertura e il pacchetto del solaio interpiano tra l'info-point e la sala espositiva.

Tale analisi dei carichi può essere schematizzata come di seguito indicato.

7.4.1. Analisi dei carichi

7.4.1.1 Carichi permanenti portati

La copertura è costituita da una stratigrafia posizionata sopra la struttura portante in acciaio dal controsoffitto sottostante. Si riportano di seguito le tabelle dei pesi degli elementi costruttivi.

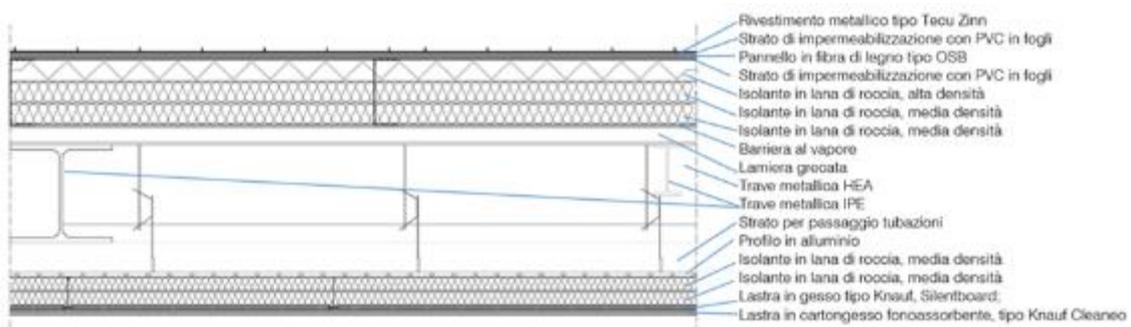


Fig. 153 - Stratigrafia pacchetto copertura

CI_COBERTURA (copertura inclinata sala polifunzionale e infopoint)	kg/m ²	Sp. [m]	kN/m ²
Rivestimento metallico tipo Tecu Zinn ($\rho = 8,93 \text{ g/cm}^3 = 8930 \text{ kg/m}^3$)	8,93	0,001	0,089
Pannello fotovoltaico	15,00		0,150
Strato di impermeabilizzazione con PVC in fogli	4,00	0,002	0,040
Pannello in fibra di legno tipo OSB	19,50	0,020	0,195
Strato di impermeabilizzazione con PVC in fogli	4,00	0,002	0,040
Isolante in lana di roccia alta densità ($\rho = 90 \text{ kg/m}^3$), tipo Rockwool Frontrock Max E	5,40	0,060	0,054
Isolante in lana di roccia a media densità ($\rho = 70 \text{ kg/m}^3$), tipo Rockwool Acoustic	4,20	0,060	0,042
Isolante in lana di roccia a media densità ($\rho = 70 \text{ kg/m}^3$), tipo Rockwool Acoustic	4,20	0,060	0,042
Barriera al vapore	2,00	0,001	0,020
	67	TOTALE	0,67

Tab. 28 - Stratigrafia pacchetto copertura

S2_CONTROSOFFITTO SALA POLIFUNZIONALE (Controsoffitto sala polifunzionale, corridoio e guardaroba)	kg/m ²	Sp. [m]	kN/m ²
Pendino in acciaio, \varnothing 4 mm, interasse max 1000 mm	9,00	0,100	0,09
Gancio acustico a molla, tipo Knauf silent C PLUS		0,027	
Profilo portante a C longitudinale in alluminio			
Profilo trasversale in alluminio			
Isolante in lana di roccia a media densità ($\rho = 70 \text{ kg/m}^3$), tipo Rockwool Acoustic	2,80	0,040	0,028
Isolante in lana di roccia a media densità ($\rho = 70 \text{ kg/m}^3$), tipo Rockwool Acoustic	2,80	0,040	0,028
Lastra in gesso rivestito, tipo Knauf Silentboard	17,50	0,0125	0,175
Lastra in cartongesso fonoassorbente, tipo Knauf Cleaneo, con fori asimmetrici	8,50	0,0125	0,085
		TOTALE	0,41

Tab. 29 - Stratigrafia pacchetto controsoffitto copertura

Si desume quindi che i carichi permanenti non strutturali della copertura sono pari a:

$$\mathbf{G_2 = (0,67 + 0,41) \text{ kN/m}^2 = \mathbf{1,08 \text{ kN/m}^2}}$$

7.4.1.2 Carichi Variabili

Per quanto riguarda i carichi variabili assumiamo come valore quello indicato nella tabella 3.1.11 delle NTC 2008, Categoria H - per una copertura accessibile per la sola manutenzione pari a:

$$q_{k1} = 0,50 \text{ kN/m}^2$$

7.4.1.3 Carichi Variabili - Neve

Sulla copertura abbiamo poi calcolato anche l'Azione dovuta alla NEVE, come di seguito indicato:

Trovandoci a Mandello del Lario (LC) con altitudine pari a 214 m s.l.m., risulta che il carico provocato dalla neve sulla copertura è il seguente:

$$q_s = \mu_i * q_{sk} * C_E * C_t$$

$$\mu_i = 0,8$$

Coefficiente di forma della copertura: Copertura ad una falda – [§ 3.4.5.2] se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre ostruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8, indipendentemente dall'angolo α .

$$q_{sk} = 1,39 * [1 + (a_s/728)^2] = 1,51 \text{ kN/m}^2$$

Valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo per un periodo di ritorno di 50 anni, [§ 3.4.2] con a_s = altitudine di riferimento sul livello del mare nel sito di realizzazione dell'edificio = 214 m.s.l.m. Zona I – Alpina

$$C_E = 1$$

Coefficiente di esposizione: in riferimento al [§ 3.4.3] si considera una topografia di tipo normale.

$$C_t = \text{coefficiente termico} = 1$$

Pertanto sarà:

$$q_s = 0,8 * 1,51 \text{ kN/m}^2 * 1 * 1 = 1,208 \text{ kN/m}^2$$

7.4.2 Schema strutturale della copertura

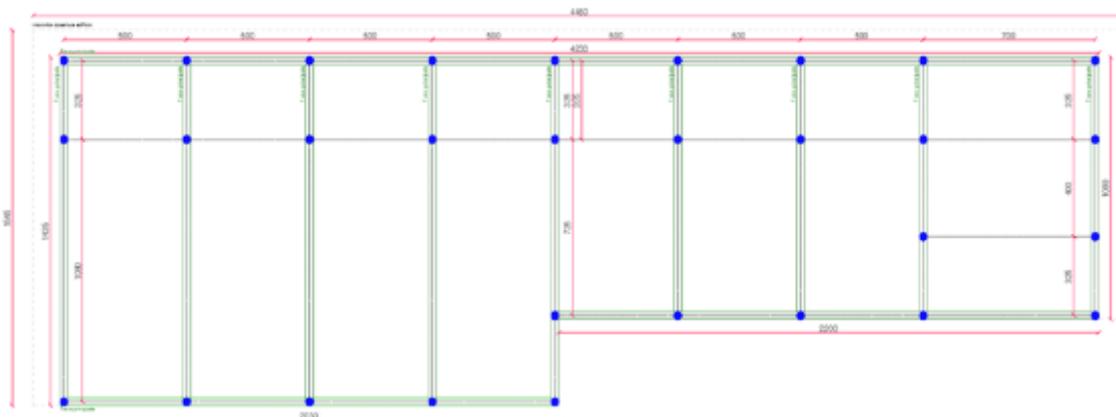


Fig. 154 - Pianta strutturale della copertura

Nel progetto i pilastri da realizzare in acciaio sono stati studiati in modo da essere collegati ai sottostanti setti in cemento armato esistenti, e al fine di mantenere l'autorimessa con tutti i posti auto attualmente contenuti, abbiamo ottenuto tra i pilastri delle luci piuttosto elevate, e per tale motivo abbiamo ripartito i carichi mediante la suddivisione della pianta in travi principali (tra cui quelle di bordo) e travi secondarie.

Abbiamo inoltre predimensionato il solaio e le travi considerando gli elementi con luce maggiore, in modo da essere a favore di sicurezza anche per gli elementi che presentano luci inferiori.

Il procedimento si è quindi sviluppato con la seguente metodologia:

- Suddivisione dell'impalcato in travi principali e secondarie;
- Predimensionamento del solaio;
- Predimensionamento delle travi secondarie che chiameremo in via preliminare tipo (1);
- Predimensionamento delle travi secondarie che chiameremo in via preliminare tipo (2);
- Predimensionamento delle travi principali.

Tale predimensionamento è stato eseguito agli Stati Limite di Esercizio (SLE), considerando la Combinazione di carico "RARA", in quanto la più restrittiva e quindi a favore di sicurezza.

La pianta strutturale che è quindi stata presa in considerazione è la seguente:

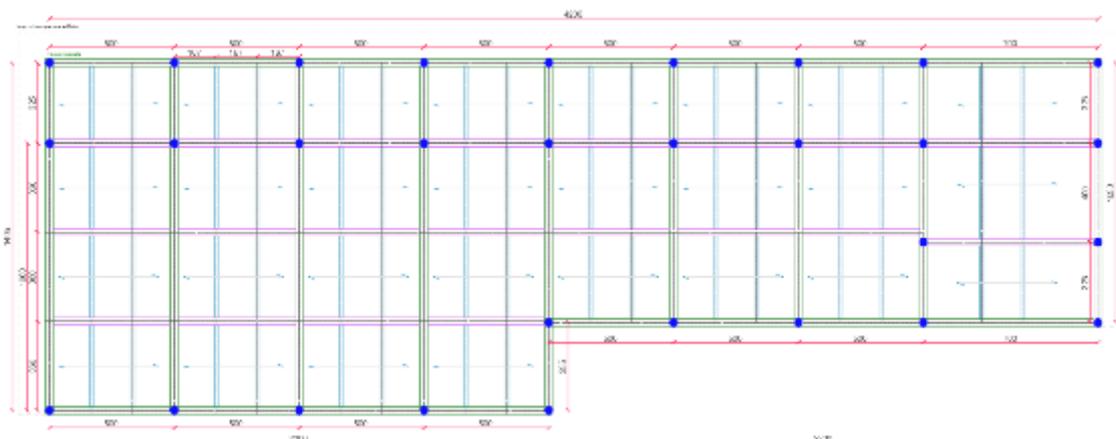


Fig. 155 - Pianta strutturale copertura con suddivisione solaio, travi primarie e secondarie

7.4.3 Predimensionamento del solaio autoportante di copertura

7.4.3.1 Schema strutturale

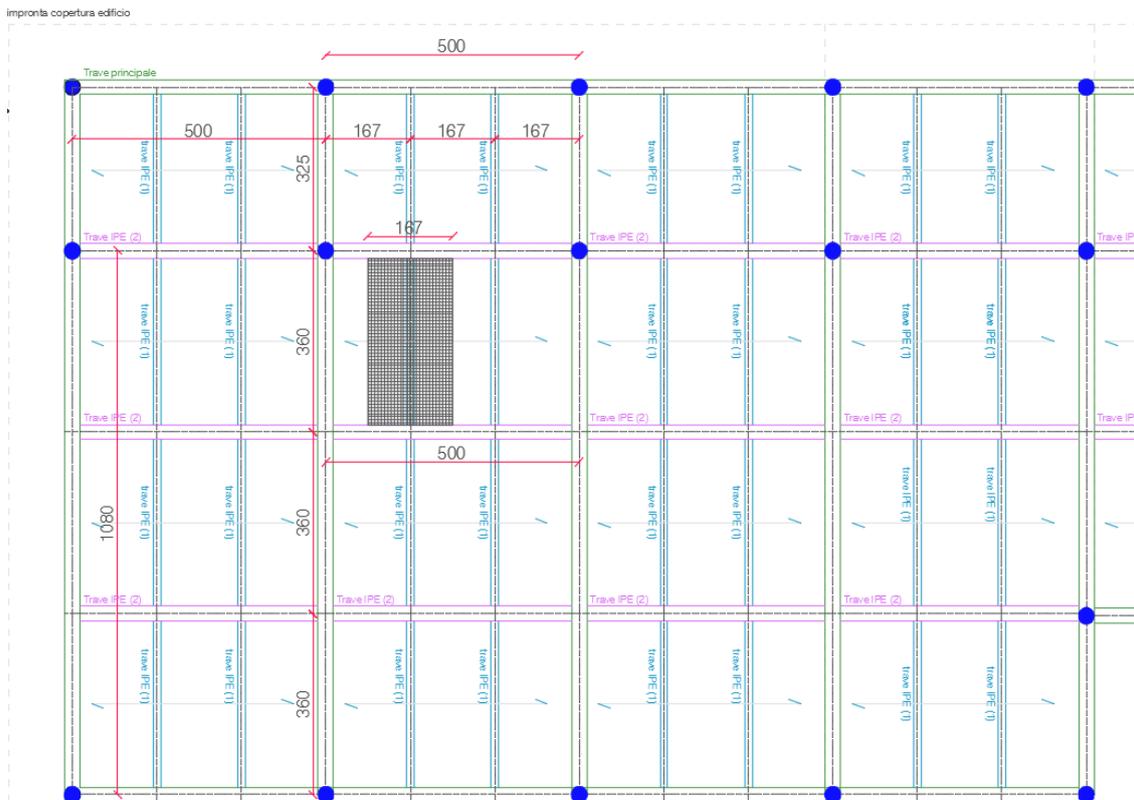


Fig. 156 - Schema per dimensionamento solaio

7.4.3.2 Analisi dei carichi

G1 = Lamiera grecata oggetto di dimensionamento	vedi p. succ.
G2 = carichi permanenti portati (vedi pag. xx)	1,08 kN/m ²
Q_{k1} = coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione	0,50 kN/m ²
Q_{k2} = carico dovuto alla neve	1,20 kN/m ²

7.4.3.3 Combinazione di carico – SLE RARA

$$C = G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2}$$

Q_{k1} = nel nostro caso il carico variabile dominante è quello dovuto alla neve, pertanto Q_{k1} è pari a 1,20 kN/m² poiché maggiore di quello dovuto alla manutenzione delle coperture e quindi il valore Q_{k2} sarà moltiplicato per il coefficiente ψ_{02} che dalla tabella 2.5.I delle NTC 2008, assume un valore pari a 0, quindi $Q_{k2} = 0$.

7.4.3.4 Predimensionamento solaio

Per predimensionare il solaio abbiamo ipotizzato inizialmente di utilizzare la lamiera grecata autoportante della Metecno – Tipo A55/P600 con le seguenti caratteristiche tecniche:

7.4.4. Predimensionamento travi secondarie tipo T-01

7.4.4.1 Schema strutturale



Fig. 159 - Schema per dimensionamento trave

8.4.4.2 Analisi dei carichi

$G_1 = 0,0785 \text{ kN/m}^2 = 0,08 \text{ kN/m}^2$ – per ora si intende escluso il peso proprio della trave che stiamo predimensionando.

$$G_2 = 1,08 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{K1} = 1,20 \text{ kN/m}^2$$

7.4.4.3 Combinazione di carico – SLE RARA

$$C = G_1 + G_2 + Q_{K1} = 2,36 \text{ kN/m}^2$$

7.4.4.4 Schema statico di carico – trave T1.01

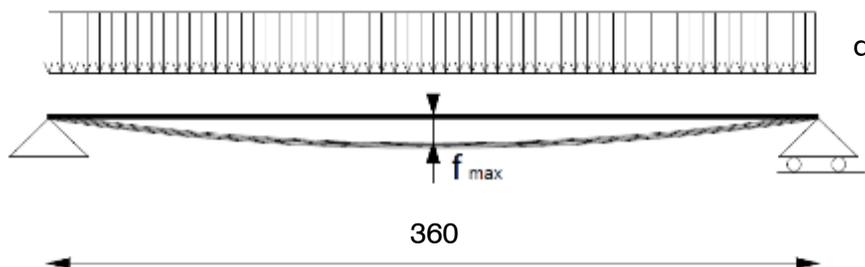


Fig. 160 - Schema di carico della trave terziaria

$$q = 2,36 \text{ kN/m}^2 * 1,67 \text{ m} = 4 \text{ kN/m}$$

7.4.4.5 Predimensionamento T1.01

Per poter scegliere il profilo della trave dobbiamo definire la freccia massima per questa combinazione di carico.

La tabella 4.2.X delle NTC 2008 ci permette di definire il limite di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie, come di seguito riportato:

Limiti massimi di deformazione delle strutture inflesse di luce L		
elemento strutturale	Per i carichi totali	Per i carichi variabili
	$\bar{\delta}$	$\bar{\delta}$
Copertura in generale	L/200	L/250
Coperture praticabili	L/250	L/300
Travi e solai in generale	L/250	L/300
Solai che reggono tramezze o pavimentazioni e materiali di finitura fragili	L/250	L/350
Travi che reggono pilastri	L/400	L/500

Tab. 30 - Tabella 4.2.X – NTC 2008 – Limiti di deformabilità elementi di impalcato

Pertanto nel nostro caso sarà: $f_{\max} = \frac{360 \text{ cm}}{250} = 1,44 \text{ cm}$

Ora determino il momento di inerzia minimo J_{\min} della sezione di trave a partire dalla freccia massima, in modo da poter scegliere il profilo adatto che abbia con un $J > J_{\min}$.

E pertanto avrò:

$$J_{\min} = \frac{5}{384} \times \frac{C L^4}{E f_{\max}} = \frac{5}{384} \times \frac{\left(\frac{4}{100}\right)^* 360^4}{21.000 * 1,44} = 290 \text{ cm}^4$$

Dalla tabella commerciale delle IPE scegliamo un profilo che abbia un $J > J_{\min}$, ovvero:

h mm	b mm	a mm	e mm	r mm	Peso kg/m	Sezione cm ²	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
							Jx cm ⁴	Jy cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³	ix cm	iy cm
80	46	3,8	5,2	5	6,0	7,64	80,14	8,49	20,03	3,69	3,24	1,05
100	55	4,1	5,7	7	8,1	10,32	171,0	15,92	34,20	5,79	4,07	1,24
120	64	4,4	6,3	7	10,4	13,21	317,8	27,67	52,96	8,65	4,90	1,45
140	73	4,7	6,9	7	12,9	16,43	541,2	44,92	77,32	12,31	5,74	1,65
160	82	5,0	7,4	9	15,8	20,09	869,3	68,31	108,7	16,66	6,58	1,84
180	91	5,3	8,0	9	18,8	23,95	1.317	100,9	146,3	22,16	7,42	2,05
200	100	5,6	8,5	12	22,4	28,48	1.943	142,4	194,3	28,47	8,26	2,24
220	110	5,9	9,2	12	26,2	33,37	2.772	204,9	252,0	37,25	9,11	2,48
240	120	6,2	9,8	15	30,7	39,12	3.892	283,6	324,3	47,27	9,97	2,69
270	135	6,6	10,2	15	36,1	45,95	5.790	419,9	428,9	62,20	11,23	3,02

Tab. 31 - Tabella caratteristiche profili in acciaio tipo IPE –Oppo S.r.l.

Scegliamo quindi una IPE 120 con peso pari a 0,11 kN/m.

7.4.4.6 Schema statico con peso proprio trave T1.01

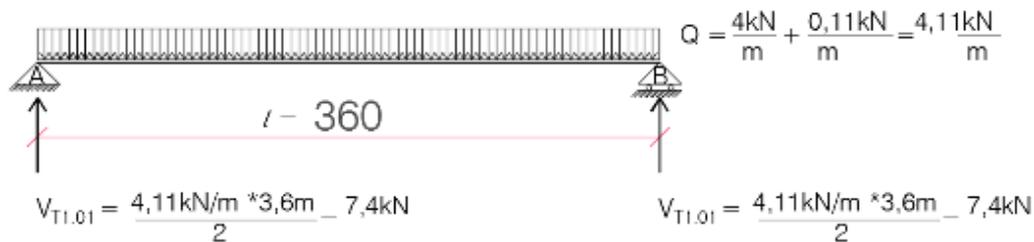


Fig. 161 - Schema di carico della trave terziaria e individuazione reazioni vincolari

7.4.4.7 Predimensionamento con peso proprio trave T1.01

Ricalcolo J con il valore del carico distribuito totale (compreso peso proprio profilo IPE 160) e se $J < J_{IPE160}$ allora la verifica della deformabilità è verificata.

Quindi avremo:

$$J = \frac{5}{384} \times \frac{C L^4}{E f_{\max}} = \frac{5}{384} \times \frac{\left(\frac{4,11}{100}\right) * 360^4}{21.000 * 1,44} = 297 \text{ cm}^4$$

$$297 \text{ cm}^4 < 318 \text{ cm}^4 - \text{OK.}$$

La freccia massima sarà quindi pari a:

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{C L^4}{E J} = \frac{5}{384} \times \frac{\left(\frac{4,11}{100}\right) * 360^4}{21.000 * 318} = 1,35 \text{ cm} < 1,44 \text{ cm}$$

LA VERIFICA E' SODDISFATTA

La trave terziaria tipo T1.01 sarà quindi una **IPE 120**.

7.4.5. Predimensionamento travi secondarie tipo T-02

7.4.5.1 Schema Strutturale

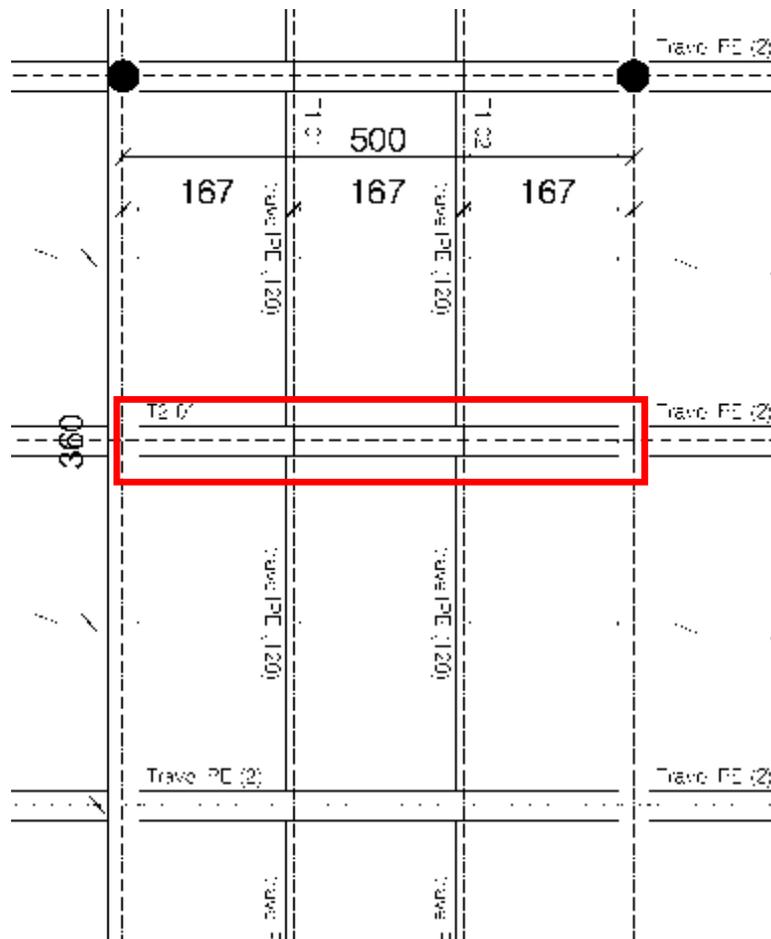


Fig. 162 - Schema per dimensionamento trave secondaria

7.4.5.2 Analisi dei carichi

In questo caso i carichi agenti sulla trave di tipo T2-01 sono quelli derivanti dal solaio tramite le reazioni vincolari delle travi IPE 120 precedentemente calcolate. In particolare lo schema statico vede agire sulla trave T2.01, quattro carichi concentrati (4 IPE120) trasmessi dalle travi di tipo 1. Per tale motivo considereremo come carico agente le reazioni vincolari $V_{T1.01}$ (precedentemente calcolate) come indicato nello schema statico di seguito indicato.

7.4.5.3 Schema Statico di carico – TRAVE T2.01

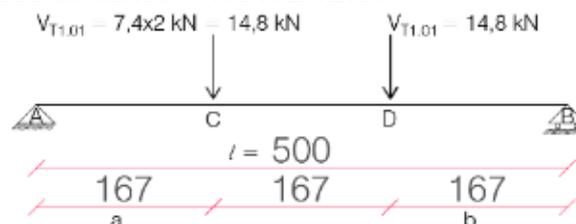


Fig. 163 - Schema di carico della trave secondaria

7.4.5.4 Predimensionamento – TRAVE T2.01

La freccia per un elemento con carico concentrato è la seguente:

$$f_{\max} = \frac{500}{250} = 2 \text{ cm}$$

Il momento di inerzia minimo J_{\min} della sezione di trave a partire dalla freccia massima è il seguente:

$$J_{\min} = \frac{15\text{kN} \cdot 167\text{cm}}{24 \cdot 21.000 \text{ kN/cm}^2 \cdot 2 \text{ cm}} \times (3 \cdot 500^2 \text{ cm}^2 - 4 \cdot 167^2 \text{ cm}^2) = 1.587 \text{ cm}^4$$

Dalla tabella commerciale delle IPE scegliamo un profilo che abbia un $J > J_{\min}$, ovvero:

h mm	b mm	a mm	e mm	r mm	Peso kg/m	Sezione cm ²	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
							Jx cm ⁴	Jy cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³	ix cm	iy cm
80	46	3,8	5,2	5	6,0	7,64	80,14	8,49	20,03	3,69	3,24	1,05
100	55	4,1	5,7	7	8,1	10,32	171,0	15,92	34,20	5,79	4,07	1,24
120	64	4,4	6,3	7	10,4	13,21	317,8	27,67	52,96	8,65	4,90	1,45
140	73	4,7	6,9	7	12,9	16,43	541,2	44,92	77,32	12,31	5,74	1,65
160	82	5,0	7,4	9	15,8	20,09	869,3	68,31	108,7	16,66	6,58	1,84
180	91	5,3	8,0	9	18,8	23,95	1.317	100,9	146,3	22,16	7,42	2,05
200	100	5,6	8,5	12	22,4	28,48	1.943	142,4	194,3	28,47	8,26	2,24
220	110	5,9	9,2	12	26,2	33,37	2.772	204,9	252,0	37,25	9,11	2,48
240	120	6,2	9,8	15	30,7	39,12	3.892	283,6	324,3	47,27	9,97	2,69
270	135	6,6	10,2	15	36,1	45,95	5.790	419,9	428,9	62,20	11,23	3,02

Tab. 32 - Tabella caratteristiche profili in acciaio tipo IPE –Oppo S.r.l.

Scegliamo quindi una IPE 200 con peso pari a 0,23 kN/m.

7.4.5.5 Schema Statico con peso proprio TRAVE T2.01

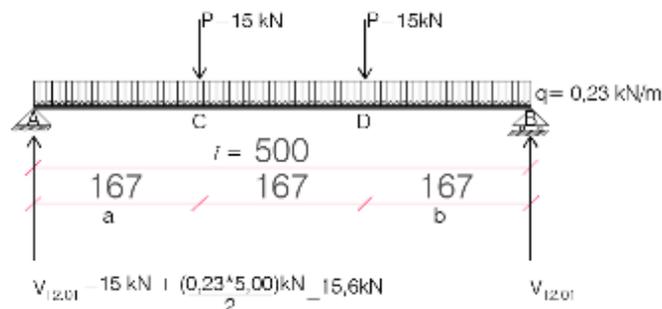


Fig. 164 - Schema di carico della trave secondaria e individuazione reazioni vincolari

7.4.5.6 Predimensionamento con peso proprio Trave T2.01

Ricalcolo J con il valore del carico concentrato pari a 15 kN, (reazioni vincolari) e con il valore del distribuito riferito al peso proprio del profilo IPE 200.

Se $J < J_{IPE200}$ allora la verifica della deformabilità sarà verificata.

Quindi avremo:

$$J = 1.587 \text{ cm}^4 + \frac{5}{384} \times \frac{(0,23)}{100} \times \frac{500^4}{21.000 \cdot 2,00} = 1.631 \text{ cm}^4$$

1.631 cm⁴ < 1.943 cm⁴ – OK

La freccia massima sarà quindi pari a:

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{P \cdot a}{24EJ} \times (3L^2 - 4a^2) + \frac{5}{384} \times \frac{CL^4}{EJ} = \\
 &= \frac{15 \cdot 167}{24 \cdot 21.000 \cdot 1.943} \times (3 \cdot 500^2 - 4 \cdot 167^2) + \frac{5}{384} \times \frac{(0,23)^4 \cdot 500^4}{21.000 \cdot 1.943} \\
 &= 1,63 \text{ cm} + 0,046 \text{ cm} = \boxed{1,68 \text{ cm} < 2,00 \text{ cm}}
 \end{aligned}$$

LA VERIFICA E' SODDISFATTA

La trave secondaria tipo T2.01 sarà quindi una **IPE 200**.

7.4.6. Predimensionamento Travi Primarie

7.4.6.1 Schema Strutturale

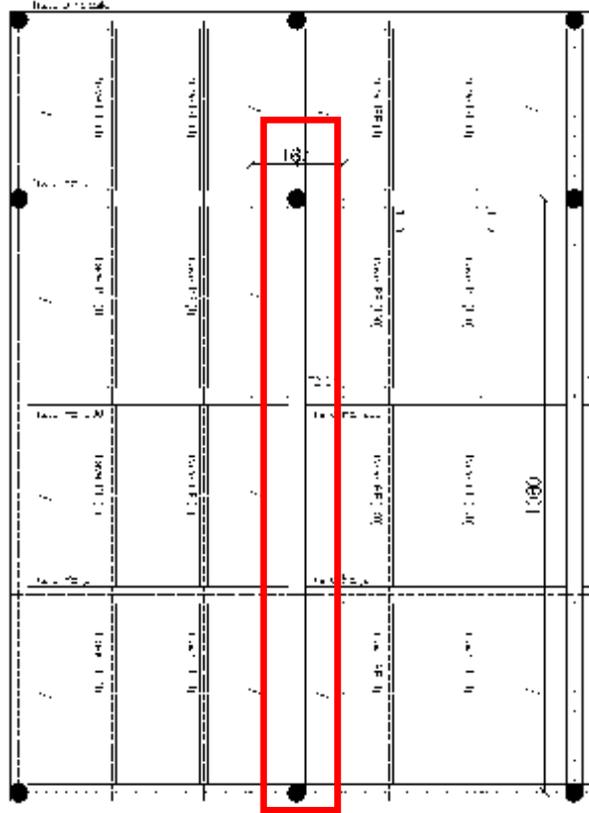


Fig. 165 - Schema per dimensionamento trave primaria

7.4.6.2 Analisi dei Carichi

In questo caso i carichi agenti sulla trave principale sono quelli derivanti dal carico distribuito di parte del solaio e dalle travi IPE 200 precedentemente calcolate (4 IPE 200). Per tale motivo considereremo come carico agente le reazioni vincolari $V_{T2,01}$ precedentemente calcolate, e il carico distribuito del solaio, come calcolato al paragrafo 2.1.4.

7.4.6.3 Schema Statico di Carico – Trave T0.01

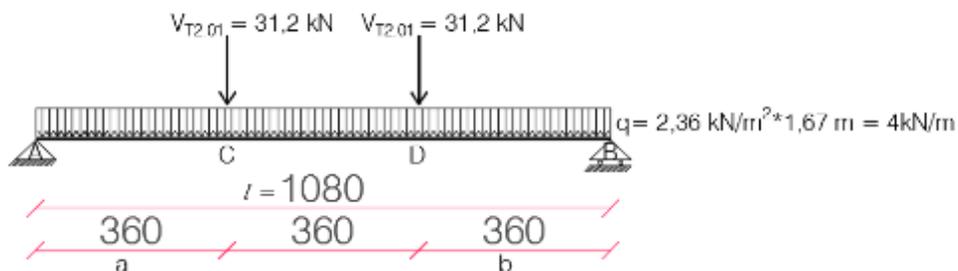


Fig. 166 - Schema di carico della trave primaria

7.4.6.4 Predimensionamento – Trave T0.01

La freccia massima è pari a:

$$f_{\max} = \frac{1080}{250} = 4,32 \text{ cm}$$

La formula per determinare la f è pari a:

$$f = \frac{P \cdot a}{24EJ} \times (3L^2 - 4a^2) + \frac{5}{384} \times \frac{CL^4}{EJ}$$

Quindi per determinare il momento di inerzia minimo J_{\min} della sezione di trave, partendo dalla f_{\max} , dobbiamo utilizzare la formula inversa:

$$J_{\min} = \frac{P \cdot a}{24E f_{\max}} \times (3L^2 - 4a^2) + \frac{5}{384} \times \frac{CL^4}{E f_{\max}} = \frac{31,2 \cdot 360}{24 \cdot 21.000 \cdot 4,32} \times (3 \cdot 1080^2 - 4 \cdot 360^2) + \frac{5}{384} \times \frac{\left(\frac{400}{100}\right) \cdot 1080^4}{21.000 \cdot 4,32} =$$

$$= 15.377 \text{ cm} + 7.810 \text{ cm} = 23.188 \text{ cm}^4$$

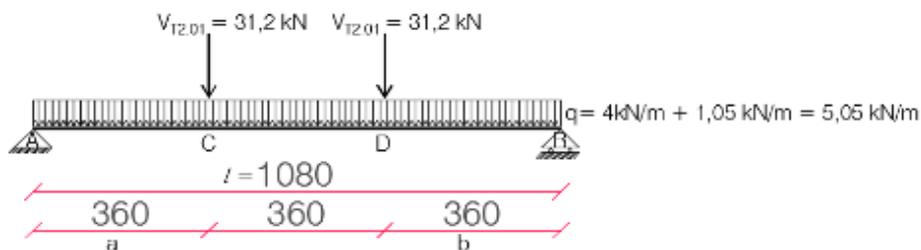
Dalla tabella commerciale delle HEA scegliamo un profilo che abbia un $J > J_{\min}$, ovvero:

sigla HEA	b mm	h mm	a mm	e mm	r mm	Peso kg/m	Sezione cm ²	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
								Jx cm ⁴	Jy cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³	ix cm	iy cm
100	100	96	5,0	8,0	12	16,7	21,24	349,2	133,8	72,76	26,76	4,06	2,51
120	120	114	5,0	8,0	12	19,9	25,34	606,2	230,9	106,3	38,48	4,89	3,02
140	140	133	5,5	8,5	12	24,7	31,42	1.033	389,3	155,4	55,62	5,73	3,52
160	160	152	6,0	9,0	15	30,4	38,77	1.673	615,6	220,1	76,95	6,57	3,98
180	180	171	6,0	9,5	15	35,5	45,25	2.510	924,6	293,6	102,7	7,45	4,52
200	200	190	6,5	10,0	18	42,3	53,83	3.692	1.326	388,6	133,6	8,28	4,88
220	220	210	7,0	11,0	18	50,5	64,34	5.410	1.955	515,2	177,7	9,17	5,51
240	240	230	7,5	12,0	21	60,3	76,84	7.763	2.769	675,1	230,7	10,05	6,00
260	260	250	7,5	12,5	24	68,2	86,82	10.450	3.668	836,4	282,1	10,97	6,50
280	280	270	8,0	13,0	24	76,4	97,26	13.670	4.763	1.013	340,2	11,86	7,00
300	300	290	8,5	14,0	27	88,3	112,5	18.260	6.310	1.260	420,6	12,74	7,49
320	300	310	9,0	15,5	27	97,6	124,4	22.930	6.985	1.479	465,7	13,58	7,49
340	300	330	9,5	16,5	27	105,0	133,5	27.690	7.436	1.678	495,7	14,40	7,46
360	300	350	10,0	17,5	27	112,0	142,8	33.090	7.887	1.891	525,8	15,22	7,43

Tab. 33 - Tabella caratteristiche profili in acciaio tipo HEA –Oppo S.r.l.

Scegliamo quindi una HEA 340 con peso pari a 1,05 kN/m.

7.4.6.5 Schema Statico con peso proprio Trave T0.01



Tab. 34 - Schema di carico della trave primaria con individuazione delle reazioni vincolari

7.4.6.6 Predimensionamento con peso proprio Trave T0.01

Ricalcolo J con il valore del carico concentrato pari a 31,2 kN, (reazioni vincolari) e con il valore del carico distribuito riferito al peso proprio del profilo HEA 340.

Quindi avremo:

$$J_{\min} = \frac{P \cdot a}{24E f_{\max}} \times (3L^2 - 4a^2) + \frac{5}{384} \times \frac{CL^4}{E f_{\max}} = \frac{31,2 \cdot 360}{24 \cdot 21.000 \cdot 4,32} \times (3 \cdot 1080^2 - 4 \cdot 360^2) + \frac{5}{384} \times \frac{\left(\frac{5,05}{100}\right) \cdot 1080^4}{21.000 \cdot 4,32} =$$

$$= 15.377 \text{ cm} + 9.861 \text{ cm} = 25.238 \text{ cm}^4 < 27.690 \text{ (HEA 340) - OK}$$

La freccia massima sarà quindi pari a:

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{P \cdot a}{24EJ} \times (3L^2 - 4a^2) + \frac{5}{384} \times \frac{CL^4}{EJ} = \\
 &= \frac{31,2 \cdot 360}{24 \cdot 21.000 \cdot 27.690} \times (3 \cdot 1080^2 - 4 \cdot 360^2) + \frac{5}{384} \times \frac{(\frac{5,05}{100}) \cdot 10800^4}{21.000 \cdot 27.690} \\
 &= 2,4 \text{ cm} + 1,5 \text{ cm} = \boxed{3,9 \text{ cm} < 4,32 \text{ cm}}
 \end{aligned}$$

LA VERIFICA E' SODDISFATTA

La trave principale sarà quindi una **HEA 340**.

7.5. Solaio interpiano info point

Il solaio interpiano del soppalco tra Info - point e sala espositiva è realizzato con la seguente stratigrafia:

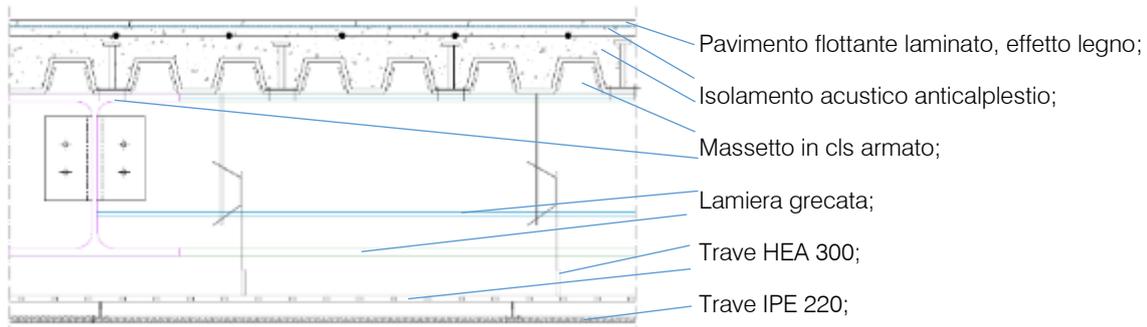


Fig. 167 - Stratigrafia pacchetto copertura

La struttura portante del solaio interpiano è costituita da una lamiera grecata collaborante con il solaio stesso. In via preliminare abbiamo imposto al massetto un'altezza pari a 12 cm (5,5 cm di lamiera e 6,5 cm di cappa in cls e consideriamo una media di riempimento della lamiera grecata di circa 2,75 cm (metà altezza di una lamiera alta 5,5 cm).

S1_SOLAIO INTERPIANO SOPPALCO (Solaio interpiano INFOPOINT)	kg/m ²	Sp. [m]	kN/m ²
Pavimento flottante laminato, effetto legno	11,11	0,010	0,111
Isolamento acustico anticalpestio per pavimenti flottanti, tipo Index FonostopLegno	1,80	0,002	0,018
Massetto in calcestruzzo armato (2.500 kg/m ³ x 0,05 m = 125 kg/m ²)	162,50	0,065	1,625
Cls riempimento greca della lamiera (2.500 kg/m ³ x 0,0275 m = 68,75 kg/m ²)	68,75	0,0275	0,688
Pendino in acciaio, Ø 4 mm, interasse max 1000 mm		0,100	
Gancio acustico a molla, tipo Knauf silent C PLUS			0,09
Profilo portante a C longitudinale in alluminio		0,027	
Profilo trasversale in alluminio			
Lastra in cartongesso fonoassorbente, tipo Knauf Cleaneo, con fori asimmetrici	8,50	0,0125	0,085
		TOTALE	2,62

Tab. 35 - Stratigrafia pacchetto solaio interpiano Infopoint

7.5.1. Analisi Dei Carichi

In questo caso possiamo suddividere i carichi agenti sul solaio interpiano nel seguente modo:

$$G_1 = \begin{matrix} \text{Massetto in cls} \\ \text{Lamiera grecata} \end{matrix} = \begin{matrix} (1,625 + 0,688) \\ = \text{da dimensionare} \end{matrix} = \mathbf{2,3 \text{ kN/m}^2}$$

$$G_2 = \text{Carichi permanenti portati} = (2,62 - 2,3) = \mathbf{0,32 \text{ kN/m}^2}$$

$$Q = \text{carichi variabili} \quad \text{tab. 3.1.II NTC 2008} = \mathbf{5 \text{ kN/m}^2}$$

Categoria C3

7.5.2. Schema Strutturale Solaio Interpiano

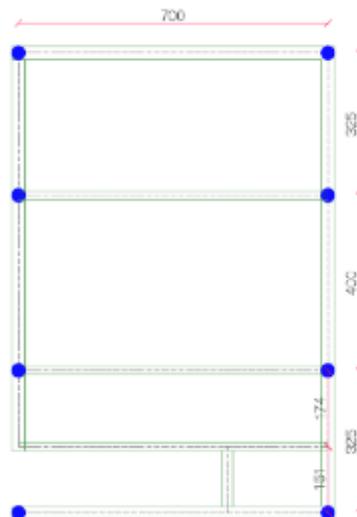


Fig. 168 - Pianta strutturale del solaio interpiano

Come per il predimensionamento della copertura, anche in questo caso, il procedimento si è sviluppato con la seguente metodologia:

- suddivisione della pianta in travi principali e secondarie;
- predimensionamento del solaio;
- predimensionamento delle travi secondarie che chiameremo in via preliminare tipo (1);
- predimensionamento delle travi secondarie che chiameremo in via preliminare tipo (2);
- predimensionamento delle travi principali.

Tali predimensionamento è stato eseguito agli Stati Limite di Esercizio (SLE), considerando la Combinazione di carico "RARA", in quanto la più restrittiva e quindi a favore di sicurezza.

La pianta strutturale che è quindi stata presa in considerazione è la seguente:

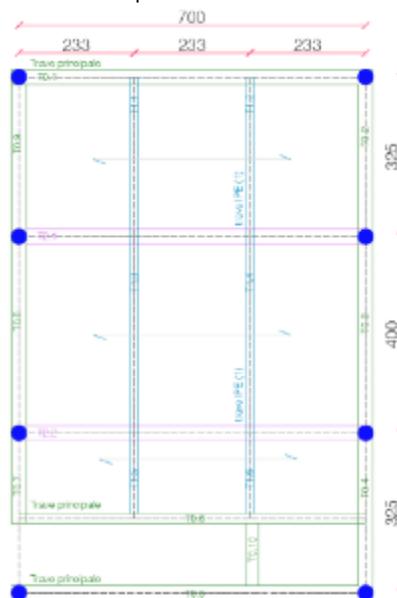


Fig. 169 - Pianta strutturale solaio interpiano con suddivisione solaio, travi primarie e secondarie

7.5.3. Predimensionamento Solaio Collaborante Interpiano

7.5.3.1 Schema Strutturale

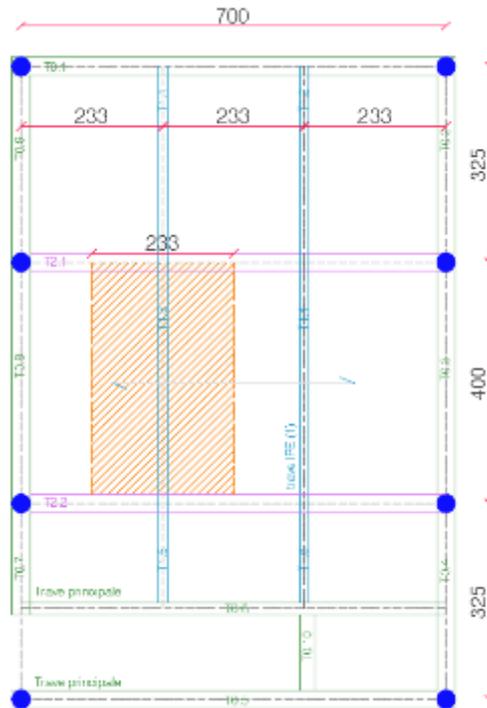


Fig. 170 - Schema per dimensionamento solaio

7.5.3.2 Analisi dei Carichi

G_1	= Lamiera grecata	= 0,11 kN/m ² (*vedi p.to 2.2.3.4)
	Massetto in cls	= 2,3 kN/m ²
G_2	= carichi permanenti portati (vedi pag. xx)	= 0,32 kN/m ²
Q	= carichi variabili (vedi pag. XX)	= 5,00 kN/m ²

7.5.3.3 Combinazione di carico – SLE RARA

$$C = G_1 + G_2 + Q = 7,73 \text{ kN/m}^2$$

7.5.3.4 Predimensionamento Solaio

Per predimensionare il solaio abbiamo ipotizzato inizialmente di utilizzare la lamiera grecata collaborante della Metecno – Tipo A55/P600 con le seguenti caratteristiche tecniche:

TIPO A 55/P 600
HI-BOND
HI-BOND
TYPE A 55/P 600

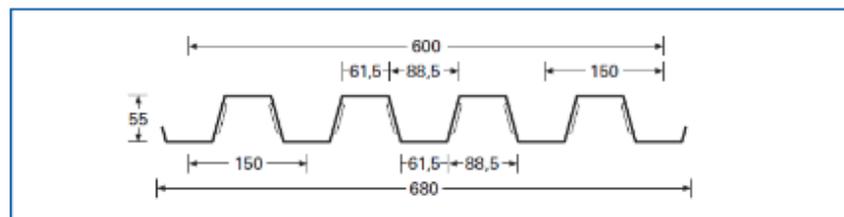


Fig. 171 - Esempio di lamiera grecata collaborante – estratta da manuale Metecno S.p.A.

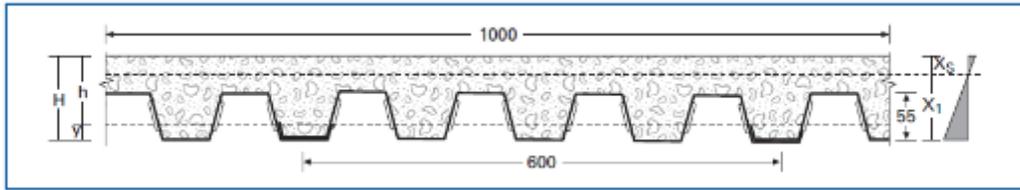


Fig. 172 - Esempio di lamiera grecata collaborante e getto integrativo – estratta da manuale Metecno S.p.A.

Schema di carico del solaio:

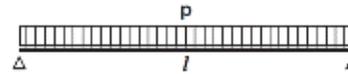


Fig. 173 - Schema di carico del solaio

Distanza tra gli appoggi: 2,33 metri
 Spessore lamiera: 0,8 mm
 Peso lamiera con sp: 0,8 mm: 0,11 kN/m²(*)

(*) questo valore lo inserisco nel valore di G_1 – Lamiera grecata, per determinare il sovraccarico totale della lamiera.

- dalla tabella fornita dal produttore ricavo che con un carico uniformemente distribuito pari a circa **7,73 kN/m²** con una distanza tra gli appoggi di **2,33 m**, la soletta può avere un'altezza di **11 cm** e la lamiera grecata può avere spessore di **0,8 mm**.

H Soletta Slab Dalle Decke mm	Spessore Thickness Epaisseur Stärke mm	Sovraccarico utile uniformemente distribuito KN/m ² - Useful overload evenly distributed KN/m ² Surcharge utile uniformement repartie KN/m ² - Nutzlast gleichmassig verteilt KN/m ²													
		1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	7,00	8,00	10,00	12,00
10	0,70	3,30	3,18	3,07	2,97	2,88	2,79	2,72	2,64	2,58	2,52	2,41	2,31	2,15	1,88
	0,80	3,55	3,42	3,29	3,18	3,08	2,99	2,91	2,83	2,76	2,69	2,56	2,44	2,26	1,88
	1,00	4,01	3,85	3,70	3,57	3,39	3,24	3,12	3,01	2,91	2,83	2,69	2,57	2,26	1,88
	1,20	4,41	4,23	3,94	3,71	3,53	3,37	3,24	3,13	3,03	2,95	2,80	2,68	2,26	1,88
11	0,70	3,20	3,10	3,01	2,93	2,85	2,78	2,72	2,65	2,60	2,54	2,44	2,36	2,21	2,08
	0,80	3,44	3,34	3,24	3,15	3,06	2,98	2,91	2,85	2,78	2,73	2,62	2,52	2,36	2,08
	1,00	3,89	3,76	3,64	3,54	3,44	3,35	3,27	3,19	3,12	3,05	2,93	2,80	2,50	2,08
12	1,20	4,29	4,14	4,01	3,89	3,78	3,67	3,53	3,41	3,30	3,21	3,04	2,91	2,50	2,08
	0,70	3,09	3,02	2,94	2,87	2,81	2,75	2,70	2,64	2,59	2,55	2,46	2,38	2,24	2,13
	0,80	3,33	3,25	3,17	3,09	3,02	2,96	2,89	2,84	2,78	2,73	2,64	2,55	2,40	2,27
13	1,00	3,77	3,66	3,57	3,48	3,40	3,33	3,25	3,19	3,13	3,07	2,96	2,86	2,69	2,27
	1,20	4,15	4,04	3,93	3,83	3,74	3,65	3,57	3,50	3,43	3,36	3,24	3,13	2,72	2,27
	0,70	2,99	2,93	2,87	2,81	2,76	2,71	2,66	2,62	2,58	2,53	2,46	2,39	2,27	2,16
13	0,80	3,22	3,15	3,09	3,03	2,91	2,91	2,86	2,81	2,77	2,72	2,64	2,56	2,43	2,31
	1,00	3,65	3,56	3,49	3,41	3,35	3,28	3,22	3,16	3,11	3,06	2,96	2,88	2,72	2,43
	1,20	4,03	3,93	3,84	3,76	3,68	3,61	3,54	3,48	3,42	3,36	3,25	3,15	2,92	2,43

Fig. 174 - Tabella caratteristiche lamiera grecata collaborante – Estratta da manuale Metecno S.p.A.

Per il solaio interpiano utilizzeremo quindi una lamiera grecata sp. 0,8 mm, e l'altezza della soletta sarà pari ad **11 cm** (5,5 cm la lamiera grecata + **5,5 cm di getto di calcestruzzo per formazione di cappa collaborante**).

7.5.4. Predimensionamento Travi Terziarie T1.

7.5.4.1 Schema Strutturale

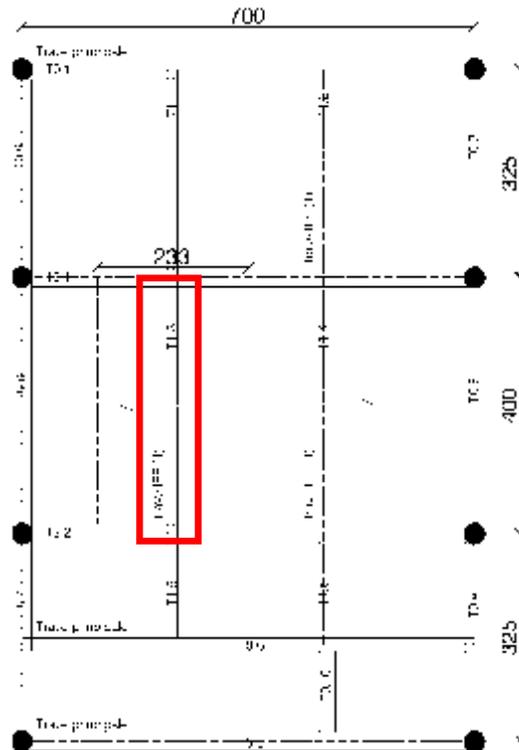


Fig. 175 - Schema per dimensionamento trave terziaria

7.5.4.2 Analisi dei Carichi

G_1 = Lamiera grecata	= 0,11 kN/m ²	= 0,11 kN/m ²
Massetto in cls	= (0,055 m x 25 kN/m ³)	= 1,38 kN/m ²
	= (0,0275 m x 25 kN/m ³)	= 0,69 kN/m ²
		2,18 kN/m²
G_2 = carichi permanenti portati (vedi pag. xx)		= 0,32 kN/m ²
Q = carichi variabili (vedi pag. XX)		= 5,00 kN/m ²

7.5.4.3 Combinazione di carico – SLE RARA

$$C = G_1 + G_2 + Q_{K1} = 7,5 \text{ kN/m}^2$$

7.5.4.4 Schema Statico di carico – TRAVE T1.3

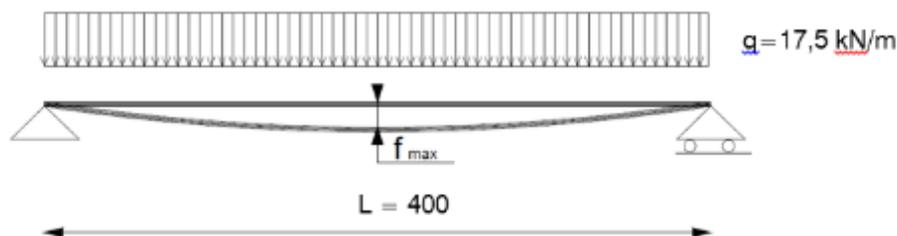


Fig. 176 - Schema di carico della trave terziaria del soppalco

$$q = 7,5 \text{ kN/m}^2 * 2,33 \text{ m} = 17,5 \text{ kN/m}$$

7.5.4.5 Predimensionamento T1.3

Per poter scegliere il profilo della trave dobbiamo definire la freccia massima per questa combinazione di carico.

La tabella 4.2.X delle NTC 2008 ci permette di definire il limite di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie, come di seguito riportato:

Limiti massimi di deformazione delle strutture inflesse di luce L		
elemento strutturale	Per i carichi totali	Per i carichi variabili
	$\bar{\delta}$	$\bar{\delta}$
Copertura in generale	L/200	L/250
Coperture praticabili	L/250	L/300
Travi e solai in generale	L/250	L/300
Solai che reggono tramezze o pavimentazioni e materiali di finitura fragili	L/250	L/350
Travi che reggono pilastri	L/400	L/500

Tab. 36 - Tabella 4.2.X – NTC 2008 – Limiti di deformabilità elementi di impalcato

Pertanto nel nostro caso sarà: $f_{\max} = \frac{400 \text{ cm}}{300} = 1,33 \text{ cm}$

Il momento di inerzia minimo J_{\min} della sezione di trave a partire dalla freccia massima è il seguente:

$$J_{\min} = \frac{5}{384} \times \frac{C L^4}{E f_{\max}} = \frac{5}{384} \times \frac{(17,4)^4 \cdot 400^4}{21.000 \cdot 1,33} = 2.071 \text{ cm}^4$$

Dalla tabella commerciale delle IPE scegliamo un profilo che abbia un $J > J_{\min}$, ovvero:

h mm	b mm	a mm	e mm	r mm	Peso kg/m	Sezione cm ²	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
							Jx cm ⁴	Jy cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³	ix cm	iy cm
80	46	3,8	5,2	5	6,0	7,64	80,14	8,49	20,03	3,69	3,24	1,05
100	55	4,1	5,7	7	8,1	10,32	171,0	15,92	34,20	5,79	4,07	1,24
120	64	4,4	6,3	7	10,4	13,21	317,8	27,67	52,96	8,65	4,90	1,45
140	73	4,7	6,9	7	12,9	16,43	541,2	44,92	77,32	12,31	5,74	1,65
160	82	5,0	7,4	9	15,8	20,09	889,3	68,31	108,7	16,66	6,58	1,84
180	91	5,3	8,0	9	18,8	23,95	1.317	100,9	146,3	22,16	7,42	2,05
200	100	5,6	8,5	12	22,4	28,48	1.943	142,4	194,3	28,47	8,26	2,24
220	110	5,9	9,2	12	26,2	33,37	2.772	204,9	252,0	37,25	9,11	2,48
240	120	6,2	9,8	15	30,7	39,12	3.892	283,6	324,3	47,27	9,97	2,69
270	135	6,6	10,2	15	36,1	45,95	5.790	419,9	428,9	62,20	11,23	3,02

Tab. 37 - Tabella caratteristiche profili in acciaio tipo IPE –Oppo S.r.l.

Scegliamo quindi una **IPE 220** con peso pari a **0,26 kN/m**.

7.5.4.6 Schema Statico Con Peso Proprio Trave T1.3

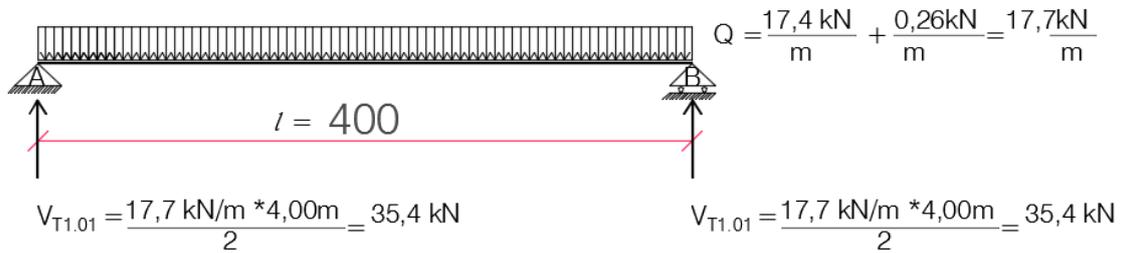


Fig. 177 - Schema di carico della trave terziaria e individuazione reazioni vincolari

7.5.4.7 Predimensionamento Con Peso Proprio Trave T1.3

Ricalcolo J con il valore del carico distribuito totale (compreso peso proprio profilo IPE 220).

Quindi avremo:

$$J = \frac{5}{384} \times \frac{C L^4}{E f_{\max}} = \frac{5}{384} \times \frac{\left(\frac{17,7}{100}\right) * 400^4}{21.000 * 1,33} = 2.107 \text{ cm}^4$$

La freccia massima sarà quindi pari a:

$$f = \frac{5}{384} \times \frac{C L^4}{E J} = \frac{5}{384} \times \frac{\left(\frac{17,7}{100}\right) * 400^4}{21.000 * 2.772 \text{ cm}^4} = 1,01 \text{ cm} < 1,33 \text{ cm}$$

LA VERIFICA E' SODDISFATTA

La trave terziaria tipo T1.3 sarà quindi una **IPE 220**.

Consideriamo che le altre travi terziarie, per omogenizzare la struttura, saranno anch'esse IPE 220 pur avendo una luce più piccola, e determiniamo le reazioni vincolari delle stesse.

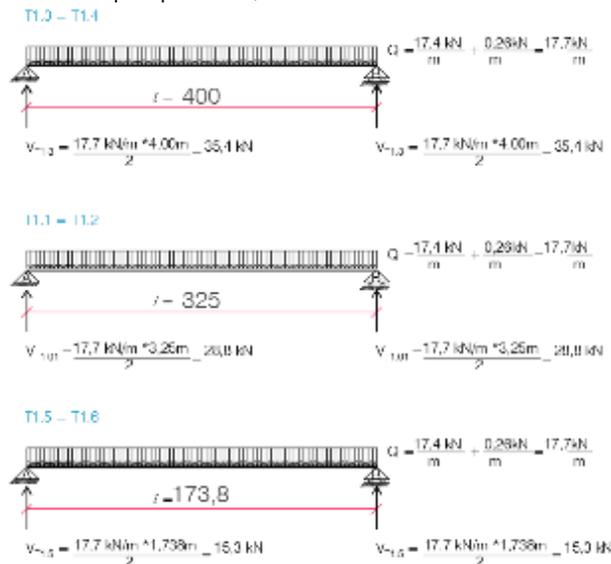


Fig. 178 - Schemi di carico della travi secondarie e individuazione reazioni vincolari.

7.5.5. Predimensionamento Travi Secondarie T2

7.5.5.1 Schema Strutturale

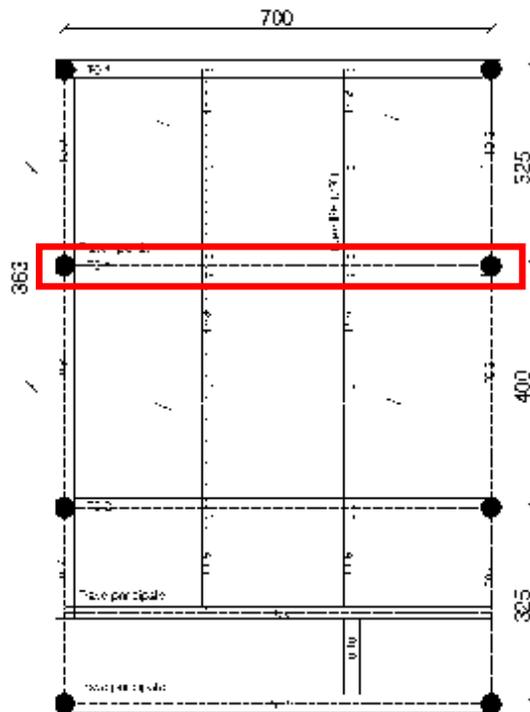


Fig. 179 - Schema per dimensionamento trave secondaria

7.5.5.2 Analisi dei Carichi

In questo caso i carichi agenti sulla trave di tipo T2.1 sono quelli derivanti dal solaio e dalla trave IPE 220 precedentemente calcolata. In particolare lo schema statico vede agire sulla trave T2.1 i carichi concentrati delle travi T1.1, T1.2, T1.3 e T1.4.

Per tale motivo considereremo come carico agente le seguenti reazioni vincolari:

Trave	Luce	Valore Reazioni Vincolari
T1.1 = T1.2	325 m	28,8 kN
T1.3 = T1.4	400 m	35,4 kN

7.5.5.3 Schema Statico di carico – Trave T2. 1

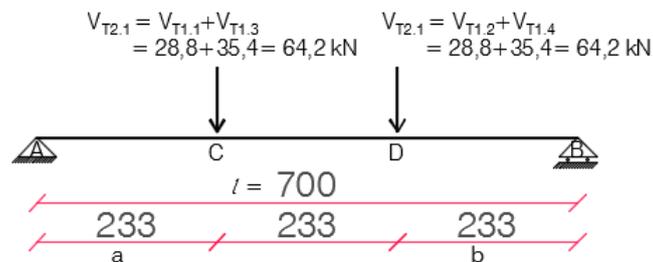


Fig. 180 - Schema di carico della trave secondaria del soppalco

7.5.5.4 Predimensionamento – Trave T2. 1

La freccia massima è la seguente:

$$f_{\max} = \frac{700}{300} = 2,33 \text{ cm}$$

Il momento di inerzia minimo J_{\min} della sezione di trave a partire dalla freccia massima con una configurazione di carico concentrato è il seguente:

$$J_{\min} = \frac{64,2\text{kN} \cdot 233\text{cm}}{24 \cdot 21.000 \text{ kN/cm}^2 \cdot 2,33 \text{ cm}} \times (3 \cdot 700^2 \text{ cm}^2 - 4 \cdot 233^2 \text{ cm}^2) = 15.959 \text{ cm}^4$$

Dalla tabella commerciale delle HEA scegliamo un profilo che abbia un $J > J_{\min}$, ovvero:

sigla HEA	b mm	h mm	a mm	e mm	r mm	Peso kg/m	Sezione cm ²	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
								Jx cm ⁴	Jy cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³	ix cm	iy cm
100	100	96	5,0	8,0	12	16,7	21,24	349,2	133,8	72,76	26,76	4,06	2,51
120	120	114	5,0	8,0	12	19,9	25,34	606,2	230,9	106,3	38,48	4,89	3,02
140	140	133	5,5	8,5	12	24,7	31,42	1.033	389,3	155,4	55,62	5,73	3,52
160	160	152	6,0	9,0	15	30,4	38,77	1.673	615,6	220,1	76,95	6,57	3,98
180	180	171	6,0	9,5	15	35,5	45,25	2.510	924,6	293,6	102,7	7,45	4,52
200	200	190	6,5	10,0	18	42,3	53,83	3.692	1.326	388,6	133,6	8,28	4,98
220	220	210	7,0	11,0	18	50,5	64,34	5.410	1.955	515,2	177,7	9,17	5,51
240	240	230	7,5	12,0	21	60,3	76,84	7.763	2.769	675,1	230,7	10,05	6,00
260	260	250	7,5	12,5	24	68,2	86,82	10.450	3.668	836,4	282,1	10,97	6,50
280	280	270	8,0	13,0	24	76,4	97,26	13.670	4.763	1.013	340,2	11,86	7,00
300	300	290	8,5	14,0	27	88,3	112,5	18.260	6.310	1.260	420,6	12,74	7,49
320	300	310	9,0	15,5	27	97,6	124,4	22.930	6.985	1.479	465,7	13,58	7,49
340	300	330	9,5	16,5	27	105,0	133,5	27.690	7.436	1.678	495,7	14,40	7,46
360	300	350	10,0	17,5	27	112,0	142,8	33.090	7.887	1.891	525,8	15,22	7,43
400	300	390	11,0	19,0	27	125,0	159,0	45.070	8.564	2.311	570,9	16,84	7,34

Tab. 38 - Tabella caratteristiche profili in acciaio tipo HEA –Oppo S.r.l.

Scegliamo quindi una HEA 300 con peso pari a 0,9 kN/m.

7.5.5.5 Schema Statico con peso proprio Trave T2.1

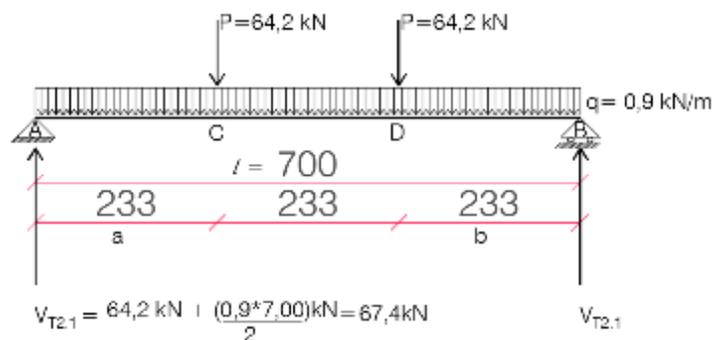


Fig. 181 - Schema di carico della trave terziaria e individuazione reazioni vincolari

7.5.5.6 Predimensionamento con peso proprio Trave T2.01

Ricalcolo J con il valore del carico concentrato pari a 64,2 kN, (reazioni vincolari) e con il valore del distribuito riferito al peso proprio del profilo HEA 300 pari a 0,9 kN/m.

Quindi avremo:

$$J = 15.936 \text{ cm}^4 + \frac{5}{384} \times \frac{(0,9)}{100} \times 700^4 = 16.510 \text{ cm}^4$$

La freccia massima sarà quindi pari a:

$$\begin{aligned} f &= \frac{P \cdot a}{24EJ} \times (3L^2 - 4a^2) + \frac{5}{384} \times \frac{C L^4}{E J} = \\ &= \frac{64,2 \cdot 233}{24 \cdot 21.000 \cdot 18.260} \times (3 \cdot 700^2 - 4 \cdot 233^2) + \frac{5}{384} \times \frac{(0,9)}{100} \times 700^4 \\ &= 2,03 \text{ cm} + 0,073 \text{ cm} = \boxed{2,11 \text{ cm} < 2,33 \text{ cm}} \end{aligned}$$

LA VERIFICA E' SODDISFATTA

La trave secondaria tipo T2.1 sarà quindi una **HEA 300**.

7.5.6. Predimensionamento Trave T0.6

7.5.6.1 Schema Strutturale

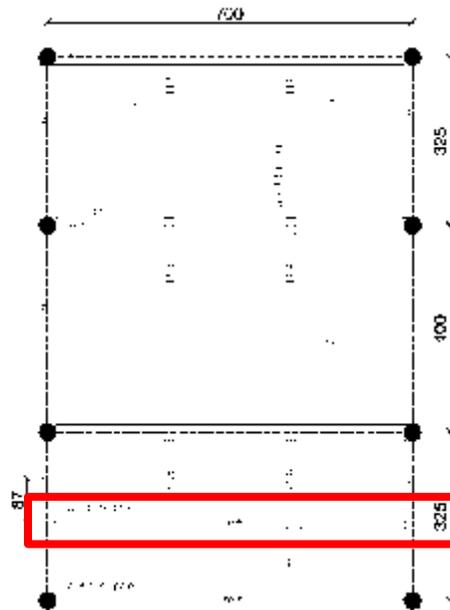


Fig. 182 - Schema per dimensionamento trave primaria T0.6

7.5.6.2 Predimensionamento

In questo caso i carichi agenti sulla trave T0.6 sono quelli derivanti dal solaio e dalle travi IPE 220 precedentemente calcolate. In particolare lo schema statico vede agire sulla trave T0.6 i carichi concentrati delle travi T1.5 e T1.6.

Per tale motivo considereremo come carico agente le seguenti reazioni vincolari:

Trave	Luce	Valore Reazioni Vincolari
T1.5 = T1.6	173,8 m	15,3 kN

$$J_{\min} = \frac{P \cdot a}{24 E f_{\max}} \times (3L^2 - 4a^2)$$

$$J_{\min} = \frac{15,3 \text{ kN} \cdot 233 \text{ cm}}{24 \cdot 21.000 \text{ kN/cm}^2 \cdot 2,33 \text{ cm}} \times (3 \cdot 700^2 \text{ cm}^2 - 4 \cdot 233^2 \text{ cm}^2) = 3.798 \text{ cm}^4$$

Si potrebbe utilizzare una IPE del 240, ma per rendere omogenea la struttura si è deciso di progettare questa trave con le stesse dimensioni delle travi **HEA 300** con peso pari a **0,9 kN/m**.

7.5.7. Predimensionamento Trave T0.7

7.5.7.1 Schema Strutturale

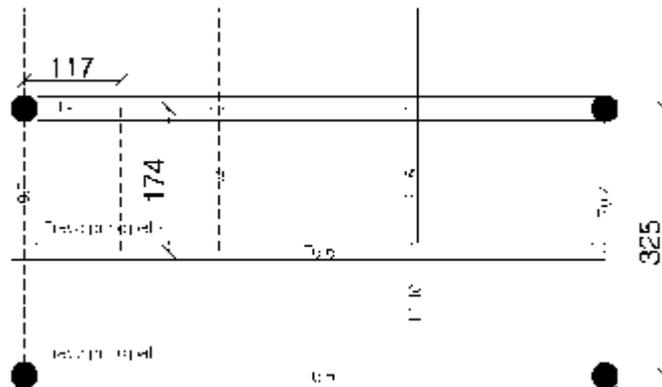


Fig. 183 - Schema per dimensionamento trave primaria T0.7

7.5.7.2 Schema Statico Trave T0.7

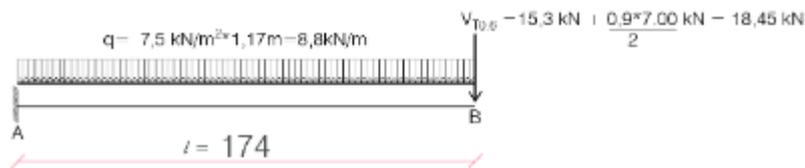


Fig. 184 - Schema di carico della trave primaria

8.5.7.3 Predimensionamento Trave T0.7

$$f_{\max} = \frac{174}{300} = 0,58 \text{ cm}$$

Quindi avremo che:

$$J_{\min} = \frac{1}{3} \frac{PL^3}{E f_{\max}} + \frac{QL^4}{8E f_{\max}} = \frac{1}{3} \frac{18,45 \cdot 174^3}{21.000 \cdot 0,58} + \frac{0,088 \cdot 174^4}{8 \cdot 21.000 \cdot 0,58} = 2.660 + 828 = 3.488 \text{ cm}^4$$

Quindi confrontando il valore del momento di inerzia minimo ottenuto con quello del profilo IPE della tabella commerciale, possiamo scegliere un profilo IPE 240 con peso proprio pari a 0,31 kN/m.

h mm	b mm	a mm	e mm	r mm	Peso kg/m	Sezione cm ²	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
							J _x cm ⁴	J _y cm ⁴	W _x cm ³	W _y cm ³	i _x cm	i _y cm
80	46	3,8	5,2	5	6,0	7,84	80,14	8,49	20,03	3,69	3,24	1,05
100	55	4,1	5,7	7	8,1	10,32	171,0	15,92	34,20	5,79	4,07	1,24
120	64	4,4	6,3	7	10,4	13,21	317,8	27,67	52,96	8,65	4,90	1,45
140	73	4,7	6,9	7	12,9	16,43	541,2	44,92	77,32	12,31	5,74	1,65
160	82	5,0	7,4	9	15,8	20,09	869,3	68,31	108,7	16,66	6,58	1,84
180	91	5,3	8,0	9	18,8	23,95	1.317	100,9	146,3	22,16	7,42	2,05
200	100	5,6	8,5	12	22,4	28,48	1.943	142,4	194,3	28,47	8,26	2,24
220	110	5,9	9,2	12	26,2	33,37	2.772	204,9	252,0	37,25	9,11	2,48
240	120	6,2	9,8	15	30,7	39,12	3.892	283,6	324,3	47,27	9,97	2,69
270	135	6,6	10,2	15	36,1	45,95	5.790	419,9	428,9	62,20	11,23	3,02

Tab. 39 - Tabella caratteristiche profili in acciaio tipo IPE -Oppo S.r.l.

La freccia massima sarà quindi pari a:

$$f_{\max} = \frac{1}{3} \frac{PL^3}{EJ} + \frac{QL^4}{8EJ} = \frac{1}{3} \frac{18,45 \cdot 174^3}{21.000 \cdot 3.892} + \frac{0,088 \cdot 174^4}{8 \cdot 21.000 \cdot 3.892} = 0,4 + 0,12 = 0,52 \text{ cm}$$

$$\mathbf{0,52 \text{ cm} < 0,58 \text{ cm}}$$

LA VERIFICA E' SODDISFATTA tuttavia per essere maggiormente a favore di sicurezza utilizzeremo una **IPE 270**

Che ci porta ad avere una $f_{\max} = 0,35 \text{ cm}$ (incluso il peso proprio della trave IPE 270).

7.6. Predimensionamento pilastro H. 6 m

Per sostenere la struttura si è deciso di utilizzare pilastri in acciaio con altezza differenti in quanto la copertura è inclinata. Abbiamo proceduto quindi a predimensionare il pilastro maggiormente caricato, ovvero quello in posizione più centrale, e con altezza maggiore e per semplicità, tutti i pilastri avranno le medesime dimensioni, anche se si potrebbe utilizzare pilastri di dimensioni inferiori poiché meno caricati.

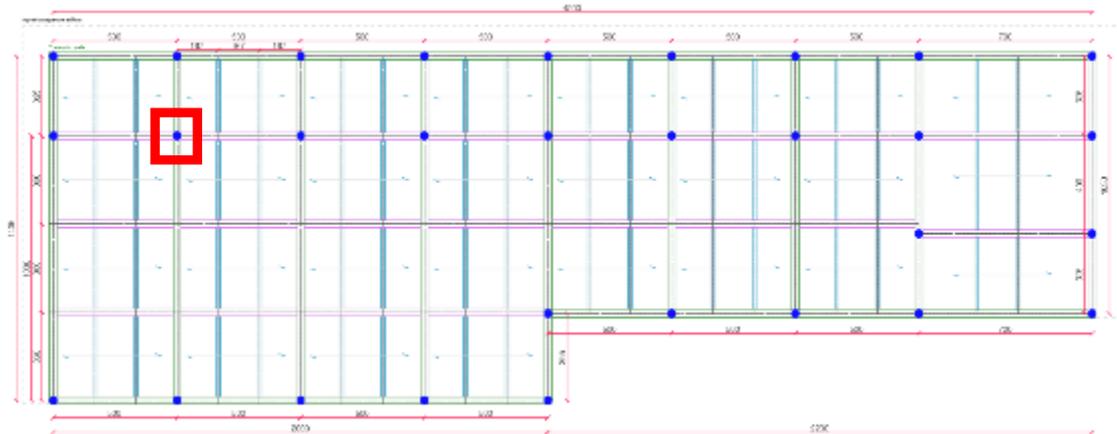


Fig. 185 - Pianta strutturale della copertura

Il dimensionamento dei pilastri è stato eseguito con la combinazione dei carichi agli stati limite ultimi (SLU), in modo da verificare i pilastri ad instabilità.

7.6.1. Analisi dei carichi

Il pilastro preso in considerazione è soggetto ad un carico corrispondente alla somma dei carichi agenti su di esso provenienti dalla struttura costituita dalle travi e dal solaio di copertura, ovvero:

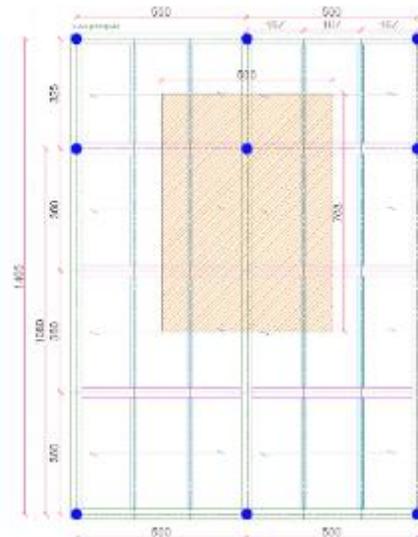


Fig. 186 - Schema per dimensionamento pilastro

Per determinare il carico agente sul pilastro, e siccome abbiamo detto che verificheremo il pilastro allo SLU, applichiamo la combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi, considerando l'area di influenza del pilastro pari a $A_i = 35,00 \text{ m}^2$.

L'analisi dei carichi per la copertura per l' $A_i=35,00 \text{ m}^2$ è quindi la seguente:

Carico	Descrizione elemento	Peso	Lunghezza d'influenza	Area d'influenza	Tot.
G1	Lamiera grecata solaio	0,0875 kN/m ²	--	35,00 m ²	3,1 kN
	Trave IPE120	0,104 kN/m	7,00 m	--	0,73 kN
	Trave IPE120	0,104 kN/m	7,00 m	--	0,73 kN
	Trave IPE 200	0,224 kN/m	5,00 m	--	1,12 kN
	Trave HEA 340	1,05 kN/m	7,00 m	--	7,35 kN
	Trave HEA 340	1,05 kN/m	7,00 m	--	7,35 kN
					20,38 kN
G2	Pacchetto copertura	1,08 kN/ m ²	--	35,00 m ²	37,8 kN
	Pacchetto controsoffitto				
					37,8 kN
Q1	Neve	1,20 kN/ m ²	--	35,00 m ²	42 kN
					42 kN

Tab. 40 - Tabella riassuntiva dei Carichi agenti su pilastro da predimensionare

7.6.2. Combinazione di Carico SLU

– Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

Con coefficienti di combinazione pari a:

$$\gamma_1 = 1,3 \quad \gamma_2 = 1,5 \quad \gamma_Q = 1,5$$

$$N_{Ed} = 1,3 \cdot 20,38 \text{ kN} + 1,5 \cdot 37,8 \text{ kN} + 1,5 \cdot 42 \text{ kN} = (26,5 + 56,7 + 63,00) = 146,2 \text{ Kn}$$

7.6.3. Predimensionamento Pilastro

La verifica di stabilità di un'asta si effettua nell'ipotesi che la sezione trasversale sia uniformemente compressa e pertanto dev'essere:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,$$

Dove:

N_{Ed} è l'azione di compressione di calcolo;

$N_{b,Rd}$ è la resistenza all'instabilità nell'asta compressa e si calcola con la seguente formula:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_{yk}}{\gamma_{M1}} \quad \text{per le sezioni di classe 1, 2 e 3,}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_{eff} A f_{yk}}{\gamma_{M1}} \quad \text{per le sezioni di classe 4.}$$

Nel nostro caso abbiamo scelto un acciaio S355, con un profilo HEA 340, essendo le travi principali dei profili HEA 340.

Dal prontuario il profilo HEA 320 in S355 presenta una **classe pari a 1** e quindi avremo che:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_{yk}}{\gamma_{M1}} \quad \text{per le sezioni di classe 1, 2 e 3,}$$

I parametri necessari a calcolare $N_{b,Rd}$ sono riassunti nella seguente tabella:

Profilo tipo	HEA	340
Tipo di acciaio	S355	
Resistenza caratteristica di snervamento	F_{yk} S355	355.000 kN/m ²
Area	A	0,01335 m ²
Classe sezione		1
Momento di inerzia del profilo	Jx	27.690 cm ⁴
Modulo elastico acciaio	E	210.000.000 kN/m ²
Altezza profilo	h	330 mm
Larghezza profilo	b	300 mm
Rapporto h/b	h/b	1,1 ≤ 1,2
Inflessione		intorno all'asse y-y
Spessore ala	e	16,5 mm < 100 mm
Curva di instabilità		b
Fattore di imperfezione	α	0,34
Altezza pilastro	H	6 m
Vincolo	Incastro cerniera	0,7
Lunghezza di libera inflessione	L_0	4,2 m
Carico critico euleriano	N_{cr}	32.501,47 kN
Snellezza adimensionale	λ	0,3819
Coefficiente	ϕ	0,6038
Coefficiente	$\chi \leq 1.0$	0,9332
Coefficiente di sicurezza instabilità membrature	γ_{M1}	1,05
Resistenza all'instabilità	$N_{b,Rd}$	4.212,11 kN

Tab. 41 - Tabella riassuntiva dimensionamento del pilastro rispetto asse di inerzia xx

Dunque:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,0347 < 1 - \text{VERIFICATO}$$

E per l'altro asse d'inerzia, risulta:

Profilo tipo	HEA	340
Tipo di acciaio	S355	
Resistenza caratteristica di snervamento	F_{yk} S355	355.000 kN/m ²
Area	A	0,01335 m ²
Classe sezione		1
Momento di inerzia del profilo	J_y	7.436 cm ⁴
Modulo elastico acciaio	E	210.000.000 kN/m ²
Altezza profilo	h	330 mm
Larghezza profilo	b	300 mm
Rapporto h/b	h/b	1,1 ≤ 1,2
Inflessione		intorno all'asse y-y
Spessore ala	e	16,5 mm < 100 mm
Curva di instabilità		b
Fattore di imperfezione	α	0,34
Altezza pilastro	H	6 m
Vincolo	Incastro cerniera	0,7
Lunghezza di libera inflessione	L_0	4,2 m
Carico critico euleriano	N_{cr}	32.501,47 kN
Snellezza adimensionale	λ	0,3819
Coefficiente	ϕ	0,6038
Coefficiente	$\chi \leq 1.0$	0,9332
Coefficiente di sicurezza instabilità membrane	γ_{M1}	1,05
Resistenza all'instabilità	$N_{b,Rd}$	4.212,11 kN

Tab. 42 - Tabella riassuntiva dimensionamento del pilastro rispetto asse di inerzia yy

Dunque:

$$\underline{N_{Ed}} = 0,0455 < 1 - \text{VERIFICATO}$$

$$N_{b,Rd}$$

7.7 Predimensionamento pilastro H. 4,50 m

Anche per quanto riguarda il soppalco presente nell'info-point a separazione dalla sala espositiva, abbiamo proceduto a predimensionare il pilastro maggiormente caricato, ovvero quello in posizione più centrale.

7.7.1. Analisi dei carichi

Il pilastro preso in considerazione è soggetto ad un carico corrispondente alla somma dei carichi agenti su di esso provenienti dalla struttura costituita dalle travi e dal solaio del soppalco e di quello di copertura, ovvero:

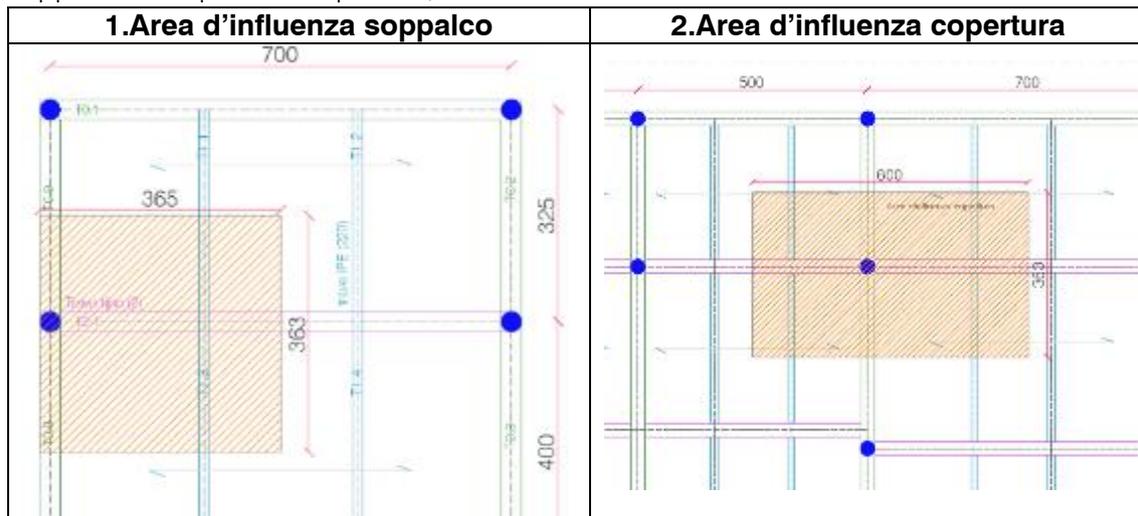


Fig. 187 - Schema per dimensionamento pilastro

Per determinare il carico agente sul pilastro, e siccome abbiamo detto che verificheremo il pilastro allo SLU, applichiamo la combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi, considerando

- l'area di influenza 1 del pilastro pari a $A_i = 14 \text{ m}^2$.
- l'area di influenza 2 del pilastro pari a $A_i = 22 \text{ m}^2$.

7.7.1.1. Analisi dei carichi Soppalco

L'analisi dei carichi per il solaio del soppalco per l' $A_{i1} = 14,00 \text{ m}^2$ è quindi la seguente:

Carico	Descrizione elemento	Peso	Lunghezza d'influenza	Area d'influenza	Tot.
G1	Lamiera grecata solaio	0,11 kN/m ²	--	14,00 m ²	1,54 kN
	Massetto in cls	2,3 kN/m ²	--	14,00 m ²	32,2 kN
	Trave IPE 220	0,26 kN/m	3,65 m	--	1 kN
	Trave HEA 300	0,9 kN/m	3,65 m	--	3,3 kN
	Trave HEA 300	0,9 kN/m	3,65 m	--	3,3 kN
					41,34 kN
G2	Pacchetto soppalco	0,32 kN/ m ²	--	14,00 m ²	4,48 kN
					4,48 kN
Q1	Affollamento	5,00 kN/ m ²	--	14,00 m ²	70 kN
					70 kN

Tab. 43 - Tabella riassuntiva dei Carichi agenti su pilastro dal soppalco

7.7.1.2. Analisi dei carichi copertura

L'analisi dei carichi per la copertura per l' $A_i=22,00 \text{ m}^2$ è quindi la seguente:

Carico	Descrizione elemento	Peso	Lunghezza d'influenza	Area d'influenza	Tot.
G1	Lamiera grecata solaio	0,0875 kN/m ²	--	22,00 m ²	1,93 kN
	Trave IPE120	0,104 kN/m	3,65 m	--	0,38kN
	Trave IPE120	0,104 kN/m	3,65 m	--	0,38kN
	Trave IPE 200	0,224 kN/m	6,00 m	--	1,34 kN
	Trave HEA 340	1,05 kN/m	3,65 m	--	3,8 kN
					7,83 kN
G2	Pacchetto copertura				
	Pacchetto controsoffitto	1,08 kN/ m ²	--	22,00 m ²	23,8 kN
					23,8 kN
Q1	Neve	1,20 kN/ m ²	--	22,00 m ²	26,4 kN
					26,42 kN

Tab. 44 - Tabella riassuntiva dei Carichi agenti su pilastro dalla copertura

7.7.2. Combinazione di Carico SLU

7.7.2.1. Combinazione di Carico SLU – Solaio Soppalco

– Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

Con coefficienti di combinazione pari a:

$$\gamma_1 = 1,3 \quad \gamma_2 = 1,5 \quad \gamma_Q = 1,5$$

$$N_{Ed} = 1,3 \cdot 41,34 \text{ kN} + 1,5 \cdot 4,48 \text{ kN} + 1,5 \cdot 70 \text{ kN} = (53,74 + 6,72 + 105,00) = \mathbf{165,46 \text{ kN}}$$

7.7.2.2. Combinazione Di Carico SLU – Solaio Copertura

– Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

Con coefficienti di combinazione pari a:

$$\gamma_1 = 1,3 \quad \gamma_2 = 1,5 \quad \gamma_Q = 1,5$$

$$N_{Ed} = 1,3 \cdot 7,83 \text{ kN} + 1,5 \cdot 23,8 \text{ kN} + 1,5 \cdot 26,42 \text{ kN} = (10,18 + 35,7 + 39,63) = \mathbf{85,51 \text{ kN}}$$

$$N_{Ed} \text{ TOTALE} = (165,46 + 85,51) = \mathbf{251 \text{ kN}}$$

7.7.3. Predimensionamento Pilastro

La verifica di stabilità di un'asta si effettua nell'ipotesi che la sezione trasversale sia uniformemente compressa e pertanto dev'essere:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,$$

Dove:

N_{Ed} è l'azione di compressione di calcolo;

$N_{b,Rd}$ è la resistenza all'instabilità nell'asta compressa e si calcola con la seguente formula:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_{yk}}{\gamma_{M1}} \quad \text{per le sezioni di classe 1, 2 e 3,}$$

Nel nostro caso abbiamo scelto un acciaio S355, con un profilo HEA 340, essendo le travi principali dei profili HEA 340.

Dal prontuario il profilo HEA 340 in S355 presenta una **classe pari a 1** e quindi avremo che:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_{yk}}{\gamma_{M1}} \quad \text{per le sezioni di classe 1, 2 e 3,}$$

I parametri necessari a calcolare $N_{b,Rd}$ sono riassunti nella seguente tabella:

Profilo tipo	HEA	340
Tipo di acciaio	S355	
Resistenza caratteristica di snervamento	F_{yk} S355	355.000 kN/m ²
Area	A	0,01335 m ²
Classe sezione		1
Momento di inerzia del profilo	Jx	27.690cm ⁴
Modulo elastico acciaio	E	210.000.000 kN/m ²
Altezza profilo	h	330 mm
Larghezza profilo	b	300 mm
Rapporto h/b	h/b	1,1 ≤ 1,2
Inflessione	intorno all'asse y-y	
Spessore ala	e	16,5 mm < 100 mm
Curva di instabilità		b
Fattore di imperfezione	α	0,34
Altezza pilastro	H	4,5 m
Vincolo	Incastro cerniera	0,7
Lunghezza di libera inflessione	L_0	3,15 m
Carico critico euleriano	N_{cr}	57.780,39 kN
Snellezza adimensionale	λ	0,2864
Coefficiente	ϕ	0,5557
Coefficiente	$\chi \leq 1.0$	0,967
Coefficiente di sicurezza instabilità membrature	γ_{M1}	1,05
Resistenza all'instabilità	$N_{b,Rd}$	4.373,99 kN

Tab. 45 - Tabella riassuntiva dimensionamento del pilastro rispetto asse di inerzia xx

Dunque:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,0574 < 1 - \text{VERIFICATO}$$

E per l'altro asse d'inerzia, risulta:

Profilo tipo	HEA	340
Tipo di acciaio	S355	
Resistenza caratteristica di snervamento	F_{yk} S355	355.000 kN/m ²
Area	A	0,01335 m ²
Classe sezione		1
Momento di inerzia del profilo	J_y	7.436 cm ⁴
Modulo elastico acciaio	E	210.000.000 kN/m ²
Altezza profilo	h	330 mm
Larghezza profilo	b	300 mm
Rapporto h/b	h/b	1,1 ≤ 1,2
Inflessione	intorno all'asse z-z	
Spessore ala	e	16,5 mm < 100 mm
Curva di instabilità		b
Fattore di imperfezione	α	0,34
Altezza pilastro	H	4,50 m
Vincolo	Incastro cerniera	0,7
Lunghezza di libera inflessione	L_0	3,15 m
Carico critico euleriano	N_{cr}	15.516,61 kN
Snellezza adimensionale	λ	0,5527
Coefficiente	ϕ	0,7127
Coefficiente	$\chi \leq 1,0$	0,86
Coefficiente di sicurezza instabilità membrature	γ_{M1}	1,05
Resistenza all'instabilità	$N_{b,Rd}$	3.882,22

Tab. 46 - Tabella riassuntiva dimensionamento del pilastro rispetto asse di inerzia yy

Dunque:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = 0,0647 < 1 - \text{VERIFICATO}$$

IL PROGETTO TECNOLOGICO

Nel presente capitolo vengono trattati gli aspetti riguardanti i caratteri tecnologici del progetto di restauro dell'edificio esistente, e del nuovo sistema polifunzionale. Vengono riportati di seguito i pacchetti tecnologici con la descrizione dettagliata dei vari strati che li compongono e i relativi valori di trasmittanza della stratigrafia presa in considerazione.

Nell'elaborazione del progetto si è posta particolare attenzione, per quanto riguarda l'edificio esistente adibito a scuola di musica, al rispetto dell'esistente, poiché si tratta di un edificio dei primi del Novecento e sottoposto quindi a tutela, ma comunque cercando di migliorare le prestazioni energetiche mediante l'applicazione di strati a secco che si aggiungono all'esistente, senza intaccarlo, o meglio intaccandolo il meno possibile.

La progettazione del nuovo complesso polifunzionale è stata invece pensata guardando principalmente al rispetto della normativa sul risparmio energetico e realizzando quindi un involucro in grado di fornire prestazioni energetiche efficienti.

Infine per entrambi gli edifici abbiamo redatto l'Attestato di Prestazione Energetica (APE), uno strumento per la valutazione della convenienza nella realizzazione di interventi di riqualificazione energetica degli immobili, che attribuisce ad ogni immobile delle specifiche classi prestazionali che possono essere poi confrontate con valori tecnicamente raggiungibili in un corretto rapporto tra i costi di investimento e i benefici che ne derivano.

8. PROGETTO TECNOLOGICO

8.1 Applicazione del DGR 6480 del 30.07.2015

Dall'esame visivo effettuato e dalla collocazione temporale dell'edificio esistente, risalente ai primi del Novecento, abbiamo ipotizzato che il paramento murario è costituito da un importante strato di muratura portante (spessore circa 50 cm), costituito da sassi e laterizi, a cui è stato applicato uno strato di malta di cemento e successivo strato di intonaco di cemento. All'esterno è stato poi aggiunto uno strato di intonaco con finitura al quarzo, con pigmenti di colore giallo.

L'intenzione è stata fin da subito, quella di apportare miglioramenti ai livelli di prestazione energetica di questo edificio, in modo da poterlo rifunzionalizzare ai nuovi canoni di scuola di musica, ma pur sempre cercando di rispettare la memoria storica e applicando l'obiettivo del restauro riferito al minor intervento possibile.

Per fare ciò, dopo aver ipotizzato il pacchetto del paramento murario esistente, abbiamo preso in considerazione il DECRETO N° 6480 del 30.07.2015 emanato dalla Regione Lombardia, nel quale sono contenute le disposizioni in merito alla disciplina per l'efficienza energetica degli edifici e per il relativo attestato di prestazione energetica, (APE) redatto al termine del nostro percorso di calcolo sull'efficienza energetica del nostro edificio.

8.1.1 Criteri generali per il calcolo dell'efficienza energetica degli edifici [Cap.4 – DGR 6480/2015]

La prestazione energetica degli edifici è determinata sulla base della quantità di energia necessaria annualmente per soddisfare le esigenze legate ad un uso standard dell'edificio e corrisponde al fabbisogno energetico annuale globale in energia primaria per la climatizzazione invernale, la climatizzazione estiva, per la ventilazione, per la produzione di acqua calda sanitaria e, nel settore non residenziale, per l'illuminazione, gli impianti ascensori e le scale mobili.

8.1.2 Prescrizioni comuni per gli edifici di nuova costruzione, gli edifici oggetto di ristrutturazioni importanti o gli edifici sottoposti a riqualificazione energetica [Cap.5 – DGR 6480/2015]

L'allegato A della DGR 6480 /2015 definisce la specifica tipologia degli interventi secondo questa tabella di sintesi, in cui riportiamo solo quelli relativi al nostro caso

TIPOLOGIA DI INTERVENTO	DESCRIZIONE LIVELLI DI INTERVENTO	PRESCRIZIONI/VERIFICHE DI LEGGE
Edifici nuovi	Edifici di nuova costruzione o demoliti e ricostruiti	Rispetto di tutti i requisiti pertinenti di cui ai punti 5 e 6.
Ristrutturazione importante di secondo livello	Intervento che interessa gli elementi e i componenti integrati costituenti l'involucro edilizio delimitanti un volume climatizzato dall'ambiente esterno e da ambienti non climatizzati, con un'incidenza superiore al 25 per cento della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio e può interessare l'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva;	Rispetto di tutti i requisiti pertinenti di cui ai capitoli 5, 7 e 8 e in particolare: <ul style="list-style-type: none"> • Dei requisiti di trasmittanza termica limite di cui all'Allegato B delle porzioni e delle quote di elementi e componenti l'involucro dell'edificio interessati dai lavori di riqualificazione energetica; • Dei requisiti minimi per gli impianti oggetto di intervento, se applicabile;

		<ul style="list-style-type: none"> • Del requisito relativo al coefficiente globale di scambio termico per trasmissione ($H'T$), di cui all'Allegato B, determinato per l'intera parete, comprensiva di tutti i componenti, su cui si è intervenuti. A titolo esemplificativo e non esaustivo: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Se l'intervento riguarda una porzione della copertura dell'edificio, la verifica del coefficiente globale di scambio termico per trasmissione ($H'T$) si effettua per l'intera porzione di copertura; ▪ Se l'intervento riguarda una porzione della parete verticale dell'edificio esposta a nord, la verifica del coefficiente globale di scambio termico per trasmissione ($H'T$) si effettua per l'intera porzione di parete verticale esposta a nord.
--	--	--

Tab. 47 - Estratto Tabella 3 - Prescrizioni, requisiti e verifiche in funzione della tipologia di intervento – DGR 6480/2015 – in verde sono stati evidenziati gli interventi di nostro interesse

La legge fornisce poi le seguenti precisazioni:

- Per gli edifici di nuova costruzione i requisiti di prestazione energetica si applicano all'intero edificio e si riferiscono alla sua prestazione energetica relativa al servizio o ai servizi interessati;
- Nel caso di ristrutturazione importante di secondo livello i requisiti di prestazione energetica da verificare si riferiscono alle caratteristiche termo-fisiche delle sole porzioni di quote di elementi e componenti dell'involucro dell'edificio oggetto di intervento e il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione ($H'T$) determinato per l'intera struttura, comprensiva di tutti i componenti su cui si è intervenuti; a titolo esemplificativo e non esaustivo.

8.1.3 Requisiti comuni a tutte le tipologie di intervento [Cap.5 – DGR 6480/2015]

La legge definisce che gli edifici e gli impianti non di processo devono essere progettati per assicurare il massimo contenimento dei consumi di energia non rinnovabile e totale.

Nel caso di intervento che riguarda le strutture opache delimitanti il volume climatizzato verso l'esterno, si procede in conformità alla normativa tecnica vigente (UNI EN ISO 13788), alla verifica di assenza di:

- a) Rischio di formazione di muffe, con particolare attenzione ai ponti termici negli edifici di nuova costruzione;
- b) Condensazioni interstiziali.

Le condizioni interne di utilizzazione sono quelle previste nell'appendice della norma UNI EN ISO 13788, secondo il metodo delle classi di concentrazione, a meno che ci siano condizioni diverse, in quanto in presenza di sistema di controllo dell'umidità interna e se ne tenga conto nella determinazione dei fabbisogni di energia primaria per la climatizzazione invernale ed estiva.

Al fine di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti, nonché di limitare il surriscaldamento a scala urbana, per le strutture di copertura degli edifici è obbligatoria la verifica dell'efficacia, in termini di rapporto costi-benefici, dell'utilizzo di:

- a) Materiali a elevata riflettanza solare per le coperture (cool roof), assumendo per questi ultimi un valore di riflettanza solare non inferiore a:
 - 0,65 nel caso di coperture piane;
 - 0,30 nel caso di coperture a falde;
- b) Tecnologie di climatizzazione passiva (a titolo esemplificativo e non esaustivo: free cooling, coperture a verde).

Nel caso di edifici sottoposti a ristrutturazioni importanti o riqualificazioni energetiche, nel caso di installazione di impianti termici dotati di pannelli radianti a pavimento o a soffitto, la legge prevede poi, deroghe di 10 cm alle altezze minime, e altri requisiti che non vengono indicati in quanto non relativi al nostro caso studio.

8.1.4 Requisiti e prescrizioni specifici per gli edifici di nuova costruzione o soggetti a ristrutturazioni importanti di primo livello. Requisiti degli edifici a energia quasi zero. [Cap.6 – DGR 6480/2015]

Gli impianti di climatizzazione invernale devono essere dotati di sistemi per la regolazione automatica della temperatura ambiente nei singoli locali o zone termiche al fine di non determinare sovra riscaldamento per effetto degli apporti solari e degli apporti gratuiti interni. Tali sistemi devono essere assistiti da compensazione climatica; che può essere omessa ove la tecnologia impiantistica prevede sistemi di controllo equivalenti o di maggiore efficienza o qualora non sia tecnicamente realizzabile. In presenza di impianti termici è obbligatoria l'installazione di sistemi di misurazione intelligente dell'energia consumata. Per gli edifici ad uso non residenziale è reso obbligatorio un livello minimo di automazione per il controllo, la regolazione e la gestione delle tecnologie dell'edificio e degli impianti termici, (BACS), corrispondente alla Classe B, come definita nella tabella 1 della norma UNI EN 15232.

Tale requisito nel nostro progetto di realizzazione del centro polifunzionale è raggiunto mediante l'installazione di una centralina climatica esterna che al variare delle condizioni climatiche ridefinisce la temperatura nei locali sfavoriti, e mediante l'installazione di termostati nei vari locali.

Nell'edificio esistente adibito a scuola di musica, si mantiene l'impianto esistente, ma provvedendo all'installazione di valvole termostatiche sugli elementi radianti esistenti.

8.2 Progetto nuovo edificio polifunzionale

8.2.1 Definizioni Requisiti e Verifiche da soddisfare [Cap.6 – DGR 6480/2015]

In caso di *nuova costruzione e di ristrutturazione importante*, i requisiti sono determinati con l'utilizzo dell'edificio di riferimento.

A decorrere dal 1° gennaio 2016 gli edifici di nuova costruzione / ristrutturazioni importanti di tutte le destinazioni d'uso, devono essere edifici ad energia quasi zero. Pertanto si procede alla:

- a) *Determinazione dei parametri, degli indici di prestazione energetica, espressi in kWh/m² anno e delle efficienze, conformemente al seguente elenco:*

H^T	[W/ m ² K]	Coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente.
$A_{sol,est}/ A_{sup\ utile}$	[-]	Area solare equivalente estiva per unità di superficie utile.
$EP_{H,nd}$	[kWh/m ²]	Indice di prestazione termica utile per climatizzazione invernale.
η_H	[-]	Efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale.
EP_H	[kWh/m ²]	Indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale. Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot").
$EP_{W,nd}$	[kWh/m ²]	Indice di prestazione termica utile per la produzione di acqua calda sanitaria.
η_w	[-]	Efficienza media stagionale dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria.
EP_w	[kWh/m ²]	Indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria. Può essere espresso in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot").
EP_v	[kWh/m ²]	Indice di prestazione energetica per la ventilazione. Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot")
$EP_{C,nd}$	[kWh/m ²]	Indice di prestazione termica utile per la climatizzazione estiva
η_c	[-]	Efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità)
EP_c	[kWh/m ²]	Indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità). Si esprime in energia primaria non rinnovabile (indice "nren") o totale (indice "tot")
EP_L	[kWh/m ²]	Indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale. Questo indice non si calcola per la categoria E.1, fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3). Si esprime in energia primaria non rinnovabile 10 (indice "nren") o totale (indice "tot")
EP_T	[kWh/m ²]	Indice di prestazione energetica del servizio per il trasporto di persone e cose (impianti ascensori, marciapiedi e scale mobili). Questo indice non si calcola per la categoria E.1, fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3)
$EP_{gl} = EP_H + EP_w + EP_v + EP_c + EP_L + EP_T$	[kWh/m ²]	Indice di prestazione energetica globale dell'edificio, espresso in energia primaria. Questo indice può essere espresso in energia primaria totale ($EP_{gl,tot}$) e in energia primaria non rinnovabile ($EP_{gl,nren}$)

Tab. 48 - Tabella 2 – Efficienze, parametri e indici di prestazione energetica

8.2.2 Verifiche progetto del nuovo edificio polifunzionale

b) Verifica del rispetto delle seguenti condizioni con riferimento ai parametri, indici ed efficienze definiti al precedente punto:

1. Il parametro H'_T risulta inferiore al pertinente valore limite riportato nella Tabella 10 dell'Allegato B:

Superficie disperdente: 1.795,93 m²
 Volume: 3.239,37 m³
 $S/V = 0,55$
 $H'_T = (504,44 \text{ m}^2 / 3.239,37 \text{ m}^3) = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

H'T			
Zona climatica	Nuove costruzioni, demolizioni e ricostruzioni		
	$S/V \geq 0.7$	$0.7 > S/V \geq 0.4$	$0.4 > S/V$
A e B	0.58	0.63	0.80
C	0.55	0.60	0.80
D	0.53	0.58	0.80
E	0.50	0.55	0.75
F	0.48	0.53	0.70

Tab. 49 - estratto Tabella 10 - Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico $H'T$ (W/m²K)

PROGETTO NUOVO POLO POLIFUNZIONALE $H'_T = 0,16 < 0,55$



2. il parametro $A_{sol,est} / A_{sup \text{ utile}}$ (area solare equivalente estiva per unità di superficie utile, dipende dalle caratteristiche della parete trasparente dell'involucro) deve essere:

Tipologia intervento RAPPORTO DI FORMA (S/V)	Tutte le zone climatiche
Categoria E. 1 e collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1 (3)	$\leq 0,030$
Tutti gli altri edifici	$\leq 0,040$

Tab. 50 - Tipologia intervento - Rapporto di forma e zona climatiche

Gli edifici possono essere classificati in merito alla destinazione d'uso come segue (D.P.R. 412/93) :

- E1. Edifici adibiti a residenza e assimilabili
- E2. Edifici adibiti a uffici ed assimilabili
- E3. Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili
- E4. Edifici adibiti ad attività ricreative, associative, di culto e assimilabili**
- E5. Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili
- E6. Edifici adibiti ad attività sportive e assimilabili
- E7. Edifici adibiti ad attività scolastiche di tutti i livelli e assimilabili
- E8. Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili

PROGETTO NUOVO POLO POLIFUNZIONALE $A_{sol,est} / A_{sup \text{ utile}} = 0,0021 < 0,04$



3. gli indici $EP_{H,nd}$, $EP_{C,nd}$, $EP_{gl, tot}$ risultino inferiori ai valori corrispondenti dei corrispondenti indici limite calcolati per l'edificio di riferimento ($EP_{H,nd,limite}$, $EP_{C,nd,limite}$, $EP_{gl, tot, limite}$) per il quale i parametri energetici, le caratteristiche termiche e impiantistiche sono definiti dalle pertinenti tabelle del Cap. 1 dell'Allegato B:

$EP_{H,nd}$	367,7 kWh/m ²	<	$EP_{H,nd,limite}$	381,47 kWh/m ²	☑
$EP_{C,nd}$	34,19 kWh/m ²	<	$EP_{C,nd,limite}$	35,13 kWh/m ²	☑
$EP_{gl, tot}$	545,56 kWh/m ²	<	$EP_{gl, tot, limite}$	631,37 kWh/m ²	☑

Tab. 51 - Tabella riassuntiva valori e relativa verifica del requisito

4. le efficienze η_H , η_w , η_c risultino superiori ai valori corrispondenti delle corrispondenti efficienze indicate per l'edificio di riferimento ($\eta_{H,limite}$, $\eta_{w,limite}$, $\eta_{c,limite}$) per il quale i parametri energetici e le caratteristiche termiche sono definiti alle tabelle del Cap. 1 dell'Allegato B:

η_H	0,846	>	$\eta_{H,limite}$	0,837	☑
η_c	1,882	>	$\eta_{c,limite}$	0,847	☑

Tab. 52 - Tabella riassuntiva valori e relativa verifica del requisito

Per il valore η_w in questo caso ci si riferisce al Prospetto 5.VI – Coefficienti per il calcolo del fabbisogno di ACS per destinazioni d'uso diverse dal residenziale (Fonte: UNI TS 11300-2:2014), per il quale le scuole e le attività ricomprese nel nostro edificio di progetto sono considerate attività legate a processi tecnologici che non riguardano la permanenza delle persone e quindi correlate a processi produttivi non considerati dalla presente normativa.

c) *c. verifica del rispetto degli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili previsti all'Allegato 3, del decreto legislativo 3.3.2011, n. 288, ossia:*

Per gli edifici pubblici, tali obblighi sono incrementati del 10 %.

1. Copertura, tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, del 50 per cento del fabbisogno di energia primaria per l'acqua calda sanitaria;

QR,W	0%	<	QR,W lim	55 %	<input checked="" type="checkbox"/>
------	----	---	----------	------	-------------------------------------

Tab. 53 - Tabella riassuntiva valori e relativa verifica del requisito

2. Copertura, tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, del 50 per cento della somma dei fabbisogni di energia primaria per l'acqua calda sanitaria, la climatizzazione invernale e la climatizzazione estiva;

QR,gl	60,7%	>	QR,gl lim	55 %	<input checked="" type="checkbox"/>
-------	-------	---	-----------	------	-------------------------------------

Tab. 54 - Tabella riassuntiva valori e relativa verifica del requisito

3. Installazione, sopra o all'interno o nelle relative pertinenze dell'edificio, di impianti alimentati da fonti rinnovabili di potenza elettrica, misurata in kW, calcolata secondo la formula:

$$P = \frac{1}{K} \cdot S$$

Dove S è la superficie in pianta dell'edificio al livello del terreno, misurata in m^2 ,
 k è un coefficiente (m^2/kW) avente valore pari a 50:

S	504,44 m^2	$P = 0.02 \text{ m}^2/kW * 504,44m^2 =$	10,088 kW
K	50 m^2/kW		11,097 kW

Tab. 55 - Tabella riassuntiva valori con incremento per luoghi pubblici

Sulla copertura dell'edificio in progetto sono installati Pannelli Fotovoltaici con le seguenti caratteristiche:

Marca: MITSUBISHI ELECTRIC
 Modello: TJ PV-TJ235GA6
 Tipo di pannello: Film sottile di silicio amorfo
 Superficie totale di captazione: 75 m^2
 Fattore di potenza di picco Kpv: 0,235 kW/m^2

Potenza di picco in condizioni standard Wpv:

17,625 kW > 11,097 kW



8.2.3 Conclusioni sui dati ottenuti dal calcolo delle prestazioni energetiche edificio esistente.

L'edificio polifunzionale di nuova progettazione rispetta quindi:

- Tutti i requisiti previsti dalla lettera b) del p.to 6.13 del DGR 6480/2015;
- Gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili di cui alla lettera c) del p.to 6.13 del DGR 6480/2015;

E pertanto, è un edificio a energia quasi zero.

8.3 Progetto edificio esistente adibito a scuola di musica

8.3.1 Requisiti e prescrizioni specifici per gli edifici soggetti a ristrutturazioni importanti di secondo livello [Cap.7-8 – DGR 6480/2015]

Per questi tipi di edifici il progettista deve verificare il rispetto dei seguenti requisiti:

1. il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente, H'_T determinato per l'intera porzione dell'involucro oggetto dell'intervento (parete verticale, copertura, solaio, serramenti, ecc.), comprensiva di tutti i componenti, su cui si è intervenuti, risulti inferiore al pertinente valore limite riportato alla Tabella 10, dell'Allegato B, per tutte le categorie di edifici:

Superficie disperdente: 1.284,78 m²
 Volume: 2.933,98 m³
 $S/V = 0,44$
 $H'_T = (584,73\text{m}^2/2.933,98\text{m}^3) = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$

H'T	
Zona climatica	Ristrutturazione importante di secondo livello
A e B	0.73
C	0.70
D	0.68
E	0.65
F	0.62

Tab. 56 - estratto Tabella 10 - Valore massimo ammissibile del coefficiente globale di scambio termico H'_T (W/m²K)

RISTRUTTURAZIONE II° LIVELLO - EDIFICIO ESISTENTE $H'_T = 0,20 < 0,65$	
---	---

2. il valore della trasmittanza termica (U) per le strutture opache verticali delimitanti il volume climatizzato verso l'esterno e verso locali non climatizzati, deve essere inferiore o uguale a quello riportato nella Tabella 12 dell'allegato B;

3. il valore della trasmittanza termica (U) per le strutture opache orizzontali o inclinate, delimitanti il volume climatizzato verso l'esterno e verso locali non climatizzati, deve essere inferiore o uguale a quello riportato, in funzione della fascia climatica di riferimento nella Tabella 13 dell'Allegato B, se si tratta di strutture di copertura; nella Tabella 14, se si tratta di strutture di pavimento;

4. il valore massimo della trasmittanza (U) delle chiusure tecniche trasparenti e opache, apribili e assimilabili, delimitanti il volume climatizzato verso l'esterno, ovvero verso ambienti non dotati di impianto di condizionamento, comprensive degli infissi e non tenendo conto della componente oscurante, deve essere inferiore o uguale a quello riportato nella Tabella 15 dell'Allegato B, in funzione della fascia climatica di riferimento;

5. per le chiusure tecniche trasparenti delimitanti il volume climatizzato verso l'esterno con orientamento da Est ad Ovest, passando per Sud, il valore del fattore di trasmissione solare totale (g_{gl+sh}) della componente finestrata, deve essere inferiore o uguale a quello riportato nella Tabella 16 dell'Allegato B;

6. in caso di interventi di riqualificazione energetica dell'involucro opaco che prevedano l'isolamento termico dall'interno o l'isolamento termico in intercapedine, indipendentemente dall'entità della superficie coinvolta, i valori delle trasmittanze di cui alle tabelle da 12 a 16 dell'Allegato B, sono incrementati del 30%.

Quindi possiamo riassumere i valori di legge sopra menzionati nella seguente Tabella:

Descrizione delle strutture	Trasmittanza [W/m ² K]	Incremento del 30 % di U [W/m ² K]
1. Strutture opache verticali, verso l'esterno, ambienti non climatizzati o controterra	U= 0,28	U= 0,364
2. Strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno e ambienti non climatizzati	U= 0,24	U= 0,312
3. Strutture opache orizzontali di pavimento, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o controterra	U= 0,29	U= 0,377
4. Chiusure tecniche trasparenti e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e verso ambienti non climatizzati	U= 1,40	U= 1,82
5. g_{gl+sh}	0,35	0,455

Tab. 57 - Tabella riassuntiva dei valori di trasmittanza e fattore di trasmissione solare totale per componenti finestrati con orientamento da Est a Ovest passando per Sud

8.3.2 Scelte progettuali edificio esistente adibito a scuola di musica

Le scelte progettuali sull'esistente sono quindi state effettuate, principalmente, applicando, in aggiunta allo strato esistente interno e comunque lasciando un'intercapedine d'aria ferma, un pacchetto stratificato a secco, costituito da lastre in cartongesso, di diverso tipo a seconda del locale interessato, e dall'applicazione di idoneo isolamento termico. Elementi che, mediante opportuni profili, sono stati agganciati puntualmente a terra e a soffitto, in modo da apportare il minimo intervento sull'esistente.

Per quanto riguarda i vetri, abbiamo deciso di lasciare quelli esistenti, costituiti da serramento in legno e vetro singolo, ed in aggiunta abbiamo inserito nelle nuove pareti leggere dei nuovi serramenti, in alluminio e vetro doppio, che a seconda delle esigenze potranno essere scorrevoli o a battente.

Questo accorgimento, permette di mantenere l'aspetto esterno inalterato, mentre all'interno permette di raggiungere elevati standard energetici ma anche acustici.

Nel progetto di "riqualificazione energetica" di questo edificio abbiamo puntato principalmente all'aggiunta di materiali con migliori prestazioni, senza modificare il generatore esistente, costituito da una caldaia a gas, marca FER modello SEVEN EL 6 2s, installata nel 2006, di Tipologia A

A questo punto, una volta pensate le stratigrafie, con i relativi materiali, spessori, valori di conducibilità e permeabilità, da realizzare nei vari locali del nostro edificio, abbiamo proceduto al calcolo delle trasmittanze verificando il rispetto dei minimi sopra indicati e al calcolo dei parametri igrometrici, verificando che all'interno del pacchetto non si generino fenomeni di condensa, ovvero che la temperatura, superficiale e/o interna alla parete, sia maggiore della relativa temperatura di condensazione (ovvero che la pressione parziale del vapore – linea rossa - sia maggiore della pressione di saturazione – linea blu – vedi diagramma di Glaser di seguito riportato).

Nel seguito abbiamo quindi inserito per ogni tipo di stratigrafia le verifiche ottenute ed il relativo diagramma di Glaser, riferito, per semplicità, al solo mese critico.

- M3** - MURO PERIMETRALE
ESISTENTE - P.TERRA
- M6** - MURO PERIMETRALE
ESISTENTE - SCALA

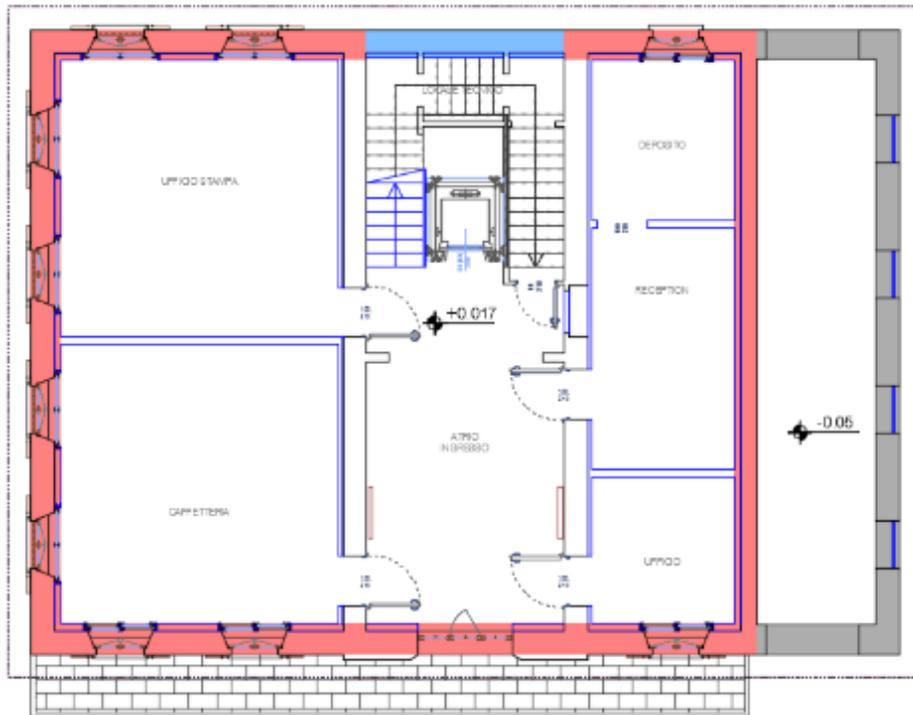


Fig. 182 - Pianta di riferimento per individuazione stratigrafie – P. Terra

- M4** - MURO PERIMETRALE
ESISTENTE - P. PRIMO e SECONDO
- M6** - MURO PERIMETRALE
ESISTENTE - SCALA

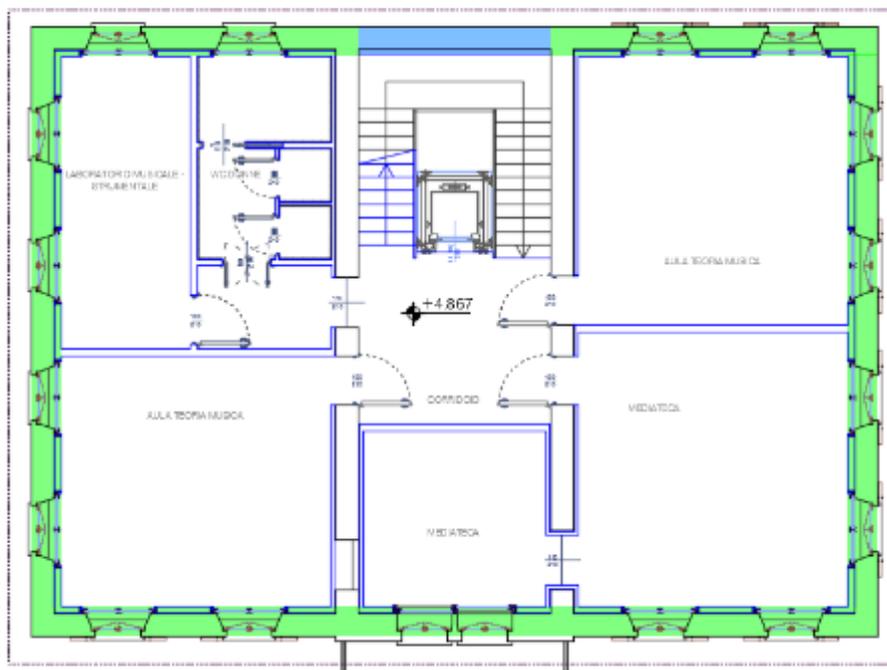


Fig. 183 - Pianta di riferimento per individuazione stratigrafie – P. Primo

- M4** - MURO PERIMETRALE ESISTENTE - P. PRIMO e SECONDO
- M5** - MURO PERIMETRALE ESISTENTE - P. SECONDO (sale anecoiche)
- M6** - MURO PERIMETRALE ESISTENTE - SCALA

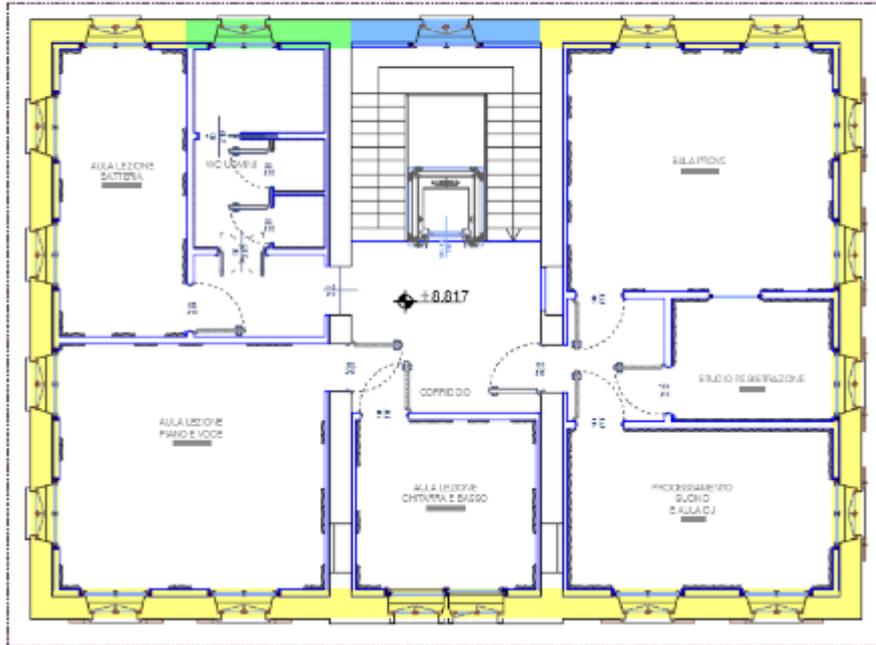


Fig. 184 - Pianta di riferimento per individuazione stratigrafie – P. Secondo

- M3** - MURO PERIMETRALE ESISTENTE - P. TERRA
- M4** - MURO PERIMETRALE ESISTENTE - P. PRIMO e SECONDO
- M5** - MURO PERIMETRALE ESISTENTE - P. SECONDO (sale anecoiche)
- S3** - SOLAIO ESISTENTE VS. SOTTOTETTO e SALE ANECOICHE

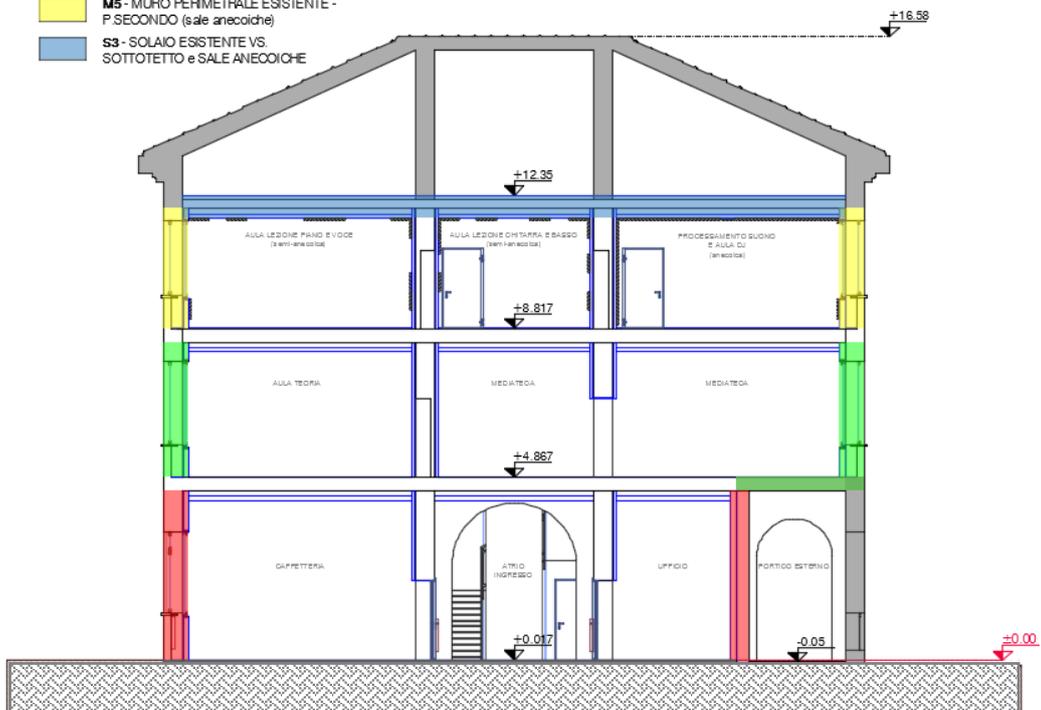
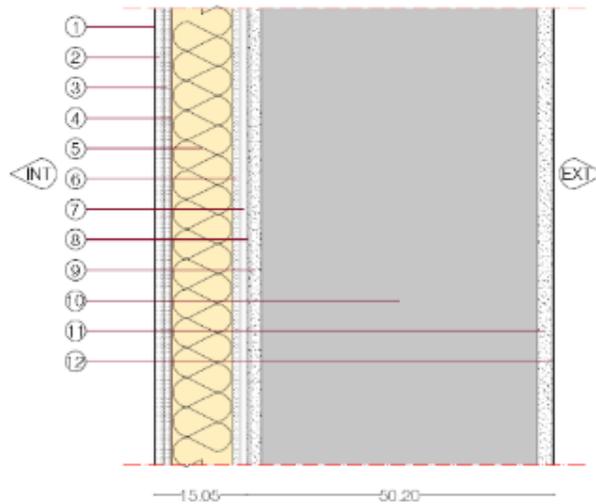


Fig. 185 - Sezione di riferimento per individuazione stratigrafie

M3 – MURO PERIMETRALE ESISTENTE P.TERRA - CHIUSURA VERTICALE OPACA



- | | |
|--|--|
| 1. Rivestimento tipo Knauf MP 75 | 7. Intercapedine non ventilata $A_v < 500 \text{ mm}^2/\text{m}$ |
| 2. Lastra in gesso rivestito, tipo Knauf Diamant | 8. Intonaco di cemento e sabbia |
| 3. Lastra in gesso rivestito, tipo Knauf Silentboard | 9. Malta di cemento |
| 4. Barriera vapore foglio di alluminio (.025-.05 mm) | 10. Mur. mista (pietra-later.) pareti esterne |
| 5. Isolante tipo Rockwool Acoustic 225 | 11. Malta di cemento |
| 6. Lastra in gesso rivestito, tipo Knauf Diamant | 12. Intonaco cementizio con finitura al quarzo |

Trasmittanza Stratigrafia [W/m ² K]	Minore	Trasmittanza Limite [W/m ² K]	Verifica
U = 0,258	<	U = 0,364	<input checked="" type="checkbox"/>

Mese critico

GENNAIO

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento

20,0°C

Fattore di temperatura del mese critico

$f_{RSI,max}$ 0,684

Fattore di temperatura del componente

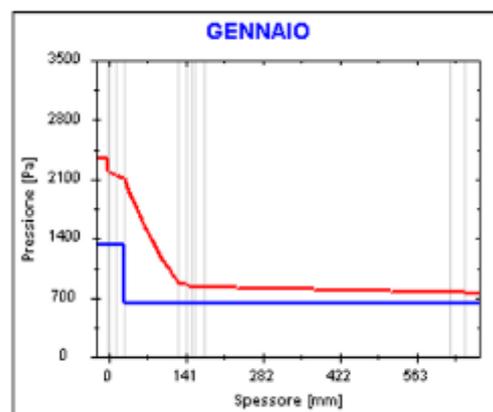
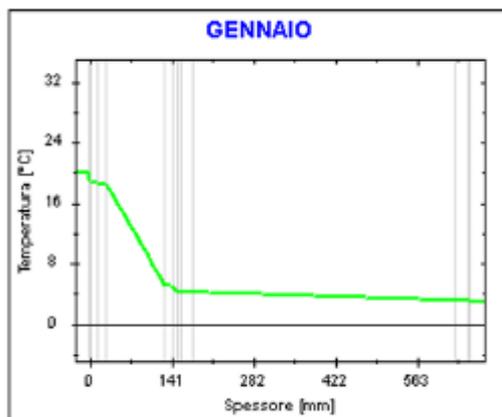
f_{RSI} 0,937

Umidità relativa superficiale accettabile

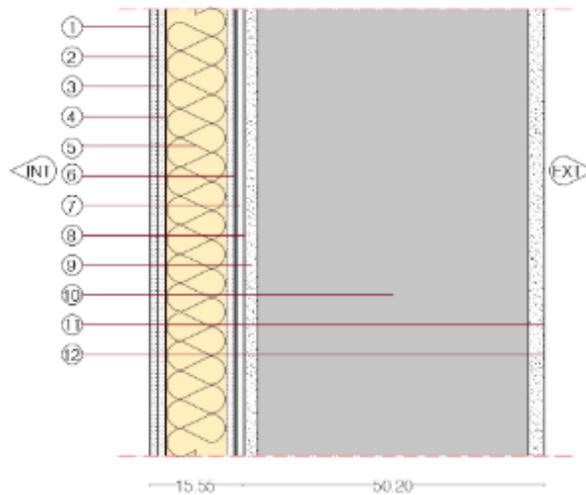
80 %

VERIFICA CONDENZA SUPERFICIALE

VERIFICA CONDENZA INTERSTIZIALE



M4 – MURO PERIMETRALE ESISTENTE P.PRIMO E SECONDO - CHIUSURA VERTICALE OPACA



- | | |
|--|---|
| 1. Rivestimento con intonaco a gesso, tipo Knauf MP 75 | 7. Lastra in gesso ad alta densità (970 kg/m ³) |
| 2. Lastra in gesso rivestito, tipo Knauf Diamant | 8. Intercapedine non ventilata Av < 500 mm ² /m |
| 3. Lastra in gesso rivestito, tipo Knauf Silentboard | 9. Intonaco di cemento e sabbia |
| 4. Barriera vapore foglio di alluminio (.025-.05 mm) | 10. Malta di cemento |
| 5. Isolante tipo Rockwool Acoustic 225 | 11. Mur. mista (pietra-later.) pareti esterne (|
| 6. Manto fonoresiliente ed antivibrante tipo POLYMAX ITALIA Microgips plus | 12. Intonaco cementizio con finitura al quarzo |

Trasmittanza Stratigrafia [W/m ² K]	Minore	Trasmittanza Limite [W/m ² K]	Verifica
U= 0,258	<	U= 0,364	<input checked="" type="checkbox"/>

Mese critico

GENNAIO

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento

20,0°C

Fattore di temperatura del mese critico

f_{RSI,max} 0,684

Fattore di temperatura del componente

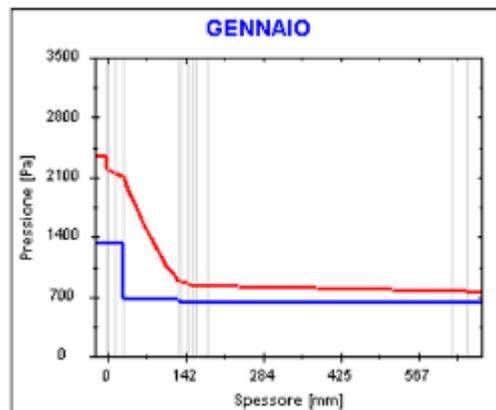
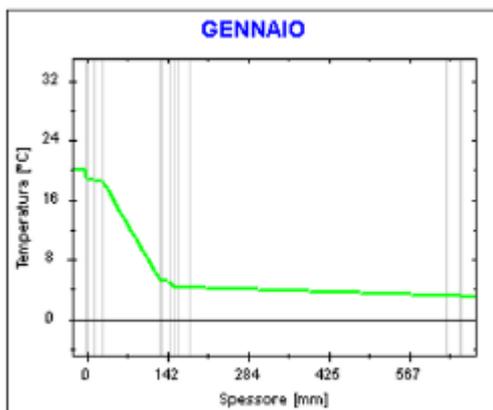
f_{RSI} 0,937

Umidità relativa superficiale accettabile

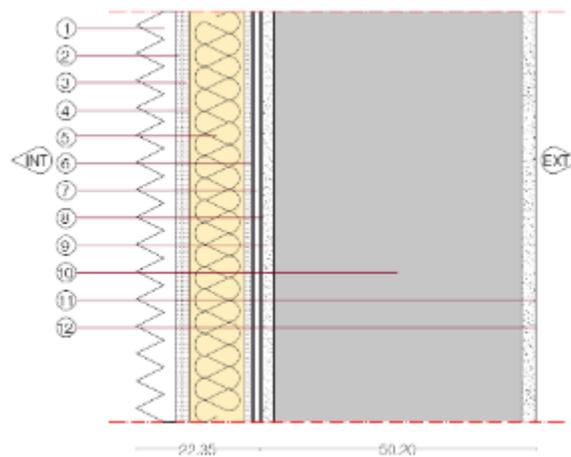
80 %

VERIFICA CONDENZA SUPERFICIALE

VERIFICA CONDENZA INTERSTIZIALE



M5 – MURO PERIMETRALE ESISTENTE P. SECONDO - CHIUSURA VERTICALE OPACA



- | | |
|--|--|
| 1. Polysound Pyramid PU | 7. Cartongesso 12,5 mm (per THERMOGES) |
| 2. Cartongesso 12,5 mm (per THERMOGES) | 8. Intercapedine non ventilata $A_v < 500 \text{ mm}^2/\text{m}$ |
| 3. Cartongesso 12,5 mm (per THERMOGES) | 9. Intonaco di cemento e sabbia |
| 4. Barriera vapore foglio di alluminio (.025-.05 mm) | 10. Malta di cemento |
| 5. Acoustic 225 | 11. Mur.mista (pietra-later.) pareti esterne |
| 6. Polietilene, alta massa volumica | 12. Intonaco al quarzo |

Trasmittanza Stratigrafia [W/m ² K]	Minore	Trasmittanza Limite [W/m ² K]	Verifica
U = 0,161	<	U = 0,364	<input checked="" type="checkbox"/>

Mese critico

GENNAIO

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento

20,0°C

Fattore di temperatura del mese critico

$f_{RSI,max}$ 0,684

Fattore di temperatura del componente

f_{RSI} 0,960

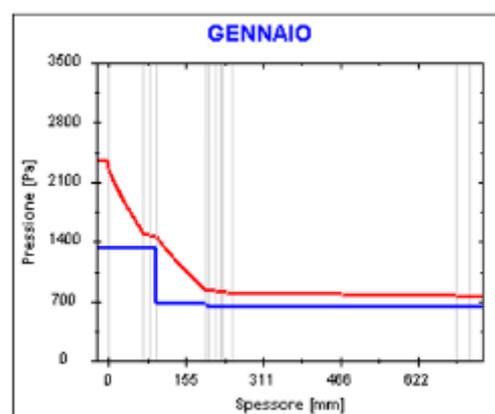
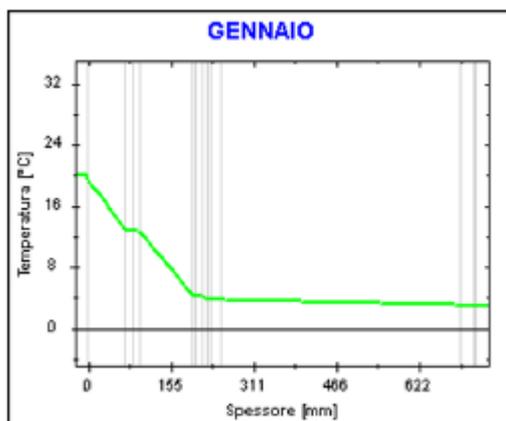
Umidità relativa superficiale accettabile

80 %

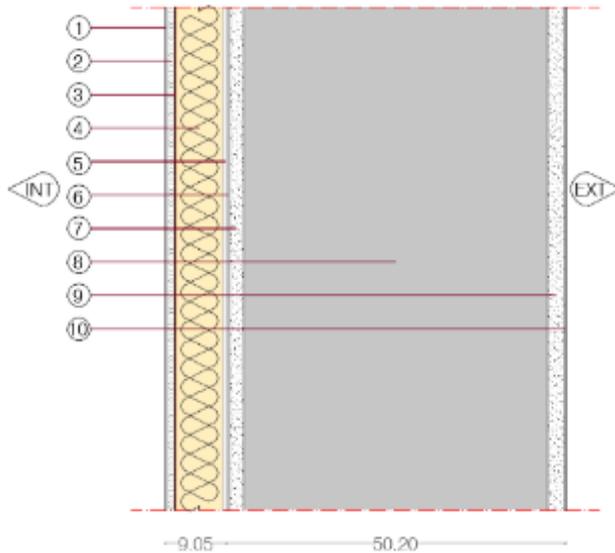
VERIFICA CONDENZA SUPERFICIALE



VERIFICA CONDENZA INTERSTIZIALE



M6 – MURO PERIMETRALE ESISTENTE SCALA - CHIUSURA VERTICALE OPACA



1. Rivestimento con intonaco a gesso, tipo Knauf MP 75
2. Lastra in gesso rivestito, accoppiata al pannello Isolparma
3. Barriera vapore foglio di alluminio (.025-.05 mm)
4. Pannello in poliuretano rigido Isolparma RFI tipo Isolparma Cart Pu RFI
5. Intercapedine non ventilata $Av < 500 \text{ mm}^2/\text{m}$
6. Intonaco di cemento e sabbia
7. Malta di cemento
8. Mur. mista (pietra-later.) pareti esterne
9. Malta di cemento
10. Intonaco cementizio con finitura al quarzo

Trasmittanza Stratigrafia [W/m ² K]	Minore	Trasmittanza Limite [W/m ² K]	Verifica
U= 0, 269	<	U= 0,364	<input checked="" type="checkbox"/>

Mese critico

GENNAIO

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento

20,0°C

Fattore di temperatura del mese critico

$f_{RSI,max}$ 0,684

Fattore di temperatura del componente

f_{RSI} 0,934

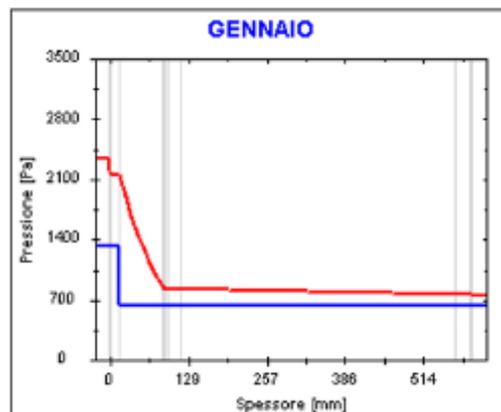
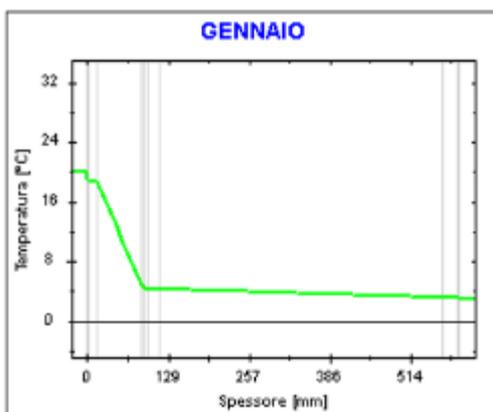
Umidità relativa superficiale accettabile

80 %

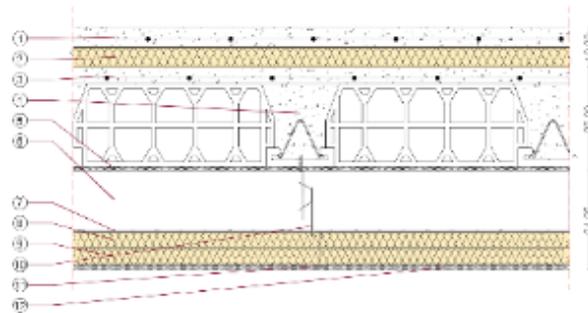
VERIFICA CONDENSA SUPERFICIALE



VERIFICA CONDENSA INTERSTIZIALE



S2 – SOFFITTO EDIFICIO ESISTENTE VS. SOTTOTETTO - CHIUSURA ORIZZONTALE OPACA



- | | | | |
|---|---|----|--|
| 1 | Massetto di copertura ripartitore dei carichi, in cls | 7 | Profilo longitudinale in alluminio |
| 2 | Pannello sandwich, tipo Stiferite GTE | 8 | Isolante, tipo Rockwool Acoustic 225 |
| 3 | Massetto in C.I.s. armato (2% acciaio) | 9 | Isolante, tipo Rockwool Acoustic 225 |
| 4 | Soletta in latero cemento | 10 | Pendino in acciaio |
| 5 | Rasatura con malta di calce e cemento | 11 | Profilo trasversale in alluminio |
| 6 | Intercapedine non ventilata $A_v < 500 \text{ mm}^2/\text{m}$ | 12 | Lastra in gesso fonoassorbente, tipo Knauf Cleaneo, con fori asimmetrici |

Trasmittanza Stratigrafia [W/m ² K]	Minore	Trasmittanza Limite [W/m ² K]	Verifica
U= 0,195	<	U= 0,312	<input checked="" type="checkbox"/>

Mese critico

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento

Fattore di temperatura del mese critico

Fattore di temperatura del componente

Umidità relativa superficiale accettabile

GENNAIO

20,0°C

$f_{RSI,max}$ 0,549

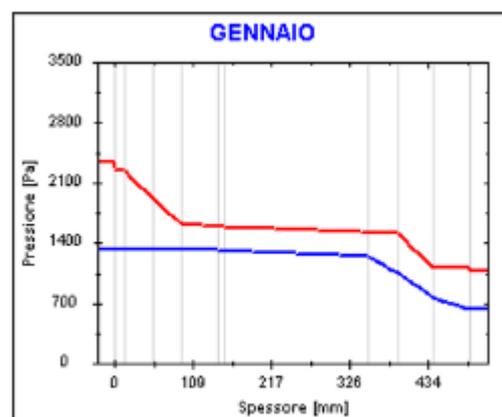
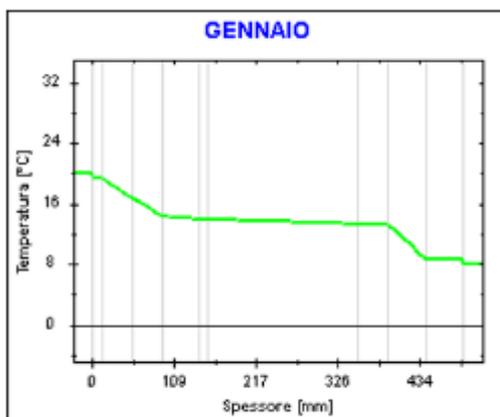
f_{RSI} 0,954

80 %

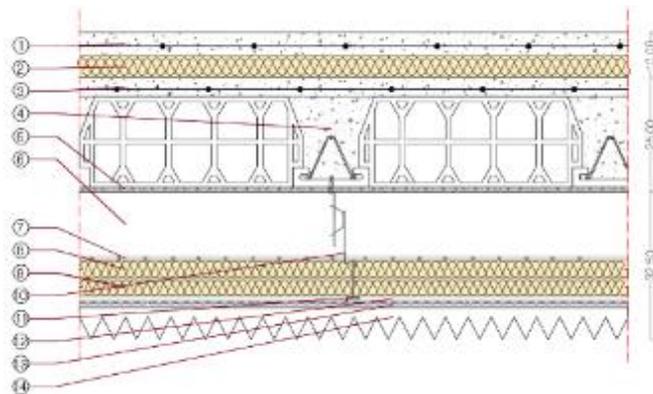
VERIFICA CONDENZA SUPERFICIALE



VERIFICA CONDENZA INTERSTIZIALE



S3 – SOFFITTO ESISTENTE SALE ANECOICHE VS. SOTTOTETTO - CHIUSURA ORIZZONTALE OPACA



- 1Massetto di copertura ripartitore dei carichi,
- 2Pannello sandwich, tipo Stiferite GTE
- 3Massetto in C.I.s. armato (2% acciaio)
- 4Soletta in latero cemento
- 5Rasatura con malta di calce e cemento
- 6Intercapeidine non ventilata $A_v < 500 \text{ mm}^2/\text{m}$
- 7Profilo longitudinale in alluminio

- 8Isolante, tipo Rockwool Acoustic 225
- 9Isolante, tipo Rockwool Acoustic 225
- 10Pendino in acciaio
- 11Profilo trasversale in alluminio
- 12Lastra in gesso rivestito, Knauf Silentboard
- 13Lastra in gesso rivestito, Knauf Diamant
- 14Rivestimento con pannello fonoassorbente, tipo BASF, Polisound Pyramid PU

Trasmittanza Stratigrafia [W/m ² K]	Minore	Trasmittanza Limite [W/m ² K]	Verifica
U= 0,133	<	U= 0,312	<input checked="" type="checkbox"/>

Mese critico

Temperatura interna nel periodo di riscaldamento

Fattore di temperatura del mese critico

Fattore di temperatura del componente

Umidità relativa superficiale accettabile

GENNAIO

20,0°C

$f_{RSI,max}$ 0,549

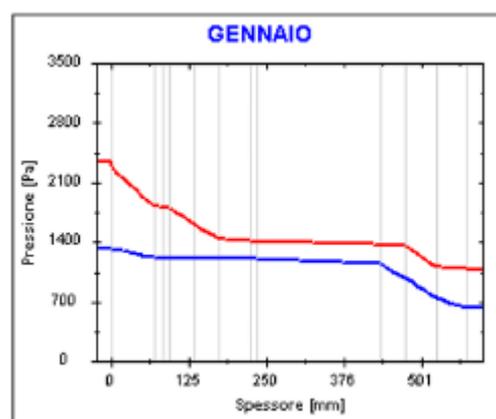
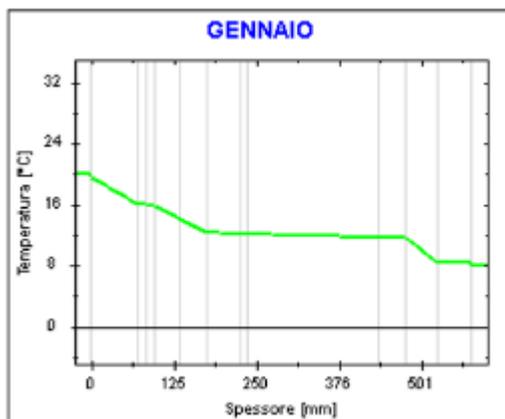
f_{RSI} 0,968

80 %

VERIFICA CONDENSA SUPERFICIALE



VERIFICA CONDENSA INTERSTIZIALE



8.3.4 Conclusioni sui dati ottenuti dal calcolo delle prestazioni energetiche edificio esistente

L'applicazione di sistemi di isolamento all'interno dell'edificio (muri e soffitti esistenti di scarsa rilevanza storica), permette di ottenere bassi valori di trasmittanza negli elementi tecnici di separazione tra locali riscaldati ed esterno, superando di buon grado i valori limite di trasmittanza fissati dalla normativa.

Come previsto dalla norma, saranno applicati agli elementi radianti esistenti, le valvole termostatiche per il controllo delle temperature nei locali, e nel progetto di rifunzionalizzazione è stato mantenuto il medesimo generatore di calore, poiché per sfruttare appieno i rendimenti di un generatore a condensazione si sarebbero dovuti ristrutturare i sistemi di distribuzione, (tubazioni all'interno dei muri esistenti) e di emissione (pannelli radianti a pavimento e/o a soffitto) e quindi in antitesi con il concetto del minimo intervento sull'edificio esistente.

Per lo stesso motivo abbiamo ritenuto non opportuno intervenire sul pavimento del piano terra, in quanto tale intervento avrebbe modificato le altezze minime dei locali, a causa di interventi di scavo, posa di materiale inerte, realizzazione di vespaio e formazione di nuova pavimento. Tali lavorazioni avrebbero interferito anche con le fondazioni esistenti, dovendo andare ad intraprendere ulteriori opere di consolidamento delle stesse, aumentando quindi i costi di intervento.

Non potendo coibentare i paramenti murari dall'esterno non è stato possibile eliminare e mitigare i ponti termici dovuti al basamento controterra non isolato, al balcone sul prospetto Sud e al solaio sospeso sul loggiato ad Est. Tali ponti termici sono stati comunque considerati nell'elaborazione del calcolo delle dispersioni.

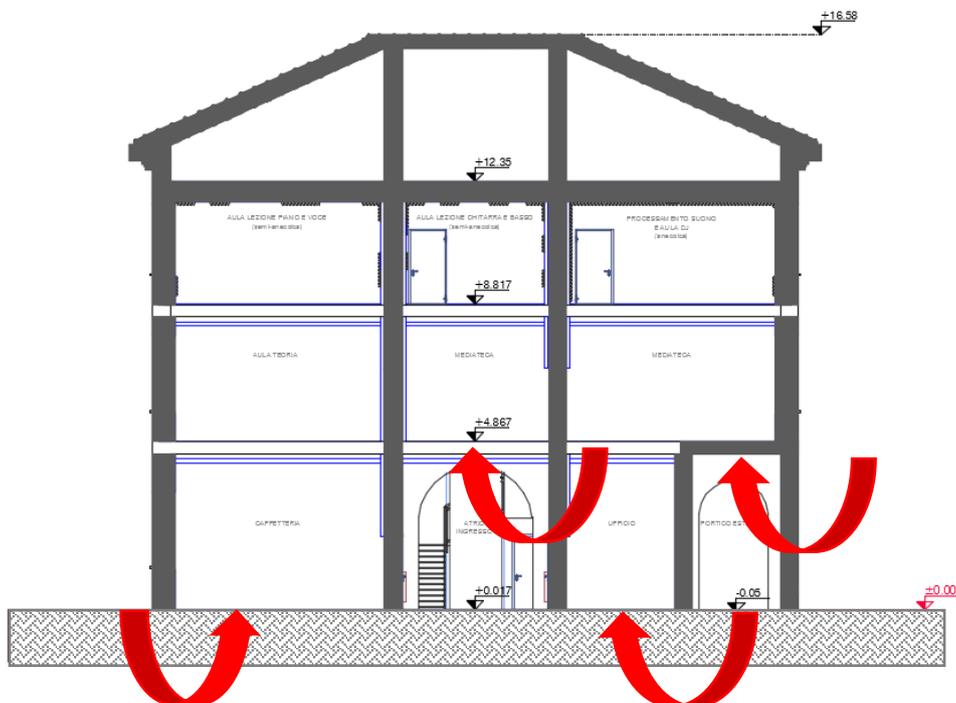


Fig. 186 - Sezione di riferimento indicazione ponti termici

8.4 Attestato di Prestazione Energetica (APE) [Cap.10,11,15 – DGR 6480/2015]

A decorrere dal primo gennaio 2016, gli edifici per i quali viene presentata la domanda per il permesso di costruire o la segnalazione certificata di inizio attività, di cui, rispettivamente, agli articoli 20 e 22 del DPR 380/2001 per interventi di nuova costruzione o di ristrutturazione importante di primo e secondo livello, devono essere dotati, al termine dei lavori e prima della dichiarazione di agibilità, dell'Attestato di Prestazione Energetica redatto secondo lo schema definito all'Allegato D.

L'Attestato di Prestazione Energetica, di cui all'Allegato D, è il documento sintetico prodotto a cura del proprietario dell'edificio attestante il valore risultante dal calcolo della prestazione energetica dell'edificio a cui esso si riferisce effettuato secondo il metodo di calcolo visto ai paragrafi precedenti.

Al primo di ottobre 2015, per gli Attestati di Prestazione Energetica redatti in conformità al metodo di calcolo di cui all'Allegato H, della DGR 6480/2015 la classe energetica dell'unità immobiliare è determinata utilizzando l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile, $EP_{gl,nren}$, per mezzo del confronto con una scala di classi prefissate.

La scala delle classi è definita a partire dal valore dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio di riferimento, $EP_{gl,nren,rif,standard}$, ipotizzando che in esso siano installati gli elementi edilizi definiti al punto 1 dell'Allegato B ed esclusivamente gli impianti standard riportati nella tabella 4 seguente (escludendo quindi gli eventuali impianti a fonti rinnovabili presenti nell'edificio reale).

Climatizzazione invernale	Generatore a combustibile gassoso (gas naturale) nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 8 dell'Allegato B e con relativa efficienza dei sottosistemi di utilizzazione di cui alla tabella 7 dello stesso Allegato.
Climatizzazione estiva	Macchina frigorifera a compressione di vapore a motore elettrico nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 8 dell'Allegato B e con relativa efficienza dei sottosistemi di utilizzazione di cui alla tabella 7 dello stesso Allegato.
Ventilazione	Ventilazione meccanica a semplice flusso per estrazione nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 9 dell'Allegato B.
Acqua calda sanitaria	Generatore a combustibile gassoso (gas naturale) nel rispetto dei requisiti di cui alla tabella 8 dell'Allegato B e con relativa efficienza dei sottosistemi di utilizzazione di cui alla tabella 7 dello stesso Allegato.
Illuminazione	Rispetto dei requisiti di cui al paragrafo 1.2.2 dell'Allegato B.
Trasporto persone o cose	Rispetto dei requisiti di cui al punto 5.10

Tab. 58 - estratto Tabella 4 – Tecnologie standard dell'edificio di riferimento

Il valore $EP_{gl,nren,rif,standard}$ è posto quale limite di separazione tra le classi A1 e B.

Ai fini della determinazione della classe energetica dell'edificio per la redazione dell'APE, in base a quanto suddetto, si procede come segue:

a) si determina il valore di $EP_{gl,nren,rif,standard}$ per l'edificio di riferimento, dotandolo delle tecnologie standard riportate nella Tabella 4;

b) si calcola il valore di $EP_{gl,nren}$ per l'unità immobiliare oggetto dell'attestazione e si individua la classe energetica da attribuire in base alla Tabella 5, sotto riportata:

	Classe A4	$\leq 0,40 EP_{gl, nren, rif, standard}$
$0,40 EP_{gl, nren, rif, standard} <$	Classe A3	$\leq 0,60 EP_{gl, nren, rif, standard}$
$0,60 EP_{gl, nren, rif, standard} <$	Classe A2	$\leq 0,80 EP_{gl, nren, rif, standard}$
$0,80 EP_{gl, nren, rif, standard} <$	Classe A1	$\leq 1,00 EP_{gl, nren, rif, standard}$
$1,00 EP_{gl, nren, rif, standard} <$	Classe B	$\leq 1,20 EP_{gl, nren, rif, standard}$
$1,20 EP_{gl, nren, rif, standard} <$	Classe C	$\leq 1,50 EP_{gl, nren, rif, standard}$
$1,50 EP_{gl, nren, rif, standard} <$	Classe D	$\leq 2,00 EP_{gl, nren, rif, standard}$
$2,00 EP_{gl, nren, rif, standard} <$	Classe E	$\leq 2,60 EP_{gl, nren, rif, standard}$
$2,60 EP_{gl, nren, rif, standard} <$	Classe F	$\leq 3,50 EP_{gl, nren, rif, standard}$
	Classe G	$> 3,50 EP_{gl, nren, rif, standard}$

Tab. 59 - estratto Tabella 5 – Scala di classificazione degli edifici sulla base dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile

La prestazione energetica invernale del fabbricato, riportata nell'Attestato di Prestazione Energetica, di cui alla tabella 6 è definito a partire dal valore dell'indice di prestazione termica utile per la climatizzazione invernale dell'edificio di riferimento, $EP_{H, nd, limite}$, ipotizzando che in esso siano installati elementi edilizi rispondenti ai requisiti minimi di cui al punto 1 dell'Allegato B; mentre la prestazione energetica estiva del fabbricato, riportata nell'Attestato di Prestazione Energetica, di cui alla tabella 7 è definito alla trasmittanza termica periodica Y_{IE} e all'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile $A_{sol, est}/A_{sup}$ utile di cui al paragrafo 2.2 sempre dell'Allegato B.

Riportiamo questi dati nella seguente tabella riassuntiva:

Prestazione invernale del fabbricato	Prestazione estiva del fabbricato		Qualità	Indicatore
$EP_{H, nd} \leq 1 * EP_{H, nd, limite}$	$A_{sol, est}/A_{sup\ utile} \leq 0,03$	$Y_{IE} \leq 0,14$	Alta	
$1 * EP_{H, nd, limite} < EP_{H, nd} \leq 1,7 * EP_{H, nd, limite}$	$A_{sol, est}/A_{sup\ utile} \leq 0,03$	$Y_{IE} > 0,14$	Media	
	$A_{sol, est}/A_{sup\ utile} > 0,03$	$Y_{IE} \leq 0,14$		
$EP_{H, nd} > 1,7 * EP_{H, nd, limite}$	$A_{sol, est}/A_{sup\ utile} > 0,03$	$Y_{IE} > 0,14$	Bassa	

Tab. 60 - Tabella riassuntiva indicatore della prestazione energetica invernale ed estiva del fabbricato, al netto degli impianti presenti

8.4.1 Elementi per calcolo dell'indice di prestazione energetica

La prestazione energetica dell'edificio è quantificata da due indici, l'indice di energia primaria globale non rinnovabile e l'indice di energia primaria globale totale, entrambi espressi in kilowattora su metro quadro in un anno:

$$EP_{gl,nren} = E_{p,gl,nren} / A$$

$EP_{gl,tot}$ è il fabbisogno annuale globale di energia primaria totale dell'edificio, [kWh]; A è l'area della superficie utile dell'edificio [m²].

$$EP_{gl,tot} = E_{p,gl,tot} / A$$

I servizi presi in considerazione e per i quali si calcolano gli indici energetici sono:

- riscaldamento: $S=H$
- raffrescamento: $S=C$
- climatizzazione invernale: $S=HA$
- climatizzazione estiva: $S=CA$
- acqua calda sanitaria: $S=W$
- ventilazione: $S=V$
- illuminazione generale: $S=L$

Non è detto che i servizi riscaldamento e climatizzazione invernale, così come i servizi raffrescamento e climatizzazione estiva, siano mutuamente esclusivi; può infatti accadere che un edificio abbia una zona solo riscaldata e un'altra climatizzata; in tal caso occorre determinare entrambi gli indici.

Il calcolo della quota di energia da fonti rinnovabili può essere riferito a:

- un solo servizio energetico dell'edificio (ad esempio solo per acqua calda sanitaria);
- più servizi energetici dell'edificio (ad esempio per climatizzazione invernale, climatizzazione estiva e acqua calda sanitaria).

La quota di energia da fonti rinnovabili per il singolo servizio S dell'edificio è calcolata come:

$$QER_S = E_{p,S,ren} / E_{p,S,tot}$$

La quota di energia da fonti rinnovabili per l'edificio, cioè per la totalità degli N_S servizi energetici considerati, è calcolata come:

$$QER = \frac{\sum_{S=1}^{N_S} E_{p,S,ren}}{\sum_{S=1}^{N_S} E_{p,S,tot}}$$

Si allegano di seguito gli Attestati di Prestazione Energetica elaborati sia per il nuovo edificio polifunzionale, sia per la scuola di musica, mediante il software CENED 2+, versione 1.1.3.

8.4.2 APE Edificio Polifunzionale



Regione Lombardia
Infrastrutture
Lombarde

ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI

CODICE IDENTIFICATIVO: _____ VALIDO FINO AL: _____



DATI GENERALI

<p>Destinazione d'uso</p> <p><input type="checkbox"/> Residenziale</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Non residenziale</p> <p>Classificazione D.P.R. 412/93: <u>E,4 (1)</u></p>	<p>Oggetto dell'attestato</p> <p><input type="checkbox"/> Intero edificio</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Unità immobiliare</p> <p><input type="checkbox"/> Gruppo di unità immobiliari</p> <p>Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: <u>1</u></p>	<p><input type="checkbox"/> Nuova costruzione</p> <p><input type="checkbox"/> Passaggio di proprietà</p> <p><input type="checkbox"/> Locazione</p> <p><input type="checkbox"/> Ristrutturazione importante</p> <p><input type="checkbox"/> Riqualificazione energetica</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Altro: <u>Volontaria</u></p>
--	---	--

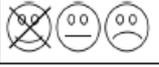
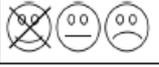
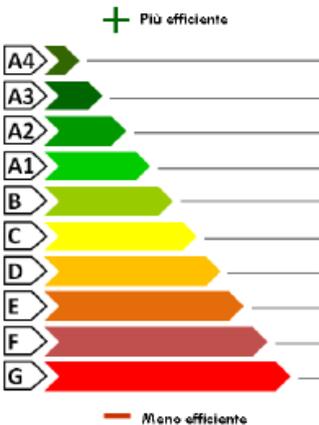
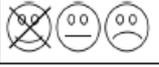
<p>FOTO EDIFICIO</p>	<p>Dati identificativi</p> <p>Regione : Lombardia Comune : MANDELLO DEL LARIO Indirizzo : Via Dante Alighieri 4 Piano : T Interno : Coordinate GIS : 45,90 9,32</p> <p>Zona climatica : E Anno di costruzione : 2016 Superficie utile riscaldata (m²) : 504,44 Superficie utile raffrescata (m²) : 504,44 Volume lordo riscaldato (m³) : 3239,37 Volume lordo raffrescato (m³) : 3239,37</p>																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td colspan="4">Comune catastale</td> <td colspan="4">MANDELLO DEL LARIO</td> <td colspan="2">Sezione</td> <td colspan="2">Foglio</td> <td colspan="2">1</td> <td colspan="2">Particella</td> <td colspan="2">1</td> </tr> <tr> <td>Subalterni</td><td>da</td><td></td><td>a</td> <td>da</td><td></td><td>a</td> <td>da</td><td></td><td>a</td> <td>da</td><td></td><td>a</td> <td>da</td><td></td><td>a</td> <td>da</td><td></td><td>a</td> </tr> <tr> <td>Altri subalterni</td><td>1</td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td> <td></td><td></td><td></td> </tr> </table>			Comune catastale				MANDELLO DEL LARIO				Sezione		Foglio		1		Particella		1		Subalterni	da		a	Altri subalterni	1																																
Comune catastale				MANDELLO DEL LARIO				Sezione		Foglio		1		Particella		1																																										
Subalterni	da		a	da		a	da		a	da		a	da		a	da		a																																								
Altri subalterni	1																																																									

Servizi energetici presenti

<input checked="" type="checkbox"/> Climatizzazione invernale	<input type="checkbox"/> Ventilazione meccanica	<input checked="" type="checkbox"/> Illuminazione
<input checked="" type="checkbox"/> Climatizzazione estiva	<input checked="" type="checkbox"/> Prod. acqua calda sanitaria	<input type="checkbox"/> Trasporto di persone o cose

PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.

<p>Prestazione energetica del fabbricato</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th style="background-color: #d9ead3;">INVERNO</th> <th style="background-color: #d9ead3;">ESTATE</th> </tr> <tr> <td style="background-color: #d9ead3; text-align: center;">  </td> <td style="background-color: #d9ead3; text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;">  </td> <td style="background-color: #d9ead3;">  </td> </tr> </table>	INVERNO	ESTATE					<p>Prestazione energetica globale</p>  <div style="border: 2px solid #008000; padding: 5px; margin-top: 10px; text-align: center;"> <p>EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO</p> <p>CLASSE ENERGETICA A4</p> <p>EP_{gl,nren} 243,91 kWh/m² anno</p> </div>	<p>Riferimenti</p> <p>Gli immobili simili avrebbero in media la seguente classificazione:</p> <p>Se nuovi:</p> <div style="background-color: #008000; color: white; padding: 5px; text-align: center; margin: 5px;"> <p>A1(517,99)</p> </div> <p>Se esistenti:</p> <div style="background-color: #ffc000; height: 20px; width: 100%;"></div>
INVERNO	ESTATE							
								
								



ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI
CODICE IDENTIFICATIVO: VALIDO FINO AL:



PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI IMPIANTI E CONSUMI STIMATI

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica rinnovabile e non rinnovabile, nonché una stima dell'energia consumata annualmente dall'immobile secondo un uso standard.

Prestazioni energetiche degli impianti e stima dei consumi di energia

FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE		Quantità annua consumata in uso standard (specificare unità di misura)	Indici di prestazione energetica globali ed emissioni
<input checked="" type="checkbox"/>	Energia elettrica da rete	59308,80 kWh	Indice della prestazione energetica non rinnovabile EP _{gl,nren} kWh/m ² anno 243,91
<input type="checkbox"/>	Gas naturale		
<input type="checkbox"/>	GPL		
<input type="checkbox"/>	Carbone		
<input type="checkbox"/>	Gasolio e Olio combustibile		
<input type="checkbox"/>	Biomasse solide		Indice della prestazione energetica rinnovabile EP _{gl,ren} kWh/m ² anno 301,65
<input type="checkbox"/>	Biomasse liquide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse gassose		
<input checked="" type="checkbox"/>	Solare fotovoltaico	5303,57 kWh	Emissioni di CO ₂ kg/m ² anno 50,93
<input type="checkbox"/>	Solare termico		
<input type="checkbox"/>	Eolico		
<input type="checkbox"/>	Teleriscaldamento		
<input type="checkbox"/>	Teleraffrescamento		
<input checked="" type="checkbox"/>	Altro (specificare) pompe di calore	117204,89 kWh	

RACCOMANDAZIONI

La sezione riporta gli interventi raccomandati e la stima dei risultati conseguibili, con il singolo intervento o con la realizzazione dell'insieme di essi, esprimendo una valutazione di massima del potenziale di miglioramento dell'edificio o immobile oggetto dell'attestato di prestazione energetica.

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE
INTERVENTI RACCOMANDATI E RISULTATI CONSEGUIBILI

Codice	TIPO DI INTERVENTO RACCOMANDATO	Comporta una Ristrutturazione importante	Tempo di ritorno dell'investimento anni	Classe Energetica raggiungibile con l'intervento (EP _{gl,nren} kWh/m ² anno)	CLASSE ENERGETICA raggiungibile se si realizzano tutti gli interventi raccomandati
R _{EN1}					kWh/m ² anno
R _{EN2}					
R _{EN3}					
R _{EN4}					
R _{EN5}					
R _{EN6}					



**ATTESTATO DI PRESTAZIONE
ENERGETICA DEGLI EDIFICI**
CODICE IDENTIFICATIVO: _____ VALIDO FINO AL: _____



ALTRI DATI ENERGETICI GENERALI

Energia esportata	0,00 kWh/anno	Vettore energetico: _____
-------------------	---------------	---------------------------

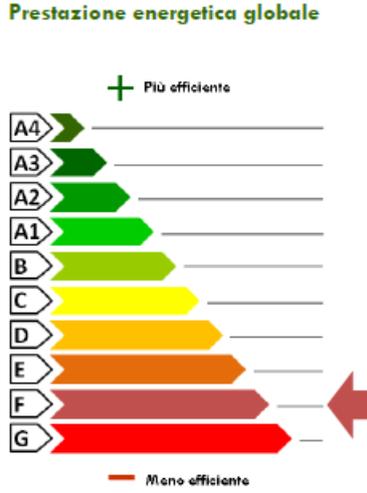
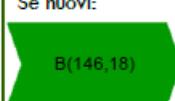
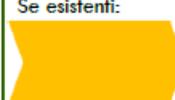
ALTRI DATI DI DETTAGLIO DEL FABBRICATO

V – Volume riscaldato	3239,37	m ³
S – Superficie disperdente	1795,93	m ²
Rapporto S/V	0,55	
EP _{H,nd}	367,70	kWh/m ² anno
A _{sol,est} /A _{sup utile}	0,00	-
Y _{IE}	0,00	W/m ² K

DATI DI DETTAGLIO DEGLI IMPIANTI

Servizio energetico	Tipo di impianto	Anno di installazione	Codice catasto regionale impianti termici	Vettore energetico utilizzato	Potenza Nominale kW	Efficienza media stagionale		EP _{ren}	EP _{nren}
Climatizzazione invernale	Generatore a combustione	2016		Gas naturale	48,00	2,22	η _H	275,01	185,85
	Pompa di calore	2016		Energia elettrica	67,00				
Climatizzazione estiva	Pompa di calore	2016		Energia elettrica	35,00	2,34	η _C	3,53	14,64
Prod. acqua calda sanitaria	Generatore a combustione	2016		Gas naturale	48,00	0,00	η _W	0,00	0,00
Impianti combinati									
Produzione da fonti rinnovabili	Impianto fotovoltaico				17,62				
	Pompa di calore				67,00				
Ventilazione meccanica									
Illuminazione					10,09			23,11	63,42
Trasporto di persone o cose									

8.4.3 APE Edificio Esistente senza intervento di ristrutturazione

		ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI CODICE IDENTIFICATIVO: _____ VALIDO FINO AL: _____																																															
DATI GENERALI																																																	
Destinazione d'uso <input type="checkbox"/> Residenziale <input checked="" type="checkbox"/> Non residenziale Classificazione D.P.R. 412/93: <u>E.7</u>		Oggetto dell'attestato <input type="checkbox"/> Intero edificio <input checked="" type="checkbox"/> Unità immobiliare <input type="checkbox"/> Gruppo di unità immobiliari Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: <u>1</u>		<input type="checkbox"/> Nuova costruzione <input type="checkbox"/> Passaggio di proprietà <input type="checkbox"/> Locazione <input checked="" type="checkbox"/> Ristrutturazione importante <input type="checkbox"/> Riqualificazione energetica <input type="checkbox"/> Altro: _____																																													
Dati identificativi <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">FOTO EDIFICIO</div>		Regione : Lombardia Comune : MANDELLO DEL LARIO Indirizzo : Via Dante Alighieri 4 Piano : T Interno : Coordinate GIS : 45,90 9,32		Zona climatica : E Anno di costruzione : 1900 Superficie utile riscaldata (m ²) : 615,89 Superficie utile raffrescata (m ²) : 0,00 Volume lordo riscaldato (m ³) : 2954,15 Volume lordo raffrescato (m ³) : 0,00																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Comune catastale</td> <td colspan="2">MANDELLO DEL LARIO</td> <td colspan="2">Sezione</td> <td colspan="2">Foglio</td> <td colspan="2">19</td> <td colspan="2">Particella</td> <td colspan="2">4385</td> </tr> <tr> <td>Subalterni</td> <td>da</td> <td>a</td> <td>da</td> <td>a</td> <td>da</td> <td>a</td> <td>da</td> <td>a</td> <td>da</td> <td>a</td> <td>da</td> <td>a</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Altri subalterni</td> <td>701</td> <td></td> </tr> </table>		Comune catastale		MANDELLO DEL LARIO		Sezione		Foglio		19		Particella		4385		Subalterni	da	a		Altri subalterni	701																												
Comune catastale		MANDELLO DEL LARIO		Sezione		Foglio		19		Particella		4385																																					
Subalterni	da	a	da	a	da	a	da	a	da	a	da	a																																					
Altri subalterni	701																																																
Servizi energetici presenti <input checked="" type="checkbox"/> Climatizzazione invernale <input type="checkbox"/> Climatizzazione estiva <input type="checkbox"/> Ventilazione meccanica <input checked="" type="checkbox"/> Prod. acqua calda sanitaria <input checked="" type="checkbox"/> Illuminazione <input type="checkbox"/> Trasporto di persone o cose																																																	
PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO																																																	
La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.																																																	
Prestazione energetica del fabbricato <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">INVERNO</td> <td style="text-align: center;">ESTATE</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">   </td> <td style="text-align: center;">   </td> </tr> </table>		INVERNO	ESTATE	 	 	Prestazione energetica globale  + Più efficiente - Meno efficiente		Riferimenti Gli immobili simili avrebbero in media la seguente classificazione: Se nuovi:  Se esistenti: 																																									
INVERNO	ESTATE																																																
 	 																																																
		EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO CLASSE ENERGETICA F EP_{gl,nren} 394,27 kWh/m² anno																																															
Pag. 1																																																	



ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI
CODICE IDENTIFICATIVO: VALIDO FINO AL:



PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI IMPIANTI E CONSUMI STIMATI

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica rinnovabile e non rinnovabile, nonché una stima dell'energia consumata annualmente dall'immobile secondo un uso standard.

Prestazioni energetiche degli impianti e stima dei consumi di energia

FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE		Quantità annua consumata in uso standard (specificare unità di misura)	Indici di prestazione energetica globali ed emissioni
<input checked="" type="checkbox"/>	Energia elettrica da rete	23592,64 kWh	Indice della prestazione energetica non rinnovabile EP _{gl,nren} kWh/m ² anno 394,27
<input checked="" type="checkbox"/>	Gas naturale	18857,94 m ³	
<input type="checkbox"/>	GPL		Indice della prestazione energetica rinnovabile EP _{gl,ren} kWh/m ² anno 18,00
<input type="checkbox"/>	Carbone		
<input type="checkbox"/>	Gasolio e Olio combustibile		
<input type="checkbox"/>	Biomasse solide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse liquide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse gassose		Emissioni di CO ₂ kg/m ² anno 77,40
<input type="checkbox"/>	Solare fotovoltaico		
<input type="checkbox"/>	Solare termico		
<input type="checkbox"/>	Eolico		
<input type="checkbox"/>	Teleriscaldamento		
<input type="checkbox"/>	Teleraffrescamento		
<input type="checkbox"/>	Altro (specificare)		

RACCOMANDAZIONI

La sezione riporta gli interventi raccomandati e la stima dei risultati conseguibili, con il singolo intervento o con la realizzazione dell'insieme di essi, esprimendo una valutazione di massima del potenziale di miglioramento dell'edificio o immobile oggetto dell'attestato di prestazione energetica.

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE
INTERVENTI RACCOMANDATI E RISULTATI CONSEGUIBILI

Codice	TIPO DI INTERVENTO RACCOMANDATO	Comporta una Ristrutturazione importante	Tempo di ritorno dell'investimento anni	Classe Energetica raggiungibile con l'intervento (EP _{gl,nren} kWh/m ² anno)	CLASSE ENERGETICA raggiungibile se si realizzano tutti gli interventi raccomandati
REN1					kWh/m ² anno
REN2					
REN3					
REN4					
REN5					
REN6					



ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI
CODICE IDENTIFICATIVO: _____ **VALIDO FINO AL:** _____



ALTRI DATI ENERGETICI GENERALI

Energia esportata	0,00 kWh/anno	Vettore energetico: _____
-------------------	---------------	---------------------------

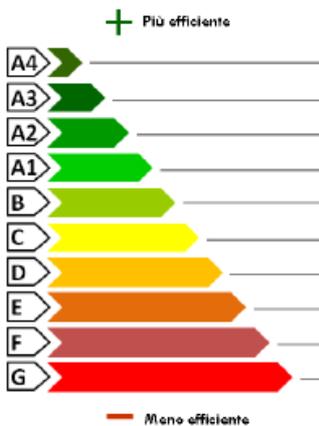
ALTRI DATI DI DETTAGLIO DEL FABBRICATO

V – Volume riscaldato	2954,15	m ³
S – Superficie disperdente	1288,59	m ²
Rapporto S/V	0,44	
EP _{H,rd}	233,20	kWh/m ² anno
A _{sol,est} /A _{sup utile}	0,01	-
Y _{IE}	0,00	W/m ² K

DATI DI DETTAGLIO DEGLI IMPIANTI

Servizio energetico	Tipo di impianto	Anno di installazione	Codice catasto regionale impianti termici	Vettore energetico utilizzato	Potenza Nominale kW	Efficienza media stagionale		EPren	EPnren
Climatizzazione invernale	Generatore a combustione	2006		Gas naturale	85,00	0,73	η _H	0,15	320,06
							η _C		
Prod. acqua calda sanitaria	Generatore a combustione	2006		Gas naturale	85,00	0,85	η _w	0,00	0,13
Impianti combinati									
Produzione da fonti rinnovabili									
Ventilazione meccanica									
Illuminazione					12,32			17,85	74,08
Trasporto di persone o cose									

8.4.4 APE Edificio Scuola di Musica nuovo progetto di ristrutturazione

		ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI CODICE IDENTIFICATIVO: _____ VALIDO FINO AL: _____			
DATI GENERALI					
Destinazione d'uso <input type="checkbox"/> Residenziale <input checked="" type="checkbox"/> Non residenziale Classificazione D.P.R. 412/93: E.7		Oggetto dell'attestato <input type="checkbox"/> Intero edificio <input checked="" type="checkbox"/> Unità immobiliare <input type="checkbox"/> Gruppo di unità immobiliari Numero di unità immobiliari di cui è composto l'edificio: 1		<input type="checkbox"/> Nuova costruzione <input type="checkbox"/> Passaggio di proprietà <input type="checkbox"/> Locazione <input checked="" type="checkbox"/> Ristrutturazione importante <input type="checkbox"/> Riqualificazione energetica <input type="checkbox"/> Altro: _____	
Dati identificativi					
 FOTO EDIFICIO		Regione : Lombardia Comune : MANDELLO DEL LARIO Indirizzo : Via Dante Alighieri 4 Piano : T Interno : Coordinate GIS : 45,90 9,32		Zona climatica : E Anno di costruzione : 1900 Superficie utile riscaldata (m ²) : 584,73 Superficie utile raffrescata (m ²) : 0,00 Volume lordo riscaldato (m ³) : 2933,98 Volume lordo raffrescato (m ³) : 0,00	
Comune catastale		MANDELLO DEL LARIO		Sezione	
Foglio		19		Particella	
4385					
Subaltemi	da	a	da	a	
Altri subaltemi	701				
Servizi energetici presenti					
<input checked="" type="checkbox"/>  Climatizzazione invernale <input type="checkbox"/>  Climatizzazione estiva		<input type="checkbox"/>  Ventilazione meccanica <input checked="" type="checkbox"/>  Prod. acqua calda sanitaria		<input checked="" type="checkbox"/>  Illuminazione <input checked="" type="checkbox"/>  Trasporto di persone o cose	
PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO					
La sezione riporta l'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile in funzione del fabbricato e dei servizi energetici presenti, nonché la prestazione energetica del fabbricato, al netto del rendimento degli impianti presenti.					
Prestazione energetica del fabbricato		Prestazione energetica globale		Riferimenti	
INVERNO  	ESTATE  	 Più efficiente (+) / Meno efficiente (-)		Gli immobili simili avrebbero in media la seguente classificazione: Se nuovi:  Se esistenti: 	
		EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO CLASSE ENERGETICA B EP_{gl,nren} 171,10 kWh/m²anno			

PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI IMPIANTI E CONSUMI STIMATI

La sezione riporta l'indice di prestazione energetica rinnovabile e non rinnovabile, nonché una stima dell'energia consumata annualmente dall'immobile secondo un uso standard.

Prestazioni energetiche degli impianti e stima dei consumi di energia

	FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	Quantità annua consumata in uso standard (specificare unità di misura)	Indici di prestazione energetica globali ed emissioni
<input checked="" type="checkbox"/>	Energia elettrica da rete	22577,07 kWh	Indice della prestazione energetica non rinnovabile EP _{gl,nren} kWh/m ² anno 171,10
<input checked="" type="checkbox"/>	Gas naturale	5367,58 m ³	
<input type="checkbox"/>	GPL		
<input type="checkbox"/>	Carbone		
<input type="checkbox"/>	Gasolio e Olio combustibile		Indice della prestazione energetica rinnovabile EP _{gl,ren} kWh/m ² anno 18,15
<input type="checkbox"/>	Biomasse solide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse liquide		
<input type="checkbox"/>	Biomasse gassose		
<input type="checkbox"/>	Solare fotovoltaico		Emissioni di CO ₂ kg/m ² anno 34,96
<input type="checkbox"/>	Solare termico		
<input type="checkbox"/>	Eolico		
<input type="checkbox"/>	Teleriscaldamento		
<input type="checkbox"/>	Teleraffrescamento		
<input type="checkbox"/>	Altro (specificare)		

RACCOMANDAZIONI

La sezione riporta gli interventi raccomandati e la stima dei risultati conseguibili, con il singolo intervento o con la realizzazione dell'insieme di essi, esprimendo una valutazione di massima del potenziale di miglioramento dell'edificio o immobile oggetto dell'attestato di prestazione energetica.

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE
INTERVENTI RACCOMANDATI E RISULTATI CONSEGUIBILI

Codice	TIPO DI INTERVENTO RACCOMANDATO	Comporta una Ristrutturazione importante	Tempo di ritorno dell'investimento anni	Classe Energetica raggiungibile con l'intervento (EP _{gl,nren} kWh/m ² anno)	CLASSE ENERGETICA raggiungibile se si realizzano tutti gli interventi raccomandati
REN1					kWh/m ² anno
REN2					
REN3					
REN4					
REN5					
REN6					



ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI
CODICE IDENTIFICATIVO: _____ VALIDO FINO AL: _____



ALTRI DATI ENERGETICI GENERALI

Energia esportata	0,00 kWh/anno	Vettore energetico: _____
-------------------	---------------	---------------------------

ALTRI DATI DI DETTAGLIO DEL FABBRICATO

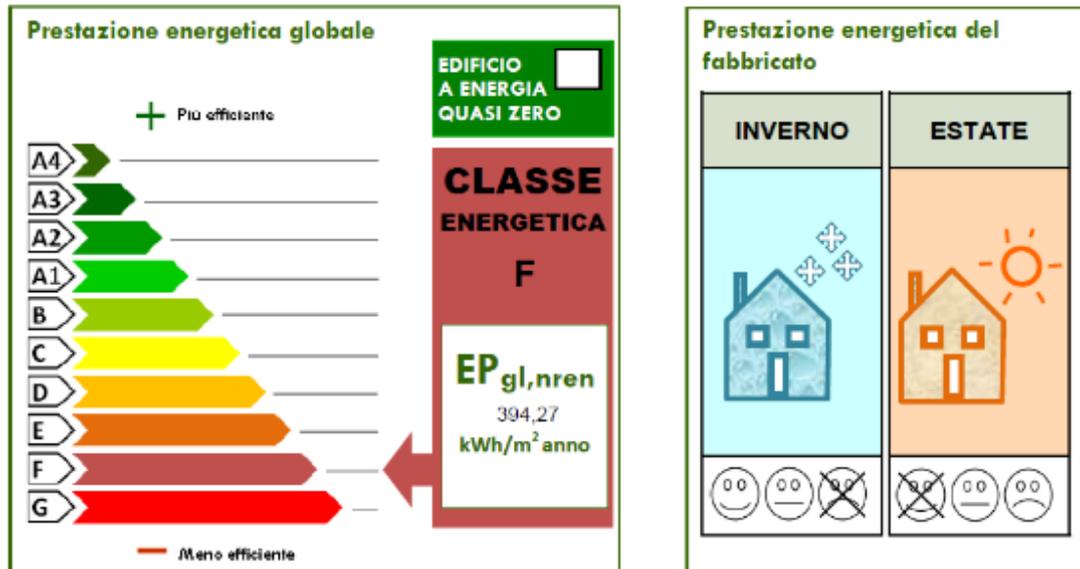
V – Volume riscaldato	2933,98	m ³
S – Superficie disperdente	1284,78	m ²
Rapporto S/V	0,44	
EP _{H,nd}	70,56	kWh/m ² anno
A _{sol,est} /A _{sup utile}	0,01	-
Y _{IE}	0,00	W/m ² K

DATI DI DETTAGLIO DEGLI IMPIANTI

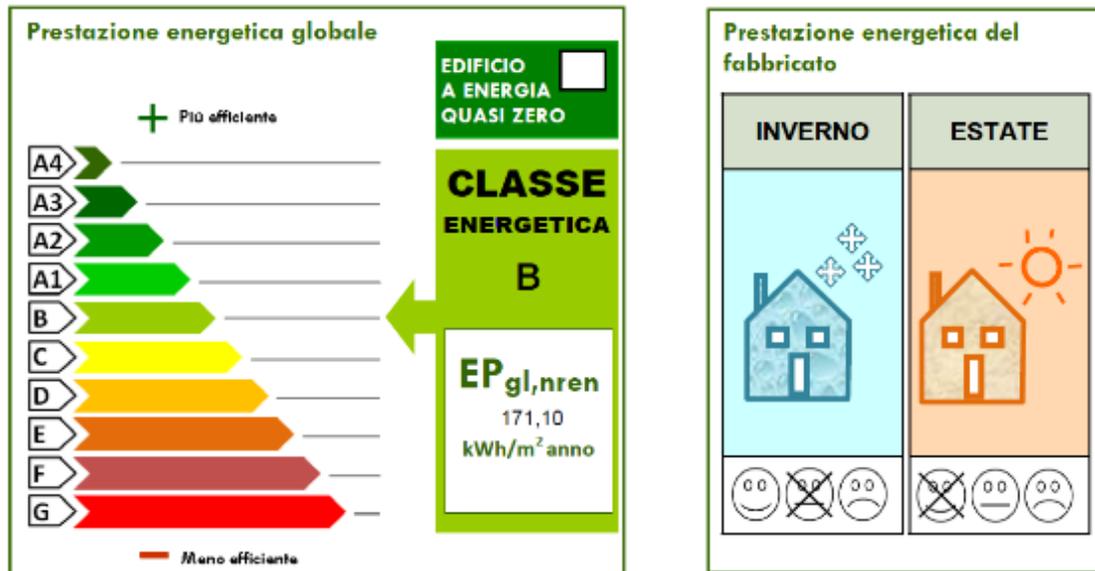
Servizio energetico	Tipo di impianto	Anno di installazione	Codice catasto regionale impianti termici	Vettore energetico utilizzato	Potenza Nominale kW	Efficienza media stagionale		EP _{pren}	EP _{nren}
Climatizzazione invernale	Generatore a combustione	2006		Gas naturale	85,00	0,74	η _H	0,04	95,88
							η _C		
Prod. acqua calda sanitaria	Generatore a combustione	2006		Gas naturale	85,00	0,85	η _w	0,00	0,13
Impianti combinati									
Produzione da fonti rinnovabili									
Ventilazione meccanica									
Illuminazione					11,92			18,10	75,11
Trasporto di persone o cose									

8.4.5 Confronto tra i Stato di Fatto ed edificio di progetto

Abbiamo provato a calcolare i valori di prestazione energetica dell'edificio esistente e abbiamo ottenuto un valore di Prestazione energetica totale pari a **394,27 kWh/m² anno**, ovvero:



Mentre nel caso del nuovo progetto di riqualificazione, consistente nell'aggiunta di nuove contropareti e controsoffitti abbiamo ottenuto un valore di Prestazione energetica totale pari a **171,10 kWh/m² anno**, ovvero:



Si osserva che nel periodo invernale la prestazione energetica del fabbricato ha una qualità **media**, ciò significa che:

$$1 * EPH_{nd,limite} < EPH_{nd} \leq 1,7 * EPH_{nd,limite}$$

$$57,18 \text{ kWh/m}^2 < 70,56 \text{ kWh/m}^2 \leq 97,206 \text{ kWh/m}^2$$

Tale valore è giustificato dal fatto che in inverno si utilizza l'impianto di riscaldamento.

IL PROGETTO ILLUMINOTECNICO

“La storia dell’architettura è la storia della lotta dell’uomo per la luce”

[cit. Mies Van der Rhoë]

Questa citazione introduce perfettamente l’importanza del ruolo svolto dall’involucro edilizio trasparente le cui vetrate hanno avuto un compito fondamentale ed esclusivo nelle architetture di ogni tempo perché permettono il passaggio dell’elemento più importante dello spazio: la luce.

Con questo ultimo approfondimento abbiamo voluto concludere il nostro percorso di tesi, concentrandosi sul ruolo svolto dalla luce che passa attraverso gli ambienti.

Abbiamo analizzato le condizioni di illuminamento, luminanza e fattore di luce diurno per un’aula della scuola di musica collocata al piano primo dell’edificio esistente, come riportato al capitolo 5, par. 5.7, e per l’info-point, collocato a piano terra nel nuovo centro polifunzionale, come di seguito illustrato.

9. IL PROGETTO ILLUMINOTECNICO

9.1 La radiazione solare

L'involucro trasparente risponde ad una esigenza di comfort per l'essere umano e, al tempo stesso, contribuisce a definire la qualità architettonica di un manufatto.

Socrate suggeriva di realizzare abitazioni aperte sulla facciata esposta a sud per sfruttare i raggi solari in inverno, ma di proteggere la facciata con elementi che fungessero da protezione durante la stagione estiva, viceversa la facciata esposta a nord doveva essere ribassata, massiva e con aperture ridottissime per proteggere l'edificio dai freddi venti invernali.

Con i moderni materiali trasparenti a disposizione, però, riusciamo oggi a calibrare la radiazione solare all'interno dei nostri ambienti, favorendo anche un altro aspetto molto importante oltre a quello della luce, e cioè quello del benessere termo igrometrico.

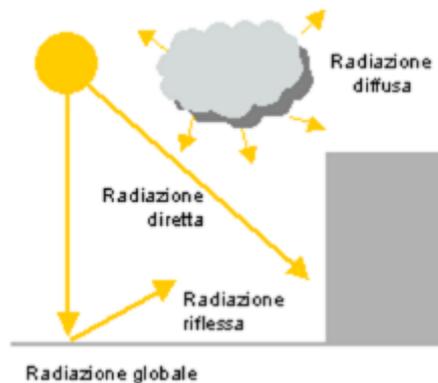


Fig. 187 - Scomposizione della radiazione solare globale

La radiazione solare è il risultato di molti strati che emettono ed assorbono energia radiante a lunghezze d'onda variabili, che si possono individuare nelle seguenti porzioni spettrali:

- Spettro ultravioletto, dannoso per la salute e per il deterioramento di numerosi materiali, in particolare quelli plastici, soggetti a fenomeni di polimerizzazione;
- Spettro visibile, parte dello spettro solare in cui è sensibile l'occhio umano e, dunque, la più importante per lo studio dell'illuminazione naturale;
- Spettro infrarosso, area spettrale con notevole impatto sugli scambi termici. Si parla di medio e lontano infrarosso per le porzioni di spettro a più elevata lunghezza d'onda.

La radiazione solare si propaga come fascio di raggi paralleli ma, nell'attraversare l'atmosfera, subisce tre modifiche, dovute all'effetto dei gas, del vapore d'acqua, delle goccioline d'acqua e delle particelle solide sospese che costituiscono l'atmosfera stessa ed in particolare, quando la radiazione solare incide su un materiale trasparente è scomposta in tre componenti:

- **Trasmittanza o coefficiente di trasmissione:** rapporto tra radiazione che attraversa il materiale e radiazione incidente.
- **Riflettanza o coefficiente di riflessione:** rapporto tra radiazione riflessa dal materiale e radiazione incidente.
- **Assorbanza o coefficiente di assorbimento:** rapporto tra radiazione assorbita dal materiale e radiazione incidente.

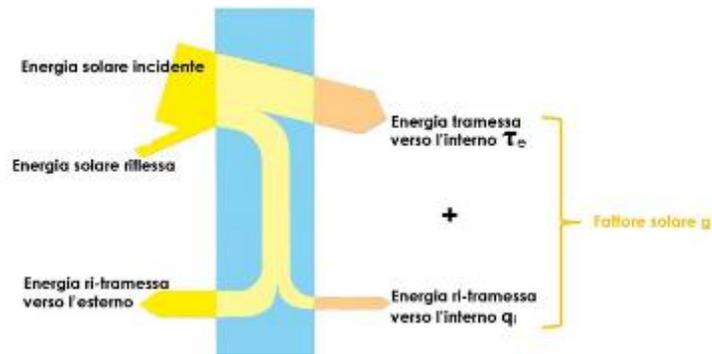


Fig. 188 - Scomposizione della radiazione solare nei materiali trasparenti

Il **fattore solare g** rappresenta la somma dell'energia solare trasmessa direttamente attraverso il materiale più la quota parte di energia assorbita ed emessa verso l'interno. Questa grandezza permette di valutare globalmente gli apporti solari attraverso i materiali trasparenti, ed entra nel bilancio termico dell'edificio. Esso consente di valutare la quantità di energia da erogare affinché la temperatura all'interno dell'edificio sia in condizioni di comfort, tipicamente 20°C in inverno e 26°C in estate, con eventuale controllo sull'umidità relativa. Come peraltro già calcolato al capitolo 8 relativo al progetto tecnologico.

9.2 I parametri da calcolare

ILLUMINAMENTO

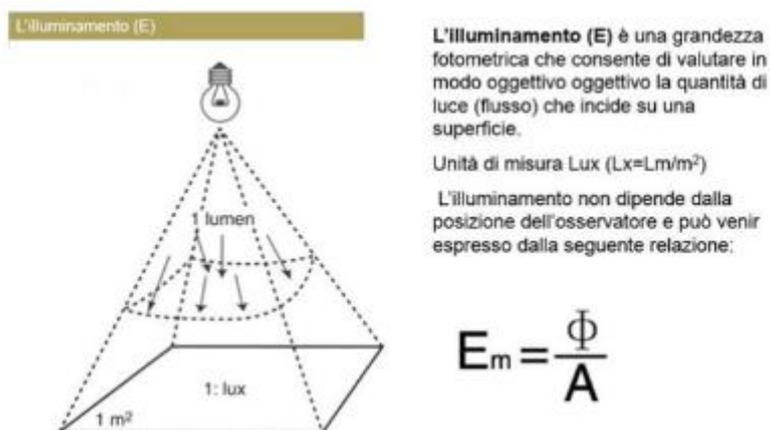
L'illuminamento è una grandezza fotometrica risultato del rapporto tra il flusso luminoso (misurato in lumen) emesso da una sorgente e la superficie dell'oggetto illuminato - è quindi riferita all'oggetto illuminato e non alla sorgente.

L'illuminamento è una grandezza oggettiva indipendente dalla posizione della superficie rispetto all'osservatore, che misura la quantità di flusso luminoso intercettato da una superficie.

L'illuminamento (E) medio su una superficie è dato quindi dal rapporto tra il flusso luminoso (Φ) emesso da una determinata sorgente e la superficie ricevente (A).

$$E = \Phi / A = \text{lm} / \text{m}^2 = \text{lux (lx)}$$

Un lux è quindi l'illuminamento prodotto da un flusso di un lumen distribuito in modo uniforme su una superficie di 1m².



L'illuminamento (E) è una grandezza fotometrica che consente di valutare in modo oggettivo oggettivo la quantità di luce (flusso) che incide su una superficie.

Unità di misura Lux ($\text{Lx} = \text{Lm} / \text{m}^2$)

L'illuminamento non dipende dalla posizione dell'osservatore e può venir espresso dalla seguente relazione:

$$E_m = \frac{\Phi}{A}$$

Fig. 189 - Definizione di Illuminamento

LUMINANZA

La luminanza (L) di una superficie infinitesima in una data direzione è definita come rapporto tra l'intensità luminosa (I) emessa in tale direzione e l'area apparente della superficie verso l'osservatore (NB per area apparente si intende la proiezione della superficie nella direzione dell'osservatore).

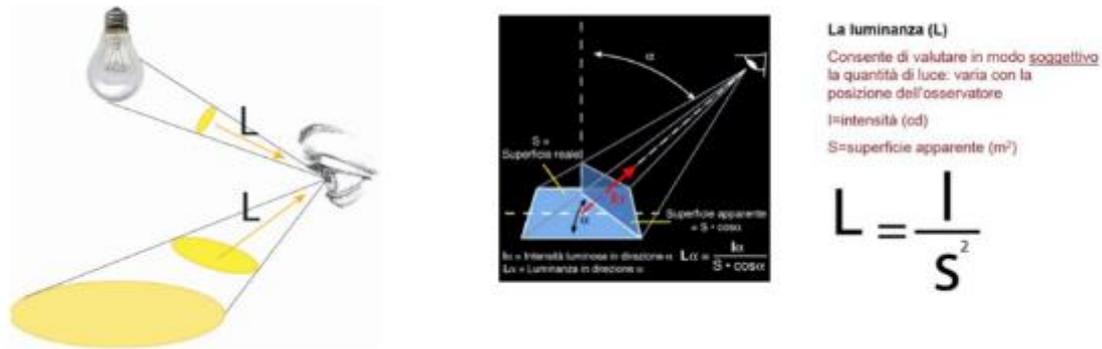


Fig. 190 - Definizione di Luminanza

$$L = dI/dA \cos\beta = \text{cd} / \text{m}^2$$

(β è l'angolo compreso tra la normale alla superficie emettente e l'osservatore)

Osservazione: ad intensità costante, se diminuisce la superficie aumenta la luminanza

FLD – FATTORE DI LUCE DIURNA

Il fattore di luce diurna è un parametro introdotto per valutare l'illuminazione naturale all'interno di un ambiente confinato. Esso è attualmente riconosciuto dalla normativa italiana in ambito di edilizia residenziale, scolastica ed ospedaliera (Decreto Min. Sanità 5/7/75, Decreto Min. 18/12/75, Circ. Min. Lavori Pubblici n.13011, 22/11/74) ed è prioritario per garantire un'illuminazione diurna ottimale nei locali.

All'interno di un ambiente chiuso, l'illuminamento naturale nei diversi punti di uno spazio interno è costituito da tre componenti: l'apporto di luce proveniente dalle sorgenti primarie esterne (la volta celeste, il sole), l'apporto di luce dovuto alle riflessioni delle superfici di eventuali ostruzioni urbane esterne, l'apporto di luce dovuto alle riflessioni multiple che si verificano all'interno dell'ambiente.

Nella valutazione delle condizioni di illuminazione naturale interna si considera il caso più sfavorevole che si verifica in assenza di radiazione solare diretta, caratterizzata invece da una forte direzionalità in funzione della posizione del sole.

Posto il cielo coperto come condizione ottimale di valutazione, il rapporto tra illuminamento interno ed esterno deve essere costante e non deve dipendere né dall'ora del giorno, né dal periodo dell'anno, né dall'orientamento del locale: si introduce quindi il **fattore di luce diurna [FLD]**, grandezza sintetica e adimensionale espressa in percentuale, definita come il rapporto fra l'illuminamento misurato in un punto specifico dell'ambiente interno e l'illuminamento misurato all'esterno su una superficie orizzontale che vede l'intera volta celeste senza ostruzioni in condizioni di cielo coperto.

Per non limitare il calcolo su un unico punto viene utilizzato **il fattore medio di luce diurna [FLDm]**, dove per medio si intende mediato su più punti di misura dell'ambiente interno in rapporto con l'esterno: in questo modo è possibile valutare meglio l'illuminazione globale nel locale confinato.

I valori richiesti dalle normative possono variare in funzione delle varie destinazioni d'uso dei locali: vi sono tuttavia dei valori di soglia al di sotto dei quali non sono verificate le condizioni di illuminazione naturale sufficienti alle specifiche esigenze.

Uno schema di valutazione indicativo può essere il seguente:

FLDm	<	1%	=	insufficiente		
1%	<	FLDm	<	2%	=	discreto
2%	<	FLDm	<	4%	=	buono
FLDm	>	4%	=	ottimo		

Tab. 61 - FLD - Valori limite imposti dal D.M. 5/7/75 e s.m.i.

Limitarsi a considerare solo le superfici finestrate per i rapporti aeroilluminanti non soddisfa i requisiti igienico-sanitari nei locali: rispettare il fattore medio di luce diurna significa distribuire correttamente le finestre e valutarne la capacità di garantire condizioni di illuminazione naturale confortevoli nell'ambiente confinato.

9.3 La luce naturale

Per permettere l'ingresso della luce solare all'interno dell'involucro edilizio è necessario progettare delle superfici trasparenti, tuttavia non ci si deve limitare alla sola progettazione delle aperture, ma anche ad uno studio dei materiali da utilizzare e dei componenti di protezione come schermature, elementi di captazione e soluzioni per il trasporto della luce da installare.

Nel nostro progetto abbiamo voluto inserire 3 fronti (Sud, Ovest e Nord) vetrati per permettere la fruizione dell'ambiente esterno dall'interno e far entrare la maggior quantità di luce naturale possibile, tuttavia, per fare ciò, ci siamo dovute scontrare con il fatto che troppa luce provoca condizione di malessere sugli utenti e quindi il problema fondamentale da risolvere è stato quello di far entrare la quantità di luce necessaria per svolgere il compito visivo, senza far sforzar gli occhi ma anche senza causare abbagliamento, e limitando al minimo l'utilizzo dell'illuminazione artificiale.



Fig. 191 - Vista del prospetto Sud-Occidentale del centro polifunzionale

La scelta dei materiali trasparenti ha assunto un ruolo fondamentale perché a Nord avevamo bisogno di vetri che potessero essere performanti soprattutto nel periodo invernale, quando la luce naturale è limitata ed il clima è freddo; al contrario a Sud e Ovest, avevamo bisogno di elevate prestazioni soprattutto nel periodo estivo quando i valori di radiazione solare sono elevati ed il clima caldo contribuisce in modo sostanziale nella trasmissione del calore attraverso queste superfici.

A tal fine ci siamo informate sui tipi di vetro presenti sul mercato studiandone le caratteristiche per meglio adattarli al nostro progetto.

9.4 La scelta dei vetri

9.4.1 Prestazioni meccaniche e sicurezza del vetro

Il vetro è un materiale che non presenta fenomeni di plasticizzazione, di conseguenza la sua resistenza è determinata dalla meccanica della frattura poiché è proprio la sua propagazione che ne determina il collasso.

Sottoponendo una lastra a flessione essa si comporta in modo elastico non manifestando deformazioni residue, di conseguenza la tensione di rottura coincide con il limite del proprio campo elastico. Proprio per questo il vetro è considerato pericoloso, infatti quando si rompe non dà segnali di preavviso passando dal limite del campo elastico alla rottura catastrofica.

La resistenza meccanica è fortemente influenzata dal numero e dalla dimensione dei difetti superficiali, quali le cricche, nelle quali si concentrano gli sforzi che potrebbero facilmente raggiungere valori tali da rompere i legami tra gli atomi, senza avere redistribuzione delle tensioni. Il vetro è un solido amorfo quindi non possiede nessun mezzo per contrastare l'eventuale propagazione della frattura, come accade al contrario, nei conglomerati dove si ha la modifica del reticolo cristallino permettendo quindi la formazione di microfessure, con redistribuzione degli sforzi.

9.4.2 Il vetro float

Nel Settecento, in Francia, il produttore Saint-Gobain, mise a punto un sistema alternativo, rispetto a quello precedentemente utilizzato, di produzione di lastre di vetro piane, in cui il vetro fuso veniva colato su grandi tavoli, steso con un enorme mattarello ed infine levigato in superficie.³³ Tale sistema fu in uso fino agli inizi del secolo scorso quando venne sostituito dal metodo Fourcault che permise di superare il problema del restringimento delle lastre di vetro che avveniva durante la fase di "tiraggio" della massa fluida, mediante un nastro in cui la massa fluida non veniva tirata, ma spinta. Successivamente nel 1959, Alastair Pilkington inventò il procedimento per produrre il vetro *float*. Processo che ancora oggi è il più diffuso in quanto la levigatezza e la complanarità della lastra di vetro è garantita da un processo di produzione detto *float*, infatti questo metodo deve il suo nome ad una delle sue fasi di produzione, che consiste nel far galleggiare (to float in inglese) il vetro fuso di provenienza dal forno fusorio su un bagno di stagno liquido.

Successivamente il vetro può essere rivestito (vetro con coating) attraverso un procedimento che consiste nel depositare ossidi metallici sulla superficie della lastra da trattare.

³³ S.Agnoli, M-Zinzi, *"Involucro trasparente ed efficienza energetica. Tecnologie, prestazioni e controllo ambientale"*, D.Flaccovio Editore, 2013.

9.4.3 Le caratteristiche energetiche del vetro float

Il vetro di base (float) è caratterizzato da elevati livelli di trasmissione luminosa e solare e da un alto valore di emissività e fattore solare g.

Nel grafico seguente vengono riportate le curve delle grandezze energetiche relative ad una lastra di vetro chiaro, in funzione della lunghezza d'onda della radiazione solare incidente:

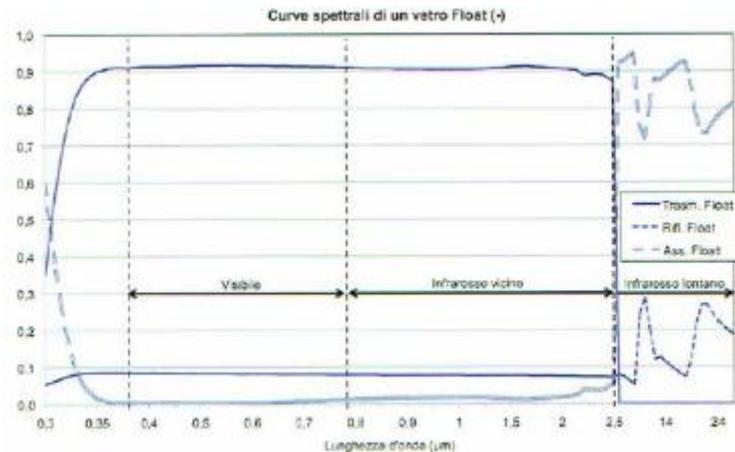


Fig. 192 - Proprietà ottiche di un vetro Float

Emerge che:

- Per valori di μm inferiori a 2,5 la trasmittanza luminosa è elevata e costante (0,9), soprattutto nel campo del visibile ed è consentito alla radiazione solare incidente di essere trasmessa quasi integralmente attraverso il materiale. Questo elevato valore di trasmittanza luminosa è alla base dei parametri da considerare ai fini del miglioramento del comfort visivo.
- Per valori μm maggiori di 2,5 (campo dell'infrarosso lontano) il comportamento del vetro non è costante e l'assorbimento dell'energia incidente è quasi totale, avendo il ben noto effetto serra

Un altro importante elemento da studiare è la variazione dei valori di trasmittanza e di riflettanza del vetro in funzione dell'angolo di incidenza della radiazione solare sulla lastra. Nel grafico seguente sono riportate le curve spettrali angolari di queste due grandezze per angoli di incidenza compresi tra 0° e 90° .

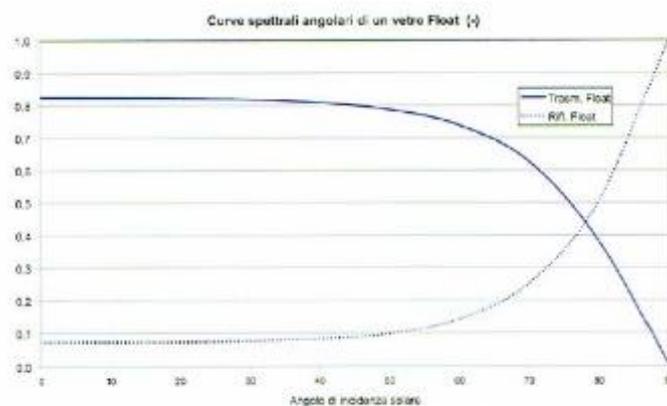


Figura 3.21. Trasmittanza e riflettanza angolare di un vetro float

Fig. 193 - Trasmittanza e riflettanza di un vetro float

L'andamento delle curve dimostra che superato il valore di 60° dell'angolo di incidenza della radiazione solare, il comportamento del materiale comincia a variare in modo sensibile, la trasmittanza solare infatti tende a decrescere mentre la riflettanza tende a crescere. Questo aspetto è importante nella fase progettuale perché consente di quantificare gli apporti solari che raggiungono gli ambienti interni dell'edificio.

9.4.4 Tipi di vetri rivestiti

Il trattamento superficiale applicato sulle lastre di vetro float interviene in modo determinante a modificare le caratteristiche ottiche ed energetiche del vetro migliorando in generale le prestazioni termiche dell'elemento vetrato. Le caratteristiche energetiche dipendono dal tipo di rivestimento applicato e si possono avere le seguenti categorie di vetri:

- Vetri a controllo solare;
- Vetri bassoemissivi;
- Vetri a filtro solare.

L'appartenenza a queste categorie dipende dai valori di trasmittanza, riflettanza ed assorbanza, visti al paragrafo 10.1, che raggiungono nei diversi intervalli di lunghezza d'onda.

Vetri a controllo solare

DESCRIZIONE:

Primo tentativo di miglioramento delle prestazioni termiche del vetro in quanto si aveva l'esigenza di ridurre i carichi termici estivi e contenere gli eccessivi livelli di illuminamento. Questi vetri sono ottenuti mediante il deposito del coating direttamente sul vetro di base (in questo caso l'energia solare incidente viene riflessa verso l'esterno) oppure utilizzando vetri colorati nella massa (in questo caso l'energia solare incidente viene assorbita e parzialmente emessa verso l'esterno).

Si utilizzano maggiormente i vetri con deposito perché consentono più facilmente la visione dello spazio esterno, hanno una buona qualità estetica e garantiscono la privacy.

SVANTAGGI:

Il controllo degli apporti solari avviene attraverso gli elevati valori di riflettanza che si estendono in modo indiscriminato su tutto lo spettro solare, inclusa la zona che ricade nel campo del visibile, riducendo quindi anche il passaggio della luce naturale.

Il coating non modifica i valori di emissività delle lastre che rimangono simili a quelle del vetro float, dando luogo ad una elevata cessione di calore per irraggiamento, quindi non si migliorano le prestazioni di isolamento termico del componente, con valori di trasmittanza termica che restano sostanzialmente inalterati rispetto a quelli del vetro di base.

Il fattore solare viene modificato in modo determinante poiché viene ridotta la trasmissione diretta di energia solare che passa attraverso il componente, risultando di fatto molto più basso rispetto a quello del vetro di base.

CONCLUSIONI:

Oggi la normativa, che prescrive vetrate isolanti con valori di trasmittanza ben precisi, non consente di utilizzare questo prodotto singolarmente, ma è necessario abbinarlo ad altre tecnologie capaci di intervenire positivamente sui livelli di isolamento termico del sistema vetrato.

Questo tipo di vetro è consigliabile solo nei climi caldi dove è necessario proteggere l'edificio dall'irraggiamento solare.

CONSIDERAZIONI:

La riduzione del fattore solare e della trasmissione solare creano condizioni di malessere visivo in quanto le persone sono obbligate ad utilizzare tutto il giorno la luce artificiale, a cui si accompagna un aumento dei consumi elettrici e anche di riscaldamento nei periodi più freddi.

Vetri bassoemissivi

DESCRIZIONE:

Il vetro float presenta valori di emissività molto elevati che determinano elevati scambi di calore con l'ambiente circostante. La caratteristica principale dei vetri bassoemissivi è quella di ridurre tali valori diminuendo di conseguenza gli scambi radiativi delle lastre. L'obiettivo viene raggiunto grazie all'elevato coefficiente di riflettanza che caratterizza il campo dell'infrarosso lontano.

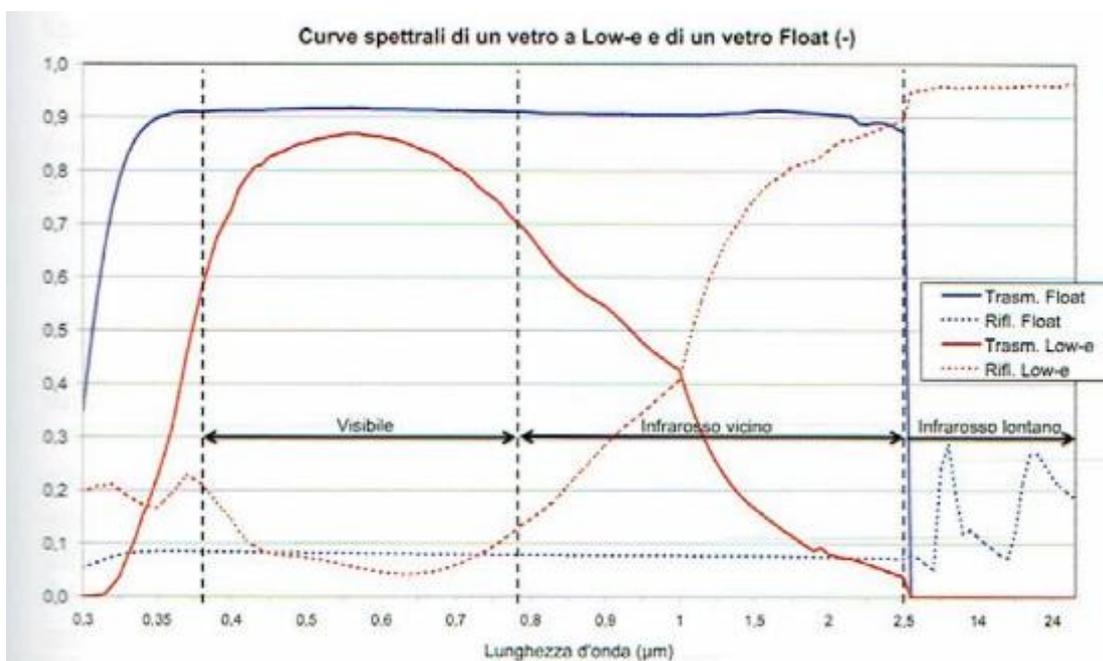


Fig. 194 - Curve spettrali di un vetro bassoemissivo e di un vetro float

A differenza di quanto accade per i vetri float, il vetro bassoemissivo è caratterizzato da un comportamento di tipo selettivo nei confronti della radiazione solare incidente, infatti:

- La curva della trasmittanza (rossa continua) mantiene valori elevati per tutto il campo del visibile per poi decrescere sensibilmente nel campo dell'infrarosso vicino, fino ad annullarsi nell'infrarosso lontano;
- La curva della riflettanza (rossa puntiforme), presenta un andamento opposto registrando i valori più bassi nel campo del visibile che vanno crescendo man mano che ci si avvicina alla zona dell'infrarosso lontano dove si raggiungono i livelli più alti.

I vetri basso emissivi raggiungono valori d'emissività fino a 10 volte inferiori a quelli del vetro comune. Il trattamento viene fatto generalmente in faccia due o tre con riferimento alla Fig. 195, oppure su entrambe le facce rivolte verso l'intercapedine. Più raramente si ricorre a vetri basso emissivi con trattamento in faccia 1 al solo fine di ridurre gli scambi termici radiativi con l'esterno, in quanto normalmente predomina lo scambio termico convettivo.

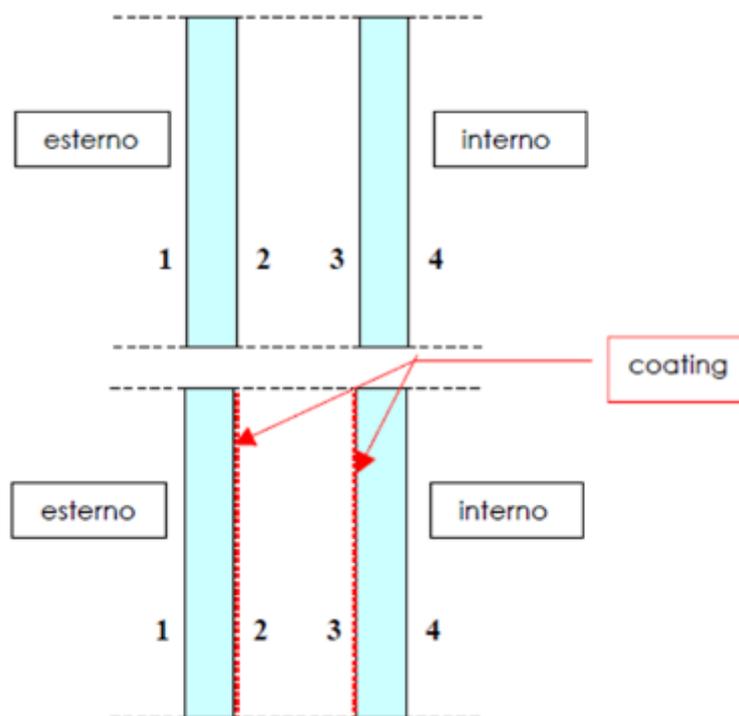


Fig. 195 - Identificazione delle facce dei vetri e posizionamento dei trattamenti (coating)

VANTAGGI:

La bassa emissività dovuta all'andamento della riflettanza migliora le prestazioni di isolamento acustico;

Se il vetro bassoemissivo viene montato nella vetrata isolante, si osserva un incremento sensibile della resistenza termica dell'intero sistema vetrato.

I valori di trasmittanza luminosa e del fattore solare relativamente alti e i valori di riflessione solare molto contenuti, garantendo che l'edificio su cui vengono installati possa usufruire sia di buoni apporti solari che contribuiscono a ridurre ulteriormente i consumi dovuti all'impianto di riscaldamento, sia elevati livelli di illuminamento dovuti alla luce naturale, a vantaggio del comfort visivo.

I valori di emissività si sono ridotti, negli ultimi anni, dal 30% al 3 / 1 % e grazie a questa caratteristica, l'utilizzo dei vetri bassoemissivi risulta vantaggioso sia nei climi freddi che in quelli caldi.

CONCLUSIONI

Nei climi freddi il calore che tende a trasferirsi dall'interno verso l'esterno attraverso il componente vetrato troverà una resistenza termica maggiore e rimarrà più a lungo all'interno dell'ambiente; nei climi caldi e/o in generale nei periodi estivi, limitatamente agli edifici dotati di impianto di raffrescamento, il calore tenderà a propagarsi dall'esterno verso l'interno. In questo caso infatti la temperatura dell'aria esterna nel periodo diurno è solitamente superiore a quella interna che è mantenuta costante dall'impianto di climatizzazione (26°C), di conseguenza livelli di isolamento termico superiori risulteranno in generale vantaggiosi anche in questo periodo.

OSSERVAZIONI

Considerando i vantaggi apportati dall'utilizzo di questi vetri abbiamo dotato la vetrata posta a Nord di vetri bassoemissivi, sfruttando le elevate caratteristiche di trasmittanza termica di questo tipo di vetro migliorate anche dall'utilizzo di vetrata isolante, e cioè costituita da doppio vetro con intercapedine contenente gas argon.

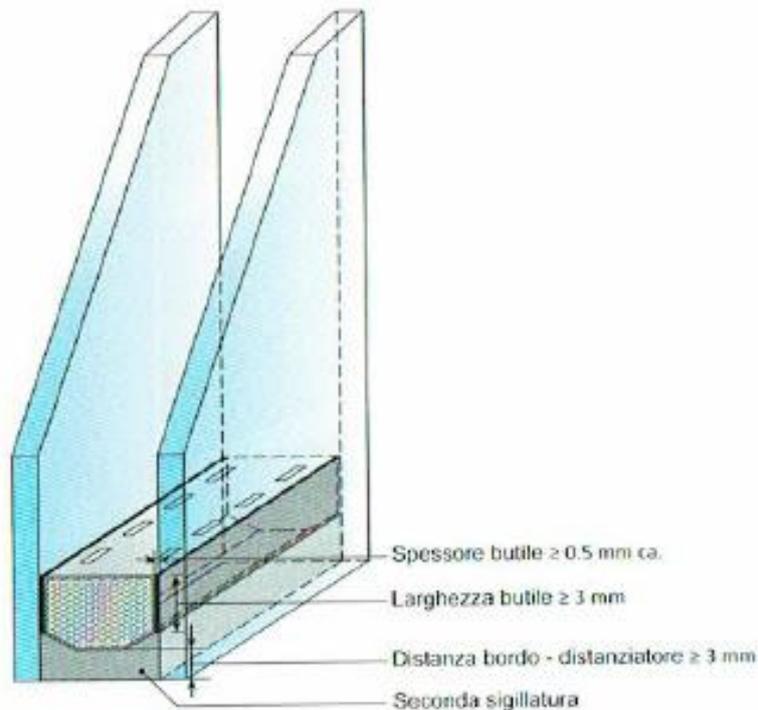
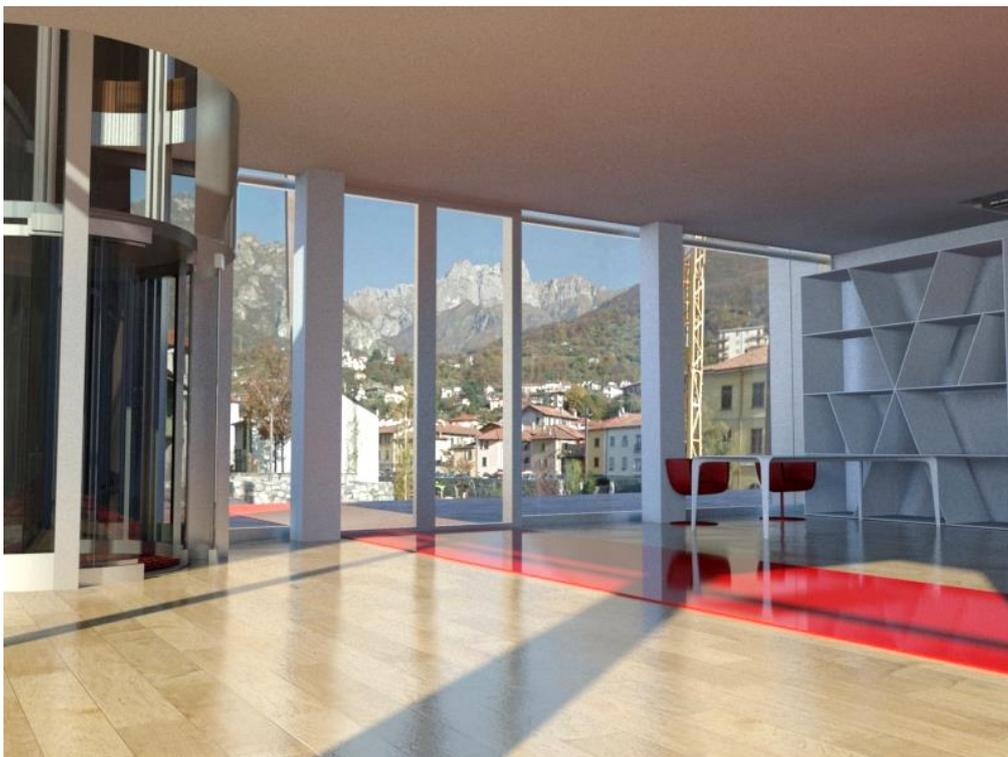


Fig. 196 - Schema di vetrata isolante



Fig. 197 - Vista della vetrata a Nord dell'Infopoint



L'infopoint è stato oggetto di calcolo con il software Velux Daylight Visualizer 2.

Vetri a filtro solare

DESCRIZIONE

Ultima evoluzione dei coating sono i vetri a filtro solare, la cui caratteristica consiste proprio nella capacità di riflettere e/o trasmettere la radiazione in modo selettivo, in funzione delle diverse lunghezza d'onda

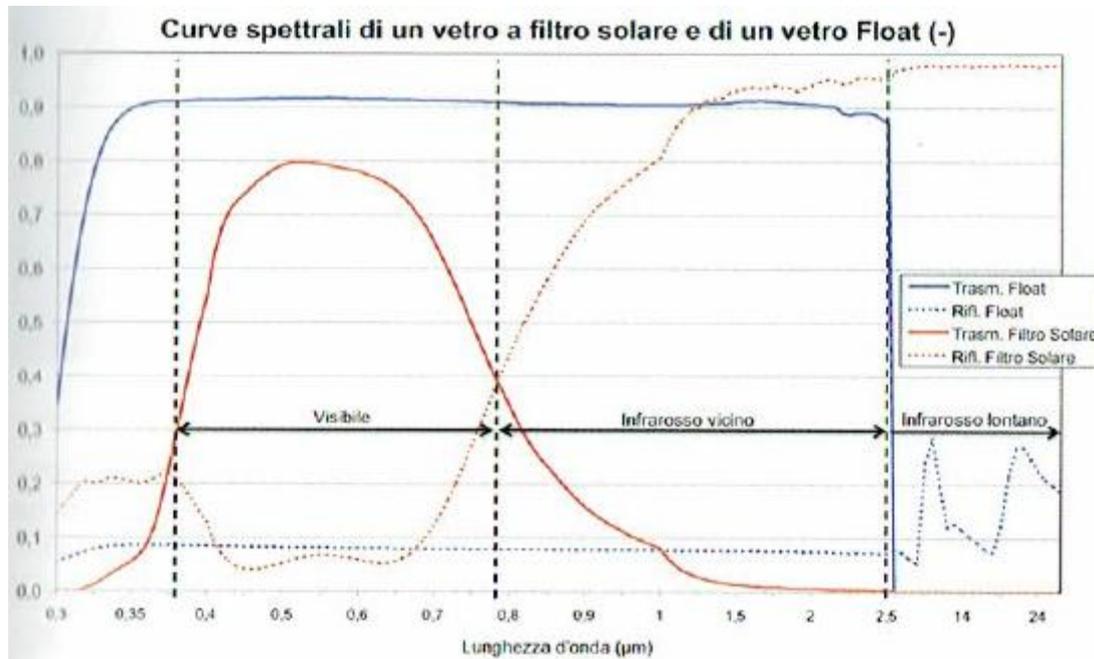


Fig. 198 - Curve spettrali di un vetro a filtro solare e di un vetro float

- Nella zona del visibile il valore di trasmittanza luminosa è decisamente elevato, mentre il valore del coefficiente di riflessione risulta molto contenuto;
- Nel campo dell'infrarosso vicino invece si registra un forte decremento dei valori di trasmittanza a fronte di un forte incremento dei valori di riflettanza. Dalla figura si nota come le due curve manifestano pendenze molto accentuate a dimostrazione di come il comportamento del componente venga nettamente modificato all'interno di un intervallo di lunghezze d'onda molto ristretto. In questo campo il vetro è caratterizzato sia da alti valori di riflettanza, che impediscono a gran parte della radiazione solare di penetrare negli ambienti interni per trasmissione, sia da bassi valori di assorbimento, che evitano che la temperatura del vetro aumenti sensibilmente riducendo in questo modo lo scambio di calore tra vetro ed ambiente interno. E' opportuno considerare, inoltre, che l'energia che viene riflessa in questo intervallo di lunghezze d'onda non viene percepita dall'occhio umano. Di conseguenza se entrasse nell'ambiente non migliorerebbe i livelli di illuminamento ma darebbe luogo solo a carichi termici aggiuntivi, che andrebbero rimossi dall'impianto di climatizzazione;
- Nel campo dell'infrarosso lontano le curve rimangono stabili e mantengono l'andamento consolidato nella banda precedente con valori di riflettanza che crescono lievemente all'aumentare delle lunghezze d'onda e valori di trasmittanza e assorbimento che decrescono proporzionalmente. In questo campo i valori di riflessione rimangono sempre molto elevati e tale caratteristica conferisce al prodotto le stesse prestazioni di isolamento termico del vetro bassoemissivo

VANTAGGI:

L'elevato coefficiente di trasmittanza luminosa garantisce agli ambienti interni buoni livelli di illuminamento;

Le condizioni di comfort visivo, sono decisamente migliori intervenendo favorevolmente anche a ridurre i consumi dovuti all'illuminazione artificiale.

CONCLUSIONI:

Nella stagione estiva, l'uso di questo vetro contribuisce a mantenere la temperatura degli ambienti più contenuta e, in generale, a migliorare l'efficienza energetica poiché vengono ridotti i consumi di energia elettrica dovuti all'uso di impianti di raffrescamento.

Avendo valori di riflessione sempre molto elevati si raggiungono prestazioni di isolamento termico molto elevate, come succede per il vetro bassoemissivo.

OSSERVAZIONI:

Questi vetri riescono ad unire le prestazioni del vetro a controllo solare (con valori di trasmittanza troppo elevati e non più consentiti dalle normative), offrendo protezione dall'irraggiamento solare, e del vetro bassoemissivo, garantendo bassi valori di trasmittanza.

Abbiamo quindi deciso di prevedere sui fronti Sud ed Ovest questo tipo di vetro.

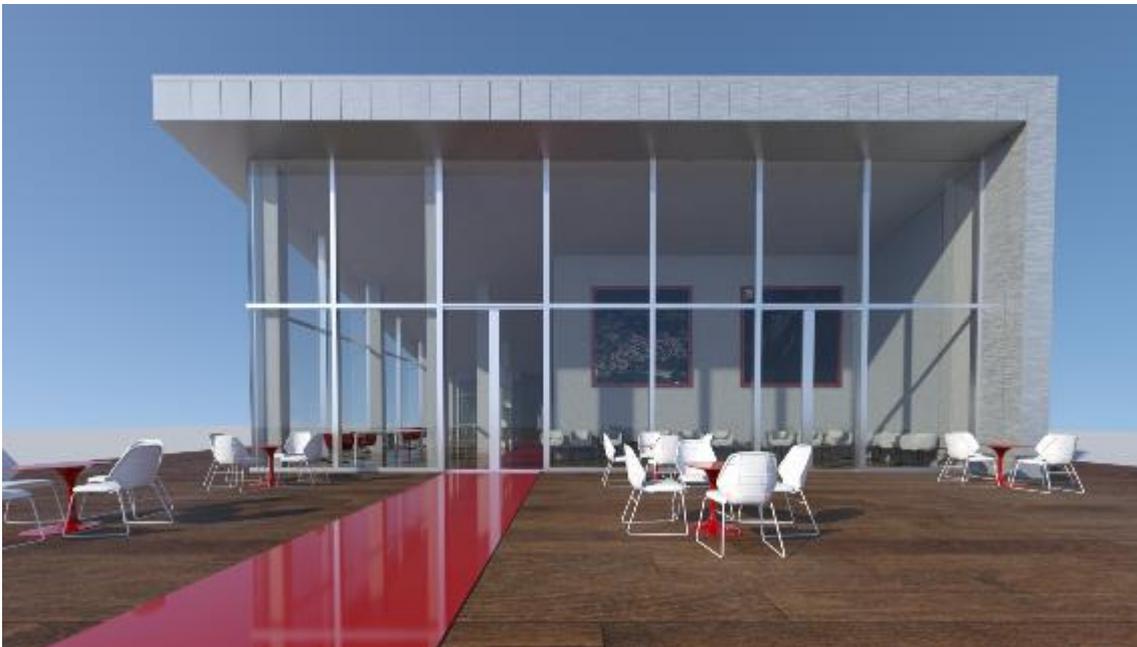


Fig. 199 - Vista della vetrata a Sud



Fig. 200 - Vista dalla reception della vetrata a Sud



Fig. 201 - Vista dal foyer della vetrata ad Ovest

9.5 Calcolo illuminotecnico dell'Infopoint

Per il calcolo illuminotecnico del centro polifunzionale abbiamo preso a riferimento il locale situato a Nord, contenente l'infopoint, di superficie pari a circa 135 mq, costituito da una chiusura verticale completamente opaca esposta ad Est, e chiusure verticali completamente vetrate a Nord, Sud ed Ovest.

Il calcolo è stato effettuato con il software Velux Daylight Visualizer 2.

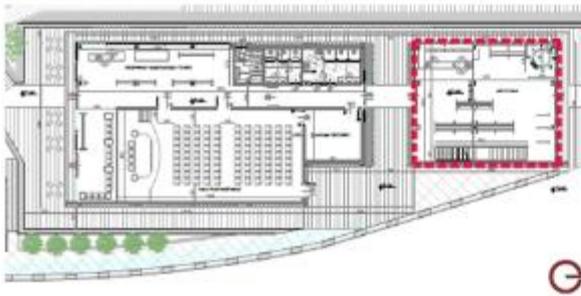


Fig. 202 - Individuazione dell'area di studio

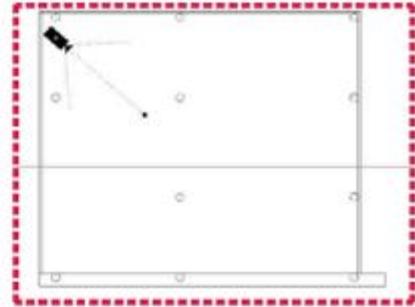


Fig. 203 - Posizione in pianta del punto di ripresa per calcolo luminanza



Fig. 204 - Posizionamento in sezione del punto di ripresa per calcolo luminanza

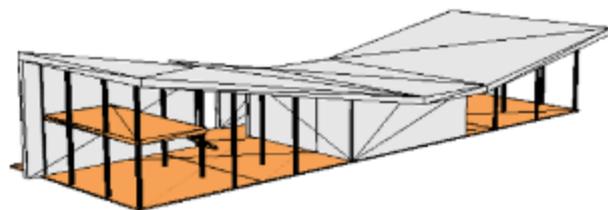


Fig. 205 - Vista tridimensionale dell'area di studio



Fig. 206 – Vista dall'interno dell'infopoint verso vetrate Nord ed Ovest



Fig. 207 - Vista dall'interno dell'infopoint verso vetrata a Sud

9.5.1 Calcolo ILLUMINAMENTO

Ai sensi della norma UNI EN 12464 i valori di illuminamento medio possono essere così definiti:

RIFER.	ZONA O ATTIVITA'	ILLUMINAMENTO MEDIO Em (lx)
1.1.1	Zone di circolazione e corridoi	100
1.1.2	Scale, ascensori	150
5.1.1	Ingressi	100
5.1.3	Sale d'attesa	200
5.4	Padiglioni espositivi	300

Tab. 62 - Valori di illuminamento nei locali ai sensi della UNI EN 12464

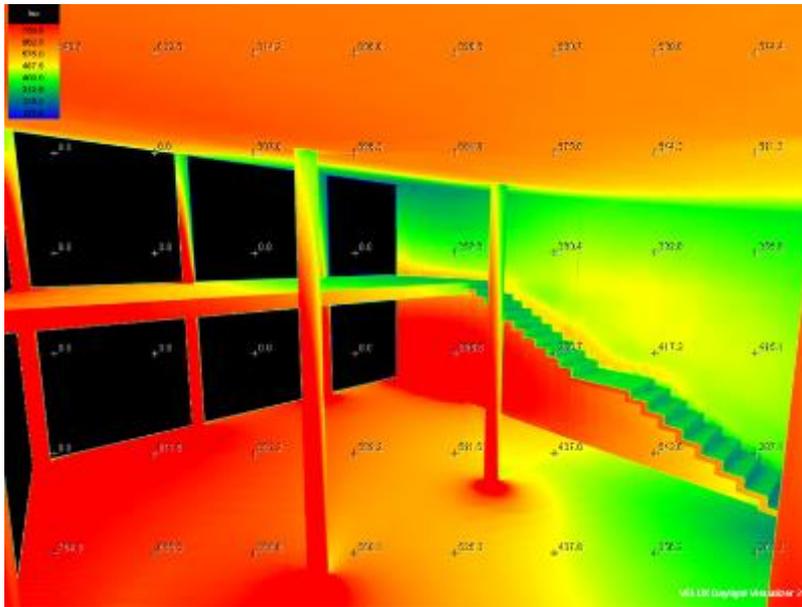
Nel calcolo abbiamo considerato i mesi più problematici dal punto di vista della radiazione solare e abbiamo confrontato le prestazioni di un vetro selettivo al 68 % e di uno al 42%.

Come si può notare dai grafici sotto riportati, solo nel periodo invernale, utilizzando un vetro selettivo al 42 % i valori minimi sono leggermente sottodimensionati solo in corrispondenza della scala. Con un vetro selettivo al 68%, quindi meno performante di quello precedente i valori sono invece tutti soddisfatti.

In estate sono rispettati tutti i valori minimi e il confronto tra i due vetri ci porta a scegliere quello del tipo selettivo con trasmittanza luminosa al 42 %.

Resta inteso che, l'utilizzo di vetri bassoemissivi, studiati precedentemente, sul fronte settentrionale permette di migliorare i valori, aumentando l'illuminamento anche sulla scala di accesso alla sala espositiva. L'illuminamento, soprattutto in inverno, sarà integrato dalla presenza di luce artificiale.

ILLUMINAMENTO
Trasmittanza Luminosa Vetro Selettivo 68%

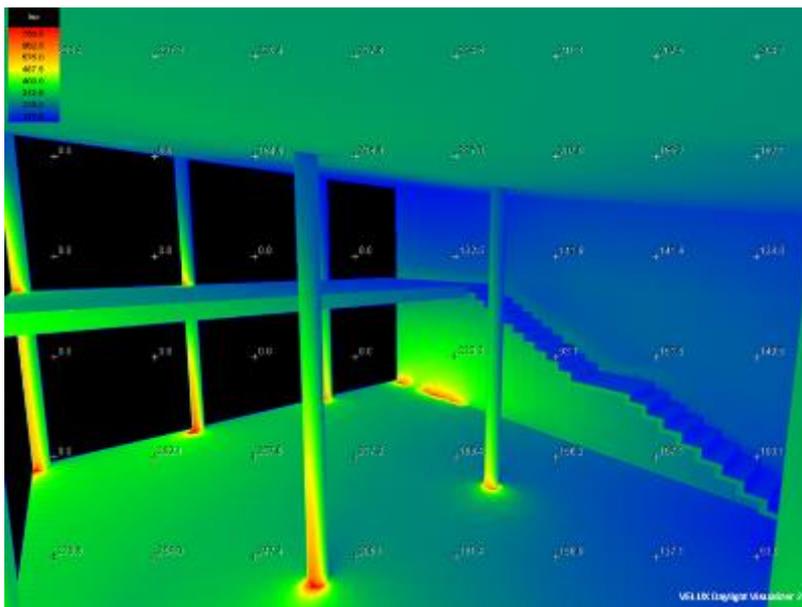
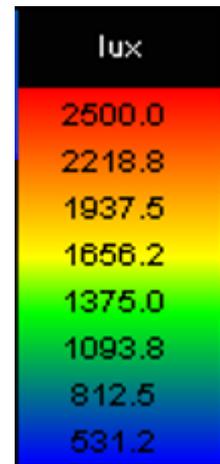


Periodo dell'anno:
Gennaio

Cielo: sereno

Ora del giorno: 15

UX MAX: 754
(range visibile
valori 50-750)



Periodo dell'anno:
Gennaio

Cielo: sereno

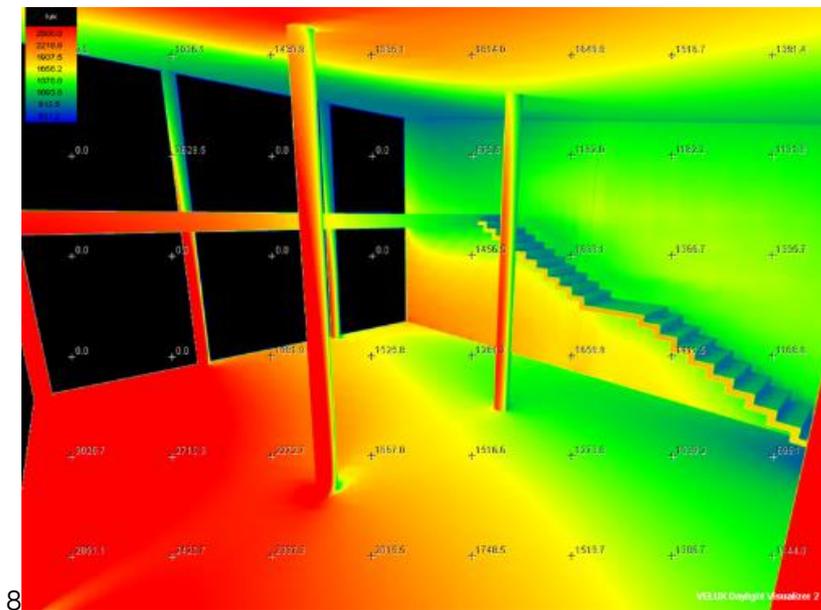
Ora del giorno: 15

LUX MAX: 754
(range visibile
valori 50-750)

ILLUMINAMENTO
Trasmittanza Luminosa Vetro Selettivo 42%

Fig. 208 - Confronto illuminamento tra vetro selettivo al 68 % e al 42 % a Gennaio

ILLUMINAMENTO
Trasmittanza Luminosa Vetro Selettivo 68%



Periodo dell'anno: Luglio

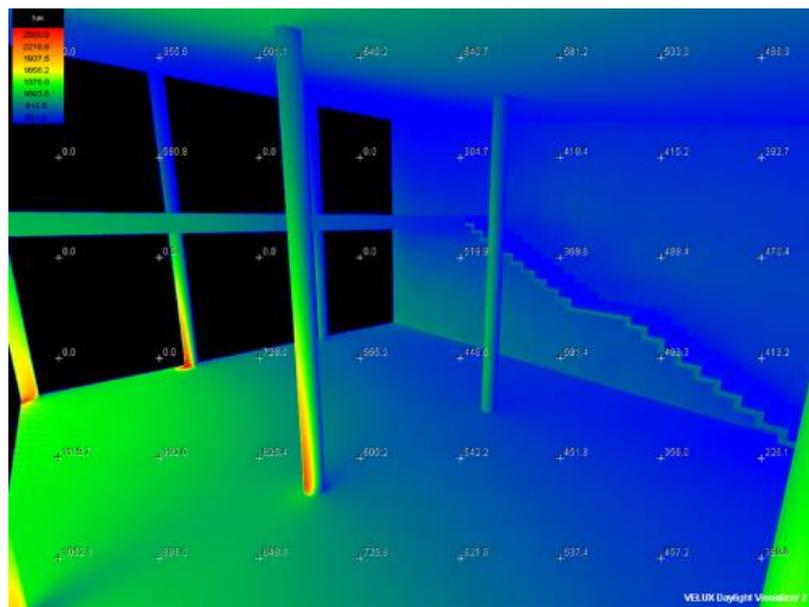
Cielo: sereno

Ora del giorno: 15

UX MAX: 3026
(range visibile valori 500 - 2500)



8



Periodo dell'anno: Luglio

Cielo: sereno

Ora del giorno: 15

LUX MAX: 1119
(range visibile valori 500 - 2500)

ILLUMINAMENTO

Trasmittanza Luminosa Vetro Selettivo 42%
Fig. 209 - Confronto illuminazione tra vetro selettivo al 68 % e al 42 % a Luglio

9.5.2 Calcolo LUMINANZA

Abbiamo effettuato il calcolo della luminanza posizionando la nostra fotocamera in corrispondenza dello spigolo Sud-Ovest, ad un'altezza dal pavimento di circa 4,95 m.

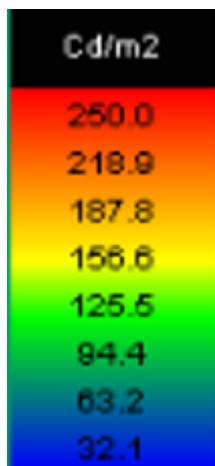
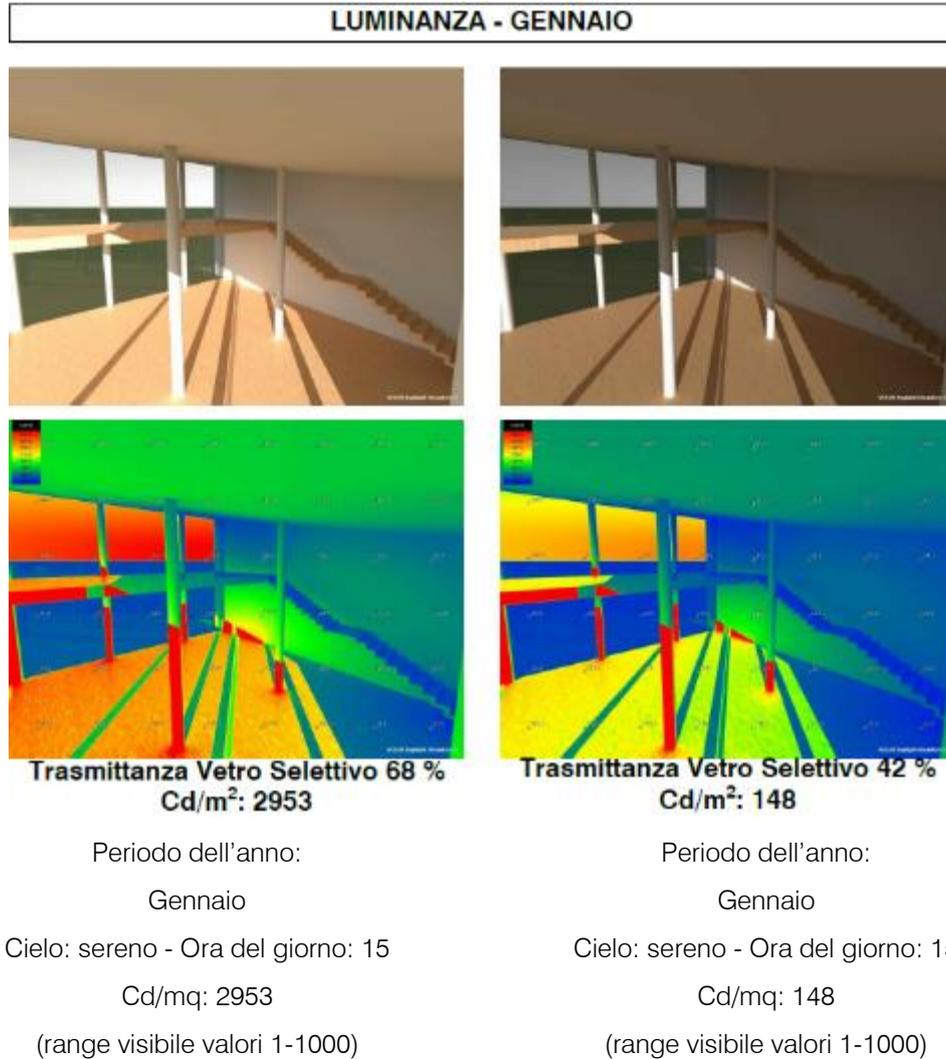
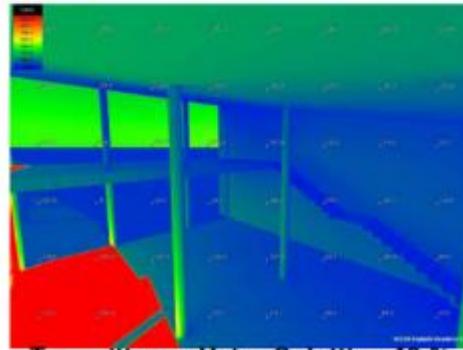
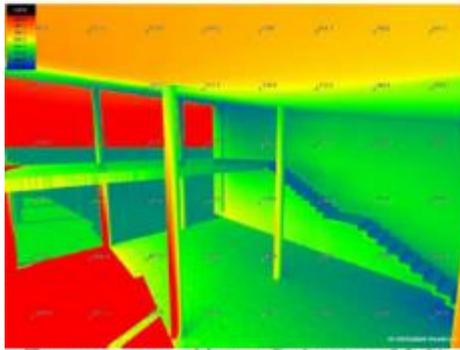
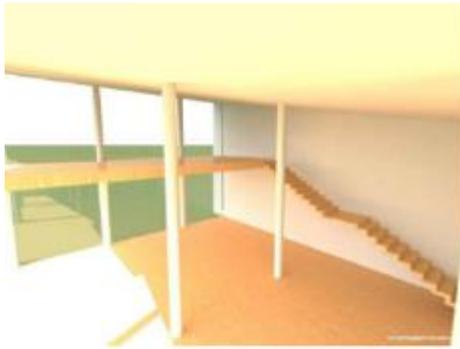


Fig. 210 - Confronto Luminanza tra vetro selettivo al 68 % e al 42 % a Gennaio

LUMINANZA - LUGLIO



Trasmittanza Vetro Selettivo 68 %
Cd/m²: 2953

Trasmittanza Vetro Selettivo 42 %
Cd/m²: 1042

Periodo dell'anno:

Periodo dell'anno:

Luglio

Luglio

Cielo: sereno - Ora del giorno: 15

Cielo: sereno - Ora del giorno: 15

Cd/mq: 2953

Cd/mq: 1042

(range visibile valori 1-1000)

(range visibile valori 1-1000)

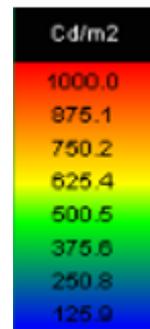


Fig. 211 - Confronto Luminanza tra vetro selettivo al 68 % e al 42 % a Luglio

9.5.3 Calcolo FATTORE DI LUCE DIURNA

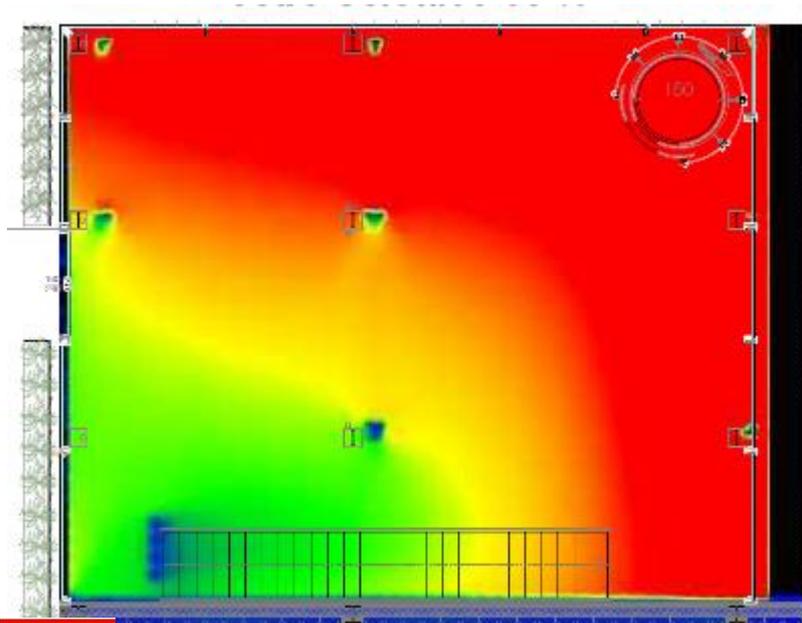


Fig. 212 - FLDm Vetro selettivo 68%

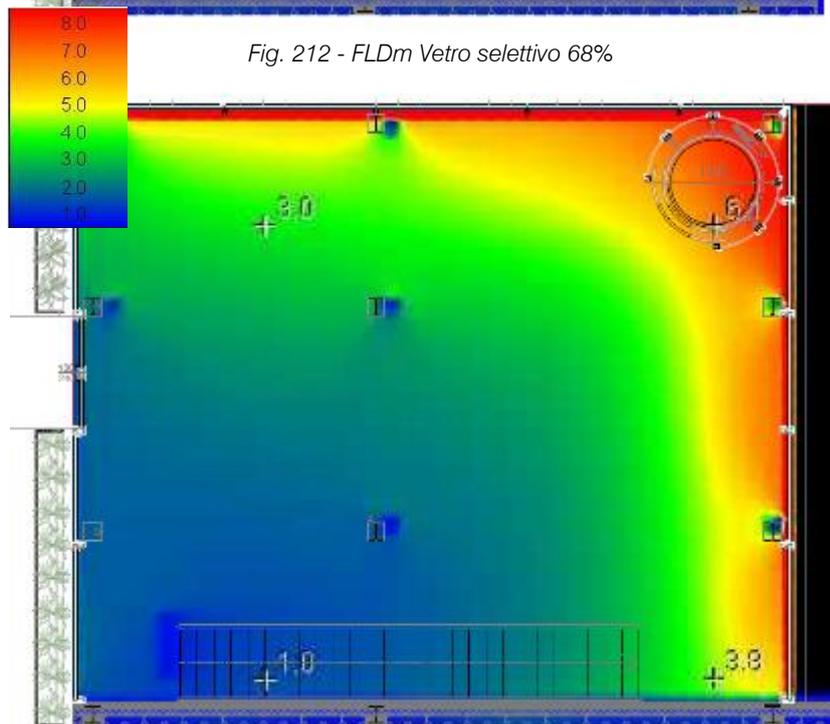


Fig. 213 - FLDm Vetro selettivo 42%

Come rappresentato nel grafico, nel caso di utilizzo di vetro selettivo al 42 %, la parte in adiacenza alla chiusura opaca risulta avere un valore di FLDm pari a 1%, quindi insufficiente, ma bisogna tenere in considerazione il fatto che la luce naturale è integrata dall'utilizzo di luci artificiali, e si tratta di una zona del locale dove non vi è permanenza di persone ma solo adibita al collegamento tra piano inferiore e superiore.

Non da ultimo l'utilizzo di vetrate a filtro solare sul fronte occidentale può migliorare le condizioni di luce naturale, mediante l'opportuna selezione della radiazione solare.

CONCLUSIONI

Il Progetto di Tesi ci ha consentito di studiare ed approfondire alcuni campi dell'ingegneria e dell'architettura, come la progettazione urbanistica con le relative analisi del territorio, la composizione architettonica di un nuovo edificio, il restauro di un edificio esistente, e la definizione di un progetto tecnologico basato sulle tematiche ambientali di risparmio e energetico, comfort acustico e luminoso.

Il lavoro di Tesi si è articolato:

- Nel restauro e nella ri-funzionalizzazione di un edificio storico destinandolo a scuola di musica,
- Nella progettazione di un nuovo edificio destinato a sala polifunzionale ed info-point;
- Nella riqualificazione dell'area esterna agli edifici mediante la proposizione di percorsi ciclo-pedonali e di aree a verde.

È difficile riassumere in poche righe quanto siamo riuscite ad imparare da questo lavoro, ma ci proviamo, elencando brevemente quanto fatto:

- Le analisi del territorio, necessarie per capirne le esigenze, comprenderne le forze, le debolezze, le opportunità e le minacce;
- L'analisi del centro storico dove il Progetto ha trovato collocazione;
- Lo studio delle funzioni da assegnare agli edifici ed il passaggio da queste alla definizione degli spazi necessari;
- Conservare l'aspetto dell'edificio esistente, rispettando il principio del minimo intervento ed al tempo stesso proponendo interventi manutentivi compatibili;
- Rifunzionalizzare l'edificio esistente mediante la proposta distributiva interna, la riqualificazione acustica e termo-igrometrica;
- Comprendere la necessità del quartiere di avere un nuovo elemento di aggregazione, legato alla vicina scuola di musica;
- Dare forma tridimensionale a questi nuovi spazi, studiandone la forma in modo strettamente correlato ai materiali, ai colori ed alle trasparenze;
- Riqualificare le sponde del torrente Meria, disegnando percorsi ciclo-pedonali e aree a verde.

Il progetto urbanistico ed edilizio si è basato sul rispetto delle vigenti normative Comunali, Regionali e Nazionali. La conformità del progetto con gli intenti del PGT rende effettivamente realizzabile quanto proposto. Inoltre, l'attenta osservanza delle disposizioni legislative in materia di strutture antisismiche, risparmio energetico, comfort acustico, barriere architettoniche e prevenzione incendi ci ha consentito di affrontare in modo "reale" la progettazione degli spazi, dei collegamenti, delle stratigrafie e dell'impiantistica.

A lavoro ultimato, possiamo sostenere di essere riuscite a raggiungere gli obiettivi che ci eravamo prefissate all'inizio di questo percorso di Tesi, sintetizzando tutto l'impegno profuso nell'analisi del territorio e del degrado di un edificio storico, nelle indagini sulle aspettative di una comunità di quartiere, nello studio termo-igrometrico delle pareti e in tutti gli altri aspetti progettuali trattati, nel recupero di un fabbricato esistente e nel progetto di un nuovo edificio e del loro "intorno".

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1. ZUCCHI VINCENZO, *Oppidum Mandelli*, Mandello del Lario, Arti Grafiche Panizza di Mandello del Lario, 1990
2. BALBIANI ANTONIO, *Da Lierna ad Abbadia*, Casa Editrice Pietro Cairoli di Como, 1967
3. BORGHI ANGELO, *Sacralizzazioni, strutture della memoria: prima recensione delle architetture di interesse storico e artistico della provincia di Lecco – Il Lago di Lecco e Le Valli*, UTET, 1999
4. AA.VV. (a cura dell'Archivio Comunale Memoria Locale), *La storia in riva al lago: itinerari turistici sul sistema difensivo del castrum e nell'antico borgo di Mandello*, Archivio Comunale Memoria Locale Mandello, 2015
5. BERTASSI FABIOLA, *La chiesa di San Rocco in Molina a Mandello del Lario*, Edizioni WIVI, 2012 (e-book)
6. MARCARINI ALBANO, *Il Sentiero del Viandante*, Lyasis Edizioni, 2005
7. AA.VV. (a cura dell'Archivio Comunale Memoria Locale), *A piedi lungo la roggia*, Archivio Comunale Memoria Locale Mandello, 2014
8. PANIZZA EMILIO, *Mandello, l'acqua e la roggia - roggia: antica sorgente di vita, gli utenti e la loro storia... - Mandello che cambia*, Arti Grafiche Panizza di Mandello del Lario, 2002
9. AA. VV. (a cura della Pro loco di Mandello del Lario), *8 passi per Mandello - otto percorsi facili nei dintorni di Mandello per una giornata all'aria aperta*, Arti Grafiche Panizza di Mandello del Lario, 2003
10. AA.VV. (a cura dell'Archivio Comunale Memoria Locale), *Mandello del Lario*, Archivio Comunale Memoria Locale Mandello, 2014
11. MARIANI RICCARDO, *Una nuova piazza antica in "L'Eco delle Grigne", a.VI n.2, Novembre 2006, pag. 3*
12. FORMENTI CARLO, *La pratica del fabbricare – 1: Il rustico delle fabbriche*, U. Hoepli Milano, 1893
13. FORMENTI CARLO, *La pratica del fabbricare – 2: Il finimento delle fabbriche*, U. Hoepli Milano, 1895
14. CARBONARA GIOVANNI, *Trattato di restauro architettonico*, UTET Torino, 1996
15. ALBERTI LEON BATTISTA, *L'Architettura - De re aedificatoria*, 1989
16. CATERINA GABRIELLA, *Tecnologia del recupero edilizio*, UTET Torino, 1989
17. PALAZZO DANILO, *Urban design: un processo per la progettazione urbana*, Edizioni Mondadori Università, 2008
18. F. ALTON EVEREST, *Manuale di Acustica: Concetti Fondamentali – Acustica degli Interni*, Hoepli Editore Milano, 1996

19. SPAGNOLO RENATO, *Manuale di Acustica Applicata*, UTET Torino, 2001
20. MOMMERTZ ECKARD, *Acustica e Isolamento acustico*, Vol. 1/3, UTET Torino, 2009
21. TONIOLO GIANDOMENICO, *Tecnica delle Costruzioni - 1. Calcolo strutturale: i telai*, Masson Editore, Milano, 2002-1990
22. TONIOLO GIANDOMENICO, *Appunti di Tecnica delle Costruzioni. Elementi strutturali in acciaio*, Masson Editore, Milano, 1998
23. STEFANO AGNOLI, MICHELE ZINZI, *Involucro trasparente ad efficienza energetica, Tecnologie, prestazioni e controllo ambientale*, Dario Flaccovio Editore, 2013
24. MATTEO RUTA, *Tante Funzioni insieme possono portare a molti vantaggi*, Articolo di Arketipo, n° 98/2015
25. E. Rosaspina, *Addio al "giallo Milano" Palazzi sempre più grigi*, 20.02.2005, Corriere della Sera, Cronaca Milano

SITI INTERNET

1. www.mandellolario.it
2. www.istat.it
3. www.archiviomandello.it
4. www.lombardiabeniculturali.it/istituzioni/schede
5. <http://prolocolario.it/index.php/mandello-del-lario>
6. <http://mulinoripamonti.blogspot.it/2014/01/a-piedi-lungo-la-roggia-del-torrente>
7. <http://www.actromegialli.it/architecture/pontepedonale>
8. <https://it.wikipedia.org>
9. <http://www.comuniitaliani.it/soleluna/comune/097046/>
10. <http://it.climatedata.org/location/13351/>
11. <http://www.ilmeteo.it/portale/medieclimatiche/Mandello+del+Lario>
12. www.lakecomo.it/escursionismo_e_trekking/il_sentiero_del_viandante
13. www.trekking.it/itinerario/il-sentiero-del-viandante
14. www.suonoevita.it
15. www.knauf.it
16. www.schueco.com/web/it

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1. Piano di Governo del Territorio (PGT) di Mandello del Lario
2. Norma UNI 10349 - Dati climatici relativi al riscaldamento e raffrescamento degli edifici
3. NORMAL 1/88 - Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei: lessico
4. D.LGS 42/2004 - Codice dei beni culturali e del paesaggio
5. D.M. 14.01.2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008)
6. Circolare 617 del 26.02.2009 - Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 14 gennaio 2008
7. D.P.R. 59 del 02.04.2009 - Regolamento che definisce le metodologie di calcolo e i requisiti minimi per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici
8. D.M. 26.06.2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici
9. D.G.R. 6480 del 30.07.2015 - Disposizioni in merito alla disciplina per l'efficienza energetica degli edifici e per il relativo attestato di prestazione energetica a seguito della D.G.R. 3868 del 17.7.2015
10. UNI EN ISO 13788 - Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia; temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale; metodo di calcolo
11. L.R. 6 del 20.02.1989 e successive modifiche - Norme sull'eliminazione delle barriere architettoniche e prescrizioni tecniche di attuazione per la regione Lombardia
12. D.P.R. 503 del 24.06.1996 - Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici
13. D.P.R. 162 del 30.04.1999 - Regolamento recante norme per l'attuazione della direttiva 95/16/CE sugli ascensori e di semplificazione dei procedimenti per la concessione del nulla osta per ascensori e montacarichi, nonché della relativa licenza di esercizio
14. D.P.R. 8 del 08.03.2015 Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 30 aprile 1999, n. 162, ai fini della corretta applicazione della direttiva 95/16/CE relativa agli ascensori e di semplificazione dei procedimenti per la concessione del nulla osta per ascensori e montacarichi nonché della relativa licenza di esercizio
15. D.M. del 19.08.1996 - Regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio dei locali di intrattenimento e di pubblico spettacolo
16. D.P.R. 151 del 01.08.2011 - Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'articolo 49, comma 4-quater, del decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122.

17. D.M. 18.12.2012- Modifica al decreto 19 agosto 1996, concernente l'approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio dei locali di intrattenimento e di pubblico spettacolo.
18. DPCM del 01.03.1991: Limiti massimi di esposizione al rumore nell'ambiente esterno e nell'ambiente interno
19. Legge 447 del 26.10.1995 Legge quadro sull'inquinamento acustico
20. DPCM 447 del 5.12.97 - Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici