



---

**Politecnico di Milano,**  
**Facoltà di Architettura e Società,**  
**Corso di laurea in Architettura.**

## **C**OSTRUIRE LA **B**IODIVERSITA'

**Progetto del primo Laboratorio invertebratologico  
europeo per la Biodiversità**

**Relatore:**

Prof. Mauro Bianconi

**Correlatore:**

Prof. Cesare Stevan

**Laureande:**

Maria Bondavalli, matr. 735853

Valentina Masin, matr. 736277

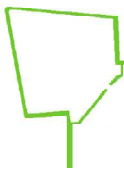
A.A. 2009/2010





## Indice del testo

<b>Capitolo 1 _ Evoluzione storica di Verona e della cinta muraria</b>	pag.1
1.1 L'epoca romana	pag. 1
1.2 L'epoca comunale: la Signoria Scaligera e il dominio Visconteo	pag. 6
1.3 La dominazione veneta (1405-1797)	pag. 10
1.4 La dominazione francese (1797-1814) e austriaca (1814-1866)	pag. 15
1.5 Dalla città "murata" all'espansionismo urbano (1866-2010)	pag. 23
<b>Capitolo 2 _ Pianificazione e analisi urbana della "city"</b>	pag. 27
2.1 Analisi infrastrutturale	pag. 27
2.1.1 Le linee aeree	pag. 27
2.1.2 Le linee ferroviarie	pag. 28
2.1.3 Il progetto del traforo delle Torricelle	pag. 30
2.1.4 Il trasporto pubblico di tipo filoviario	pag. 31
2.2. Le principali funzioni urbane	pag. 32
2.3 I percorsi: storico-culturale e museale-culturale	pag. 34
<b>Capitolo 3 _ Schede di lettura: elementi caratteristici che determinano l'area di progetto</b>	pag. 39
3.1 Il Parco delle Mura	pag. 39
3.2 Gli obiettivi di recupero e valorizzazione delle mura	pag. 40
3.3 La caserma Riva di Villasanta	pag. 42
3.4 Il Bastione di Spagna	pag. 44
3.5 La Polveriera	pag. 48
3.6 Porta Fura e Porta Catena	pag. 51



<b>Capitolo 4 _ Fotografia del sito: stato di fatto</b>	pag. 55
4.1 Il rilievo fotografico	pag. 55
4.2 Il rilievo geometrico e materico	pag. 58
<b>Capitolo 5 _ Biodiversità e il ruolo del Corpo forestale dello Stato</b>	pag. 63
5.1 Studiare e conservare la biodiversità forestale	pag. 63
5.2 Il Centro Nazionale per lo Studio e la Conservazione della Biodiversità Forestale "Bosco Fontana" di Verona	pag. 70
5.2.1 La collezione Entomologica	pag. 73
5.2.2 La biblioteca	pag. 73
5.2.3 Progetti didattici	pag. 74
<b>Capitolo 6 _ Metaprogetto</b>	pag. 75
6.1 L'area di progetto e la città	pag. 75
6.2 Analisi SWOT: opportunità e criticità	pag. 79
6.3 Diretrici, relazioni, nodi	pag. 81
6.4 Le fasi di lavoro nel laboratorio LaNaBit	pag. 82
<b>Capitolo 7 _ Riferimenti progettuali</b>	pag. 87
7.1 Riferimenti del LaNaBit	pag. 88
7.2 Riferimenti del Percorso sulle mura	pag. 96
7.3 Riferimenti della Butterfly House	pag. 101
7.4 Riferimenti della Piazza	pag. 103
<b>Capitolo 8 _ I laboratori LaNaBit</b>	pag. 111
8.1 L'edificio	pag. 116
8.2 Il percorso delle mura storiche	pag. 122
8.3 La "Butterfly House"	pag. 126
8.4 Gli spazi di socializzazione	pag. 128



<b>Capitolo 9 _ Tecnologie e tecniche costruttive</b>	pag. 133
<b>9.1</b> Il sistema a secco e l'impianto strutturale	pag. 134
<b>9.2</b> I pannelli fotovoltaici CIS	pag. 143
<b>9.3</b> Il sistema delle facciate vetrate	pag. 153
9.3.1 I vetri con rivestimenti selettivi	pag. 154
9.3.1 I vetri isolanti o termici	pag. 157
<b>9.4</b> La tipologie di facciate strutturali vetrate	pag. 160
<b>9.5</b> I sistemi di oscuramento	pag. 165
9.5.1 Le schermature mobili in facciata	pag.166
<b>9.8</b> Il rivestimento della facciata	pag. 167
<b>9.9</b> La pavimentazione foto catalitica	pag. 169
<b>9.10</b> L'illuminazione LED	pag. 171
<b>9.11</b> Gli impianti tecnologici	pag. 173
9.11.1 Impianti di climatizzazione	pag. 173
9.11.2 Climatizzazione delle collezioni a secco e ad alcool	pag. 175
9.11.3 Il sistema di recupero delle acque piovane	pag. 176
<b>Capitolo 10 _ L'impianto fotovoltaico</b>	pag. 177
<b>10.1</b> Il sistema fotovoltaico	pag. 177
10.1.1 La cella fotovoltaica	pag. 177
10.1.2 Il funzionamento della cella fotovoltaica	pag. 179
10.1.3 Il modulo fotovoltaico	pag. 182
10.1.4 La stringa fotovoltaica	pag. 182
10.1.5 Il generatore fotovoltaico	pag. 183
10.1.6 L'impianto fotovoltaico	pag. 184



<b>10.2</b> La scelta dell'impianto	pag. 185
10.2.1 Il sito di progetto	pag. 186
10.2.2 La disposizione dei pannelli	pag. 186
10.2.3 La tipologia dei pannelli	pag. 187
<b>10.3</b> Il fotovoltaico integrato alla copertura	pag. 189
10.3.1 L'energia in entrata sui pannelli fotovoltaici	pag. 190
10.3.2 L'energia in uscita sui pannelli fotovoltaici	pag. 191
10.3.3 I calcoli dell'impianto fotovoltaico	pag. 193

## Indice delle Figure

### Capitolo 1

Fig. 1 Schema di Verona in epoca romana dove sono rappresentate le insulae, il Foro, l'anfiteatro, l'arce, l'Adigetto e l'Adige	pag. 2
Fig. 2 Verona in epoca romana, in rosso la cinta muraria, in arancione le strade principali	pag. 2
Fig. 3 L'arce, dove vi è il Teatro Romano e Castel S. Pietro	pag. 3
Fig. 4 Piazza Erbe	pag. 3
Fig. 3 Lo sviluppo della città e le fortificazioni di Gallieno (265 a. C.)	pag. 4
Fig. 4 Verona in epoca comunale, in rosso la cinta muraria, in arancione le strade principali	pag. 6
Fig. 5 La Torre fluviale della Catena	pag. 9
Fig. 8 Carta dell'Almagià, metà del secolo XV	pag. 9
Fig. 9 Verona in epoca scaligero - viscontea, in rosso la cinta muraria, in arancione le strade principali	pag. 10
Fig. 6 Verona in epoca veneziana, in rosso la cinta muraria, in arancione le strade principali	pag. 11
Fig. 11 Pianta di Giovanni Caroto (1540). In questa planimetria si nota la modifica delle mura magistrali	pag. 12



Fig. 7 Pianta di Paolo Frambotto (1648). In questa planimetria si nota la modifica di Porta Fura	pag. 12
Fig. 8 Veduta aerea di Porta Nuova, opera realizzata dal Sanmicheli nel sec. XVI. La porta rappresenta l'ingresso alla città	pag. 14
Fig. 9 Porta San Zeno e Bastione San Zeno, opere realizzate dal Sanmicheli nel sec. XVI, tuttora intatte	pag. 14
Fig. 10 Verona in epoca austriaca, in rosso la cinta muraria, in arancione le strade principali	pag. 15
Fig. 11 Il primo rilievo austriaco della città di Verona (1798)	pag. 15
Fig. 12 Rapports Plan der auf dem Objecte des in den drei Baujahren 1833, 1834, 1835 an der Hauptumfassung von Verona bewikten Befestigungsbauten (Piano di presentazione dei lavori di fortificazione eseguiti per la cinta magistrale di Verona, nell'opera di riva destra, nei tre anni lavorativi 1833, 1834, 1835.)	pag. 18
Fig. 13 Pianta del Bastione Catena (1840)	pag. 20
Fig. 14 Mappa del catasto austriaco (1843)	pag. 20
Fig. 20 Pianta del ridotto nell'opera avanzata n° XI del forte San Procolo, costruito nel 1842	pag. 23
Fig. 15 Pianta e sezioni austriache del forte San Procolo	pag. 23
Fig. 16 Planimetria di Verona dove è riportato lo sviluppo urbano e militare (in rosso l'area di progetto, cfr. cap. 3)	pag. 23
<b>Capitolo 2</b>	
Fig. 23 Studio della viabilità stradale e ferroviaria del territorio veronese	pag. 29
Fig. 24 In evidenza il nodo tra il corridoio 1 e il corridoio 5 collocato a Verona	pag. 30
Fig. 25 Progetto non definitivo del traforo delle Torricelle	pag. 31
Fig. 26 Lo studio delle funzioni sopra descritte nella città di Verona	pag. 33
Fig. 27 In rosso il percorso storico - culturale, in arancione quello museale-culturale	pag. 34



### Capitolo 3

Fig. 28 Il Parco delle mura	pag. 39
Fig. 29 Ortofoto di Verona con l'individuazione delle mura magistrali (in rosso)	pag. 41
Fig. 30 Ortofoto dell'area oggetto di studio; in evidenza la Caserma Riva di Villasanta	pag. 42
Fig. 31 Vista aerea della Caserma Riva di Villasanta	pag. 43
Fig. 32 Vista del porticato della Caserma	pag. 44
Fig. 33 Vista della corte interna della Caserma	pag. 44
Fig. 34 Ortofoto dell'area oggetto di studio; in evidenza il Bastione di Spagna	pag. 44
Fig. 35 Vista aerea del Bastione di Spagna	pag. 45
Fig. 36 Vista dell'iscrizione di San Marco, nella parte nord del Bastione di Spagna	pag. 45
Fig. 37 Pianta e sezioni del Bastione Spagna realizzati durante gli interventi di Von Scholl nel 1840	pag. 46
Fig. 38 Vista del lato ovest della Polveriera	pag. 47
Fig. 39 Tessitura muraria del Bastione di Spagna	pag. 47
Fig. 40 Polveriera sopra il Bastione Spagna	pag. 47
Fig. 41 Piazza bassa del Bastione di Spagna	pag. 47
Fig. 42 Galleria di accesso alle piazze basse	pag. 48
Fig. 43 Vista di un'arcata interna	pag. 48
Fig. 44 Ortofoto dell'area oggetto di studio; in evidenza la Polveriera	pag. 48
Fig. 45 Vista del lato ovest della Polveriera	pag. 49
Fig. 46 Vista dell'interno della Polveriera	pag. 49
Fig. 47 Vista del lato nord	pag. 50
Fig. 48 Vista dell'interno	pag. 50
Fig. 49 Vista dell'ingresso	pag. 50
Fig. 50 Vista di un'arcata interna	pag. 50





Fig. 51 Ortofoto dell'area oggetto di studio; in evidenza Porta Fura	pag. 51
Fig. 52 Vista aerea di Porta Fura	pag. 52
Fig. 53 L'interno di Porta Fura	pag. 52
Fig. 54 La Blockhaus	pag. 52
Fig. 55 Vista in successione delle porte del Bastione Catena: Porta Fura e Porta Catena	pag. 52
Fig. 56 Porta Fura vista dal cammino di ronda	pag. 53
Fig. 57 Particolare del cammino di ronda	pag. 53
Fig. 58 Vista del cammino di ronda lungo Porta Fura	pag. 53
Fig. 59 Il tessuto murario di Porta Fura	pag. 53
Fig. 60 Panoramica di porta Fura e della Torre della catena	pag. 54
<b>Capitolo 4</b>	
Fig. 61 Inquadramento dell'area di progetto. In verde sono evidenziati i percorsi ciclo-pedonali, in giallo i percorsi viabilistici esistenti	pag. 55
Fig. 62 Via Tommaso da Vico	pag. 56
Fig. 63 L'ingresso all'area di progetto	pag. 56
Fig. 64 L'edificio adibito a ex officina, visto dalla strada che costeggia il vallo delle mura, nel periodo primaverile	pag. 56
Fig. 65 L'edificio, visto dalla strada, nel periodo invernale	pag. 56
Fig. 66 Particolare della torre mozza	pag. 57
Fig. 67 La torre vista dall'alto delle mura	pag. 57
Fig. 68 Il Bastione Spagna visto dal vallo	pag. 57
Fig. 69 Il percorso pedonale che conduce a Porta Fura	pag. 57
Fig. 70 L'ex edificio militare, visto dall'esterno	pag. 58
Fig. 71 L'ex edificio militare, visto dall'interno	pag. 58
Fig.72 Il rilievo delle curve di livello del vallo	pag. 59
Fig. 73 Il rilievo del perimetro esterno di una parte delle mura magistrali e del Bastione Spagna	pag. 59

Fig. 74 Il rilievo in pianta dell'ex edificio militare	pag. 61
Fig. 75 Ridisegno della sezione AA'	pag. 61
Fig. 76 Foto-raddrizzamento e ridisegno del prospetto sud	pag. 61
Fig. 77 Ridisegno planimetrico della Polveriera	pag. 62
Fig. 78 Ridisegno delle sezioni della Polveriera	pag. 62

## Capitolo 5

Fig. 79 Rappresentazione simbolica della Biodiversità	p. 63
Fig. 80 Il 2010: anno della Biodiversità	pag. 68
Fig. 81 I Centri Nazionali per lo Studio e la Conservazione della Biodiversità Forestale; in rosso quello di Verona	pag. 68
Fig. 82 Pianta di Bosco Fontana: in rosso la palazzina gonzaghesca	pag. 70
Fig. 83 La Palazzina Gonzaghesca di Bosco Fontana	pag. 71
Fig. 84 Veduta di Bosco Fontana	pag. 72
Fig. 85 Gli strumenti di lavoro dei ricercatori: i microscopi ottici	pag. 74

## Capitolo 6

Fig. 86 Il rapporto tra l'attuale sede di Bosco Fontana a Mantova e quella prevista nell'area della Caserma "Riva di Villasanta" di Verona	pag. 75
Fig. 87 In rosso la collocazione del LaNaBit nell'area di progetto, a nord-ovest di Verona	pag. 76
Fig. 88 Analisi dell'area dove si evidenziano: in rosso il percorso storico-culturale e gli edifici nell'area di progetto; in blu i nodi; in azzurro la relazione con il fiume; in arancio la relazione tra LaNaBit e la Caserma Veneta	pag. 78
Fig. 89 Analisi delle opportunità e criticità dell'area	pag. 79
Fig. 90 Diretrici, relazioni, nodi dell'area	pag. 81
Fig. 91 Schema delle funzioni e degli spazi del LaNaBit	pag. 82
Fig. 92 Disposizione degli invertebrati per le collezioni a secco con appositi spilli	pag. 86
Fig.93 Disposizione degli invertebrati per le collezioni ad alcool in appositi contenitori	pag. 86



## Capitolo 7

Fig. 94 Planimetria con evidenziati: LaNabit, Percorso sulle mura, Serra per le farfalle e Piazza	pag. 87
Fig. 95 Vista del prospetto principale verso il Parco Botanico	pag. 88
Fig. 96 Piante dell'edificio	pag. 88
Fig. 97 Vista del prospetto principale	pag. 89
Fig. 98 Sezione dell'edificio	pag. 89
Fig. 99 Vista assonometrica dell'edificio	pag. 89
Fig.100 Vista dall'alto dell'edificio	pag. 90
Fig.101 Piante dell'edificio	pag. 90
Fig.102 Vista del dettaglio della copertura	pag. 91
Fig.103 Vista dell'edificio	pag. 91
Fig.104 Vista dell'edificio: i due corpi lineari e il corpo cilindrico	pag. 92
Fig.105 Vista di un prospetto principale dell'edificio	pag. 92
Fig.106 Vista del dettaglio della gronda e delle colonne	pag. 92
Fig.107 Vista del prospetto principale dell'edificio	pag. 93
Fig.108 Vista dell'edificio	pag. 93
Fig.109 Vista assonometrica dell'edificio	pag. 94
Fig.110 Vista dell'interno dell'edificio	pag. 94
Fig.111 Vista del Kilometro Rosso, dalla strada	pag. 95
Fig.112 Vista del Parco Scientifico Tecnologico	pag. 95
Fig.113 Castel Firmiano	pag. 96
Fig.114 Vista delle scale realizzate in acciaio cortén	pag. 96
Fig.115 Passerella in acciaio cortén nei Mercati Traianei	pag.97
Fig.116 Schizzo dell'idea progettuale	pag. 97
Fig.117 Sezione prospettica della passerella	pag. 97
Fig.118 Inserimento fotografico dell'intervento	pag. 98
Fig.119 Inserimento fotografico del percorso	pag. 98



Fig.120 Tavola presentata nel Concorso	pag. 98
Fig.121 Vista dell'inserimento del percorso	pag. 99
Fig.122 Vista interna del Castello	pag. 99
Fig.123 Vista del prospetto verso il mare	pag. 100
Fig.124 Piante dell'edificio	pag.100
Fig.125 Vista del percorso porticato	pag. 100
Fig.126 Vista dell'ampliamento del Museo	pag. 101
Fig.127 Vista esterna dell'edificio	pag. 101
Fig.128 Vista della tensostruttura in un ambiente naturale	pag. 102
Fig.129 Vista della tensostruttura in un ambiente urbano	pag. 102
Fig.130 Vista aerea del Parc Citroen	pag. 103
Fig.131 Vista della lama d'acqua nel Parco	pag. 103
Fig.132 Vista di una porzione del Parco	pag. 103
Fig.133 Vista del Giardino Botanico	pag. 104
Fig.134 Planimetria del Giardino	pag. 104
Fig.135 I percorsi e le vasche arboree del Giardino	pag. 104
Fig.136 Vista del cammino di ronda realizzato in acciaio	pag. 105
Fig.137 Planimetria del Parco Archeologico	pag. 105
Fig.138 Vista delle sponde del fiume riqualificate	pag. 106
Fig.139 Particolare delle sponde del fiume	pag. 106
Fig.140 Planimetria di progetto	pag. 107
Fig.141 Sezione della Fortezza	pag. 107
Fig.142 Sezione della torre di progetto	pag. 107
Fig.143 Planimetria di progetto	pag. 108
Fig.144 Visione prospettica della Piazza	pag. 108
Fig.145 Vista della Duke of York Square	pag. 108
Fig.146 Lampione Moai assonometria e prospetto	pag. 109
Fig.147 Contenitori delle essenze in cortèn	pag. 109



## Capitolo 8

Fig. 148 Vista a volo d'uccello dell'area di progetto	pag. 111
Fig. 149 Inquadramento dell'area durante i lavori per la realizzazione dei parcheggi	pag. 112
Fig. 150 Particolare delle mura magistrali in stato di degrado	pag. 112
Fig. 151 Spaccato assonometrico delle funzioni di progetto	pag. 114
Fig. 152 Planivolumetrico dell'area di progetto	pag. 115
Fig. 153 L'edificio esistente, un tempo adibito ad ex officina e magazzini	pag. 116
Fig. 154 Schema dei percorsi e della distribuzione	pag. 119
Fig. 155 Schema funzionale del piano terra	pag. 119
Fig. 156 Pianta del piano terra	pag. 120
Fig. 157 Schema funzionale del piano primo	pag. 121
Fig. 158 Pianta del piano terra	pag. 121
Fig. 159 La prima tipologia di percorso lungo le mura, a livello di campagna	pag. 122
Fig. 160 Particolare della prima tipologia di percorso lungo le mura	pag. 123
Fig. 161 Particolare del percorso sulle mura all'interno del Bastione Spagna, a livello sopraelevato	pag. 124
Fig. 162 Il percorso sulle mura che affianca la "Butterfly House" il LaNaBit	pag. 125
Fig. 163 Particolare del percorso sulle mura magistrali	pag. 126
Fig. 164 L'interno della "Collodi Butterfly House", Pistoia, progettata dall'Arch. Emilio Faroldi	pag. 127
Fig. 165 Una delle piazze basse del Bastione Spagna, ancora praticabile, fotografata nel 2003	pag. 128
Fig. 166 La suddivisione della piazza nelle tre aree principali: in verde quella frescura e degli orti, in marrone quella adibita a eventi all'aperto e sedute, in rosso quella a servizio della Polveriera - museo	pag. 129
Fig. 167 Particolare della piazza	pag. 130



## Capitolo 9

Fig. 168 Sezione trasversale dell'edificio di progetto; in evidenza gli elementi strutturali e la trave reticolare a vista	pag. 134
Fig. 169 Alcuni dettagli degli elementi strutturali proposti	pag. 135
Fig. 170 Dettaglio della copertura	pag. 136
Fig. 171 Esempio di copertura fotovoltaica in pannelli CIS	pag. 137
Fig. 172 Comparazione dimensionale della tecnologia CIS e i moduli tradizionali; a parità di potenza, il pannello CIS risulta essere più grande rispetto alle altre tipologie	pag. 144
Fig. 173 Gli strati che compongono il pannello CIS	pag. 145
Fig. 174 Diversi tipi di pannelli colorati a film sottile	pag. 145
Fig. 175 I pannelli CIS rossi, scelti per l'applicazione in copertura	pag. 146
Fig. 176 Studio degli ombreggiamenti e assonometria solare, 21 giugno h 08.00,	pag. 147
Fig. 177 Studio degli ombreggiamenti e assonometria solare, 21 giugno h 12.00,	pag. 148
Fig. 178 Studio degli ombreggiamenti e assonometria solare, 21 giugno h 18.00,	pag. 149
Fig. 179 Studio degli ombreggiamenti e assonometria solare, 21 dicembre h 09.00,	pag. 150
Fig. 180 Studio degli ombreggiamenti e assonometria solare, 21 dicembre h 12.00,	pag. 151
Fig. 181 Studio degli ombreggiamenti e assonometria solare, 21 dicembre h 15.00,	pag. 152
Fig. 182 I vetri basso emissivi	pag. 155
Fig. 183 I vetri termici	pag. 158
Fig. 184 Dettagli costruttivi del sistema di facciata Alu K SG50	pag. 161
Fig. 185 Esempio applicativo del sistema di facciata Alu K SG50	pag. 162
Fig. 186 Dettagli costruttivi del sistema di facciata Alu K SG50	pag. 163



Fig. 187 Il sistema di facciata Alu K SL50	pag. 164
Fig. 188 Esempio applicativo del sistema di facciata Alu K SG50	pag. 164
Fig. 189 Il prospetto sud. In evidenza l'applicazione dei brise soleil e della tensostruttura al di sopra della serra delle farfalle	pag. 165
Fig. 190 Il rivestimento di facciata, in doghe metalliche orizzontali	pag. 167
Fig. 191 Schema del processo di foto – catalisi	pag. 168
Fig. 192 Schema di funzionamento della pavimentazione foto-catalitica	pag. 169
Fig. 193 Esempi applicativi di pavimentazione foto-catalitica in ambiente urbano	pag. 170
Fig. 194 Esempio di illuminazione LED per interni	pag. 172
Fig. 195 Esempio di illuminazione LED per esterni (lampione in acciaio cortèn)	pag. 172
Fig. 196 Tipologia di riscaldamento e raffrescamento a pavimento del tipo RDZ BIO	pag. 174
Fig. 197 Schema applicativo del sistema di recupero delle acque piovane ad uso domestico	pag. 176
<b>Capitolo 10</b>	
Fig. 198 Schema di un sistema fotovoltaico isolato	pag. 185
Fig. 199 Schema del collegamento in serie dei pannelli fotovoltaici	pag. 187
Fig. 200 Pannelli CIS di colore rosso	pag. 189
Fig. 201 Pannelli CIS microforati	pag. 189
Fig. 202 Pannelli CIS a strisce	pag. 189
Fig. 203 Pannelli CIS serigrafati	pag. 189
Fig. 204 Schema dei valori medi minimi dell'illuminazione in un ambiente di lavoro	pag. 193
Fig. 205 Elementi di sostegno in alluminio dei pannelli	pag. 198



## Indice delle Tabelle

### Capitolo 9

Tab. 1 Dati generali e parametri dinamici della parete a secco esterna	pag. 138
Tab. 2 Strati funzionali della parete a secco esterna	pag. 139
Tab. 3 Trasmittanza della parete a secco esterna	pag. 139
Tab. 4 Dati generali e parametri dinamici del pacchetto di copertura	pag. 140
Tab. 5 Strati funzionali del pacchetto di copertura	pag. 140
Tab. 6 Trasmittanza del pacchetto della copertura	pag. 141
Tab. 7 Dati generali e parametri dinamici del pavimento contro terra	pag. 141
Tab. 8 Strati funzionali del pavimento contro terra	pag. 142
Tab. 9 Trasmittanza del pavimento contro terra	pag. 142
Tab. 10 Caratteristiche tecniche del sistema di facciata Alu K SG50	pag. 161
Tab. 11 Caratteristiche tecniche del sistema di facciata Alu K SL50	pag. 163

### Capitolo 10

Tab. 12 Valori indicativi del fattore di potenza di picco (Fonte: UNI TS 11300-4)	pag. 188
Tab. 13 Consumi energetici delle apparecchiature elettriche (fonte: Il fotovoltaico in Architettura, N. Aste)	pag. 193
Tab. 14 Consumi energetici delle apparecchiature elettriche dei locali di Servizio	pag. 194
Tab. 15 Consumi elettrici relativi all'illuminazione	pag. 194
Tab. 16 Consumi energetici di Bosco Fontana	pag. 195
Tab.17 Irradianze mensili (fonte: <a href="http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps">http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps</a> )	pag. 196
Tab. 18 Calcolo energia elettrica producibile dai pannelli fotovoltaici inclinati a 7°	pag. 197
Tab. 19 Calcolo energia elettrica fotovoltaica producibile alle diverse inclinazioni	pag. 197





## Indice delle Tavole

Tavola 1 Evoluzione urbana della città e delle aree militari

Tavola 2 Analisi infrastrutturale esistente e di progetto

Tavola 3 Le funzioni urbane: tipologie e articolazioni

Tavola 4 I percorsi urbani

Tavola 5 Lettura della cartografia storica dell'area di progetto

Tavola 6 Analisi morfologica e rilievo fotografico dell'area di progetto

Tavola 7 Progetto LaNaBit

Tavola 8 Analisi SWOT e temi progettuali

Tavola 9 Rilievo materico e fotografico dell'ex officina

Tavola 10 Rilievo materico e fotografico dell'ex officina e della Polveriera

Tavola 11 Riferimenti progettuali

Tavole 12 Planivolumetrico dell'area di progetto

Tavole 13 Planimetria della Piazza

Tavole 14 Pianta piano terra

Tavole 15 Pianta piano primo e interrato

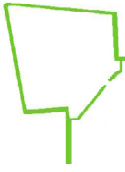
Tavole 16 Prospetto nord e prospetto sud

Tavole 17 Prospetto est, prospetto ovest, sezione AA'

Tavole 18 Sezione AA' e Sezione BB'

Tavole 19 Sezione CC' e Dettagli costruttivi

Tavola 20 Tecnologie e bioclimatica





## ABSTRACT

Il progetto del primo Laboratorio invertebratologico europeo per la Biodiversità, LaNaBit, si colloca nell'ex area militare Riva di Villasanta, a nord-ovest di Verona, e vuole rappresentare il consolidamento dell'attuale struttura del Centro Nazionale per lo Studio e la Conservazione della Biodiversità forestale "Bosco Fontana", già operativa a livello nazionale.

Il lavoro di ricerca del LaNaBiT produrrà risultati che, una volta elaborati, saranno riportati in sintesi critiche sulla Biodiversità italiana e le sue variazioni. A tale scopo saranno individuati i *bioindicatori* e le specie *sentinella* che evidenziano le alterazioni ambientali e i cambiamenti climatici a livello nazionale.

La futura sede di questi laboratori si inserisce in un'area di rilevanza storica e ambientale, al momento poco valorizzata rispetto alle potenzialità che le sono proprie. Attraverso la riqualificazione di questa zona, la ri-funzionalizzazione dei contenitori dismessi in loco e l'insediamento di nuove strutture, sarà possibile rivalutare l'area all'interno di un sistema articolato e complesso, sia sotto l'aspetto storico - ambientale che museale - culturale.

Il nuovo laboratorio si trova a ridosso delle mura magistrali e nei pressi del Bastione Spagna, testimonianze militari risalenti al quindicesimo secolo; la vicinanza di questi elementi di carattere militare ha indirizzato la progettazione dell'edificio all'integrazione delle preesistenze storiche.

Il progetto della struttura è stato analizzato e valutato anche dal punto di vista energetico e bioclimatico, sottoponendo le scelte tecnologiche alle esigenze delle problematiche della realtà contingente, nella fusione della professionalità richiesta nel III Millennio.



## Capitolo 1 \_ Evoluzione storica di Verona e della cinta muraria

### 1.1 L'epoca romana

Il reperto fossile più antico rinvenuto nel Veronese risale al Paleolitico inferiore: questo testimonia che il territorio fu abitato fin dall'epoche più remote.

Si hanno molti documenti del periodo Campignano, risalenti tra il 4000 e il 1700 a.C. Nell'età del Bronzo le popolazioni vivono in villaggi fortificati, costruiti su alture conformate a prue di nave, in posizione dominante rispetto al terreno circostante, protetti da mura in pietra di spessore variabile. Durante l'età del Ferro la popolazione che viveva sulle palafitte si unisce ai castrì dei colli Lessini, dando origine ad una popolazione identificata con il nome di *Euganei*.

Nel III secolo invadono la città anche i *Galli Cenomani*; in seguito i *Villanoviani*, gli *Etruschi* e i *Veneti* lasciano poche testimonianze, per questo appare difficile attribuire quale fra questi abbia fondato la città di Verona.

Nel 225 a.C. le città venete ed i Galli Cenomani si alleano con Roma per combattere contro i barbari. In questo periodo Roma individua Verona come punto strategico per il controllo militare della regione, nonché la base logistica per l'espansione romana verso le aree nord-orientali; la città assume così un ruolo importante di nodo difensivo e militare.<sup>1</sup>

All'inizio del II secolo a.C. Verona diventa il crocevia delle strade dell'Impero romano, all'interno della quale convergono in un primo momento la Postumia e nei secoli successivi le vie extraurbane

---

<sup>1</sup> F. Meneghelli, *Le Mura e i Forti di Verona, Itinerari e percorsi*, ed. Cierre, Verona 2006, p. 8

denominate Gallica e Claudia Augusta; la via Postumia sarà destinata a collegare il mar Ligure con l'Adriatico.<sup>2</sup> Verso la fine del secolo II la Pianura Padana diventa una provincia romana, denominata Gallia Cisalpina. Nel 49 a.C. Cesare tramite la *lex Roscia* permette a Verona di diventare un *municipio*; nel 42 viene definitivamente unita all'Italia assieme alla parte settentrionale del Po.

Dalla metà del I secolo a. C. Verona acquisisce ancor più importanza sotto il profilo strategico-militare: viene infatti edificata la cinta muraria.

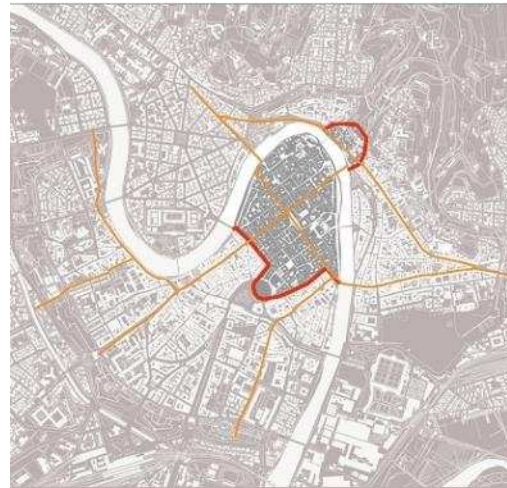
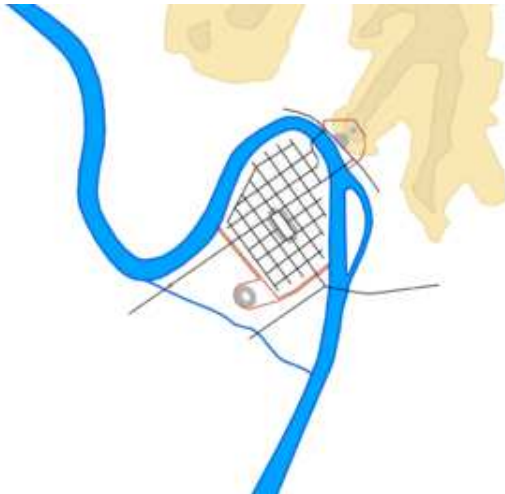


Fig. 1 Schema di Verona in epoca romana dove sono rappresentate le insulae, il Foro, l'anfiteatro, l'arce, l'Adigetto e l'Adige.

Fig. 2 Verona in epoca romana, in rosso la cinta muraria, in arancione le strade principali.

La città vera e propria, la *civitas*, è situata sull'ansa del fiume nella riva destra, mentre sul colle san Pietro si colloca il *castrum*, dominato dall'*arce*, la rocca, luogo dove si riteneva si fosse insediato il primo nucleo abitato.

La *civitas* viene divisa in *insulae* pressoché quadrate di settantasette metri di lato, che formano un reticolo regolare impostato sul

<sup>2</sup> Nerina Cremonese Alessio, *Verona panorama storico*, Ed. di "Vita Veronese", Verona 1978, p. 13



*Decumano massimo* e sul *Cardo massimo*. Gli “isolati” della città storica odierna rispecchiano ancora in modo quasi letterale le *insulae* romane.<sup>3</sup> Nel reticolo urbano si attestano le vie extraurbane, denominate via Postumia, via Gallica, via Claudia Augusta. I due ponti *Postumio* e *Lapideo* (o della Pietra) mettono in comunicazione con la riva sinistra la seconda cinta, semicircolare; partendo dall'esterno delle testate dei ponti si sale per racchiudere il *castrum* verso l'*arce* (rocca). Probabilmente esisteva un terzo ponte, dove ora vi è quello di Castelvecchio, per collegare la Claudia Augusta. Nel 49 iniziano così i lavori di costruzione della cinta muraria, che protegge la *civitas* nella parte meridionale; la parte settentrionale è, invece, salvaguardata dal fiume Adige, difesa naturale per la città. Di queste mura permangono l'arco su via Cantore, la facciata esterna di porta Borsari, quella interna di porta Leoni e altri ruderi meno consistenti. La tecnica costruttiva delle mura era costituita da una fondazione in conglomerato cementizio di ampio spessore, su cui si innalza la cortina muraria in mattoni legati da malta di calce che si restringe progressivamente verso la parte alta. A circa otto metri di altezza, in corrispondenza del piano della prima galleria delle porte urbane, vi è il cammino di ronda.



Fig. 3 L'Arce, dove vi è il Teatro Romano e Castel S. Pietro.



Fig. 4 Piazza Erbe

<sup>3</sup> A. Conforti Calcagni, *Le mura di Verona*, p. 15

In epoca romana Verona appare operosa e fiorente: è infatti uno dei centri preminenti dell'Italia settentrionale. Tuttavia, con il declino dell'Impero, decade la prosperità e aumenta l'importanza strategica della città, baluardo contro i pericoli delle invasioni barbariche incombenti dal nord e dall'est.

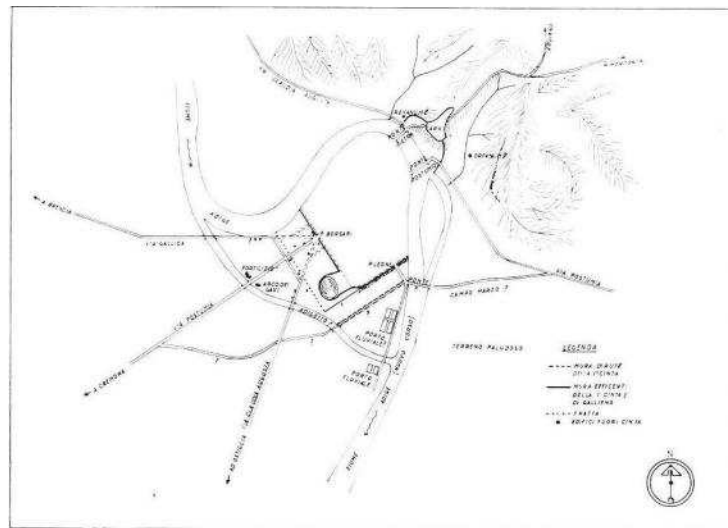


Fig. 5 Lo sviluppo della città e le fortificazioni di Gallieno (265 a. C.)

Per questi motivi nel 265 l'imperatore Gallieno stabilisce ingenti comandi militari e restaura la cinta muraria repubblicana, oramai decadente, aggiungendovi un'ansa per inglobare l'anfiteatro romano. Durante le lotte civili Verona è stata in più occasioni teatro di battaglie; solo nel III secolo riacquisisce importanza bellica, divenendo *prefettura d'Italia*, della *diocesi italiciana*, della provincia *Venetia et Histria* (X Regio).

In più occasioni gli imperatori romani soggiornano nella città.

Durante l'impero di Teodorico (493-526), re degli Ostrogoti, Verona diventa il centro militare più importante del suo regno, che rinalda le mura ampliandole nei pressi di S. Stefano e le rafforza sulla riva destra con una seconda recinzione più esterna. Teodorico designa il colle di San Pietro per la sede della sua reggia.



La seconda cinta muraria, costruita con Teodorico, dista otto-dieci metri dalla prima e raggiunge un'altezza di circa quattordici metri; è costituita da materiale di scarto, proveniente da necropoli e da edifici pubblici, integrato a getti di conglomerato e ciottoli di fiume.<sup>4</sup> Nel 774 crolla il regno longobardo con la sconfitta di Adelchi da parte di Carlo Magno. La città, pur essendo munita d'armi, si arrende dopo alcuni mesi di assedio. Il successore di Carlo, Pipino il Breve, temendo incursioni barbariche, dà l'ordine di ripristinare le mura, danneggiate dagli assedi del 774 e dal terremoto del 793: la cinta magistrale, le torri e le fosse vengono dunque restaurate attraverso palizzate.

Incapaci di detenere il potere di Carlo Magno, i successori ripartiscono il regno franco in marchesati e contee, secondo criteri di tipo geografico (Italia, Francia e Germania). Dal 837 Verona fa parte della Marca Foro-giuliese, cui rimase fino al X secolo.

Nel 961 si uniscono le corone d'Italia e della Germania: Verona viene designata più volte come sede per le diete dell'Impero, e in quelle occasioni imperatori e dignitari vengono ospitati all'interno dell'abbazia di San Zeno.

Nel secolo XI l'impianto urbano è diviso in quartieri, quattro dei quali nella *civitas*, separati dal *cardo* e dal *decumano* (Ferro, Capitani, Maggiore, Chiavica) ed uno nel *castrum*; fuori dalle mura si contano numerosi monasteri, che catalizzano l'insediamento delle popolazioni. Le porte d'accesso alla città in quest'epoca sono quattro: due nella *civitas* (San Zeno, ora Borsari, e San Fermo, ora Leoni,) e due nel *castrum* (San Stefano e Organa); il ponte era solo uno, quello della Pietra.

---

<sup>4</sup> F. Meneghelli, *Le Mura e i Forti di Verona*, Itinerari e percorsi, ed. Cierre, Verona 2006, p. 20



## 1.2 L'epoca comunale: la signoria Scaligera e il dominio Visconteo

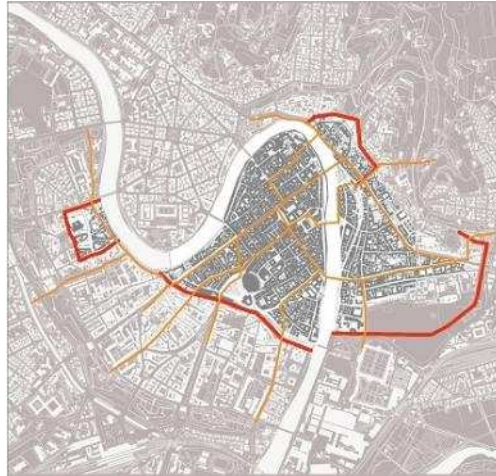


Fig. 6 Verona in epoca comunale, in rosso la cinta muraria, in arancione le strade principali

Durante l'XI secolo nella città di Verona il regime feudatario viene sostituito dall'organizzazione comunale. L'organismo civico, dotato di autorità politiche, è in questo periodo formato da *milites*, mercanti e giudici, ovvero le classi che detenevano il potere.

Dal 1151 al 1163 il consolato viene sostituito dal governo di un rettore, assistito da giudici; in seguito i consoli si alternano ai podestà fino ad acquisire il potere supremo.

La Lega Veronese, preludio alla Lombarda, è istituita nel 1164 tra Verona, Venezia (la promotrice), Padova, Vicenza e Treviso. Successivamente, la Lega Veronese si fonde alla Lombarda, riunendo Venezia, Verona, Vicenza, Padova, Treviso, Ferrara, Brescia, Bergamo, Crema, Milano, Lodi, Piacenza, Parma e Mantova.

L'imperatore Federico si incontra a Verona con il pontefice Lucio III per accordarsi sui beni di casa Canossa, sulle crociate e sulle misure da prendere nei confronti degli eretici, sugli argomenti di carattere temporale e imperiale.



Alla fine del secolo XII nella città si costruiscono il palazzo del Comune, il palazzo della Ragione e si ripristinano le chiese. Le nuove mura difensive si ampliano, racchiudendo anche la zona meridionale e i dorsali dei colli.

La nuova cinta muraria è caratterizzata dalla presenza di elementi di origine romana e da blocchi di tufo squadrati ma non regolari, uniti da materiale misto in malta e ciottoli di fiume. Queste mura presentano un andamento "irregolare", uno spessore medio di un metro ed un'altezza pari a circa dieci metri.<sup>5</sup>

A causa della mancanza di un piano urbanistico di gestione del costruito e dei tracciati viari, all'interno della città si ritrovano deviazioni, tortuosità e irregolarità. In questo periodo vengono elevati i due ponti in legno su pile di pietra (Navi e Nuovo).

Agli inizi del secolo XIII riprendono le lotte tra le nobili famiglie della Lega Lombarda: proprio a Verona si scatenano queste inimicizie e ad approfittarne è Ezzelino, che riesce ad impadronirsi della città. Egli si fa eleggere podestà, diventando così autonomo dall'imperatore.

In quest'epoca si ricostruisce la cinta muraria crollata lungo l'Adigetto, rafforzandola con ulteriori torri.<sup>6</sup> La muratura è realizzata con una tecnica costruttiva meno precisa rispetto alla precedente.

Prima della morte di Ezzelino viene nominato podestà *Mastino della Scala*.

Con l'avvento degli Scaligeri si apre un importante capitolo nella storia della città, durante il quale Verona viene incoronata con una superba

---

<sup>5</sup> F. Meneghelli, *Le Mura e i Forti di Verona, Itinerari e percorsi*, ed. Cierre, Verona 2006, p. 23

<sup>6</sup> F. Meneghelli, *Le Mura e i Forti di Verona, Itinerari e percorsi*, ed. Cierre, Verona 2006, p. 9



cortina muraria.<sup>7</sup> Mastino ripristina la pace con le potenze straniere e la sicurezza all'interno della città.

I Veronesi decidono di congiurare contro Mastino e di porre fine al suo governo: questo fatto coincide con la transizione dal Comune alla Signoria. La popolazione conferisce infatti tutti i poteri detenuti da Mastino ad Alberto della Scala, accelerando la creazione della vera e propria Signoria scaligera. Alberto I della Scala contribuisce ad abbellire Verona sotto il profilo artistico e militare: in particolare amplia la cinta magistrale sulla riva sinistra inglobando all'interno delle mura i monasteri e i borghi esterni.<sup>8</sup> La cinta muraria alta otto metri ha inizio presso l'attuale ponte Aleardi e termina presso le pendici dei colli, includendo il Campo Marzio con il borgo sorto fra questo e Porta Vescovo.<sup>9</sup>

In questo secolo si susseguono i signori Della Scala, fra i quali Canfrancesco, denominato anche Cangrande, la figura più luminosa della storia veronese. Durante il suo governo egli conquista Vicenza, Feltre, Belluno, Padova e Treviso.

Altre importanti novità si hanno sul rinnovamento della cinta magistrale: dal 1323 al 1325 le mura vengono infatti prolungate lungo i dorsali dei colli fra porta Vescovo e San Giorgio. Le mura scaligere permangono ancor oggi, e sono circondate da un vallo esterno che corona di verde la città.

Le mura di Cangrande iniziano sulla riva destra dell'Adige, in mezzo al quale si innalza la torre Catena, piegano a nord per includere il quartiere "Orti di Spagna" e proseguono quasi rettilinee fino all'attuale

---

<sup>7</sup> A. Conforti Calcagni, *Le mura di Verona*, p. 58

<sup>8</sup> F. Meneghelli, *Le Mura e i Forti di Verona*, Itinerari e percorsi, ed. Cierre, Verona 2006, p. 10

<sup>9</sup> Nerina Cremonese Alessio, *Verona panorama storico*, Ed. di "Vita Veronese", Verona 1978, p. 86



ponte S.Francesco<sup>10</sup>. La nuova cinta fortificata, tanto ampia da includere sia i nuovi sobborghi sia vaste aree quasi prive di abitazioni, ha contenuto gli accrescimenti edilizi per quasi sei secoli di storia, fino alle soglie del Novecento.



Fig. 7 La Torre fluviale della Catena

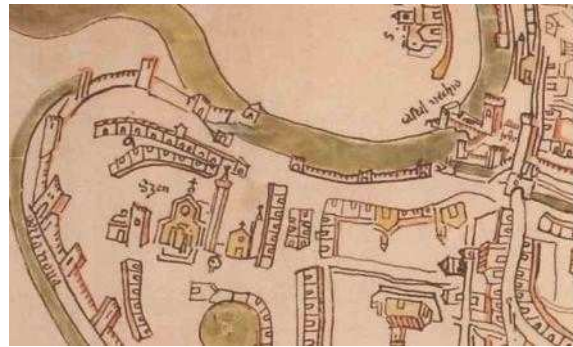


Fig. 8 Carta dell'Almagià, metà del secolo XV.

Nel Trecento Mastino II Della Scala completa la cinta magistrale, iniziata da Cangrande, elevando un muro nel tratto del Lungadige Capuleti, l'unico rimasto indifeso.

I successori di Mastino tentano di evitare lo scioglimento della Signoria scaligera, tuttavia compiono ingiustizie tali da impoverire la popolazione. Cangrande II, denominato Can rabbioso, detiene il potere, intuendo le minacce dei Visconti; per questo aderisce alla lega antviscontea. Consapevole di non essere più al sicuro nel palazzo scaligero anche a causa del malcontento della popolazione, fa costruire un palazzo-fortezza, nel 1354, irto di torri, difeso da mura merlate, cinto da un profondo fossato e completato da un ponte fortificato (il Castello Scaligero).<sup>11</sup>

<sup>10</sup> Il ponte di San Francesco fu ultimato nell'anno 1325, Nerina Cremonese Alessio, *Verona panorama storico*, Ed. di "Vita Veronese", Verona 1978, p.94

<sup>11</sup> Il castello scaligero verrà chiamato in seguito Castelvechio quando i Visconti e i Veneti innalzarono Castel S. Felice (1390-1409).

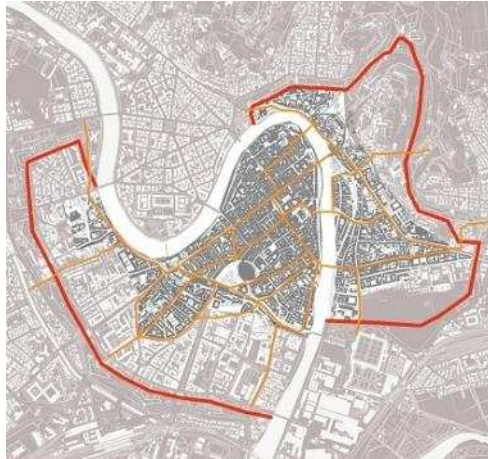


Fig. 9 Verona in epoca scaligero- viscontea, in rosso la cinta muraria, in arancione le strade principali

Nel 1337 penetrano in città le milizie viscontee, che non incontrano l'opposizione della popolazione. La tirannia e l'indipendenza scaligera finiscono, lasciando così il posto alla signoria dei Visconti.

Durante il dominio visconteo Gian Galeazzo, signore di Milano, si preoccupa di rafforzare le difese cittadine contro la crescente potenza di Venezia: infatti riedifica Castel S. Pietro, inizia Castel S. Felice, e costruisce la Cittadella, una fortezza poderosa che occupa tutta la zona sud-orientale sulla riva destra dell'Adige, tra le attuali via Pallone, Corso Porta Nuova, e via Raggio di Sole. La città si protegge a nord dalla cinta comunale e dall'Adigetto, a sud dalle mura di Cangrande, ad est da quelle di Mastino; Gian Galeazzo Visconti completa così il quadrilatero lungo corso Porta Nuova, innalzando un secondo muro su via Pallone che lo collega a Castelvecchio.

### 1.3 La dominazione veneta (1405-1797)

Con la morte di Gian Galeazzo si presenta a Venezia l'opportunità di conquistare gran parte del territorio Veneto, assicurandosi così il



controllo delle vie di transito, fra le quali risulta essere assai importante quella terrestre e fluviale lungo l'Adige.

Favorita dalla spontanea dedizione della cittadinanza veronese, Venezia domina su Verona quasi ininterrottamente dal 1405 al 1797.

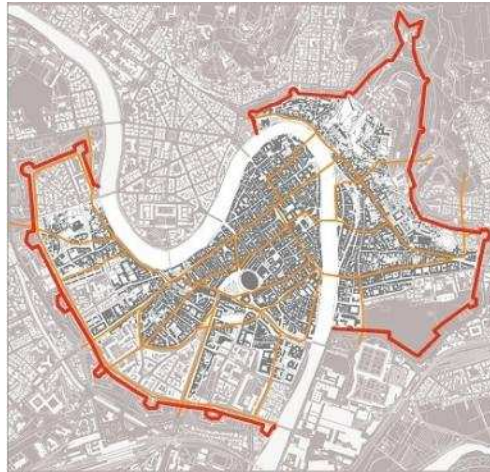


Fig. 10 Verona in epoca veneziana, in rosso la cinta muraria, in arancione le strade principali

Nel complesso sotto la dominazione veneta la situazione veronese migliora rispetto al periodo visconteo, tuttavia le attività economiche risentono della perdita di indipendenza.

All'inizio del secolo XVI Verona si rivela lo stato più potente della penisola, possedendo numerose regioni nell'entroterra, costiere e insulari del Mediterraneo, alcuni territori dello Stato Pontificio, della Spagna, della Francia e dell'Impero. Queste potenze straniere, minacciate nella loro espansione, si coalizzano così contro Venezia, che viene ridotta ai possedimenti nella sola Laguna, con la Lega di Cambrai (1508).

Verona, essendo una "porta d'Italia", è coinvolta durante il conflitto veneziano e rimane sotto il potere dell'imperatore d'Austria Massimiliano d'Asburgo, che mira all'Italia settentrionale e al Veneto. Il periodo dell'occupazione imperiale è stato per Verona molto

difficoltoso, in quanto le truppe straniere saccheggiano la città con ogni mezzo. Massimiliano considera Verona come “una delle migliori gemme dell’Impero”.<sup>12</sup>

Durante questo periodo le opere difensive viscontee si rivelano insufficienti a supportare le nuove tecnologie d’artiglieria, e vengono a tratti demolite.

Nel 1516 Venezia assieme alle milizie franco-venete assedia Verona, che è costretta a respingere l’attacco; la città rimane ancora sotto il dominio veneto.

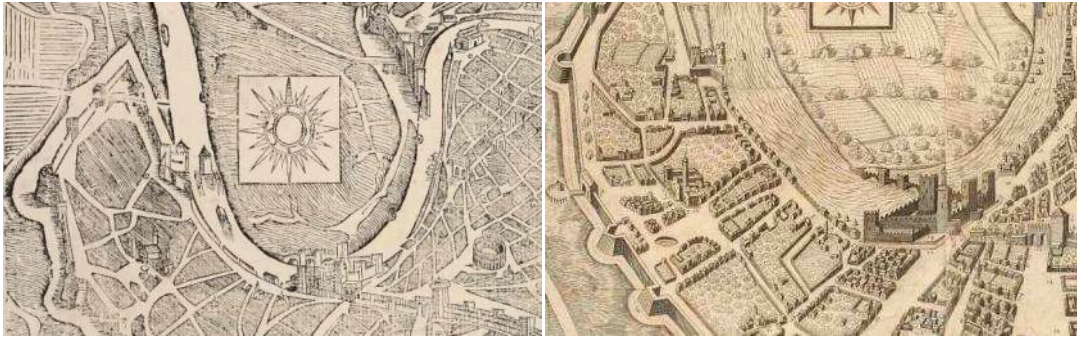


Fig. 11 Pianta di Giovanni Caroto (1540). In questa planimetria si nota la modifica delle mura magistrali.

Fig. 12 Pianta di Paolo Frambotto (1648). In questa planimetria si nota la modifica di Porta Fura.

Dal 1517 al 1797 Verona si trova in un periodo di pace, turbata solo dal passaggio dei soldati che militano nelle guerre di successione.

Nonostante l’assenza di battaglie imminenti, Venezia non manca di predisporre le misure necessarie per fronteggiare un eventuale attacco nemico: fra il 1517 e il 1565 si costruisce a Verona un complesso sistema fortificatorio, tanto poderoso da farla diventare “la città più forte dello stato veneto”<sup>13</sup>.

<sup>12</sup> Giorgio Bolognini, *Verona durante la guerra di Cambrai e il dominio di Massimiliano I d’Austria*, Perugia 1906, p.20

<sup>13</sup> F. Meneghelli, *Le Mura e i Forti di Verona, Itinerari e percorsi*, ed. Cierre, Verona 2006, p. 25



Nel 1518 vengono demoliti i sobborghi esterni al circuito delle mura, per un raggio di circa un miglio, e se ne vieta la ricostruzione, ottenendo così una spianata<sup>14</sup> che rende il territorio adatto al tiro delle artiglierie. Si rafforzano le mura con baluardi e bastioni, si riedificano i tratti inefficienti, si erigono sui colli e in periferia fortificazioni tali da supportare l'offensiva delle nuove potenti armi da fuoco.

Viene poi rafforzata la cinta in zona collinare, e vengono realizzate le porte Vescovo, San Giorgio, i bastioni delle Maddalene e di Campo Marzio.

I nuovi sistemi fortificati vengono portati a pieno compimento dall'architetto Michele Sanmicheli tra il 1530 e il 1559. Egli propone nuove soluzioni tecniche legate alla scienza delle fortificazioni, tenendo in considerazione il contesto territoriale strategico e le vie di comunicazione, coinvolgendo inoltre le città di Peschiera e Legnago. L'intervento dell'architetto incide sia sulle opere fortificative in sé, sia sul rinnovamento dell'assetto urbano di Verona, ristabilendo il rapporto tra città e campagna: infatti egli propone l'inserimento di bastioni che dalla città si protendono verso l'esterno, costituendo così una particolare articolazione del sistema difensivo.

Michele Sanmicheli applica su vasta scala, sia a Verona che nelle altre città venete, il fronte bastionato, costituito da una massiccia muratura rivestita all'esterno di laterizio e all'interno da terra irrobustita da bastioni poligonali ad opportuna distanza.

La tecnica fortificatoria si modifica con l'aumento dello spessore della muratura e l'andamento a scarpata nelle parti inferiori, l'inserimento del toro in pietra sotto il parapetto del camminamento di ronda, per

---

<sup>14</sup> La spianata fu mantenuta per circa quattro secoli, Nerina Cremonese Alessio, *Verona panorama storico*, Ed. di "Vita Veronese", Verona 1978, p.128.



rendere più difficoltosa la salita straniera, la costruzione di terrapieni dentro e fuori le mura quale riparo della cortina muraria dalle granate delle artiglierie nemiche, l'abbassamento delle torri di cui si allarga la base sino a trasformarle o in baluardi o in rondelle.

Le artiglierie poste su livelli diversi sono collocate dietro l'orecchione del bastione, coperte alla vista e all'attacco nemico. I cannoni, così mascherati, potevano battere il fossato antistante le mura e colpire di fianco la massa degli attaccanti. Nella parte nascosta alla vista nemica dell'orecchione poteva esserci una porta di sortita, da cui i difensori uscivano nel fossato per contrattaccare gli avversari.<sup>15</sup>



Fig. 13 Veduta aerea di Porta Nuova, opera realizzata dal Sanmicheli nel sec. XVI. La porta rappresenta l'ingresso alla città.



Fig. 14 Porta San Zeno e Bastione San Zeno, opere realizzate dal Sanmicheli nel sec. XVI, tuttora intatte.

“Il Sanmicheli segna la città con le porte (definite dal Vasari le più belle d'Italia), che aprono il costruito verso l'intorno e definiscono i tracciati viari della crescita urbana interna.”<sup>16</sup> Una volta conclusi i lavori delle mura, l'imponente sistema difensivo conta trentotto torri di osservazione e cinque porte di accesso in sinistra Adige e trentatré torri e sei porte sulla destra.<sup>17</sup>

<sup>15</sup> F. Meneghelli, *Le Mura e i Forti di Verona*, Itinerari e percorsi, ed. Cierre, Verona 2006, p. 28

<sup>16</sup> F. Meneghelli, *Le Mura e i Forti di Verona*, Itinerari e percorsi, ed. Cierre, Verona 2006, p. 12

<sup>17</sup> F. Meneghelli, *Le Mura e i Forti di Verona*, Itinerari e percorsi, ed. Cierre, Verona 2006, p. 10



Nella parte meridionale della città vengono, in aggiunta, realizzati bastioni quali di San Francesco, di Santa Trinità, dei Riformati e le rondelle di San Procolo e di Spagna.

Il lungo dominio veneto potenzia il sistema difensivo, ma non lascia segni di stile rinascimentale o barocco, ovvero l'incremento edilizio riguarda solo le singole aree interessate dalle iniziative private, tralasciando alcuni vuoti nella città.

Nel Settecento, accanto a palazzi e chiese, sorgono innumerevoli case e casupole addossate l'una all'altra; le piazze sono tenute a ghiaia o lastricate con pietre o selciato di mattoni variamente disposti; l'illuminazione notturna cittadina è costituita da "fiammelle". Nel frattempo Castelvecchio diventa "Accademia militare di artiglieria".

Durante il XVIII secolo le fortificazioni veronesi continuano a mettere al riparo la città dagli attacchi stranieri; tuttavia il governo veneto decide di non aggiornare le difese murarie rispetto alle nuove tecnologie e questo risultò fatale per il destino veronese.<sup>18</sup> Nel 1796 scoppia la guerra austro-francese.

#### 1.4 La dominazione francese (1797-1814) e austriaca (1814-1866)

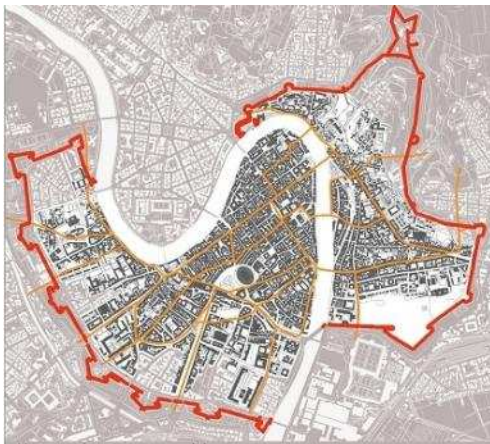


Fig. 15 Verona in epoca austriaca, in rosso la cinta muraria, in arancione le strade principali.

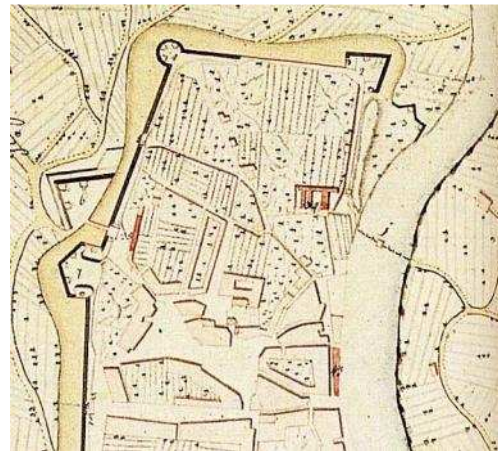
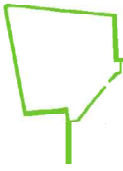


Fig. 13 Il primo rilievo austriaco della città di Verona (1798)

<sup>18</sup> A. Conforti Calcagni, *Le mura di Verona*, p. 103



Durante l'occupazione francese si apre, nella storia di Verona, un nuovo capitolo di guerra aspra e rovinosa, sia per la città, sia per le sue mura.

Nel maggio del 1796 Napoleone penetra nel territorio veneto per inseguire l'esercito austriaco; il governo dogale dichiara neutralità armata e difende solo la capitale, non avendo mezzi necessari a proteggere tutti i domini. Gli austriaci vengono allora vinti a Borghetto sul Mincio. Ormai in fuga verso il Trentino, Napoleone entra in Verona nel giugno del 1797, dettando un proclama in cui dichiarava che avrebbe rispettato il governo, la religione, le vite e gli averi dei cittadini. Il generale francese visita in quell'occasione la città. Le truppe francesi nei giorni successivi occupano nel Veronese castelli, trasformano le chiese in ospedali, confiscano le munizioni venete. Dopo circa un anno il governo veneziano è sostituito così dalla Municipalità.

Napoleone domina la città per due mesi, che viene poi rioccupata dagli eserciti austriaci che compiono nuove rapine, ma sono costretti a riparare oltre le Alpi. Nel 1797 Napoleone lascia Verona per inseguire gli Austriaci, i Rettori di Verona tentano così di ribellarsi alle truppe napoleoniche lasciate a controllare i cittadini. Tuttavia tra i veronesi sorge una Loggia Massonica, i Giacobini; i rivoluzionari vengono presto scoperti e arrestati.

I francesi continuano a reggere la città: la popolazione decide perciò di insorgere con ogni mezzo. Nell'aprile riesce dunque a smantellare le truppe francesi, che fuggono a Vicenza; per sette giorni, detti le *Pasque veronesi*, la popolazione continua a combattere, fino al 25 aprile con la resa definitiva di Verona. La città è stata l'unica veneta a ribellarsi alle armi straniere e perciò a cadere onoratamente.



Nello stesso anno Bonaparte attacca Venezia, ponendo fine al dominio veneto. Il 6 maggio il generale Augerau impone a Verona i patti sottoscritti da Napoleone (trattato di Campoformio).

La città subisce altre innovazioni, quali: la divisione in *otto rioni*, il nome sulle porte urbane, sulle strade e sui palazzi, il numero sugli edifici, il calendario francese.

“Il turbine della rivoluzione ... [sconvolse] leggi, istituzioni, ordinamenti, costumi, consuetudini e trasformò lo stesso aspetto della città”<sup>19</sup> .

Le riforme francesi beneficiano e rivitalizzano la città al punto da essere mantenute anche dopo il crollo della potenza straniera.

Nel 1797 Napoleone torna ancora per due volte a Verona e in quelle occasioni soggiorna presso il palazzo Canossa. Nel 1798 tornano a Verona gli Austriaci che costituiscono il *Governo Auilico Provvisorio Imperiale* .

Al ritorno dall'impresa d'Egitto, nel 1800 Napoleone annienta l'esercito austriaco in Italia, ripristina i possedimenti francesi, costituendo nuovi stati-vassalli. Nella pace di Lunéville del 1801 Napoleone riconferma le clausole del trattato di Campoformio e designa l'Adige come confine tra la Repubblica Cisalpina e l'Impero Austriaco. I francesi prima di consegnare il territorio agli Austriaci demoliscono alcuni tratti delle mura sulla riva sinistra (come anche Castel San Felice, Castel San Pietro e il torrione scaligero), così come tratti della riva opposta: “... dovendo riconsegnare [...] si salvano solo i bastioni di San Francesco e di Spagna, forse perché utilizzati come polveriere.”<sup>20</sup>

Verona si trova in questo modo ad essere divisa in due parti: a sinistra del fiume dominano gli Austriaci, che mantengono le istituzioni aristocratiche e rispettano la religione cattolica; a destra si ha un

<sup>19</sup> Osvaldo Perini, *Storia di Verona dal 1790 al 1822*, Verona 1881, vol. I, p.1

<sup>20</sup> F. Meneghelli, *Le Mura e i Forti di Verona*, Itinerari e percorsi, ed. Cierre, Verona 2006, p. 12

governo locale di ispirazione francese che continua il processo di democratizzazione dove si assicurano l'uguaglianza di tutti i cittadini, la libertà delle professioni e dei mestieri, la ripresa dei commerci e delle industrie, il riordino dell'istruzione pubblica. In primo tempo la riva destra è aggregata al Dipartimento del Mincio per quanto riguarda le funzioni politiche e amministrative, in seguito, dal 1803, è posta a capo del Circondario dell'Adige. Nel 1805 i Francesi rioccupano la città.

Durante il dominio francese vengono abbattuti Castel S. Felice, Castel S. Pietro, l'Arco dei Gavi, la torre scaligera sulla testata sinistra del ponte di Castelvecchio e quasi tutta la cinta magistrale fra S. Zeno e la Trinità.

A causa della perdita di unitarietà delle opere difensive, la città di Verona si espande verso sud, lungo il corso di Porta Nuova. Il progetto del 1809 non viene realizzato: esso consiste nell'ideare un passaggio pubblico attrezzato; questo "parco urbano" (coincidente con l'attuale scalo ferroviario) rappresenta un prima ipotesi di superare la frattura tra cinta muraria e il territorio circostante, in vista di un'espansione urbana verso sud.

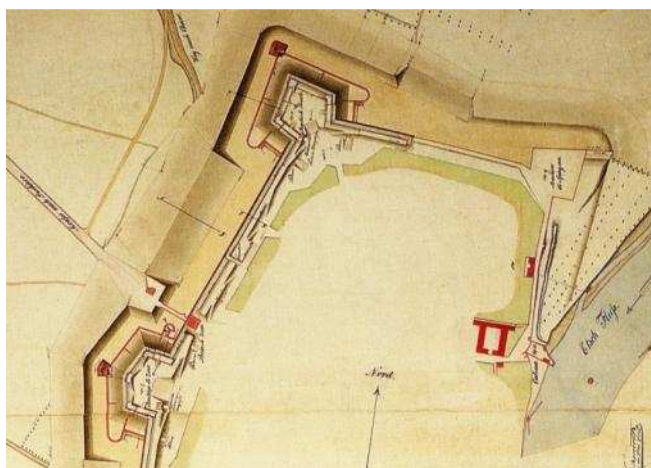


Fig. 17 Rapports Plan der auf dem Objecte des in den drei Baujahren 1833, 1834, 1835 an der Hauptumfassung von Verona bewikten Befestigungsbauten (Piano di presentazione dei lavori di fortificazione eseguiti per la cinta magistrale di Verona, nell'opera di riva destra, nei tre anni lavorativi 1833, 1834, 1835.)



Dopo la caduta del regime napoleonico, Verona passa nelle mani degli Austriaci e fa parte del Regno Lombardo-Veneto. Verona accetta con entusiasmo l'arrivo degli Austriaci dal momento che sotto il governo francese aveva visto disposizioni tributarie gravose. Il comandante Bellegarde, alla guida degli Austriaci, proclama i provvedimenti del nuovo governo che riguardavano una riduzione dei dazi per ristabilire condizioni economiche più favorevoli. Tuttavia il nuovo governo instaura un controllo poliziesco su ogni attività culturale e pastorale tale da indurre i veneti ad organizzare associazioni segrete, quali le Logge massoniche, la Carboneria e i Masenini. Questi ultimi tentano di far insorgere il Veneto ma vengono subito scoperti e arrestati nei moti del '31. In seguito ai primi moti liberali, la Santa Alleanza tiene a Verona un Congresso, dall'ottobre al dicembre del 1822, nel quale parteciparono l'imperatore d'Austria Francesco I, lo zar delle Russie Alessandro, il re delle Due Sicilie Ferdinando I, il granduca di Toscana Ferdinando III, il duca di Modena Francesco IV, i plenipotenziari duca di Wellington per l'Inghilterra e visconte di Chateaubriand per la Francia, il principe di Metternich ed altri illustri personaggi.

Durante la dominazione austriaca si apportano numerosi miglioramenti urbanistici: si libera la base dell'Arena, soffocata dalle case; si libera il ponte Pietra dalle casupole e botteghe, costruite fin dal secolo XVI; si numerano le case; si iniziano i lavori per mettere in luce il teatro Romano; si costruisce il palazzo Barbieri (ora Municipio); si inaugura la prima ferrovia tra Verona e Vicenza e si costruisce la stazione Porta Vescovo.

Dal momento che le fortificazioni militari erano ormai inadeguate alle nuove armi più progredite, l'Austria inizia ad eseguire lavori alla cinta

muraria, trasformando la città in piazzaforte: Verona assieme a Peschiera, Legnago e Mantova costituisce così il Quadrilatero.

A partire dal 1830, per riportare Verona al ruolo di nodo strategico militare e difensivo, viene incaricato Franz Von Scholl di aggiornare la cinta bastionata della città, attuando un piano che non riguardava solo l'area urbana, ma tutto il territorio circostante, organizzando una serie di forti esterni che costituirono il "campo trincerato".

La previsione di questi forti, da distribuire nei punti più strategici dei dintorni della città, cominciava ad allontanare il luogo centrale dove si sarebbero giocate le sue sorti. Sicchè per la difesa sarebbe bastata una cinta improntata a criteri assai diversi da quelli che il Sanmicheli aveva messo in atto nel XVI secolo.

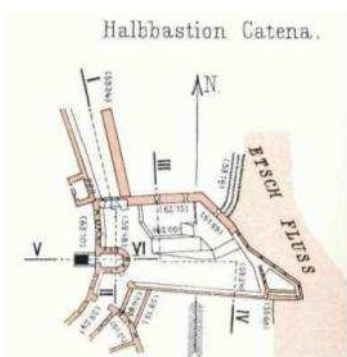


Fig. 18 Pianta del Bastione Catena (1840). Fig. 19 Mappa del catasto austriaco (1843).

La nuova cortina di Verona doveva risultare più "leggera", consentire solo una resistenza di breve durata ma permettere, in cambio, agili e rapide sortite.

A partire dalle teorie degli studiosi francesi Montalembert e Carnot, il generale Scholl applica le innovazioni tecnologiche per il rinnovamento del fronte bastionato veronese. I bastioni vengono



ricostruiti più bassi e sempre a forma poligonale, formati da terrapieni nella parte esterna, per meglio assorbire i colpi d'artiglieria. Viene inoltre realizzato un muro staccato posto sul fondo del fossato (il cosiddetto "muro alla Carnot") rafforzato da una caponiera nel vertice; dietro a questo si posizionavano i fucilieri che, dalle feritoie, potevano sparare alla fanteria nemica. Il muro lateralmente si distacca dalla scarpata del terrapieno, e con un andamento curvilineo, a forma di orecchione, sul cui fianco è ricavata una porta di sortita. Il muro "alla Carnot" (altezza 6,72 ml e spessore 2,24 ml) è costituito da un paramento esterno a vista in conci di tufo/pietra disposti ad *opus poligonale*, utilizzato dagli austriaci in quasi tutte le opere veronesi (anche nel consolidamento delle murature scaligere in ciottoli e laterizio).<sup>21</sup>

L'Austria in un primo momento rafforza la cinta magistrale e costruisce i bastioni aprendo dei passaggi muniti in modo da consentire i collegamenti tra i bastioni adiacenti.

In una seconda fase si innalzano i forti esterni alle mura, in modo da assicurare un campo trincerato. In seguito vengono costruiti altri forti distanti circa ottocento metri l'uno dall'altro (S. Zeno, S. Massimo, S. Lucia) e riedificato Castel S. Pietro.

Nel 1860 si rendono poi necessarie costruzioni interne di altro respiro, quali l'Arsenale e alcune caserme militari per ospitare le attrezzature adeguate ai cannoni.

Tra il 1832 e il 1844 vengono rifatti i bastioni di Santa Trinità (1836), Riformati (1836-37), Santo Spirito (1833-35), San Bernardino (1838), San Zeno (1837 o 1840) e San Procolo (1836 o 1838), e si operò al rafforzamento di Porta Fura (1840) e della cinta nella parte collinare.

---

<sup>21</sup> F. Meneghelli, *Le Mura e i Forti di Verona*, Itinerari e percorsi, ed. Cierre, Verona 2006, p.32



La costruzione dei forti esterni comincia nel 1833; vengono realizzati solo in parte; vengono erette quattro torri sulle colline (dette "Massimiliane" o "torricelle"), costruiti i forti Sofia, San Leonardo e San Mattia; nel 1839 vengono edificati forte Sholl (che in epoca successiva venne distrutto) e per ultimo forte San Procolo<sup>22</sup>.

Con la morte di Sholl nel 1844 si sospende l'attuazione del suo "piano strategico" e negli anni successivi viene realizzato il campo trincerato.

Nel 1848 viene istituito un governo militare assai oppressivo nei confronti della città; nello stesso anno viene il generale Radezky, che proclama lo stato d'assedio.

In seguito gli Austriaci costringono l'arruolamento forzato di nuovi circoscritti per fronteggiare i patrioti lombardo-veneti, che insorgono: infatti numerosi patrioti veronesi svolgevano opera di propaganda contro gli austriaci, ma nel 1850 vengono scoperti e processati.

Nel congresso di Parigi del 1856 Cavour accusa l'Austria di reggere il Regno Lombardo-Veneto in modo troppo crudele e, perciò, cerca di instaurare a Verona un governo meno intransigente. Poi nel 1859 si arriva alla pace di Villafranca, ma Verona si ritrova nuovamente nelle mani degli austriaci.

Nel 1861 viene proclamato il Regno d'Italia e nel 1866 il Veneto viene ceduto alla Francia e da questa all'Italia. La cessione di Verona avviene il 16 ottobre: in questa occasione sfilano sedici soldati da porta Vescovo a piazza Bra' tra lanci di fiori e acclamazioni continue, mentre i restanti Austriaci uscivano silenziosamente dalla città da porta Nuova.

---

<sup>22</sup> Forte San Procolo si presenta a pianta quadrata, con quattro rondelle agli angoli; "è molto interrato, sicché lo spalto che lo circonda lo nasconde completamente". G. Barbetta, *Le mura e le fortificazioni di Verona*, ed. di "Vita Veronese", Verona 1978, p.101



L'annessione all'Italia viene legalizzata il 21 ottobre con un plebiscito. Il 18 novembre il re Vittorio Emanuele II e i figli Umberto e Amedeo vengono a far visita alla città, finalmente ricongiunta alla madre-patria.

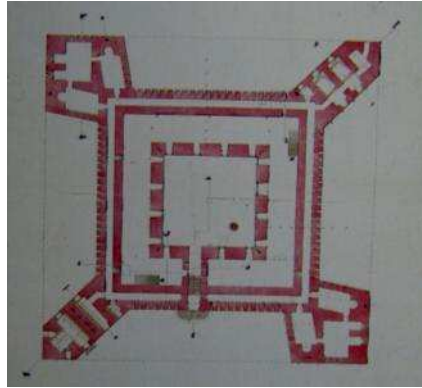


Fig. 20 Pianta del ridotto nell'opera avanzata n° XI del forte San Procolo, costruito nel 1842

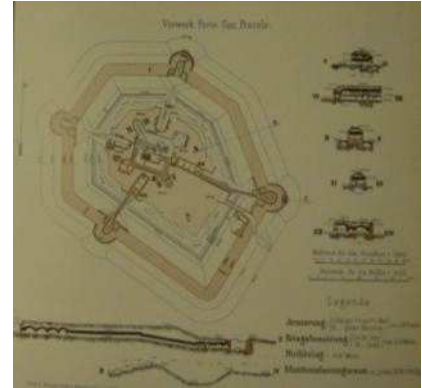


Fig. 21 Pianta e sezioni austriache del forte San Procolo

### 1.5 Dalla città "murata" all'espansionismo urbano (1866-2010)

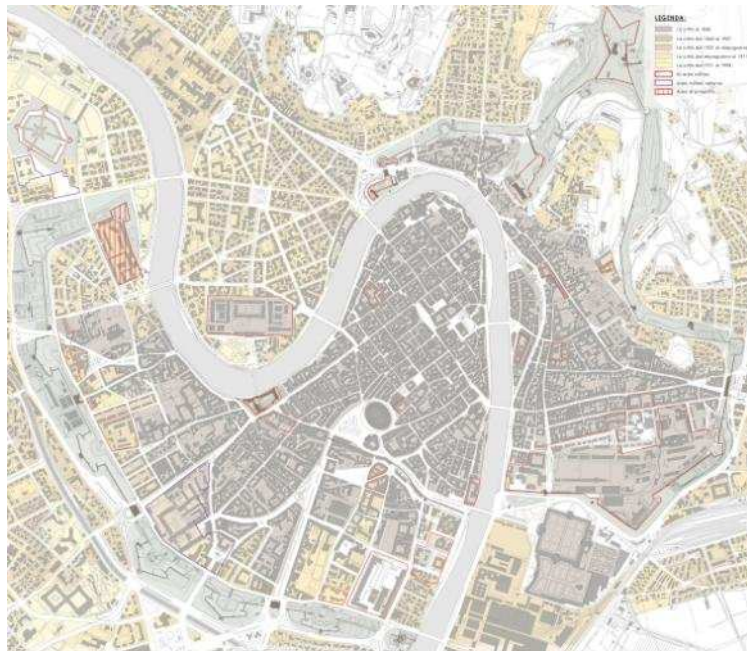
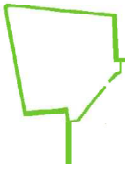


Fig. 22 Planimetria di Verona dove è riportato lo sviluppo urbano e militare (in rosso l'area di progetto, cfr. cap.3)



Nel momento in cui Verona entra a fare parte del Regno d'Italia, la città perde gran parte dell'originaria funzione di nodo strategico e militare.

In questo nuovo contesto economico e politico, il Comune entra in possesso delle aree demaniali poste all'interno e all'esterno della cinta urbana. I vincoli e le servitù militari vengono però mantenuti fino al 1892, e solo successivamente vengono a cadere, ad eccezione della cinta muraria che rimane del Demanio dello Stato.

Grazie a questa condizione, insieme ad una limitata crescita demografica, non vengono demolite le mura veronesi, a differenza di molte città fortificate, quali ad esempio Vienna, Parigi, Bologna e Firenze.

Le vicende veronesi del secolo scorso riguardano soprattutto lo sviluppo sociale, culturale, tecnico, edilizio ed economico.

Riportiamo di seguito alcuni tra i fatti più salienti della storia di fine Ottocento: nel 1881 viene inaugurata la prima tramvia Verona-Vicenza; nel 1882 accade una gravosa inondazione, provocata da una piena dell'Adige, a seguito della quale vengono costruiti i muraglioni e interrato il tratto di Acqua morta; dal 1898 la fiera di Verona passa da piazza Cittadella all'attuale zona Fiera.

La *spianata*, che per quattro secoli era rimasta vuota per diverse ragioni, viene sostituita da nuovi quartieri residenziali e industriali: Borgo Trento, Borgo Venezia, Basso Acquar e i quartieri attorno alle due stazioni di porta Nuova e porta Vescovo.

Dai primi del '900 al 1915 si realizzano molte opere pubbliche a beneficio soprattutto della classe meno abbiente, tra i quali molti istituti per l'istruzione e per la sanità.



Nel 1915 quando l'Italia entra in guerra, Verona ancora una volta si trova ad essere centro logistico e strategico, e viene scelta come bersaglio dall'offensiva aerea. Vengono smantellati alcuni tratti di cinta muraria in corrispondenza delle porte cittadine, per adeguarsi al nuovo sviluppo viabilistico, che investe Verona dopo la prima guerra mondiale.

Tra le due guerre si assiste ad un incremento demografico importante, determinato dagli spostamenti dalla campagna verso la città.

Nel 1922 iniziano i lavori pubblici che riattivano l'economia veronese: si ricostruisce la stazione di Porta Nuova; si ripristina Castelvecchio, deturpato per essere stato adibito a caserma nel secolo XIX; si inaugura il Museo Archeologico presso il teatro Romano; si costruiscono tre ponti nuovi, ossia ponte Vittoria, ponte Catena e ponte S. Francesco.

Il rapido aumento della popolazione porta allo sfruttamento delle aree interne ed esterne alle mura ancora prive di abitazioni, ma non essendovi un piano ordinatore che regolasse l'incremento edilizio e infrastrutturale, la crescita avviene in modo disordinato.

Durante la seconda guerra mondiale Verona si ritrova di nuovo al centro dei bombardamenti, poiché costituisce un centro militare importante e strategico per lo sbocco in Val d'Adige.

Gli Alleati entrano nella città il 26 aprile, con conseguente termine della guerra. Vengono poi ripristinati i monumenti e sostituite le case fatiscenti con nuovi quartieri residenziali; per il settore scolastico vengono costruite strutture più moderne e più grandi; per il settore sportivo vengono assegnate aree lasciate in disuso nelle epoche precedenti, quali i valli e le aree adiacenti le mura magistrali.

Dopo la ricostruzione post-bellica l'espansione della città avviene al di fuori della cerchia muraria; negli anni Sessanta si pone il vincolo di protezione paesaggistica dell'area, sia attraverso il Piano Regolatore che la successiva variante del '75, dove vengono adibite alcune aree ad impianti sportivi. I suddetti vincoli non sono riusciti a salvaguardare in modo totale le mura e le aree ad esse annesse, tanto che queste sono state oggetto di manomissioni. Oggi il Parco delle Mura si trova in uno stato generale di degrado, dovuto principalmente al fatto che vi sono localizzate quelle funzioni e servizi che non trovavano spazio né all'interno né all'esterno della cinta magistrale.<sup>23</sup> Nel 1991 è stata promulgata una legge che prevedeva il passaggio dal Demanio al Comune di Verona della cinta urbana; la sua mancata attuazione è attualmente uno dei maggior ostacoli al recupero e rivalorizzazione delle mura.

---

<sup>23</sup> F. Meneghelli, *Le Mura e i Forti di Verona*, Itinerari e percorsi, ed. Cierre, Verona 2006, p. 16



## Capitolo 2 \_ Pianificazione e analisi urbana della "city"

### 2.1 Analisi infrastrutturale

Con il D.lgs. n.112, del 31 marzo 1998 sono state conferite alle Regioni, alle Province, ai Comuni, alle comunità montane e agli enti locali le funzioni e i compiti amministrativi dello Stato anche in materia di trasporti.

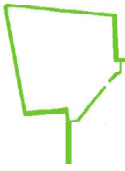
Verona si trova all'incrocio di due assi viari importanti: da una parte l'autostrada A4 Milano-Venezia, che in un tratto prende il nome di Tangenziale Sud, dall'altra la linea del Brennero che mette in comunicazione l'Italia con l'Europa settentrionale (l'autostrada A22).

La città è poi attraversata:

- dalla Strada Statale 11 Padana Superiore, che prende poi il nome di S. R. 11, e che collega le principali città del nord d'Italia da Torino a Venezia;
- dalla strada provinciale S. P. 4 che proviene dal Brennero;
- dalla S.P. 5 Via Gardesane che si innesta nella Tangenziale Ovest;
- dalla S.P. 6 che si innesta nella Tangenziale Est;
- da la SS12 che unisce Pisa al Brennero e la collega a Nogara.

#### 2.1.1 Le linee aeree

L'aeroporto principale della città è situato a Villafranca, ed è denominato "Valerio Catullo". Esso rappresenta uno fra i più importanti comprensori in Europa, e si colloca al centro di un'area che comprende le province di Brescia, Mantova, Rovigo, Vicenza, Trento,



Bolzano e Verona. L'aeroporto è il 12° scalo italiano per movimento passeggeri.

Vi è poi quello di Verona-Boscomantico, situato a pochi chilometri dalla città. Quest'ultimo viene utilizzato per voli turistici, manifestazioni, e come base per paracadutisti ed elicotteri, poiché la lunghezza della pista consente il decollo e l'atterraggio solo di piccoli aerei monomotore.

### **2.1.2 Le linee ferroviarie**

Verona si presenta come un grande scalo ferroviario passeggeri e merci, con oltre 25 milioni di passeggeri all'anno. L'importanza del nodo deriva dalla congiunzione di vari tratti ferroviari: in primo luogo la ferrovia del Brennero, che collega l'Italia alla Germania e che prosegue nella linea Verona-Bologna, caratterizzata dal transito di numerosi turisti e merci (in particolare automobili). In secondo luogo vi è la ferrovia Milano-Venezia, linea molto trafficata, che verrà affiancata in futuro dalle linee ad alta velocità Milano-Verona e Verona-Venezia. Vi sono poi due linee minori, la ferrovia Verona-Mantova-Modena e la ferrovia Verona-Rovigo che permette il collegamento con Ferrara. La città è dotata di due stazioni principali: una è la stazione di Porta Nuova, situata nel centro città, non lontana dello Stadio Bentegodi; l'altra è la stazione di Porta Vescovo, stazione secondaria, che si trova a est della città, a Borgo Venezia. Sono inoltre presenti altre stazioni minori e uno scalo merci: la stazione di Verona Cà di David, la stazione di Verona Parona e la Stazione di Verona Quadrante Europa.

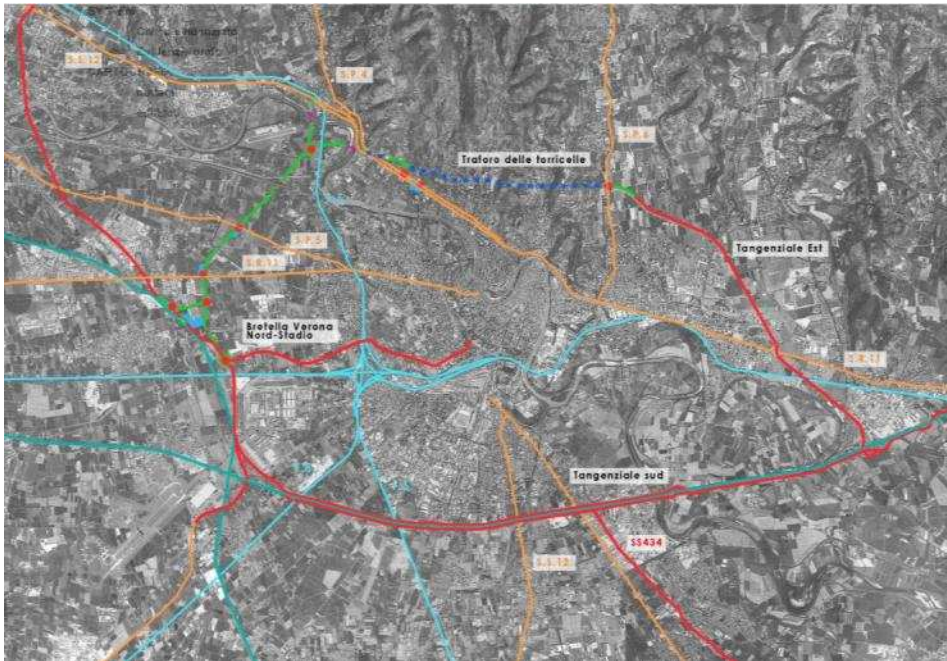


Fig. 23 Studio della viabilità stradale e ferroviaria del territorio veronese.

Il Quadrante Europa risulta essere l'interporto che movimentata più merci in Veneto, ovvero circa l'83% delle merci di tutta la regione, e in Italia per il trasporto combinato: dall'interporto veronese circola infatti il 30% di tutto il traffico combinato italiano e oltre il 50% del traffico combinato internazionale da e per l'Italia. Le linee ferroviarie esistenti verranno in futuro doppiate da due linee dell'alta velocità, il corridoio 1 e il corridoio 5, che collegheranno rispettivamente Berlino alla Sicilia e Lisbona a Kiev. Sono previsti l'ampliamento e la ristrutturazione della stazione ferroviaria Porta Nuova (necessario perché possa accogliere le nuove linee dell'alta velocità), e lo spostamento dello scalo merci al Quadrante Europa.





Fig. 24 In evidenza il nodo tra il corridoio 1 e il corridoio 5 collocato a Verona.

### 2.1.3 Il progetto del traforo delle Torricelle

Il 30 agosto c.a. è stata approvata la delibera riguardo la realizzazione del traforo delle Torricelle, a Verona. L'intervento costituisce il collegamento diretto tra l'esistente Tangenziale Est, all'intersezione con Via Fincato, con la Tangenziale Ovest, in prossimità dello svincolo autostradale di Verona Nord, chiudendo l'anello circonvallatorio delle tangenziali.<sup>26</sup>

<sup>26</sup> Tratto dalla carta tecnica del Comune di Verona "Collegamento stradale per il completamento dell'anello circonvallatorio a nord \_ Traforo delle Torricelle".



La lunghezza complessiva del collegamento viario è di circa 12 km e si prevede un tratto in galleria da Via Preare a Via Fiancato, lungo circa 5 km, mentre il restante tratto rimane all'aperto. Questo consentirà la decongestione di Veronetta e di Via Mameli, la riduzione dell'inquinamento da gas di scarico, e il miglioramento della sicurezza sulle strade di maggior traffico.

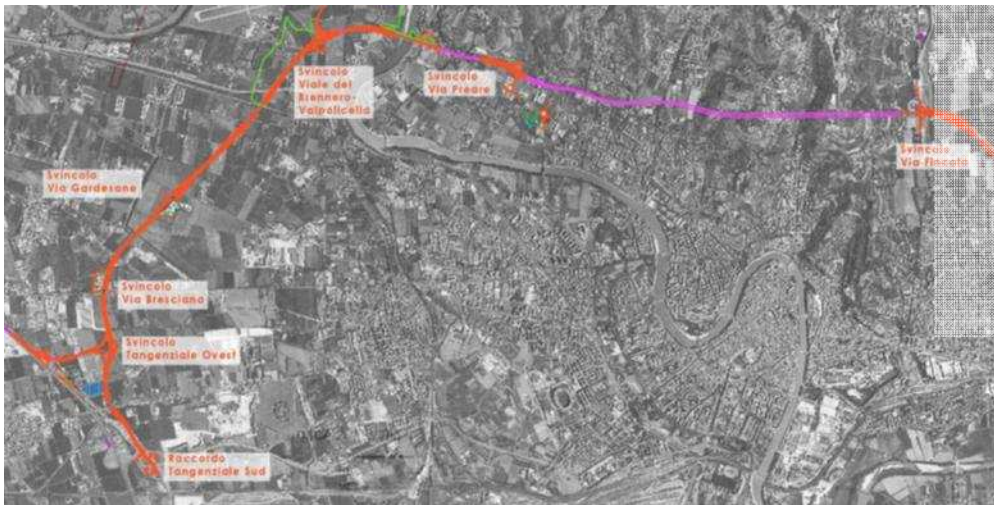


Fig. 25 Progetto non definitivo del traforo delle Torricelle.

#### 2.1.4 Il trasporto pubblico di tipo filoviario

A Verona è stata approvata da poco la dotazione di un nuovo sistema filoviario a guida vincolata che servirà la città in modo da ridurre traffico e inquinamento e che verrà realizzato entro la fine del 2013. Sono stati infatti progettati 23 km di linee lungo due direttrici: la linea est-ovest partirà da San Michele Extra, presso un parcheggio scambiatore, e terminerà allo Stadio Marcantonio Bentegodi (frequenza prevista di una corsa ogni 7 minuti); la linea sud-nord dall'ospedale di Borgo Roma al parcheggio scambiatore a Cà di Cozzi (frequenza prevista di una corsa ogni 10 minuti).

Verranno utilizzati 37 mezzi lunghi 18 m da 144 passeggeri, e i tratti non elettrificati saranno circa 8 km su 23.

## 2.2. Le principali funzioni urbane

La città di Verona dispone di numerose sedi scolastiche, tra cui licei, istituti professionali, scuole secondarie di primo livello e di secondo livello, scuole primarie e scuole dell'infanzia.

Sono inoltre presenti numerose facoltà universitarie quali Economia, Medicina e Chirurgia, Scienze matematiche, fisiche e naturali, Giurisprudenza, Scienze della formazione, Lettere e Filosofia, Lingue e letterature straniere, Scienze motorie.

Per quanto riguarda le attività museali a Verona, il promotore fu Scipione Maffei, da cui prende il nome il Museo Lapidario Maffei. Antonio Avena (1862-1967) fu un altro importante personaggio nel panorama veronese, che portò all'acquisizione del Teatro romano, all'istituzione del Museo Archeologico, alla sistemazione di Castelvecchio, in cui preparò il primo allestimento del Museo civico, all'acquisizione del Palazzo Forti, in cui trovò posto la Galleria d'arte moderna Palazzo Forti, e all'istituzione del Museo degli affreschi Giovanni Battista Cavalcaselle. Il Museo civico di Castelvecchio divenne fin da subito un punto di riferimento per il sistema museale urbano, ancor più dopo il recupero realizzato dall'architetto Carlo Scarpa.

Un rilievo particolare ha assunto Verona per quanto riguarda le raccolte naturalistiche: infatti è l'unica città europea a poter vantare una tradizione ininterrotta in tale ambito fin dal Cinquecento, quando vennero raccolte varie collezioni private nel primo museo a carattere



naturalistico che si conosca, poi confluite nel Museo civico di storia naturale, attualmente privo di sede.

Vi sono poi il Museo Miniscalchi-Erizzo, il Centro Internazionale di fotografia Scavi Scaligeri nei pressi di Piazza Erbe, il Museo Africano situato nei pressi del Teatro Romano, il Museo canonico nei pressi della cattedrale di Santa Maria Marticolare, duomo di Verona, ed il Museo ferroviario di Porta Vescovo.

Il sistema teatrale invece vanta la presenza dell'anfiteatro romano, che ospita concerti, opere e rappresentazioni liriche, la Sala Maffeiana, il Teatro Filarmonico, il Teatro Nuovo e il Teatro Camploy.

Per quanto riguarda i principali luoghi di culto numerose chiese, edificate fin dal IV secolo, arricchiscono la città: le più note sono la chiesa di San Fermo Maggiore, la chiesa di Sant'Anastasia, la basilica di San Zeno Maggiore, la chiesa di Santa Maria Antica, la chiesa di Santa Maria in Organo, la chiesa di Sant'Eufemia, la chiesa di San Francesco d'Assisi, la chiesa della Santissima Trinità e quella di San Bernardino.



Fig. 26 Lo studio delle funzioni sopra descritte nella città di Verona.



### 2.3 I percorsi: storico-culturale e museale-culturale

All'interno dell'area urbana di Verona sono stati identificati due tipi di percorsi: uno dal carattere storico - culturale e l'altro museale - culturale.



Fig. 27 In rosso il percorso storico - culturale, in arancione quello museale - culturale.

I due **percorsi**, individuati in seguito allo studio delle funzioni presenti all'interno della città di Verona, hanno l'intento di "ricucire" gli elementi storici dell'area di progetto con gli elementi museali e culturali presenti nella città, che raccontano il suo passato, il suo presente e il suo futuro. In questo senso l' ex area militare della Caserma Riva di Villasanta si pone, da una parte, all'interno del percorso storico - culturale come punto intermedio tra forte San Procolo e la Chiesa di San Zeno, lungo la cinta magistrale che qui diventa una sorta di "fil rouge" di collegamento; d'altra parte l'area di progetto si pone quale punto conclusivo del percorso museale - culturale che, a partire



dall'Università, attraversa il centro della città e riconnette alcuni degli edifici più importanti di Verona.

Il **percorso storico** ha inizio da Forte Procolo, costruito fra il 1834 e il 1842 grazie all'intervento del generale austriaco Von Scholl, per poi proseguire all'interno del Bastione di Spagna.

L'itinerario storico prosegue poi con la visita della Caserma Riva di Villasanta nella quale potrà essere collocato il Museo di Scienze Naturali, al momento situato in sede non adeguata; continuando con il percorso si trova il Mezzo bastione della Catena, che racchiude sette secoli di impegni militari cominciati con l'intervento di Can Grande, che fece costruire Porta Fura, e poi proseguiti con Von Scholl, che completò l'opera con la Blockhaus; da qui ci si dirige verso ponte Risorgimento dal quale si osserva l'ancora intatta Torre fluviale della Catena Superiore nel letto del fiume Adige.

Da ultima, ma non per importanza, si completa la visita nella basilica di San Zeno Maggiore, appena restaurata, sede di importanti diete in epoca scaligera e veneziana, iniziata nel secolo IV e completata nel secolo XI.

Il **percorso museale-culturale** invece ha inizio nell'arsenale, denominato "Arsenale Francesco Giuseppe I", che venne costruito tra il 1854 e il 1861 dagli austriaci. Il complesso è composto da nove edifici: il corpo centrale è chiamato Padiglione del Comando e originariamente era la sede degli uffici direttivi, della sala dei trofei e dell'armeria; gli altri otto edifici erano invece destinati a magazzini e laboratori per la manutenzione e a deposito delle armi leggere e dei materiali d'artiglieria per il tempo di guerra.



Proseguendo per il Ponte Scaligero, l'itinerario si indirizza verso il Museo di Castelvecchio, che venne restaurato dall'architetto Carlo Scarpa nel 1954.

Continuando l'iter lungo le antiche mura romane, si raggiunge il Museo Lapidario Maffeiano, dove si può assistere ad una delle più importanti raccolte epigrafiche di Verona.

Il percorso culturale continua nel Palazzo della Gran Guardia, opera iniziata nel 1609 e portata a termine nel 1856; in tempi recenti è stato eseguito un restauro che ha trasformato il Palazzo in centro espositivo polifunzionale con sale conferenze, spazi per l'allestimento di mostre di pittura ed eventi temporanei.

Nella stessa piazza che ospita la Gran Guardia vi sono l'anfiteatro romano e il Palazzo del Municipio, eretto nel 1865, o Palazzo Barbieri, che senz'altro rientrano negli elementi culturali rappresentativi della città. La piazza, oggi denominata piazza Brà (dal longobardo "breit" che corrisponde a "campagna") durante il periodo veneto prese il nome di piazza d'Armi.<sup>2</sup>

Da piazza Brà il percorso culturale prosegue costeggiando le mura scaligere di Via Pallone<sup>3</sup> per giungere all'Ex-macello. Nel 1983, dopo anni di abbandono, l'edificio venne sottoposto dall'Amministrazione Comunale ad un primo restauro. Lo scopo non secondario del restauro e recupero della struttura era quello di rivitalizzare il quartiere, favorendo l'inserimento di attività artigianali, conferenze e mostre. Non da ultimo all'interno vi è anche la sede dell'Ufficio del Turismo.

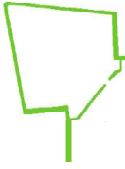
<sup>2</sup> La costruzione dei giardini al centro della piazza risale al 1873, mentre l'attuale fontana risale al 1976. L'attuale fontana è stata donata dalla città di Monaco a titolo di ringraziamento per la statua di Giulietta colà inviata dalla Cassa di Risparmio. Nel 1883 venne inaugurato il monumento a Vittorio Emanuele II. G. Beltramini, *Le strade entro la cinta muraria*, ed. di Vita Veronese, Verona 1983, p.32

<sup>3</sup> Il nome deriva dal gioco del pallone che si svolgeva durante il governo della Serenissima, secondo W. Goethe "vi si presterebbe" per "cotal gioco l'anfiteatro", piuttosto che l'antico muro della città. Per questo la via era denominata "el Balon", G. Beltramini, *Le strade entro la cinta muraria*, ed. di Vita Veronese, Verona 1983, p.135



Il percorso museale - culturale si conclude all'interno dell'area universitaria situata tra Via Lungadige, Via San Francesco e Via Campofiore; in questa zona sono presenti le sedi di Economia, Lettere e Filosofia, Scienze della formazione, Lingue e letterature straniere. Quest'ultima ha in progetto l'ampliamento nell'area dell'ex caserma Santa Marta e Passalacqua, andando a costituire un campus universitario dotato di servizi per gli studenti e per gli abitanti del quartiere, di residenze studentesche e di un centro commerciale - direzionale.







## Capitolo 3 \_ Schede di lettura: elementi caratteristici che determinano l'area di progetto

### 3.1 Il Parco delle Mura

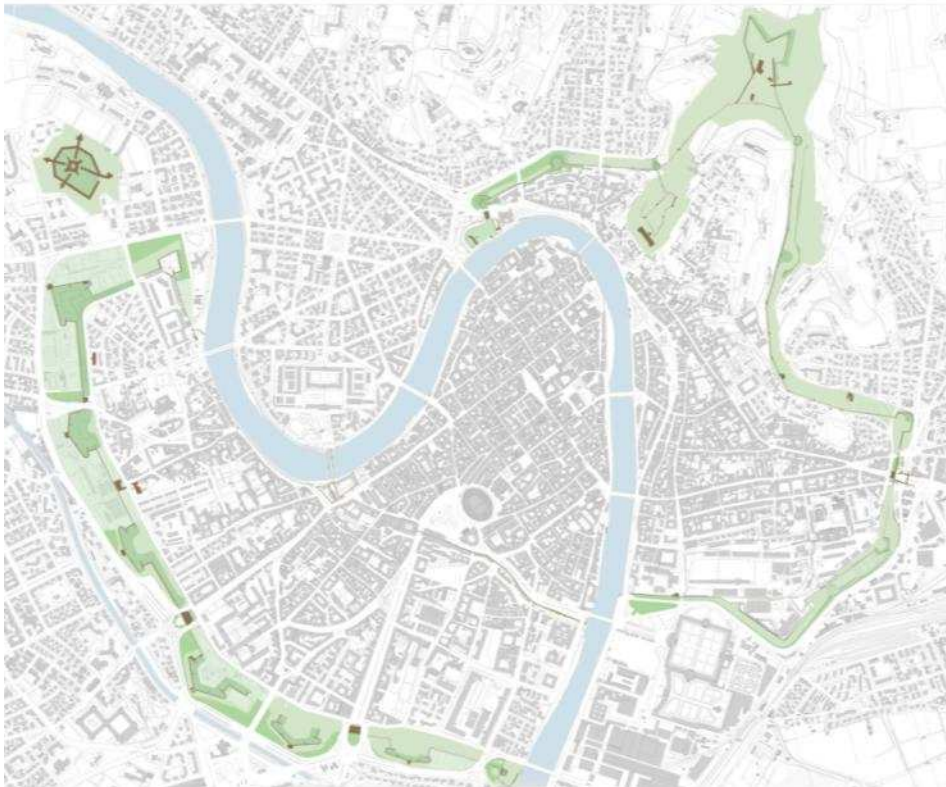


Fig. 28 Il Parco delle mura.

La cinta magistrale di Verona rappresenta il limite tra la città antica e l'espansione edilizia e industriale avvenuta dopo la seconda guerra mondiale. L'area verde ad essa adiacente ospita attualmente numerose aree sportive attrezzate con campi da tennis, basket, calcio e piscine, in generale poco utilizzate.

Fino ad ora la situazione non ha permesso al sistema difensivo di Verona, in stato generale di abbandono, di costituire parte vitale della città.

Attraverso il recupero della cinta magistrale è possibile ottenere, infatti, non solo la riqualificazione paesistica e dell'immagine complessiva dell'intera città di Verona (con rilevanti implicazioni turistiche ed economiche), ma anche la riscoperta dei valori legati all'ambiente, all'arte e alla storia.

Nella Variante del PRG viene illustrato il progetto di risistemazione del Parco delle mura che diventa spazio verde per i quartieri limitrofi e parco urbano oltre che parco storico monumentale, di interesse turistico di livello internazionale.

### **3.2 Gli obiettivi di recupero e valorizzazione delle mura**

Il presupposto iniziale per poter attuare una politica di recupero della cinta muraria e dei suoi forti è quello di considerare queste opere come uno spazio di connessione tra la città antica e quella di nuova formazione, valorizzandone le potenzialità ambientali ed architettoniche presenti.

Un tale intervento non si dovrà limitare soltanto a un recupero materico dei manufatti storici, ma dovrà necessariamente rimandare ad una più ampia visione urbanistica che coordini la città con le aree e le infrastrutture militari (ed ex militari) nella loro complessità e all'interno di un pregevole contesto paesaggistico.

L'intervento non può dunque limitarsi a restaurare le mura da un punto di vista architettonico, né tantomeno di fare del recupero una rappresentazione "museale" del passato, ma deve consentire la ri-funzionalizzazione delle mura e dei suoi spazi in una chiave ludica, legata alla cultura, al tempo libero ed al turismo.



A titolo esemplificativo, riportiamo gli interventi di riqualificazione che il Comune sta operando all'interno delle mura magistrali:

- presso la zona universitaria di Campo Marzio (area della Provianda) dove nascerà il nuovo Polo universitario, integrato nel verde, con residenze per studenti e per gli abitanti della città, e servizi sportivi;
- presso Porta San Giorgio per riorganizzare l'attività florovivaistica e didattica.

Gli interventi di riqualificazione del sistema fortificatorio necessitano di basare il loro punto di forza sull'intera cinta, recuperando i valori formali ed ambientali dell'"anello" murario che collega il centro storico con le aree esterne urbane e collinari, attraverso una ritrovata e rinnovata simbiosi tra città, fiume ed il contesto ambientale - paesaggistico.



Fig. 29 Ortofoto di Verona con l'individuazione delle mura magistrali (in rosso).

L'obiettivo che ci siamo poste, analizzando l'area di progetto, è quello di fare "rivivere", in senso qualitativo, questo luogo, a servizio della città stessa.

Di seguito viene riportata una breve descrizione degli elementi storici più importanti che caratterizzano l'area di cui trattiamo nella tesi, la cui presenza guida e influenza il progetto dei laboratori LaNaBit nell'istituire una rete di relazioni, funzioni e percorsi.

### 3.3 La caserma Riva di Villasanta



Fig. 30 Ortofoto dell'area oggetto di studio; in evidenza la Caserma Riva di Villasanta.

All'interno della cinta muraria che si estende tra Porta Fura ed il Bastione di Spagna si trova la Caserma Riva di Villasanta, costruita con questa funzione già in epoca veneta. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> F. Meneghelli, *Le Mura e i Forti di Verona, Itinerari e percorsi*, ed. Cierre, Verona 2006, p. 37



La caserma venne edificata nel XVII secolo, ampliata nel XVIII e di nuovo ristrutturata dagli austriaci nel 1838-40. Quest'ultimi aggiunsero le logge sui lati ovest (oggi tamponate) ed est, con funzioni di corridoio esterno. Più in generale possiamo dire che le truppe austriache in un primo momento occuparono le caserme venete, in particolare quelle francesi derivanti dalla soppressione di numerosi conventi, con opere di ripristino ed adattamento. Solo dopo il 1848 iniziarono i grandi lavori per l'edificazione di nuove caserme in relazione al ruolo strategico di Verona in ambito Lombardo – Veneto. Esse presentano generalmente corpi lineari con aggregazioni a corte; gli spazi interni e le camerate in particolare risultano ben soleggiate ed aerate.

Tra il 1847 e il 1859 la Caserma Riva di Villasanta venne utilizzata dagli austriaci come ospedale militare e successivamente ampliata per ospitare le truppe di fanteria. Dopo l'Unità d'Italia divenne caserma dei bersaglieri e, in anni più recenti, officina per la riparazione degli automezzi dell'esercito.



Fig. 31 Vista aerea della Caserma Riva di Villasanta.



Fig. 32 Vista del porticato della Caserma.

Fig. 33 Vista della corte interna della Caserma.

### 3.4 Il Bastione di Spagna



Fig. 34 Ortofoto dell'area oggetto di studio; in evidenza il Bastione di Spagna.



Il bastione di Spagna venne realizzato in epoca scaligera e successivamente, nel 1548 durante la dominazione veneta, vide l'intervento del Sanmicheli; nel lato a nord si nota ancora l'emblema di San Marco, anche se in parte danneggiato dai francesi.

Il Bastione di Spagna si presenta a pianta pentagonale e si compone di due piazze basse cielo aperto e una casamatta.



Fig. 35 Vista aerea del Bastione di Spagna.



Fig. 36 Vista dell'iscrizione di San Marco, nella parte nord del Bastione di Spagna



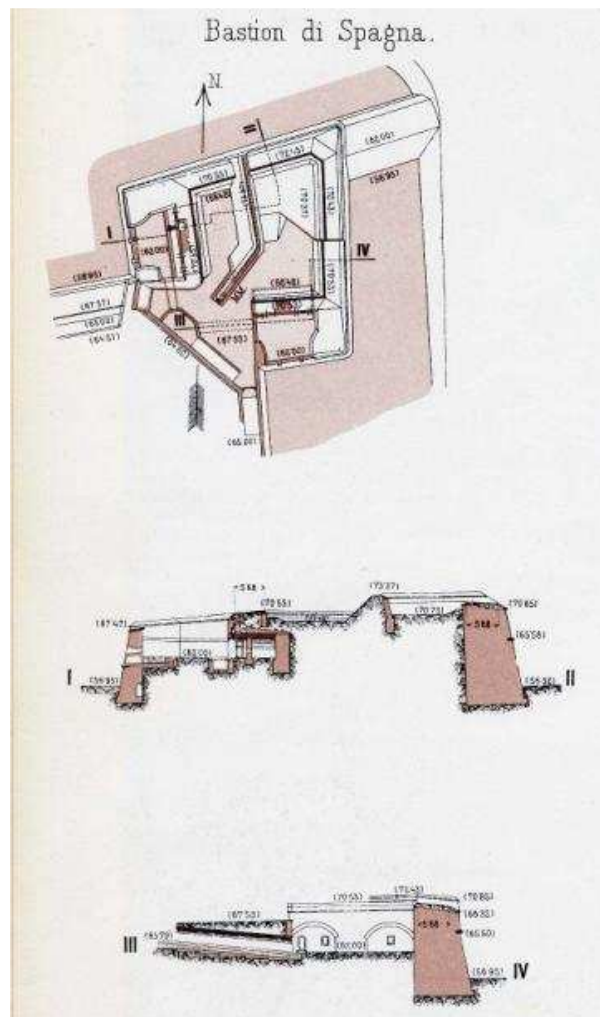


Fig. 37 Pianta e sezioni del Bastione Spagna realizzati durante gli interventi di Von Scholl nel 1840.

All'interno delle piazze trovano posto i due ricoveri d'artiglieria, che presentano una sola parete fuori terra, e sono caratterizzati da volte a botte allargata.

Il paramento esterno del bastione è in laterizio pieno, dello spessore medio di otto - dieci metri; l'andamento del muro è a scarpata fino all'altezza del toro in pietra, dopodichè assume un andamento verticale per sostenere il terrapieno situato all'interno.

Nel 1839-40 gli austriaci modificarono la parte sommitale del bastione, i "rampari" in terra per le nuove postazioni di artiglierie e l'apertura di



“poterne” per eventuali sortite, oltre a nuove difese ai fianchi dei bastioni. In aggiunta a ciò costruirono una polveriera casamatta.

I fossati esterni sono stati in parte interrati e manomessi nel corso del tempo, alterando oggi la percezione visiva dell'imponente bastione veneziano.

Il muro che collega il successivo bastione San Procolo presenta, ancora visibile fino alla breccia stradale (realizzata nel secondo dopoguerra), la muratura scaligera con tracce di due torri mozze, per poi proseguire con il paramento in cotto veneziano.<sup>2</sup>



Fig. 38 Vista del lato ovest della Polveriera



Fig. 39 Tessitura muraria del Bastione di Spagna.



Fig. 40 Polveriera sopra il Bastione Spagna



Fig. 41 Piazza bassa del Bastione di Spagna.

<sup>2</sup> F. Meneghelli, *Le Mura e i Forti di Verona, Itinerari e percorsi*, ed. Cierre, Verona 2006, p. 38



Fig. 42 Galleria di accesso alle piazze basse.



Fig. 43 Vista di un'arcata interna.

### 3.5 La Polveriera



Fig. 44 Ortofoto dell'area oggetto di studio; in evidenza la Polveriera.

Parallela al fronte di gola del Bastione di Spagna si trova una delle Polveriere militari, costruita nel 1839. Originariamente era l'unica che presentava un doppio livello con scala e solaio di legno, oggi non



conservati. L'apertura d'ingresso è posta frontalmente rispetto al bastione, così da favorire un rapido rifornimento dei materiali militari. Lo spazio interno si articola in due sale: una d'ingresso di piccole dimensioni e un'altra principale, priva di divisori o tramezze. Quest'ultima è scandita nelle pareti lunghe da archi a tutto sesto realizzati in cotto, mentre il paramento murario esterno è costituito da pietra tufacea disposta ad opus poligonale. I due prospetti dei lati corti sono speculari e presentano due aperture quadrate di piccole dimensioni. I due lati lunghi, invece, sono scanditi da finestre che all'interno si presentano in forma quadrata con la parte sommitale ad arco ribassato, mentre all'esterno vengono arricchiti da una cornice di marmo bianco. La doppia copertura della Polveriera, in tempi passati, permetteva di attutire gli eventuali colpi in periodo di guerra. Durante il Novecento la Polveriera venne ampliata nella parte meridionale, con la successiva costruzione di un manufatto di modeste dimensioni, costituito da pareti cementizie e da una copertura in lamiera sorretta da travi reticolari. Nel complesso lo stato di conservazione della Polveriera appare comunque buono, nonostante il periodo di abbandono, e conserva tuttora il pavimento di legno del piano terra, sotto il quale vi è un'intercapedine ventilata.



Fig. 45 Vista del lato ovest della Polveriera

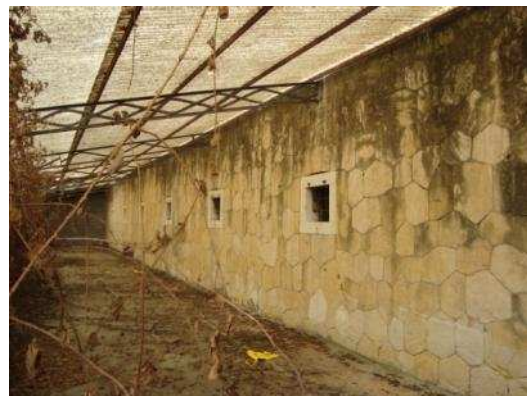


Fig. 46 Vista dell'interno della Polveriera



Fig. 47 Vista del lato nord



Fig. 48 Vista dell'interno



Fig. 49 Vista dell'ingresso

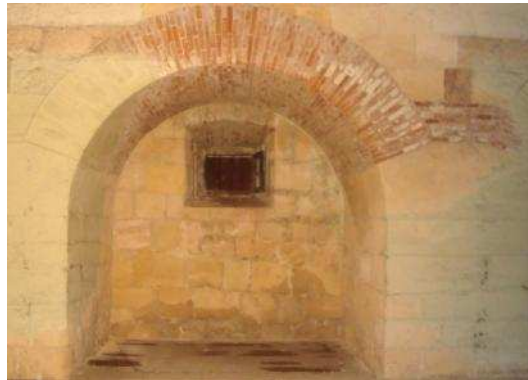


Fig.50 Vista di un'arcata interna



### 3.6 Porta Fura e Porta Catena



Fig. 51 Ortofoto dell'area oggetto di studio; in evidenza Porta Fura.

Collegato alla città attraverso l'omonima Porta, il quartiere di San Zeno rimane escluso dalla cinta comunale e, pertanto, ha cercato in passato di mantenere in efficienza un suo autonomo sistema di difesa. Di queste opere fortificatorie permane, ad oggi, una tangibile testimonianza a pochi passi dal fiume Adige: Porta Fura.<sup>3</sup> Questa porta veniva utilizzata dagli Imperatori germanici e dalla loro corte, che attraversavano l'Adige per mezzo di un ponte di barche per recarsi all'abbazia benedettina di San Zeno, dove tenevano diete e promulgavano editti. Gli Imperatori e le loro truppe potevano accedere all'abbazia senza attraversare la città, così che si evitavano ingombranti ed impegnativi passaggi. La porzione di Porta Fura che guarda la città fa parte dell'antica recinzione di epoca comunale del monastero di San Zeno, ed è composta da un arco a tutto sesto in tufo

<sup>3</sup> A. Conforti Calcagni, *Le mura di Verona*, p. 40

posto su pilastri di marmo e conci di tufo. Oltrepassata questa prima porta si accede ad un cortile delimitato su un lato dal "Blockhaus" austriaco (costruito nel 1840, fig.53), costituito da una copertura in lastre di pietra viva e da una muratura in tufo ad *opus incertum* su cui si affacciano le feritoie per la difesa. Infine si incontra la Porta della Catena aperta sulle mura scaligere di Can Grande e protetta lateralmente da una torre.(fig.52)<sup>4</sup> A Porta Fura convergono dunque le mura comunali a protezione di San Zeno, la cinta scaligera di CanGrande, quella della Serenissima ed infine la fortificazione austriaca: otto secoli di storia della città di Verona che un solo luogo, attraverso le sue mura, ha saputo restituirci entro la forma di un monumento unitario.<sup>5</sup>



Fig. 52 Vista aerea di Porta Fura.



Fig.53 L'interno di Porta Fura.



Fig. 54 La Blockhaus.



Fig. 55 Vista in successione delle porte del Bastione Catena: Porta Fura e Porta Catena.

<sup>4</sup> F. Meneghelli, *Le Mura e i Forti di Verona*, Itinerari e percorsi, ed. Cierre, Verona 2006, p. 37

<sup>5</sup> A. Conforti Calcagni, *Le mura di Verona*, p. 40



Nel 1998 la Soprintendenza è intervenuta con il restauro di Porta Fura, attraverso la realizzazione di un cammino di ronda (fig. 59); il visitatore ora può vedere l'insieme del complesso e ripercorrere l'antico camminamento militare.

Sfortunatamente però, a soli due anni dagli interventi di recupero, alcuni atti vandalici hanno imbrattato le opere murarie: il parapetto di ferro e i muri in generale sono ricoperti di scritte.



Fig. 56 Porta Fura vista dal cammino di ronda.



Fig. 57 Particolare del cammino di ronda.



Fig. 58 Vista del cammino di ronda lungo Porta Fura.



Fig. 59 Il tessuto murario di Porta Fura.



Allo stato attuale Porta Fura si trova in una situazione di generale degrado, soprattutto a causa di una mancata manutenzione del manufatto.

Pochi metri all'esterno della porta, la cortina turrita scaligera si protende ad angolo per formare lo sperone sporgente sulla riva fluviale, che sosteneva un capo della catena di sbarramento a monte della città. Una torre costruita nel mezzo del fiume e, forse, una terza torre (scomparsa), sull'opposta riva fluviale, sostenevano gli altri capi della catena, costituendo uno sbarramento sul fiume che permetteva il controllo delle navi di passaggio <sup>6</sup>. Nello sperone fluviale scaligero venne successivamente aperta Porta Catena, in prosecuzione a Porta Fura, divenuta interna al nuovo recinto.



Fig. 60 Panoramica di Porta Fura e della Torre della Catena.

---

<sup>6</sup> F. Meneghelli, *Le Mura e i Forti di Verona, Itinerari e percorsi*, ed. Cierre, Verona 2006, p. 37



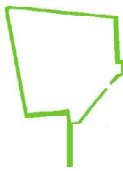
## Capitolo 4 \_ Fotografia del sito: stato di fatto

### 4.1 Il rilievo fotografico

Le operazioni di rilievo sono state effettuate direttamente nell'ex area militare della Caserma Riva di Villasanta. Gli oggetti di rilevamento sono stati: l'edificio acquisito dal Corpo Forestale dello Stato per collocare la futura sede dei Laboratori per al Biodiversità, un tempo officina militare; il Bastione Spagna, iniziato nel 1548 e completato dal Sanmicheli, adiacente l'edificio; il vallo antistante il Bastione; la Polveriera, risalente al 1839.



Fig. 61 Inquadramento dell'area di progetto. In verde sono evidenziati i percorsi ciclo-pedonali, in giallo i percorsi viabilistici esistenti.



Nel primo sopralluogo abbiamo svolto un rilevamento fotografico, poi abbiamo effettuato rilevazioni topografiche e geometriche nei manufatti, nel Bastione Spagna e nel vallo adiacente.

Il rilievo fotografico dei percorsi, degli edifici e degli spazi verdi che interessano l'area è stato svolto in due periodi diversi dell'anno: uno in inverno, l'altro in primavera. Questo ci ha permesso di acquisire due visioni differenti della zona e degli elementi in essa presenti, in base al cambiamento dell'intensità della luce e all'infoltimento o meno degli elementi arborei.

Il percorso svolto durante il rilievo fotografico ha seguito il perimetro dell'area di progetto, partendo da Via Tommaso da Vico, proseguendo lungo il vallo e attorno al Bastione Spagna, avanzando verso la Torre mozza e attraverso Porta Fura, per poi giungere di fronte all'ingresso della Caserma Riva di Villasanta e visitarne l'interno.



Fig. 62 Via Tommaso da Vico.



Fig. 63 L'ingresso all'area di progetto.



Fig. 64 L'edificio adibito a ex officina, visto dalla strada che costeggia il vallo delle mura, nel periodo primaverile.



Fig. 65 L'edificio, visto dalla strada, nel periodo invernale.



Fig. 66 Particolare della torre mozza.



Fig. 67 La torre vista dall'alto delle mura.

In una seconda fase siamo entrati all'interno del "recinto" dell'ex-area militare, per studiare più da vicino l'edificio di progetto, un tempo adibito a officina militare, la Polveriera e l'interno del Bastione Spagna.



Fig. 68 Il Bastione Spagna visto dal vallo.



Fig. 69 Il percorso pedonale che conduce a Porta Fura.

Visitando lo spazio di progetto, durante lo svolgimento dei rilievi, è stato possibile osservare da vicino i lavori di adeguamento di una porzione dell'area a parcheggio, svolti per conto dell'Ospedale di Borgo Trento, a servizio dei suoi dipendenti.



Questi lavori, avviati nell'autunno dell'anno scorso, hanno avuto come esito la pulizia e lo sgombero di piante infestanti ed elementi superflui, quali tettoie e piccoli manufatti militari. L'intenzione, inoltre, era quella di abbattere anche alcuni edifici adiacenti l'ex officina militare, sede del nuovo Laboratorio LaNaBit.

La tipologia costruttiva e il periodo di costruzione dei capannoni oggetto di demolizione sono molto simili all'edificio di nostra competenza; abbiamo, quindi, proposto la sostituzione dell'intero edificio con una nuova struttura d'avanguardia, pur mantenendone il volume esterno, consapevoli delle vigenti norme e parametri legislativi sulla trasmittanza e il risparmio energetico.



Fig. 70 L'ex edificio militare, visto dall'esterno.



Fig. 71 L'ex edificio militare, visto dall'interno.

## 5.2. Il rilievo geometrico e materico

Il rilievo topografico ha riguardato le curve di livello del vallo, una parte delle mura magistrali, l'esterno del Bastione Spagna, la torre mozza, l'edificio adibito ad ex officina militare, e la Polveriera.

Per i rilevamenti delle curve di livello del vallo e per la geometria e le altezze del Bastione Spagna sono stati utilizzati il teodolite e la stadia.



Fig.72 Il rilievo delle curve di livello del vallo.

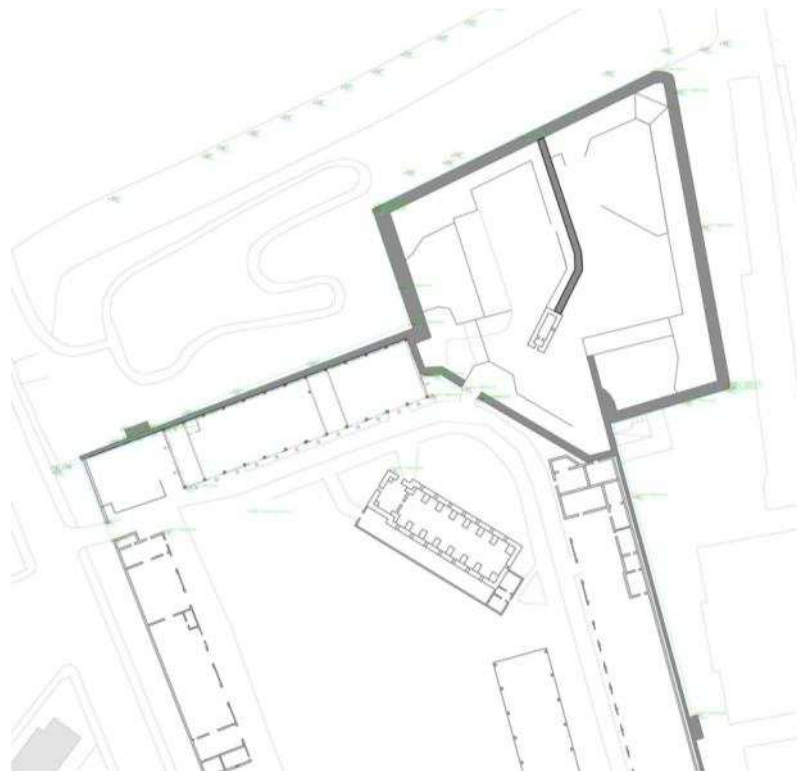


Fig. 73 Il rilievo del perimetro esterno di una parte delle mura magistrali e del Bastione Spagna.



Il rilievo geometrico dell'ex officina e della Polveriera è stato svolto mediante misurazioni dirette con l'uso della bindella e del metro laser, sia per le grandi lunghezze che le altezze dei locali interni e degli esterni. Le misurazioni sono state riportate in modo diretto su un disegno effettuato precedentemente da un addetto del corpo Forestale; esse sono state poi corrette e rielaborate per mezzo di strumenti informatici, quali Autocad2D e 3D e Revit Architecture.

L'edificio, sede del Laboratorio per la Biodiversità, si presenta in discreto stato di conservazione. La pianta è a forma rettangolare, lunga 65 metri, larga circa 16 metri. All'interno esso è suddiviso in quattro locali, a cui si accede dall'esterno attraverso cinque ingressi.

L'edificio è sorretto da pilastri in cemento armato, lato 40 x 40 cm, posti ogni 5,5 metri l'uno dall'altro. I tamponamenti esterni ed interni sono costituiti da mattoni e cemento; la copertura a volta è realizzata in calcestruzzo e rinforzata da catene in ferro poste ogni 2,7 metri; il manto della copertura è composto da marsigliesi; le pareti sono intonacate internamente con il colore bianco, esternamente di giallo ocra.

Le finestre rivolte verso il lato nord hanno tutte la medesima dimensione e sono collocate ogni 4 metri l'una dall'altra, a 2,65 metri da terra.

Le aperture dei lati est ed ovest sono della stessa tipologia e dimensione, e sono rispettivamente una ad est e due ad ovest. Il prospetto sud è, invece, intervallato da finestre e da porte-finestre dell'altezza rispettivamente di 2 e 3,7 metri circa. Gli infissi hanno uno spessore variabile tra i 4 e i 5 cm e le specchiature sono composte da vetri singoli da 3 mm.

Il rilievo geometrico dell'edificio ci ha permesso di comprendere più a fondo l'oggetto su cui andavamo ad intervenire, orientando così le scelte progettuali dei nuovi laboratori LaNaBit. Si è deciso di mantenere



il volume dell'edificio esistente, così pure la cadenza dei pilastri nel lato sud dell'edificio, raddoppiando però la maglia strutturale da 2,7 metri a 5,5 metri.

Il diverso rapporto che l'edificio esistente ha, da una parte con l'area aperta a sud, dall'altra con le mura storiche, ci ha fatto riflettere sulle opzioni progettuali riguardanti le funzioni interne e le facciate.

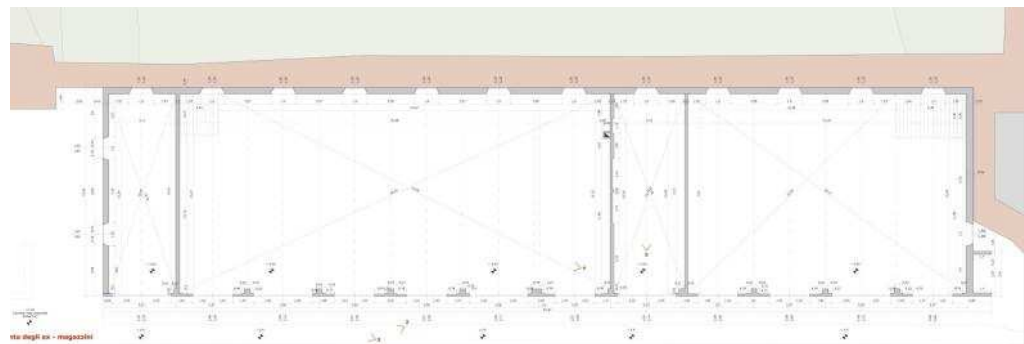


Fig. 74 Il rilievo in pianta dell'ex edificio militare.

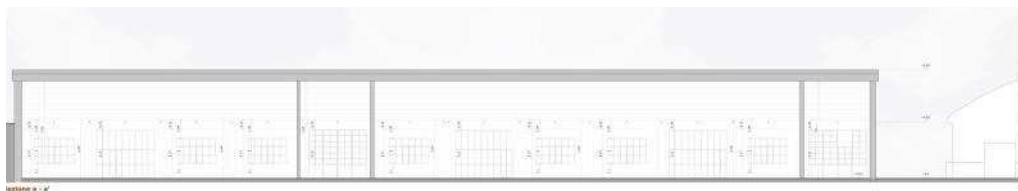


Fig. 75 Ridisegno della sezione AA'.



Fig. 76 Foto-raddrizzamento e ridisegno del prospetto sud.





Con il rilievo geometrico della Polveriera, invece, abbiamo potuto conoscere più da vicino e in modo adeguato lo spazio che verrà adibito, in sede di progetto, a Museo entomologico, così da costituire un unico sistema assieme all'edificio dei Laboratori per il LaNaBit. Al momento dei rilievi il presente edificio si presentava in buono stato di conservazione.

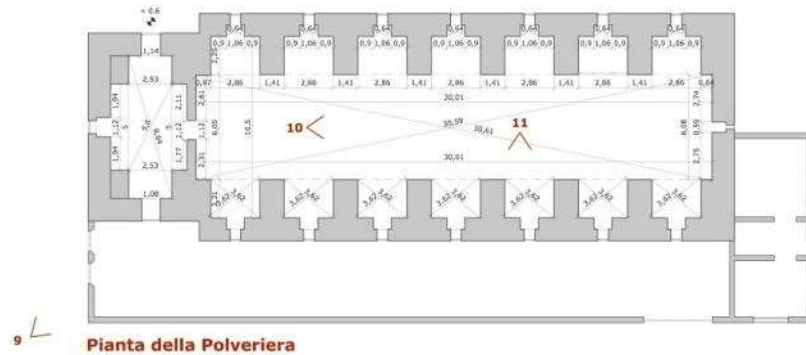


Fig. 77 Ridisegno planimetrico della Polveriera

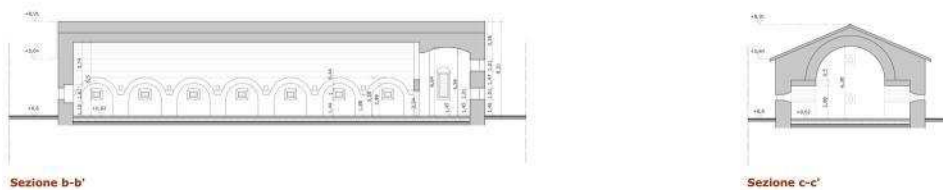


Fig. 78 Ridisegno delle sezioni della Polveriera.



## Capitolo 5 \_ Biodiversità e il ruolo del Corpo Forestale dello Stato

### 5.1 Studiare e conservare la biodiversità forestale



Fig. 79 Rappresentazione simbolica della Biodiversità

L'ultimo ventennio è stato caratterizzato da una forte crescita dell'interesse generale nei confronti delle tematiche ambientali e della gestione sostenibile delle risorse naturali, determinando da un lato un comportamento della popolazione più attento all'utilizzo delle risorse e dall'altro la ricerca di strumenti in grado di garantirne un utilizzo virtuoso. In questo contesto sono nate e si sono sviluppate, in tempi e con modalità differenti, numerose iniziative di certificazione ambientale.

Il settore forestale è stato particolarmente coinvolto da questa nuova tendenza e si è avvertita la necessità di definire ed attuare delle linee di intervento di carattere specifico. Questo spiega come mai, sin dai primi anni Novanta, abbiano cominciato ad affermarsi iniziative nazionali ed internazionali (governative e non governative) finalizzate alla promozione della gestione forestale.



La Legge 36/2004 attribuisce al Corpo Forestale dello Stato il monitoraggio del territorio, il controllo dell'inquinamento, la raccolta e l'archiviazione dei dati.

Il CNBF detiene numerose collaborazioni all'estero, a livello internazionale ed europeo, attraverso Dipartimenti e Centri di ricerca, Università, Musei, Parchi, dislocati in tutto il mondo (Europa, U.S.A., Russia, Polonia, Canada,...).

A livello internazionale, il Corpo forestale dello Stato è da sempre impegnato nella salvaguardia e nel mantenimento della biodiversità; questo avviene attraverso la vigilanza e la gestione di 130 riserve naturali dello Stato (per una superficie totale di circa 90.000 ettari) che costituiscono i "gioielli" naturalistici più preziosi del nostro Paese. Il valore di queste aree protette è di assoluta rilevanza nazionale e internazionale, relativamente sia alla fauna che alla flora, ospitando quasi il 20% delle specie vegetali considerate a rischio di estinzione in Italia.

Nell'area della Valle Padana, in particolare, l'agricoltura industriale e l'antropizzazione, con il loro sfruttamento capillare dei suoli e delle risorse, hanno tolto spazio alle aree naturali, ora situate in aree territoriali residuali e marginali. Tali zone rappresentano testimonianze di fondamentale valore scientifico e costituiscono un patrimonio prezioso e insostituibile che grazie ad esse alcune specie animali e vegetali, altrimenti destinate ad una sicura estinzione, sono sopravvissute. Tra queste aree si collocano ad esempio il "Bosco della Mesola" e il "Bosco Fontana".

Per comprendere l'importanza delle aree protette amministrate dal Corpo forestale dello Stato nell'ottica della conservazione della biodiversità nazionale, possono essere riportati alcuni dati riguardanti le specie animali e vegetali presenti e tutelate. Queste aree ospitano quasi il 20% delle specie vegetali considerate a rischio di estinzione in



Italia; tale dato è di grande importanza in quanto in molti casi si tratta di entità di grande valore scientifico.

La gestione delle Riserve Naturali è affidata all'Ufficio per la Biodiversità del Corpo forestale dello Stato, che coordina una serie di attività ed interventi mirati e proporzionati alle caratteristiche naturali e sociali dei territori protetti, anche attraverso la promozione di nuove forme di utilizzazione delle risorse naturali "sostenibili e rinnovabili".

L'Ufficio e il centro studi e ricerche per la Biodiversità è deputato a:

- amministrazione, tutela e salvaguardia delle riserve naturali statali riconosciute di importanza nazionale o internazionale nonché degli altri beni destinati alla conservazione della biodiversità animale e vegetale;
- gestione di territori e strutture destinati alla salvaguardia della biodiversità o funzionali allo svolgimento di compiti istituzionali del Corpo forestale dello Stato;
- coordinamento delle attività dei Centri nazionali per lo studio e la conservazione della biodiversità forestale.

Dall'Ufficio centrale per la Biodiversità dipendono gli Uffici Territoriali per la Biodiversità che operano direttamente sulle aree protette e sugli altri beni amministrati.

Le attività dei ventotto uffici per la Biodiversità, dislocati in tutt'Italia, sono orientate alla conservazione e alla valorizzazione delle Riserve Naturali e degli altri beni amministrati. Tali azioni sono mirate e proporzionate alle caratteristiche naturali e sociali dei territori; di seguito riportiamo alcune tra le più importanti:



▪ **Interventi di conservazione e miglioramento naturalistico.**

Le varie tipologie di interventi sono programmate con l'obiettivo di massimizzare le potenzialità ambientali dei siti e, basandosi su specifiche ricerche naturalistiche, prevedono la redazione di piani di gestione, la formazione di zone umide, monitoraggi sulla fauna rara e minacciata, il ripristino di prati-pascoli, il restauro di habitat costieri degradati, ecc;

▪ **Interventi di selvicoltura naturalistica e di sviluppo di metodi di gestione forestale sostenibile** anche attraverso il supporto e le metodologie messe a punto negli ultimi anni nel laboratorio del Centro Nazionale per la Conservazione della Biodiversità Forestale di Verona-Bosco Fontana;

▪ **Attività di conservazione delle risorse genetiche su specie ed ecotipi vegetali autoctoni e/o minacciati** consistenti nella raccolta, coltivazione e diffusione di sementi, tessuti in vitro e piante rappresentativi della variabilità genetica forestale nazionale. I centri di Peri e di Pieve Santo Stefano sono stati riconosciuti come "Centri Nazionali per la Conservazione della Biodiversità Forestale".

▪ **Attività di ricerca e monitoraggio ambientale** anche mediante l'attivazione di numerosi accordi con Istituti di ricerca (Università, Istituti CRA, ISPRA, ecc.) che portano annualmente alla pubblicazione di numerosi articoli scientifici su prestigiose riviste specializzate nei vari settori della ricerca naturalistica.

▪ **Interventi di reintroduzione di specie a rischio di estinzione o per il ristabilimento di catene alimentari.**

▪ **Attività di educazione e divulgazione** che hanno ricevuto negli ultimi anni un grande impulso nella consapevolezza che,



attraverso l'informazione e la sensibilizzazione del pubblico, si può arrivare a superare i conflitti e gli ostacoli che sorgono nella realizzazione e nell'affermazione delle aree protette. In tale ambito si collocano anche gli interventi di adeguamento di strutture per la fruizione e l'elaborazione di materiali informativi, nonché la creazione di appositi circuiti educativi.

Tra queste azioni assumono particolare importanza quelle relative all'attuazione di progetti di conservazione di habitat e specie minacciate. Il Regolamento Comunitario "LIFE Natura" fornisce le linee guida per tali interventi. Tra i centri oggetto di studio si segnala il "Centro Nazionale per la Conservazione della biodiversità di Bosco Fontana". In tale sito naturale, attraverso lo studio degli invertebrati saproxilici (invertebrati che vivono nel legno morto), sono stati sperimentati metodi per la valutazione dei livelli di diversità biologica degli ecosistemi attraverso l'utilizzo dei suddetti invertebrati come bioindicatori.

Le indagini sul livello di biodiversità degli ecosistemi forestali hanno preso in considerazione sette parametri (vegetazione, licheni epifiti, struttura forestale, legno morto, insetti, naturalità e diversità paesaggistica) che si sono rivelati di grande efficacia per ottenere indicazioni sulla vitalità globale delle foreste. In particolar modo gli studi sugli insetti hanno riservato sorprese; la presenza di determinate specie nelle zone osservate ha permesso di stilare un preciso metodo di diagnosi dell'ambiente forestale.

La ricerca risponde anche alle aspettative della società civile, fornendo ai decisori politici dati scientifici sulla biodiversità in relazione al cambiamento climatico e all'inquinamento.



Fig. 80 Il 2010: anno della Biodiversità.

I Centri per lo Studio e Conservazione della Biodiversità Forestale del Corpo forestale dello Stato che si occupano della tutela e valorizzazione della biodiversità, in campo e in laboratorio, sono tre: quello di Bosco Fontana Verona, quello di Peri e quello di Pieve S. Stefano. Altro Centro è quello di Ricerche Ambienti Montani (CeRAM) Conservazione biodiversità in ambienti montani.

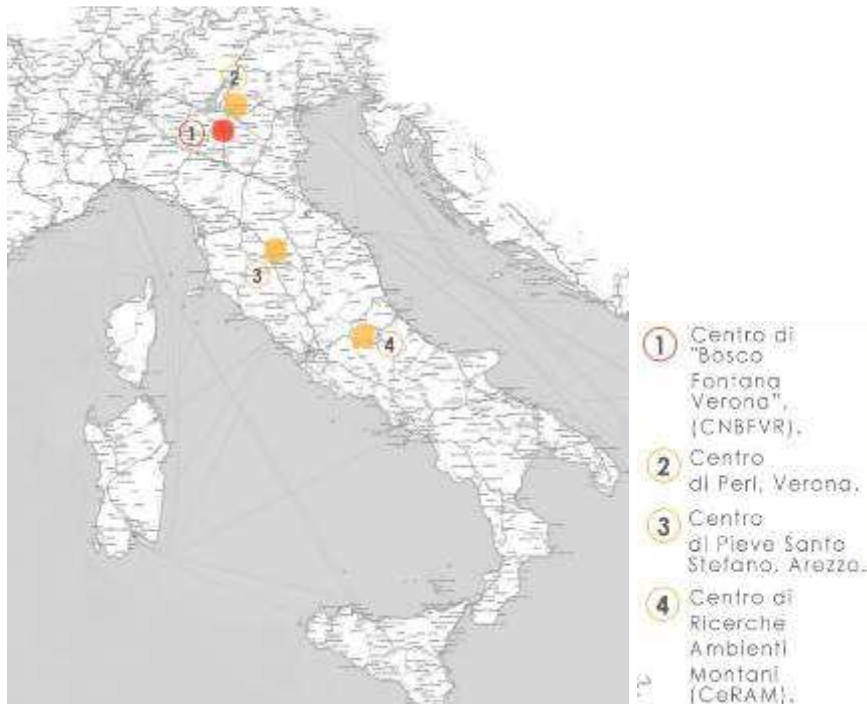


Fig. 81 I Centri Nazionali per lo Studio e la Conservazione della Biodiversità Forestale; in rosso quello di Verona.



Il CNBFVR si occupa di tassonomia e monitoraggio degli invertebrati forestali su tutto il territorio nazionale e coinvolge una fitta rete di collaborazioni a livello internazionale con circa 100 tassonomi specialisti nel riconoscimento degli insetti, sviluppatasi grazie al costante rapporto scientifico con le Università ed i Musei naturalistici nazionali ed europei.

Nel campo della conservazione il Centro effettua il monitoraggio scientifico degli organismi presenti nel "legno morto" all'interno degli ecosistemi forestali. Per questo gli stessi sono ritenuti di grande importanza per mantenere e favorire la biodiversità, per la formazione degli humus e per consentire un accumulo di carbonio che viene rilasciato molto lentamente nell'atmosfera.

Gli studi portati avanti del Centro hanno permesso di accrescere le conoscenze sulla biodiversità con la descrizione di numerose specie nuove per la Scienza. Nel solo "Bosco Fontana", una delle ultime foreste della Pianura Padana, è stata accertata la presenza di oltre 2.500 specie di insetti.

Il Centro opera presso due sedi: uno a Verona e l'altro a Mantova, nella Riserva di Bosco Fontana. Qui lavorano, su specifici progetti, unità costituite da ricercatori, assegnisti, borsisti dell'università e personale tecnico.

Il laboratorio di Verona, dotato di quattro sedi operative, è un laboratorio entomologico attrezzato per la gestione di collezioni entomologiche e per lo sviluppo di sistemi di diagnosi interattiva; è dotato di sistemi evoluti di osservazione e fotografia attraverso microscopia ottica ed elettronica. La sede di Bosco Fontana con dieci unità operative è invece specializzata nella fase di smistamento, a livello tassonomico per Ordini e Famiglie, del materiale entomologico raccolto con le trappole impiegate nei vari progetti e monitoraggi.





E' inoltre dotato di una sala conferenze e una biblioteca naturalistica. Altre attività sono rappresentate dall'installazione in campo dei dispositivi di cattura, dalla gestione diretta degli intrappolamenti nella Riserva di Bosco Fontana, preparazione a secco di materiale entomologico e gestione tecnica delle collezioni e del magazzino.

## 5.2 Il Centro Nazionale per lo Studio e la Conservazione della Biodiversità Forestale "Bosco Fontana" di Verona

La Riserva Naturale Biogenetica "Bosco della Fontana", situata nel Comune di Marmirolo in Provincia di Mantova, rappresenta una delle ultime foreste ancora presenti nella Pianura Padana. Istituita con i DDMM Agricoltura e Foreste del 29 marzo 1972 e del 10 aprile 1987, è Sito di Importanza Comunitaria (SIC) e Zona di Protezione Speciale (ZPS), ed è gestita con criteri non convenzionali dal CNBF "Centro Nazionale Biodiversità Forestale di Verona – Bosco della Fontana".

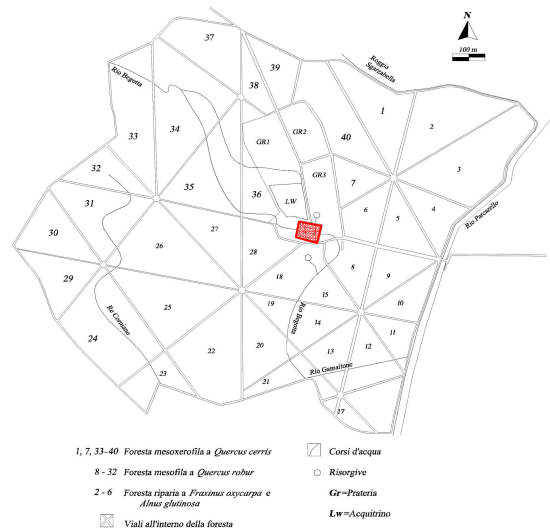


Fig. 82 Pianta di Bosco Fontana: in rosso la palazzina gonzaghesca.



L'odierna Riserva Naturale è ciò che rimane delle antiche foreste che rivestivano un tempo tutta la Pianura Padana.

Il visitatore appena entrato viene "accolto" da una densa foresta di latifoglie che si presenta, in ogni stagione dell'anno, in mille stupefacenti sfaccettature; il bosco è attraversato da una serie di viali rettilinei con direzioni diverse.



Fig. 83 La Palazzina Gonzaghesca di Bosco Fontana

Quasi al centro del Bosco sorge una palazzina seicentesca, fatta costruire da Vincenzo I duca di Mantova, quando la foresta era una riserva di caccia dei Gonzaga. L'edificio fu iniziato nel 1592 su progetto di Giuseppe Dattari, e completato poi dall'architetto Antonio Maria Viani. Nei pressi della palazzina è situata la fontana che dà il nome al bosco. La sua esistenza è documentata fin dal XII secolo, periodo in cui i Gonzaga acquisirono questo vasto latifondo; le torrette circolari poste agli angoli della palazzina rispecchiano i canoni estetici di Giulio Romano. Nel 1921 il Bosco e la Palazzina sono stati dichiarati



monumento nazionale; nel 1976 l'intera area è stata classificata quale Riserva Naturale Orientata.



Fig. 84 Veduta di Bosco Fontana

La superficie ammonta a 233,33 ettari: 198 ha sono mantenuti a foresta; 198,33 ha a zone aperte; 2 ha di paludi.

La foresta appartiene all'associazione "*Polygonato multiflori-Quercetum roboris*", sotto-associazione "*Carpinetosum betuli*" (Sartori, 1984); si trova all'altitudine di 25 m s.l.; in essa vi è il clima continentale, con temperatura annuale media di 13,2 C e piovosità media di 658 mm.

All'interno della Palazzina si trova oggi la sede operativa, laboratori scientifici e didattici e la biblioteca del Centro Nazionale per lo Studio e la Conservazione della Biodiversità Forestale "Bosco Fontana" di Verona (CNBF).

Il principale obiettivo della gestione di Bosco Fontana da parte del CNBF è la conservazione della massima diversità biologica compatibile.



Particolare enfasi è riservata alla ricostituzione del “compartimento del legno morto”, importantissimo elemento ecosistemico per la conservazione della biodiversità e pertanto oggetto di specifiche misure tra le quali la sua ricostituzione con metodiche artificiali. La gestione forestale mira principalmente alla conservazione della Farnia attraverso criteri esportabili anche ad altre analoghe formazioni.

### **5.2.1 La collezione Entomologica**

La collezione entomologica del Centro Nazionale per lo Studio e la Conservazione della Biodiversità Forestale "Bosco Fontana" di Verona comprende attualmente circa 100.000 insetti determinati. Essi provengono in gran parte dall'Italia e dai Paesi limitrofi. Un numero esiguo d'insetti arriva dall'Africa e dal Nord America. Le famiglie maggiormente rappresentate sono di ditteri: *Syrphidae*, *Tachinidae*, *Stratiomyidae* e *Bombyliidae*. Altri gruppi d'insetti ben rappresentati sono gli Odonata e le farfalle diurne (*Lepidoptera*, *Ropalocera*). Un'altro ordine ben rappresentato è quello dei coleotteri. La collezione del Centro è destinata esclusivamente alla ricerca, e i materiali tipici in essa presenti possono essere richiesti per scopi scientifici.

### **5.2.2 La biblioteca**

La biblioteca del Centro è situata nella Palazzina di Caccia dei Gonzaga a Bosco della Fontana. I volumi e le riviste catalogati sono circa quattromila e trattano soprattutto argomenti di scienze naturali e forestali.

### 5.2.3 Progetti didattici

Per sviluppare la curiosità verso i delicati equilibri che regolano la vita di un bosco e per cogliere, nel contempo, la complessità della natura, è fondamentale divulgare in modo appropriato gli studi e le attività che si stanno portando avanti per preservare queste risorse. Con l'educazione ambientale gli addetti ai lavori cercano quindi di trasmettere le conoscenze acquisite a persone estranee al settore e, tra queste, scelgono come target principale i bambini. Questa categoria di interlocutori, se stimolata attraverso strumenti adeguati, presta particolare attenzione alle tematiche ambientali. È quindi importante sostenere tale interesse attraverso lo sviluppo di percorsi didattici che si basino su metodologie educative corrette ed efficaci.

Lo scopo delle attività didattiche sarebbe quello di diffondere la conoscenza dell'incredibile biodiversità esistente nelle foreste naturali e di sensibilizzare gli ascoltatori sulla necessità di proteggerle.



Fig.85 Gli strumenti di lavoro dei ricercatori: i microscopi ottici



## Capitolo 6 \_ Metaprogetto

### 6.1 L'area di progetto e la città

Nella tesi è stato sviluppato il progetto del primo Laboratorio governativo europeo per lo sviluppo di indagini sulla Biodiversità degli invertebrati, nella rete “Natura 2000” e in reti di monitoraggio dei cambiamenti climatici, il LaNaBiT, con sede a Verona.

Una parte di ricercatori che lavorano nella sede di Bosco Fontana saranno trasferiti nella nuova sede LaNaBiT in progetto, collocata nell'ex- area militare della caserma “Riva di Villasanta”, in Verona.

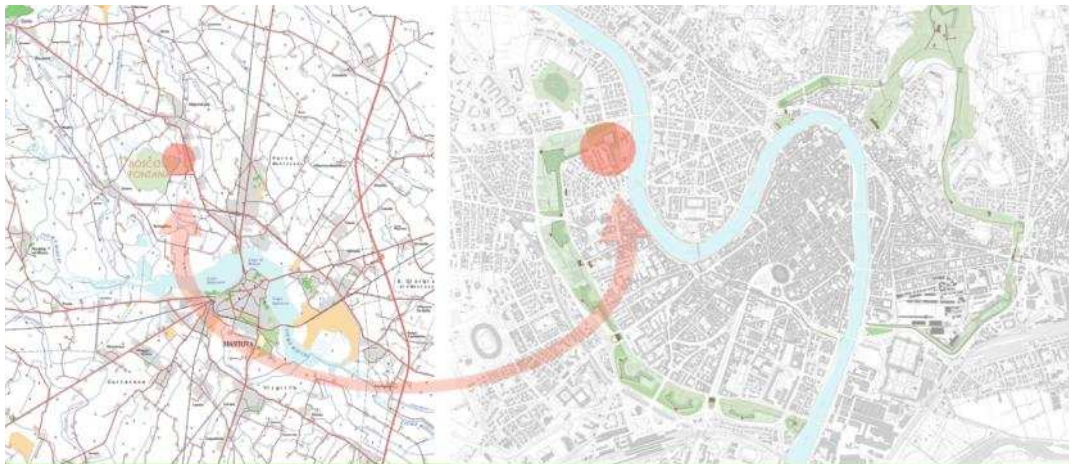


Fig. 86 La relazione tra l'attuale sede di “Bosco Fontana” a Mantova e quella prevista nell'area della Caserma “Riva di Villasanta” di Verona.

Il progetto rappresenta il consolidamento dell'attuale struttura del CNBF, già operativa a livello nazionale: il laboratorio diventerà una struttura di riferimento nazionale per lo studio della Biodiversità, sede principale della rete esistente degli Uffici per la Biodiversità (UTB), già distribuiti sul territorio nazionale.

Il laboratorio LaNaBiT formula e coordina piani di lavoro che si svolgono nelle Riserve Naturali italiane, relazionandosi anche alla rete di ricerca e coordinamento internazionale.

La nuova sede permetterà di raccogliere e studiare il materiale scientifico proveniente dal territorio italiano: in particolare saranno effettuate le operazioni di identificazione e classificazione degli invertebrati.



Fig. 87 In rosso la collocazione del LaNaBiT nell'area di progetto, a nord-ovest di Verona.

Il LaNaBiT diventerà una struttura di riferimento unica a livello europeo, in grado di rispondere alle esigenze previste da diverse tipologie di progetti internazionali.

La nascita del LaNaBiT garantirà un concreto e costante impulso alle attività previste dalla Convenzione sulla Biodiversità Biologica di Rio, all'iniziativa "Countdown 2010 Save the Biodiversity" e ad iniziative di divulgazione e implementazione delle conoscenze tassonomiche



("Global Taxonomy Initiative"). In tal modo verranno anche sfruttate le potenzialità operative del CFS e degli "Uffici Territoriali per la Biodiversità (UTB)", per conseguire obiettivi strategici di conservazione e offrire ai decisori politici concreti strumenti di pianificazione e gestione del territorio.

Il lavoro di ricerca portato avanti dal LaNaBiT produrrà risultati utilizzabili come monito della biodiversità in Italia e delle sue variazioni. A tale scopo saranno anche individuati "bioindicatori" e specie "sentinella" per evidenziare le alterazioni ambientali e i cambiamenti climatici a livello nazionale.

Nel LaNaBiT è prevista l'attivazione di un "Servizio di identificazione" (ID Service) su base tassonomica degli Artropodi di interesse agrario di livello nazionale, delle specie aliene e introdotte, nonché delle specie di artropodi di interesse allergenico e veterinario.

L'edificio di progetto, che ospiterà ricercatori provenienti dall'Italia e dall'estero, costituirà uno dei nodi fondamentali della rete dei Centri di ricerca della Biodiversità, sia a livello europeo che internazionale. Sarà quindi attrezzato per ricevere visite di personale dall'estero e per svolgere conferenze e pubblicazioni.

In prossimità dell'edificio per la ricerca saranno inoltre previsti una serra per le farfalle, un museo entomologico all'interno della Polveriera, un altro edificio adibito a laboratori, una piazza attrezzata e parcheggi interrati.

La particolare posizione del futuro Laboratorio a ridosso delle mura storiche veronesi, nelle vicinanze del Bastione sanmicheliano, nonché del Parco delle Mura e del Fiume Adige, permette ai futuri laboratori di rilanciare il tema ambientale.



In questo senso l'aspetto naturalistico della biodiversità e quello storico – paesaggistico delle mura magistrali trovano il giusto equilibrio, in una visione generale di interazione tra la dimensione urbana e ambientale. Oltre a questi aspetti anche il fattore energetico dell'edificio si farà carico degli aspetti della bioclimatica e del contenimento del consumo energetico.

La tesi ha sviluppato il progetto architettonico della struttura e degli spazi esterni, ponendosi in relazione con le importanti preesistenze storiche dell'area. Le mura entrano a far parte di un nuovo sistema di percorsi.



Fig. 88 Analisi dell'area dove si evidenziano: in rosso il percorso storico-culturale e gli edifici nell'area di progetto; in blu i nodi; in azzurro la relazione con il fiume; in arancio la relazione tra LaNaBit e la Caserma Veneta.

Il progetto ha interessato la riqualificazione dell'intera area, ponendo particolare attenzione alle relazioni tra i diversi spazi interni ed esterni e le funzioni. Dall'analisi dei percorsi, trattata nel **cap. 2**, si è arrivati a definire le relazioni:



- tra LaNaBit e Museo delle Scienze Naturali, che verrà collocato nella Caserma "Riva di Villasanta", elemento storico di particolare rilevanza
- tra LaNaBit e gli spazi verdi presenti nel Parco delle Mura;
- tra LaNaBit e il fiume Adige.

## 6.2 Analisi SWOT: opportunità e criticità

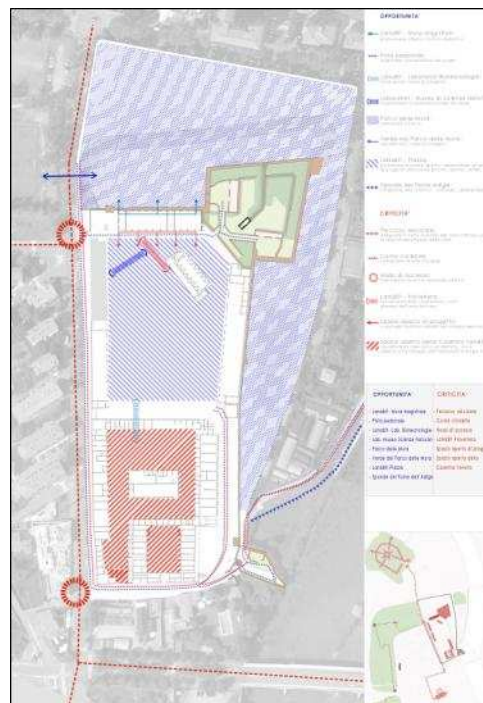



Fig.89 Analisi delle opportunità e criticità dell'area.

L'ex-area militare "Riva di Villasanta", dove si inserisce il LaNaBit, presenta potenzialità (opportunità) e limiti(criticità), che sono emersi analizzando e rilevando direttamente il contesto. Questi aspetti sono stati riportati in una tavola di sintesi, basata sulla matrice SWOT; per quanto riguarda le **opportunità**, si evidenziano i seguenti temi:

- il rapporto dei LaNaBit con le mura magistrali al fine di promuovere un turismo di tipo leggero;

- 
- il percorso pedonale, che attraversa e guida il visitatore dal Bastione Spagna a Porta Fura, dove permangono dei tratti viari da migliorare l'accessibilità del luogo;
  - la relazione tra i LaNaBit e i futuri Laboratori di Biotecnologie, nell'ipotesi di insediarli in due officine militari, così da riconfigurare l'area, insediando i due poli scientifici;
  - la relazione della Polveriera, in vista di collocare il Museo Entomologico, e il Museo delle Scienze Naturali, al fine di ricucire il sistema museale;
  - il Parco delle Mura da ri-valorizzare con lo sgombero e la pulizia delle piantumazioni infestanti;
  - la piazza che unisce i Laboratori del LaNaBit e di Biotecnologie con il quartiere di san Zeno;
  - le sponde del fiume Adige che permettono di sviluppare una rete turistico – culturale - ambientale.

Le **criticità**, che potrebbero limitare il progetto, mentre se venissero valorizzate costituirebbero dei punti di forza, sono riportate di seguito:

- lo spazio aperto della Caserma "Riva di Villasanta", attualmente adibito a parcheggio dell'Ospedale di Borgo Trento, ma che potrebbe interagire con lo spazio aperto di progetto;
- la relazione tra Polveriera e LaNaBit che connette i due manufatti storici, che potrebbero costituire un unicum dal punto di vista tematico;
- il percorso ciclo-pedonale, che presenta dei punti inaccessibili e dei tratti disconnessi che dovrebbero adeguarsi al futuro bacino di utenza;
- il trasporto veicolare pubblico, che non è connesso tra l'area di progetto, la stazione e l'aeroporto.



### 6.3 Direttrici, relazioni, nodi



Fig. 90 Direttrici, relazioni, nodi dell'area

La definizione delle opportunità e delle criticità ha permesso di individuare i temi, che nella fase di progettazione saranno approfonditi, tra cui:

- le direttrici del LaNaBit nei confronti delle mura storiche, della piazza e dei Laboratori di Biotecnologie;
- le relazioni del LaNaBit con la Polveriera, con i Laboratori di Biotecnologie, con il Bastione Spagna;
- i percorsi: pedonale, ciclabile e veicolare;
- gli spazi aperti affacciati al LaNaBit, alla Caserma "Riva di Villasanta", al Parco delle Mura;

- i nodi dell'area di progetto, individuati come punti di relazione urbana;
- il parcheggio interrato.

Il nuovo Centro LaNaBit dovrà assolvere al completamento della fase iniziale di "intrappolamento", che si svolge presso il Centro Studi di Bosco Fontana, con la fase di "smistamento e studio del materiale invertebratologico", che si effettuerà poi a Verona.

#### 6.4 Le fasi di lavoro nel Laboratorio invertebratologico

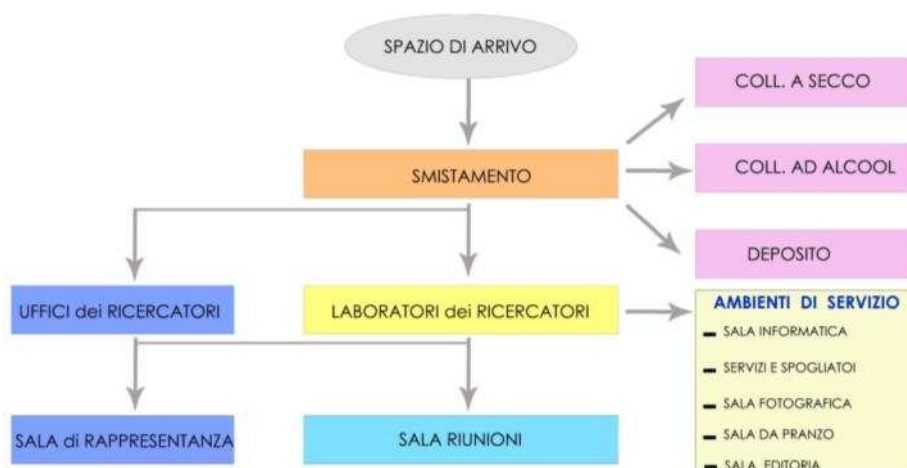


Fig. 91 Schema delle funzioni e degli spazi del LaNaBit

Dopo aver visitato Bosco Fontana e discusso con i ricercatori sulle esigenze degli ambienti di lavoro, sono state sintetizzate le fasi operative dei ricercatori, che si distinguono in:

- 1) Smistamento dei materiali.
- 2) Preparazione del materiale.
- 3) Studio e ricerca dei materiali.

**1)** La fase di **smistamento** dei materiali (fig. 91, color arancio) è tra le fasi più importanti del sistema; gli studiosi-addetti sono chiamati a



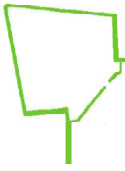
contraddistinguere i diversi casi, procedendo alla catalogazione e alla suddivisione per famiglie degli invertebrati.

Per svolgere questa operazione gli addetti necessitano di lavandini, lavastoviglie per le capsule, cappe di aspirazione per le sostanze alcoliche emesse, e di un ambiente ben illuminato.

**2)** Nella fase di **preparazione** due addetti (nel caso specifico del LaNaBit) predispongono le etichette necessarie all'archiviazione del materiale (sia a secco che in alcool) ed eventualmente imballano i contenitori che saranno portati, a seconda dei casi, nel locale delle collezioni a secco o nel locale delle collezioni ad alcool, presso i laboratori dei ricercatori di questa sede o da spedire ad altre sedi.

Gli ambienti di supporto a queste attività sono i **locali delle collezioni**, (fig. 91, *color magenta*) che costituiscono gli archivi per i materiali entomologici:

- Il locale delle collezioni a secco ha bisogno di una temperatura controllata di 18°, e un'umidità relativa del 50%. Il materiale preparato dagli studiosi viene posizionato in scaffali; dal momento che il materiale sarà utilizzato anche in altri centri di ricerca, sull'etichetta saranno riportati il termine di denominazione e la data di reperimento. In questo locale sarà predisposto un tavolo e un microscopio che permette agli operatori il controllare del materiale ed eventualmente la disinfestazione di insetti infestanti.
- Il locale delle collezioni ad alcool ha bisogno di una temperatura controllata di 18°. In esso è necessario predisporre mensole, scaffalature e armadi, dove collocare i vasi e le provette di vetro dei reperti invertebrati. I vasi di raccolta contenenti il materiale, conservato in alcool 70°, vengono periodicamente controllati e



opportunamente riempiti nel momento in cui diminuisce il livello di alcool. Per il controllo del contenuto si rende utile disporre nel locale un tavolo e un microscopio.

- I due locali saranno posizionati in due piani diversi, dal momento che risulta utile separarli.

Gli spazi di supporto alle collezioni sono:

- Il locale quarantena, in cui viene effettuata la disinfestazione delle scatole entomologiche contenenti insetti infestanti (Antreni e/o Psocotteri) attraverso un ciclo di congelamento / scongelamento. La scatola viene imbustata e chiusa tramite termosaldatura; dopodiché viene riposta per tre-cinque giorni in un congelatore a -30° e in seguito viene riportata a temperatura ambiente per altri tre giorni; questo ciclo viene ripetuto tre volte. In seguito la scatola disinfestata sarà riposta nel locale delle collezioni o, se necessario, nella zona allevamenti;
- il locale allevamenti dove vengono riposte le scatole degli invertebrati dalle quali nasceranno nuovi invertebrati;
- il magazzino dove vengono posizionati i materiali precedentemente contrassegnati da etichettatura che non hanno una previsione di studio immediata.

**3)** Nella fase di **studio e ricerca** partecipano i ricercatori che sono chiamati a classificare gli invertebrati se appartengono ad una famiglia esistente oppure ad affidarne un nome nuovo. I **laboratori** (fig. 91, *color giallo*) saranno organizzati con postazioni singole nelle quali ciascun ricercatore avrà una scrivania, un computer dove immettere i



dati delle loro ricerche e dove è possibile visualizzare le schedature precedenti, un microscopio ottico, una macchina fotografica, diversi armadi dove porre i faldoni, i testi di studio e le dispense di ricerca e un lavandino ogni due postazioni.

Inoltre saranno disposti degli **uffici per ricercatori esterni** (fig. 91, colore blu) che avranno a disposizione delle postazioni singole con PC e scaffalature personali che garantiranno loro una adeguata privacy durante il lavoro.

Si prevede una postazione di **segreteria** nei pressi dell'ingresso principale dell'edificio che accolga le persone esterne e organizzi gli impegni esterni del personale.

Sarà destinato un ufficio di **rappresentanza** (fig. 91, color ciano) al responsabile del LaNaBit, posto nelle vicinanze della segreteria dove si riceve il personale esterno interessato alle ricerche.

Una **sala riunioni** dove i ricercatori e gli studiosi possono interagire e presentare i risultati delle loro ricerche, nella quale saranno posizionati una lavagna, un pannello per proiettare le presentazioni, un tavolo con dieci postazioni.

I **locali di servizio** che coordinano e completano il Laboratorio sono (fig.91, color giallo chiaro):

- Una saletta dove sviluppare le foto, che necessita di temperatura controllata e buio.
- Un "ufficio di editoria", dove saranno sistemati un PC e una stampante per consentire la pubblicazione delle ricerche faunistiche.
- Un "locale server" dove saranno collocati router, DSL, back-up.
- I servizi igienici con spogliatoi, dove gli addetti depositano la giacca per indossare il camice da laboratorio prima di iniziare le attività.



- Una saletta da pranzo dove saranno predisposti fornelli elettrici e forno a microonde per riscaldare gli alimenti, frigo, tavolini da pranzo e armadi.
- Una saletta infermeria dove il personale è chiamato ad effettuare periodiche visite mediche per accertarsi dello stato di salute.



Fig.92 Disposizione degli invertebrati per le collezioni a secco con appositi spilli



Fig.93 Disposizione degli invertebrati per le collezioni ad alcool in appositi contenitori



## Capitolo 7 \_ Riferimenti progettuali

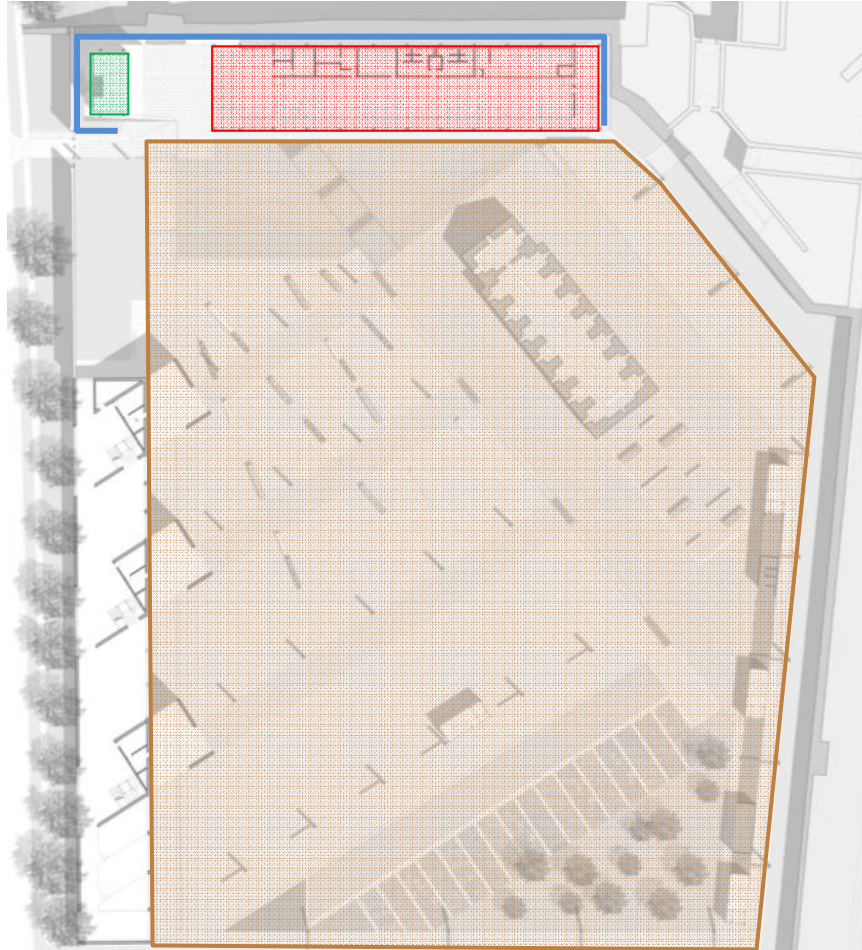


Fig. 94 Planimetria con evidenziati: LaNabit, Percorso sulle mura, Serra per le farfalle, e Piazza

I riferimenti che hanno indirizzato le scelte nella fase di progettazione sono stati suddivisi in schede, a seconda del tema: l'edificio del LaNaBit; il percorso sulle mura storiche; la serra entomologica; lo spazio della piazza.

Per ogni riferimento è stata riportata una descrizione sintetica dell'intervento, che rispecchia le caratteristiche progettuali inserite nel lavoro di tesi.

## 7.1 Riferimenti del LaNaBit



Fig.95 Vista del prospetto principale verso il Parco Botanico

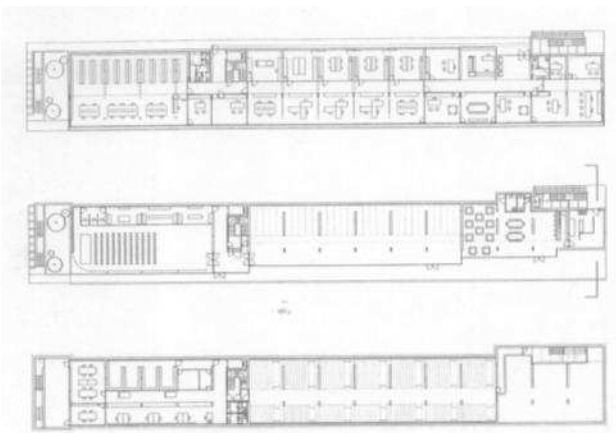


Fig.96 Pianta dell'edificio

### FORMA

*Opera:* Istituto di Botanica

*Progettista:* Carlos Ferrater

*Data e Luogo di realizzazione:*  
2001-2002, Barcellona, Spagna

*Descrizione:* L'edificio, sviluppato secondo una linea orizzontale, è situato sulla sommità del parco botanico di Barcellona. Da un lato è accessibile dalla strada, mentre dall'altro si apre verso la città ed il parco. Si pone, quindi, come area "filtro" tra i due ambienti cittadini. Sono presenti un caffè, una galleria culturale, area shopping e parcheggio pubblico. La forma lineare e la funzione dell'edificio sono stati presi in considerazione per lo sviluppo progettuale del nostro edificio.



Fig.97 Vista del prospetto principale

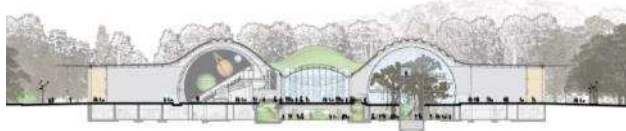


Fig.98 Sezione dell'edificio

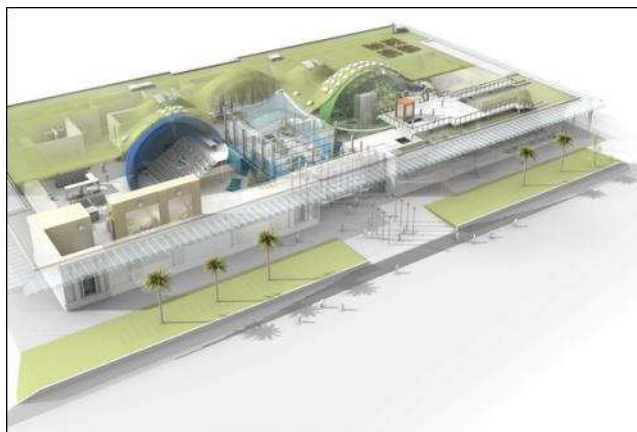


Fig. 99 Vista assometrica dell'edificio

## FORMA

Opera: California Academy of Science

Progettista: Renzo Piano

Data e Luogo di realizzazione: 2005 -2008, San Francisco, USA

*Descrizione:* L'edificio ruota attorno a un ampio spazio espositivo, permeabile alla luce naturale, sormontato da una tensostruttura in parte vetrata e in parte verde.

Ai lati della piazza vi sono due volumi sferici, uno opaco e l'altro trasparente che racchiudono il "planetario" e una sala dedicata alla foresta. Insieme alle esposizioni sulla biodiversità, ecologia e sostenibilità, si possono visitare laboratori e giochi interattivi.



Fig.100 Vista dall'alto dell'edificio

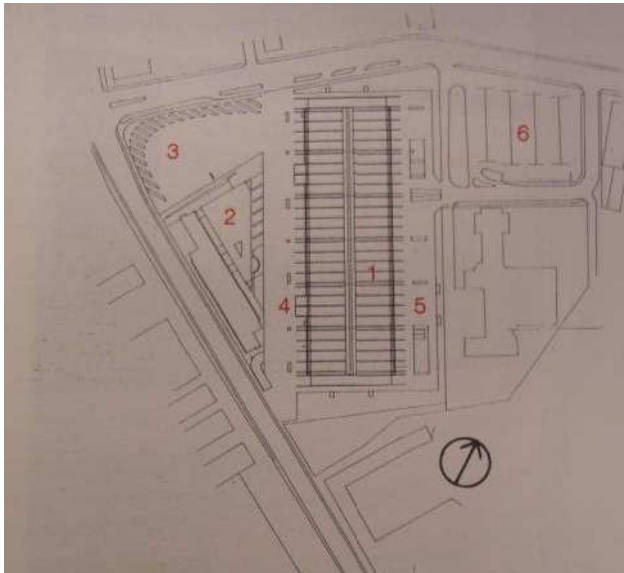


Fig.101 Pianta dell'edificio

## FORMA

*Opera:* Design Center

*Progettista:* Thomas Herzog

*Data e Luogo di realizzazione:*  
Linz, Austria

*Descrizione:* L'edificio ha una forma lineare ed è sormontata da una copertura curvilinea vetrata di colore azzurro.

L'edificio è lungo 208 metri e largo 80, ha 34 archi d'acciaio che ricoprono la forma di botte allargata della copertura.

Lo spazio racchiude le funzioni di sala congressi, uffici e servizi, per questo l'architetto ha deciso di realizzare la struttura con un materiale leggero e luminoso come il vetro retroriflettente e l'acciaio.

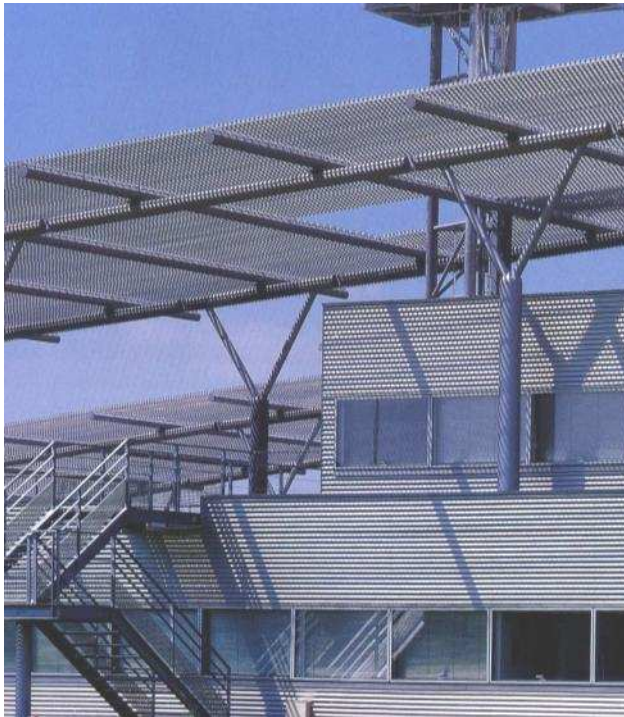


Fig.102 Vista del dettaglio della copertura



Fig.103 Vista dell'edificio

## TECNOLOGIE

*Opera:* Istituto Universitario di Tecnologia L. Pasteur

*Progettista:* J. P. Pargade

*Data e Luogo di realizzazione:* Strasburgo

*Descrizione:* L'edificio di Pargade è un esempio di architettura tecnologica progettata per inserirsi in maniera armoniosa in un ambiente naturale di grande fascino paesaggistico.

La scelta di utilizzare come tecnica costruttiva la leggerezza dell'acciaio è uno dei motivi che ci ha spinte a scegliere questo edificio come riferimento progettuale.

Ulteriore motivo è stato l'ubicazione dell'edificio: la localizzazione dell'istituto tra il confine città-campagna come l'edificio del LaNaBit.



Fig.104 Vista dell'edificio: i due corpi lineari e il corpo cilindrico



Fig.105 Vista di un prospetto principale dell'edificio



Fig.106 Vista del dettaglio della gronda e delle colonne

## TECNOLOGIE

*Opera:* Edificio per uffici

*Progettista:* J. P. Pargade

*Data e Luogo di realizzazione:*  
Legnago, Verona

*Descrizione:* L'edificio racchiude la funzione di uffici. L'edificio è composta da due corpi parallelepipedi che convergono in un angolo a forma di un cilindro, il cuore degli uffici.

E' realizzato con la tecnica costruttiva dell'acciaio, mentre l'accesso principale è un corpo vetrata cilindrico a doppia altezza che invita le persone ad entrare nell'edificio.

Il dettaglio della copertura, realizzata in acciaio, ci ha aiutato in alcune scelte progettuali. I due rami di colonna che sostengono la gronda ricordano un albero.



Fig.107 Vista del prospetto principale dell'edificio



Fig.108 Vista dell'edificio

## TECNOLOGIE

*Opera:* Kunsthal

*Progettista:* Rem Koolhaas

*Data e Luogo di realizzazione:*  
2001, Rotterdam, Olanda

*Descrizione:* La funzione dell'edificio progettato dall'architetto Koolhaas è di auditorium, inserito nel Parco scientifico di Rotterdam.

La facciata vetrata è stata realizzata con montanti e traversi quasi impercettibili dall'esterno, che riescono a dare il senso di continuità al prospetto.

Altro punto di forza dell'edificio è la distinzione tra la parte dell'auditorium, definita dal vetro, e la parte dei servizi al piano superiore, definiti dal colore scuro di cemento.





Fig.109 Vista assonometrica dell'edificio



Fig.110 Vista dell'interno dell'edificio

## DISPOSIZIONE INTERNA

*Opera:* Edificio per uffici

*Progettista:* Panzeri e Chiericati

*Data e Luogo di realizzazione:*  
Milano

*Descrizione:* L'edificio racchiude la funzione di uffici.

La scelta di avere un openspace, privo di partizioni alte è stata ripresa anche nel nostro progetto.

Altri punti di forza sono la doppia altezza, le scale libere e la presenza di elementi arborei all'interno dell'edificio.

In particolare nel nostro edificio si è deciso di ricavare uno spazio alberato poiché dal punto di vista psicologico si ritiene importante valorizzare i momenti di pausa per i lavoratori con la componente naturale.



Fig.111 Vista del Kilometro Rosso dalla strada



Fig.112 Vista del Parco Scientifico Tecnologico

## COMPLESSO SCIENTIFICO

*Opera:* Parco Scientifico Tecnologico "Kilometro Rosso"

*Progettista:* J. Neuveal, R. Meier, SOM

*Data e Luogo di realizzazione:* 2003, Bergamo

*Descrizione:* Kilometro Rosso è un Parco Scientifico Tecnologico: un luogo che ospita aziende, centri di ricerca, laboratori e attività di produzione hi-tech. Comprende nuovi uffici direzionali, laboratori e centri di ricerca, che sono collocati nella zona ovest del comparto e sono costituiti da volumi con un accentuato sviluppo longitudinale, perpendicolari all'allineamento del muro rosso e rivestiti da una pelle di lamelle semoventi di vetro.



## 7.2 Riferimenti del Percorso sulle mura

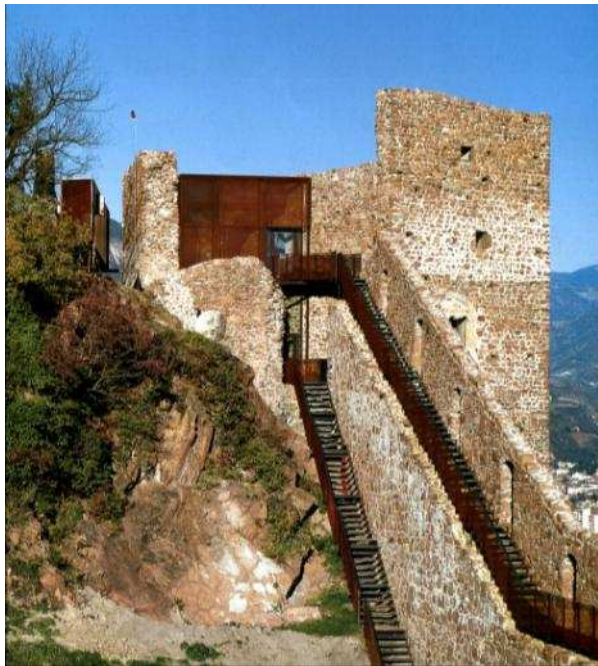


Fig.113 Castel Firmiano

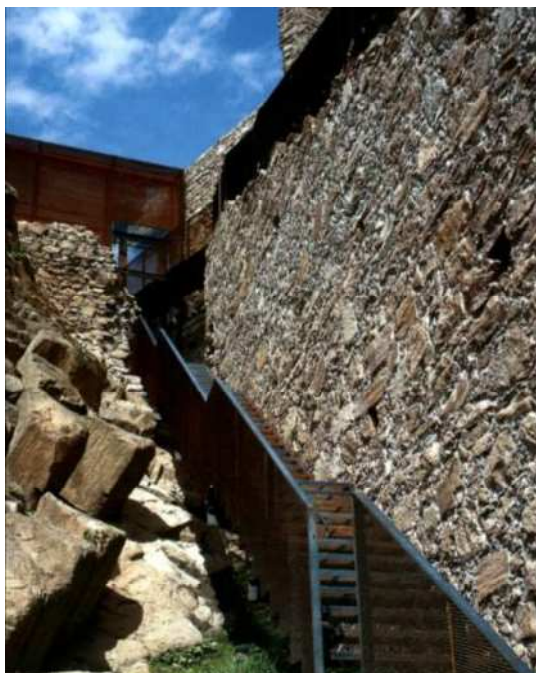


Fig.114 Vista delle scale realizzate in acciaio cortén

### RECUPERO

*Opera:* Intervento sul Castel Firmiano

*Progettista:* W. Tschool

*Data e Luogo di realizzazione:* 2003-2006, Bolzano, Italia

*Descrizione:* L'architetto si è sperimentato sulla ristrutturazione del Castel Firmiano di Bolzano, "interessante" come tema progettuale perché "si lavora sulla storia", come lo stesso autore ha detto.

L'intervento ripropone in chiave moderna gli antichi camminamenti di ronda militare sulle mura dei castelli che difendevano la popolazione o i proprietari terrieri.

Questi percorsi sono stati trattati con il materiale "acciaio cortén".



Fig.115 Passerella in acciaio cortén nei Mercati Traianei

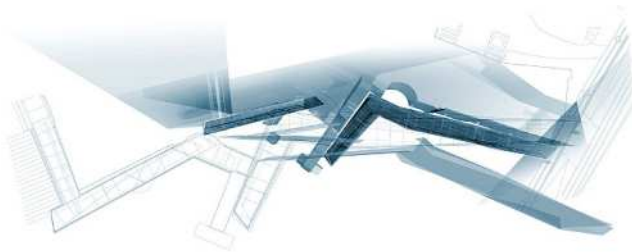


Fig.116 Schizzo dell'idea progettuale

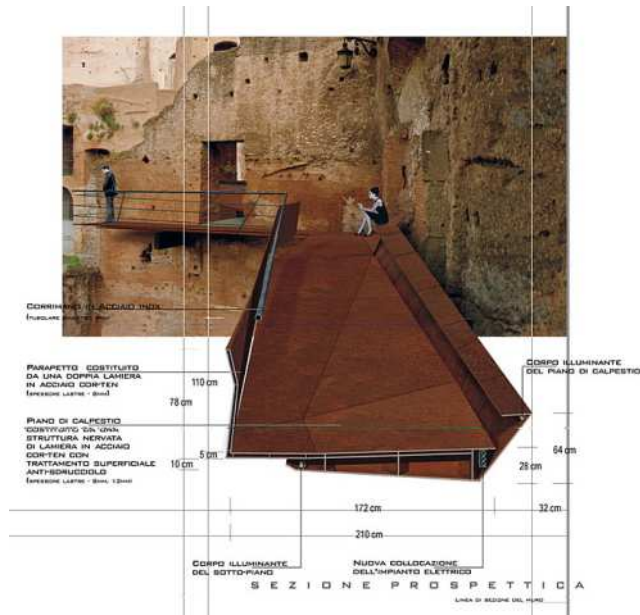


Fig.117 Sezione prospettica della passerella

## CAMMINAMENTO di RONDA

Opera: Mercati di Traiano

Progettisti: Nemesi Studio M. C. Clemente e M. Mosè

Data e Luogo di realizzazione: 2003-2006, Roma, Italia

Descrizione: Il progetto si pone l'obiettivo di allestire un percorso nell'area museale dei Mercati Traianei.

Lo studio Nemesi ha proposto di realizzare una passerella in acciaio cortén, materiale leggero capace di valorizzare il luogo e restituirne un'identità che altrimenti sarebbe andata dimenticata.

“La leggerezza della superficie scelta va poi ad opporsi alla massa delle mura, così che diventa un oggetto [...] la permanenza storica che rimane in rilievo rispetto all'intervento.”



Fig.118 Inserimento fotografico dell'intervento



Fig.119 Inserimento fotografico del percorso



Fig.120 Tavola presentata nel Concorso

## PERCORSO

*Opera:* Concorso internazionale sul futuro del Forte di Fenestrelle

*Progettisti:* J. Nunes, F. Meneghelli, M. Caretta, A. Menegotto

*Data e Luogo di realizzazione:* ottobre 2008, Torino, Italia

*Descrizione:* L'intervento degli architetti si è concentrato sull'ipotesi di recupero e di valorizzazione della Ridotta Carlo Alberto, sulle rive del Chisone.

La Ridotta del 1836 sarà il luogo di accesso per i turisti che intendono visitare il Forte di Fenestrelle.

La scelta di utilizzare l'acciaio cortèn è dovuta alla leggerezza del materiale che consente di valorizzare il luogo storico e nello stesso tempo di minimizzarne l'impatto visivo.



Fig.121 Vista dell'inserimento del percorso



Fig.122 Vista interna del Castello

## MATERIALI

*Opera:* Marittime Museum

*Progettista:* N. Sobeiano  
Arquitectos

*Data e Luogo di realizzazione:*  
Las Palmas, Gran Canaria,  
Spagna

*Descrizione:* L'acciaio cortèn è stato utilizzato per realizzare il camminamento interno al Castello che ospita il Museo Marittimo di Las Palmas.

Lo stesso materiale è stato utilizzato per la pavimentazione, i parapetti, i corrimano e la proiezione nel soffitto del percorso.

Oltre a questi elementi, anche le luci inserite nella pavimentazione rafforzano la suggestione dell'intervento.



Fig.123 Vista del prospetto verso il mare

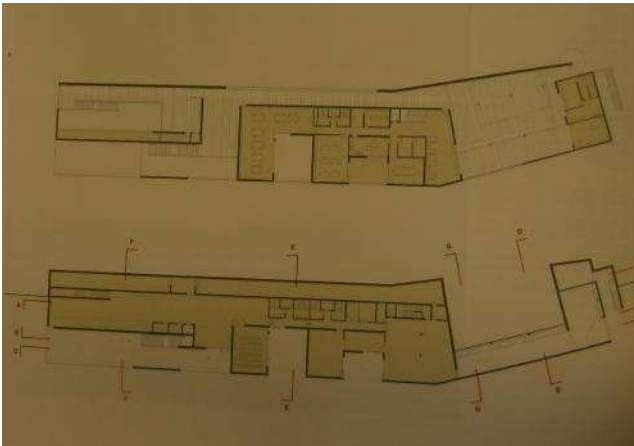


Fig.124 Pianta dell'edificio



Fig.125 Vista del percorso porticato

## VALORIZZAZIONE

*Opera:* Centro di accoglienza del complesso archeologico di Baelo Claudia

*Progettista:* G. V. Consuegra

*Data e Luogo di realizzazione:* Tarifa, Spagna, 2003-2006

*Descrizione:* Il motivo progettuale di utilizzare l'acciaio cortèn questo materiale leggero in modo da valorizzare il luogo e restituirne un'identità che altrimenti sarebbe dimenticata.

“La leggerezza della superficie scelta va poi ad opporsi alla massa delle mura, così che diventa un oggetto che si accosta ma che non tocca la permanenza storica che rimane in rilievo rispetto all'intervento.”



### 7.3 Riferimenti della Butterfly House



Fig.126 Vista dell'ampliamento del Museo



Fig.127 Vista esterna dell'edificio

#### FORMA

*Opera:* Ampliamento del Museo di Storia Naturale

*Progettista:* E. Van Egeraat

*Data e Luogo di realizzazione:* 2001, Rotterdam, Olanda

*Descrizione:* L'autore Van Egeraat ha ampliato il Museo di Storia Naturale inserito nel Parco scientifico di Rotterdam.

I materiali utilizzati per l'involucro sono il vetro e il metallo che contrastano con l'esistente parte di Museo, trattato nella parte esterna con pietra e mattoni a vista.

Questo contrasto rafforza l'intervento architettonico e rafforza il senso di scatola opaca che galleggia a un metro e mezzo dal suolo.



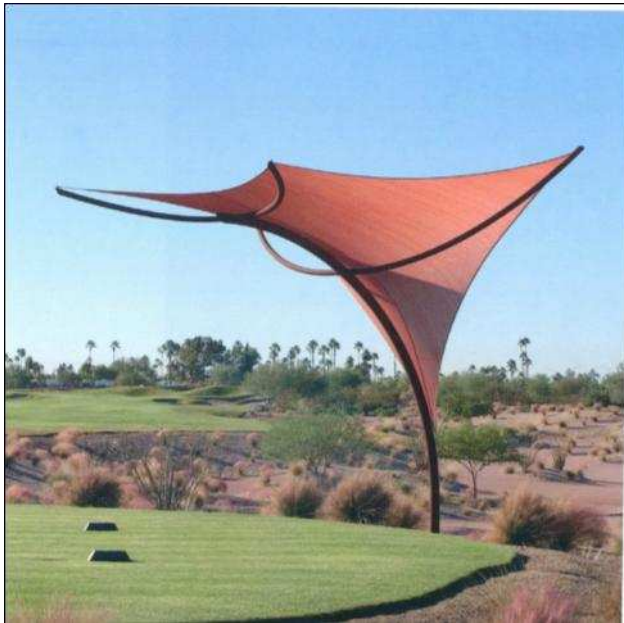


Fig.128 Vista della tensostruttura in un ambiente naturale



Fig.129 Vista della tensostruttura in un ambiente urbano

## TENSOSTRUTTURA

Opera: Tensostruttura  
"Tsunami"

Progettista: G. H. Bruce

Data e Luogo di realizzazione:  
Gran Bretagna

Descrizione: La tensostruttura realizzata da Bruce richiama la forma di una farfalla.

I materiali con i quali è stata realizzata sono: l'acciaio per la parte del telaio e la tela per la copertura.

Le due diverse ipotesi di inserimento (nel verde e in una strada urbana) prese in esame sono il motivo per il quale abbiamo scelto di utilizzarla per la serra entomologica.



## 7.4 Riferimenti della Piazza



Fig.130 Vista aerea del Parc Citroën



Fig.131 Vista della lama d'acqua nel Parco



Fig.132 Vista di una porzione del Parco

### VERDE nella PIAZZA

Opera: Parc Citroën

Progettista: J. P. Viguier

Data e Luogo di realizzazione:  
Parigi, 2000

*Descrizione:* Il motivo progettuale di utilizzare l'acciaio cortèn questo materiale leggero in modo da valorizzare il luogo e restituirne un'identità che altrimenti sarebbe dimenticata.

“La leggerezza della superficie scelta va poi ad opporsi alla massa delle mura, così che diventa un oggetto che si accosta ma che non tocca la permanenza storica che rimane in rilievo rispetto all'intervento.”



Fig.133 Vista del Giardino Botanico

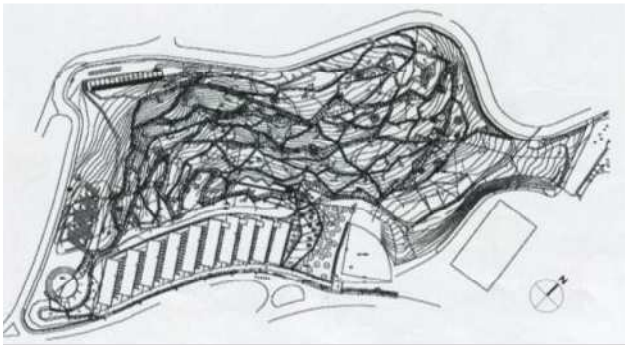


Fig.134 Planimetria del Giardino



Fig.135 I percorsi e le vasche arboree del Giardino

## VERDE nella PIAZZA

*Opera:* Giardini Botanici

*Progettisti:* C. Ferrater

*Data e Luogo di realizzazione:*  
Barcellona, Spagna, 2000

*Descrizione:* Il Giardino Botanico sul Montjuic integra e valorizza il luogo dell'Istituto di Botanica realizzato dallo stesso architetto.

I percorsi sono trattati con diversi materiali, pietra e legno, così che diventano di facile lettura, trattandosi di un luogo didattico ricreativo. Le vasche che contengono le essenze arboree sono racchiuse dall'acciaio cortén, che noi abbiamo ripreso in alcune parti della piazza.



Fig.136 Vista del cammino di ronda realizzato in acciaio

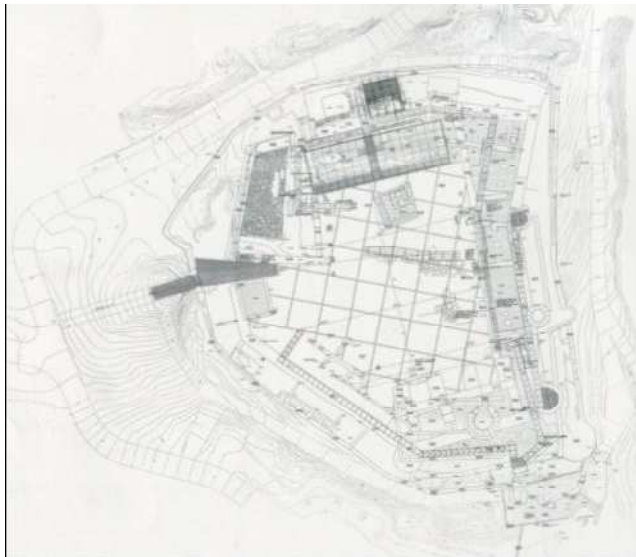


Fig.137 Planimetria del Parco Archeologico

## RIVALORIZZAZIONE

*Opera:* Parco Archeologico nella fortezza di Castello

*Progettisti:* M. A. Builla e J. I. Montoya

*Data e Luogo di realizzazione:* Burgos, Spagna, 2000

*Descrizione:* Il parco archeologico L'intervento ha l'obiettivo di conservare i resti e di valorizzare il sito storico.

Il luogo è ritenuto giacimento archeologico e storico, per questo è stato trattato con un "linguaggio leggero".

L'antico giro di ronda è stato riproposto con una passerella aerea dalla quale contemplare il panorama archeologico che contiene la piazza (anticamente

denominata Piazza d'Armi).



Fig.138 Vista delle sponde del fiume riqualificate

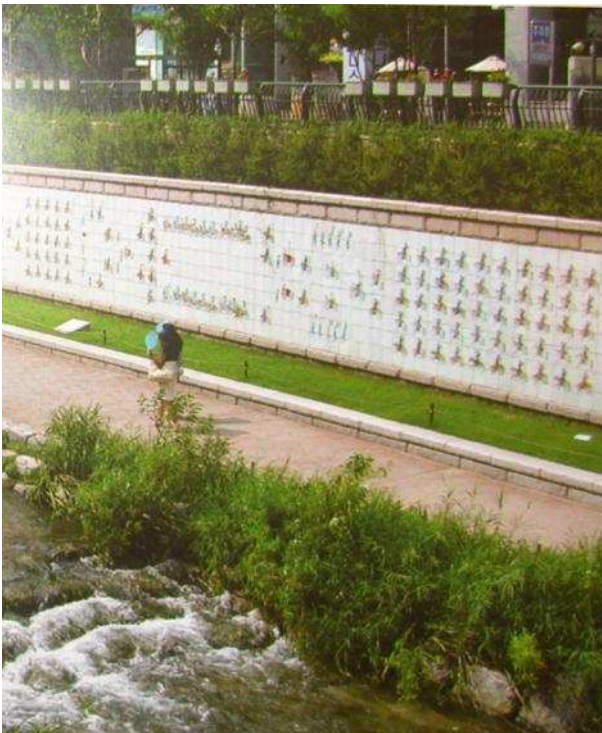


Fig.139 Particolare delle sponde del fiume

## L'ACQUA nella PIAZZA

*Opera:* Ristrutturazione delle sponde Cheonggyecheon

*Progettisti:* H. Shin, W. Hoi, J. Chung, Y. Chin

*Data e Luogo di realizzazione:* Seoul, Korea, 2003-2005

*Descrizione:* La ristrutturazione delle sponde del fiume si è posta come tema quello di “rinaturalizzare” il luogo.

Per questo sono state aggiunte rocce nel fondale, ciuffi di vegetazione lungo la sponda e sistemati i percorsi ciclo-pedonali.

La riqualificazione realizzata dall'architetto valorizza il fiume, che diventa un luogo da vivere per i cittadini di Seul.



Fig.140 Planimetria di progetto

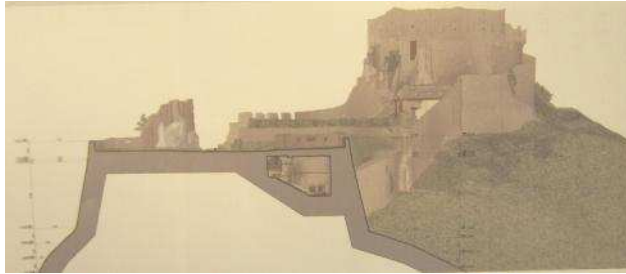


Fig.141 Sezione della Fortezza

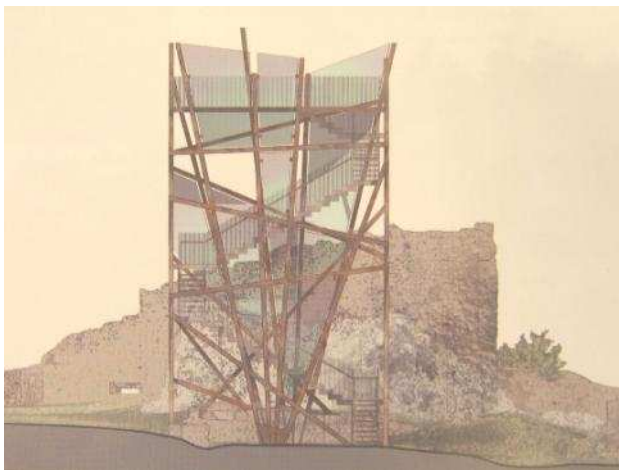


Fig.142 Sezione della torre di progetto

## ELEMENTI STORICI

*Opera:* La fortezza di Verrucole

*Progettisti:* Giacomelli, Giobbi e Merlo

*Data e Luogo di realizzazione:* Lucca, Italia, 2000

*Descrizione:* L'intervento ha come obiettivo di tutelare e di valorizzare l'architettura fortificata.

Il luogo ha un valore storico che per questo è stato definito in primis dal punto di vista restaurativo.

Successivamente si è intervenuto da un punto di vista di riqualificazione architettonica con l'aggiunta di una torre. La proposta di utilizzare il legno e il vetro così da differenziarsi dagli elementi storici può essere discutibile, ma senza dubbio raggiunge un effetto visivo importante.

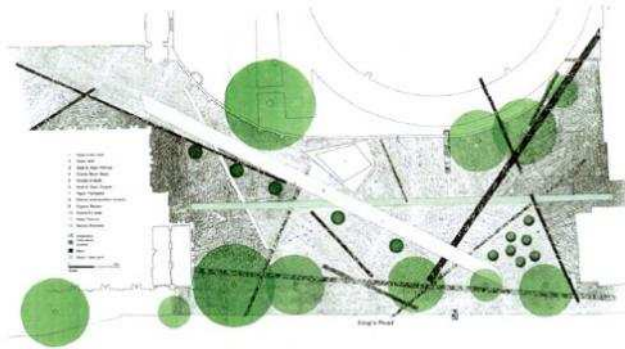


Fig.143 Planimetria di progetto



Fig.144 Visione prospettica della Piazza



Fig.145 Vista della Duke of York Square

## ARREDO della PIAZZA

*Opera:* Duke of York Square

*Progettisti:* Armstrong Bell  
Landscape Design

*Data e Luogo di realizzazione:*  
Londra, 2003

### *Descrizione:*

Il disegno è caratterizzato da una geometria dinamica che sembra camminare nel luogo: dalla scatola di vetro della caffetteria, alle fontane d'acqua e le linee di luce nella pavimentazione.

Abbiamo preso in considerazione questo riferimento in quanto ci sembrava ricalcare l'idea che avevamo della piazza: le panchine sono l'unico elemento geometrico che si discosta dalla linearità della pavimentazione.

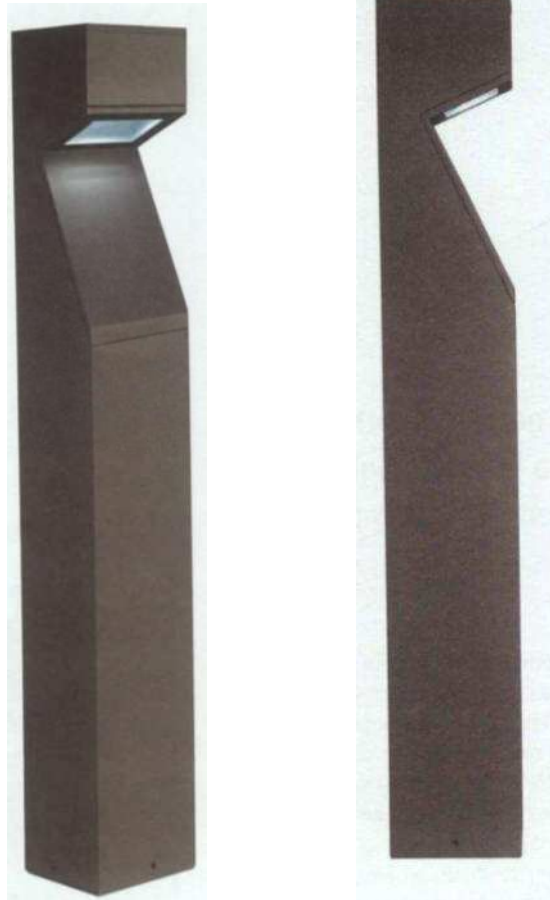


Fig.146 Lampione Moai assonometria e prospetto



Fig.147 Contenitori delle essenze in cortèn

## ARREDO della PIAZZA

Opere: a) Lampione Moai;  
b) Contenitori per le essenze di Oslund

Progettisti: a) SIMES per Moai;  
b) Oslund per i contenitori

Data e Luogo di realizzazione:  
a) Italia 2009; b) Minneapolis,

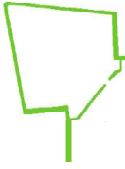
### Descrizione:

Il lampione Moai richiama le statue monolitiche dell'isola di Pasqua: la forma infatti richiama i totem.

Il prodotto è stato presentato a EuroLuce 2009 dal dipartimento Ricerca e Sviluppo di Simes. Il corpo illuminante è composto da un estruso di alluminio, una testa che monta il riflettore e un portalampada.

I contenitori delle essenze arboree sono, invece, ripresi dal progetto dell'architetto Oslund & assoc. di una Residenza di Minneapolis.







## Capitolo 8 \_ I laboratori LaNaBit

L'area di cui trattiamo nella tesi, un tempo chiamata "Orti di Spagna", è stata per lungo tempo occupata da officine militari e magazzini risalenti alla seconda metà del Novecento. Questi edifici e gli spazi ad essi adiacenti sono poi rimasti in stato di abbandono, con conseguente crescita di vegetazione infestante e deterioramento dei manufatti stessi. Lo stato d'incuria generale riguarda tutt'ora il bastione sanmicheliano, che presenta il degrado diffuso delle strutture murarie e la crescita incontrollata di arbusti. Anche la zona che circonda l'area di progetto, compreso il vallo antistante le mura, è adibita a passeggio per cani e sport, anche se i campetti di basket sono scarsamente utilizzati e poco curati.



Fig. 148 Vista a volo d'uccello dell'area di progetto.



Attualmente l'intera area è di proprietà dell'Ospedale di Borgo Trento, che ha avviato i lavori per adibirla a parcheggio, a servizio dei lavoratori della struttura sanitaria. L'intenzione è quella di demolire alcuni degli edifici esistenti e di usufruire di altri per insediarvi funzioni legate all'Ospedale stesso.



Fig. 149 Inquadramento dell'area durante i lavori per la realizzazione dei parcheggi.



Fig. 150 Particolare delle mura magistrali in stato di degrado.



A nostro avviso, però, manca la volontà di strutturare un progetto unitario di utilizzo di questa zona, tale per cui essa possa diventare parte integrante e vitale della città. Le potenzialità che quest'area racchiude non sono infatti sufficientemente incentivate: la vicinanza e il collegamento al centro storico attraverso ponti e servizi pubblici, la presenza di elementi storici e naturali come le mura storiche e al parco delle Mura, la Caserma Catena, la chiesa di San Zeno, Porta Fura e la passeggiata ciclo-pedonale lungo l'Adige. Tutti gli elementi sopra citati fanno di questa zona un'area privilegiata, che rimane attualmente poco valorizzata.

Il progetto di tesi si pone l'obiettivo di riqualificare questi spazi, insediandovi nuove funzioni dedicate alla ricerca, alla cultura e al tempo libero. L'intenzione è quella di farne un punto focale all'interno della città di Verona, e meta di diversi tipi di utenza (ricercatori, gruppi scolastici, spettatori di eventi all'aperto, abitanti dei quartieri limitrofi,...). Il progetto propone quindi l'insediamento di un edificio adibito a Laboratori per ricercatori, una "*Butterfly House*" o serra per le farfalle (simbolo del tema della biodiversità), una grande piazza attrezzata, un parcheggio interrato e un percorso sulle mura che lega il sistema della serra, dei laboratori e del Bastione Spagna.

La Polveriera viene adibita a Museo entomologico, mentre all'interno della Caserma Catena si propone la collocazione del Museo di Scienze naturali di Verona, oggi privo di sede adeguata.

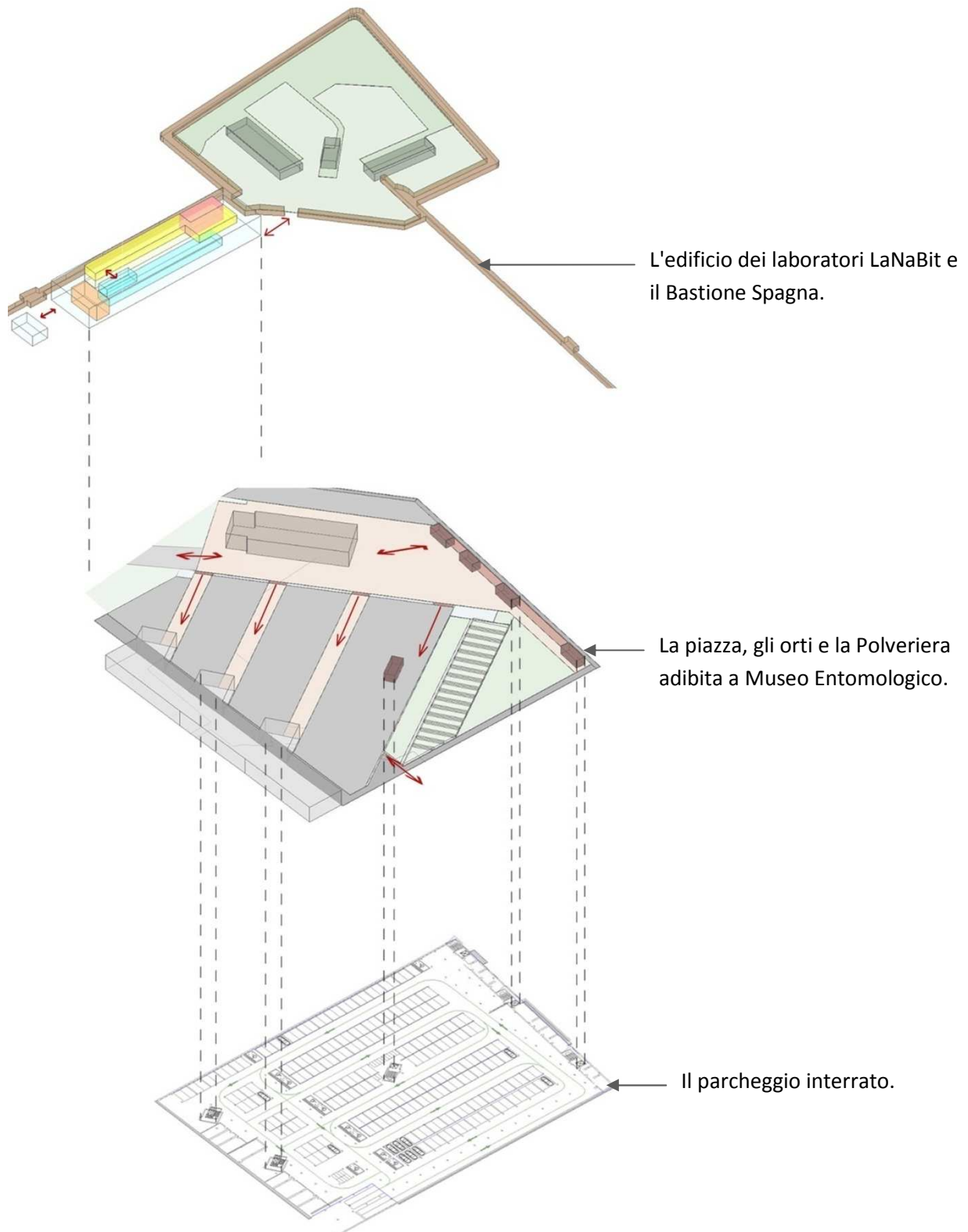


Fig. 151 Spaccato assonometrico delle funzioni di progetto.



L'obiettivo specifico portato avanti dal lavoro di tesi riguarda la progettazione di un edificio adibito a laboratori, della serra, della sistemazione della piazza, del percorso sulle mura e il riallacciamento dei percorsi ciclo-pedonali dell'area di progetto al contesto urbano.

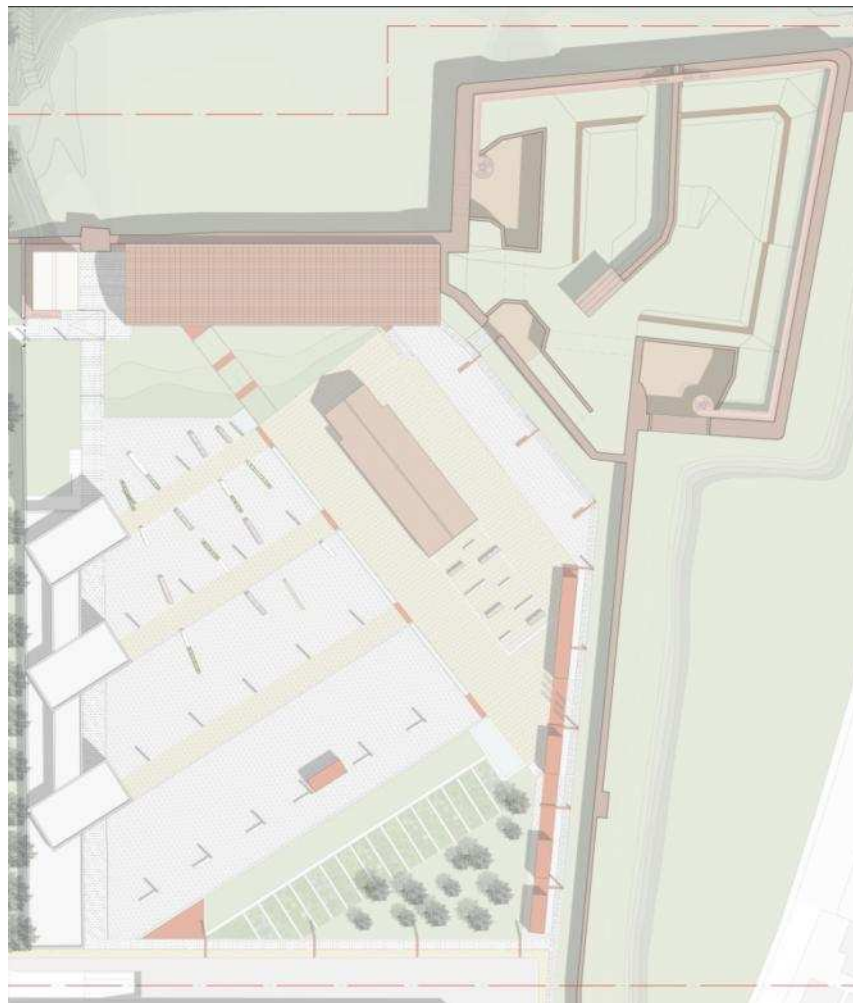


Fig. 152 Planivolumetrico dell'area di progetto.



## 8.1 L'edificio

Inizialmente era stata proposta la destinazione dei nuovi laboratori LaNaBit all'interno di uno degli ex edifici militari presenti nell'area di progetto; l'idea era quella di mantenere l'involucro esistente e progettare gli interni ai fini della nuova destinazione, come se fosse una scatola dentro un'altra.



Fig. 153 L'edificio esistente, un tempo adibito ad ex officina militare.

Vista però la volontà di dotare il nuovo centro di ricerca di aspetti progettuali che riguardino il risparmio energetico, la bioclimatica e l'utilizzo di nuove tecnologie, si è deciso di demolire idealmente il vecchio edificio, pur mantenendone il volume esterno.

Oltre alle motivazioni sopracitate, il percorso di tesi ci ha dato l'opportunità di sperimentare un modo diverso di rapportarsi alle mura di cinta adiacenti all'edificio e di trovare un linguaggio nuovo che permettesse al progetto di dialogare con la preesistenza storica in modo più diretto e integrale, ma allo stesso tempo più leggero. Un



intervento letto in questa chiave permetterebbe sia una riqualificazione materiale delle mura in quel tratto, sia una ri-acquisizione di significato e di valore delle stesse.

Infine, altri edifici quasi identici a quello di progetto e fino a poco tempo fa presenti nell'area, sono stati demoliti o verranno demoliti in una fase successiva, per adeguare la zona alle nuove funzioni stabilite dall'Ospedale. Questo ci ha portato a pensare che tale manufatto non abbia una valenza storica e costruttiva tale da dover per forza permanere.

Pur mantenendo l'ingombro dell'edificio preesistente, così come richiesto dal CNBF, si è deciso di arretrare la facciata nord dei laboratori rivolta verso le mura, e di distanziarvisi. Tale scelta comporta numerosi vantaggi, tra cui la possibilità di recupero delle mura storiche e la creazione di una sorta di cavedio funzionale per la raccolta delle acque piovane, per il passaggio dell'impiantistica e delle prese d'aria. Nello spazio creatosi tra i due elementi inoltre si sviluppa un percorso che "attraversa" l'edificio, e che è costituito da un passerella; il percorso permetterà ai visitatori di ripercorrere i cammini di ronda militari e nello stesso tempo di osservare il lavoro dei ricercatori, dal momento che la facciata dell'edificio sarà completamente vetrata. Questo percorso non costituisce soltanto un elemento di raccordo tra i diversi elementi che compongono l'area di progetto (l'edificio dei laboratori, la serra, la piazza e il Bastione di Spagna) ma permette la riqualificazione delle mura magistrali sia dal punto di vista storico - culturale che da quello funzionale.



Gli accessi principali del nuovo edificio Lanabit si presentano rivolti verso la piazza, mentre quelli secondari si affacciano sia su un'area accessibile dalla strada esterna, sia sul porticato del lato sud; la prima funge da zona carico - scarico per il mezzo che porterà le scatole entomologiche provenienti da altre sedi di ricerca, il secondo permette di accedere ad un piccolo cortile interno adiacente il percorso sulle mura. Gli accessi principali che sono rivolti verso sud vengono evidenziati dall'assenza della schermatura a brise - soleil, e si raccordano con la piazza antistante tramite due rampe, una nel verde e una pavimentata. La scelta di mantenere una porzione di superficie erbosa antistante ai laboratori è dettata da una parte dalla volontà di conservare la continuità del verde anche all'interno delle mura storiche, dall'altra dal proposito di offrire ai ricercatori una maggior "privacy" rispetto alla piazza pubblica.

La maglia dei pilastri dell'edificio di progetto ricalca, in gran parte, quella dell'edificio esistente; questa modularità ha permesso di ottenere una matrice spaziale che definisse sia gli spazi interni che esterni.

La distribuzione interna dell'edificio segue la forma stessa del manufatto, disponendosi quindi parallela al lato più lungo e collegando tra loro i luoghi focali posti alle due teste dell'edificio: da un lato la sala smistamento al piano terra e la sala riunioni al piano primo, dall'altra le collezioni ad entrambi i piani, le stanze relax e il giardino interno.

La segreteria e l'ufficio di rappresentanza sono nelle vicinanze dell'accesso principale, mentre la sala relax e l'infermeria sono adiacenti all'accesso secondario.



Fig. 154 Schema dei percorsi e della distribuzione.



Fig. 155 Schema funzionale del piano terra.

Date le fasi di lavoro e le esigenze dei laboratori si prevede che l'edificio abbia uno spazio di smistamento al piano terra a doppia altezza, il quale riveste un ruolo strategico nelle operazioni dei ricercatori. Da qui il materiale viene lavorato sul posto; passa poi attraverso ulteriori analisi e studi e, una volta ultimata la catalogazione, viene posto nelle collezioni a secco o ad alcool.

Un corridoio centrale al piano terra serve e separa le due differenti destinazioni di "servizi" e "uffici". Nella zona nord sono stati posizionati i locali di servizio, quali la sala di preparazione, la stanza per i rifiuti, la sala stampe, la sala foto, i servizi igienici, la sala allevamenti e il locale delle collezioni ad alcool che si trova nei pressi dell'uscita, per facilitare un eventuale intervento da parte dei Vigili del Fuoco.

La presenza del cavedio tra l'edificio e le mura storiche permette anche il posizionamento delle prese d'aria dell'impianto di ventilazione

forzata, che deve mantenere le collezioni a livelli predefiniti di temperatura e umidità.

Nella parte rivolta a sud sono stati invece collocati gli uffici dei ricercatori, che necessitano di luce naturale; questi ultimi non sono suddivisi tramite pareti divisorie ma sono gli armadi e i pannelli mobili a definire gli spazi. In questo modo gli uffici sono del tipo "open space", e costituiscono un luogo di lavoro luminoso, arioso e flessibile in relazione alle diverse esigenze.

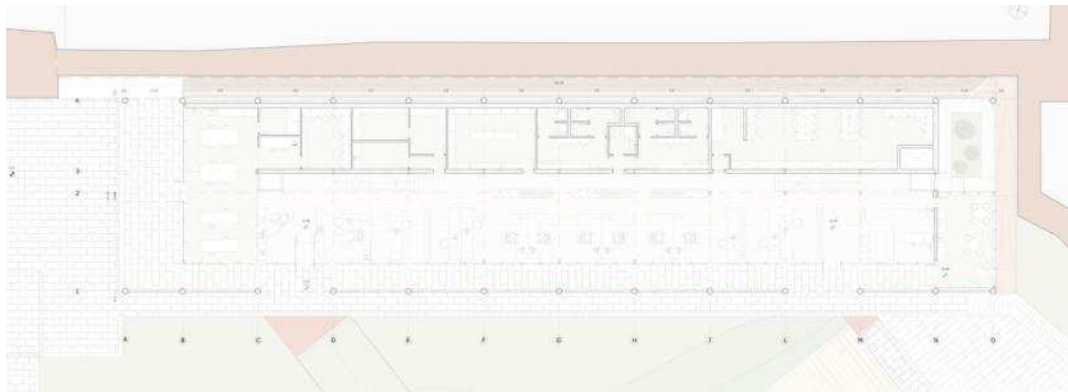


Fig. 156 Pianta del piano terra.

Due vani scala lineari dotati di un montacarichi ciascuno portano al piano primo, organizzato "a ballatoio" e posizionato al di sopra dei locali adibiti a servizi; qui sono state sistemate le collezioni a secco, i servizi igienici incolonnati a quelli sottostanti e i laboratori per i ricercatori, che dispongono di postazioni singole dotate di un lavandino, che consente di lavorare le capsule e i barattoli in maniera adeguata. Sullo stesso piano è stata disposta anche una saletta dove si posizioneranno i distributori automatici utilizzati durante i momenti di pausa; questo spazio si affaccia sia sul giardino e sul porticato esterno tramite un balcone, offrendo una vista piacevole.

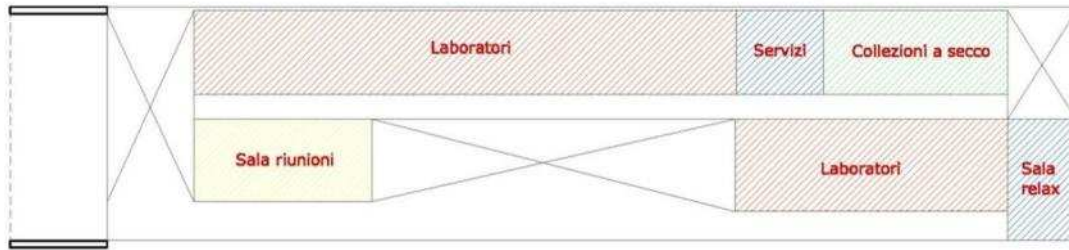


Fig. 157 Schema funzionale del piano primo.

Al primo piano è stata inoltre collocata la sala riunioni che si presenta come una scatola vetrata sospesa; da una parte è sorretta da due travi che si collegano ai pilastri, mentre dall'altra è appesa alla trave reticolare tramite tiranti in acciaio. La stanza è posta ad una delle "teste" dell'edificio ed è situata in modo tale che salendo le scale si abbia la sensazione di approdare su un elemento sospeso; essa costituisce infatti uno dei punti nodali del progetto, poiché il centro LaNaBiT si configura come un nodo importante all'interno della rete di ricerca europea.

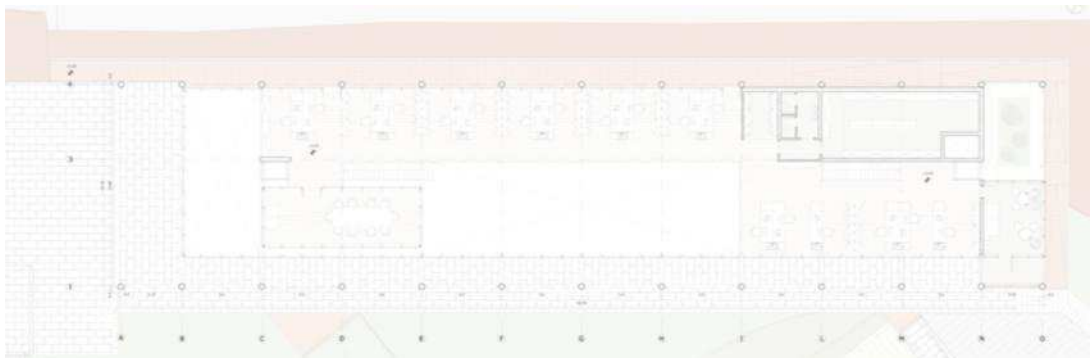


Fig. 158 Pianta del piano terra.

Al piano interrato sono stati invece collocati i locali tecnici per l'impiantistica, i depositi e parte delle collezioni ad alcool.

Esteriormente, la copertura sarà costituita da pannelli fotovoltaici nella falda rivolta a sud così da fornire una fonte energetica per l'edificio, mentre la falda a nord sarà composta da pannelli esteriormente identici ma non fotovoltaici.

## 8.2 Il percorso delle mura storiche

Il percorso lungo le mura si sviluppa all'interno dell'area di progetto a tre diverse quote, a seconda dello spazio che attraversa.

Una prima tipologia di percorso si trova a livello zero, ed è distanziato dalle mura di circa cinque metri, per permettere al visitatore di avere una visuale più ampia delle mura stesse. Ha inizio davanti all'ingresso del Museo di Scienze Naturali, collocato all'interno della Caserma Riva di Villasanta, procede a ridosso di Porta Fura e segue il perimetro delle mura magistrali, passando a fianco della Torre (di cui è possibile visitare l'interno).

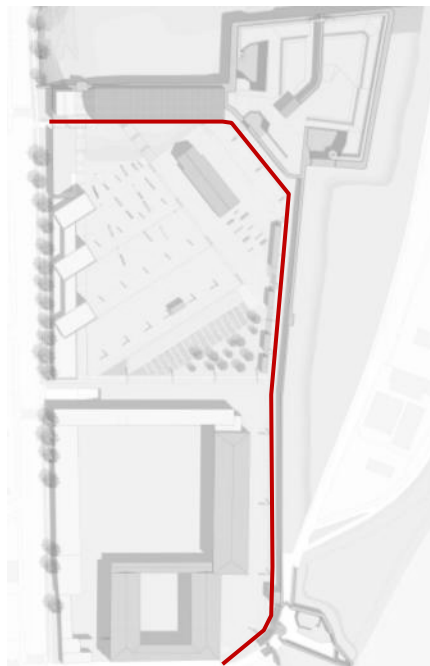


Fig. 159 La prima tipologia di percorso lungo le mura, a livello di campagna.



La pavimentazione scelta per questo tratto è in pietra bianca, richiamando così il materiale utilizzato nel percorso ciclo - pedonale lungo l'Adige a cui si ricollega.

Il tragitto lungo le mura, che circonda gran parte dell'area di progetto e della piazza, è intervallato da sedute e da lampioni in acciaio cortèn, che permettono la sosta e l'illuminazione.



Fig. 160 Particolare della prima tipologia di percorso lungo le mura.

Un altro tipo di percorso è quello situato all'interno del Bastione Spagna. In questo caso si propone un camminamento in quota che percorre gran parte del perimetro interno del Bastione stesso. Dalle relative piazze basse si accede alla passerella sopraelevata attraverso due scale a chiocciola, che consentono di salire nella parte alta del bastione per visitare la casamatta e osservare il panorama veronese che si estende oltre l'Adige.

Sia le scale che il percorso sono realizzate in acciaio cortèn: la scelta di utilizzare questo materiale è data dalla sua resistenza e dalla resa cromatica ed estetica. Il colore rosso mattone e la patina superficiale

che si formano nel tempo lo rende particolarmente adatto negli interventi di recupero di manufatti storici, come quello di Castel Firmiano ad opera dell'architetto Tscholl e la sistemazione dei mercati di Traiano progettata da Nemesi Studio.

La forma circolare delle scale è stata preferita a quella lineare, principalmente per due motivi: da una parte essa permette di non occludere i fori operati nelle mura storiche in epoche passate al fine di svolgere funzioni militari, dall'altra costituisce un elemento geometrico differente rispetto agli elementi storici nei quali si inserisce, evidenziandone la differente epoca di costruzione.

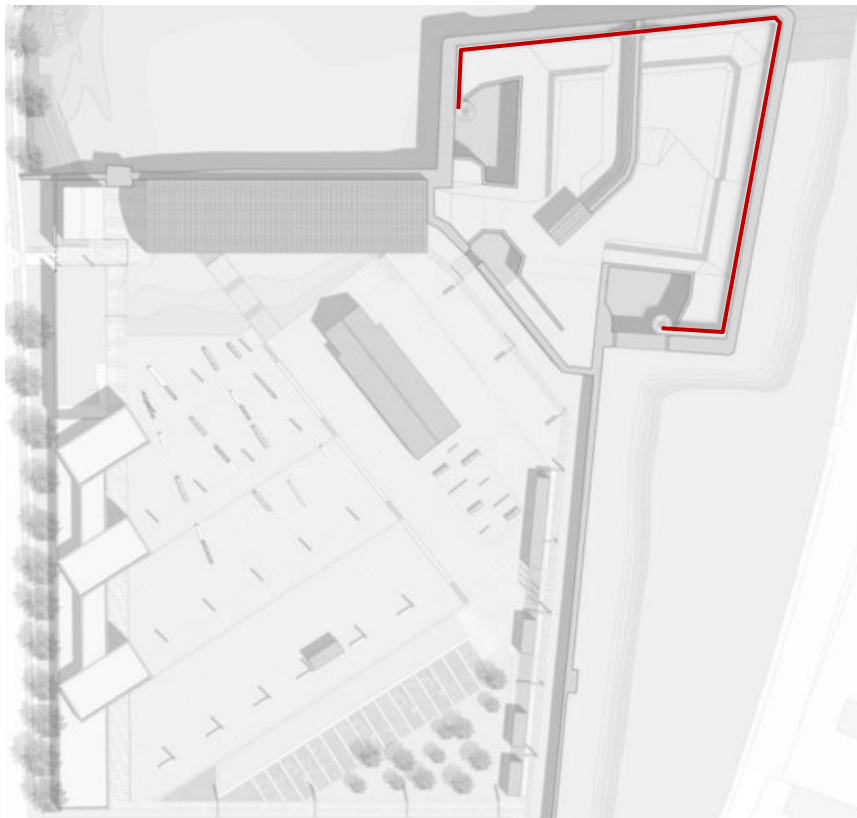


Fig. 161 Il percorso sulle mura all'interno del Bastione Spagna, a livello sopraelevato.



Infine vi è il terzo tipo di percorso, che riguarda più da vicino l'edificio di progetto. In questo caso la passerella è in acciaio cortèn sia nella parte del camminamento sia nella parte del parapetto, realizzato in lamiera stirata.

Questo percorso ha inizio vicino all'ingresso all'area di progetto, continua passando attorno alla serra delle farfalle permettendone la vista all'interno, prosegue sull'antica torre mozza su cui si ha il "belvedere" verso l'area verde del vallo, attraversa l'edificio dei ricercatori fungendo anche da uscita secondaria, "abbraccia" la costruzione a fianco del giardino interno dei laboratori e approda sulla piazza.

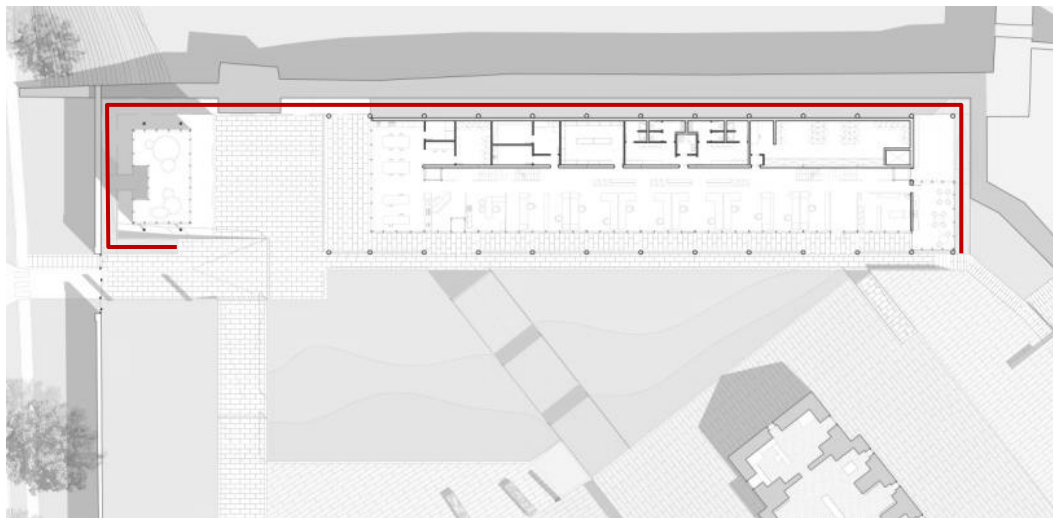


Fig. 162 Il percorso sulle mura che affianca la "Butterfly House" e il LaNaBit.



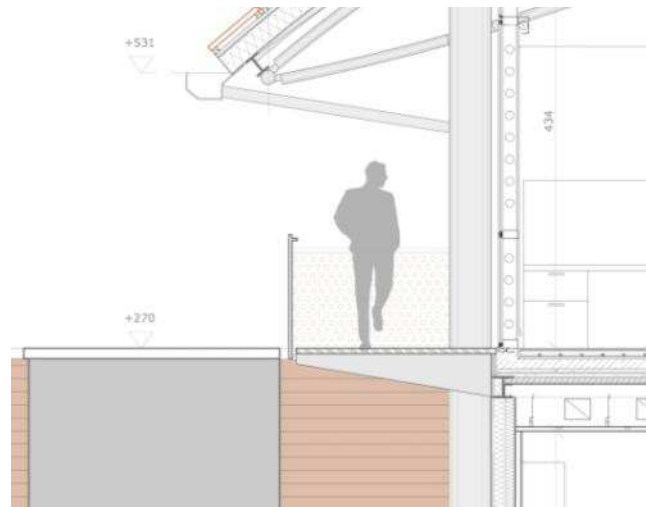


Fig. 163 Particolare del percorso sulle mura magistrali.

Un altro percorso, questa volta porticato e collocato a livello zero, permette al visitatore e ai dipendenti di accedere dagli accessi principali; i pilastri liberi che costituiscono il portico permettono sia di proteggere il passaggio dagli eventi atmosferici, sia di rapportarsi in modo più “pubblico” verso la piazza. Questi due camminamenti quindi affiancano parallelamente i laboratori, ma essendo di natura differente si pongono diversamente anche in rapporto all'edificio stesso, dando luogo a spazi con caratteristiche proprie.

### 8.3 La "Butterfly House"

Adiacente all'edificio di progetto è stato proposto l'inserimento di una serra delle farfalle, chiamata anche "*Butterfly House*".

Quest'ultima si lega ai laboratori tramite il percorso sulle mura, in modo tale per cui questi tre elementi costituiscano un unico sistema, denso di relazioni e attinenze.

Il cubo vetrato che costituisce la serra presenta un unico ingresso, situato in linea con quello dei laboratori. All'interno trovano spazio le



essenze arboree che favoriscono la vita e lo sviluppo di questi insetti, e sono collocate in vasche, in modo che il visitatore può girarvi intorno.



Fig. 164 L'interno della "Collodi Butterfly House", Pistoia, progettata dall'Arch. Emilio Faroldi.

La serra climatizzata di circa 60 mq ospita il volo colorato di numerose farfalle tropicali, grazie alla riproduzione sia del clima che dell'ambiente delle foreste pluviali per consentire alle farfalle di vivere e riprodursi come in ambiente naturale, ad una temperatura che oscilla tra i 28 e i 30 gradi e un'umidità che si aggira attorno al 65-70%. Entrandovi è facile osservare le farfalle da vicino, posate sui fiori o sulle grandi foglie di ficus, e altri arbusti. All'interno della serra il visitatore può imparare molte cose nuove su questo particolare mondo e scoprire diversi esemplari; per le scolaresche inoltre costituisce la possibilità di organizzare visite guidate, laboratori didattici ed escursioni.



## 8.4 Gli spazi di socializzazione

L'edificio LaNaBiT entra in interazione con il bastione di Spagna nel momento in cui il percorso sulle mura continua all'interno di esso.

La proposta è quella di riqualificare le due casematte presenti nelle piazze basse e attrezzarle in modo tale da renderle fruibili alle scolaresche e ai visitatori più in generale; l'itinerario didattico continua poi all'interno del Museo entomologico collocato nella Polveriera, in cui vengono disposti pannelli illustrativi che spiegano il progetto LaNaBiT, e bacheche espositive che mostrano alcuni invertebrati studiati dai ricercatori.



Fig. 165 Una delle piazze basse del Bastione Spagna, ancora praticabile, fotografata nel 2003.



La piazza antistante ai laboratori invece viene suddivisa da spazi e percorsi. In particolare le aree principali sono tre: una parte alberata che richiama l'idea degli "orti di Spagna" e la zona della "frescura"; una parte pavimentata che può essere utilizzata per manifestazioni di quartiere ed è ravvivata da sedute e aiuole colorate con essenze che ricordano gli orti; una parte annessa al museo entomologico (Polveriera) attrezzata con sedute in pietra e fioriere.

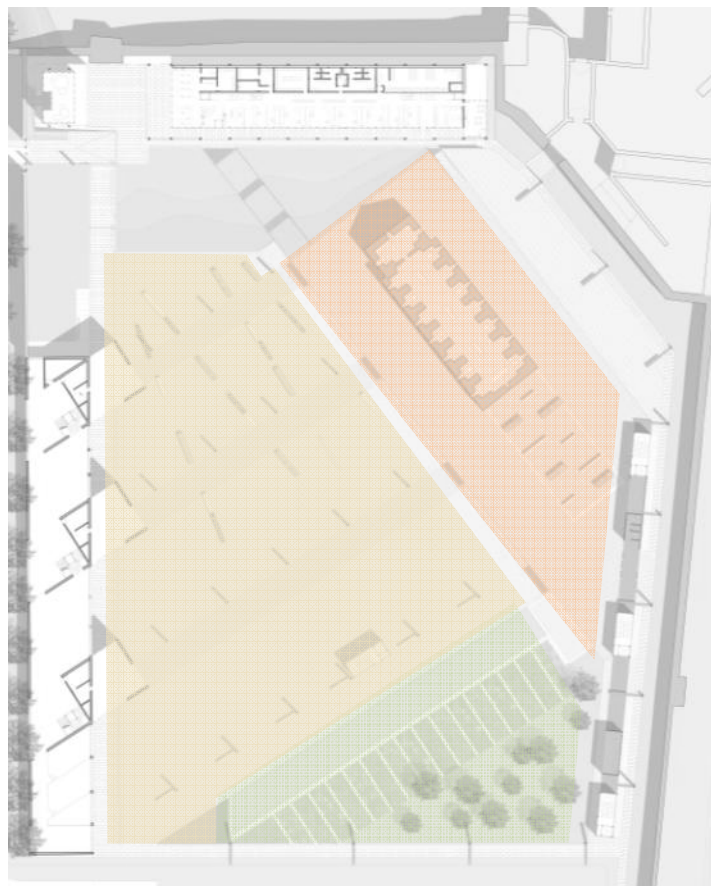


Fig. 166 La suddivisione della piazza nelle tre aree principali: in verde quella frescura e degli orti, in marrone quella adibita a eventi all'aperto e sedute, in rosso quella a servizio della Polveriera - museo.

Gli orti, oltre che richiamare l'antica funzione dell'area di progetto, offrono la possibilità agli abitanti del quartiere di poter disporre di un'area coltivata, economica e sostenibile.

I percorsi che suddividono le diverse parti della piazza derivano dagli assi regolatori che scaturiscono dalla giacitura degli elementi più importanti e dalla posizione del Bastione stesso, nonché dalla modularità imposta dagli edifici adibiti laboratori.



Fig. 167 Particolare della piazza.

I materiali utilizzati nel disegno della piazza sono: pavimentazioni in pietra e fotocatalitiche, acciaio cortèn per alcune delle sedute, per i lampioni e per i blocchi dei servizi, l'acqua, il verde e le essenze (orti e profumi).

La pavimentazione assume diversi colori a seconda della funzione: il bianco per il percorso pedonale in travertino che si snoda lungo le



mura magistrali, il rosa chiaro della pietra di Prun per la parte di piazza attorno all'ingombro della polveriera e per la pista ciclabile, il grigio per lo spazio adibito a sedute ed eventi all'aperto in materiale fotocatalitico.

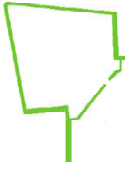
La geometria rigida degli assi che strutturano la piazza viene scandita dal diverso orientamento delle sedute in pietra bianca, dai contenitori dei profumi in acciaio cortèn e dalle siepi.

Le due aree verdi della piazza (quella della "frescura" e degli orti, e quella in pendenza a ridosso dell'edificio per laboratori LaNaBit) sono collegate da un'altro elemento naturale; l'acqua. Le vasche a raso terra richiamano la presenza dell'Adige, e si configurano come lamine d'acqua che attraversano la piazza. Nel momento in cui queste si intersecano con i percorsi pedonali, sono stati previsti dei "ponti" in acciaio cortèn.

L'acqua, oltre che elemento di frescura e di arredo urbano, va a completare la funzione degli orti, offrendo la possibilità di irrigare gli spazi coltivati.

Al di sotto della piazza si trova il parcheggio sotterraneo, che viene utilizzato principalmente dai lavoratori dei laboratori e dai visitatori del museo, e che copre una superficie di 9000 mq, con una capienza di 290 autoveicoli.

La presenza delle risalite del parcheggio sottostante permette di allestire una fascia adibita a servizi per la piazza e per il museo entomologico della Polveriera. Questi servizi includono il parcheggio per le biciclette, sedute coperte e protette, servizi igienici pubblici e spazi per l'allestimento di cartellonistica informativa riguardo alle mura e ai laboratori entomologici.





## Capitolo 9 \_ Tecnologie e tecniche costruttive

L'edificio di progetto adotta diversi tipi di tecnologie che hanno lo scopo di perseguire il tema della sostenibilità, della leggerezza e del risparmio energetico.

L'intento è stato quello di applicare queste linee guida non solo all'edificio, ma anche alla piazza antistante, per quanto possibile; si è quindi optato per l'utilizzo di materiale di riciclo (come gli elementi strutturali in acciaio), ecocompatibile (come la lana di roccia al posto del polistirene espanso), a basso consumo di energia (come la tecnologia di illuminazione Led sia per gli ambienti interni che esterni), tipi di vetri ad alte prestazioni in base al tipo di esposizione, sistemi di oscuramento mobili e adattabili alle diverse esigenze di oscuramento o meno, materiali con proprietà foto catalitiche (come la pavimentazione della piazza e il rivestimento in zinco-titanio della facciata), un impianto di recupero delle acque piovane da destinarsi all'irrigazione e ai servizi igienici, la copertura fotovoltaica in tecnologia fotovoltaica CIS, la pompa di calore ad alta efficienza.

per quanto riguarda l'impianto fotovoltaico, l'orientamento favorevole dell'edificio (ruotato di 22° rispetto all'asse est-ovest) ha permesso di sfruttare l'intera superficie disponibile di falda rivolta verso sud per l'installazione dei pannelli. Attraverso l'utilizzo dei dati climatici forniti dal PV-GIS e dal software Climate Consultant, è stato possibile determinare l'irraggiamento solare nei diversi mesi dell'anno, e stimare l'efficienza dell'impianto fotovoltaico.

Lo studio della situazione climatica estiva e invernale ha inoltre evidenziato come l'involucro edilizio sia schermato a nord dalle mura di cinta, mentre sul lato sud le grandi vetrate permettono l'ingresso dei raggi solari, soprattutto quelli invernali.





## 9.1 Il sistema a secco e l'impianto strutturale

Nel passaggio dal costruire a umido al costruire a secco cambiano, insieme alle strategie esecutive, alla produzione edilizia e alla manodopera edile, anche i modi di pensare al progetto di architettura.

L'edificio adibito a laboratori è caratterizzato da una tecnologia di costruzione per lo più a secco, ad esclusione delle opere di fondazione e dei muri perimetrali interrati in cemento armato. Tale scelta è stata guidata dalla volontà di rapportarsi in modo "leggero" e meno invasivo alle preesistenze storiche, di impiegare materiale riciclato, di proporre un sistema flessibile e modificabile a seconda delle esigenze, di utilizzare tecniche costruttive innovative ed esteticamente efficaci.

Per questi motivi la struttura portante dell'edificio è composta da elementi in acciaio lasciati a vista, associati alle grandi facciate strutturali in vetro. L'unione di questi due materiali, acciaio e vetro, si rivela particolarmente adatta ad accogliere attività di ricerca, sottolineando lo spirito innovativo che si vuole trasmettere.

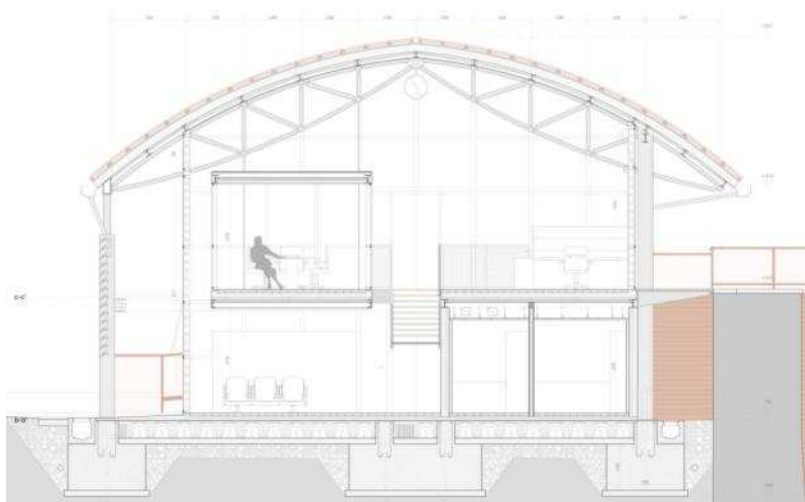


Fig. 168 Sezione trasversale dell'edificio di progetto; in evidenza gli elementi strutturali e la trave reticolare a vista.



Il sistema strutturale dell'edificio si configura come un arco a tre cerniere, e la copertura è sostenuta da due travature reticolari speculari, sorrette da pilastri tondi in acciaio. Il telaio è controventato sia in copertura che in senso longitudinale, attraverso tiranti collocati all'interno delle tamponature opache.

Le travi reticolari spaziali hanno un'altezza media di un metro, mentre la maglia di travi secondarie è costituita da profili HEA 300 e HEA 200, a seconda della luce che devono coprire.

La struttura in pilastri tondi e travi in acciaio utilizza il metodo di unione a secco, e avviene quindi attraverso bulloni, piastre e fazzoletti metallici, ad esclusione della porzione di trave che si connette al pilastro tondo, saldata in officina.

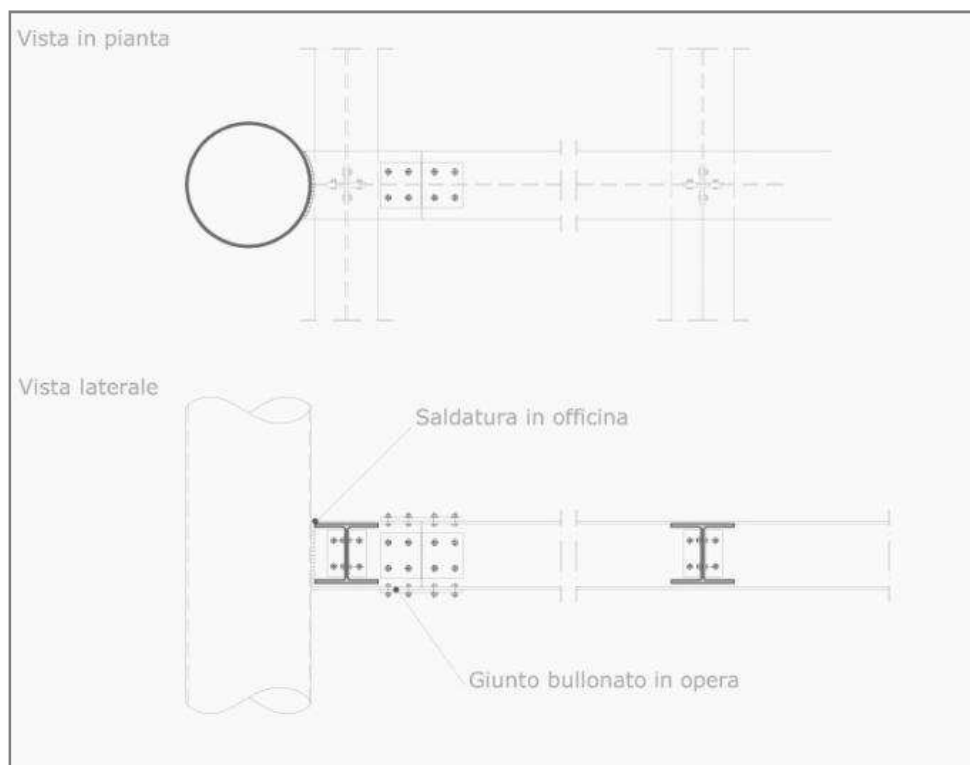


Fig. 169 Alcuni dettagli degli elementi strutturali proposti.

La sala riunioni differisce dal resto della struttura in travi e pilastri, in quanto si trova parzialmente appesa alla trave reticolare soprastante attraverso cavi in acciaio. Il senso di sopraelevazione di questo elemento lo differenzia rispetto agli altri spazi dell'edificio, sottolineandone la funzione di fulcro e luogo di relazioni internazionali.

Le tamponature sia interne che esterne sono composte da pannelli in cartongesso, isolante in lana di roccia e struttura portante metallica in montanti e traversi in alluminio. Le pareti esterne differiscono dalle altre poiché devono soddisfare maggiori prestazioni sia termiche che di resistenza all'acqua e agli urti; in questi casi è stato quindi adottato un maggior strato di isolante e pannelli esterni "Aquapanel" della ditta Knauf, che permettono una maggior resistenza e impermeabilità. Il rivestimento di queste tamponature è in doghe di zinco – titanio.

La copertura è composta da due pannelli calandrati specchiati posti ognuno su una delle falde, caratterizzati da due lamiere metalliche con interposto uno spesso strato di isolante in lana di roccia. In riferimento al prodotto è stata presa come esempio la ditta Metecno.

Questa copertura poggia su travetti tubolari secondari in acciaio, dello spessore di 6 cm, e dai travetti principali HEA 140, posti in corrispondenza dei nodi della trave reticolare.



Fig. 170 Dettaglio della copertura.



All'interno la copertura è rivestita da uno strato di pannelli in cartongesso; sulla superficie esterna invece viene integrato il sistema fotovoltaico, ancorato ad un sistema di travetti principali e secondari che permettono sia la ventilazione dei pannelli stessi, sia il passaggio dei cavi elettrici.

La scelta di dotare l'edificio di progetto dell'impianto fotovoltaico è dettata da due motivazioni:

- la richiesta di progettare un edificio a basso consumo e parzialmente autonomo dal punto di vista energetico;
- giungere ad un "compromesso tra antico e moderno", vale a dire mantenere il volume dell'edificio pre-esistente da una parte, e l'aggiornamento progettuale all'utilizzo di nuove tecnologie dall'altra.



Fig. 171 Esempio di copertura fotovoltaica in pannelli CIS.

Il solaio - tipo è composto da lamiera grecata e getto collaborante in calcestruzzo (entrambi dello spessore di 7 cm), che sorregge gli altri strati funzionali: massetto per impianti (sp. 10 cm), riscaldamento a pavimento RDZ BIO (sp. 5 cm), massetto di allettamento (4 cm) e pavimento di finitura. In corrispondenza dei laboratori e delle postazioni degli uffici si è optato per un pavimento in parquet, mentre nei locali adibiti a servizi e collezioni sono state scelte le piastrelle in grès, più resistenti e facilmente lavabili.

Il solaio contro terra invece è costituito da un massetto per impianti alleggerito in perlite (sp. 10 cm), riscaldamento a pavimento, massetto di allettamento e pavimento finito. Gli igloo, posizionati a livello intermedio tra il solaio contro terra e il terreno, permettono la ventilazione delle fondazioni, riducendo così l'umidità e la risalita di gas radon.

Per quanto riguarda la verifica qualitativa dei principali elementi disperdenti dell'edificio, la trasmittanza, la formazione di condensa e lo sfasamento dell'onda termica delle pareti a secco esterne, della copertura e del pavimento contro terra, di seguito riportate, sono state verificate attraverso l'utilizzo del software Isoflex.

### Tamponatura a secco esterna:

Dati generali		Parametri dinamici	
Spessore:	0,239 m	Fattore di attenuazione:	0,2234
Massa superficiale:	73,09 kg/m <sup>2</sup>	Sfasamento:	11h 57'
Resistenza:	10,4852 m <sup>2</sup> K/W		
Trasmittanza:	0,0954 W/m <sup>2</sup> K		

Tab. 1 Dati generali e parametri dinamici della parete a secco esterna.



Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	Resistenza [m <sup>2</sup> K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
	Superficie esterna			0,0400	
1 VAR	Lastra Aquapanel in cemento rinforzato	0,012	12,60	0,0343	0,600
2 VAR	Isolante in lana di roccia	0,100	13,50	5,0000	0,100
3 VAR	Cartongesso in lastre	0,010	9,00	0,0476	0,080
4 INA	Camera debolmente ventilata	0,015	0,02	0,0798	0,015
5 VAR	Isolante in lana di roccia	0,070	9,45	5,0000	0,070
6 IMP	Barriera al vapore, sp.1.6 mm.	0,002	1,52	0,0107	80,000
7 VAR	Cartongesso in lastre	0,030	27,00	0,1429	0,240
	Superficie interna			0,1300	

Tab. 2 Strati funzionali della parete a secco esterna.

Trasmittanza massima:	0,4 W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza della struttura:	0,10 W/m <sup>2</sup> K
<b>Struttura regolamentare secondo DLGS 311</b>	

Tab. 3 Trasmittanza della parete a secco esterna.

La condensa superficiale della parete a secco è ridotta, mentre quella interstiziale è assente.



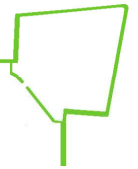
## La copertura:

Dati generali	
Spessore:	0,321 m
Massa superficiale:	60,67 kg/m <sup>2</sup>
Resistenza:	5,2832 m <sup>2</sup> K/W
Trasmittanza:	0,1893 W/m <sup>2</sup> K
Parametri dinamici	
Fattore di attenuazione:	0,8772
Sfasamento:	2h 10'

Tab. 4 Dati generali e parametri dinamici del pacchetto di copertura.

	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	Resistenza [m <sup>2</sup> K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
		Superficie esterna			0,0400	
1	MET	Acciaio	0,003	23,40	0,0001	6000,000
2	VAR	lana di roccia	0,200	0,27	5,0000	0,200
3	MET	Acciaio	0,003	23,40	0,0001	6000,000
4	INA	Camera debolmente ventilata	0,100	0,10	0,0717	0,100
5	VAR	Cartongesso in lastre	0,015	13,50	0,0714	0,120
		Superficie interna			0,1000	

Tab. 5 Strati funzionali del pacchetto di copertura.



Trasmittanza massima:	0,35 W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza della struttura:	0,19 W/m <sup>2</sup> K
Struttura regolamentare secondo DLGS 311	

Tab. 6 Trasmittanza del pacchetto della copertura.

Condense superficiali e interstiziali della copertura presenti, ma inferiori al limite (500 g/m<sup>2</sup>).

### Il pavimento contro terra:

Dati generali		Parametri dinamici	
Spessore:	0,800 m	Fattore di attenuazione:	0,0008
Massa superficiale:	764,09 kg/m <sup>2</sup>	Sfasamento:	7h 49'
Resistenza:	4,3986 m <sup>2</sup> K/W		
Trasmittanza:	0,2273 W/m <sup>2</sup> K		

Tab. 7 Dati generali e parametri dinamici del pavimento contro terra.

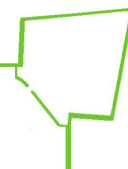


Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa Superficiale [kg/m <sup>2</sup> ]	Resistenza [m <sup>2</sup> K/W]	Spessore equivalente d'aria [m]
	Superficie esterna			0,0400	
1 CLS	CLS generico	0,150	165,00	0,3571	8,250
2 INA	Camera debolmente ventilata	0,400	0,40	0,2280	0,400
3 CLS	CLS generico	0,050	45,00	0,1471	2,250
4 VAR	massetto alleggerito con perlite espansa	0,100	10,00	2,5000	10,000
5 IMP	Foglio in P.E. sp.1.6 mm.	0,002	1,52	0,0107	80,000
6 VAR	isolante in lana di legno	0,022	500,00	0,5789	0,110
7 IMP	Foglio in P.E. sp.1.6 mm.	0,002	1,52	0,0107	80,000
8 CLS	CLS generico	0,060	30,00	0,2727	1,500
9 LEG	Acero (flusso perpendicolare alle fibre)	0,015	10,65	0,0833	0,900
	Superficie interna			0,1700	

Tab. 8 Strati funzionali del pavimento contro terra.

Trasmittanza massima:	0,41 W/m <sup>2</sup> K
Trasmittanza della struttura:	0,23 W/m <sup>2</sup> K
Struttura regolamentare secondo DLGS 311	

Tab. 9 Trasmittanza del pavimento contro terra.



La condensa superficiale del pavimento contro terra è ridotta, mentre quella interstiziale è assente.

Le fondazioni sono costituite da travi rovesce e da cordoli trasversali di irrigidimento. Non essendo disponibili informazioni precise rispetto alle opere di fondazione esistenti, non è possibile prevedere un riutilizzo delle stesse, anche se che la maglia dei pilastri dell'edificio di progetto coincide in gran parte con quella tuttora esistente.

## 9.2 I pannelli fotovoltaici CIS

L'integrazione di impianti fotovoltaici nell'edificio risulta un elemento fondamentale nel bilancio energetico dello stesso ed un efficace investimento.

I moduli fotovoltaici a tecnologia CIS del tipo "film sottile" (composti da Rame, Indio e Selenio) sono stati applicati alla copertura dell'edificio di progetto, più precisamente sulla falda con orientamento sud-ovest. Questi pannelli, adottati da Far Systems del Gruppo Tosoni, offrono prestazioni superiori rispetto a quelli basati sulla tecnologia al silicio sia per quanto riguarda il rendimento in caso di luce diffusa e oscuramento parziale, sia rispetto ad una minor perdita di potenza se sottoposti a elevate temperature; quando infatti l'irraggiamento non è ottimale, ad esempio in caso di ombreggiamento parziale, un pannello in silicio cristallino ha un brusco calo di produzione, in quanto la minor efficienza di una cella si ripercuote su tutte le celle ad essa connesse. Il "silicio amorfo" in parte risolve quest'aspetto, ma ha un'efficienza molto più bassa del silicio cristallino (7-8% contro 14-18% dei pannelli al silicio cristallino) e quindi richiede una superficie di pannelli molto più elevata (c.a. il doppio).



Fig. 172 Comparazione dimensionale della tecnologia CIS e i moduli tradizionali; a parità di potenza, il pannello CIS risulta essere più grande rispetto alle altre tipologie.

I vantaggi pratici dell'utilizzo dei pannelli CIS rispetto ad altri sono di notevole importanza:

- il minor costo di produzione di un pannello CIS è dovuto sia all'utilizzo di materiali meno costosi del Silicio, sia ad una tecnologia di produzione più economica;
- lo spessore ridotto del pannello si ottiene grazie al deposito di materiale secondo la tecnologia Thin Film (= Film sottile); questo permette di ottenere uno strato di pochi micron di materiale fotovoltaico contro i 250-350 micron delle celle al Silicio cristallino.



Per quanto riguarda le prestazioni nel tempo, il decremento di produzione negli anni di un modulo CIS è analogo a quello di un modulo cristallino; dopo 20 anni, cioè, produce l'80% della potenza nominale.

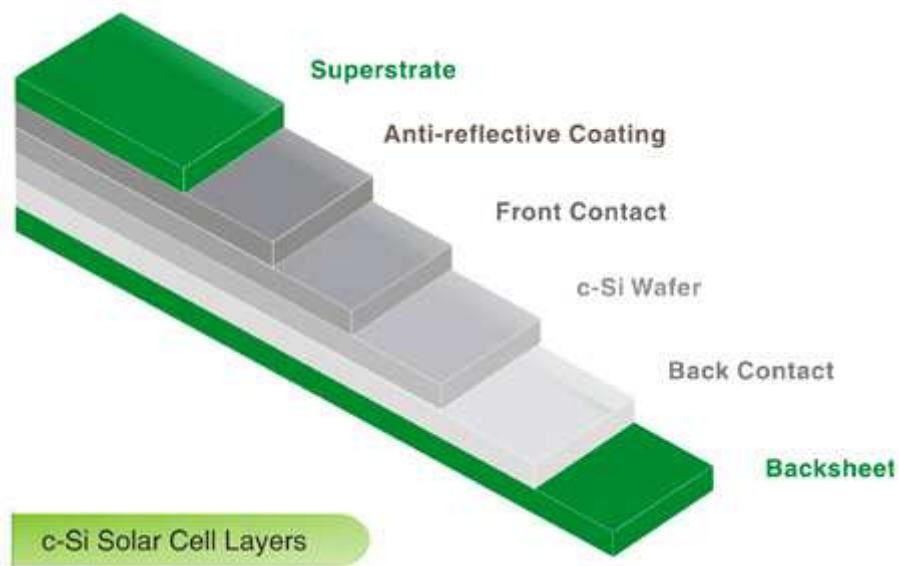


Fig. 173 Gli strati che compongono il pannello CIS.

Riguardo la tecnologia CIS, vengono prodotti pannelli di svariati colori: neri, rossi, diversi tipi di verde. Questi colori si ottengono inserendo dei pigmenti nel materiale, e compensano il minor rendimento rispetto a quelli tradizionali con una maggior capacità di integrazione e una miglior resa estetica.

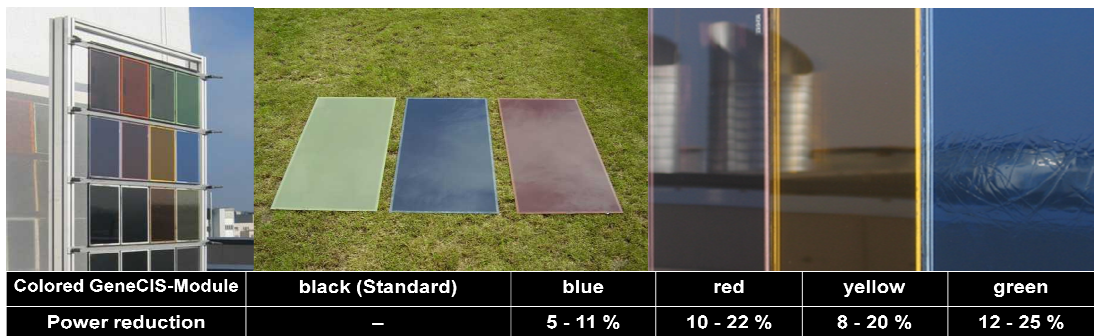


Fig. 174 Diversi tipi di pannelli colorati a film sottile.

La scelta di utilizzare i pannelli color rosso mattone da applicare alla falda dell'edificio di progetto è stata dettata dalla volontà di

I pannelli CIS color rosso mattone adottati nel progetto offrono quindi una resa minore rispetto alla tecnologia tradizionale al silicio (raggiungono i 60 W di picco), ma permettono una miglior resa estetica.

Questo colore permette di rapportarsi alle tonalità degli elementi storici esistenti, per una maggior integrazione con il contesto. Il rosso, infatti, richiama non solo le coperture degli edifici tradizionali ivi presenti, ma anche il colore delle mura storiche, a cui l'edificio si relaziona.



Fig. 175 I pannelli CIS rossi, scelti per l'applicazione in copertura.

L'assenza di ombreggiamenti e di elementi di disturbo nelle vicinanze dell'edificio di progetto fa sì che la superficie su cui vengono applicati i pannelli fotovoltaici riceva il massimo dell'irraggiamento possibile, aumentando così l'efficienza dell'impianto.



Utilizzando la carta solare della città di Verona e il programma di simulazione delle ombreggiature Heliodon, è stato possibile verificare la totale esposizione della falda sud all'irraggiamento solare, sia nelle ore invernali che in quelle estive. Di seguito vengono riportati gli schemi delle carte solari, lo studio delle ombre e le assonometrie solari nei mesi di giugno e dicembre.

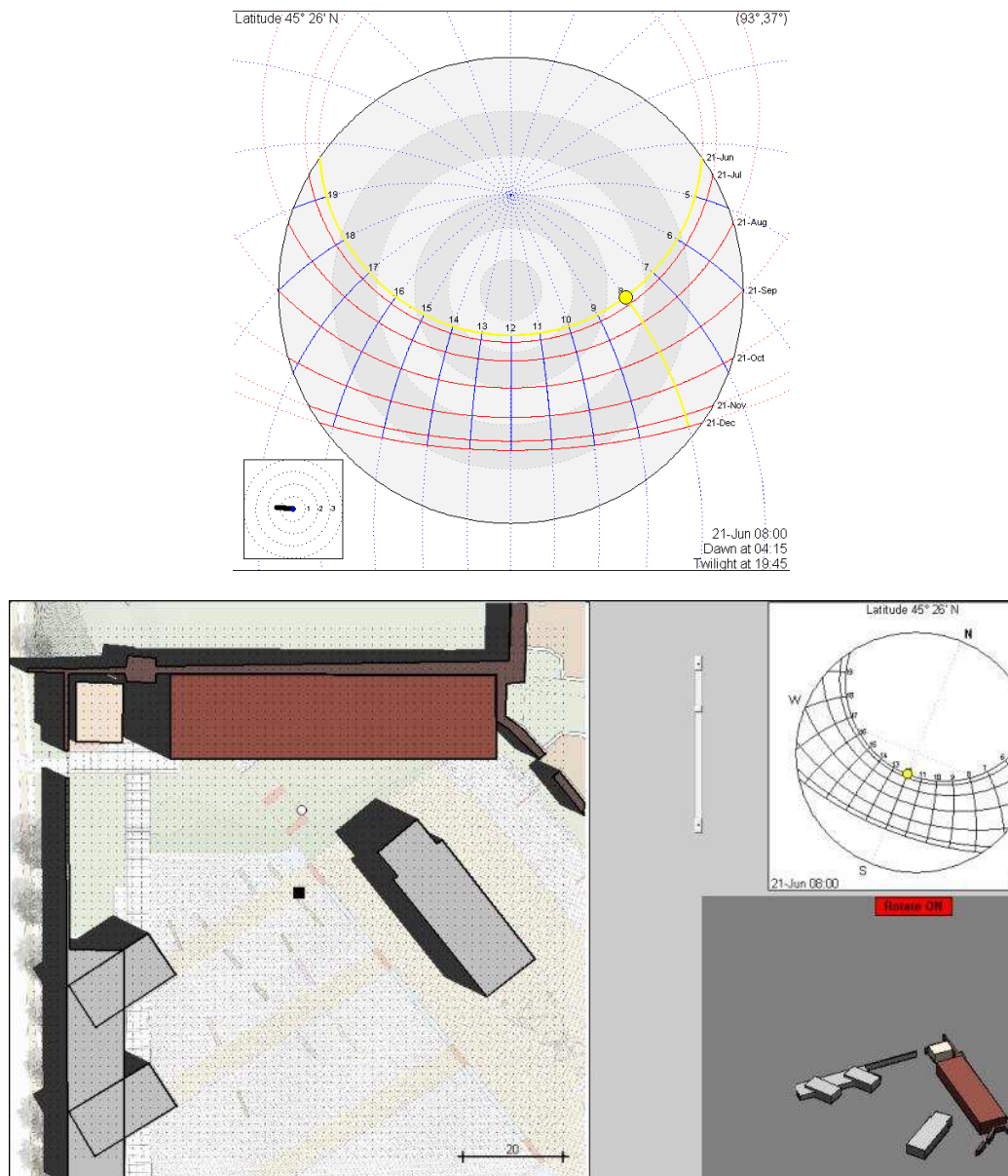


Fig. 176 Studio degli ombreggiamenti e assonometria solare, 21 giugno h 08.00.

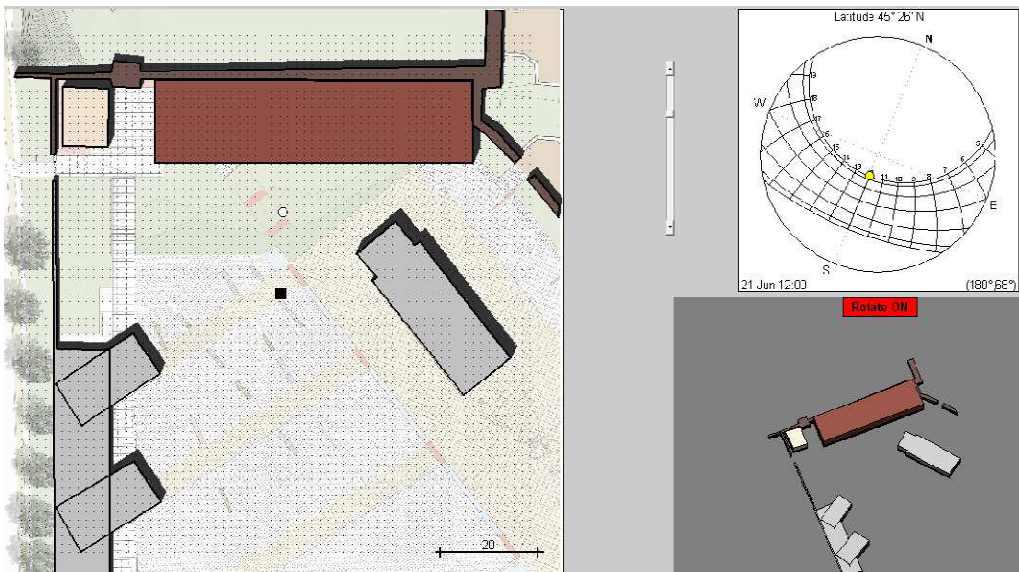
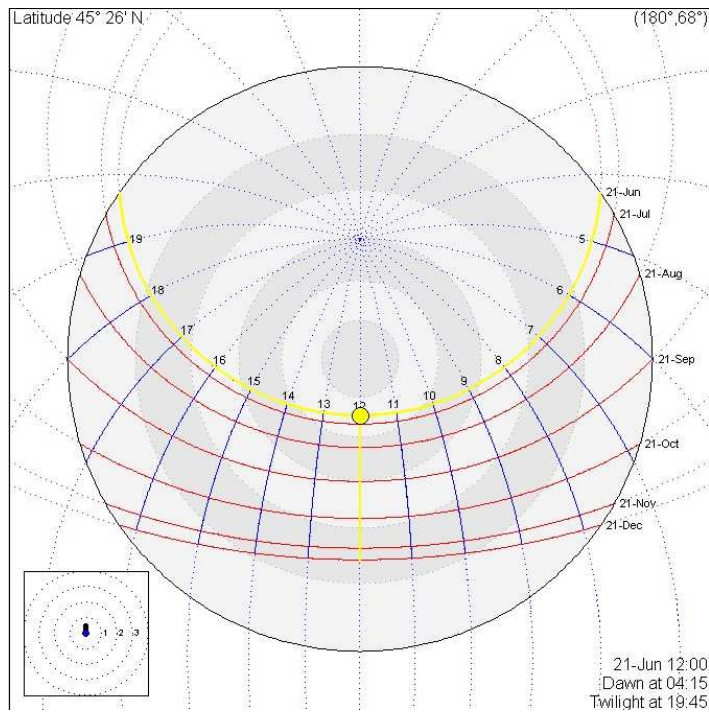


Fig. 177 Studio degli ombreggiamenti e assonometria solare, 21 giugno h 12.00.

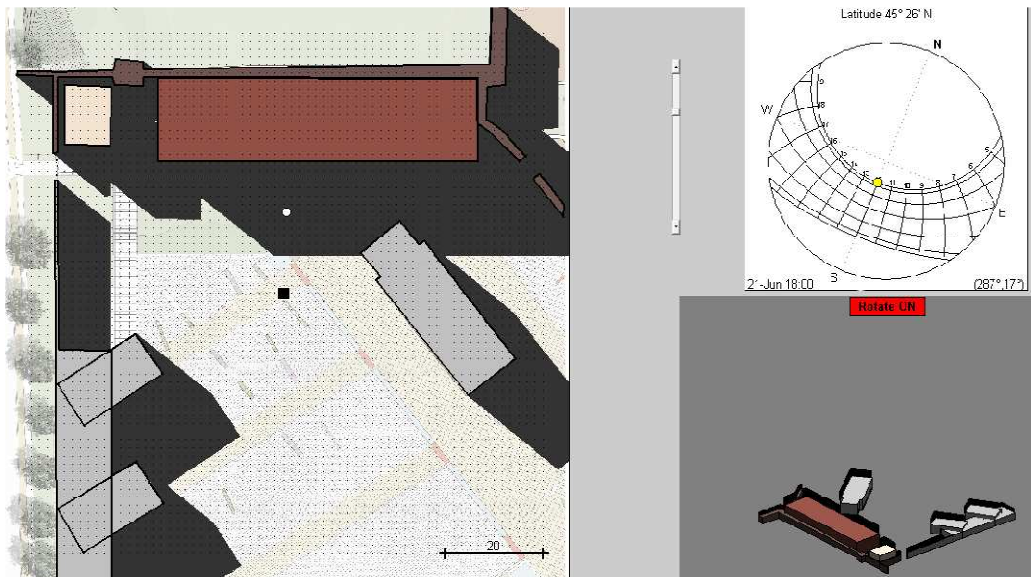
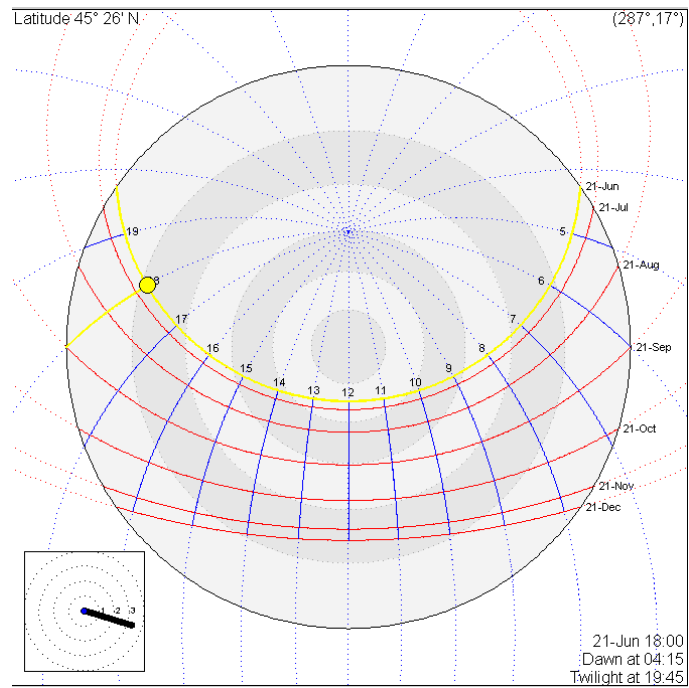


Fig. 178 Studio degli ombreggiamenti e assonometria solare, 21 giugno h 18.00.



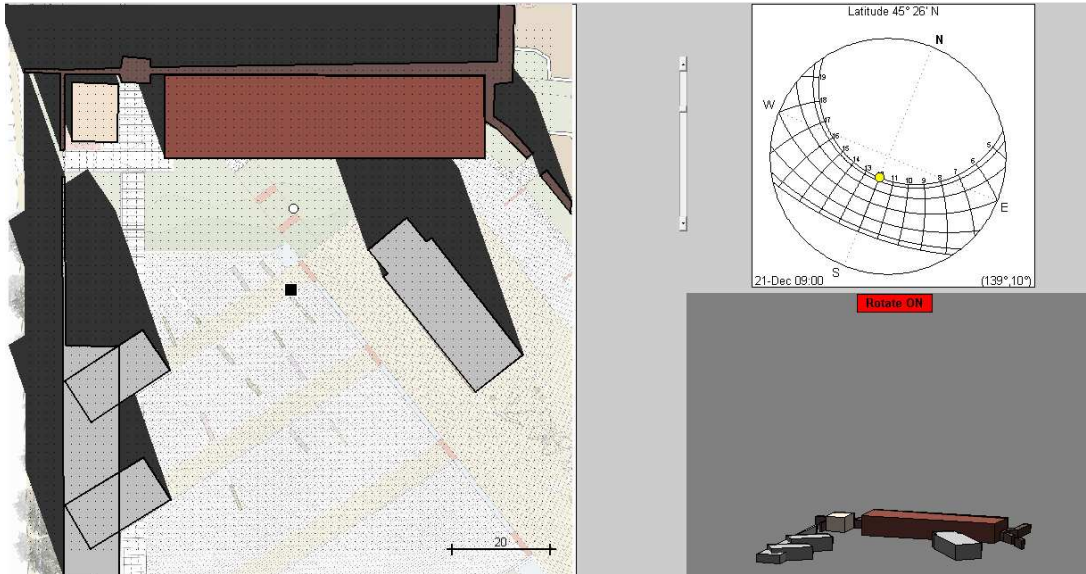
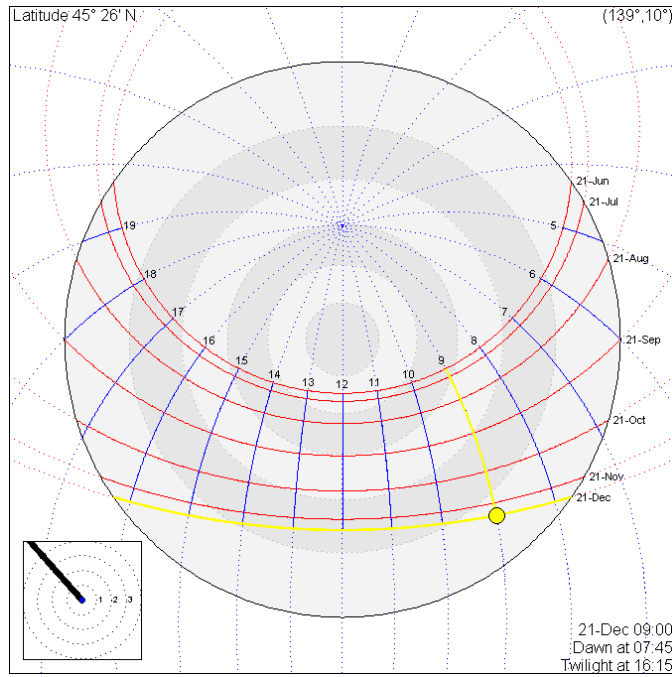


Fig. 179 Studio degli ombreggiamenti e assonometria solare, 21 dicembre h 09.00.

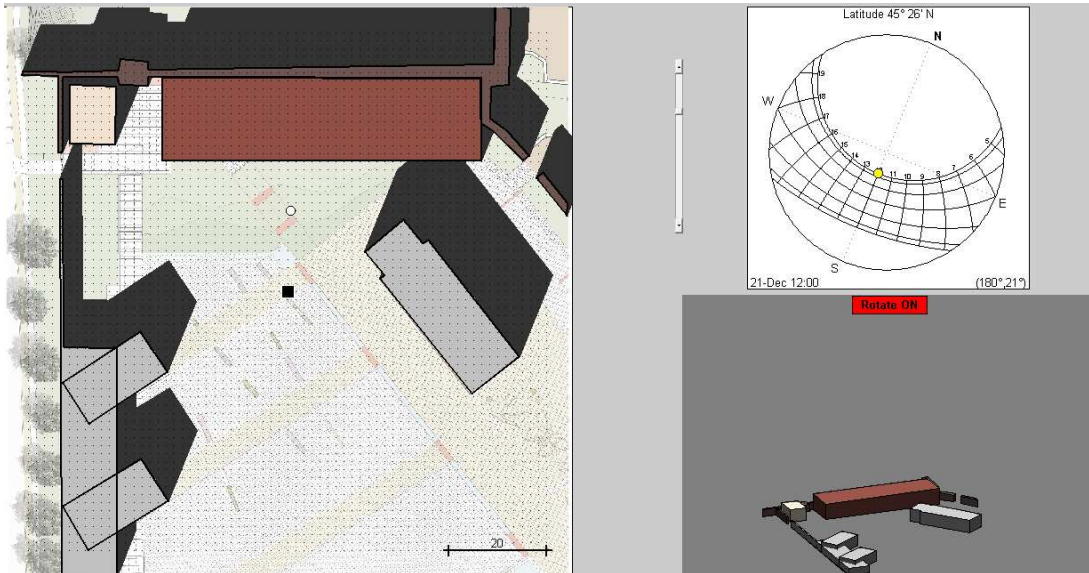
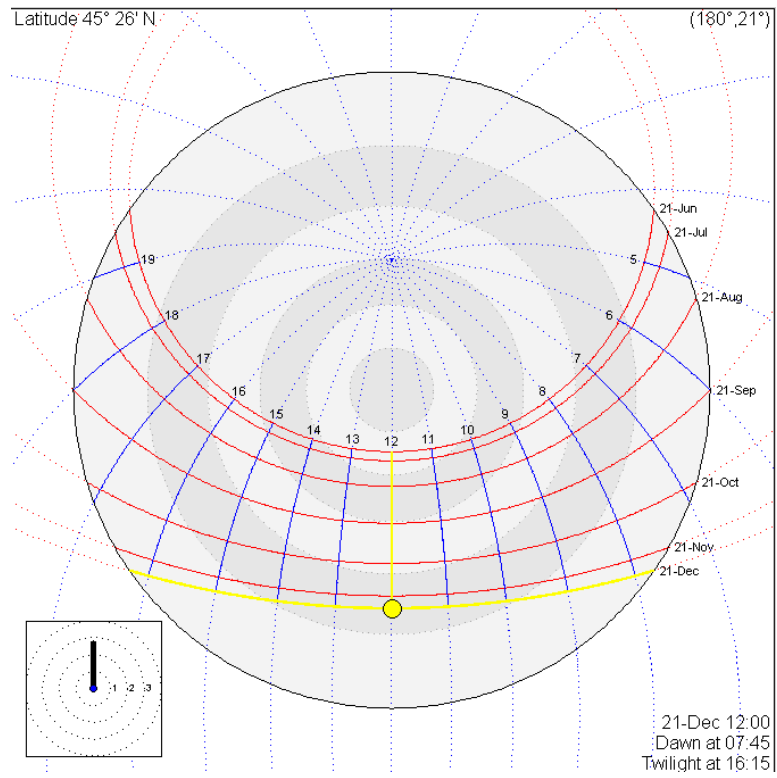


Fig. 180 Studio degli ombreggiamenti e assonometria solare, 21 dicembre h 12.00.

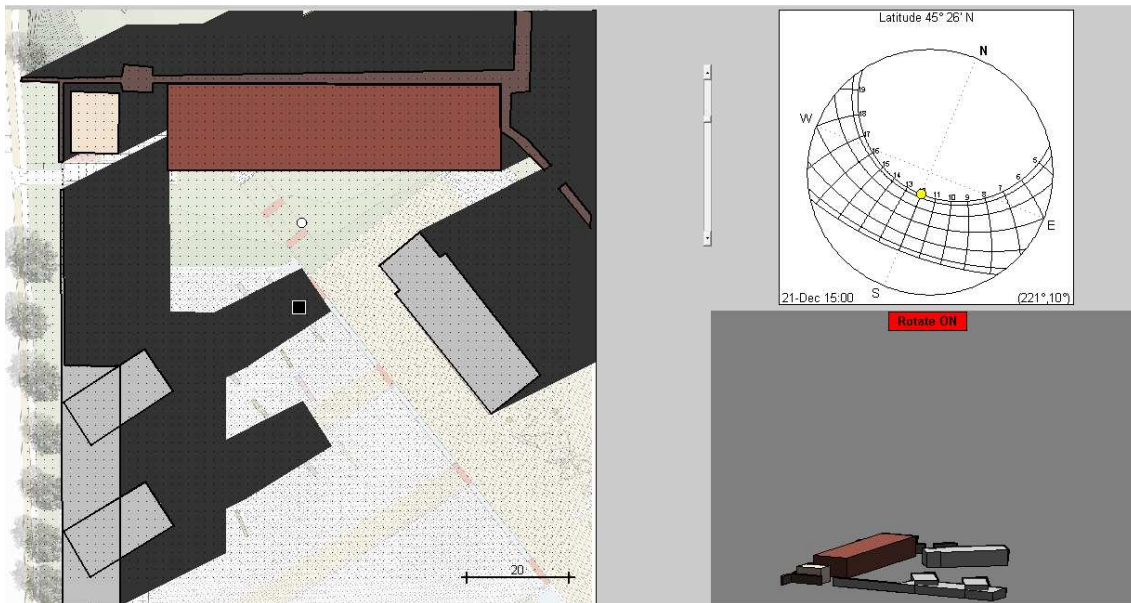
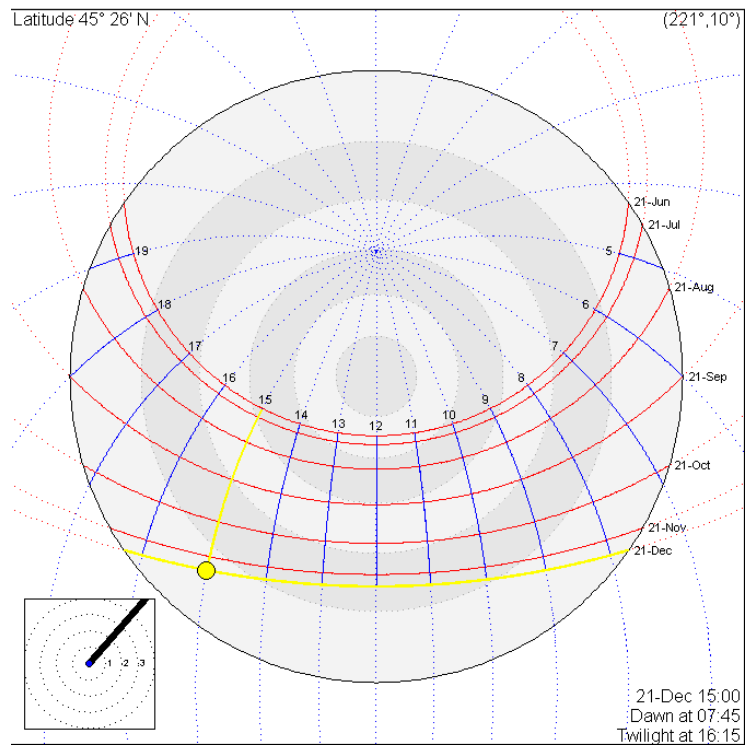


Fig. 181 Studio degli ombreggiamenti e assonometria solare, 21 dicembre h 15.00.

Per ulteriori approfondimenti rispetto all'impianto fotovoltaico si rimanda al **cap. 10**.



### 9.3 Il sistema delle facciate vetrate

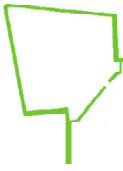
L'emanazione della Direttiva della Comunità Europea 2002/91/CE sul "Rendimento energetico nell'edilizia" e i provvedimenti legislativi di recepimento di tale importante iniziativa comunitari ad parte di tutti i paesi membri dell'Europa (tra cui anche i due recenti decreti legislativi italiani DL 187/2005 e soprattutto il DL 192/2005) hanno portato alla ribalta significato e ruolo dell'involucro edilizio quale elemento-chiave per un'architettura orientata, finalmente in maniera decisa, alla riduzione dei consumi energetici, alla diminuzione delle relative emissioni di gas nocivi e alla massimizzazione dell'efficienza ecologica e ambientale<sup>1</sup>.

In questo senso diventa di fondamentale importanza il tema dell'involucro architettonico, concepito come "membrana" o "pelle" dell'edificio; questi termini vogliono essere, da un lato, il modo per ribadire la qualità osmotica di un processo di scambio che riguarda flussi di energia e di informazioni; dall'altro anticipare il ruolo sempre più pregnante che la soluzione costruttiva di questo elemento ha conquistato nell'ambito di una sperimentazione tecnologica prima ancora che espressiva.

La permeabilità di un edificio a luce, calore, aria e la sua trasparenza, devono essere controllate e suscettibili di modificazione, in modo che possa reagire al cambiamento delle condizioni climatiche locali (schermatura dai raggi solari, protezione contro il riverbero, diffusione della luce, ombreggiamento, protezione termica temporanea, ventilazione naturale regolabile).

---

<sup>1</sup> Fabrizio Tucci, Involucro ben temperato, efficienza energetica ed ecologica in architettura attraverso la pelle degli edifici, Alinea Editrice, 2006, pag. 8



E' possibile quindi delineare l'insieme dei requisiti prestazionali che un sistema di chiusura è chiamato ad assolvere:

- controllo e interazione energetica passiva e attiva con l'irraggiamento solare;
- controllo e graduazione dell'illuminazione naturale;
- controllo e graduazione della ventilazione naturale;
- controllo dell'isolamento termico e regolazione delle dispersioni di calore;
- controllo e graduazione delle relazioni percettivo - visive;
- controllo e graduazione del livello igrometrico dell'aria;
- controllo della qualità dell'aria e dell'inquinamento gassoso e pulviscolare;
- barriera contro le precipitazioni atmosferiche.

Risulta importante la scelta del tipo di vetro, all'interno delle sue numerose specializzazioni e variazioni applicative, sia a seconda dell'orientamento della facciata su cui viene utilizzato, sia alle prestazioni cui è chiamato ad assolvere.

Tra le differenti e numerose tipologie di vetri ad alte prestazioni energetiche, si è optato per i vetri selettivi nelle facciate rivolte a sud, est, ovest, e i vetri termici in quella esposta a nord.

### **9.3.1. I vetri con rivestimenti selettivi**

La classe dei vetri con rivestimenti selettivi, noti anche come "basso - emissivi", risponde oggi alle più alte esigenze di termoisolazione, trasparenza ed omogeneità di comportamento; per questo motivo i prodotti che vi appartengono sono sottoposti a continui controlli di qualità in modo da garantire sempre un alto livello di rendimento. Il vetro basso - emissivo è dotato di un sistema a più strati di metallo e



ossidi metallici, prodotto con l'aiuto del procedimento di *sputtering* a magnetrone. Con nessun'altra tecnologia il vetro può essere rivestito ottenendo un tale livello di caratteristiche ottiche e termiche e garantendo che i sottilissimi singoli strati dei basso - emissivi possano essere applicati in modo omogeneo su grandi superfici di vetro. Il materiale che deve essere depositato sulla superficie del vetro viene applicato come target (piastra di metallo) su un elettrodo ad alto potenziale elettrico.

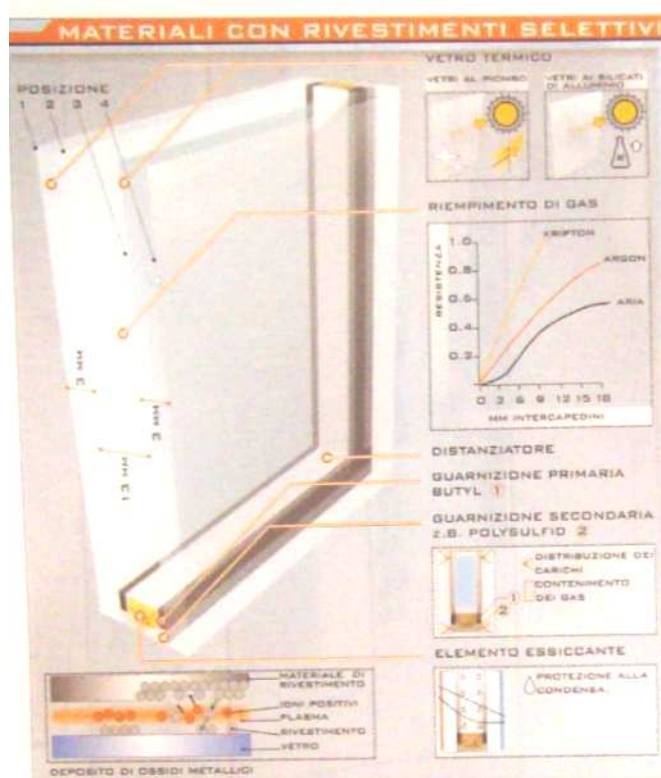


Fig. 182 I vetri basso emissivi.

L'elettrodo ed il target sono isolati elettricamente dalla parete della camera a vuoto. Il gas di *sputtering* (argon) viene ionizzato dal potente campo elettrico (elettroni veloci). Gli ioni dell'argon, accelerati in questo modo, sono in grado di asportare, tramite processi di collisione, del materiale dal target che va quindi a depositarsi sul substrato di vetro. Lo *sputtering* di metalli o leghe avviene con o senza aggiunte di

gas di relazione ( $O_2, N_2$ ), ed in questo modo si può realizzare il deposito di metalli, ossidi metallici oppure nitruri metallici.

Nei sistemi multi lastra (doppi vetri, tripli vetri, ecc...), la resistenza termica globale è determinata dallo scambio termico all'interno delle intercapedini tra le lastre. Dal momento che la parte radiativa di tale scambio è predominante (circa il 60 %), per limitare il coefficiente di trasmissione globale il primo obiettivo è quello di ridurre tale componente. Il risultato è ottenuto depositando alcuni sottili strati di metalli dielettrici e metallici alternati. La caratteristica principale del rivestimento, che ha uno spessore dell'ordine di una decina di micron, è di essere trasparente nello spettro visibile e altamente riflettente nel lontano infrarosso (oltre i 200nm). La lastra così preparata presenta un' emissività molto bassa, 0.04 - 0.10 rispetto a 0.84 del vetro non trattato. In tal modo la trasmissione per irraggiamento tra le lastre può essere ridotta fino al 90%. L'efficacia dell'intervento viene maggiorata effettuando il trattamento sulle due superfici accoppiate.

La possibilità di poter regolare, tramite la deposizione di materiali particolari, la trasmittanza e la riflettanza nelle varie zone spettrali offre numerose opportunità. Se la finestra, infatti, è progettata per massimizzare i guadagni solari si sceglierà un comportamento trasparente. Viceversa, se il componente dovrà essere usato come sistema di controllo per la radiazione solare in climi caldi, il rivestimento sarà realizzato in modo da ottenere il passaggio dallo strato trasparente a quello riflettente verso al fine del visibile. Una volta ridotta la parte di scambio radiativo è possibile limitare la componente convettiva utilizzando delle miscele di gas con una conduttività minore (argon, kripton, freon, ecc...) applicando una piccola depressione.

Per il mercato il vetro basso - emissivo rappresenta un prodotto con buone prestazioni e costi relativamente bassi, il che permette di



conseguire, oltre ai risparmi economici, anche quelli relativi all'ambiente, sia per il risparmio energetico legato all'utilizzo, sia per quello relativo alla produzione.<sup>2</sup>

### 9.3.2 I vetri isolanti o termici

Le vetrate isolanti hanno lo scopo di aumentare l'isolamento termico del vetro attraverso l'introduzione di aria o gas tra due o più lastre di vetro. Il sistema più semplice è quello di utilizzare un'intercapedine di aria disidratata fra le lastre.

L'evoluzione del sistema a vetrate isolanti si è incentrata su diversi aspetti:

- migliorare l'isolamento riducendo il coefficiente "K" di trasmittanza termica;
- migliorare la tenuta dei giunti perimetrali (adesivi, sigillanti, canaline, distanziatori, ecc...) in termini meccanici, di durabilità, di permeabilità al vapore acqueo;
- migliorare la capacità di disidratazione dei sistemi impiegati (assorbimento del vapore acqueo presente nel gas dell'intercapedine).

Gran parte degli sforzi di ricerca sono stati rivolti, in particolare, allo studio delle intercapedini di gas che si oppongono ai meccanismi di trasmissione del calore fra ambiente interno e esterno secondo scambi termici radiativi, convettivi e conduttivi.

Allo stato della ricerca possiamo dire che le tecnologie più efficaci si oppongono alla dispersione termica in due modi:

---

<sup>2</sup> Fabrizio Tucci, *Involucro ben temperato, efficienza energetica ed ecologica in architettura attraverso la pelle degli edifici*, Alinea Editrice, 2006, pag. 133



1) operando sulla natura del gas (Argon e Krypton) e sullo spessore dell'intercapedine, attraverso cui si possono ridurre gli scambi convettivi nell'intercapedine stessa e quindi migliorare sensibilmente le caratteristiche di isolamento termico; una vetrata isolante con l'intercapedine di 15 mm con gas speciale raggiunge un limite, nel valore di trasmittanza termica, di 1,1 - 1,3 W/mq (ulteriormente diminuibile solo attraverso altre intercapedini, con aggravio però di pesi e spessori);

2) operando sui depositi superficiali che riducono l'emissività emisferica delle superfici, attraverso la tecnologia ad elevata temperatura di pirolisi di ossidi metallici drogati (semiconduttori).

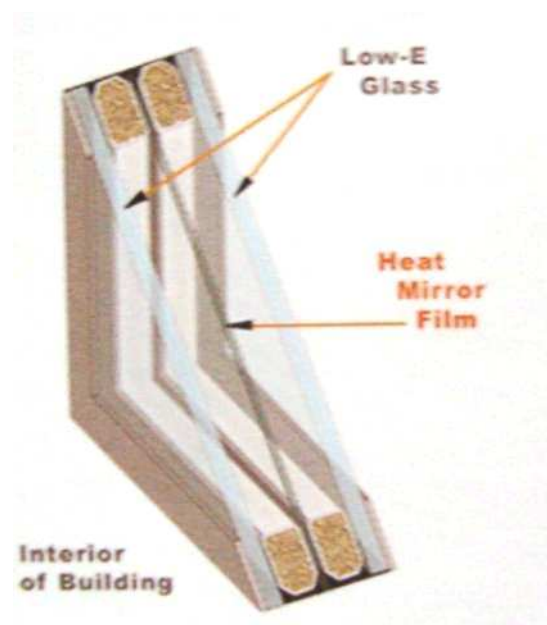


Fig. 183 I vetri termici.

Questi sistemi a pellicola sospesa nascono dall'innovazione tecnologica che ha consentito di depositare ossidi metallici nobili (Argento, Indio, ...) a bassa emissività, su film plastici polimerici, detti PET (Poliethylene Tereftalato).



L'evoluzione di questa prestazionalità è legata all'idea, confortata e confermata dalla sperimentazione, di introdurre queste pellicole all'interno delle intercapedini creando un sistema di vetrata isolante a due (Heat Mirror) o a tre intercapedini (Superglass) senza penalizzare lo spessore e il peso del volume vetrato. Tramite queste particolari innovazioni tecnologiche i vetri cosiddetti di terza generazione forniscono un livello d'isolamento termico superiore a qualsiasi altro tipo di vetrata.

Questi sistemi a pellicola sospesa si interfacciano efficacemente con la continua innovazione e mutazione delle esigenze del comfort abitativo e lavorativo, in relazione ad una serie di fattori che sono sintetizzabili nelle seguenti considerazioni seguenti parametriche:

1) una delle caratteristiche principali di queste vetrate isolanti è quella di riuscire a bloccare dal 96 al 99,5 % dei raggi infrarossi invisibili, contribuendo così ad un notevole grado di benessere interno. Ciò si traduce in un'operazione di filtraggio del calore solare senza causare la perdita di luce naturale. Ciò è possibile grazie all'incorporazione di uno strato speciale che blocca tale frequenza il 41% in più rispetto ad un vetro a doppio strato;

2) in secondo luogo va ricordato che in inverno succede di frequente che, con le normali finestre, l'umidità interna dell'abitazione a contatto con le superfici fredde dei vetri formi una condensa che, oltre ad offuscare i vetri, danneggia il telaio e i muri ad esso collegati. Nel caso di vetri termici, invece, la temperatura interna dell'involucro rimane sufficientemente alta anche nei periodi più freddi, il che permette di eliminare il ricorso a correnti pronunciate e a fastidiose circolazioni d'aria nell'ambiente interno per evitare la condensa. In queste vetrate il film interposto tra due distanziatori metallici funge di fatto da taglio termico.

Grazie al film plastico e alla doppia camera, queste vetrate isolanti riducono di circa l'80% i rumori esterni con un guadagno di circa 3-5 decibel rispetto a un vetro camera standard. Nel caso di particolari esigenze, ulteriori miglioramenti si possono ottenere con l'impiego di vetri di maggior spessore, oppure vetri laminati, o ancora riempiendo la camera tra i vetri con apposito gas fonoassorbente (SF<sub>6</sub>-esafluoro di zolfo).

#### **9.4 Le tipologie di facciate strutturali vetrate**

Grazie all'orientamento favorevole dell'edificio di progetto, in asse est-ovest, si è cercato di utilizzare al meglio la luce naturale per l'illuminazione degli ambienti di lavoro, massimizzando le superfici vetrate e disponendo sistemi di oscuramento mobili adeguati.

Per quanto riguarda il sistema delle facciate strutturali vetrate sono stati presi da riferimento i prodotti della ditta Aluk; tra le numerose soluzioni possibili la scelta è ricaduta su due tipi di facciate strutturali a montanti e traversi, che soddisfano le esigenze architettoniche - prestazionali dell'involucro esterno.

La prima tipologia di facciata è costituita dal modello SG50, che ha la particolarità di non rendere visibili i montanti e traversi all'esterno dell'edificio, ma solo all'interno. La volontà è quella di mantenere la facciata il più libera e trasparente possibile, in modo da trasmettere la leggerezza del vetro; grazie a questo sistema, le giunzioni tra una specchiatura e l'altra si riducono ad un sottile strato di guaina, dello spessore di 2 cm.

I montanti e i traversi delle facciate sono in alluminio a taglio termico e hanno valori di  $U_f$  pari a 1,4 W/m<sup>2</sup> K.



## Alu k SG50

<b>TIPOLOGIE COSTRUTTIVE</b>	Facciate continue verticali e sviluppo piano o poligonale. possibilità di inserimento di infissi a sporgere ad anta-ribalta e porte d'ingresso.
<b>VETRAZIONE E TAMPONAMENTI</b>	I profili consentono il montaggio di vetri da 5 a 42 mm.
<b>PORTATA TRAVERSO</b>	200 kg.
<b>TRASMITTANZA TERMICA</b>	Ricavato da calcolo secondo norma internazionale EN ISO10077-2: <b>Uf = 1,1 - 2,6 W/m²K</b>
<b>POTERE FONOISOLANTE</b>	Ricavato dalla prova sperimentale secondo lo standard internazionale EN-ISO 140-3: <b>Rw = max 46 dB</b>

Tab.10 Caratteristiche tecniche del sistema di facciata Alu K SG50.

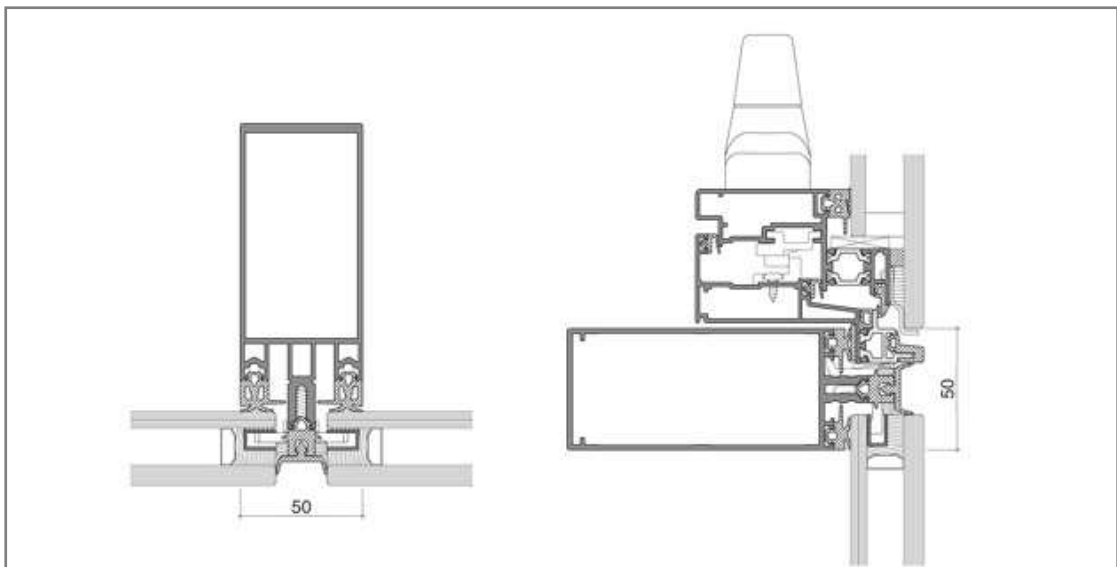


Fig. 184 Dettagli costruttivi del sistema di facciata Alu K SG50.



Fig. 185 Esempio applicativo del sistema di facciata Alu K SG50.

La seconda tipologia di facciata è composta dalla struttura Alu K SL50, che si differenzia da quella sopra descritta nel mantenere i montanti e i traversi visibili dall'esterno. Tale caratteristica è dettata dalla necessità di dotare la facciata ovest di frangisole mobili integrati alla struttura portante. Il prospetto sul lato ovest infatti è completamente vetrato in quanto accoglie il locale di smistamento, che deve essere necessariamente un luogo ben illuminato, e necessita di adeguate schermature solari.

Questa facciata, alta 9 metri, è stata suddivisa in due parti in senso orizzontale, al fine di consentire la stabilità statica della struttura vetrata: ad altezza di 4,8 m è stata posta una trave in acciaio che divide in due parti l'altezza libera della vetrata, consentendo di utilizzare montanti di ridotte dimensioni. Allo stesso tempo questa trave permette di cambiare la tipologia di struttura per la facciata: la parte inferiore è costituita dalla tipologia SL50, con un montante verticale K735, mentre la parte superiore dal tipo SG50. In altre parole la



porzione inferiore ha i montanti a vista per accogliere le schermature solari, mentre la parte sovrastante mantiene i montanti rivolti verso l'interno rispetto al vetro, come per il resto dell'edificio.

La facciata risulta ancorata a terra da una staffa, così come rispetto alla copertura; all'altezza della trave posta orizzontalmente alla vetrata è prevista un'ulteriore staffa con giunto di dilatazione.

Alu k SL50	
<b>TIPOLOGIE COSTRUTTIVE</b>	Facciate continue verticali e sviluppo piano o poligonale. possibilità di inserimento di infissi a sporgere e porte d'ingresso.
VETRAZIONE E TAMPONAMENTI	I profili consentono il montaggio di vetri fino a 33 mm.
PORTATA TRAVERSO	200 kg.
TRASMITTANZA TERMICA	-
POTERE FONOISOLANTE	Ricavato dalla prova sperimentale secondo lo standard internazionale EN-ISO 140-3: $R_w = \max 44 \text{ dB}$

Tab. 11 Caratteristiche tecniche del sistema di facciata Alu K SL50.

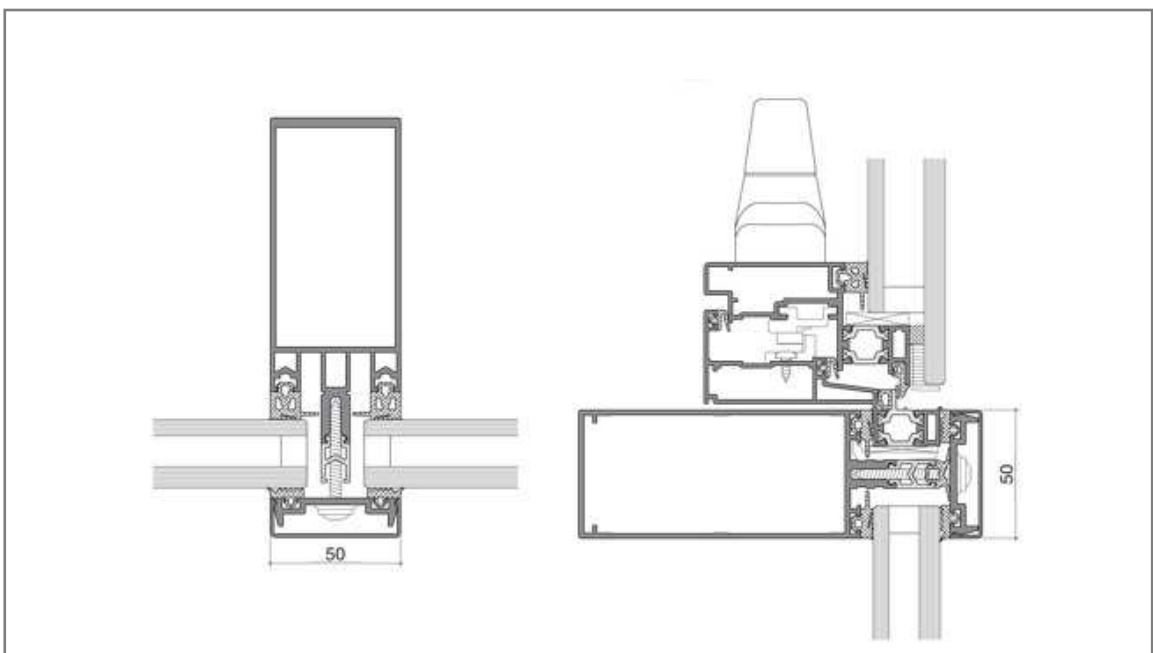


Fig. 186 Dettagli costruttivi del sistema di facciata Alu K SG50.

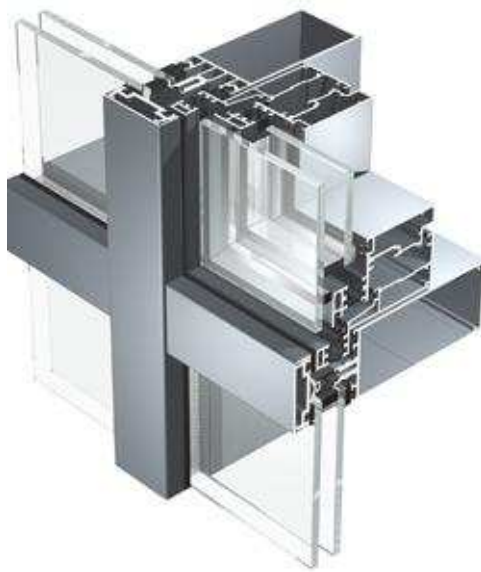


Fig. 187 Il sistema di facciata Alu K SL50.



Fig. 188 Esempio applicativo del sistema di facciata Alu K SG50.

Nella verifica strutturale della struttura vetrata ci si è basati sulle prescrizioni della nuova normativa dell'acciaio, che prevede per la zona di Verona la classe B e, in base alle dimensioni della facciata e all'instabilità prodotta dalla forza del vento, sono stati previsti montanti dello spessore di 8 cm.



## 9.5 I sistemi di oscuramento

La presenza di grandi superfici vetrate necessita di uno studio attento delle schermature durante i diversi mesi dell'anno, per evitare il sovrariscaldamento e l'eccessiva illuminazione degli ambienti lavorativi.

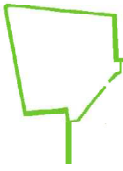
Il raggiungimento del comfort negli spazi interni varia nel tempo e di stagione in stagione; per questo motivo la scelta è ricaduta sia su sistemi di oscuramento esterni, per intercettare i raggi luminosi prima che questi penetrino all'interno dell'edificio provocando il surriscaldamento, sia mobili e quindi regolabili, per potersi adeguare alle esigenze degli utenti stessi. Questi tipi di schermature sono state applicate alle facciate sud ed ovest, quindi a quelle maggiormente esposte, mentre nel prospetto nord si è ritenuto sufficiente utilizzare le tende interne. Lo stesso tipo di ombreggiamento è stato scelto per la facciata est, quasi totalmente ombreggiata dall'ingombro del Bastione di Spagna. I prospetti sud e ovest, inoltre, sono dotati di un oggetto della copertura che, nelle ore più calde d'estate, contribuisce alla protezione degli ambienti esposti.

Per l'ombreggiamento del cubo vetrato della serra, invece, è stata ideata una tensostruttura che richiama la forma delle ali di una farfalla, e conclude con forme più morbide e libere il prospetto nord, in contrasto con le linee rigide del bastione e degli edifici di contorno.



Fig. 189 Il prospetto sud. In evidenza l'applicazione dei brise soleil e della tensostruttura al di sopra della serra delle farfalle.





### 9.5.1 Le schermature mobili in facciata

La sequenzialità degli elementi che costituiscono il frangisole a lamelle e a pale permette nel periodo invernale la riflessione dei raggi solari fra gli elementi che li compongono. Questo meccanismo di riflessione facilita l'ingresso dei raggi solari invernali all'interno dell'edificio. Nel periodo estivo, invece, la disposizione degli elementi posti a chiusura riflette le radiazioni solari verso l'esterno, senza però impedire l'illuminazione naturale degli ambienti interni.

Tra le colonne del prospetto sud che sostengono la copertura è stato inserito un sistema di schermatura solare con "brise soleil" in lamiera stirata di acciaio cortèn, che richiama il materiale utilizzato per la passerella sulle mura storiche. Inoltre questa micro - frammentazione dell'acciaio produce un particolare effetto di semi-trasparenza, per lo più legata al variare della distanza e alla visione in controluce; di giorno rende difficile la vista dall'esterno verso l'interno, mentre la sera illumina gli esterni di una luce frammentata e diffusa.

Per schermare la facciata ovest dai raggi solari sono stati applicati brise soleil mobili integrati, che si "innestano" nel montante verticale e hanno dimensioni minori rispetto a quelli della facciata principale.

Questi particolari elementi mobili, nel momento in cui controllano l'ombreggiamento, producono degli effetti chiaro - scuro sull'involucro e al suo interno, che sono fortemente legati alla progettazione dell'organismo nel suo insieme. Il frangisole, perciò, è strettamente legato alle scelte progettuali e non può essere classificato soltanto come un semplice meccanismo di controllo delle radiazioni solari.



## 9.8 Il rivestimento della facciata

Il rivestimento delle tamponature esterne è in doghe di zinco – titanio, ancorate alla struttura sottostante tramite viti.

Il titanio è il materiale metallico con le migliori prestazioni fra quelli oggi industrialmente utilizzati, offrendo contemporaneamente: alta resistenza meccanica, eccellente resistenza alla corrosione e ottima biocompatibilità e riduzione delle sostanze inquinanti presenti nell'atmosfera grazie all'azione della luce.



Fig. 190 Il rivestimento di facciata, in doghe metalliche orizzontali.

Le proprietà del titanio e dei suoi ossidi non si fermano tuttavia qui. L'ossido di titanio che si forma durante l'anodizzazione è in genere amorfo, ma, operando in condizioni di anodizzazione molto particolari, è possibile, mantenendo i requisiti estetici dell'ossido di titanio anodizzato, ottenere ossido cristallino, che può assumere varie microstrutture, che vanno dal rutilo, all'anatasio, alla brookite. Fra

queste microstrutture la più interessante è sicuramente quella dell'anatasio, un ossido fotocatalitico e con proprietà antibatteriche.

Le proprietà fotocatalitiche dell'ossido di titanio possono essere spiegate sinteticamente. L'ossido di titanio è un semiconduttore con energia della distanza di banda di  $E_g=3,2$  eV; se questo viene eccitato con fotoni con energia  $>3,2$  eV (ad esempio luce ultravioletta UV), la distanza di banda viene superata e un elettrone viene promosso dalla banda di valenza alla banda di conduzione (Fig ??). In opportune condizioni e anche tramite la formazione di un radicale idrossile altamente reattivo, l'elettrone fotoindotto può essere trasferito a particelle assorbite, che vengono in questo modo ossidate, mentre l'elettrone prodotto viene consumato in un processo di riduzione, che spesso avviene a spese di ossigeno assorbito.

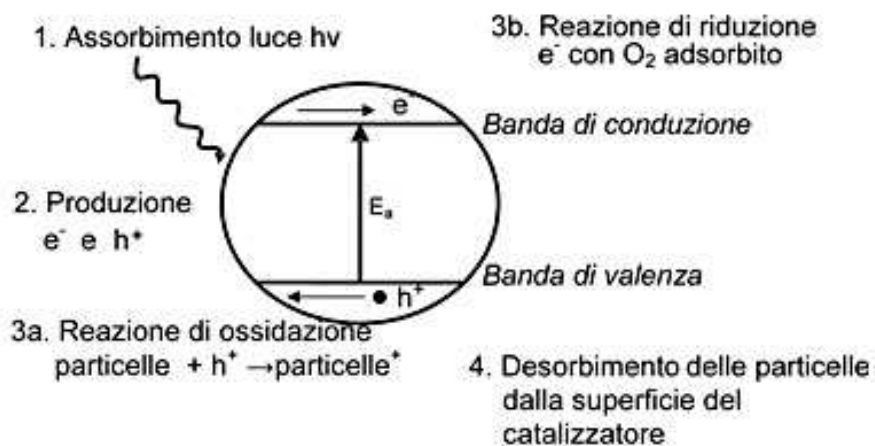


Fig. 191 Schema del processo di foto - catalisi.

A seguito di tali proprietà fotocatalitiche, l'ossido di titanio con microstruttura anatasio è in grado, in presenza di irraggiamento UV di origine sia solare che artificiale, di determinare l'ossidazione di numerosi inquinanti ambientali quali CO, NOx, fenoli, benzene,



tricloroetilene, acetaldeide, toluene, formaldeide, permettendo in questo modo un effetto di depurazione ambientale di sicuro interesse applicativo, soprattutto in un contesto urbano come quello dell'area di progetto.

### 9.9 La pavimentazione foto catalitica

Parte della piazza antistante l'edificio di progetto è costituita da una "pavimentazione attiva" che, attraverso il meccanismo della fotocatalisi grazie al biossido di titanio, cattura e riduce i principali inquinanti atmosferici dell'area metropolitana (tra cui Biossidi e Ossidi di Azoto, Biossido di Zolfo, Polveri Atmosferiche e Composti Organici Volatili come Benzene e Toluene VOC).

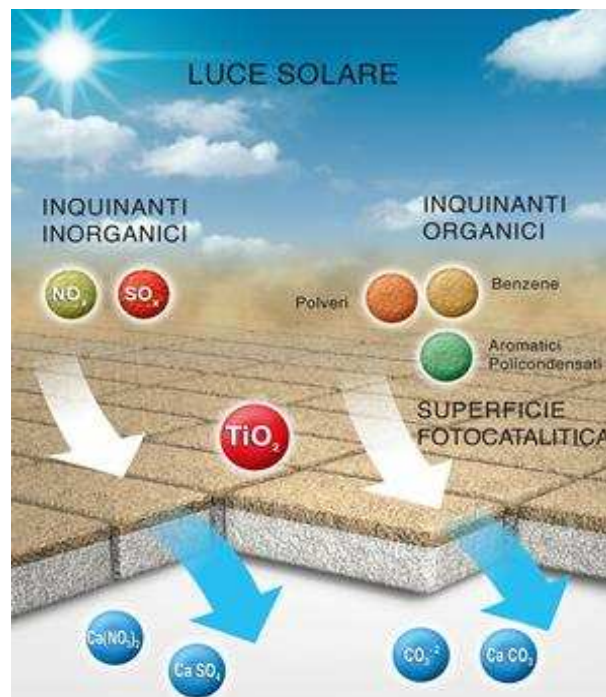


Fig. 192 Schema di funzionamento della pavimentazione foto - catalitica.



Tale pavimentazione è composta da elementi modulari costituiti da una particolare miscela cementizia contenente biossido di titanio che funge da foto catalizzatore. Il processo avviene in presenza di luce solare o artificiale, ed è possibile parlare di una efficacia continua e costante nel tempo. I prodotti ottenuti tramite lo smaltimento delle sostanze inquinanti organiche ed inorganiche sono assolutamente innocui per l'ambiente, riducendosi in ultima analisi a sali solubili come carbonati e nitrati già presenti in natura, che si depositano sulla superficie della pavimentazione. Data la bassa quantità di sali derivante dalla trasformazione degli inquinanti atmosferici, essi sono facilmente e senza danno eliminati dal vento e dalle piogge.



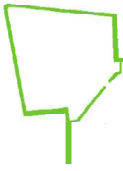
Fig. 193 Esempi applicativi di pavimentazione foto - catalitica in ambiente urbano.



## 9.10 L'illuminazione LED

I LED (Light-Emitting Diode) sono una sorgente di luce a semiconduttore, e sono sempre più utilizzate nel campo dell'illuminazione in generale. Presentano molti vantaggi rispetto alle fonti di luce ad incandescenza, compreso il consumo di energia più basso, la robustezza migliorata, dimensioni ridotte, più veloce di commutazione, e una maggiore durata. Per l'illuminazione sia interna che della piazza si è scelto di utilizzare il sistema LED, che permette un notevole risparmio energetico. In particolare le caratteristiche di questa tecnologia sono le seguenti:

- bassissimo impatto ambientale, sia in fase di produzione sia in fase di smaltimento;
- elevata luminosità emessa a parità di potenza assorbita;
- emissione di luce brillante ed intensa;
- risparmio energetico generale rispetto le altre fonti luminose;
- piccole dimensioni specifiche (sull'ordine dei millimetri);
- altissima resistenza agli urti;
- lunga durata di vita se usati di continuo, ovvero dalle 30.000 ad oltre le 50.000 ore (alcuni Led sino a 100.000 ore =11,4 anni) in assenza di manutenzione;
- nessuna emissione di rumore;



- capacità di effettuare infiniti cicli di accensione/spegnimento;
- possibilità di scelta tra una serie quasi infinita di colori (composti tramite i colori fondamentali RGB);
- possibilità di emettere sia luce bianca calda che luce bianca fredda.



Fig. 194 Esempio di illuminazione LED per interni.



Fig. 195 Esempio di illuminazione LED per esterni (lampione in acciaio cortèn).



## 9.11 Gli impianti tecnologici

La scelta e la predisposizione di determinati sistemi tecnologici all'interno dell'edificio di progetto deriva da considerazioni che riguardano la tipologia di spazi da climatizzare, le diverse funzioni ed esigenze degli ambienti, il rispetto dell'ambiente ed un minor consumo di materie prime.

### 9.11.1 Impianti di climatizzazione

La presenza di ambienti open - space e le grandi altezze degli spazi adibiti a laboratori ed uffici rendono il sistema radiante a pavimento il più adatto rispetto ai sistemi tradizionali ad aria, sia per quanto riguarda il riscaldamento invernale che il raffrescamento estivo.

Attraverso questo tipo di impianto la diffusione del calore nell'ambiente avviene prevalentemente per irraggiamento, consentendo di ottenere una ripartizione uniforme delle temperature. Questa particolare caratteristica, oltre a garantire una sensazione di benessere fisico, permette di mantenere l'impianto ad una temperatura di gestione molto bassa, riducendo sensibilmente i consumi rispetto agli impianti tradizionali.

Inoltre, il riscaldamento a pavimento ripartisce in modo uniforme la temperatura degli ambienti avvicinandola ai valori ottimali per il comfort delle persone. L'assenza di moti convettivi dell'aria, che solitamente vengono generati dalla differenza di temperatura tra corpo scaldante ed ambiente circostante, comporta la riduzione del movimento di polveri e di impurità dell'aria (causa di fenomeni allergici), con una conseguente maggiore salubrità dei locali. Infatti, mentre nei locali riscaldati con sistemi tradizionali, le temperature dell'aria sono superiori verso il soffitto ed inferiori verso il pavimento, nel



caso del riscaldamento a pavimento l'emanazione del calore avviene attraverso tutta la sua superficie, con una distribuzione delle temperature ideale per le esigenze di comfort del corpo umano.

In particolare, il sistema a pavimento BIO RDZ è il risultato della continua ricerca di materiali ad elevato contenuto tecnologico e di una sempre maggiore attenzione alla salute; utilizza infatti solo materiali naturali senza aggiunta di componenti chimici per il rispetto dell'ambiente e per uno sviluppo ecosostenibile.

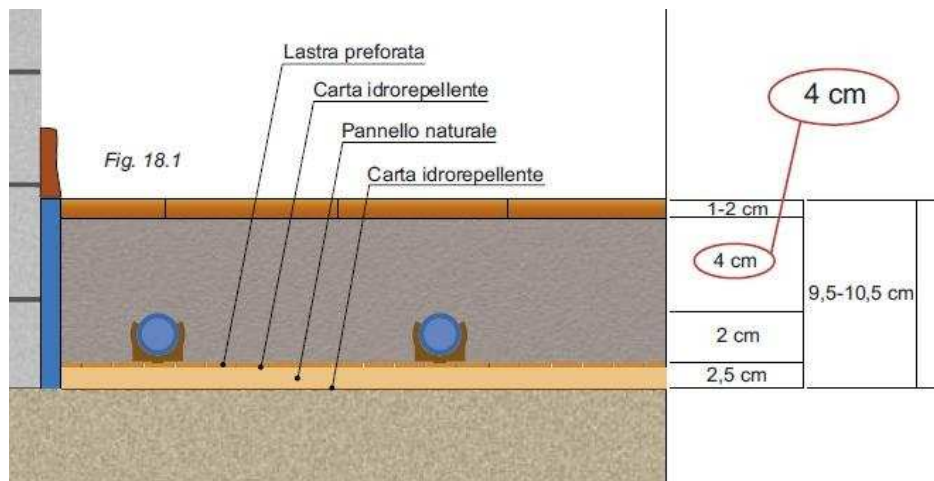


Fig. 196 Tipologia di riscaldamento e raffrescamento a pavimento del tipo RDZ BIO.

Per alimentare questo tipo di impianto, la scelta è ricaduta sull'utilizzo di una pompa di calore acqua - aria.

La pompa di calore si presenta come un sistema che permette di risparmiare energia primaria (metano, olio combustibile), divenendo così anche economicamente conveniente per l'utente finale; questo è dovuto al fatto che il sistema è in grado di cedere all'ambiente da riscaldare il calore (del tutto gratuito) assorbito dall'ambiente esterno freddo, maggiorato della parte corrispondente al lavoro meccanico del compressore trasformato in calore (cioè del consumo reale di energia, il solo che effettivamente viene pagato).



La pompa di calore utilizzata presenta un COP pari a 4 ed è integrata da un recuperatore di calore. La pompa viene azionata elettricamente, sfruttando quindi parte dell'energia prodotta dai pannelli fotovoltaici installati in copertura. La macchina è collocata nel piano interrato, e dovrà essere ben ventilata; l'aria prelevata dall'esterno proviene dal cavedio creato ottenuto tramite il distanziamento dell'edificio di progetto dalle mura magistrali.

L'impianto radiante a pavimento viene integrato, per gli spazi adibiti a laboratori, uffici e servizi in genere, da una UTA collocata nell'interrato. Questo permette sia il ricambio d'aria, necessario per aspirare i fumi dell'alcool utilizzato dai ricercatori, sia per la deumidificazione dell'aria nel periodo estivo, diminuendo così la soglia di percezione del calore.

### **9.11.2 Climatizzazione delle collezioni a secco e ad alcool**

Le collezioni, sia a secco che ad alcool, sono locali che necessitano condizioni microclimatiche particolari e controllate, a temperatura e umidità costanti, in modo autonomo rispetto al resto dell'edificio.

Anche i periodi di climatizzazione sono differenti rispetto agli altri locali di servizio e non, poichè è necessario un continuo mantenimento delle condizioni ambientali idonee alla conservazione degli insetti, anche quando l'attività lavorativa è sospesa.

Per rispondere a queste esigenze si prevede l'utilizzo di piccole unità UTA (unità trattamento dell'aria), indipendenti rispetto al resto dell'edificio. Le UTA, dotate di deumidificatore, vengono posizionate nel controsoffitto dei locali sopra citati; le bocchette di mandata immettono aria calda o fredda all'interno degli spazi, mentre le bocchette di ripresa, collocate in basso vicino al pavimento, prelevano l'aria viziata. Si prevede l'installazione di una macchina termoventilante per ogni locale.

### 9.11.3 Il sistema di recupero delle acque piovane

Tra i sistemi in grado di offrire un immediato contributo alla soluzione dei problemi dello spreco, della penuria e dei crescenti costi dell'approvvigionamento idrico vi sono sicuramente quelli basati sul recupero e riciclaggio delle acque meteoriche. Gli impianti di raccolta dell'acqua piovana per uso individuale contribuiscono ad evitare i sovraccarichi della rete fognaria di smaltimento in caso di precipitazioni di forte intensità, e provvedono al riutilizzo dell'acqua finalizzata agli scarichi dei servizi igienici, alle pulizie degli ambienti e all'irrigazione degli spazi verdi esterni. L'impianto è composto da un filtro autopulente, da una cisterna di accumulo, da un'uscita di troppo pieno, da una valvola di non ritorno e da un sistema di pompaggio che ridistribuisce l'acqua ai diversi usi sopraccitati.

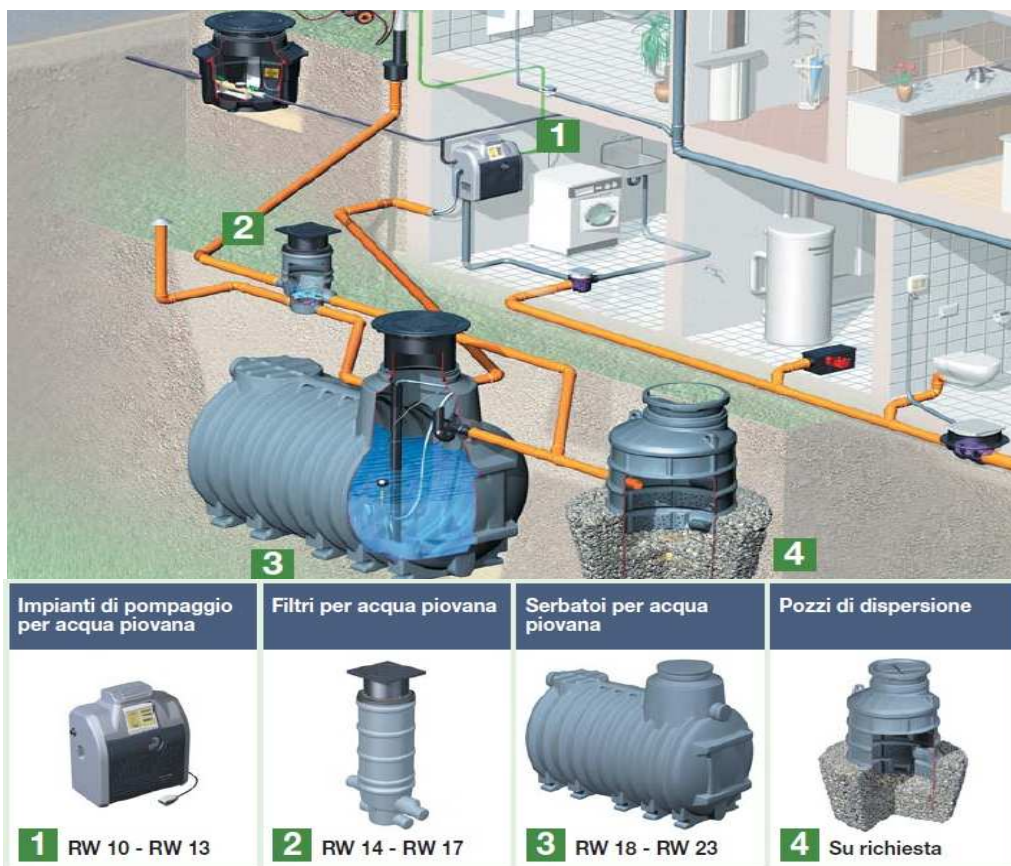


Fig. 197 Schema applicativo del sistema di recupero delle acque piovane ad uso domestico.



## Capitolo 10 \_ L'impianto fotovoltaico

### 10.1 Il sistema fotovoltaico

L'effetto fotovoltaico consiste nella conversione dell'energia solare in elettricità. Questo processo è reso possibile dalle specifiche proprietà fisiche di alcuni particolari elementi definiti semiconduttori, ossia quelle sostanze la cui resistività è intermedia tra quella dei metalli e quella degli isolanti; essa diminuisce con l'aumento della temperatura e varia con il variare della tensione della corrente che attraversa.

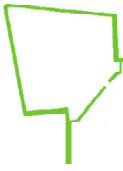
#### 10.1.1 La cella fotovoltaica

L'elemento base della tecnologia fotovoltaica è rappresentato dalla cella, che può essere realizzata secondo diverse modalità. Essa consiste in una porzione piana di materiale semiconduttore, di spessore estremamente ridotto, cui vengono applicati dei contatti elettrici.

Esposta alla luce, la cella è in grado di produrre direttamente energia elettrica in corrente continua, sfruttando il fenomeno fisico dell'interazione tra le particelle di energia che compongono la radiazione solare, i fotoni, con gli elettroni di valenza degli elementi semiconduttori usati per la realizzazione della cella stessa.

Quando la cella fotovoltaica viene esposta alla radiazione solare, i fotoni che compongono quest'ultima possono venirne riflessi, assorbiti, oppure trasmessi attraverso di essa. Ai fini della conversione fotovoltaica, infatti, i fotoni non sono tutti equivalenti, poiché il loro contenuto energetico dipende dalla frequenza e dalla lunghezza d'onda della radiazione corrispondente, secondo l'espressione :

$$E_f (\lambda) = \frac{h \times c}{\lambda}$$



dove:

$E_f(\lambda)$  indica l'energia posseduta dal fotone appartenente alla radiazione della lunghezza d'onda  $\lambda$  [J];

$h$  è la costante di Planck, pari a  $6,626 \times 10^{-34}$  Js;

$c$  rappresenta la velocità della luce nel vuoto, il cui valore è di circa 300.000 km/s;

$\lambda$  indica la lunghezza d'onda della radiazione [ $\mu\text{m}$ ]

Per potere essere assorbiti e partecipare al processo i fotoni che investono la cella devono possedere un'energia superiore a un certo valore minimo detto EG, *energy gap*, che dipende dal tipo di semiconduttore impiegato. Se non si verifica questa condizione, essi attraversano tutto lo spessore del dispositivo senza innescare il meccanismo di conversione.

Il materiale di cui è composta a cella fotovoltaica, la sua struttura molecolare e la configurazione elettronica sono gli elementi che maggiormente influiscono sulle prestazioni del dispositivi. Attualmente il mercato del fotovoltaico è dominato dalle tecnologie al silicio, mono o policristallino, ma si stanno rivelando molto promettenti per il futuro materiali innovativi, come i film sottili, da noi presi in esame.

La tecnologia di *film sottili* è costituita da pellicole finissime (spesse circa 1  $\mu\text{m}$ ) di silicio amorfo e semiconduttori policristallini. Le celle fotovoltaiche a film sottile possono essere realizzate con diseleniuro di indio e rame ( $\text{CuInSe}_2$  o più comunemente CIS) o con tellurio di cadmio (CdTe); entrambe le tipologie hanno un'efficienza che si aggira attorno a 12-14%. Per realizzare i moduli di diseleniuro di indio e rame si procede depositando sotto vuoto i vari strati e sottoponendoli a successivi trattamenti termici.



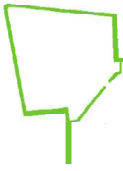
### 10.1.2 Il funzionamento della cella fotovoltaica

Quando la cella fotovoltaica viene investita dalla radiazione solare diviene un generatore di corrente continua, il cui comportamento può essere descritto tramite le curve di caratteristica tensione-corrente che individuano i valori di tensione e di intensità e della corrente prodotta. Tali curve sono tracciate tra i due valori massimi di intensità della corrente del corto circuito  $I_{SC}$  e di tensione del circuito aperto  $V_{OC}$  e rappresentano il luogo dei punti in cui a coppia di valori  $I$  e  $V$  corrisponde un determinato valore della potenza  $P$  erogata.

La curva caratteristica di una specifica cella fotovoltaica posta in un particolare contesto dipende, sostanzialmente, da tre variabili fondamentali: intensità della radiazione incidente su di essa, temperatura alla giunzione e area della cella stessa.

Il valore dell'irraggiamento solare influenza l'intensità della corrente di corto circuito della cella in maniera direttamente proporzionale. Al crescere dell'intensità dell'energia elettromagnetica incidente compresa nello spettro di conversione si verifica parallelamente un aumento del flusso di elettroni da uno stato all'altro della cella. La tensione a vuoto (e quindi anche la differenza di potenziale a circuito chiuso), invece, è influenzata in minima parte dalla radiazione e dipende dalle peculiarità del materiale con cui essa è realizzata e dalla temperatura a cui si trova. Si riscontra una proporzionalità inversa, secondo cui la diminuzione della tensione a vuoto è connessa al crescere della temperatura della cella (o meglio, della giunzione) all'incirca nella misura dello 0,2-0,5%/C°, a seconda del tipo di semiconduttore. L'area della cella influenza il valore della corrente generata in condizioni di corto circuito la corrente prodotta è massima ( $I_{SC}$ ), mentre in condizioni di circuito aperto è massima la tensione ( $V_{OC}$ ). La potenza è data dall'espressione:

$$P = V \times I$$



dove:

$P$  è la potenza erogata dalla cella [W]

$V$  è la differenza di potenziale [V]

$I$  è l'intensità della corrente [A]

Si noti come in condizione di circuito aperto e di corto circuito la potenza estraibile sia uguale a zero: infatti sarà nulla la corrente nel primo caso, e la tensione nel secondo.

La potenza massima estraibile dalla cella in condizioni di illuminazione e temperature predefinite viene misurata in watt di picco ( $W_p$ ).

La convenzione internazionale ha fissato come condizioni di riferimento la temperatura alla giunzione pari a 25°C, l'irradianza 1.000 W/m<sup>2</sup> con incidenza normale rispetto al piano della cella e uno spettro della radiazione solare pari a quello riscontrabile in condizioni di AM 1,5. Con AM si intende la massa d'aria attraversata dai raggi solari ed è uguale al rapporto tra la lunghezza dell'effettivo percorso dei raggi solari nell'atmosfera e il suo spessore minimo, cioè la lunghezza del percorso nel caso in cui il Sole si trovi esattamente allo zenit. Il valore AM 1,5 è quello medio riscontrabile a una latitudine di 45°.

L'insieme di questi tre parametri, temperatura di giunzione, irradianza e AM individua una particolare situazione identificata come STC, *standard test conditions*, e consente di paragonare tra loro le prestazioni di diversi componenti, indipendentemente dalle specifiche condizioni del sito in cui andranno a operare.

L'efficienza di una cella fotovoltaica è strettamente legata alla struttura atomica del materiale costituente e può essere definita come il rapporto tra la potenza massima da essa erogata e la radiazione intercettata dalla sua superficie, in determinate condizioni di temperatura e spettro solare; quindi, il suo valore può subire continue variazioni al mutare della situazione al contorno.



Per avere dei precisi termini di riferimento si definisce l'efficienza nominale, misurata in STC come:

$$\eta_{cella} = \frac{P_{cella}}{I_{STC} \times A_{cella}}$$

dove:

$\eta_{cella}$  indica l'efficienza nominale della cella;

$P_{cella}$  è la massima potenza erogabile dalla cella in STC [ $W_p$ ]

$I_{STC}$  indica l'irradianza in *standard test conditions*, pari a 1.000  $W/m^2$

$A_{cella}$  rappresenta l'area della cella [ $m^2$ ].

La potenza della cella in STC <sup>1</sup> di viene definita potenza nominale ( $P_n$ ) o anche potenza di picco (da cui l'unità di misura  $W_p$ ) in quanto rappresenta un valore limite superiore: infatti le normali condizioni operative sono in genere più sfavorevoli rispetto a quelle assunte come riferimento.

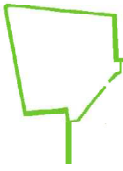
Il valore di  $\eta$  oscilla attorno al 5-25%, ossia in un'ipotetica cella di un metro quadrato di area in STC può generare una potenza massima variabile da 50 a 250 W, a seconda del materiale di cui è composta; nel caso di pannelli CIS il valore di  $\eta$  è pari al 12-14%.

Non tutta l'energia che investe la cella viene trasformata in energia elettrica e l'efficienza di conversione varia a seconda del materiale impiegato, della configurazione della cella, del livello energetico troppo elevato dei fotoni che compongono la cella.

---

<sup>1</sup> Per STC si intende le "condizioni standard" di: temperatura a 25°C, irradianza di 1.000  $W/m^2$  con incidenza normale rispetto al piano della cella e uno spettro della radiazione solare pari a quello riscontrabile in condizioni di AM 1,5.





### 10.1.3 Il modulo fotovoltaico

Le celle vengono connesse in serie o in parallelo per ottenere la tensione e la corrente adatte per il tipo di utilizzo desiderato in un'unica struttura: il pannello fotovoltaico.

Anche l'efficienza per il modulo, come per la cella, si ottiene dalla formula

$$\eta_{cella} = \frac{P_{cella}}{I_{STC} \times A_{cella}}$$

Se si esprime  $I_{STC}$  in kW/ m<sup>2</sup> e si considera che il suo valore è sempre uguale all'unità, si ottiene la potenza nominale del modulo ( $P_{mod}$ ) in STC, espressa in kW<sub>p</sub>:  $P_{mod} = \eta_{mod} \times A_{mod}$  [1]

Con questa formula diventa facile calcolare la produttività energetica dell'impianto che sarà rapportato all'area complessivamente occupata.

Un fattore importante da considerare è il legame tra  $\eta_{mod}$  e le effettive condizioni di temperatura delle celle, l'angolo di incidenza e la composizione spettrale della radiazione solare.

### 10.1.4 La stringa fotovoltaica

L'insieme dei moduli fotovoltaici collegati elettricamente in serie tra loro per ottenere la tensione richiesta è detta "stringa". L'aggregazione di più stringhe costituisce il campo fotovoltaico, o generatore fotovoltaico. Con la definizione di "impianto fotovoltaico" si intende l'insieme di tutte quelle componenti meccaniche, elettriche ed elettroniche che captano e trasformano l'energia solare disponibile, rendendola utilizzabile dall'utenza sotto forma di energia elettrica. La formula [1] con la quale si ricava il rendimento dell'intero impianto sarà poi corretta con opportuni coefficienti di riduzione, dato che durante il



funzionamento del sistema si verificheranno delle perdite dovute alle mutevoli condizioni meteorologiche.

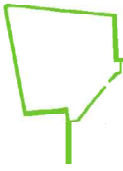
### 10.1.5 Il generatore fotovoltaico

L'impianto è composto da i moduli fotovoltaici e da tutta la componentistica "non fotovoltaica". Quest'ultima è denominata BOS (*balance of system*) ed è costituita da cavi e quadro elettrico, inverter, batterie di accumulo e regolatori di carica, strutture di sostegno e di ancoraggio.

L'energia prodotta dal sistema è in corrente continua e viene convertita in corrente alternata tramite un inverter.

Nel progettare l'impianto si sono tenuti in considerazione i seguenti accorgimenti:

- ciascuna stringa sarà singolarmente sezionabile, al fine di poter effettuare verifiche di funzionamento e manutenzioni senza dover porre fuori servizio l'intero generatore fotovoltaico.
- Ciascuna stringa sarà provvista di un dispositivo di protezione da sovracorrente, diodo di blocco o fusibili, per evitare che una stringa divenga passiva in seguito a ombreggiamento o guasti, dissipando la potenza elettrica generata dalle altre stringhe.
- ogni stringa sarà dotata di dispositivi di protezione contro le sovratensioni dovute a scariche atmosferiche (es. aste di captazione).
- le strutture di sostegno sono state dimensionate in modo da resistere alle sollecitazioni di carico, quali peso strutture, peso moduli, carico da neve, spinta del vento, variazioni termiche, etc.



### 10.1.6 L'impianto fotovoltaico

Per progettare un impianto fotovoltaico occorre distinguere tra le fasi:

- 1) analisi del fabbisogno dell'utenza servita;
- 2) Confronto i consumi della sede di Bosco Fontana e della futura sede di Verona
- 3) analisi della risorsa solare;
- 4) stima dell'energia producibile;
- 5) progetto di dettaglio.

Il sistema impiantistico è stato progettato in modo che coprisse i consumi energetici dell'edificio: si sono infatti valutati i consumi relativi alle apparecchiature elettriche utilizzate nei laboratori invertebratologici e alle altre componenti impiantistiche che sono alimentate dall'energia elettrica in modo da assicurare l'alimentazione elettrica occorrente all'utenza. Il sistema fotovoltaico è connesso alla rete elettrica così che durante i periodi di scarsa disponibilità di irraggiamento solare l'utente può rifornirsi dalla rete e, viceversa, nei periodi di sovrapproduzione ne raccoglie l'eccesso.

I pannelli fotovoltaici producono energia a corrente continua, passando per un n viene trasformata in alternata; la corrente sarà usata dall'utenza collegata o immessa direttamente nella rete e per registrare i consumi vi è un contatore doppio che ne riporta i due valori di energia ceduta ed energia prelevata.

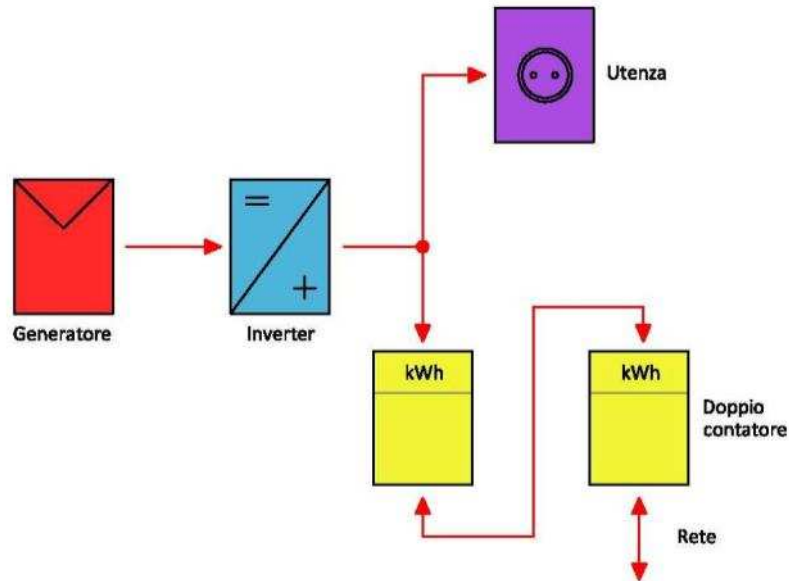
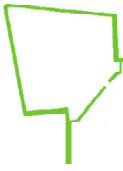


Fig. 198 Schema di un sistema fotovoltaico isolato

## 10.2 La scelta dell'impianto

La quantità di energia prodotta da un sistema fotovoltaico dipende da diversi fattori: a) il sito in cui l'impianto viene installato; b) l'orientamento dei moduli; c) la tipologia dei moduli; d) l'impianto stesso.

- a) il sito: l'insolazione è determinata dalle condizioni climatiche e dalla latitudine. La latitudine influisce in quanto più ci si avvicina all'equatore più aumentano le radiazioni solari. Un altro fattore da tenere in considerazione è la presenza di ostacoli che potrebbero oscurare i pannelli e quindi impedire o ridurre l'incidenza della radiazione solare sui pannelli.
- b) l'orientamento dei moduli: durante la progettazione dell'impianto fotovoltaico è necessario scegliere la posizione favorevole da cui ne deriva l'irradianza migliore.
- c) la tipologia dei moduli: la scelta di utilizzare un modulo piuttosto che un altro è stata determinata dal confronto delle



caratteristiche che i diversi moduli tuttora in commercio posseggono.

- d) l'impianto: può distinguersi in sistema isolato o sistema collegato alla rete elettrica.

Anche le fasi di progettazioni sono state scomposte in questa divisione.

### 10.2.1 Il sito di progetto

La latitudine di Verona è di circa  $45^{\circ}, 26'$ . L'area in cui si colloca l'edificio non è oscurata da altri edifici più alti o vicini che magari possono impedire l'incidenza della radiazione solare.

La decisione di posizionare i pannelli sulla copertura dell'edificio è stata verificata con il diagramma polare dei percorsi solari e con il software "Heliodon".

Sul diagramma polare sono riportate sette linee, ovvero i sette percorsi solari riferiti a giorni tipo mensili, scelti in modo che i due mesi simmetrici avessero i valori della declinazione il più possibile vicini tra loro che siano compresi i giorni in cui il sole è più alto (solstizio d'estate) e più basso (solstizio d'inverno). Inserendo nel software Heliodon la pianta dell'edificio, la latitudine, la data del mese e l'ora si ottiene l'assonometria solare relativa al proprio edificio, rimando al **cap.7**.

### 10.2.2 La disposizione dei pannelli

Mediante il software "PVgis" sono stati calcolati i valori di irradianza del giorno medio mensile relativo alla singola inclinazione dei pannelli, che si sono posizionati sulla falda sud della copertura. La copertura, essendo curva, avrà differenti valori per ogni striscia di pannelli poiché essi ha un diverso orientamento.

Le strisce sono collegate in serie tra loro; i pannelli sono disposti in senso orizzontale (asse x: 120 cm; asse y: 60 cm)



Nel software PVgis sono stati inseriti i dati della latitudine, la tipologia di pannelli, l'efficienza dei pannelli e l'inclinazione dei pannelli, per ottenere i valori delle irradianze diffuse e dirette relative al giorno medio mensile di ogni mese.

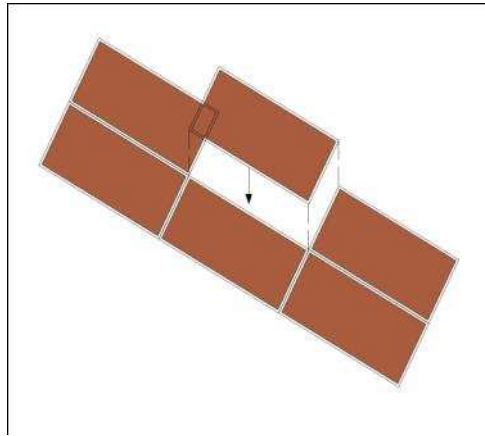


Fig. 199 Schema del collegamento in serie dei pannelli fotovoltaici

### 10.2.3 La tipologia dei pannelli

I “moduli CIS” esaminati per realizzare la copertura dell'edificio sono realizzati da celle multistrato CIS collegate in serie. La ditta a cui facciamo riferimento è la “Far Systems, del Gruppo Tosoni” che ne produce attualmente svariati colori: neri, rossi, diversi tipi di verde. I colori si ottengono inserendo dei pigmenti nel materiale; tali pannelli arrivano a 70 W di picco (fig.5).

Lo spessore può variare a seconda dei requisiti strutturali del pannello e possono essere dotati di cornice in alluminio di colore nero per alcuni sistemi non integrati.

I pannelli CIS possono presentarsi anche traforati o “a strisce” (fig.2), con diverse percentuali di trasparenze (al 20 o al 40%) a seconda delle esigenze. Se posto a soffitto o in orizzontale (vedi fig. in alto a sinistra) il



pannello ha le dimensioni massime di 1,40 metri; la scatoletta sta sopra il piano, i cavi passano nella parte opaca ed entrano nella cornice.

Questi pannelli possono essere applicati alle facciate verticali, e su di essi si può applicare una serigrafia (fig.3-4): in questo modo la tecnologia sarà esibita e non più "nascosta".

Utilizzando queste tecnologie oltre che limitare l'utilizzo di materia prima, si riduce il costo del materiale di partenza e di quello di fabbricazione, oltre che avere a disposizione dei pannelli che offrono prestazioni superiori alla luce diffusa, alle basse temperature ed all'oscuramento parziale. Inoltre questi pannelli, se sottoposti ad elevate temperature non perdono di potenza come quelli al silicio. I pannelli arrivano a 80 W di picco per il formato standard di 120 x 60 cm.

Tipo di modulo fotovoltaico	Fp (kW/m <sup>2</sup> )
Silicio monocristallino	0,150
Silicio pluricristallino	0,130
Film sottile di silicio amorfo	0,060
altri strati di film sottile	0,035
Film sottile Copper-Galium-Diselenide	0,105
Film sottile Cadmium- Telloride	0,095

Tab. 12 Valori indicativi del fattore di potenza di picco

(Fonte: UNI TS 11300-4)

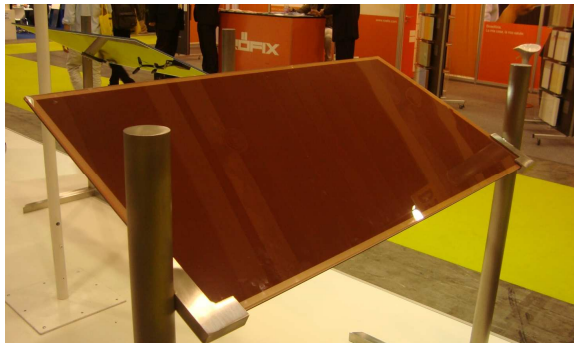


Fig. 200 Pannelli CIS di colore rosso



Fig. 201 Pannelli CIS microforati



Fig. 202 Pannelli CIS a strisce



Fig. 203 Pannelli serigrafati

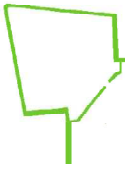
### 10.3 Il fotovoltaico integrato alla copertura

Per ottenere l'energia producibile dei pannelli fotovoltaici occorre:

- moltiplicare il valore dell'irradianza di ogni mese per il numero dei giorni di ciascun mese
- sommare le irradianze di ogni mese, così da avere il valore dell'energia prodotta all'anno.

Quest'operazione è stata fatta per ogni inclinazione dei pannelli.





### 10.3.1 L'energia in entrata sui pannelli fotovoltaici

I dati tecnici dei moduli fotovoltaici forniscono i valori dell'efficienza dei pannelli, pari a 14%, e la potenza di picco dei pannelli CIS rossi è pari a 58,5 W<sub>p</sub>.

L'energia elettricamente producibile dall'impianto sarà data dalla seguente formula:

$$E_{PV} = \eta_{BOS} \times K_{PV} \times P_{PV} \times H$$

dove:

$E_{PV}$  è l'energia elettrica producibile dall'impianto fotovoltaico [kWh]

$\eta_{BOS}$  è l'efficienza della componentistica non fotovoltaica del sistema, che dipende dalle perdite dovute ai cablaggi e all'inverter; il suo valore si aggira mediamente attorno al 0,8-0,9

$K_{PV}$  è un fattore di riduzione che tiene conto dei fenomeni di surriscaldamento dei pannelli, depositi di polvere sui vetri di protezione, perdite nei circuiti, convenzionalmente pari a 0,9

$P_{PV}$  rappresenta la potenza complessiva dell'impianto fotovoltaico [kW<sub>p</sub>], pari al numero di pannelli installati per la potenza di picco

$H$  è l'irradianza solare incidente sulla superficie dei moduli fotovoltaici, che può essere considerata su base oraria, giornaliera, mensile o annuale [kWh/m<sup>2</sup>]

Nel caso esaminato, avendo le inclinazioni dei pannelli differenti, si sono calcolate singolarmente le strisce che hanno ciascuna un'irradianza incidente differente e poi si sono sommati i risultati per ottenere l'energia complessiva producibile. Riporto un esempio di calcolo di una striscia di pannelli:



$$E_{PV 41^\circ} = 0,8 \times 0,9 \times 3,92 \times 1403,33 = 3960,76 \text{ kWh/anno}$$

Sommando le energie delle singole strisce si può conoscere quanta energia produce l'impianto in un anno, che è pari a  $E_{PV \text{ tot}} = 48687,37$  kWh/anno. Questo valore rappresenta l'energia generata dal fotovoltaico, energia in entrata, che dovrà coprire l'intero consumo energetico dei Laboratori invertebratologici.

### 10.3.2 L'energia in uscita sui pannelli fotovoltaici

Un sistema fotovoltaico deve essere concepito e realizzato allo scopo di andare ad alimentare in tutto o in parte i consumi elettrici dell'utenza che ne usufruisce.

La tipologia e la taglia dell'impianto sono condizionate dalla domanda di energia e potenza.

È necessario pertanto determinare, seppur preventivamente, la natura e la fattibilità dei fabbisogni energetici da soddisfare, e anche la loro distribuzione temporale nell'arco della giornata, nelle differenti stagioni e nell'intero anno.

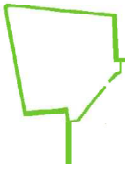
Risulta utile infatti capire se vi è un parallelismo tra necessità di consumo e disponibilità di radiazione solare. In caso affermativo, l'efficienza del sistema migliora notevolmente limitando le perdite di stoccaggio e distribuzione.

Tutte le apparecchiature elettriche previste nei laboratori vengono analizzate con le rispettive ore di esercizio. Il consumo elettrico di ogni apparecchio è regolato dalla relazione:

$$E = P \times \tau$$

In cui:

P è la potenza elettrica dell'apparecchio (W)



$\tau$  è il tempo di funzionamento dell'apparecchio (h)

I dati che interessano alla progettazione dell'impianto fotovoltaico riguardano l'entità del carico complessivo nei giorni medi mensili (kWh/giorno) e su base annua (kWh/anno) dei consumi elettrici.

L'impianto fotovoltaico in questione si pone l'obiettivo di coprire interamente il fabbisogno energetico dei laboratori progettati.

Secondo quanto specificato all'interno della Direttiva Europea 2002/91/CE, la determinazione della prestazione energetica di un edificio deve comprendere anche la valutazione del fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione, per questo sono stati valutati anche i consumi degli apparecchi elettrici presenti nei laboratori. Secondo la norma UNI EN 12464-1:2004 relativa alla luce e illuminazione ("Illuminazione dei posti di lavoro - Parte 1: Posti di lavoro in interni") si è tenuto come valore *300 lux*.

Si può, quindi, procedere al calcolo considerando che l'illuminazione artificiale viene utilizzata in ragione inversa della disponibilità di illuminazione naturale, che è variabile nei diversi periodi dell'anno.

Occorre, quindi, stimare le ore di utilizzo dell'impianto di illuminazione di un giorno tipo di ogni mese, da questo si ottiene il consumo energetico giornaliero, che va poi moltiplicato per le ore di utilizzo. Moltiplicando quest'ultimo valore per i giorni di ogni mese si ottiene il consumo mensile e, sommando i mesi, il consumo annuale.

Il calcolo è stato effettuato con riferimento alle superfici di ambienti dello stesso tipo, richiedenti determinate quantità di luce.

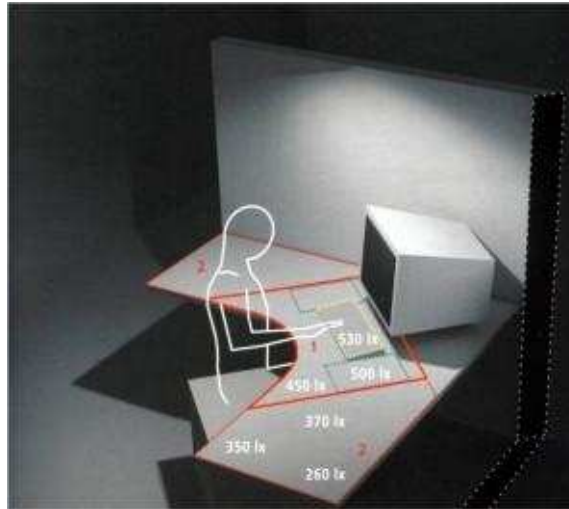


Fig. 204 Schema dei valori medi minimi dell'illuminazione in un ambiente di lavoro.

### 10.3.3 I calcoli dell'impianto fotovoltaico

#### 1) Analisi dei fabbisogni dell'utenza servita

<b>Apparecchiatura</b>	<b>Consumo [kW/h]</b>	<b>Ore di funzionamento [h/g]</b>	<b>Energia elettrica consumata [kWh/g]</b>	<b>Energia elettrica consumata [kWh/anno]</b>
25 Computers	0,15	6	22,5	6750
Frigorifero	0,06	24	1,44	525,6
2 Congelatori	0,3	24	14,4	5256
25 Microscopi ottici	0,1	2	5	1500
Server	0,3	6	1,8	540
2 Fotocopiatrici	0,3	6	3,6	1080
Impianto di aereazione	0,9	5	4,5	1350
			TOTALE	17001,6

Tab. 13 Consumi energetici delle apparecchiature elettriche (fonte: Il fotovoltaico in Architettura, N. Aste)

<b>Apparecchiatura</b>	<b>Potenza [W]</b>	<b>Ore di funzionamento[h/g]</b>	<b>Energia elettrica consumata [kWh/g]</b>	<b>Energia elettrica consumata [kWh/anno]</b>
Televisore	200	8	1.6	480
Frigorifero	50	24	1.2	438
Congelatore	50	24	1.2	438
Piano cottura	150	5	0.75	225

Tab. 14 Consumi energetici delle apparecchiature elettriche dei locali di servizio

<b>Lampada</b>	<b>N. Lampadine</b>	<b>Ore di funzionamento[h/g]</b>	<b>Energia elettrica consumata [kWh/g]</b>	<b>En. elettrica consumata [kWh/anno]</b>
Sala allevamento	1	2	0.04	12
Sala smistamento	3	4	0.24	72
Sala stampa	1	2	0.04	12
Collezione ad alcool	8	2	0.32	96
Collezione a secco	4		0	0
Sala da pranzo	2	2	0.08	24
Ufficio di rappresentanza	2	2	0.08	24
Segreteria	2	6	0.24	72
Infermeria	1	0.5	0.01	3
Uffici	12	6	1.44	432
Laboratori	12	6	1.44	432
Sala riunioni	3	1	0.06	18
Sala relax	1	3	0.06	18
Sala foto	1	1	0.02	6
Sala rifiuti	1	0.5	0.01	3
2 WC uomini	2	3	0.12	36
2 WC donne	2	3	0.12	36
2 Antibagni	2	3	0.12	36
Deposito	2	0.5	0.02	6
			<b>TOTALE</b>	<b>1338</b>

Tab. 15 Consumi elettrici relativi all'illuminazione



Sommando i consumi energetici degli apparecchi elettrici ai consumi delle lampade risulta un consumo elettrico complessivo pari a 19920.6 kWh/anno.

*2) Confronto i consumi della sede di Bosco Fontana e della futura sede di Verona*

Abbiamo reperito la quantità di energia consumata l'anno scorso nella sede dei laboratori di Bosco Fontana: essa è stata di circa 17959 kWh. Constando che il sistema di riscaldamento è dato da una caldaia a gas e che conta 12 persone che lavorano nella sede.

Nella futura sede di Verona lavoreranno 25 ricercatori e i consumi stimati dal precedente calcolo sono pari a 19920 kWh. I consumi appaiono molto simili perché nella vecchia sede si utilizzavano apparecchi illuminanti meno efficienti rispetto a quelli che si utilizzeranno per la nuova sede.

	kWh
<b>Febbraio '09</b>	1266
<b>Marzo</b>	1271
<b>Aprile</b>	1214
<b>Maggio</b>	1176
<b>Giugno</b>	1179
<b>Luglio</b>	1606
<b>Agosto</b>	1776
<b>Settembre</b>	1188
<b>Ottobre</b>	1372
<b>Novembre</b>	1617
<b>Dicembre</b>	1516
<b>Gennaio '10</b>	1370
<b>Febbraio</b>	1408

**Consumi energetici in un anno: 17959 kWh**

Tab. 16 Consumi energetici di Bosco Fontana

3) *Analisi dell'irraggiamento medio annuale presente a Verona a 30°; con il software Pvgis abbiamo trovato per le diverse inclinazioni dei pannelli l'irradianza solare.*

Irr, g.m.m.(Wh/m <sup>2</sup> mese)	Mese	Giorni	Irr. Totale (Wh/m <sup>2</sup> )
1320	1	31	40920
1880	2	28	52640
3100	3	31	96100
4130	4	30	123900
4920	5	31	152520
5890	6	30	176700
6020	7	31	186620
5080	8	31	157480
3840	9	30	115200
2320	10	31	71920
1450	11	30	43500
1050	12	31	32550
		TOTALE	1250050
TOTALE		kWh/m <sup>2</sup> anno	1250,05

Tab.17 Irradianze mensili (fonte: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps> )

#### 4) *Stima dell'energia producibile*

Con i dati ricavati da Pvgis relativi a Verona e alle diverse inclinazione dei pannelli,abbiamo stimato l'energia producibile da ogni stringa, composta da 56 pannelli, utilizzando la formula

$$E_{PV} = \eta_{BOS} \times K_{PV} \times P_{PV} \times H$$

L'energia prodotta in un anno dall'impianto fotovoltaico è pari a 48687,37 kWh/anno: è quindi capace di coprire interamente il fabbisogno energetico dei laboratori che consumano 19920,6 kWh/anno.



L'energia non utilizzata dalle apparecchiature elettriche potrà andare in modo parziale a coprire i fabbisogni elettrici della pompa di calore; eventuali rimanenze saranno cedute alla rete in regime di scambio sul posto e quindi monetizzata col conto energia.

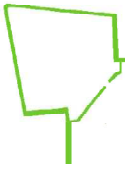
<b>Pannelli a 7°</b>	
Energia elettrica consumata E [kWh/anno]	18339,6
Irradiazione solare H [kWh/m <sup>2</sup> anno]	1297
Potenza pannello [W <sub>P</sub> ]	58,5
Numero pannelli installati	56
Potenza complessiva di una stringa fotov. [kW <sub>P</sub> ]	3,276
Efficienza BOS, h <sub>BOS</sub> = 0,8	0,8
Fattore di riduzione, K <sub>PV</sub> = 0,9	0,9
Energia elettrica fotovoltaica producibile dalla stringa [kWh/anno]	3059,26

Tab. 19 Calcolo energia elettrica producibile dai pannelli fotovoltaici inclinati a 7°

	Energia elettrica fotovoltaica producibile [kWh/anno]
<b>Pannelli a 9°</b>	3095,13
<b>Pannelli a 12°</b>	3144,50
<b>Pannelli a 14°</b>	3174,55
<b>Pannelli a 17°</b>	3213,17
<b>Pannelli a 19°</b>	3236,75
<b>Pannelli a 22°</b>	3266,76
<b>Pannelli a 24°</b>	3284,59
<b>Pannelli a 27°</b>	3304,50
<b>Pannelli a 29°</b>	3312,26
<b>Pannelli a 31°</b>	3319,31
<b>Pannelli a 34°</b>	3326,34
<b>Pannelli a 36°</b>	3324,26
<b>Pannelli a 39°</b>	3315,94
<b>Pannelli a 41°</b>	3310,06

Tab. 20 Calcolo energia elettrica fotovoltaica producibile alle diverse inclinazioni





### 5) Progetto dell'impianto nel dettaglio

Trattandosi di un impianto di dimensioni discretamente grandi l'impianto costituito da cinquantasei pannelli in ogni fila, sarà necessario dividere in due parti il "carico elettrico".

Alcune considerazioni riguardo le stringhe:

- Ciascuna stringa deve essere singolarmente sezionabile, al fine di poter effettuare verifiche di funzionamento e manutenzioni senza dover porre fuori servizio l'intero generatore fotovoltaico; inoltre ogni stringa deve essere provvista di un dispositivo di protezione da sovracorrente: **diodo di blocco o fusibili**, per evitare che una stringa divenga passiva in seguito a ombreggiamento o guasti, dissipando la potenza elettrica generata dalle altre stringhe.
- E' necessario valutare l'opportunità di dotare ciascuna stringa di dispositivi di protezione contro le **sovratensioni** dovute a scariche atmosferiche (es. aste di captazione)

E' necessario dimensionare opportunamente le **strutture di telaio**, per resistere alle sollecitazioni di carico, quali peso strutture, peso moduli, carico da neve, spinta del vento, variazioni termiche, ecc. per questo motivo la ditta Far System, ha predisposto come sistema di aggancio in alluminio tipo alucobond.

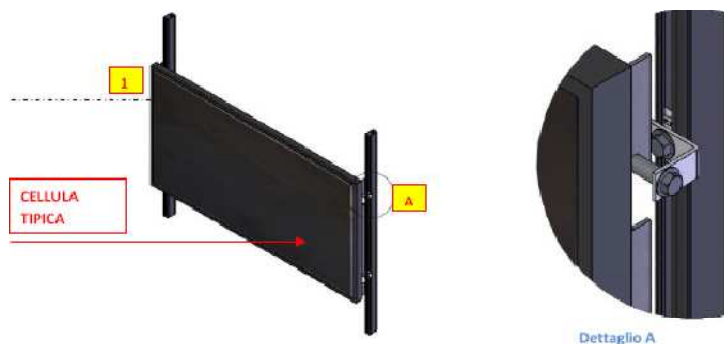


Fig. 205 Elementi di sostegno in alluminio dei pannelli



## Bibliografia

- Aste N., *Il fotovoltaico in architettura, l'integrazione edilizia dei sistemi per la generazione di elettricità solare*, aggiornato al Conto Energia (D.M. 28-7-2005), ed. Sistemi editoriali, Napoli, 2005
- Barbetta G., *Le mura e le fortificazioni di Verona*, ed. di "Vita Veronese", Verona 1978
- Beltramini G., *Le strade entro la cinta muraria*, ed. di Vita Veronese, Verona, 1983
- Bozzetto L. V., *Verona la cinta magistrale Asburgica*, Venezia, 1993
- Conforti Calcagni, *Le mura di Verona: la città e le sue difese dalla fondazione romana all'unità d'Italia*, ed. Cierre, Verona, 1999
- Cremonese N. A., *Verona, Panorama storico*, ed. di "Vita Veronese", Verona, 1978
- Jacobacci V., *La piazzaforte di Verona sotto la dominazione austriaca 1814-1866*, ed. Cassa di Risparmio di Verona Vicenza e Belluno, Verona, 1980
- Meneghelli F., *Le Mura e i Forte di Verona: itinerari e percorsi*, ed. Cierre, Verona 2006
- Molinari C., *Elementi di cultura tecnica, Lezioni del corso dei materiali e progettazione di elementi costruttivi*, Maggioli, Rimini 2007
- Rava P., *Tecniche costruttive per l'efficienza energetica e la sostenibilità*, ed. Maggioli, Santarcangelo di Romagna, 2008
- Reichel, Ackermann P., Hentschel A., Hockberg A., *Acciaio*, ed. it. a cura di E. De Angelis, UTET Scienze Tecniche, Detail, Monaco di Baviera, 2008

- Rizzo R., *La casa intelligente : risparmio, tecnologia e comfort*, ed. F. Muzzio, Roma 2007
- Sinistri C. e Perini C., *Verona nelle antiche stampe, Catalogo delle stampe della città dalla fine del sec. XV alla fine del sec. XIX*, c. saggio introduttivo di G.P. Marchini, ed. Libreria Antiquaria Perini, Verona, 1978
- Tichelmann K. e Pfau J., *Costruzioni a secco*, ed. it. a cura di E. De Angelis, UTET Scienze Tecniche, Detail, Monaco di Baviera, 2009
- Tucci F., *Involucro ben temperato : efficienza energetica ed ecologica in architettura attraverso la pelle degli edifici con 50 casi di studio*, ed. Alinea Editrice, Firenze, 2006

## Riferimenti a siti web

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps>

[www.aluk.it](http://www.aluk.it)

[www.ecoticm.it](http://www.ecoticm.it)

[www.edilportale.com](http://www.edilportale.com)

[www.knauf.it](http://www.knauf.it)

[www.rdsystems.it](http://www.rdsystems.it)

[www.sap2000.org](http://www.sap2000.org)