

AREA ARCHEOLOGICA E PROGETTO DI ARCHITETTURA

Milano: il circo e il quartiere imperiale



STUDENTESSE: ADAMI MARTINA, BARATTA NORMA CAMILLA, BIOLO FRANCESCA

RELATORE: FERRO LUISA

CORRELATORI: GIAMBRUNO MARIA CRISTINA, PAGANIN GIANCARLO, PALMA DANIELE, PETRINI LORENZA



Politecnico di Milano
Scuola di Architettura, Urbanistica e Ingegneria delle costruzioni
Laurea magistrale in Architettura delle Costruzioni
AA. 2018/2019

Tesi di laurea magistrale

Studentesse:

Martina Adami - 896607
Norma Camilla Baratta - 896919
Francesca Biolo - 897247

INDICE

Abstract	7
Introduzione	11
1. Milano capitale imperiale romana	
1.1 Nascita e sviluppo di Mediolanum	15
1.1 Milano capitale e l'ampliamento dell'urbs	16
1.1 Il sistema palazzo-circo	21
2. Il Monastero Maggiore	
2.1 L'evoluzione delle preesistenze durante il passaggio dall'urbs pagana alla città medievale e la nascita del Monastero Maggiore	27
2.2 La "pratica del reimpiego" in epoca medievale	30
2.3 L'edificazione della chiesa di San Maurizio e le principali trasformazioni del complesso monastico	32
2.4 La soppressione del convento e la sua parziale demolizione	36

3. L'area archeologica di via Brisa e Gorani: dimore signorili e il monastero di Santa Maria de Quinzano	
3.1 Le dimore storiche presenti nell'isolato di Brisa	39
3.2 Il monastero de Quinzano: una presenza fugace (XV secolo)	42
4. Le trasformazioni urbanistiche: gli sventramenti ottocenteschi e il progetto della "Racchetta"	
4.1 Nuove vie, nuove quinte stradali: il volto rinnovato delle preesistenze	49
4.2 Il progetto della "Racchetta"	51
5. La contrada di via Brisa tra la Seconda Guerra Mondiale e la ricostruzione	
5.1 Il dramma del conflitto: bunker e bombardamenti	59
5.2 Criteri di intervento della fase ricostruttiva	61
5.3 La ricostruzione: il Civico Museo Archeologico	63
6 I ritrovamenti archeologici	
6.1 Il contesto dei primi ritrovamenti	73
6.2 La riscoperta del circo	74
6.3 Il quartiere imperiale: l'area archeologica di via Brisa	78
6.4 Il quartiere imperiale nelle indagini più recenti: l'area archeologica di via Gorani	82
6.5 I principali interventi di conservazione dei resti archeologici	87

7. L'area ad oggi	
7.1 Il Civico Museo Archeologico	91
7.2 L'area archeologica di via Brisa e Gorani	95
8. Il progetto	
8.1 Brief	101
8.2 Il progetto	113
8.3 Relazione strutturale	
Il circo	
8.3.1 Le vasche alberate	119
8.3.2 Il muro espositivo	136
8.3.3 La gradonata	138
Il palazzo imperiale	
8.3.4 La calotta	145
8.3.5 Il limite dell'area archeologica	162
Calcoli e approfondimenti	
8.3.6a Il carico del sisma E	167
8.3.6b Il carico del vento Q_w	168
8.3.6c Il carico della neve Q_s	169
8.3.7 Il rischio sismico a Milano	170
8.4 Relazione tecnologica	
8.4.1 Il polo museale in via Ansperto	207
8.4.2 La valorizzazione dell'area archeologica di via Brisa	213
8.5 Relazione impiantistica	
8.5.1 Impianto di raccolta e di riutilizzo delle acque meteoriche	219

8.5.2	Verifica alla pioggia di stravento	227
8.5.3	Impianto VMC	228
8.5.3	Sistemi di illuminazione	231
8.6	Allegati	
8.6.1	Allegati alla relazione tecnologica	242
8.6.2	Allegati alla relazione impiantistica	258
9.	Fonti	
9.1	Bigliografia	273
9.2	Sitografia	279

ABSTRACT

L'area oggetto di studio e progettazione della seguente tesi corrisponde al settore nord-occidentale dell'antica Mediolanum, sede del sistema del circo e del quartiere palaziale, ad oggi compresa tra corso Magenta, via Santa Maria alla Porta, via Ansperto e via Nirone.

Si tratta di uno dei più ricchi siti storici della città, con strutture di epoca romana e medioevale ancora ben conservate e caratterizzanti l'odierno contesto: un palinsesto complesso, che deriva da una stratificazione plurimillenaria testimone delle principali fasi storiche che hanno, di secolo in secolo, portato Mediolanum ad essere la città con cui oggi ci confrontiamo.

Il nostro progetto, che prevede l'ampliamento museale del Civico Museo Archeologico e la valorizzazione dello scavo a cielo aperto in via Brisa, si prefigge l'obiettivo di far emergere e comprendere l'antico complesso romano, contestualizzato in un'area che vede al suo interno

altre preesistenze di epoca successiva, in particolare un bunker antiaereo della Seconda Guerra Mondiale.

Per quanto riguarda la progettazione del polo espositivo, la matrice di riferimento è quella del circo, la cui larghezza dell'arena si può leggere ancora oggi osservando la dimensione maggiore di via Ansperto, sede del progetto stesso. La rilettura del monumento tardoimperiale viene garantita attraverso la riproposizione di alcuni suoi elementi caratterizzanti, come le sue dimensioni, proporzioni e traiettorie dei carri, all'interno della sistemazione della piazza e del percorso ipogeo in cui vengono esposti mosaici e frammenti lapidei.

La valorizzazione del sito in via Brisa è stata proposta invece attraverso un ridisegno del limite dell'area archeologica, riprendendo la forma dei resti sottostanti. Inoltre, il progetto prevede un nuovo volume in aggetto sui resti, il cui studio, pur riprendendo la circolarità dell'ambiente princi-

pale, ha voluto confrontarsi con la rilettura di un secondo strato della città di Milano sovrapposto a quello di epoca romana, ossia quello del Monastero di Santa Maria de Quinzano.

L'intento è stato quindi quello di proporre un progetto, come lo intende Torricelli, che si pone come un processo di destabilizzazione che estrae gli oggetti per strati, li decontestualizza per comprenderli e studiarli a fondo e, infine, li restituisce carichi di un nuovo significato (Torricelli A., *Memoria e immanenza dell'antico nel progetto urbano*, p. 18, in Segarra Lagunes M. M. (a cura di), *Archeologia urbana e progetto di architettura*, Gangemi editore, Roma, 2002).

The area under study and design of the following thesis consists in the north-western sector of the ancient Mediolanum, seat of the circus and of the palatial quarter's system, nowadays located between Corso Magenta, Via Santa Maria alla Porta, Via Ansperto and Via Nirone.

From a historical point of view, the area is one of the richest sites of the city, with Roman and medieval structures still well preserved and characterizing the current context: a significant architectural ensemble which results from a stratification of more than a thousand years that witnesses the main historical phases that have, from one century to the next, brought Mediolanum to be the city that we know today.

Our project involves the extension of the Civic Archaeological Museum and the enhancement of the open-air excavation in Via Brisa. The ultimate objective is to shed light and knowledge on the area that includes other installations of a later period, in

particular an anti-aircraft bunker of the Second World War.

Regarding the design of the exhibition centre, the reference matrix is the circus, whose width of the arena can still be compared nowadays by observing the larger dimension of Via Ansperto, the site of the project itself. The re-interpretation of the late imperial monument is guaranteed through the exhibition of some of its characteristic elements, such as its dimensions, proportions and trajectories of the chariots, within the arrangement of the square and the underground path in which mosaics and stone fragments are exposed.

The valorisation of the site located in via Brisa is proposed through a redesign of the limit of the archaeological area, and retrieves the remains below the surface. In addition, the project provides a new volume overhanging the remains. Its study, while taking up the circularity of the main environment, deals with the reinterpretation of a second layer of the city of Milan

which overlap the Roman age's, one in the Monastery of Santa Maria de Quinzano.

Therefore, the aim of this work is to propose a project, as Torricelli wanted it to be, as a process of destabilization that extracts objects by layers, decontextualizes them in order to understand and study them in depth and, ultimately, returns them loaded with a new meaning (Torricelli A., *Memoria e immanenza dell'antico nel progetto urbano*, p. 18, in Segarra Lagunes M. M. (edited by), *Archeologia urbana e progetto di architettura*, Gangemi editor, Rome, 2002).

INTRODUZIONE

Il progetto proposto in sede di tesi, intrapreso e maturato all'interno del *Laboratorio di architettura per la conservazione delle costruzioni complesse* durante l'anno accademico 2018/2019, si è posto fin dal principio come un'opportunità per sviluppare e approfondire questioni di metodo: il progetto viene inteso infatti come un lavoro sulle tracce archeologiche, prima rilevate e poi conservate sia nella loro effettiva materialità, sia attraverso il loro riferimento in nuove composizioni.

La complessità del tema ha perciò imposto fin dal principio la necessità di mettere a punto strategie di ricerca e di intervento che potessero promuovere l'effettiva conservazione delle preesistenze, non solo per tramandare il loro potenziale di

informazioni, che rappresenta una risorsa preziosa utile alla comprensione della catena evolutiva del loro palinsesto¹, ma anche per la loro ri-significazione nella città contemporanea.

Per questa ragione, fin dal principio la fase progettuale si è confrontata con la necessità di compiere una di ricerca storico-archivistica, confluita nella redazione di un regesto, per conoscere e appropriarsi delle ragioni profonde del luogo. Si è trattato però di un percorso reiterativo, dove successivamente sono state le prime suggestioni progettuali stesse ad indirizzare la ricerca, per rilevare spunti di riferimento e matrici formali e di significato per la composizione del nostro progetto.

Altrettanto importante è stato definire il tipo e i luoghi

1 Quilici V., *Lavorare sulle tracce*, pp. 81-89 in Segarra Lagunes M. M. (a cura di), *Archeologia urbana e progetto di architettura*, Gangemi editore, Roma, 2002.

di intervento attraverso il rispetto delle indicazioni del *brief di progetto*, non solo per determinare vincoli e caratteristiche dell'intervento stesso, ma soprattutto per analizzare il tipo di utenza e le relative attività, e studiare la risposta progettuale capace di garantire il soddisfacimento delle rispettive esigenze.

La traccia archeologica d'altronde è un preciso vincolo nella prefigurazione e materializzazione del nuovo, che obbliga ad un confronto pieno di significati, e al contempo una considerazione di tipo pratico. Per questo l'intervento, nella sua fase progettuale, si è poi continuato a confrontare con il problema reale di dover immaginare realizzabile l'opera, facendo dialogare questioni compositive

con necessità conservative, strutturali, tecnologiche ed impiantistiche.

Il nuovo progetto si vuole proporre quindi come un nuovo evento, che produce nuove tracce che vanno a sovrapporsi e confrontarsi con le precedenti, alla ricerca di un dialogo che consenta di porsi rispettosamente e responsabilmente a contatto con l'antico.

1. MILANO CAPITALE IMPERIALE ROMANA

1.1 Nascita e sviluppo di Mediolanum

Le prime testimonianze della futura urbs risalgono al VI secolo a.C.; di origine celtica, era abitata in particolare dalla popolazione insubre e golasecchiana. Conquistata dai romani nel 222 a.C., dopo numerose battaglie con le tribù galliche (in particolare dopo quella di Casteggio, alle porte di Milano)², il primitivo nucleo di Mediolanum venne ad ampliarsi in un organismo di tipo romano ad incrocio di assi stradali perpendicolari passanti, con centro sul nuovo foro (piazza S. Sepolcro), lasciando marginalmente a Nord-Est l'antico agglomerato e preferendo terreni più adatti all'urbanizzazione -sulla linea di sviluppo dei primi sobborghi-, lungo le altre direttrici³.

Con la tarda repubblica il compatto complesso urbano doveva risultare già delimitato da mura (risalenti al 49 d.C., a seguito dell'ottenuta cittadinanza romana⁴), a delimitazione di un agglomerato di non vaste dimensioni (circa 1230 kmq), contenente orientamenti stradali differenziati ed inglobando l'antico nucleo originario, il teatro, e alcune aree a Sud, nelle quali trovarono tracce di necropoli. D'altronde le mura, come ricorda Mirabella Roberti⁵, sono nate per affermare con la loro presenza il segno sacro e distintivo di una città, più che per difesa.

Si può presumere che i sobborghi che andavano sviluppandosi specialmente in direzione Nord-Est non siano stati interessanti dalla ristrutturazione urbanistica forse proprio perché si desi-

2 Calderini A., *Milano romana*, Alfieri e Lacroix, Milano, 1965, pp. 23-26.

3 Arslan E. A., *Urbanistica di Milano Romana. Dall'insediamento Insubre alla capitale dell'Impero*, Walter de Gruyter, Berlino, 1982, pp. 188-189.

4 Sacchi F., *Mediolanum e i suoi monumenti dalla fine del II secolo a.C. all'età severiana*, Vita e pensiero, Milano, 2012, p. 49.

5 Mirabella Roberti M., *Milano Romana*, Rusconi Immagini, Milano, 1984, p. 29.

6 Arslan E. A., *op. cit.*, p. 190.

7 *Ivi*, p. 193.

8 Sacchi F., *op. cit.*, p. 138.

derava lavorare su di un terreno completamente libero, quale era considerato quello in direzione Sud-Ovest, dove l'area urbana si organizzò con regolarità, fino alla costruzione del grande anfiteatro esterno⁶.

Oltre le mura, le direttrici stradali principali si diramavano a ventaglio, realizzando una sutura tra territorio e centro urbano regolarizzato. Questa soluzione venne costantemente adottata nei centri romani di pianura e diede alla città di Milano, con i successivi ampliamenti medievali, una caratteristica struttura policentrica, con i punti di irradiazione delle strade esterne posti lungo il perimetro della cinta tardo repubblicana⁷.

1.2 Milano capitale e l'ampliamento dell'urbs

Nel 284 d.C., dopo una lunga carriera militare, venne incoronato imperatore Diocleziano, ideatore di un rivoluzionario progetto di ristrutturazione delle province dell'Impero da un punto di vista territoriale, amministrativo e fiscale.

Per governare un impero così vasto, Diocleziano stabilì infatti una condivisione di poteri, creando un governo collegiale basato su due imperatori, gli "Augusti", e due successori designati, i "Cesari". Egli nominò Augusto, ovvero coreggente dell'Impero, il generale Massimiano. Nel sistema di governo così creato, noto come Tetrarchia, l'impero fu diviso in quattro grandi aree e ognuno dei regnanti vi scelse una sede: Diocleziano Nicomedia, Massimiano Milano, i due cesari Galerio e Costanzo Cloro, rispettivamente, Sirmio e Treviri⁸.

Il ruolo di sede imperiale attribuito a Mediolanum (mantenuto, con vicende alterne, sino al 402, quando l'imperatore Onorio si trasferì con la corte a Ravenna, modificò profondamente il volto della città.

Milano divenne così centro militare, amministrativo e giudiziario di un territorio ben più vasto di quello tradizionalmente dipendente dalla città. Conseguenza di questo fatto non fu solamente la costruzione di nuovi edifici monumentali e mura più ampie, ma una generale, lucida, ristrutturazione.

turazione di tutto il complesso cittadino.

Vi fu infatti un ampliamento dell'abitato in direzione Est, ben oltre la cinta muraria tardorepubblicana, che venne circondato di nuove mura, inserendo così nella città un'area quasi paludosa (come dimostrano i numerosi depositi di anfore e le palificazioni), prima destinata ad usi funerari e altre forme di insediamento modeste, quindi considerabile quasi libera. Per questo motivo fu utilizzata anche per la costruzione di un vasto edificio come quello delle grandi terme Erculee⁹.

Altre importanti modifiche interessarono il settore occidentale, in particolare con la costruzione della residenza imperiale e del circo, che determinò la riorganizzazione di alcune aree centrali della città¹⁰.

Si assistette così ad una rinnovata definizione del perimetro urbano, mediante la riedificazione delle cinte murarie, in aperto contrasto con la libera formazione di suburbi, che nel periodo precedente erano nati lungo le arterie stradali che collegavano ogni agglomerato con il suo territorio¹¹.

Così, la città che nel corso del I e del II sec. d.C. sembrava rientrare senza particolare risalto nei connotati di monumentalità e di ampiezza degli altri centri urbani della Transpadana, alla fine del III secolo diventò sede della corte imperiale, il che richiese strutture idonee per esplicitarsi e distinguersi¹².

Scrisse infatti il latino D. Magno Ausonio, tra il 380 e il 390 d.C., nel suo *Ordo Urbium Nobilium*, VII:

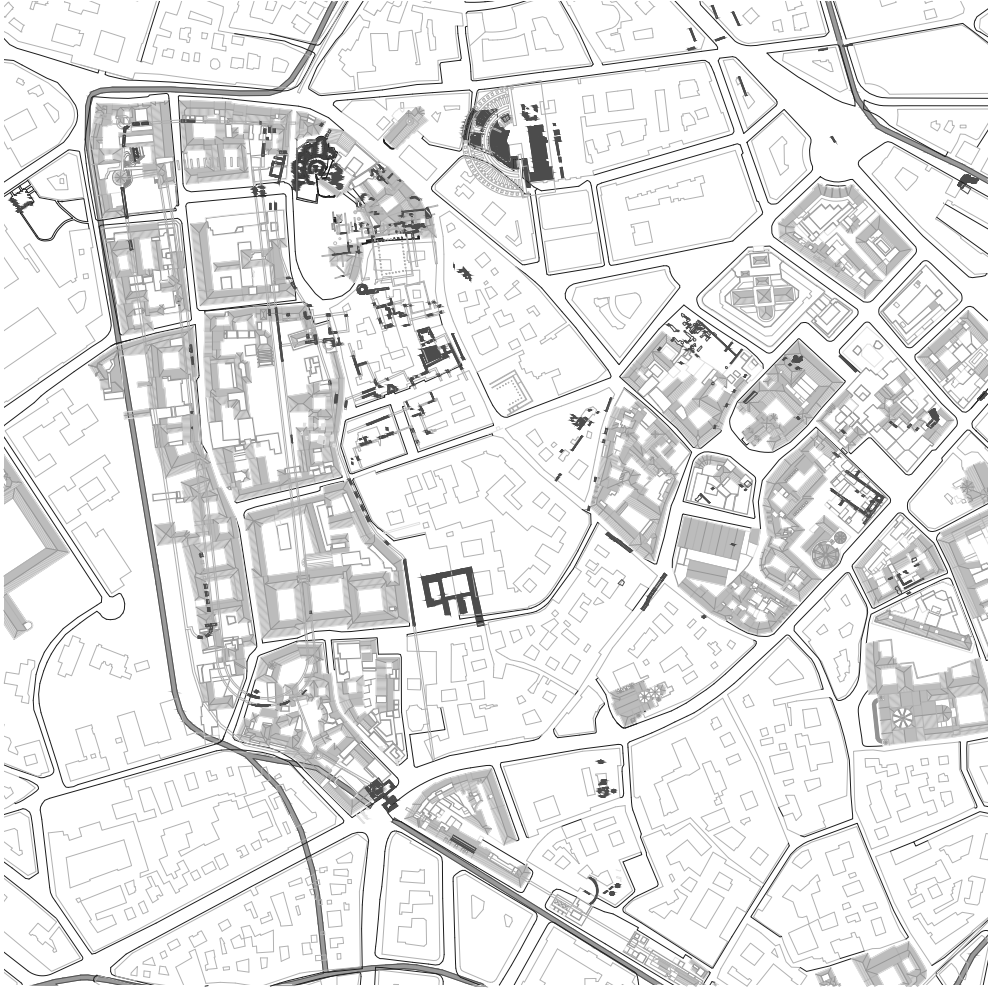
«A Milano ogni cosa è degna di ammirazione, vi è profusione di ricchezze e innumerevoli sono le case signorili; la popolazione è di grandi capacità, eloquente e affabile. La città si è ingrandita ed è circondata da una duplice cerchia di mura: vi sono il circo, dove il popolo gode degli spettacoli, il teatro con le gradinate a cuneo, i templi, la rocca del palazzo imperiale, la zecca, il quartiere che prende il nome dalle celebri terme Erculee. I cortili colonnati sono adorni di statue marmoree, le mura sono circondate da una cintura di argini fortificati. Le sue costruzioni sono una più impo-

9 Arslan E. A., *op. cit.*, pp. 196-197.

10 Sacchi F., *op. cit.*, p. 138.

11 Arslan E. A., *op. cit.*, pp. 179-180.

12 Sena Chiesa G. (a cura di), *Milano capitale dell'Impero romano: 286-402 d.C.*, Silvana Editoriale, Milano, 1990, p. 91.



Il sistema palazzo-circo di Mediolanum.

13 *Ibidem*.

14 *Ibidem*.

15 *Ivi*, p. 98.

16 Blockley P., *L'area del Monastero Maggiore in epoca romana*, Civico Museo Archeologico, Milano, 2013, pp. 41-44.

nente dell'altra, come se fossero tra sé rivali, e non ne sminuisce la grandezza nemmeno la vicinanza con Roma».

Questo documento è di fondamentale importanza per la ricostruzione della fisionomia urbana di Milano nel IV secolo, di cui vengono citati i caposaldi architettonici (escludendo gli edifici sorti per iniziativa ecclesiastica e attenendosi al concetto tradizionale di *urbs*, riservato alla città *intra muros*, trascurando gli edifici suburbani)¹³.

In particolare, pare assodato che la ricostruzione massimiana abbia lasciato inalterato il tracciato delle mura lungo i lati Sud-Ovest e Sud-Est, mentre, per l'aggiunta del circo, gli studiosi localizzano nei rimanenti tratti perimetrali della città la "duplice cerchia di mura" di cui parla lo scrittore latino. Essa è da intendere non come un completo raddoppiato circuito, ma come la perimetrazione di una nuova area urbana, saldata alla precedente (o per munire un quartiere già proliferato in tempo di pace, privilegiandolo agli altri del suburbio, o per rea-

lizzare un piano di sviluppo che individuò questa area come un nuovo polo di espansione, anche per merito della confluenza delle strade che collegavano la città con Treviri e Aquileia)¹⁴.

La cerchia, che raggiunse così un perimetro di 4500 metri, incluse a ovest il quartiere imperiale ed il circo di recente costruzione che, se lasciato all'esterno delle mura, avrebbe potuto trasformarsi in una roccaforte per gli attaccanti. Esso fu inserito per questo in un complesso sistema difensivo (caratterizzato da torri quadrangolari e poligonali, di pusterle e porte, aperte lungo l'ampliamento della cerchia, in asse con le precedenti porte tardorepubblicane ed in corrispondenza degli assi viari principali), compreso tra la porta Vercellina e la Porta Ticinensis. Di questo si sono conservate la torre poligonale a ventiquattro lati nel giardino del Monastero Maggiore, e parte della fondazione di una seconda torre allineata con questa verso nord¹⁵. Il lato curvilineo del circo, destinato anche a funzione difensiva, venne inoltre dotato di feritorie¹⁶.

L'ampliamento delle mura a Est

seguì invece il tracciato del fossato già esistente dal I secolo d.C. e inglobò il quartiere formatosi nell'area compresa tra la cinta tardorepubblicana e il fossato, in modo da includere nell'area fortificata una vasta zona suburbana corrispondente a quella delimitata dalle attuali vie dell'Orso, Monte di Pietà, Montenapoleone, Durini, Verziere¹⁷.

L'ampliamento in direzione Est può inoltre essere giustificato dalla necessità di avere una direttrice preferenziale che garantisca uno sviluppo commerciale ed artigianale per la città, altrimenti condizionato profondamente dalla presenza a Sud-Ovest di un quartiere quasi esclusivamente residenziale e di alta rappresentanza¹⁸.

Non è un caso poi che lo stesso settore residenziale Sud-Occidentale fosse organizzato sulla base della rete stradale creata dai romani per realizzare una sutura tra la regione di Milano e la Cispadana, ad affermare un legame con la capitale simbolica dell'Impero, ossia Roma. Al contrario, la zona commerciale ed artigianale a Est era organizzata

sull'incontro delle strade preromane, che realizzavano sin dalla preistoria la naturale sutura tra Milano ed il suo entroterra posto a Nord, e quindi essenzialmente con la Transpadana.

Per questa ragione è stato proposto, per descrivere il funzionamento dell'urbs, un modello di "città bipolare", come la definisce E. A. Arslan ne *l'Urbanistica di Milano romana*¹⁹, in quanto settorialmente influenzata da diversi legami storici e simbolici, oltre che sistemi economici ed infrastrutturali.

Il quartiere imperiale, pur nel suo isolamento, risultava dunque condizionato dal collegamento con le grandi vie di comunicazione padane meridionali, mentre il settore Est rimase organicamente inserito nel vecchio complesso viario Nord-Padano, che si è ipotizzato essere di origine protostorica²⁰.

1.3 Il sistema palazzo-circo

L'altro settore della città che vide massicci interventi imperiali fu, come già accennato, quello occidentale, caratterizza-

17 Caporusso D., Donati M. T., Masseroli S., Tibiletti T., *Immagini di Mediolanum: archeologia e storia di Milano dal V sec. a.C. al V sec. d.C.*, Civico Museo Archeologico, Milano, 2007, p. 13.

18 Arslan E. A., *op. cit.*, p. 194.

19 *Ibidem*.

20 *Ivi*, p. 202.

21 Massara D., Slavazzi F., *Architettura privata di Milano romana*, in *LANX*, 19, 2014, pp. 57-58.

22 Caporusso D., Donati M. T., Masseroli S., Tibiletti T., *op. cit.*, p. 158.

23 Mirabella Roberti M., *op. cit.*, p. 63.

24 Blockley P., *op. cit.*, pp. 54-54 e 61-65.

to in età tardorepubblicana da quartieri abitativi suburbani, con diversi edifici e ricche domus signorili²¹.

Spicca tra tutti quello del circo, che venne ad occupare tutta l'area tra la Porta Vercellina e Porta Ticinese, prendendo il posto dell'edilizia residenziale più antica.

Voluto alla fine del III secolo d.C. da Massimiano Ercoleo ed incluso nell'ampliamento della cerchia muraria, era in stretta relazione con la residenza imperiale, secondo il modello palazzo-circo inaugurato negli stessi anni da Diocleziano in Oriente. Il circo infatti era il luogo privilegiato in cui l'imperatore si mostrava solennemente ai sudditi, e la vittoria nelle corse diveniva per questo simbolo di quella imperiale²².

Il circo milanese, uno dei più grandi di epoca tetrarchica, lungo 470 metri e largo 85 metri (ogni rettilineo 33)²³, era delimitato da un massiccio muro esterno, di cui si conservano diversi tratti delle fondazioni e significative parti dell'alzato inglobate negli edifici attuali; esso era collegato al muro più interno del podio da una serie

di volte inclinate rette da pilastri su cui poggiava la cavea, larga 8 metri. Da essa si assisteva ai giochi e agli spettacoli che si tenevano in una pista stretta e allungata (arena), circondata sui due lati lunghi e sul lato breve di fondo, curvilineo, dalle gradinate per gli spettatori suddivise in settori da balaustre e scalette (scalaria) e accessibili attraverso passaggi collegati all'esterno (vomitoria)²⁴. L'edificio venne tenuto distinto dalle nuove mura, che passavano esternamente, lasciando una intercapedine accessibile probabilmente sia da sud che da nord, sia per permettere l'accesso del pubblico, sia per accogliere attrezzature pertinenti alle funzioni del circo. L'oppidum, struttura che comprendeva i carceres, ma anche stalle e rimesse, vennero infatti posti a nord, mentre la grande curva a sud. Questa disposizione aveva una precisa ragione d'essere: le gare infatti iniziavano dai carceres, che erano posti in leggera curva in modo da non favorire nessuno dei concorrenti, ponendoli alla medesima distanza dall'inizio del primo rettilineo, che era indicato dall'i-

nizio della spina, e che si restringeva gradualmente verso la curva. All'inizio del percorso di gara erano poste le installazioni per i giudici, mentre al termine del secondo rettilineo, di larghezza uniforme, vi era la tribuna imperiale (la cui presenza si può verificare, per confronto, anche nel circo di Massenzio a Roma)²⁵.

Il circo probabilmente contribuiva così anch'esso alla funzione difensiva; mentre una fortificazione congiungeva la sua curva con l'antica Porta Ticinensis, un muro interno, forse con camminamento di guardia, collegava una torre della cerchia urbana a una delle torri dei carceres del circo²⁶. Della struttura dell'oppidum, questa torre è l'unica traccia rimasta, ad oggi campanile della chiesa di San Maurizio.

Nonostante ciò, venne citato a lungo tra le fonti scritte, fino al XII sec., in quanto cornice di avvenimenti come l'occupazione degli Unni di Attila (452), l'acclamazione di Agilulfo e Adalaldo (604) e la venuta di re Adalberto nel sec. X²⁷.

C'era poi il titolo di due chiese, Santa Maria e Santa Maddalena

ad circulum, esistenti un tempo nella via che per la loro presenza ha ancora il nome di via Circo. L'edificio era stato inoltre ricordato dagli scrittori di cronache milanesi, da Benzoni di Alessandria e Galvano Fiamma, ad Attilio De Marchi²⁸.

Nella medesima area, nell'ampia area delimitata dal circo e dagli assi viari principali della città (il cardo ed il decumano), sorgeva il palazzo imperiale, che compare più volte in fonti del IV sec. (in particolare, in Ausonio e Ambrogio) e anche nei secoli successivi,

Sono molte le città del III-IV secolo che unirono infatti al circo il palazzo imperiale (un centro polifunzionale, posto sempre marginalmente alla città, sede anche di tutti gli uffici dell'amministrazione civile e militare), dove il primo rappresenta sempre uno dei limiti dell'area residenziale, anche per ragioni difensive. Ne deriva un rapporto ideale tra il circo e la dignità imperiale, che non verrà nemmeno dimenticato in età longobarda e medievale, a Milano²⁹. Questo sistema monumentale assicurava poi la vicinanza de-

25 Arslan E. A., *op. cit.*, p. 198.

26 Si veda Blockley P., Cecchini N., Pagani C., *L'area archeologica del Monastero Maggiore di Milano. Una nuova lettura alla luce delle recenti indagini*, Comune di Milano, Milano, 2012.

27 Sena Chiesa G. (a cura di), *op. cit.*, p. 99.

28 Mirabella Roberti M., *op. cit.*, p. 53.

29 Arslan E. A., *op. cit.*, p. 200.

30 *Ivi*, p. 194.

31 Sena Chiesa G. (a cura di), *op. cit.*, p. 99.

32 Ceresa Mori A., *Riflessioni sul palazzo imperiale di Milano alla luce delle recenti indagini*, in Passarella R. (a cura di), *Milano e la chiesa di Milano prima di Ambrogio*, Biblioteca Ambrosiana, 2018, pp. 108-109.

33 *Ibidem*.

gli edifici di pubblico spettacolo al palazzo, seguendo il principio che non era opportuno costringere gli spettatori importanti a lunghi spostamenti, accettati invece dalle classi popolari. Era l'area del foro, sede dei culti ufficiali e della vita politica e giudiziaria, a dividere e collegare al contempo l'area residenziale signorile al resto della città³⁰.

Nonostante queste menzioni ce ne attestino una lunga persistenza come elemento condizionante del tessuto urbano, frammentari sono gli elementi strutturali riferibili al complesso.

Significativi sono quelli di via Gorani, e soprattutto dell'edificio di via Brisa, in passato ritenuto termale, ma ora correttamente riferito al settore di rappresentanza del palazzo. Non è nota però la sua specifica funzione e come eventualmente si raccordasse ad altre costruzioni adiacenti³¹.

Probabilmente dal 402, con il trasferimento dell'imperatore e della corte a Ravenna, iniziò il lento processo di degrado, documentato dalle indagini archeologiche effettuate nella parte del complesso indagata in via Gorani dal

2008 al 2010. Numerose tracce di palificazione infisse nei pavimenti mostrano l'uso improprio degli spazi; inizialmente le spoliazioni furono infatti mirate verso i materiali decorativi pregevoli, mentre poi i resti murari diventarono cava di materiali da costruzione, indizio della difficoltà delle autorità nel salvaguardare spazi poco utilizzati. La zona venne infine coperta da strati di terreno nero organico, che ne indicano la destinazione a coltivo³². Il palazzo risulta però dalle fonti ancora esistente, con l'attiguo circo, in epoca longobarda: è probabile, come osserva Lusuardi, che alcune parti del grande complesso siano sopravvissute più a lungo di altre, a seconda del ruolo da esse assunto nel contesto della città tardoantica e altomedievale, lasciando una traccia nella toponomastica³³ (coerentemente con la posizione del circo e del palazzo, si ritrovano diversi nomi di vie e di chiese, come San Giorgio al Palazzo, Sant'Alessandro in Palazzo, Olmo in Palazzo e via Bagnera).



Per cortesia della Soprintendenza alle Antichità della Lombardia - Milano.

Forma urbis Mediolani.

Si veda nel regesto, a p. 221, IM_mappa_Ricostruzione FUM sulla città moderna.

2. IL MONASTERO MAGGIORE

2.1 L'evoluzione delle preesistenze durante il passaggio dall'urbs pagana alla città medievale e la nascita del Monastero Maggiore

Nella fase di transizione che portò Mediolanum a divenire una città medievale, le preesistenze romane subirono importanti modifiche, mentre le mura massimiane continuarono per molti secoli ad assolvere alla loro primigenia funzione. Molto danneggiate durante il passaggio di Alarico (401 d.C.), il saccheggio di Attila (452 d.C.), il conflitto tra Teodorico e Odoacre (489-493 d.C.) e l'assedio del re ostrogoto Ularia (538-539 d.C.), poco dopo la metà del VI secolo cominciarono a subire le prime modifiche, a partire dai rinforzi voluti dal generale bizantino Narsete (tra il 556

e il 568) e quelli dell'Arcivescovo Ansperto (816)³⁴, fino all'abbattimento delle stesse a causa del Barbarossa nel 1162.

Inoltre, fin dall'VIII secolo la cinta subì ingenti trasformazioni dovute anche all'insediamento di chiese e monasteri, come quello di Santa Maria d'Aurona (presso l'attuale via Monte di Pietà) o il Monastero Maggiore (oggi sede del Civico Museo Archeologico), che si addossarono alle mura, sfruttandone le strutture³⁵. È il caso anche della torre poligonale, l'unica conservatasi in elevato fino ad oggi, nota anche come torre di Ansperto, sebbene parzialmente spogliata per il recupero di materiale edilizio.

Simile sorte ebbe la struttura del circo che, sede di corse di carri molto amate dal popolo fino al VII secolo d.C. (per quanto osteg-

³⁴ Sena Chiesa G. (a cura di), *op. cit.*, p. 91.

³⁵ *Ibidem*.

36 A testimonianza di ciò si trova, nell'*Historia Longobardorum* di Paolo Diacono (4,30): «*Levatus est Adaloaldus rex super Langobardos apud Mediolanum in circo*», ad emulazione delle cerimonie di incoronazione che si svolgevano nell'ippodromo di Costantinopoli.

37 Pertot G., *La torre "quadrata" del Monastero Maggiore di Milano: un contributo alla lettura del manufatto dalle fasi romane ai moderni restauri attraverso l'analisi stratigrafica delle murature*, ET, Milano, 1995, p. 15.

38 Arslan E. A., *op. cit.*, p. 204.

39 *Ivi*, pp. 202-203.

40 *Ivi*, pp. 205-206.

giate dal cristianesimo), ancora nel 604 d.C. fu teatro, come già accennato, della proclamazione di Adaloardo re dei Longobardi³⁶, a testimonianza della sua continuità funzionale e rappresentativa (e quindi, si suppone, sostanziale integrità³⁷).

Solo una volta divenuto un monumento obsoleto, venne poco alla volta anch'esso spogliato per il reimpiego dei materiali; lo spazio dell'arena venne invece occupato dalle vigne e dagli orti dei monasteri che lì avevano trovato sede.

Poco è noto invece degli eventi e delle trasformazioni che interessarono le strutture del palazzo imperiale, probabilmente distrutto e smantellato nel corso del medioevo, quando al quartiere venne restituita la funzione residenziale ad alto livello.

Venne così a mancare il significato bipolare della città che aveva caratterizzato la *urbs* imperiale: la Milano medievale trovò il suo nuovo centro nel primitivo complesso radiale, in corrispondenza dell'attuale piazza del Duomo, nel cuore del settore cittadino popolare dove il cristianesimo stabilì la sua

definitiva sede principale di culto. In questo modo alla bipolarità della città imperiale si contrappose un complesso centripeto, avente la chiesa come fulcro della vita cittadina³⁸. Questo grazie anche ad un rinnovato interesse per i contatti con la parte settentrionale della Padania, a scapito di quella meridionale, a causa anche delle ostilità con Pavia³⁹.

La struttura centripeta ebbe la meglio su ogni residuo di pianificazione e su ogni volontà razionalizzatrice: la città medioevale cancellò l'isolamento del quartiere imperiale, rifiutò tracciati romani, preferendo sviluppi radiali e ritrovando le ragioni che nella protostoria avevano fatto nascere un agglomerato in quel punto della pianura⁴⁰.

Contemporaneamente, tra la fine dell'VIII secolo e gli inizi del IX, venne fondato a Milano un importante monastero di suore benedettine, la cui esistenza venne attestata per la prima volta nell'823 d.C. nei documenti. Ai tempi di massima fioritura, gli edifici del complesso monastico erano delimitati da corso Magenta (a nord), da via Brisa (a est), da

via Vigna e da via Santa Valeria (a sud) e da via Nirone (a ovest). Sin dal IX secolo dedicato alla Madonna e denominato “Maggiore”, venne probabilmente fondato da parte di «galli imperatores et franci»⁴¹; a conferma dell’attribuzione carolingia emersero anche ragioni di ordine architettonico, siccome era comune in quel periodo cominciare l’edificazione monastica partendo da un nucleo precedente, delimitato da mura romane.

L’ambiente conventuale garantì inoltre un singolare ininterrotto isolamento, che contribuì a proteggere le preesistenze da interventi distruttivi, di rifacimento o di manipolazione, e soprattutto scongiurò le devastazioni legate ad eventi bellici e a rivolte cittadine⁴².

La presenza e continuo sviluppo delle strutture conventuali comportò dapprima l’occupazione ed il parziale riutilizzo delle mura e delle imponenti opere circensi, e solo successivamente il loro smantellamento e la progressiva sostituzione di queste ultime con nuovi edifici⁴³. Gran parte delle opere murarie furono infatti reim-

piegate per secoli come cava di materiale laterizio da costruzione, siccome Milano non aveva cave di argilla e di pietra nei dintorni; furono probabilmente risparmiate invece le opere forti (mura e torri), che si conservarono più a lungo, in quanto furono impiegate a fini difensivi almeno fino alla costruzione della cinta medioevale⁴⁴.

Dell’antico circo sopravvisse solo la torre quadrata, adattata a campanile della chiesa del convento lì sorta, con una serie di modifiche che ne permisero però la conservazione della struttura originaria e di alcuni elementi della decorazione architettonica, tra cui la mensola in marmo e due colonne in marmo cipollino affiancate, in origine, all’ingresso della torre sul lato dei carceres⁴⁵. Le sue principali modifiche riguardarono il sopralzo della loggia (reso possibile dalla presenza di appoggi in buono stato di conservazione su cui impostare il suo solaio⁴⁶), con conseguente nuova copertura e decoro nel IX secolo, per volontà di Ansperto da Biassoni. Egli volle venisse realizzata impostandola su pilastri laterizi angolari, e a trifore caratterizza-

41 Affermazione sostenuta da Elisa Occhipinti, a seguito di quanto riportato dal *Liber notitiae Sanctorum Mediolani*, sulla fondazione del monastero alla fine XIII secolo (si veda Palmieri G., *Storia e storie del Monastero Maggiore di San Maurizio in Milano*, Strenna dell’istituto Gaetano Pini, Milano, 1996, p. 15).

42 Pertot G., *op. cit.*, p. 17.

43 Si ipotizza la definitiva distruzione, probabilmente nel 1162, ad opera di Federico Barbarossa o dei Milanesi stessi per impedirne agli assediati l’utilizzo come roccaforte contro la città, a cui seguirono secoli in cui se ne perse addirittura la memoria (si veda Sacchi F., *op. cit.*, p. 158).

44 *Civico Museo Archeologico di Milano – Guida breve*, Galli Thierry, Milano, 2011, p.13.

45 Sacchi F., *op. cit.*, p. 113.

46 Pertot G., *op. cit.*, p. 69.

47 *Ivi*, p. 78.

48 Blockley P., *op. cit.*, p. 49.

49 Fiorio M. T. (a cura di), *Le chiese di Milano*, Electa, Milano, 2006.

50 Blockley P., *op. cit.*, p. 49.

te da colonnine con capitelli (che costituiscono materiale di spoglio), aventi due basi in pietra per lato, parapetto e pulvini a sostenere archi prolungati.

Molte furono le altre modifiche apportate, di cui rimangono tracce nei tamponamenti, nelle aperture di finestre di media dimensione e nell'ampliamento di feritoie già esistenti nel fusto della torre (tra cui le finestrelle centrali a sud ed ovest, di cui solo l'ultima ancora chiaramente leggibile)⁴⁷.

La torre poligonale, inglobata anch'essa nel sistema, divenne presumibilmente invece aula di preghiera. Difatti, siccome diverse tradizioni legavano la condanna e il supplizio di fedeli cristiani al circo milanese (facendo riferimento alla loggia da cui l'imperatore Massimiano, oltre ad assistere ai giochi, svolgeva la funzione di giudice⁴⁸), questo martirio trova eco negli affreschi di scuola giottesca che ornano il piano terreno della torre poligonale. Realizzati da un anonimo pittore lombardo intorno al 1290-1300⁴⁹, gli affreschi raffigurano la Crocifissione, con la Madonna e Giovanni Evangelista e una teoria di Santi.

Tra questi sono da notare i Santi raffigurati dietro delle sbarre (in carcere), identificabili con i martiri milanesi Maurizio, Essuperio e Candido, soldati della Legione Tebea, martiri sotto Massimiano, come i Santi Vittore, Nabore e Felice. Sotto di essi sono raffigurate due monache, presumibilmente le committenti⁵⁰.

2.2 La “pratica del reimpiego” in epoca medievale

Nel caso dell'architettura altomedievale, la sopravvivenza di alcuni edifici o dei loro ruderi trova giustificazione, come accennato, nella prassi corrente in età carolingia di cominciare l'edificazione monastica partendo da un nucleo precedente, delimitato da mura romane.

Il reimpiego di materiali antichi all'interno di un nuovo contesto costituisce in particolare una pratica molto diffusa nel mondo medievale, comune a tutti i generi di arte (come scultura e arti minori), ma soprattutto in campo architettonico. Con la fine del paganesimo e la conseguente caduta dell'Impero Romano, infatti,

il materiale già lavorato reperibile all'interno dei numerosi edifici caduti in rovina trovò una collocazione nei nuovi edifici di culto, dove questi pezzi vennero molto apprezzati dal punto di vista estetico e si caricarono anche di importanti significati politici, siccome il riuso, oltre che utilitaristico, poteva essere di "prestigio" o ideologico⁵¹.

Il riuso utilitaristico fu maggiormente praticato poiché la forte contrazione demografica provocò un semi-abbandono delle città romane: gli edifici antichi diventarono vere e proprie cave di materiale, offrendo pezzi già lavorati e pronti per l'uso, di cui non si teneva conto dell'originaria funzione, in quanto degradato a mero materiale edilizio.

Accanto al riuso utilitaristico, gli studiosi riconoscono il riuso di prestigio, che invece dava valore alle spoglie romane e affidava loro un posto di rilievo nei nuovi edifici, collocandole nei punti più visibili⁵².

Il riuso ideologico era invece legato soprattutto alla vittoria del Cristianesimo sul paganesimo, ed espresso dallo stesso riuso a

nuova destinazione (di carattere religioso) degli edifici, o di ciò che ne rimaneva.

In un momento storico in cui il potere temporale e spirituale erano fortemente e reciprocamente condizionati, l'importanza delle istituzioni insediatesi nell'area ha sempre garantito importanza e tutela a quest'ultima, contribuendo alla sua esistenza e sopravvivenza, e spiegando sì la sua trasformazione ma, soprattutto, conservazione⁵³.

Il monastero di San Maurizio, che sino al 1447 non osservò la clausura, era infatti un'istituzione ricca e potente, in grado di condizionare la vita sociale e politica della città di Milano. Grazie ai privilegi economici e le varie esenzioni fiscali⁵⁴, il complesso mantenne un certo grado di autonomia amministrativa e la sua importanza nel tessuto sociale della città, complice le attività intellettuali promosse, tra cui la musica liturgica e secolare, la scrittura mistica e la poesia.

51 Casiello S. (a cura di), *Verso una storia del restauro: dall'età classica al primo Ottocento*, Alinea, Firenze, 2008.

52 Si veda il capitolo V, *La pratica del reimpiego*, in Sacchi F., *op. cit.*; Melucco Vaccaro A., *Archeologia e restauro*, II ed., Viella, Roma, 2000 e Mirabelli Roberti M., *op. cit.*, pp. 31, 48 e 51.

53 Rilevante in proposito è ciò che il cronista milanese Galvano Fiamma (1283-1344) lasciò a testimonianza ne *Chronicon maius*, ovvero che, ordinando la distruzione di Milano nel 1162, Federico Barbarossa volle risparmiare soltanto tre chiese: Santa Maria Maggiore (l'attuale Duomo), Sant'Ambrogio e proprio San Maurizio con il suo monastero (si veda Palmieri G., *op. cit.*, p. 16).

54 Si veda Palmieri G., *op. cit.*, pp. 18-24.

55 Sannazzaro G. B., *San Maurizio al Monastero Maggiore*, Parrocchia di Santa Maria alla Porta, Milano, 1992, pp.11-12.

56 Si veda Sannazzaro G. B., *op. cit.*, pp. 11-26 e 41-48, e Agosti G., Stoppa J. (a cura di), *Bernardino Luini e i suoi figli*, Catalogo della mostra, Officina Libreria, Milano, 2014.

57 Pertot G., *op. cit.*, p. 78.

58 *Ibidem*.

2.3 L'edificazione della chiesa di San Maurizio e le principali trasformazioni del complesso monastico

Le due torri, inglobate nel Monastero Maggiore, sopravvissero anche alle trasformazioni rinascimentali, di cui la chiesa costituisce una delle testimonianze più alte per Milano.

Al convento era infatti annessa una primitiva chiesa, di cui non rimane quasi traccia, sulla quale venne costruita nel 1503 l'attuale chiesa doppia di San Maurizio⁵⁵.

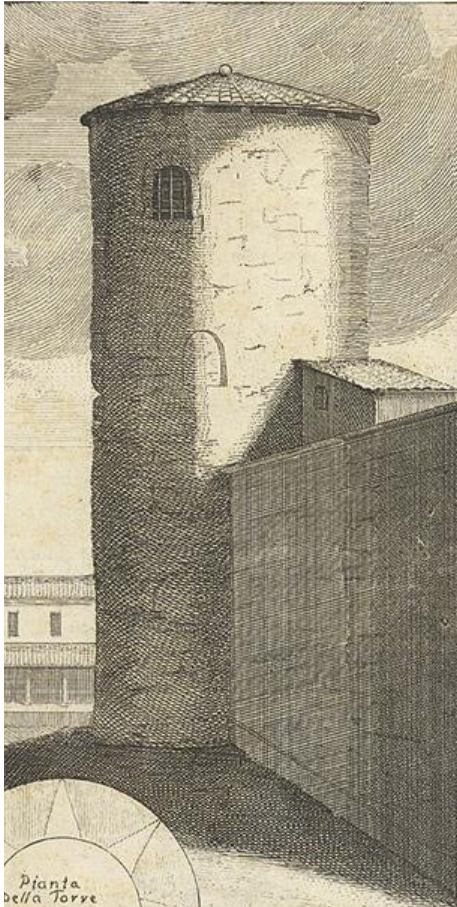
L'edificazione della chiesa, detta "doppia" poiché divisa dal muro presbiteriale in «chiesa pubblica» e «coro delle monache», si ritiene opera del Dolcebuono, e si concluse nel 1509 (nonostante l'affrescatura e la facciata esterna furono invece realizzate molti anni dopo). In particolare, navate, cappelle, muro presbiteriale, loggiato e volta della chiesa pubblica e del coro delle monache furono interamente affrescate soprattutto da Bernardino Luini, anche se sono stati riconosciuti altri autori tra cui Boltraffio Zenale, Aurelio e Gian Pietro Luini e Gian Paolo

Lomazzo⁵⁶.

Le principali trasformazioni di epoca rinascimentale interessarono principalmente quindi la ricostruzione, secondo le nuove codifiche e linguaggi architettonici tipici del contesto rinascimentale italiano, di una delle chiese destinate ad essere simbolo di Milano.

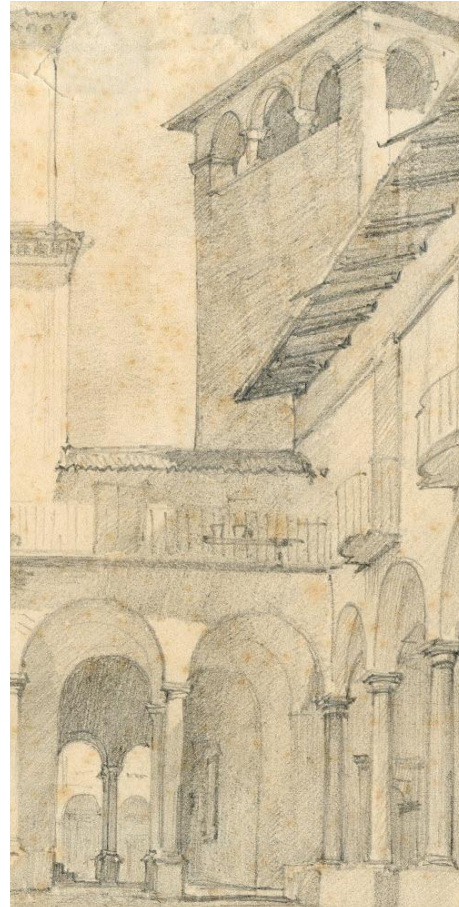
Tra la fine del XVI e quella del XVII secolo vennero però anche elevati (sempre sulle preesistenze) edifici circostanti le torri e le mura, realizzando una cortina di edifici addossatisi progressivamente ai loro lati e alle strutture già esistenti (confermato dalla necessità di tamponare certe aperture e aprirle a livelli inferiori⁵⁷), contribuendo alla loro conservazione. In queste condizioni gli interventi di riparazione e di adeguamento si inserirono per gradi e puntualmente, senza necessariamente provocare la scomparsa e la rimozione della sequenza stratigrafica esistente⁵⁸.

L'impossibilità di osservare le preesistenze dall'esterno e di accedere al recinto consacrato contribuì inoltre a mantenere l'edificio in una sorta di vero e pro-



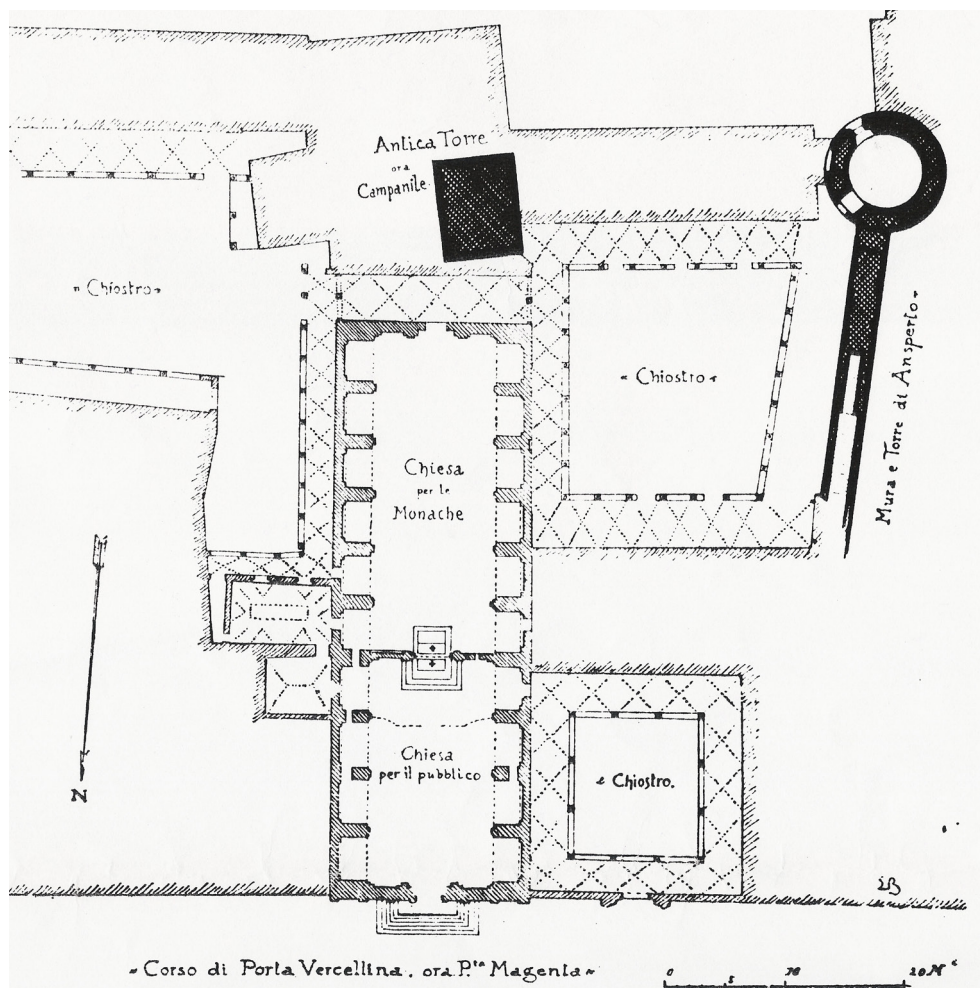
La torre poligonale integrata nel complesso del Monastero Maggiore.

Si veda nel regesto, a p. 33, IM_disegno_1760_Torre poligonale.



La torre delle carceres integrata nel complesso del Monastero Maggiore.

Si veda nel regesto, a p. 174, IM_disegno_1830_1860_Chiostro del Monastero Maggiore_Bisi.



Planimetria del Monastero Maggiore prima dell'apertura di via Luini.

Si veda nel regesto, a p. 178, IM_disegno_1867 ante_Planimetria generale Monastero Maggiore.



Fronte principale di San Maurizio e del Monastero Maggiore, prima dell'apertura di via Luini.
Si veda nel regesto, a p. 36, IM_disegno_1743_1750_San Maurizio e Monastero Maggiore_Dal Re.

59 Pertot G., *Interventi di restauro al Monastero Maggiore. Note in margine a una campagna di lettura stratigrafica*, in Guarisco G. (a cura di), *Milano restaurata. Il monumento e il suo doppio*, Alinea, Firenze, 1995, pp. 83-85.

60 Pertot G., in Guarisco G. (a cura di), *op. cit.*, pp. 83-85 e Pertot G., *op. cit.*, p. 78.

61 Pertot G., *op. cit.*, p. 78.

prio oblio, interrotto solo eccezionalmente da visite privilegiate⁵⁹. Ad esso si aggiunse soprattutto un certo disinteresse da parte dell'amministrazione monastica alle preesistenze romane, ed in particolar modo alla torre quadrata, che divenne più che altro un edificio di servizio, importante punto di contatto e di passaggio al centro dell'impianto dei chiostri. Fu per questo motivo che venne progressivamente occupata da scale, ripiani e ballatoi, collegati tramite nuove aperture alla chiesa e agli edifici circostanti. L'intera organizzazione dei percorsi si appoggiò quindi progressivamente alla torre quadrata, luogo dei collegamenti orizzontali e verticali fra le due parti principali del monastero: i refettori, il capitolo, le cucine, un chiostro e parte dei dormitori ad est, i parlatori, due chiostri e altri dormitori verso ovest⁶⁰.

Di tutte queste fasi costruttive rimangono tracce sulle superfici delle torri, in particolare proprio quella quadrata, in quanto subì un maggior numero di modifiche, tra cui si annovera il restauro o apertura, nel XV secolo, del pas-

saggio di collegamento fra atrio e locali posti a nord della torre, confermato dalle indagini stratigrafiche e mensiocronologiche che ne hanno confermato la posteriorità rispetto alla loggia carolingia⁶¹.

2.4 La soppressione del convento e la sua parziale demolizione

L'autonomia, importanza e funzione del complesso conventuale terminarono il 20 novembre 1798, quando si decretò la soppressione del monastero, le cui strutture già dal 1799 risultarono adibite a caserma.

Durante le guerre d'indipendenza San Maurizio diventò poi un ospedale militare (oltre che, nel corso del medesimo secolo, anche scuola femminile), e nel 1856 la Fabbriceria di Santa Maria alla Porta (a cui la Repubblica Cisalpina diede come ausiliaria la chiesa di San Maurizio) cedette la chiesa ed i suoi locali al Pubblico Erario Demaniale, il quale nel 1864 lasciò a sua volta il complesso monastico al Comune di Milano. Successivamente, fino alla Se-

conda Guerra Mondiale, una parte fu occupata dalle scuole comunali.

Nel frattempo, si andarono alternando interventi architettonici di salvaguardia, ma soprattutto di demolizione, negli spazi conventuali, a causa delle modifiche urbanistiche della seconda metà del XIX secolo. Tra queste ricordiamo la rettificazione di via Brisa⁶², l'apertura dell'attuale via Luini nel 1867, e successivamente quella di via Ansperto⁶³. Ciò comportò appunto la demolizione o ristrutturazione di alcune parti del monastero, di cui vennero risparmiate le sole parti monumentali, ovvero la chiesa rinascimentale (eccezion fatta per l'intervento in stile della facciata e il restauro del fianco occidentale, su progetto di Angelo Colla), le preesistenze romane e una parte dei chiostri.

62 Dalla planimetria della città di Milano realizzata dagli astronomi di Brera del 1844, la rettificazione di via Brisa risulta già realizzata [si veda nel regesto, a p. 57, IM_mappa_1844_Pianta della Regia Città di Milano_AdB].

63 Dalla planimetria presente in Vercelloni V., *Atlante storico di Milano, città di Lombardia*, Officina d'arte grafica Lucini, Milano, 1987, p. 122, la via risulta aperta nel 1868 [si veda nel regesto, a p. 70, IM_mappa_1868_Milano com'è al giorno d'oggi].

3. L'AREA ARCHEOLOGICA DI VIA BRISA E GORANI: DIMORE SIGNORILI E IL MONASTERO DI SANTA MARIA DE QUINZANO

3.1 Le dimore storiche presenti nell'isolato di Brisa

La morfologia dell'area di via Brisa costituisce un unicum nella topografia di Milano, immediatamente riconoscibile nella cartografia risalente al secondo Cinquecento. Il tracciato della contrada, salvo l'ultimo tratto nord, è da considerarsi stabile almeno dall'epoca medievale: in passato esso si immetteva sul corso di porta Vercellina (attuale corso Magenta) seguendo l'andamento tortuoso dell'attuale vicolo Brisa, mentre la rettificazione dell'omonima via in direzione nord, direttamente sul corso, risale solo a metà Ottocento⁶⁴.

Tra Medioevo ed Età moderna, sull'area un tempo occupata dalle strutture del palazzo imperiale, si sovrapposero molteplici

costruzioni, in particolare le dimore di alcune famiglie milanesi e il monastero femminile di Santa Maria de Quinzano, soppresso nel 1456, il cui sedime fu poi concesso a privati.

Protagonisti assoluti della contrada di Brisa furono però i conti Crivelli, che tra XV e XVII secolo risultano possedere quasi tutta la parte centrale dell'isolato e un palazzo sul corso (nn. 3, 4, 7, 8 e 9).

La principale residenza cinquecentesca urbana della famiglia (insediato dal Quattrocento a porta Vercellina) era il Palazzo Crivelli (n. 3 in figura). Affacciata sul corso, la grande casa con corte e giardino fu poi venduta: nel Settecento appartenne alla famiglia Loria (che non la usava tuttavia come propria residenza) e nel 1804 fu ereditata dai fratelli

⁶⁴ Grossi A., *La contrada Brisa tra Medioevo ed Età Moderna: alcune dimore storiche e il monastero de Quinzano*, in Fedeli A. M., Pagani C. (a cura di), *L'area archeologica di via Brisa. Un quartiere del Palazzo imperiale alla luce delle recenti indagini*, Silvana Editoriale, Milano, 2016, p. 41.



L'isolato di Brisa tra il Medioevo e l'Età moderna. In giallo il possibile accesso al monastero di Santa Maria de Quinzano.

Si veda Tav. 1, in Fedeli A. M., Pagani C. (a cura di), *L'area archeologica di via Brisa. Un quartiere del Palazzo Imperiale alla luce delle recenti indagini*, Silvana Editoriale, Milano, 2016.

Manzi.

Ai numeri nn. 7 e 8 in figura sorvegliavano due dimore nobili distinte, entrambe distrutte durante le incursioni aeree del 1943, organizzate ciascuna attorno a una corte principale con giardino, a occupare tutta la porzione sud-ovest dell'isolato⁶⁵. Non è semplice ricostruire le fasi dell'ampliamento della proprietà dei conti Crivelli in quest'area, né stabilire quali documenti si riferiscano all'una o all'altra costruzione (riconducibili nel XV secolo ai figli di Antonio, Bartolomeo e Ugolotto): più tardi, nel 1582, sappiamo che esse erano comunicanti tramite una sala grande al piano superiore; nel 1650 una delle due passò a un parente acquisito, il conte Mandelli⁶⁶.

L'unico dato certo è che il n. 7 va identificato con il palazzo che i Crivelli possedevano vicino alla torre dei Morigia, almeno dalla prima metà del Seicento.

Quanto all'epoca precedente, possiamo supporre che la proprietà del sedime su cui sorse il n. 8 derivi almeno in parte dai beni dell'ex monastero de Quinzano assegnati al conte Antonio Crivelli

nel 1458⁶⁷.

Altra dimora di fondamentale importanza per la ricostruzione dell'isolato è "Casa Gorana", nota come palazzo Gorani. Essa è andata quasi completamente distrutta durante la II Guerra Mondiale, analogamente ad altre dimore dell'isolato: ne restano però dettagliate descrizioni della prima metà del Settecento che, combinate a una planimetria del 1820⁶⁸, consentono di ricostruirne almeno parzialmente l'assetto. Si conservano inoltre una porzione di prospetto ottocentesco, oltre che alcune fotografie dell'ingresso e degli interni⁶⁹.

Le vicende di questa dimora si possono ricostruire almeno dalla metà del XV secolo, quando apparteneva ai Crivelli, per passare poi ai de Mena nel Cinquecento, ai Gorani nel Seicento, ai Secco Comneno nel Settecento, all'Ospedale Maggiore e infine ai Bazzero nell'Ottocento. Al n. 4 almeno da metà Seicento era annessa una *dépendance*, il cosiddetto casino (n. 9), una "domuncula annexa" alla "domus a nobili", che a metà Ottocento risulta dei Luini, proprietari anche del n. 8.

65 Descrizioni dettagliate di entrambi i palazzi risalgono al 1762, quando appartenevano ai Besozzi-Maggi, che solo nel 1817 vendettero il n. 8 a Giuseppe Luini e il n. 7 ai Banfi. (Grossi A., *op. cit.*, p. 47).

66 Fedeli A. M., Pagani C., *op. cit.*, p. 46.

67 Si veda la planimetria della dimora, risalente al 1821, dell'ingegnere Emilio Marzolat. ASCBT-Ornato Fabbriche, serie II, cart. 517 [si veda nel regesto, a p. 47, DT_disegno tecnico_1821_Piano terra Palazzo Crivelli].

68 Si veda la planimetria presente in Grossi A., *op. cit.*, p. 46, fig. 9a.

69 Si vedano le diverse fotografie recuperate e regestate presso il Civico Archivio Fotografico di Milano [si veda nel regesto, alle pp. 184-218].

70 Una porzione più a sud, nel Seicento, spettava in proprietà a Sant'Ambrogio in Salariolo, sebbene poi fu interessata da altri cambi di proprietà, mentre un'altra porzione fu data alla confraternita di Sant'Ambrogio ad Nemus dei Disciplini (Grossi A., *op. cit.*, p. 49).

71 Grossi A., *op. cit.*, p. 47-50.

72 *Ivi*, p. 50.

Incuneata tra palazzo Gorani (n. 4) e palazzo Besozzi sud (n. 7) c'era poi una più modesta casa (n. 5) di proprietà del monastero di Sant'Ulderico al Bocchetto, poi soppresso, e che sarà infine venduta a privati nel 1791.

Diverse rimangono comunque le dimore degne di nota presenti nell'isolato dal XVI secolo.

Innanzitutto, la grande casa a doppia corte dirimpetto a Santa Maria alla Porta, attestata almeno da metà Cinquecento come possesso della famiglia Pagani. La nobile casa coincide, salvo i rifacimenti attraverso i secoli e i danni di guerra, con l'attuale civico 9 di via Santa Maria alla Porta. Al n. 1 si cita poi la casa Zavattari, poi Campana e Garofolletti, mentre al n. 13 il palazzo de Tolentino-Arconati, distrutto dai bombardamenti del 1943.

La proprietà della parte nord-ovest dell'isolato di Brisa (nn. 10 e 11) è invece particolarmente frammentata e ardua da ricostruire, siccome in età moderna afferiscono ad almeno tre lotti diversi. In particolare, il n 11 nel Cinquecento risultava proprietà

del Pio istituto di Santa Corona, che concedeva ai privati, mentre a metà Seicento una sua parte spettava alla scuola di San Giovanni Decollato alle Case Rotte. Dal Settecento questi civici corrispondevano alle case Sormani⁷⁰, poi Viola (dal 1777), Broggi e Corduri (dal 1800) e Nosedà (dal 1855).

Si cita infine, al confine con le proprietà di queste ultime dimore, la presenza di un'osteria (n.12)⁷¹.

3.2 Il monastero de Quinzano: una presenza *fugace*

Nella contrada di via Brisa, fino al 1456, sorgeva un monastero femminile detto di Santa Maria de Quinzano. Si tratta di una fondazione minore di cui restano esigue tracce documentarie, menzionata solo di sfuggita nei testi dell'erudizione milanese settecentesca⁷².

Al contrario dell'origine e della storia del monastero, che risultano ignote, la sua fine è ben documentata.

Nel gennaio 1456 l'arcivescovo Gabriele Sforza (fratello del duca Francesco), per disposizione di

papa Callisto III, erige la cappellania di San Giovanni Evangelista nella sacrestia meridionale della Chiesa Maggiore, cioè del Duomo, dove esiste un altare dedicato al santo. Ne è cappellano l'agostiniano Paolo da San Genesio, a beneficio del quale viene eretta la cappellania, per la quale era necessario però attribuirvi delle rendite. Oltre ad alcuni canonicati e benefici soppressi, sia in città che fuori, vi furono perciò incorporati i beni di quattro piccoli monasteri femminili: la domus caputiarum di Mariano Comense, Sant'Agostino di Cassano Magnago, un monastero ad Arcore, ed infine proprio quello cittadino de Quinzano (che non si sa se fosse benedettino o agostiniano). Le ragioni della soppressione erano legate all'impossibilità di rispettarvi la clausura a causa dell'esiguità delle risorse economiche e di una non meglio precisata "difformitas"⁷³. Il vicario Davide de Lanteriis, procuratore dell'arcivescovo Gabriele Sforza, si recò personalmente presso il monastero di Santa Maria de Quinzano per notificare alle due religiose rimaste, la badessa e una monaca, la destituzione e

soppressione del piccolo cenobio, invitandole ad abbandonare il monastero e trasferirsi presso un altro ente (non specificato) dove sarà loro assicurato di poter continuare a servire il Signore e dove si provvederà a loro finché vivranno.

Il monastero non sembra disponesse di altri beni se non il sedime su cui sorgeva, ragione per la quale già dal 1456 stesso la sua proprietà venne frammentata per ricavarne le rendite.

Pochi mesi dopo la soppressione, in ottobre, le sue parti cominciarono infatti ad essere smembrate poco alla volta, motivo per cui è in parte difficile ricostruire la sua architettura. E' tuttavia noto che un orto e alcune casette in rovina che facevano parte del sedime del monastero furono concessi in enfiteusi a Luigi del Maino per 16 fiorini all'anno: l'orto confinava direttamente con la contrada di Brisa ed era delimitato a sud e a est dalle domus dell'ex monastero, mentre a nord confinava con altre proprietà del Maino. Non si specifica invece in quale parrocchia ricadessero i beni concessi. Due anni più tardi, nel 1458, un

73 Si veda nel regesto, alle pp. 21-23: DOC_testo_1456_Notarile_cart.141, DOC_testo_1456_Notarile_cart.1322, DOC_testo_1492_Santa Corona_Pergamene_cart.15_n.322].

74 Grossi A., *op. cit.*, p. 52.

75 Non del contado milanese, tuttavia: l'unica traccia è una ben documentata domus Humiliatorum di San Luca de Quinzano a Brescia, fondata nel 1221 e nella quale coesistevano, insolitamente, una comunità maschile e una femminile. Nel 1447 l'ormai decadente casa di San Luca, insieme a molti istituti analoghi, venne accorpata all'Ospital Grande di Brescia e la sede ove riunire tutte le realtà precedenti fu proprio l'antica domus umiliata (Grossi A., *op. cit.*, p. 51).

più ampio sedime dell'ex monastero, sito in parrocchia di San Pietro alla Vigna e che comprendeva edifici a più piani, corti e orto, fu concesso in enfiteusi al conte Antonio Crivelli per 40 fiorini annui, con l'impegno di ristrutturare gli edifici in rovina. Questi andarono ad aggiungersi, una volta ristrutturati, alle altre proprietà della contrada di via Brisa appartenenti alla famiglia Crivelli-Scarampo⁷⁴.

Si suppone dunque che quella de Quinzano fosse una piccola domus di fondazione quattrocentesca, vissuta per circa mezzo secolo, in un periodo in cui proliferavano numerose comunità femminili economicamente deboli e di conseguenza poco documentate, soprattutto agostiniane e umiliate.

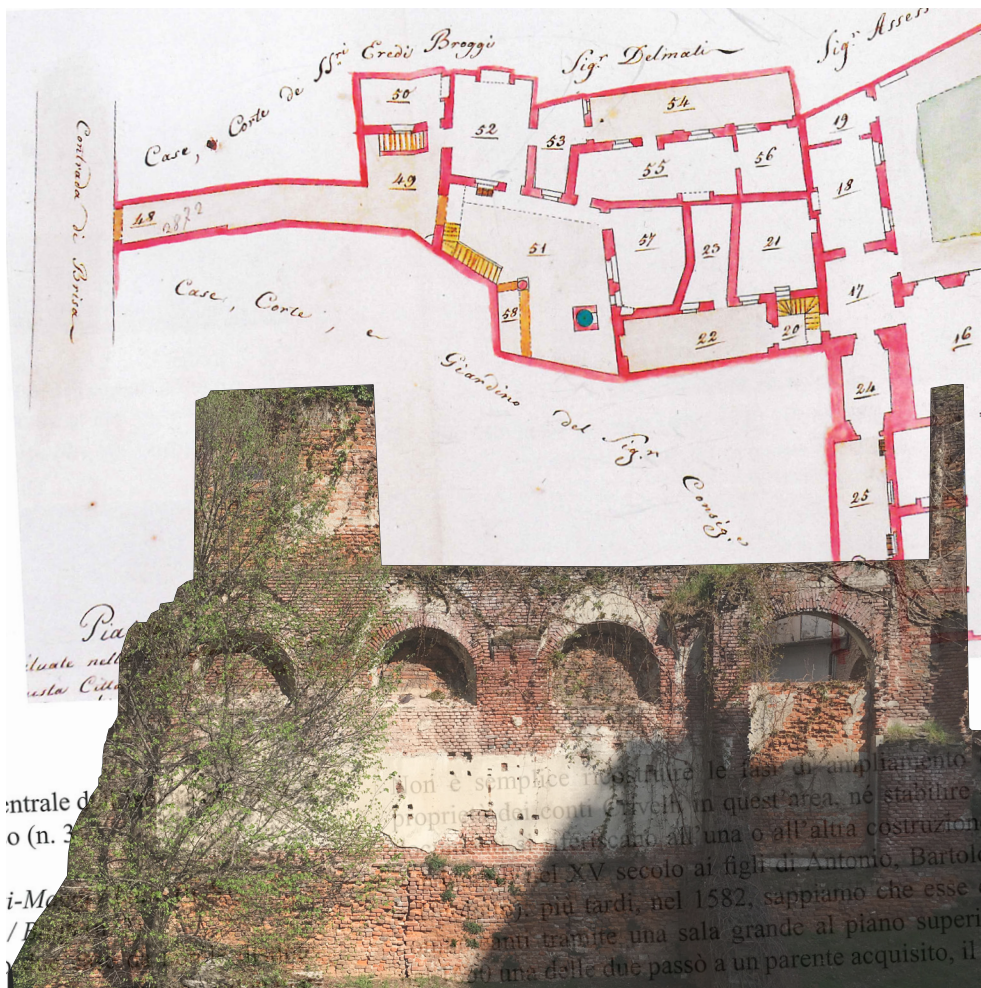
Si è tuttavia ricostruita la posizione del monastero de Quinzano: doveva trovarsi nella parte ovest dell'isolato, quella più devastata dai bombardamenti, probabilmente a circa metà/un terzo del suo sviluppo sud-nord, a cavallo tra le parrocchie di Santa Maria alla Porta e San Pietro alla Vigna, in corrispondenza dei sedimi di

cui ai nn. 8, 9 e 10 e, forse, l'estremità sud-ovest del n. 2, presso i resti di un muro poligonale tardomedievale ancora oggi esistente.

Quanto all'appellativo de Quinzano, le ipotesi proposte dagli studiosi sono due: o il nome indica la casata benefattrice che ne consentì la fondazione, o la domus milanese era legata a un ente religioso forestiero.

Nella prima ipotesi, il cenobio sarebbe stato fondato grazie a un lascito della famiglia de Quinzano, di cui però non abbiamo notizie nel primo Quattrocento milanese: solo nel 1443 Filippo Maria Visconti concede la cittadinanza milanese (e relativi diritti, compresa la facoltà di acquistare immobili in città) al "familiaris noster armiger" Giovanni Alghisius de Quinzano e ai suoi discendenti, da quel momento in avanti noti semplicemente come de Quinzano, in virtù del toponimo di provenienza.

Nella seconda ipotesi, invece, possiamo pensare che l'appellativo de Quinzano esprima la dipendenza da una casa umiliata del contado⁷⁵.



Planimetria della parte di isolato in cui probabilmente era collocato il monastero di Santa Maria de Quinzano. Sotto, il tratto di muro attribuibile al fianco della sua chiesa.

Si veda Grossi A., *La contrada Brisa tra Medioevo ed Età Moderna: alcune dimore storiche e il monastero de Quinzano*, p. 49, fig. 9b, in Fedeli A. M., Pagani C. (a cura di), *L'area archeologica di via Brisa. Un quartiere del Palazzo Imperiale alla luce delle recenti indagini*, Silvana Editoriale, Milano, 2016.

76 La concessione al del Maino del 1456 ci informa che il cappellano era tenuto a far demolire la parte superiore del campanile fino a ridurlo della stessa altezza delle case circostanti: e sappiamo che nella parte inferiore, quella da mantenersi, esistevano finestre prospicienti l'orto (da murarsi). Il del Maino fece realizzare un muro alto circa 1,20 m tra l'orto e la domus dell'ex monastero, le cui finestre sul primo doveva far murare -né gli era consentito aprirne altre o far costruire alcuna loggia (Grossi A., *op. cit.*, p. 54).

77 Si veda la planimetria presente in Grossi A., *op. cit.*, p. 46, fig. 9b. Da qui si può ipotizzare la coincidenza dell'anditum di Casa Gorani con l'accessium del monastero di Santa Maria de Quinzano.

78 Grossi A., *op. cit.*, p. 52-54.

79 Al momento questa preesistenza è interessata da degli interventi dello studio di architettura Arassociati, presso l'attuale civico 9 in via Santa Maria alla Porta. Per realizzare un complesso residenziale, il muro è stato ridotto in altezza (demolendo delle porzioni irregolari), e gli interni sottofondati per permettere una sua sopraelevazione.

Dell'architettura del monastero sappiamo pochissimo: esistevano alcuni edifici a più piani in cattivo stato di conservazione, una chiesa (oratorium) cui si accedeva tramite un passaggio (anditus, dove c'era un pozzo) e un campanile, molto vicino all'orto (ove sorgevano piccole case in rovina)⁷⁶.

Non pare esistesse un vero e proprio chiostro: si parla infatti solo di curiae, che nel linguaggio dell'epoca vanno intese come generici cortili; infine, al momento della soppressione si menziona anche un viridarium (giardino).

I due sedimi concessi al del Maino e al Crivelli erano vicini ma non confinanti. Il primo, più a ovest e affacciato direttamente su via Brisa, era più piccolo ed era occupato da un orto (adiacente le strutture "nobili" del monastero, non sappiamo a chi concesse), alcune casette in rovina e il campanile (ma non la chiesa); il secondo doveva invece corrispondere approssimativamente al n. 8/9 e in parte al n. 4, in particolare all'"accessium" del monastero, dotato anche di un pozzo, che permetteva di comunicare

con via Brisa. Quest'ultimo potrebbe essere rimasto l'anditum che, con la medesima funzione, venne inglobato, almeno parzialmente, nella dimora Gorani⁷⁷, in vicinanza di un tratto di muratura che si erge ancora oggi a sud-est dei resti romani⁷⁸.

Tale porzione di muratura superstite riveste particolare importanza per alcune sue caratteristiche. Si tratta di un ampio setto in mattoni a vista, che la studiosa Ada Grossi ipotizzava essere tardomedievale o rinascimentale, consistente in un elemento rettilineo nord-sud, interessato da aperture e imposte di volte, e in un altro a sviluppo poligonale in direzione est⁷⁹. Nella parte sud del tratto rettilineo si riscontrano almeno due brevi porzioni di muro di costruzioni abbattute che continuavano verso ovest, perpendicolarmente all'asse di via Brisa.

Nella muratura rettilinea si riscontrano quattro archi a tutto sesto (poi tamponati), con tracce di imposte di volte: i primi tre archi a nord sono uguali tra loro e quindi probabilmente in fase, mentre un quarto (quello più a sud), è invece

in fase con altri due visibili nella porzione poligonale. Quest'ultima è interessata da tre arcate a tutto sesto, tamponate, una per ogni lato; la parte sopra le arcate è costituita da una muratura che presenta caratteristiche disomogenee e materiale laterizio di differente composizione e dimensioni. L'unico elemento che testimonia un'apertura originale è circa metà del profilo di una finestra ogivale murata, visibile sul fronte sud del lato ovest del poligono⁸⁰. Sul fronte nord, dalla parte concava, sono presenti due aperture tamponate con resti di davanzali, con contorno in rilievo e sfondato in intonaco di epoca recente, ascrivibili a un residuo di edificio dismesso che chiudeva il retro di casa Pagani.

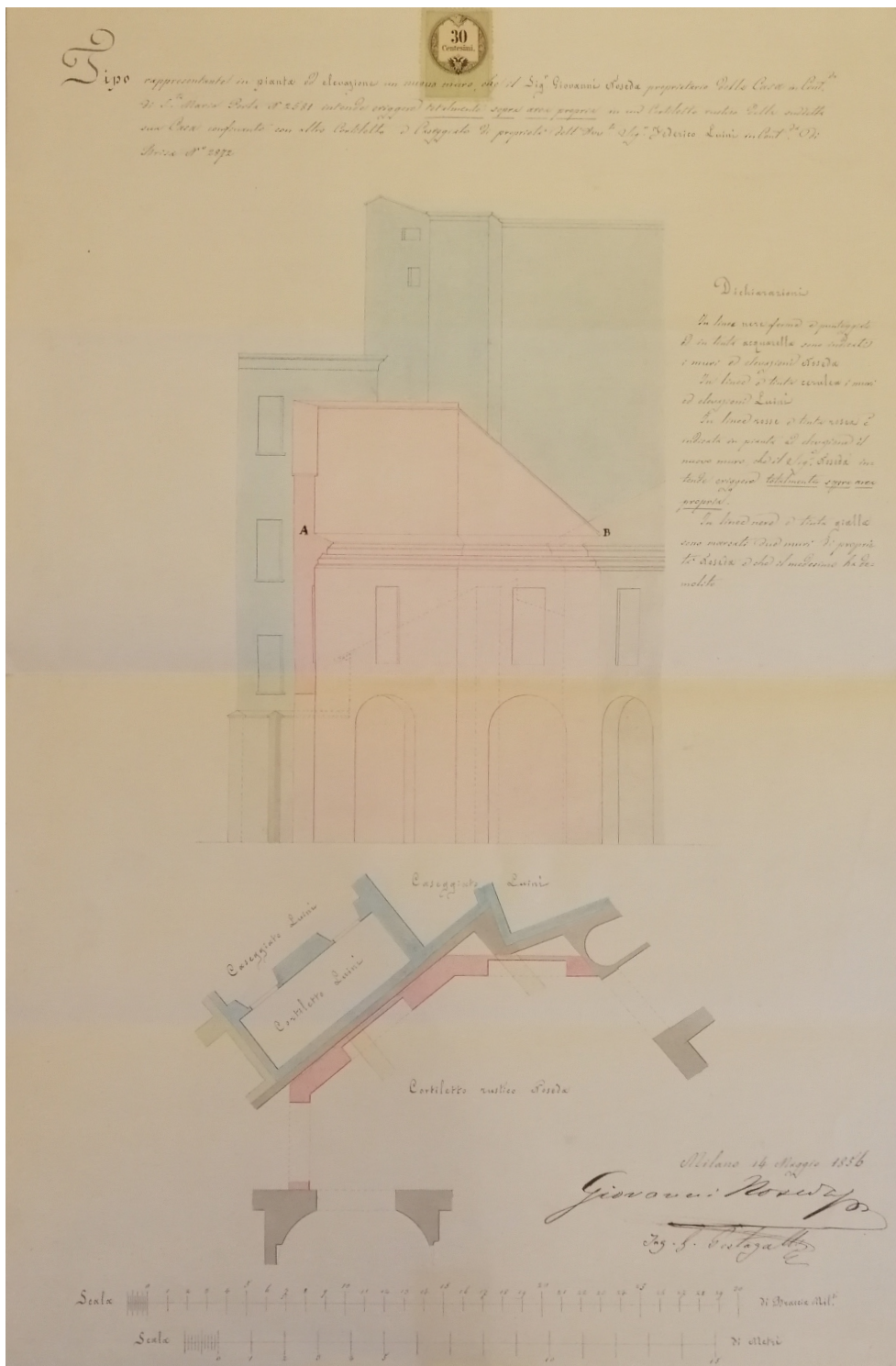
Sebbene sia stata avanzata l'ipotesi che la porzione poligonale del setto murario superstite, in origine, costituisse la parte absidata della chiesa del monastero di Santa Maria de Quinzano⁸¹, l'analisi di una licenza edilizia risalente al 14 maggio 1856⁸² dimostra che essa in realtà risulta essere il perimetro di un cortile interno voluto da Giovanni No-

seda, limitrofo alle proprietà dei Luini presenti a Est e Sud-Est. Nonostante non sia quindi attribuibile all'abside della chiesa del monastero, si vuole sottolineare come la forma stessa del tratto poligonale di questo cortile signorile possa essere il risultato di un "negativo" condizionato dal costruito limitrofo, a suo tempo probabilmente adattatosi alla presenza della chiesa, di cui non si sono trovati passaggi di proprietà, ma che con ogni probabilità non è stata (almeno del tutto) inizialmente demolita.

80 Grossi A., *op. cit.*, p. 54.

81 Ipotesi avanzata siccome la chiesa stessa, che non era stata inclusa nei beni dell'ex monastero concessi al del Maino e al Crivelli (i documenti ne tacciono), probabilmente fu data in uso ad altri o fu semplicemente abbandonata e parzialmente distrutta (Grossi A., *op. cit.*, p. 54).

82 Si rimanda alla planimetria e le sezioni della licenza edilizia, dell'ingegnere Pestagalli [si veda nel regesto, a p. 65, DT_disegno tecnico_1856_Via Santa Maria alla Porta n°9_Disegni di progetto].



Progetto del muro poligonale presso la dimora di Giovanni Nosedà.
 Si veda nel regesto, a p. 65,
 DT_disegno tecnico_1856_Via Santa Maria alla Porta n°9_Disegni di progetto.

4. LE TRASFORMAZIONI URBANISTICHE: GLI SVENTRAMENTI OTTOCENTESCHI E IL PROGETTO DELLA RACCHETTA

4.1 Nuove vie, nuove quinte stradali: il volto rinnovato delle preesistenze

Nell'ottica di un rinnovamento urbanistico comune a molte città nel XIX secolo, anche a Milano si propose l'apertura di nuovi assi stradali e la demolizione di antichi tessuti, talvolta solo parziale. Coerentemente con queste importanti trasformazioni, l'apertura di via Luini, e successivamente quella di via Ansperto, suddivise in quattro parti l'isolato compreso tra via Brisa, via Vigna, via Nirone e corso Magenta, sconvolgendo l'antico convento benedettino.

Questa importante trasformazione urbana pose il problema di una ridefinizione anche formale di molti edifici. Infatti le fabbriche superstiti, che in precedenza erano

inglobate in un costruito compatto e continuo, per di più protetto dalla rigida clausura conventuale, dovettero divenire quinte stradali e sfondo di nuovi spazi urbani: le preesistenze richiesero restauri, mentre si rendeva necessaria la demolizione delle sacrestie e dei portici, oltre che conseguentemente il rifacimento dell'intero fianco della chiesa⁸³.

La vasta area venne quindi sottoposta a parcellizzazioni, demolizioni e adattamenti, che risparmiarono le sole parti monumentali, ovvero la chiesa rinascimentale, le preesistenze romane e una parte dei chiostri.

Queste importanti trasformazioni che interessarono il complesso conventuale possono essere lette anche sulle superfici della torre quadrata, come sottolineano le indagini stratigrafiche condot-

83 Pertot G., in Guarisco G. (a cura di), *op. cit.*, pp. 83-85.

84 *Ibidem*.

85 *Ivi*, p. 117.

86 *Ivi*, p. 18 e p. 106.

te dall'architetto Pertot. Infatti, gli interventi di demolizione e gli adattamenti (consolidamenti, riparazioni, restauri), in particolare laddove le erano addossati degli edifici, sono testimoniati dalle circa 400 unità stratigrafiche del manufatto, dovuti ai molteplici interventi ottocenteschi. Fra queste tracce, importanza non indifferente è rivestita dalle interfacce di distruzione, dalle impronte di coperture, e dalle unità che hanno riempito, in seguito a restauri, unità stratigrafiche negative (sedi di travi, buche pontai, bucatore), e che forniscono anche indicazioni geometriche e tecnologiche sugli edifici demoliti (dimensioni e passo delle travi, inclinazione delle falde di copertura ecc.).

Anche la chiesa di San Maurizio venne interessata da importanti trasformazioni. Venne infatti proposto da Angelo Colla, come accennato, un intervento in stile della facciata e del suo fianco verso via Luini, in seguito all'apertura della via: «il primo consisteva in un "ornato" che prevedeva la decorazione "a terra cotta ed argilla e pittura a fresco", mentre il secondo, più semplice e l'unico

poi realizzato, che riprendeva il partito del fianco occidentale»⁸⁴.

In questo frangente propose anche il rifacimento in stile del fronte sud della torre quadrangolare, alla quale si contrappose il favore crescente della Commissione Conservatrice Provinciale.

Mentre la torre poligonale non fu oggetto di interventi invasivi, per quella quadrata si arrivò a proporre anche la demolizione (nel 1864 in vista degli sventramenti, nel 1881 per volere del parroco Alberto De' Capitani e successivamente nei primi anni '90), asportando solo il marmo cipollino delle colonne d'ingresso e conservandolo presso l'Accademia di Brera⁸⁵.

Si riuscì però ad evitarlo, anche grazie ad una contesa tra il Comune di Milano e la Fabbriceria di Santa Maria alla Porta in merito alla proprietà della torre stessa, e poi la preferenza accordata alla chiesa nell'assegnazione dei fondi per il restauro destinati al complesso monastico⁸⁶.

In questa fase, oltre agli ingegneri del Genio Civile, intervennero anche la civica Commissione d'Ornato e una commissione della

87 In merito alla volontà di conservare la torre, la Commissione d'Ornato, tramite l'accademico Besia, formulò anche un progetto per la sistemazione urbanistica dell'area antistante la «torre antica», da adibire a piazza del mercato, la cui «bertresca antica», liberata dalle superfezioni, veniva deputata a fare da fondale, mentre la Commissione della Consulta, presieduta da Caimi e composta da Boito e Brocca, auspicò però la sua conservazione «sia per la importanza storica ed archeologica, sia perché la sua presenza non arreca alcun notevole inconveniente alle circostanti costruzioni» (Ivi, p. 117),

88 Pertot G., *op. cit.*, p. 77.

89 Ivi, p. 78.

90 Per risolvere questo dissesto strutturale si rese necessaria la posa in opera di tiranti e di sostegni in pietra o ghisa a rinforzo di almeno quattro degli otto fusti lapidei (si veda Pertot G., in Guarisco G. (a cura di), *op. cit.*, pp. 83-85 e Pertot G., *op. cit.*, p. 109).

91 Sacchi F., *op. cit.*, p. 150.

92 Palmieri G., *op. cit.*, p. 53.

93 *Ibidem.*

Consulta del Museo Patrio d'Archeologia, che si opposero alla distruzione⁸⁷.

Le preesistenze romane, in secondo piano rispetto alla chiesa, conobbero dunque parzialmente la carica stravolgente di certi restauri, di cui però rimangono tracce degli interventi che interessano il convento.

Venne infatti distrutto l'edificio che ingombrava via Luini, si eliminarono scale e ballatoi presenti nel portico e venne liberato l'arco alla base della torre quadrata, di cui si tamponarono aperture ad est e sud, si riaprirono le finestre ad arco centinate sul lato sud⁸⁸, e si rifece la scala nel vano appositamente ricavato, con la realizzazione dei relativi solai in legno. Venne poi demolita la cucina ed il refettorio per i convalescenti sul lato sud, e ricostruiti nella stessa veste architettonica, ma con pianta più consona alle esigenze del parroco e agli auspici della Commissione d'Ornato; vennero infine chiuse tutte le aperture e la comunicazione con gli edifici a ponente, e si costruì nel 1880 la passerella fra la torre quadrata e i sottotetti della chiesa⁸⁹.

A seguito della nuova sensibilità nascente in materia conservativa, rilevante fu il nuovo approccio che si andò a delineare a cavallo tra Ottocento e Novecento, che sostituì alle azioni più invasive interventi manutentivi e di consolidamento delle preesistenze presso il sito in analisi.

Vennero infatti effettuati restauri alla loggia della torre quadrata, condotti nel 1892-1893 dal Genio Civile e dall'Ufficio regionale a causa della debolezza strutturale delle esili colonne che sorreggevano gli archi⁹⁰.

Si intervenne inoltre sulla torre di Ansperto, di cui si rifece parzialmente il paramento laterizio danneggiato dagli spogli medievali⁹¹, mentre i primi restauri relativi al convento si ebbero nel 1912, quando ebbe inizio la prima opera sistematica di conservazione di tutti gli edifici sopravvissuti (incentivato dal degrado denunciato nel quotidiano *La Sera*⁹²), con l'obiettivo poi di proseguire con regolari opere di manutenzione. Tra il 1936 e il 1940 vennero invece restaurati, nella Chiesa di San Maurizio, gli affreschi delle cappelle e della controfacciata⁹³,

a dimostrazione del concreto tentativo di salvaguardare il patrimonio culturale anche in seguito alle ulteriori sensibilizzazioni che si stavano affermando in ambito ministeriale ed accademico.

4.2 Il progetto della “Racchetta”

A Milano, come altrove in Italia nel corso del primo Novecento, la visione urbanistica dell'intervento nel centro storico si identificava soprattutto «con allargamenti stradali per favorire la viabilità e il traffico, aspetti questi considerati necessari per favorire lo sviluppo economico e sociale, in antitesi con la permanenza del fitto tessuto stratificato dei vecchi quartieri storici del centro cittadino»⁹⁴. In tal senso è esemplare il caso della cosiddetta Racchetta⁹⁵, grande arteria di scorrimento pensata già dagli anni Venti del Novecento per deviare il traffico di attraversamento del centro storico e dalla piazza del Duomo, per poi raccogliere e smistare i traffici radiali verso la mobilità di scala regionale.

Essa rappresenta un episodio

emblematico dell'urbanistica milanese, sia per la vastità delle distruzioni del tessuto storico interessato dal suo tracciato, sia per il destino dei monumenti che incontrò⁹⁶.

Queste ingenti trasformazioni hanno interessato anche l'area dell'ex monastero maggiore, dove è stata allargata la sezione stradale (fino a circa 30 m) di via Ansperto, tra via Luini e via Brisa, demolendo una porzione della caserma dei vigili del fuoco⁹⁷ che lì avevano ancora la sede. Non venne però realizzato nessun ulteriore raccordo con i restanti tratti previsti dal progetto, ad oggi abbandonato.

L'idea di un'arteria di scorrimento est-ovest per deviare dal centro cittadino il traffico di attraversamento convergente verso piazza del Duomo appare proposta con vari tracciati già nei progetti presentati al concorso per il nuovo Piano regolatore di Milano, bandito nel 1926-27⁹⁸.

Il Piano, che avrebbe revisionato anche questi ultimi, era stato redatto dal direttore dell'Ufficio Urbanistico del Comune di Milano Cesare Albertini: adottato

94 Pesenti S., *Milano post-bellica, la “Racchetta” e i suoi monumenti. Questioni di tutela monumentale ed archeologica nella ricostruzione urbanistica e architettonica del centro storico*, Altra-linea Edizioni, Firenze, 2018, p. 11.

95 Il nome Racchetta, attribuito per via dell'andamento che il suo tracciato veniva ad assumere nella planimetria urbana, è da attribuire al progetto Beta presentato in quell'occasione dal Club degli Urbanisti. La nuova arteria viabilistica si sarebbe dovuta sviluppare da piazza San Babila fino a piazza Missori, per proseguire fino in zona Cadorna, e poi ricongiungersi con un grande rettilineo alla nuova stazione Centrale tagliando il tessuto storico di antichi quartieri del centro cittadino (De Finetti G., *Milano: costruzione di una città*, Hoepli, Milano, 2002, pp. 221-240).

96 Si veda il caso, per esempio, della chiesa di San Giovanni in Conca, presso piazza Missori.

97 La caserma dei vigili del fuoco occupò alcuni locali dell'ex monastero maggiore, e vennero ampliati verso via Ansperto tra il 1868 e 1881 (è stata confrontata la planimetria presente in Vercelloni V., *Atlante storico di Milano, città di Lombardia*, Officina d'arte grafica Lucini, Milano, 1987, p. 122 con il Catasto Lombardo-Veneto). Studiando le CTC della città di Milano, si nota che l'ampliamento della via deve essere stato realizzato, complici i devastamenti bellici, tra il 1956 e il 1965. Ancora al 1966 risale però, prima del suo definitivo abbandono per la valenza storico-artistica dell'area, lo

Stralcio di studio del Piano Particolareggiato nell'area di via Brisa (si veda Fedeli A. M., *Dalla Porta Vercellina al palazzo imperiale. Scavi, studi e valorizzazione dell'area archeologica di via Brisa*, p. 10, fig. 7, in Fedeli A. M., Pagani C. (a cura di), op. cit.), in cui si progettava il passaggio della Racchetta attraverso l'attuale giardino del Civico Museo Archeologico e piazza Gorani.

98 Pesenti S., op. cit., p. 16.

99 *Ibidem*.

100 De Finetti G., op. cit., p. 250.

101 *Ivi*, p. 252.

dall'Amministrazione civica nel 1931, era andato in attuazione tre anni dopo con la legge n. 433⁹⁹. Distinto, come il Piano Beruto del 1889 e Masera del 1912, in un piano per la città interna ed in uno di ampliamento¹⁰⁰, rimase fedele allo schema monocentrico dei Piani precedenti e ad una sommaria circolarità del corso urbano.

Nel Piano interno Albertini prevedeva un nuovo schema circolatorio principale costituito dalla strada ad andamento anulare, che chiamò Strada di Scarico, a cui si innestavano le vecchie radiali, oltre ad alcune nuove variamente distribuite¹⁰¹.

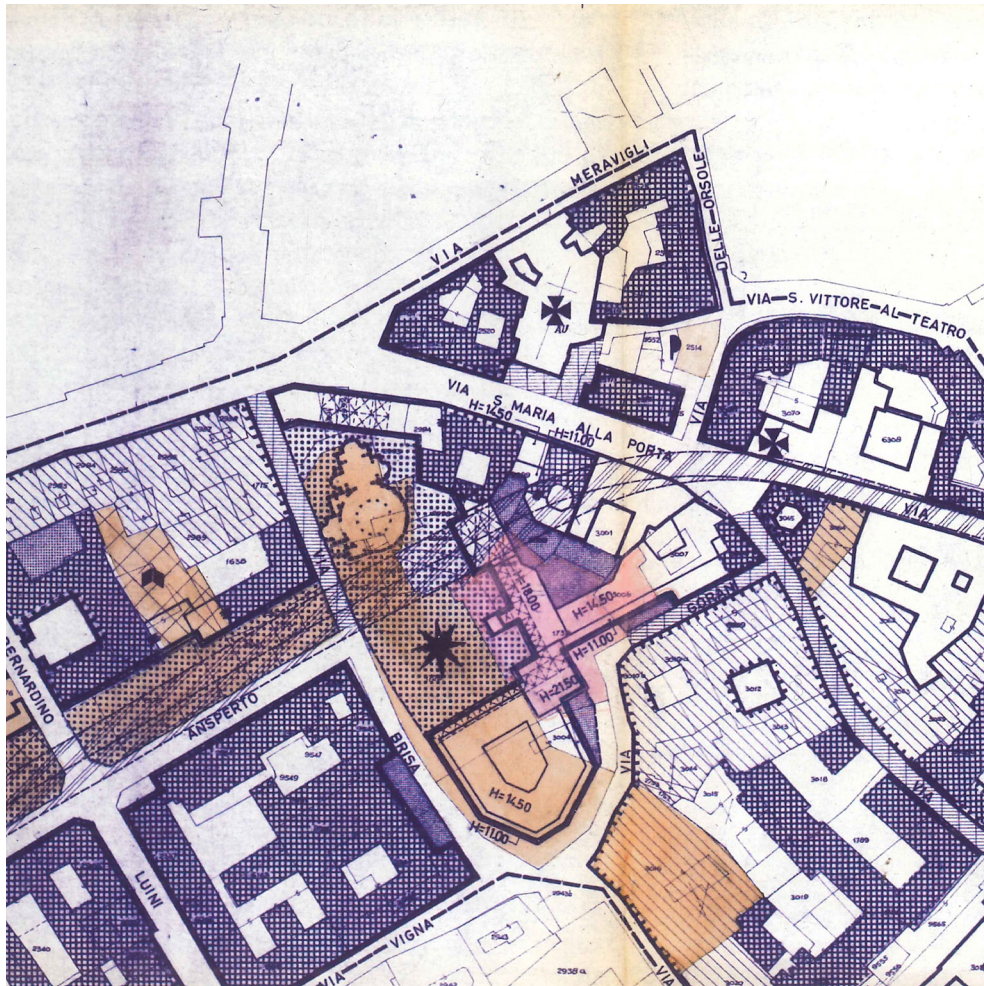
Gli anni Trenta videro così l'avvio di un ampio programma di sventramenti della zona interna impostato tecnicamente non più sull'apertura di alcuni assi viari e sulle conseguenti rifusioni fondiari, ma sulla demolizione estesa di interi tessuti. Sollecitati dalla fatiscenza delle preesistenze, spesso presa a pretesto per sostenere i progetti, o dalle estese distruzioni belliche nella decade successiva, tali processi di sventramento, in misura maggiore, si

devono però al processo di valorizzazione fondiaria della zona centrale, a scapito delle aree più popolari (ad alta, ma modesta, densità abitativa, caratterizzata da piccole attività commerciali ed artigianali).

Queste operazioni riguarderanno, oltre ai luoghi della Racchetta, alcune parti complementari, come l'apertura di piazza Diaz, la creazione di piazza degli Affari e la riorganizzazione della zona del nuovo Tribunale. Già tratteggiate nel 1928, le trasformazioni più significative vennero formalizzate anticipando la stesura generale del Piano del 1934 attraverso una serie di provvedimenti resi esecutivi per decreto.

L'anticipazione regolata per stralci autonomi contribuì però ad aumentare il carattere episodico e occasionale del disegno per il centro città, influenzando non poco sugli esiti della gestione delle trasformazioni negli anni che precedettero il secondo conflitto mondiale.

A seguito però delle discussioni e delle critiche sollevate in merito al Piano del 1934, l'Amministrazione civica nel mar-



Stralcio di studio del Piano Particolareggiato della Racchetta nell'area di via Brisa.

Si veda Fedeli A. M., *Dalla Porta Vercellina al palazzo imperiale. Scavi, studi e valorizzazione dell'area archeologica di via Brisa*, p. 10, fig. 7, in Fedeli A. M., Pagani C. (a cura di), *L'area archeologica di via Brisa. Un quartiere del Palazzo Imperiale alla luce delle recenti indagini*, Silvana Editoriale, Milano, 2016.

zo del 1939 costituì una divisione urbanistica, all'interno del proprio Ufficio tecnico, con a capo l'ingegnere Luigi Lorenzo Secchi, il quale avrebbe dovuto procedere ad una revisione del Piano regolatore vigente.

Pur sapendo di dover provvedere allo smistamento del traffico, nel nuovo Piano si apportarono alcune modifiche all'andamento della Racchetta, poiché si cercò di ridurre le arterie che incidevano sul nucleo storico, facendo coincidere il tracciato con quelle esistenti, parallelamente allo sfruttamento di tutte le possibilità offerte dalle demolizioni e dai vuoti prodotti dalle incursioni aeree, per ridurre al minimo le aperture trasversali¹⁰².

Ad ogni modo il progetto nel Piano regolatore del 1948, nei Piani di ricostruzione (1948-1952) e nel Piano regolatore del '53, venne nuovamente discussa, sia per la sua funzionalità che sostenibilità economica.

Così, nonostante la realizzazione della Racchetta prese nuovo impulso nel dopoguerra, a pochi anni dalla sua approvazione il Piano Albertini risultò superato

nella sua concezione economica e sociale, nonché nel bilancio deficitario delle operazioni di sventramento, nessuna delle quali alla metà degli anni Quaranta era stata condotta a termine. Infatti, le condizioni originarie che alla fine degli anni Venti ne avevano giustificato l'utilità sembravano ormai profondamente mutate, e risultava ormai evidente la preoccupazione che il nuovo asse avrebbe intensificato, più che ridotto, i problemi della circolazione che interessavano il cuore della città storica. Tuttavia, la ormai avanzata compromissione delle aree interessate, connessa alla realizzazione di alcuni frammenti, e soprattutto spinta dalla pressione degli interessi fondiari, portò a riproporre il tracciato senza modifiche sostanziali.

La progettazione urbanistica per la sua costruzione, intercettando presenze monumentali e aree con rinvenimenti archeologici da tutelare, mise però in particolare evidenza «il conflitto tra i differenti "attori" coinvolti nella ricostruzione»: l'amministrazione comunale (soprattutto la Divisione urbanistica); le imprese di

costruzione e i gruppi immobiliari, animati da forti interessi speculativi; le istituzioni statali per la tutela del patrimonio monumentale e archeologico e la classe professionale (architetti, ingegneri, urbanisti)¹⁰³.

L'opera rimarrà incompiuta proprio per l'incompatibilità dei diversi interessi, soprattutto privati, coinvolti nell'operazione, oltre che per l'urgenza della ricostruzione post-bellica, la velocità richiesta dagli interventi, e le continue critiche al progetto.

Il venir meno di una sostenibilità tecnico-economica dell'intervento stesso, più che il sopraggiungere di una nuova sensibilità contraria agli sventramenti e alle demolizioni che avrebbero interessato il tessuto storico da salvaguardare, non portarono dunque alla realizzazione completa, ma solo al tratto corrispondente al percorso da S. Babila fino a piazza Missori¹⁰⁴. La sua continuazione attraverso gli isolati di S. Alessandro, attraverso la zona archeologica attorno a via Cappuccio fino a congiungersi con via Carducci non fu mai avviata. Della Racchetta degli anni Trenta,

pensata sostanzialmente come un grande sventramento per costruire la scena urbana monumentale della nuova città terziaria, rimangono quindi solo alcuni frammenti viari e alcuni edifici costruiti dai migliori architetti novecentisti e moderni, secondo orientamenti coerenti con il tracciato della grande opera incompiuta.

103 Si vedano i sottocapitoli 3 "La 'Racchetta' nel Piano regolatore del 1948 e nei Piani di ricostruzione (1948-1952)" e 4 "La 'Racchetta' nel Piano regolatore di Milano del 1953" in Pesenti S., *op. cit.*

104 Per realizzarlo, sono stati abbattuti alcuni edifici esistenti parzialmente coinvolti dai bombardamenti, è stato sventrato il Bottonuto, realizzato corso Europa, ampliata via Larga e infine aperta via Albricci.

5. LA CONTRADA DI VIA BRISA TRA LA SECONDA GUERRA MONDIALE E LA RICOSTRUZIONE

5.1 Il dramma del conflitto: bunker e bombardamenti

Nonostante il progressivo abbandono del complesso benedettino, l'evento più drammatico che coinvolse il sito fu l'ultima guerra mondiale: infatti i bombardamenti aerei danneggiarono gravemente il convento, oltre che la Chiesa di San Maurizio, nonostante l'intervento di presidio realizzato da Gino Chierici¹⁰⁵, che aveva promosso nel settembre del 1939 un piano per la difesa fissa dei monumenti milanesi. Come ricordano gli elenchi ufficiali redatti per la soprintendenza anche da Paolo Mezzanotte, nelle incursioni aeree dell'agosto del 1943 fu danneggiata parte della copertura della chiesa da numerosi spezzoni incendiari, e ci fu la rottura dei vetri delle finestre,

alcune infiltrazioni d'acqua piovana nel soffitto della loggetta fiancheggiante l'organo Antegnati e l'inclinazione della croce metallica col sole radiante sul timpano del fronte principale¹⁰⁶.

Durante le incursioni anche il secondo chiostro dell'antico convento (quello sopravvissuto all'apertura di via Luini e successivamente di via Ansperto) rimase gravemente danneggiato in quanto bruciarono tutti gli edifici, e sopravvissero solo i portici (per quanto privi delle coperture che, avendo una struttura lignea, andarono totalmente perse); la torre poligonale e la torre quadrata non riportarono invece significativi danni, eccezion fatta per i rivestimenti e il tetto della prima, e la perdita del solaio intermedio ottocentesco della seconda¹⁰⁷. Ingenti distruzioni interessarono

105 Gino Chierici (Pisa, 1877 – Milano, 1961) fu uno dei personaggi più rappresentativi della cultura del restauro tra le due guerre. Storico dell'architettura e restauratore, fu anche Soprintendente del patrimonio artistico di Milano. Subito prima dello scoppio della Seconda Guerra Mondiale, pianificò un importante programma di protezione, denominato "Difesa antiaerea", sui monumenti lombardi, riuscendo così a predisporre squadre e specifici interventi (tra cui la raccolta di fondamentali schedature fotografiche e puntellamenti di volte e coperture) che garantirono la sopravvivenza di gran parte del patrimonio (si veda Amore R., Gino Chierici. *Tra teoria e prassi del restauro*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli, 2011).

106 Marucci R. A., Negri M., Rastelli A. Romaniello L., *Bombe sulla città. Milano in guerra 1942-44*, Skira, Milano, 2004, pp. 260-263.

107 Pertot G., *op. cit.*, p. 8 e p. 18.



I danni nell'isolato di via Brisa.
Si veda nel registro, a p. 128,
IM_foto_1943_Via Brisa angolo Via Ansperto.



La dimora Crivelli dopo i bombardamenti.
Si veda Grossi A., *op. cit.*, p. 45, fig. 7.

invece le dimore signorili che insistevano su via Brisa e via Gorani¹⁰⁸, ad oggi del tutto scomparse, anche in seguito alle demolizioni delle porzioni sopravvissute ai bombardamenti. Fu proprio in seguito all'asportazione delle macerie che si rinvennero i resti di quella che poi venne riconosciuta essere una sala di rappresentanza del palazzo imperiale romano, indagato successivamente con diversi scavi.

Si conserva tuttavia il tratto di mura sul confine Sud-Est dell'area archeologica di via Brisa¹⁰⁹ ed una porzione di fronte di Casa Gorani, oggi inserito in un progetto di risistemazione urbana¹¹⁰, oltre all'omonima torre.

Risalente a questi anni di devastazione è anche il rifugio antiaereo in via Ansperto, ad angolo con via Luini¹¹¹, costruito per soccorrere in caso di incursioni aeree i cittadini che si trovavano o risiedevano nell'area. Sopravvissuto alla guerra, è presente ancora oggi al di sotto del giardino del Civico Museo Archeologico.

Si tratta di una massiccia opera realizzata in calcestruzzo arma-

to, con planimetria rettangolare e setti di spessore pari anche a due metri nell'aula di principale, la cui quota calpestabile si trova a 6,05 m sottoterra. Vi si accedeva da una lunga discesa dalla caserma di via Ansperto, ad oggi parzialmente demolita; vi erano però anche due scale di emergenza a pioli in ferro, a due angoli opposti dell'aula principale di ricovero. Ad oggi in disuso, negli anni Novanta è stato usato anche come archivio del museo in seguito ad una sua bonifica.

5.2 Criteri di intervento della fase ricostruttiva

Milano fu la seconda città in Italia per distruzioni belliche, con 280000 m³ di macerie sulle aree private e 1700000 m³ su quelle pubbliche¹¹². La città si impegnò quindi, nell'arco 1944-45, nella ricucitura delle sue gravissime ferite e nella dimostrazione concreta del suo infaticabile dinamismo e della sua vitalità. Fu questo l'inizio di una nuova stagione, che permise di coinvolgere l'intera città su tematiche ancora poco esplorate ma di grande interesse

108 Si ricordano i bombardamenti che hanno interessato in particolare Palazzo Gorani, le dimore Crivelli, Nosedà e Palazzo Tolentino-Arconati.

109 Si rimanda al capitolo 3 "*L'area archeologica di via Brisa e Gorani: dimore signorili e il monastero di Santa maria de Quinzano*" di questa relazione per una riflessione in merito.

110 L'area ad oggi è adibita a piazza: fu lo stesso Mirabella Roberti nel 1955, all'epoca soprintendente, ad auspicarne la sistemazione a verde di tutta la superficie fino a via Gorani, per impedire la distruzione del sedime archeologico che sarebbe stata inevitabile ed irreversibile nel caso fosse stato realizzato il raccordo con la Racchetta (si veda Pesenti S., *op. cit.*, p. 47).

111 Si veda la pianta e le sezioni, date in gentile concessione dell'Archivio Ass.ne SCAM, a seguito di un rilievo del 1989 [si veda nel regesto, a p. 151, DT_disegno tecnico_1989_Pianta e sezioni bunker antiaereo al Museo Archeologico].

112 Si trattava di un cumulo di detriti tanto imponente che Piero Bottoni suggerì di conservarlo a perenne memento della città sotto forma di "montagnetta" modulata a balze verdi e posta a margine del nuovo QT8, quartiere sperimentale iniziato ad essere costruito in occasione del VIII Triennale del 1947.

113 Marucci R. A., Negri M., Rastelli A. Romaniello L., *op. cit.*, p. 177.

114 Cecchi R., *Distrizioni belliche e opera di ricostruzione*, in *Storia di Milano*, vol. XVIII (Il Novecento), Istituto della Enciclopedia Italiana, Milano, 1995, pp. 398-400, 403-405 e 456-459.

115 Pertot G., *op. cit.*, p. 8.

storico-testimoniale, in termini di trasformazioni urbanistiche ed architettoniche correlate ai dibattiti relativi al modo di approcciarsi all'edilizia storica.

Gran parte del patrimonio monumentale milanese (il 65%) subì dunque, a seguito dei tragici avvenimenti bellici, trasformazioni consistenti sia nelle sue componenti materiche, sia nell'assetto volumetrico e planimetrico. Tra questi, anche gli interventi relativi al sito in analisi furono condizionati dai dibattiti e dalle decisioni prese all'interno di un programma di intervento generale.

La chiesa fu tra i primi monumenti di Milano, noti per le qualità architettoniche e per le straordinarie opere d'arte in essi contenute, per i quali vennero approntati progetti esecutivi e avviati i preparativi insieme alle chiese del Duomo, di Sant'Ambrogio, di Sant'Eustorgio e di Santa Maria presso San Satiro¹¹³.

Essa fu soggetta dapprima a piccole riparazioni e sostituzioni, e poi ad interventi più mirati, grazie a lavori che terminarono solo nel 1951, con l'aiuto dell'ufficio finanziario provinciale del gover-

no militare alleato, che stanziò i finanziamenti necessari¹¹⁴.

Il secondo chiostro del convento (quello sopravvissuto alla distruzione in seguito all'apertura di Via Luini) venne invece del tutto demolito a causa degli ingenti danni.

In realtà i danni alle strutture, seppur gravissimi, apparivano ancora sufficientemente risarcibili. I lavori di demolizione del 1952 e degli anni successivi trovarono piuttosto giustificazione nella cultura della pianificazione urbanistica e del restauro dell'epoca, in particolare il principio per cui, nei restauri monumentali, si voleva l'individuazione e l'isolamento della fase edilizia considerata più importante e qualificante, la quale veniva liberata dal contesto sacrificando quanto era più pertinente alle fasi successive¹¹⁵.

Nei contesti edilizi dell'Italia Settentrionale la fase più qualificante era allora considerata quella romana: analogamente a quanto venne fatto anche in altre città, il palinsesto edilizio venne quindi ridotto a quanto rimaneva delle strutture romane presenti nell'area, ovvero le torri e i ruderi delle

mura. Ad essi venne sacrificato quanto restava del monastero, attraverso lavori di liberazione, «cancellando probabilmente tutto ciò che si era aggiunto nel tempo alle strutture originarie e che avrebbe permesso di meglio interpretare anche quanto venne in effetti conservato»¹¹⁶.

Si procedette quindi con la demolizione totale dei ruderi cinquecenteschi e seicenteschi (gli edifici, tra cui i dormitori, e il chiostro occidentale in particolare): un intervento che consentiva la creazione di un'area archeologica importante da indagare, che appariva la sede naturale per l'erigendo museo archeologico¹¹⁷.

5.3 La ricostruzione: il Civico Museo Archeologico

Il secondo dopoguerra in Italia costituì un momento storico estremamente significativo per il Paese, caratterizzato da una brusca accelerazione dei processi di sviluppo e di trasformazione dei valori di riferimento collettivi.

Il principale interrogativo fu il momento critico della ricostruzione: se attraverso il dov'era e com'e-

ra, che ha caratterizzato moltissimi edifici sia pubblici che privati, o se attraverso la visione delle distruzioni di guerra non solo come un dramma, ma anche un'opportunità progettuale. Si ripresero difatti i termini del dibattito sulla legittimità dell'inserimento del nuovo nell'antico, relativamente in particolare al problema posto dalla scelta di azioni operative nei centri storici, in gran parte distrutti prima dalla guerra e poi dalla speculazione edilizia che aveva preso il sopravvento nella ricostruzione delle città¹¹⁸.

Si sentì pertanto la necessità non di ricostruire un luogo la cui storia contemplò la sua stessa distruzione, col pericolo di creare un falso storico, ma di agire rispettosamente in continuità, consentendo alla città di rinascere su se stessa, sperimentando inoltre linguaggi nuovi e moderni.

Per questo motivo, la vista del vuoto urbano lasciato in eredità, unitamente alla fiducia del governo di Milano e alla sensibilità degli urbanisti più consapevoli del senso profondo dei luoghi e del territorio, portò alla progettazione del Civico Museo Arche-

116 *Ivi*, pp. 9-10, cit..

117 *Ivi*, p. 110.

118 Di Stefano R., *La tutela dei beni culturali in Italia*, in *Restauro*, n. 1, 1972, pp. 30-53.



I lavori di liberazione della torre poligonale e delle mura.
Si veda nel registro, a p. 170, IM_foto_SD_Torre poligonale.



La torre delle carceres e il secondo chiostro dopo le incursioni aeree.

Si veda Pertot G., *La torre "quadrata" del Monastero Maggiore di Milano: un contributo alla lettura del manufatto dalle fasi romane ai moderni restauri attraverso l'analisi stratigrafica delle murature*, ET, Milano, 1995.

119 Marucci R. A., Negri M., Rastelli A. Romaniello L., *op. cit.*, pp. 169-182.

120 Egizio Nichelli è stato, nella seconda metà del Novecento, uno dei principali protagonisti del recupero delle radici storiche dell'architettura milanese, figlio di quel rinnovato interesse per gli studi archeologici che a Milano, a partire dall'inizio del Novecento, volevano portare alla conoscenza dei contemporanei le tracce storiche della città. Richiamando le teorie di Gustavo Giovannoni e Ambrogio Annoni, la sua paziente attività di recupero ha rappresentato negli anni del dopoguerra un modello di intervento capace di coniugare il riuso e la valorizzazione delle testimonianze del passato con le necessità di adeguamento alle nuove esigenze funzionali.

121 *Ivi*, pp. 162-163.

122 Pertot G., *op. cit.*, p. 110.

ologico al posto del convento benedettino, approfittando della distruzione per approfondire, attraverso indagini archeologiche, i resti romani presenti¹¹⁹.

Furono questi i principali input per il ripensamento del sito e l'edificazione dell'attuale Civico Museo Archeologico su progetto di Egizio Nichelli¹²⁰ (1959-1969), che prese il posto dei cortili distrutti del monastero e integrò le preesistenze romane, per la quale vennero progettati degli interventi di conservazione. Questa opportunità venne colta nel tentativo di rievocare la memoria e l'anima del luogo, esprimendo il nuovo interesse verso il passato romano della città.

Questo nuovo approccio ed interesse venne stimolato dall'attività di scavo archeologico (è proprio in questo frangente che vennero rinvenuti anche i resti archeologici di una domus romana presente prima della costruzione delle mura massimianee e del circo - anch'essa integrata nel percorso museale), ma anche dalla necessità di rilevare accuratamente i lotti che avrebbero accompagnato l'attuazione dei nuovi piani ur-

banistici¹²¹.

Nel momento in cui si dovette ripensare all'area una volta occupata dal monastero, il principale quesito a cui rispondere fu il modo di rapportare l'antico al nuovo in progetto. Si optò per un accostamento alle preesistenze storiche atto a mettere in luce una reciproca interazione formale, con l'obiettivo di aggiungere valenze e significati sia all'antico in evoluzione, sia al nuovo che dal primo prendeva ispirazione e forma. Infatti «la presenza archeologica sembra essere il cardine della progettazione» in quanto «articola il tema dello sviluppo planimetrico e distributivo»¹²².

Partendo infatti dalla necessità di evitare una cristallizzazione dell'antico, conservando quanto più possibile di ciò che era sopravvissuto, si volle instaurare un rapporto dialettico mediante la parziale reintegrazione dell'immagine della preesistenza, sia in virtù della sua presenza, sia in quella della sua mancanza in seguito alla sua distruzione.

Per giungere a questo obiettivo, si optò per una restituzione tipologica del sito, «non per dichia-

rarsi ricostruzione archeologica o restauro di rovina, ma espressione di cultura post-moderna che lavora in termini di riproposizione e di gioco combinatorio di frammenti»¹²³ atti a riproporre l'idea sia dell'isolato chiuso, sia dell'antica architettura monasteriale.

A questo fine si propose la parziale ricostruzione del chiostro sopravvissuto ai bombardamenti, realizzata dissimulando tecniche e materiali tradizionali (laterizi, malte ed intonaci, riproposti anche nelle cromie originarie), grazie al supporto delle fonti archivistiche.

L'intervento, che non volle riproporre però la copertura a doppia falda distrutta dagli spezzoni incendiari, ricostruendo quindi solo ciò che non era andato completamente perso, venne inoltre consolidato con la messa in opera di numerose catene.

Critico rimane però il rapporto con il nuovo edificio (in linea, attiguo al primo chiostro e alla chiesa), in particolare nel modo di accostare l'innesto della porzione di chiostro ricostruito con il setto in calcestruzzo armato e la nuova falda della copertura stessa.

Questo nuovo edificio, posto al medesimo livello del piano stradale e della chiesa, riprende planimetricamente gli antichi parlatorii, che ora però ospitano i ruderi della domus romana e il tratto inferiore delle mura massimiane messo in luce dagli scavi archeologici. Ad essi non è possibile accedere, ma risultano visibili dall'alto dalla terrazza del nuovo edificio, avente inoltre una vetrata progettata appositamente per abbracciare con la vista il complesso.

Significativo è anche il rapporto altimetrico, studiato in modo da riprendere le preesistenze: il museo si raccorda sia al sedime dei reperti, sia con il livello dei portici superstiti, entrambi ripresi dal piano di gronda della copertura del museo.

Si attuò così una reinterpretazione in chiave moderna della tipologia distributiva della corte interna (sebbene non attraverso i medesimi materiali e tecniche), grazie anche alla ripresa del linguaggio dei portici rinascimentali della scansione a setti della terrazza (che fungono anche da schermature solari), da cui è possibile pro-

123 Carbonara G., *Architettura d'oggi e restauro. Un confronto antico-nuovo*, UTET, Torino, 2011, p. 57, cit.

124 Si veda, in merito all'approccio dell'architetto al restauro e alla progettazione: Bruno A., *La riappropriazione del monumento attraverso il restauro e la progettazione di nuove funzioni*, in Balzani M. (a cura di), *Restauro, recupero e riqualificazione. Il progetto contemporaneo nel contesto storico*, Skira, Milano, 2011, pp. 199-204.

seguire il percorso esterno verso il giardino e la torre poligonale, a cui si accedeva con una piccola scala.

Così facendo, si volle rievocare la memoria con il percorso, che garantì la parziale continuità relazionale e spaziale con il complesso stratigrafico locale e cittadino, restituendo alla comunità aree di quest'ultimo che non erano accessibili, oltre che carattere e identità. Il progetto, nel tentativo anche di evitare una confusione storica fra nuovo e antico, volle dichiararsi moderno anche attraverso uno scarto linguistico, tramite nuove tecniche e linguaggi che permettevano la riconoscibilità dell'intervento. L'uso di materiali come il calcestruzzo armato, e di colori neutri e diversificati da quelli delle preesistenze, permise infatti di ottenere quasi un'astrazione delle parti moderne stesse, che presentano e valorizzano in senso autenticamente culturale il luogo d'intervento, senza però perdere d'identità.

L'intero processo progettuale risultò coerente all'interno delle logiche del restauro urbano che automaticamente si andava at-

tuando, grazie alla restituzione tipologica e formale dell'isolato che era andato distrutto e sventrato, e che ora è riproposto secondo una nuova chiave interpretativa, anche in relazione alle nuove funzioni in esso insediate.

Nel corso dell'ultimo decennio si sentì però la necessità di intervenire ulteriormente sul complesso museale, andando a risolvere alcuni problemi che la prima fase progettuale aveva successivamente posto in termini di spazio, accessibilità e fruibilità. L'edificio di Nichelli, che risultava troppo ridotto per permettere l'esposizione di una percentuale accettabile delle ricche raccolte possedute (e che rimase per questo dedicato alla sola storia celtica e romana di Milano, e alla collezione mediorientale), venne ampliato nel 2011, su progetto di Andrea Bruno¹²⁴.

Vennero così realizzati nuovi spazi espositivi all'interno dell'edificio in acciaio e vetro in via Nirone, raggiungibile dal giardino interno attraverso una nuova passerella, che costituisce il prolungamento del chiostro.

L'ampliamento del museo permi-

se di dare continuità al sito grazie alla realizzazione di un percorso complementare a quello interno alle sale del museo, riportando l'attenzione sui resti archeologici e risolvendo il problema di accessibilità ampliata, stimolato da nuove sensibilità¹²⁵, a cui le semplici scale prima non davano adeguata risposta.

Lavorando sulla continuità dell'insediamento, la passerella attraversa la torre poligonale e le mura massimiane, risolvendo al contempo i problemi causati dai dislivelli del sito archeologico e permettendo l'ingresso nella nuova sede (che ospita la sezione alto-medievale, etrusca e greca, ma anche uno spazio per piccole esposizioni e un'ampia sala per attività didattiche e conferenze). Un'ulteriore passerella permette l'accesso dalla sezione alto-medievale direttamente al piano superiore della torre poligonale, essendo allo stesso livello.

La leggibilità della continuità del sistema museale è infine coronata dall'uso stesso dei nuovi materiali, tra cui il vetro che, usato in particolar modo nell'ampia vetrata della nuova sede, permette di

visualizzare e identificare tali testimonianze archeologiche, ricomponendole nel quadro storico costituito dall'intero complesso. A ciò contribuisce anche il raccordo altimetrico del nuovo edificio con le preesistenze, e l'accento alla curva d'ingresso (in riferimento a quella approssimata della torre di Ansperto) che abbraccia parte del sito.

A questi interventi si aggiunse il nuovo allestimento, rinnovato anche nella sede storica del museo, che contribuisce a dare una lettura globale dei reperti in relazione al loro contesto¹²⁶.

Per quanto riguarda la chiesa di San Maurizio, nel dopoguerra fu a lungo chiusa al culto, mentre il coro delle monache fu talvolta utilizzato dal Comune per matrimoni e mostre d'Arte.

San Maurizio cominciò però a rifiorire, sino a diventare uno dei principali punti d'incontro della cultura milanese, quando, nell'Ottobre del 1976, il musicologo Sandro Boccardi (alle dipendenze dell'Assessorato alla Cultura del Comune) diede inizio negli spazi del coro delle monache alla prima stagione del festival di

125 Si vedano le Linee guida per il superamento delle barriere architettoniche nei luoghi di interesse culturale, divulgate nel 2011 dal MiBACT.

126 Si veda <http://www.allestimentimuseali.beniculturali.it/index.php?it/117/allestimenti-elenco-schede/100/milano-mi-civico-museo-archeologico>.

127 Palmieri G., *op. cit.*, p. 57.

128 Si veda <http://www.touringclub.it/notizie-di-viaggio/san-maurizio-un-capolavoro-rivelato-nel-cuore-di-milano>

«Musica e poesia a San Maurizio», due cicli annuali di concerti di musicali rinascimentale e barocca abbinati ad incontri con poeti italiani¹²⁷.

Degno di nota è anche il contributo dei Volontari del Touring Club Italiano per il Patrimonio Culturale, che si occupano gratuitamente dal 2006 dell'apertura e delle visite guidate all'interno degli spazi della chiesa, oggetto nel contempo di restauri ai suoi affreschi fin dal 1985, grazie a contributi privati, e poi dal 1997 al 2016, grazie alla Banca Popolare di Milano¹²⁸.



La prima sede del Civico Museo Archeologico.

6. I RITROVAMENTI ARCHEOLOGICI E LA RICOSTRUZIONE DI MEDIOLANUM

6.1 Il contesto dei primi ritrovamenti

I numerosi scavi condotti a partire dalla fine dell'Ottocento fino ad oggi hanno riportato alla luce un ingente patrimonio di reperti appartenenti alla città di Milano in età antica, a partire dalle fasi del centro celtico fino al momento in cui divenne capitale dell'Impero, ed oltre¹²⁹. Questo interesse testimoniava il crescente apprezzamento occidentale per il frammento, il rudere e la sua ricostruzione mentale¹³⁰.

Per quanto riguarda l'epoca romana, una delle aree meglio documentate si trova nel settore nord-occidentale della città, dal IV secolo d.C. sede del quartiere del palazzo imperiale e del circo. Ciò si deve soprattutto all'intensa attività di scavo del dopoguerra,

quasi totalmente determinata dall'opera di ricostruzione edilizia. Molto importante fu il contributo degli studi condotti per la Forma Urbis Mediolani, mirato a ricostruire la conformazione urbana ed architettonica della città in epoca romana, approfondendo e pilotando diversi nuovi scavi archeologici. Per questo progetto venne creata un'apposita Commissione (presidiata da Aristide Calderini) di numerosi studiosi, compreso un tesista dello stesso Calderini particolarmente qualificato, ossia Alberto De Capitani d'Arzago.

Gli esiti di questa fase di ritrovamenti, pubblicati nei "Quaderni di Studi Romani" (Milano, 1951) e nelle "Notizie Scavi" (1951) a cura della Commissione per la Forma Urbis Mediolani e della Soprintendenza alle Antichità della Lombardia, danno notizia di

129 Fonti bibliografiche principali di riferimento per quanto riguarda le scoperte archeologiche di Milano sono le *Notizie degli Scavi di Antichità* e, a partire dal 1981, i *Notiziari della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Lombardia*.

130 Si veda Carbonara G., *op. cit.*, UTET, Torino, 2011.

131 Mirabella Roberti
M., *op. cit.*, p. 63.

132 De Capitani d'Arza-
go A., *Il circo romano*, Casa
Editrice Ceschina, Milano,
1939, p. 32.

133 Mirabella Roberti
M., *op. cit.*, p. 63.

ritrovamenti che completano sistemi già noti nell'insieme, come il circo, le mura massimianee, la via porticata presso l'attuale Porta Romana, oltre che altri ritrovamenti isolati.

In una zona archeologicamente importante come quella fra Corso Magenta e il Carrobbio, la Soprintendenza alle Antichità dedicò particolare attenzione non solo attraverso uno scrupoloso controllo dei cantieri della ricostruzione, ma iniziando lavori di scavo e di isolamento della torre poligonale e delle mura romane al Monastero Maggiore, approfondendo studi sui frammenti dell'impianto circense, oltre che affrontando un complesso scavo nella zona presso il vicolo Brisa e via Gorani.

6.2 La riscoperta del circo

Alcuni tratti di muro di considerevole spessore scoperti nell'area fra le vie Circo e Morigi, oltre alle discussioni animate alla fine dell'Ottocento fra studiosi che negavano l'esistenza del circo romano di Milano, hanno spinto De Capitani d'Arzago, intorno

al 1938, a condurre una minuta indagine nelle cantine delle case lungo le vie Cappuccio e Luini da un lato, Morigi e Brisa dall'altro, riconoscendo i muri paralleli della sua arena¹³¹.

Fondamentali per avviare la ricerca furono i contributi anteriori, seppur frammentari, alla pubblicazione degli studi di De Capitani d'Arzago. Difatti, già in passato erano stati riconosciuti diversi setti murari paralleli o strutture che si ipotizzava fossero appartenuti al circo romano. Risale per esempio al 1917 il rilievo del geometra Bottelli della Regia Soprintendenza, che osservò tratti di mura romane attraversanti via Ansperto, proseguendo sotto il muro perimetrale della caserma dei pompieri (che all'epoca presentava ancora il suo ampliamento)¹³².

L'esame delle fondazioni e dell'alzato della curva sud, collegante i due muri estremi nelle case di via del Torchio, definì inoltre i limiti del monumento, che proprio in questi edifici presentava il muro in curva, alto fino a dieci metri¹³³. Al 1930 risale un altro importante rinvenimento per la ricostruzione



La torre poligonale e il tratto di mura massimianee ad essa ammassato. In primo piano, resti della domus rinvenuti negli anni Sessanta.



Sopra, i resti del circo in via Vigna 1; sotto, la torre delle carceres.

134 Sena Chiesa G. (a cura di), *Milano Capitale dell'Impero Romano 286-402 d.C. (Catalogo della mostra, Milano)*, Silvana, Cinisello Balsamo, 1990, p. 427.

135 Sacchi F., *op. cit.*, p. 158.

136 Pertot G., *op. cit.*, p. 49. e Frova A., *Trovamenti e scavi dal 1950 al 1953*, p. 8 in Sezione lombarda dell'Istituto di studi romani (a cura di), *Ritrovamenti e scavi per la "Forma Urbis Mediolani"*, Quaderni di studi romani, Casa Editrice Ceschina, Milano, 1951.

del circo: De Capitani e l'ingegnere Uccelli rinvennero infatti i frammenti di una struttura monumentale lungo il lato occidentale del circo, negli isolati di via Cappuccio precedenti l'incrocio con via Circo, non lontani quindi dall'estremità sud. Si trattava di un lungo ambiente absidato rettangolare, allineato al circo, largo circa dieci metri, con una serie di robusti pilastri laterizi che conducevano ad una abside, il quale sembrava legarsi alla struttura dell'arena con un muro ad esso perpendicolare. Vista la posizione e la rilevanza che doveva assumere nel complesso circense, si è dedotto essere la tribuna dei giudici¹³⁴.

Grazie a queste indagini, vennero rilevate le murature superstiti e si giunse alla sicura identificazione del circo, divulgata con la pubblicazione, nel 1939, de *Il circo romano* da parte dello stesso De Capitani. Oltre al riconoscimento di molti tratti del muro esterno, di qualche tratto del podio e della tribuna dei giudici, fu riconosciuta la romanità del nucleo della torre quadrata del Monastero Maggiore. Difatti, prima della riscoperta

del sito completo, si perse addirittura memoria dell'ubicazione dell'antico edificio romano, ricordata soltanto dalle fonti antiche e dal nome di via Circo e da quello delle chiese di Santa Maria ad Circulum e Santa Maddalena ad Circulum, sorte presso il lato curvo dell'antico edificio e demolite nel 1789¹³⁵.

Contestualmente ai ritrovamenti del circo, dal 1885 ma soprattutto dagli anni Cinquanta e Sessanta del XX secolo sono state rinvenute diverse cortine murarie (più spesso conservate solo in fondazione) appartenenti alle antiche cinte difensive, sia tardorepubblicane (in prossimità del suo lato orientale) sia massimiane (in prossimità di quello occidentale), a testimonianza della fondamentale relazione che deve essere esistita tra questi diversi sistemi.

Fu proprio grazie a questi scavi, effettuati sempre su iniziativa della commissione per la Forma Urbis Mediolani, che anche la torre poligonale fu riconosciuta come romana nel 1917 da Calderini e De' Capitani d'Arzago¹³⁶, contro l'ipotesi di coloro che considera-

no medievale l'ampliamento della cinta in questa zona.

Saggi di scavo praticati poi presso il muro divisorio del primo chiostro del monastero, in corrispondenza dell'estremità nord, hanno messo in luce le fondazioni di una torre rotonda in asse con la prima, che si dedusse essere la torre d'angolo a cui si innestava l'altro tratto di cinta parallelo a corso Magenta, come supposto dal De Capitani per la presenza di pochi resti al n°1 di via Luini e verso via Brisa¹³⁷⁻¹³⁸.

Successivamente vennero ritrovati tratti del muro occidentale del circo (il meglio conservato) nella stessa area dove fu messo in luce un tratto del muro di cinta (in via Cappuccio 19), e della curva (in via Circo 12, 14 e via Brisa 3).

In prossimità della posizione dove si sarebbe dovuta trovare la seconda torre dei carceres, è stato rinvenuto invece un ambiente rettangolare, dal quale si stacca un altro setto perpendicolare. Si tratta di un complesso indipendente dal circo (anche perché le murature sono troppo sottili¹³⁹), poi attribuito infatti al palazzo im-

periale¹⁴⁰.

Durante i bombardamenti della Seconda Guerra Mondiale, vennero distrutte e danneggiate ampie parti dell'ex-convento, motivo per il quale vennero liberate le preesistenze riconosciute come romane per approfondire gli studi.

Nel cortile del secondo chiostro, negli anni Sessanta, furono anche ritrovati i resti di una domus¹⁴¹. A poca distanza, verso sud, sono stati rinvenuti poi altri resti di edifici a destinazione probabilmente abitativa (risalente al I sec. a.C-I sec. d.C.), come quelli in via Cappuccio 5 e 7 (1895, 1937) e via Circo 9 (1957)¹⁴². Si è dedotto quindi che, prima della costruzione di questo storico monumento ludico, l'area fosse occupata da edilizia residenziale extraurbana, anche modesta¹⁴³.

Nel dopoguerra, soprattutto nel 1960 e 1967, in occasione di demolizioni di case in precarie condizioni strutturali e di cantieri di nuove costruzioni in via Vigna e via Morigi, la Soprintendenza alle Antichità acquisì nuovi dati, specie con la liberazione e la conservazione in vista del muro laterizio

137 Frova A., *op. cit.*, p. 8.

138 I civici riportati fanno riferimento a quelli che indicavano gli edifici presso cui, all'epoca, sono stati condotti dei rilievi o degli scavi.

139 *Ivi*, p. 9.

140 *Ivi*, p. 10.

141 Massara D., Slavazzi F., *op. cit.*, p. 62.

142 *Ibidem*.

143 *Ivi*, p. 63.

144 Sena Chiesa G. (a cura di), *op. cit.*, p. 431 e Mirabella Roberti M., *op. cit.*, p. 63.

145 La presenza di questi toponimi e chiese in prossimità di via Torino ha spesso indotto gli studiosi a credere che le strutture del quartiere imperiale si trovassero nella parte meridionale della città, contribuendo a decontestualizzare alcuni ritrovamenti nel settore nord-occidentale della Milano imperiale.

146 Fedeli A. M., Pagani C. (a cura di), *op. cit.*, p. 14.

147 Heger A. G., *L'area archeologica di via Brisa, via Gorani e via Santa Maria alla Porta*, Università degli Studi di Milano, 1984-1985, pp. 11.

148 *Ivi*, p. 10-11.

di via Vigna. Si tratta di informazioni che hanno progressivamente completato alcuni aspetti del circo, pur non permettendo comunque di ricostruire l'arena, la spina, i carceres e una delle torri, nonché l'impianto delle gradinate¹⁴⁴.

Infine, nel 1988-89, con la demolizione delle case addossate alla curva del circo dal lato esterno ed interno, è stata messa in luce la muratura romana, la cui esistenza era stata appurata dal De Capitani con scrostamenti degli intonaci moderni (che la Soprintendenza Archeologica ha tutelato attraverso la conservazione in vista, la pulitura e il restauro).

6.3 Il quartiere imperiale: l'area archeologica di via Brisa

Come nel caso del circo, anche le strutture del quartiere caddero nell'oblio nel corso dei secoli, ma la loro antica presenza si ritrova ancora oggi in diversi toponimi, come quelli di San Giorgio al Palazzo, Sant'Alessandro in Palazzo e via Bagnera (quest'ultimo potrebbe derivare da un complesso termale appar-

tenente al quartiere imperiale)¹⁴⁵.

I primi ritrovamenti riferibili alle strutture del quartiere imperiale risalgono al 1875, quando in via Santa Maria Fulcorina furono messe in luce le tracce di un portico monumentale¹⁴⁶.

Risale poi al 1890, allo sbocco del vicolo Brisa su corso Magenta (nei pressi della pasticceria Marchesi), la scoperta dei resti di uno stipite di una soglia, la cui direzione risultava perpendicolare all'andamento di via Santa Maria alla Porta (la notizia è riferita dal De Capitani, che cita l'evento negli studi per la Forma Urbis Mediolani del 1939)¹⁴⁷, attestando quindi la presenza di strutture del suburbio nella zona di via Brisa. Si fecero analoghe considerazioni in seguito a dei rinvenimenti in via Morigi¹⁴⁸, deducendo la possibilità che in questa area si potessero essere impostati i settori del quartiere imperiale sulle precedenti domus.

La storia dell'area archeologica di via Brisa, dove si conserva l'unica testimonianza del palatium di Milano conservato a cielo aperto, prese però avvio nell'estate del 1953, quando ini-



Scavo archeologico di via Brisa al termine delle indagini del 1957.

Si veda Fedeli A. M., Pagani C. (a cura di), *L'area archeologica di via Brisa. Un quartiere del Palazzo Imperiale alla luce delle recenti indagini*, Silvana Editoriale, Milano, 2016, p. 13, fig. 8.

149 Si possono ricostruire le fasi della scoperta dell'edificio di via Brisa facendo riferimento agli studi di De Capitani, alle testimonianze di Mirabella Roberti e ai diari di scavo (due quaderni depositati in Soprintendenza in una delle cartelle riguardanti via Brisa) dell'assistente di Nevio Degrassi, Giacomini.

150 La notizia fu riportata anche dal Corriere della sera (il 2-3 e il 14 agosto 1952), mettendo a conoscenza i lettori delle scoperte archeologiche (Fedeli A. M., Pagani C. (a cura di), *op. cit.*, p. 9).

151 *Ibidem.*

152 Tesi avvalorata dai diversi saggi compiuti negli anni 1959-62 nell'area, dove vennero ritrovati numerosi reperti, soprattutto ceramici, che attestano la ricchezza dell'ambiente (Fedeli A. M., Pagani C. (a cura di), *op. cit.*, p. 12).

153 *Ivi*, p. 9.

154 *Ivi*, p. 11.

155 Per approfondire il progetto della Racchetta, si rimanda al capitolo 4 *"Le trasformazioni urbanistiche: gli sventramenti ottocenteschi e il progetto della Racchetta"* di questa relazione.

ziarono i lavori per la ricostruzione dell'isolato definito da corso Magenta, via Santa Maria alla Porta, Gorani e Brisa, particolarmente danneggiato dai bombardamenti dell'agosto 1943. Erano in progetto infatti non solo la ricostruzione di edifici residenziali, ma anche il passaggio della Racchetta.

Contestualmente ai lavori di scavo condotti tra la fine di giugno e l'inizio di luglio del 1952, vennero portati alla luce resti di strutture di particolare interesse archeologico¹⁴⁹, motivo per cui l'allora Soprintendente delle Antichità Nevio Degrassi (che conduceva gli scavi) comunicò alle società immobiliari il risultato dei primi scavi, in vista di una interruzione dei lavori di ricostruzione sull'area archeologica che si stava scoprendo.

Le strutture vennero così sottoposte alla tutela del Ministero della Pubblica Istruzione, nonostante fossero poche e sintetiche le notizie e i particolari della scoperta di Degrassi (in collaborazione con Antonio Frova dal 1952-53, e con Mario Mirabella Roberti dal 1954-62).

Il complesso fu inizialmente con-

siderato difensivo (almeno finché lo scavo era limitato all'abside principale, considerato una torre)¹⁵⁰, errore dovuto dalle conoscenze dell'epoca, che localizzavano la Porta Vercellina in quel punto della città¹⁵¹; successivamente fu poi considerato uno stabilimento termale absidato¹⁵², con ampie porzioni pavimentate in cocciopesto, sostenute da *suspensurae* conservate in situ¹⁵³. Quest'ultima interpretazione venne proposta già nel settembre 1953, come attesta una breve relazione inviata a Roma per l'emissione dei decreti di vincolo sull'area, urgenza dettata dall'approvazione poco prima avvenuta, il 30 maggio, del nuovo Piano particolareggiato per l'area, che prevedeva la ricostruzione di edifici nella parte nord dell'isolato e di un segmento di Racchetta¹⁵⁴⁻¹⁵⁵. Grande rilevanza assume, in questo momento, il contributo del nuovo Soprintendente Mirabella Roberti, che appena ricevuto l'incarico (alla fine del 1953) si impegnò nel creare e tutelare l'area archeologica di via Brisa. Vennero apportate da quel momento in poi, grazie ad una col-

laborazione con l'assessore al Piano Regolatore Steno Baj, modifiche al progetto, di modo da conservare i resti in un'area verde libera da costruzioni, o al più proteggerli con una struttura¹⁵⁶. Ebbe così inizio una lunga trattativa tra il Comune di Milano e i proprietari dei terreni di via Brisa, conclusasi alla fine del 1956¹⁵⁷ con l'acquisizione da parte del demanio comunale della particella catastale corrispondente all'area archeologica, che si decise definitivamente di lasciare a cielo aperto, realizzando una delle poche aree del genere a Milano insieme, per esempio, a quella dell'anfiteatro.

Il 4 febbraio 1957 Baj comunicò dunque al Soprintendente l'avvenuta transazione, mettendo a disposizione l'area per la prosecuzione degli scavi archeologici. In via Brisa si poté così iniziare uno scavo in estensione che permise di portare alla luce e musealizzare buona parte delle strutture ancora oggi visibili nell'area archeologica. I lavori iniziarono il 5 marzo e si conclusero il 3 ottobre¹⁵⁸, utilizzando fondi ministeriali e un consistente finan-

ziamento messo a disposizione dall'Assessorato all'Educazione del Comune di Milano.

Le indagini partirono dall'asportazione delle macerie che riempivano le cantine degli edifici bombardati, per proseguire poi con degli scavi lungo via Brisa, dove furono portati alla luce il gruppo di tre ambienti orientati su un asse perpendicolare rispetto a quelli rinvenuti nel 1952-53 e aperti su una grande aula circolare. Le ultime settimane della campagna del 1957¹⁵⁹ furono invece dedicate al restauro delle strutture, che vennero pesantemente risarcite, ricostruendo cospicue porzioni delle fondazioni¹⁶⁰.

Se lo scavo dell'area fu completato in pochi mesi, ben più lungo fu il tempo necessario per la sistemazione della cornice dell'area archeologica. Inizialmente, fin dal 1953, fu predisposta una passerella in legno provvisoria.

La prima bozza di progetto risale invece all'ottobre 1962, anche se solo nel 1969 si ebbe una piena approvazione da parte del Soprintendente; servirono però tre anni, aspettando fino al 1972, per reperire le risorse disponi-

156 *Ibidem*.

157 Al medesimo anno risale la pubblicazione della pianta ricostruttiva delle "terme di via Brisa" di Mirabella Roberti, basata su un accurato rilievo eseguito dai geometri della Soprintendenza Archeologica, chiedendosi se questo edificio potesse essere parte delle Terme Erculee ricordate da Ausonio (poi localizzate tra corso Europa e corso Vittorio Emanuele II).

158 Per approfondire la storia dello scavo durante le sue varie fasi, si veda Heger A. G., *op. cit.*, pp. 22-26.

159 Dal 23 settembre al 4 ottobre 1957 (*Ivi*, p. 26),

160 Fedeli A. M., Pagani C. (a cura di), *op. cit.*, p. 12.

161 *Ibidem.*

162 Ancora nell'aprile del 1973, come si può leggere nella relazione consegnata all'Ufficio Tecnico di Milano, durante gli scavi di fondazione del muro di bordo vennero alla luce ulteriori reperti archeologici, che si estendevano in buona parte sotto il sedime di via Brisa. Per questo motivo venne realizzato un solettone sopra gli stessi per garantire l'inalterabilità del calibro della via, pur limitando il sovraccarico stradale e l'estensione delle fondazioni [si veda nel regesto, a p. 149, DT_atto_1978_Terne romane di via Brisa].

163 Arslan E. A., *op. cit.*, p. 12.

164 Esso è nominato per la prima volta dal panegirista Claudio Mamertino, che riferendosi all'incontro a Milano tra Massimiano e Diocleziano nell'inverno 288-289 dice: *ibi tunc esse sedes imperii videtur quo uterque venerat imperator*; da Ausonio, che lo definisce *Palatinae arces*; da Ammiano Marcellino, che parla di *palatium* o *regia*; ultimo ma non per importanza si cita la lettera di Ambrogio alla sorella Marcellina, in cui dice che per recarsi al *coemeterium ad martyres, regiam palatii praetexebam eundo atque redeundo*: ossia che nell'andare e nel ritornare dalla sua casa passava lungo il Palazzo Imperiale (Ceresa Mori A., *op. cit.*, 2018, p. 95).

165 Fedeli A. M., Pagani C. (a cura di), *op. cit.*, p. 12.

166 *Ivi*, p. 14.

167 *Ivi*, p. 97.

168 *Ivi*, p. 55.

bili e iniziare a settembre i lavori di quello che è ancora l'attuale bordo dell'area archeologica¹⁶¹. Questo, costituito da una semplice ringhiera che permette di affacciarsi da quota strada sull'area archeologica, rende accessibile il sito tramite una breve rampa di scale¹⁶².

Nel mentre si cominciarono ad esporre i primi dubbi sulla natura dello scavo, a partire dagli studi di Arslan nel 1982¹⁶³. Si formulò infatti l'ipotesi di riconoscervi un settore di rappresentanza del Palazzo Imperiale, come citato da numerose fonti in passato¹⁶⁴, sebbene sempre immaginato collocato più a sud, nell'area tra la porta Ticinensis e via Torino. Ciò contestualizzava però una serie di altri frammenti a ovest del decumano (ipotizzati essere appartenuti ai diversi padiglioni del complesso palaziale), rinvenuti nel corso di scavi di emergenza a partire dagli anni Ottanta (in particolare in via Gorani 2 e 4)¹⁶⁵.

Dopo diversi anni di scarsa attività scientifica, i contributi più rilevanti risalgono al 2014, quando vennero realizzate attente analisi stratigrafiche delle

strutture da parte di una équipe archeologica, nonché bonificata l'area dalle piante infestanti, pulite le strutture per consentirne poi una schedatura analitica (rilevando tecniche costruttive, materiali e caratteristiche strutturali); infine, venne realizzato un modello laserscanner, e contestualmente una catalogazione dei numerosi elementi architettonici lapidei conservati nell'area. Sono stati infine realizzati dei sondaggi GPR di esplorazione geofisica ad alta risoluzione¹⁶⁶.

Indagini da poco concluse (agosto 2015-maggio 2016¹⁶⁷) in via Santa Maria alla Porta 9, hanno portato all'individuazione dell'ala orientale dell'edificio in via Brisa, oltre che fornito nuovi elementi per un inquadramento cronologico dell'impianto, in cui è oggi possibile definitivamente riconoscere un settore residenziale di rappresentanza del *Palatium*¹⁶⁸.

6.4 Il quartiere imperiale nelle indagini più recenti: l'area archeologica di via Gorani

Negli ultimi trent'anni Milano è stata oggetto di un numero

elevato di scavi stratigrafici, soprattutto per le esigenze dell'archeologia preventiva, in occasione di grandi trasformazioni del suo sottosuolo dovute a iniziativa pubblica e privata. I risultati di una larga parte di queste indagini archeologiche hanno restituito una grande quantità di reperti, che diversi studiosi hanno contestualizzato e studiato, consentendo di rileggere lo sviluppo della città nella sua cultura architettonica.

Particolare rilevanza assume lo scavo in via Gorani 2-4, presso quello che già nel marzo del 1957 veniva definito cantiere "Gorani"¹⁶⁹, che diede un nuovo contributo alla conoscenza dell'edilizia abitativa del settore occidentale di Mediolanum.

La zona fu comunque già da tempo caratterizzata da fortunati ritrovamenti riferibili al Palatium, come testimoniano gli scavi già intrapresi in piazza Borromeo, via Borromei, via Maria Teresa-Sant'Orsola, via Circo 1, via Soncino 2, via Nerino 12, via Gorani 7 e piazza Mentana¹⁷⁰.

Sono stati ritrovati, oltre che alcune strutture di fondazioni di setti murari, soprattutto pavimenti

a mosaici o decorati risalenti al I sec. a.C-I sec. d.C., spesso sovrapposti¹⁷¹, come nel caso dei reperti ritrovati in via Circo nel 1877, in via Gorani n 4 nel 1913¹⁷², in piazza Borromeo nel 1972.

Ciò conferma la presenza, prima dell'ampliamento dell'urbs massimiana, di domus suburbane signorili, sulle quali si potrebbe essere poi impostato il quartiere imperiale.

Sono infine da ricordare, nella parte sud di piazza Mentana, le imponenti fondazioni che delimitavano grandi ambienti, pertinenti ad un edificio che il toponimo della vicina via Bagnera, da balnearia, induce a supporre fosse di tipo termale¹⁷³.

Tuttavia, come si accennava, fondamentale è stato lo scavo di via Gorani 2-4¹⁷⁴. Le indagini archeologiche condotte tra il 2008 e il 2010¹⁷⁵ su un'area di 2200 mq, che erano state precedute nel 1991 e 2006 da alcuni sondaggi, hanno messo in luce un nuovo settore del complesso palaziale. È stato possibile infatti acquisire nuove informazioni sul processo di trasforma-

169 Così venne chiamata l'area, di cui si intuì la fondamentale importanza per i resti archeologici che si sarebbero potuti portare alla luce (Heger A. G., *op. cit.*, p. 21).

170 Ceresa Mori A., *op. cit.*, p. 98.

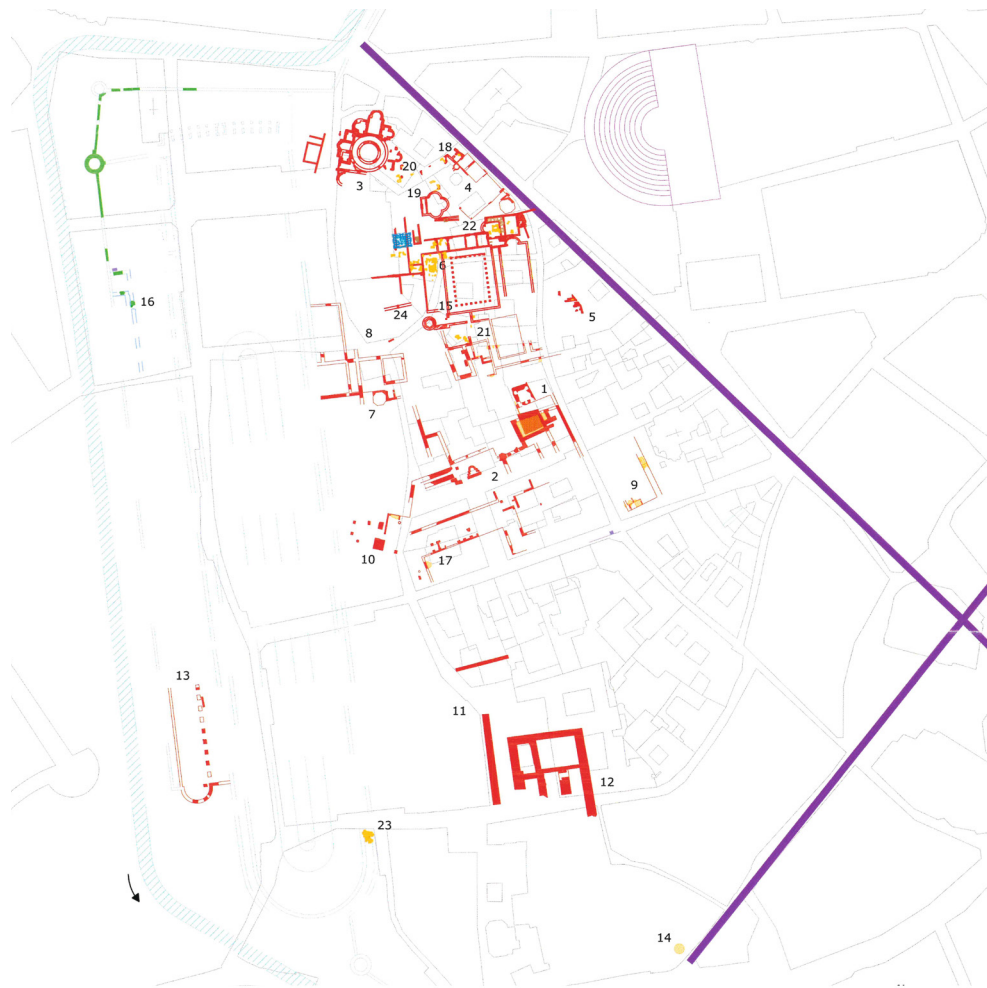
171 Si tratta di mosaici che spesso sovrappongono strati risalenti al IV secolo ad altri presumibilmente del I/II secolo d.C. (*Ivi*, pp. 98-99).

172 Il resoconto degli scavi scritto dall'archeologo Patroni, in merito in particolare al ritrovamento dei tre mosaici sovrapposti, si trova in *Notizie Scavi* del 1923.

173 Ceresa Mori A., *op. cit.*, p. 100.

174 *Ivi*, pp. 100-101.

175 Si vedano i *Notiziari della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Lombardia* (anni 2008-2009 e 2010-2011).



Rilievo dei resti archeologici del sistema palaziale, rinvenuti in particolare durante gli scavi degli anni 2008-2009 e 2010-2011.

Si veda Tav. 2, in Fedeli A. M., Pagani C. (a cura di), *L'area archeologica di via Brisa. Un quartiere del Palazzo Imperiale alla luce delle recenti indagini*, Silvana Editoriale, Milano, 2016.



Alcuni resti ritrovati in via Gorani 2-4.
Si veda il *Notiziario della Soprintendenza per i Beni archeologici della Lombardia*, 2010-2011, p. 243, fig. 299.



Resto di pavimentazione musiva riconducibile al palazzo imperiale.

Si veda il *Notiziario della Soprintendenza per i Beni archeologici della Lombardia*, 2010-2011, p. 243, fig. 299.

176 Ceresa Mori A., *op. cit.*, pp. 100-101.

177 Molti sono riconducibili all'epoca tardoantica anche per via dello stile. Lo schema compositivo è caratterizzato infatti, come nei mosaici visibili attraverso dei lucernari in piazza Gorani, da una treccia a due capi che scandisce partizioni geometriche ripetute, all'interno delle quali sono spesso posti medaglioni con busti umani e animali.

zione dell'area dalla fase edilizia residenziale signorile della prima e media età imperiale (I-III secolo d.C.), al palatium del IV secolo: della prima fase edilizia, ascrivibile alla fine del I secolo a.C.-inizio del I d.C., erano conservati resti di strutture relative ad almeno due domus di carattere signorile, che si estendevano oltre i limiti dello scavo e presentavano un orientamento N-S, non in asse con il decumano su cui si affacciavano ad est.

Si dedusse poi che, dopo una fase di demolizioni e livellamenti, conseguente all'acquisizione delle residenze private per la costruzione del palazzo, venne intrapresa l'attività di cantiere per la realizzazione del complesso, che rispettava l'orientamento delle costruzioni precedenti. Le imponenti fondazioni dell'edificio, quasi sempre a sacco, erano realizzate in conglomerato, con ciottoli e laterizi frammentari, più raramente coppi, tegoloni o pilae di reimpiego, allettati in abbondante malta. Gli alzati presentavano invece un nucleo in conglomerato; il paramento esterno era in mattoni sesquipedali posti

di piatto e accostati di testa, con qualche inserto in ciottoli o frammenti di laterizi disposti a spina di pesce¹⁷⁶.

Estrema rilevanza assumono diversi frammenti architettonici, anche consistenti, riconducibili alle strutture del complesso palaziale, come conferma la ricchezza dei rinvenimenti (soprattutto le pavimentazioni musive¹⁷⁷), databili tra la fine del III e l'inizio del IV secolo d.C..

A S-E dello scavo è stata rinvenuta un'aula absidata con orientamento NO-SE. L'aula, priva di pavimentazione e che prosegue verso sud ed est oltre i limiti dello scavo, era separata da un corridoio da un grande peristilio, che si sviluppava verso sud. Anche nel caso dell'aula, l'indagine ha interessato solo parte dell'abside e una piccola sezione della parte ovest. Non si può quindi ricostruirne la lunghezza, ma è evidente che si tratta di una sala di ricevimento a pianta basilicale di proporzioni imponenti, in cui probabilmente si svolgeva il rituale dell'udienza dell'imperatore.

L'aula absidata rappresentava infatti la conclusione di un percor-

so di celebrazione ed esaltazione dell'imperatore, che si articolava attraverso vestiboli, corridoi e porticati, in una progressione gerarchica di ambienti che culminava nelle sale destinate all'udienza e al banchetto. In questo caso, tale percorso non è però ricostruibile, come non lo è lo sfarzo degli apparati decorativi, che dovevano essere di grande impatto visivo, all'altezza dell'importante ruolo svolto da questa sala nel complesso palaziale¹⁷⁸.

Ad ovest dell'aula è stata scavata la struttura di un corridoio con andamento NE-SO, che prosegue oltre il limite di scavo, mentre più ad ovest si sviluppa una serie di ambienti che costituivano il braccio settentrionale di un peristilio che si sviluppava verso sud. In tale serie di vani si può ragionevolmente proporre di riconoscere un settore residenziale privato, articolato attorno al grande peristilio rettangolare, che proseguiva a sud con una funzione di elemento di collegamento e di disimpegno tra i diversi ambienti.

Il muro che li delimita a sud riutilizzava una struttura preesisten-

te, pertinente ad una domus di epoca imperiale, mentre il setto di sostegno del colonnato del peristilio¹⁷⁹, su cui poggiava la fondazione dell'edificio moderno lungo la via Gorani, è conservato per una lunghezza di 16 m.

Oltre ad altre strutture frammentarie, assume particolare rilevanza la scoperta di un'aula trichora, ossia una sala triabsidata, probabilmente un grande triclinio orientato in senso NE-SO, con un atrio di ingresso verso ovest.

Il complesso di ambienti sopra descritto subì poi spoliazioni e grandi trasformazioni, anche improprie, che portarono nel corso del tempo al loro totale abbandono.

6.5 I principali interventi di conservazione dei resti archeologici

Una volta confermata la natura del sedime archeologico, si progettaronο interventi volti alla conservazione delle preesistenze romane, in particolare delle più consistenti e meno frammentarie. Nel 1981, a causa di problematiche statiche della torre quadrata,

178 Ceresa Mori A., *op. cit.*, p. 103.

179 Il porticato non conservato, di cui rimane ancora in posto una base quadrangolare in marmo modanata, è documentato dalla presenza, a intervalli regolari di due metri, di strati di allettamento in cocciopesto per l'alloggiamento delle basi delle colonne.

180 Pertot G., *op. cit.*, p. 21.

181 *Ivi*, p. 24.

182 *Ivi*, p. 110.

183 L'unità del Politecnico di Milano del progetto CHT2 era costituita dal Prof. Gabriele Guidi (referente Scientifico), Laura Micoli, Umair Malik e Sara Gonizzi Barsanti. Tutti gli elaborati sono stati realizzati con la consulenza storico-archeologica della Dott.ssa Anna Provenzali (Civico Museo Archeologico di Milano) e della Dott.ssa Anna Maria Fedeli (SABAP Città Metropolitana di Milano).

184 Si veda Fedeli A. M., Pagani C. (a cura di), *op. cit.*, pp. 88-91.

185 L'intervento è stato condotto utilizzando del gliofosato come erbicida, evitandone la ricaduta sul tappeto erboso, da salvaguardare.

vennero cerchiare le colonne di marmo cipollino del fronte orientale (per quanto l'intervento non sembrò attivo, ma mirò piuttosto a contrastare ulteriori cedimenti¹⁸⁰). Vennero inoltre posizionati dei tiranti (come progettati da Lorenzo Salvatoni) per rispondere alla difficoltà da parte delle esili colonne della loggia di assolvere alla funzione statica, e si realizzò una soletta in calcestruzzo armato su putrelle di acciaio, pur mantenendo l'orditura principale del solaio ottocentesco precedentemente conservato¹⁸¹.

Nel medesimo anno, entrambe le torri sono state oggetto di ciclici interventi di pulitura (specialmente dalla colonizzazione di micro e macroflora), riparazione corticale (in particolare con operazioni di cuci-scuci) e di consolidamento¹⁸².

Ad oggi, vista la mole ingente di frammenti archeologici rilevati, esistono diverse loro mappature e ricostruzioni, soprattutto quelle del circo. La più aggiornata, da noi utilizzata come base di progetto, è quella realizzata dal gruppo di lavoro avente come referente scientifico l'ingegnere

Gabriele Guidi¹⁸³. L'odierna mappatura si basa esclusivamente sui frammenti a cui si è avuto effettivamente accesso, georeferenzandoli in modo più preciso all'interno della planimetria della Milano d'oggi.

Per quanto riguarda i resti archeologici di via Brisa, nei mesi di luglio-ottobre del 2014 vennero effettuati dei lavori di restauro degli elementi in cotto e lapidei appartenenti al complesso palaziale, a cura dello Studio Restauri Formica¹⁸⁴.

L'intervento ha previsto un primo trattamento biocida delle superfici¹⁸⁵, degradate da una vasta colonizzazione biologica e particolare; una minuziosa attenzione è stata riservata alla rimozione (a bisturi, e non a strappo) delle radichette dell'edera e delle ventose della vite americana, tenacemente incuneate nelle porosità dei materiali.

Successivamente, dopo aver eseguito una prima spolveratura a secco per rimuovere i depositi polverulenti, si procedette con la pulitura con acqua e tensioattivo ed una seconda applicazione di biocida, seguita da un'attenta

spazzolatura e una pulitura con idropulitrice a bassa pressione. Questa operazione ha permesso di recuperare le caratteristiche cromatiche e tessiture dei resti. Tra le ultime fasi è stato effettuato un consolidamento delle malte di allettamento e dei lacerti di intonacatura, e successivamente una loro eventuale riadesione¹⁸⁶. Infine, sono state eseguite delle ricostruzioni dell'area in laterizi nell'aula principale absidata di ricevimento, e alcune integrazioni con un impasto di malta di calce ed inerti che, nella cromia, riprendessero l'impasto antico con cocchiopesto. Per ottenere la tonalità è stata usata polvere di calcare rosso di Verona di granulometria 0 per rendere percepibile a distanza ravvicinata l'intervento, pur ricomponendo l'unità della superficie. Nel medesimo vano, per evitare che le acque meteoriche che si raccolgono sul piano di calpestio, leggermente inclinato verso l'area archeologica, ricadessero sulla muratura sottostante, innescando nuovi fenomeni di degrado, è stato inserito un gocciolatoio sagomato in modo da seguire la curva del-

la cornice con una sporgenza adeguata alla raccolta, ma non eccessiva per limitare l'impatto estetico.

Per concludere, è stato effettuato un trattamento idrorepellente attraverso l'uso di un protettivo che riduce sensibilmente l'assorbimento delle acque meteoriche, ma mantiene un'ottima permeabilità al vapore acqueo: un aspetto essenziale dal momento che i resti archeologici, per la natura dell'area di scavo, saranno sempre esposti a fenomeni di umidità di risalita, la cui evaporazione non deve essere inibita.

A questo è seguita l'applicazione di un'ulteriore riserva di biocida, di moda da garantire una protezione prolungata.

186 Il primo con una sospensione di idrossido di calcio di dimensioni nanometriche in alcol isopropilico, il secondo con un impasto a base di calce, con leganti idraulici e agenti fluidificanti.

7. L'AREA AD OGGI

7.1 Il Civico Museo Archeologico

L'area dell'attuale Civico Museo Archeologico di Milano rappresenta, con il suo ricco e pluristratificato palinsesto, uno dei più importanti siti storici della città.

Dell'antico Monastero Maggiore si conserva il primo chiostro e parzialmente il secondo, ad oggi parti integranti della composizione del museo progettato da Egitto Nichelli tra il 1959 e il 1969, e ampliato da Andrea Bruno nel 2011. Di recente è stato ripensato anche il giardino, realizzando nuove grandi aiuole sagomate da percorsi che, dall'ingresso posteriore, indirizzano lo sguardo verso la torre poligonale; all'interno sono stati posizionati alcuni frammenti archeologici. Rimane an-

cora irrisolta l'entrata del bunker al di sotto del giardino, accessibile da una lunga discesa nascosta da una botola orizzontale, visibile al confine orientale dell'area verde; tuttora risulta chiuso al pubblico e non più sfruttato come archivio.

Le principali preesistenze romane, conservatesi grazie all'importanza e protezione garantita dalle istituzioni religiose insediatesi in passato nell'area¹⁸⁷, sono la torre poligonale appartenente alla cinta difensiva massimiana e quella occidentale dei carceres del circo, ancora ad oggi campanile (accessibile su richiesta) della chiesa di San Maurizio¹⁸⁸. Entrambe sono visibili dal secondo chiostro del museo.

La torre poligonale, alta 16,60 m, è a ventiquattro lati all'esterno e circolare all'interno,

187 Si rimanda al capitolo 2 *"Il Monastero Maggiore"* di questa relazione per una riflessione in merito.

188 Si rimanda al capitolo 1 *"Milano capitale imperiale romana"* di questa relazione per una riflessione in merito.

189 Per approfondire il tema degli scavi e dei rinvenimenti, si rimanda al capitolo 6 "I ritrovamenti archeologici" di questa relazione.

190 Il nucleo interno, livellato regolarmente da due filari di laterizi passanti, è costituito da ciottoli legati da abbondante malta, uso molto comune nelle cinte nord italiche in quanto il ciottolo era più economico in termini di reperimento e più redditizio per la costruzione (Sena Chiesa G. (a cura di), *op. cit.*, p. 423).

191 Principalmente lapidi funerarie e frammenti architettonici in pietra (Sacchi F., *op. cit.*, p.150).

192 *Ibidem.*

ed è collegata ad un imponente tratto di mura che continua a livello di fondazioni nei sotterranei del museo, dove si conservano anche i resti di una seconda torre angolare¹⁸⁹.

Liberata fino all'anello di fondazione in conglomerato di malta, ciottoli e frammenti laterizi, la torre, detta anche di Ansperto, è costituita in elevato da una muratura sacco, come risulta visibile a sinistra del passaggio che porta alla sede in via Nirone, che permette di intravedere il nucleo e i due paramenti¹⁹⁰. Questi ultimi sono invece realizzati in opus testaceum, con laterizi di dimensioni analoghe a quelle delle mura.

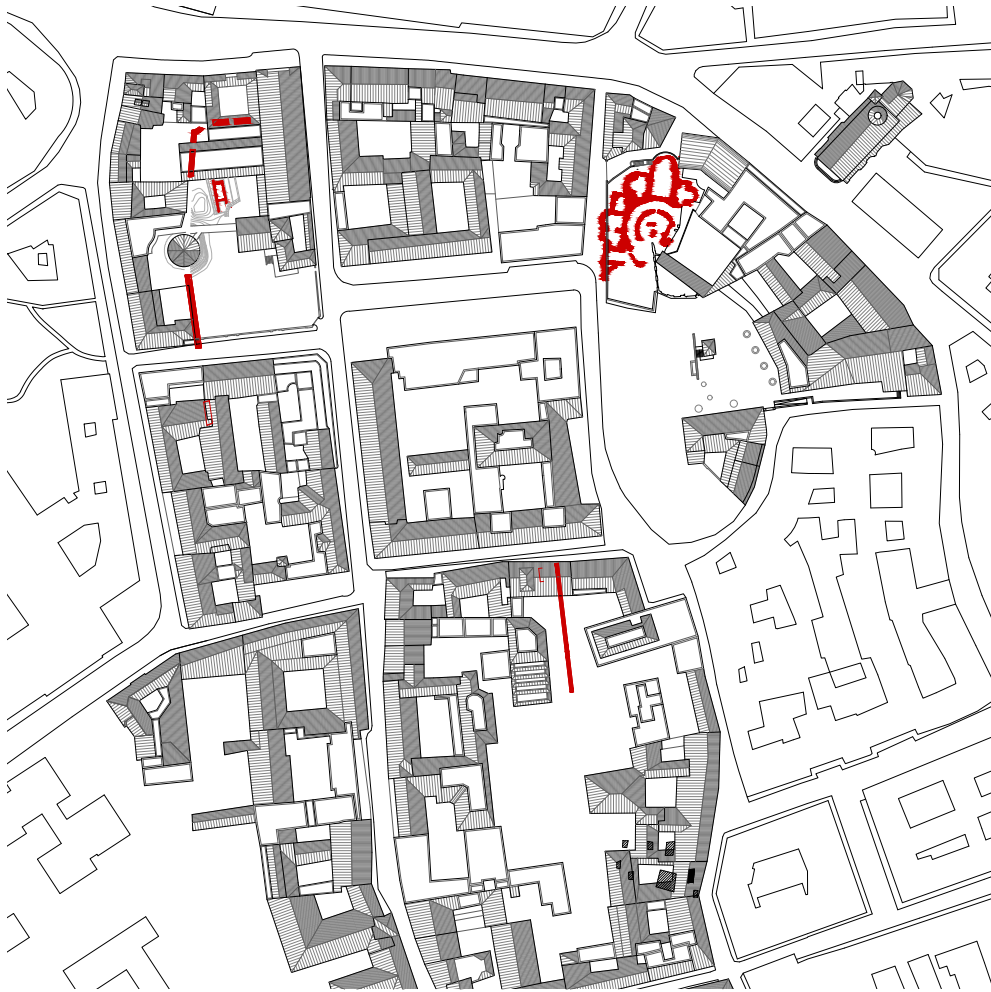
L'alzato della cinta difensiva, avente fondazioni analoghe a quelle della torre di Ansperto e poggiante su una platea composta da quattro filari di laterizi legati da sottili strati di malta grigia dello spessore di 5 cm, è profondo circa 1,85 m, e la differenza di spessore tra platea ed elevato è distribuita sui due lati in due riseghe. Per quanto riguarda i laterizi messi in opera esternamente, non molto tipici e per questo probabilmente utilizzati praticamente

solo per il cantiere delle mura, si è constatato l'uso del sesquipedale quadrato (42 x 42 x 6 cm circa) nei filari passanti del nucleo, e di una sua frazione, il mezzo sesquipedale (42,5/40 x 20 x 7 cm circa), nella platea di fondazione e nel paramento esterno.

Nel lato verso la città il paramento presenta anche spezzoni irregolari di pietra incuneati nel nucleo, legati da abbondante malta, e materiale di reimpiego¹⁹¹: la minore cura posta nel realizzare il paramento interno, rispetto a quello esterno verso l'agro, è stata spiegata con il fatto che non risultava visibile ma occultato dall'aggere interno¹⁹².

Per quanto riguarda il circo, si sono conservati diversi tratti delle fondazioni del muro esterno (largo 2,20 m), con i suoi pilastri interni distanti fra loro 2,20 m; scarsi sono invece i resti delle fondazioni del muro parallelo del podio (largo 2,0 m). La sovrastruttura del muro esterno (larga 1,10 m circa) era di corsi regolari di mattoni legati con forte malta nel calcestruzzo.

La maggior parte di questi tratti murari sono conservati nelle



Planimetria dello stato di fatto.

193 Sistema diffuso in valle Padana e specialmente a Milano; inoltre date le condizioni acquitrinose del terreno, le fondazioni del muro esterno posavano su pali lignei e ciottoli legati con forte malta bianca (Sena Chiesa G. (a cura di), *op. cit.*, p. 423).

194 *Ibidem.*

195 Ceresa Mori A., *Le mura*, in Sena Chiesa G. (a cura di), *op. cit.*, p. 98.

196 Sacchi F., *op. cit.*, p. 67.

197 Pertot G., *op. cit.*, p. 49.

cantine delle abitazioni moderne sovrappostesi, tendenzialmente al livello delle fondazioni (realizzate in conglomerato cementizio con ciottoli¹⁹³). Strutture laterizie in elevato si conservano invece, oltre che della torre dei carceres, di un tratto della curva in via Circo e di un tratto del muro esterno orientale in via Vigna 1 (per una lunghezza di circa 27 m e un'altezza di circa 6 m sopra il livello di fondazione).

Quest'ultimo è caratterizzato da fondazioni ed elevati analoghi agli altri, con una risega in media a un metro dal suolo attuale. Il paramento esterno è molto guasto, mentre il nucleo interno è molto meglio conservato, ed è in impasto di ciottoli, frammenti di mattoni e malta. Sulla faccia interna presenta ancora oggi evidente l'attacco delle volte a sesto ribassato, ampie 3,25 m e impostate su pilastri larghi 0,96 m, che reggevano le gradinate, sotto cui vi doveva essere stato ricavato un largo corridoio parallelo al muro. L'unica struttura in alzata giunta ad oggi è la torre occidentale dei carceres, anch'essa caratterizzata da fondazioni in calcestruzzo

di pietrisco, con malta a largo impiego di ciottoli di fiume¹⁹⁴, e in elevato da una risega in media alta un metro dal suolo attuale. Caratterizzata da laterizi con valori di 47 x 30 x 7/8 circa cm, più affini ai sesquipedali provinciali o nord italici¹⁹⁵, presenta sulla sua faccia interna significative tracce dell'attacco delle volte che reggevano le gradinate, analogamente al muro in via Vigna¹⁹⁶.

I dati mensiocronologici hanno permesso di individuare la prima fase costruttiva romana fino ai 20 m di altezza (il che confermerebbe l'ipotesi della sua iniziale altezza simile a quella della torre poligonale, che non ha subito sopralti), confermato dalla soluzione di continuità laddove era presente il suo coronamento originale, non conservatosi¹⁹⁷.

A causa dei successivi spogli e demolizioni, poco è rimasto dell'apparato decorativo originale, se non un timpano (probabilmente un tempo rivestito in marmo e sormontante un'immagine celebrativa o un'iscrizione) realizzato in laterizi, e una mensola marmorea decorata con una larga foglia d'acanto (che probabil-

mente sosteneva una colonna). Le numerose trasformazioni subite dagli edifici dell'ex convento, non hanno permesso anche la conservazione di solai e collegamenti verticali romani nel caso di questa torre, come nemmeno nel caso di quella poligonale. Nonostante ciò, si può supporre che essi, nella prima, fossero probabilmente realizzati in legno, in quanto si vedono ancora i fori per innestare le travi di sostegno¹⁹⁸. La medesima ipotesi non può essere avanzata con sufficiente sicurezza per la seconda, a causa delle modifiche molto più consistenti ed invasive a cui è stata soggetta.

Del circo non rimane nulla dell'arena e della spina, sebbene l'attuale via Ansperto riproponga all'incirca la sua larghezza tra via Luini e via Brisa.

Via Ansperto, oggi larga 30 metri¹⁹⁹ e ad un senso unico di circolazione, è occupata da larghi marciapiedi e parcheggi a spina di pesce. Altre vie carrabili, sebbene a senso unico, sono via Luini e via Brisa (quest'ultima dall'incrocio con via Ansperto, verso via Vigna, mentre verso corso

Magenta risulta a traffico limitato).

7.2 L'area archeologica di via Brisa e Gorani

Il complesso di via Brisa rimane ancora oggi l'unico settore del palatium di Milano conservato a cielo aperto.

Visibile dalla omonima via e da piazza Gorani, si sviluppa lungo un asse di simmetria nord-est/sud-ovest parallelamente a via Brisa, e si articola intorno a un peristilio circolare, preceduto da un atrio a forcipe, su cui si affacciano tre gruppi di ambienti radiali.

Sul nucleo principale si affacciano un vano absidato e due vani laterali a croce con abside centrale e piccoli ambienti laterali. La grande sala absidata, in asse con l'ingresso, probabilmente svolgeva la funzione di aula di udienza e di triclinio²⁰⁰.

Ad oggi lo scavo è protetto da un parapetto a ringhiera, impostato su un muro di contenimento dello scavo; solo in prossimità di via Brisa è stato realizzato invece un solettone che permettesse ai resti al di sotto di essere scavati e

198 Fedeli A. M. (a cura di), *Milano Archeologia. I luoghi della Milano antica*, Milano, 2015, p. 51.

199 Sezione stradale di una larghezza insolitamente grande nel contesto, dovuta alla previsione del passaggio della Racchetta nel quartiere. Si rimanda al capitolo 4 "*Le trasformazioni urbanistiche: gli sventramenti ottocenteschi e il progetto della Racchetta*" di questa relazione" di questa relazione per un approfondimento.

200 Ceresa Mori A., *op. cit.*, pp. 96-97.

201 Per approfondire le ragioni della scelta progettuale, si veda il capitolo 1.6 *"I ritrovamenti archeologici"*, paragrafo 1.6.3, nota 34.

202 Si rimanda al capitolo 3 *"L'area archeologica di via Brisa e Gorani: dimore signorili e il monastero di Santa Maria de Quinzano"* di questa relazione per un approfondimento.

203 Si veda il capitolo 1.5 *"La contrada di via Brisa tra la Seconda Guerra Mondiale e la ricostruzione"*.

protetti, ma garantisse al di sopra il passaggio delle macchine (sebbene limitato)²⁰¹. Lo scavo, sempre visibile, risulta accessibile, per manutenzioni o su richiesta, attraverso una scala posta tra via Brisa e l'omonimo vicolo.

A sud-est, l'area archeologica è confinata dalla presenza di un ampio setto in mattoni a vista, consistente in un elemento rettilineo nord-sud, interessato da aperture e imposte di volte, e in un altro a sviluppo poligonale in direzione est.

Nella porzione rettilinea, che si ipotizza in origine potesse appartenere al fianco della chiesa del monastero di Santa Maria de Quinzano, si riscontrano quattro archi a tutto sesto (poi tamponati), con tracce di imposte di volte: i primi tre archi a nord sono uguali tra loro e quindi probabilmente in fase, mentre un quarto (quello più a sud), è invece in fase con altri due visibili nella porzione poligonale. Quest'ultima appartiene al muro di un cortiletto interno realizzato nel 1856, ed è interessata da tre arcate a tutto sesto, tamponate, una per ogni lato²⁰².

Al momento questa preesistenza

è interessata da degli interventi dello studio di architettura Arasociati, presso l'attuale civico 9 in via Santa Maria alla Porta, in corso dal 2007.

Per realizzare il complesso residenziale, con annessa funzione commerciale al piano terra, il muro è stato ridotto in altezza (demolendo delle porzioni irregolari), e gli interni sottofondati per permettere una sua sopraelevazione, è in progetto anche la liberazione degli archi tamponati.

I resti archeologici si trovano all'interno di un'area erbosa, mentre solo alcuni di essi (come il muro confinante l'area a est, risalente ai piani cantinati delle dimore bombardate sovrastanti) risultano coperti da dell'edera che non permette di apprezzarne forme, materiali e tecniche costruttive, oltre che i frammenti archeologici vari accatastati in quell'area; è inoltre presente un carpino a ridosso del tratto di muro ad archi.

Lo scavo a cielo aperto si affaccia su piazza Gorani, un tempo sede di diverse dimore signorili, distrutte dalle incursioni aeree della Seconda Guerra Mondiale²⁰³, e ad oggi sistemata



L'area archeologica di via Brisa ad oggi.

204 La torre è stata interessata da un progetto diagnostico e dalla sua messa in sicurezza, attraverso un consolidamento strutturale (con l'inserimento di nuovi solai e scale) progettato dall'ingegnere Jurina Lorenzo nel 2012.

205 Si rimanda al capitolo 6 "*I ritrovamenti archeologici*" per un approfondimento.

alternando sedute a fioriere (dopo un lungo periodo in cui venne usata impropriamente come parcheggio). Emerge nel contesto Torre Gorani²⁰⁴, unica testimonianza conservata dell'omonimo palazzo dopo i bombardamenti e i lavori di demolizione di alcune porzioni annesse superstiti. Della dimora ci resta anche il portone d'ingresso modanato in via Gorani, inserito nella composizione di una sistemazione urbana che mira a ricostruire le proporzioni della via prima delle devastazioni belliche.

L'area è stata inoltre sede di un intervento urbanistico del Gruppo Feltrinelli, che è consistito nella realizzazione di due edifici residenziali e di un ampio spazio pubblico sviluppato intorno alla torre.

Durante gli scavi, come documentano anche i Notiziari della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Lombardia (anni 2008-2009 e 2010-2011)²⁰⁵, sono stati trovati ulteriori resti del palazzo imperiale, alcuni dei quali, soprattutto mosaici, resi visibili dalla piazza attraverso alcuni lucernari.

8. IL PROGETTO

8.1 IL BRIEF

Già durante le prime fasi di progettazioni, si è resa necessaria la definizione dei luoghi di intervento e degli scopi di progetto, in modo da individuare il tipo di intervento e le attività che si svolgeranno nei relativi spazi. Questo procedimento è stato di fondamentale importanza e alla base del progettuale, e ha contribuito a definire il quadro di esigenze, requisiti e prestazioni da dover necessariamente soddisfare per una totale conformità dei luoghi.

A partire dalla definizione della commessa di progetto proposta dalla committenza, ossia la Soprintendenza Archeologia, belle arti e paesaggio per la città metropolitana di Milano, e dai luoghi predisposti per divenire aree d'intervento, sono stati definite alcune specifiche a partire dalle quali articolare il progetto, ossia:

1) Via Ansperto e il Civico Museo Archeologico, dove è stata manifestata la necessità di esporre reperti ad oggi con-

servati nei magazzini (mosaici e frammenti lapidei di dimensioni variabili), articolando nuovi spazi espositivi;

2) Il bunker antiaereo conservato al di sotto del giardino del medesimo museo, con lo scopo di valorizzare la preesistenza e aprirla al pubblico;

3) Lo scavo archeologico a cielo aperto in via Brisa, con il fine di valorizzarne le preesistenze, renderlo accessibile e progettarne nuove visuali.

Contestualmente sono state definite le relative influenze e vincoli del contesto, che nella prima area di intervento fanno riferimento alla torre delle carceres, al tessuto urbano consolidato, alla viabilità e ai resti romani sotto strada; nella seconda alla posizione ipogea e interna ai confini del museo, alla propria consistenza strutturale e alla vicinanza con la torre poligonale e delle carceres; nella terza ai resti del palazzo imperiale,

all'accessibilità in via Brisa e al complesso edilizio di via Santa Maria alla Porta n°9.

Dopo queste considerazioni, sono stati individuati gli interventi necessari per soddisfare queste esigenze, ossia un ampliamento del Civico Museo Archeologico in sede staccata in via Ansperto, la conservazione e il recupero del bunker, anche attraverso la realizzazione di nuovi accessi, ed infine la sistemazione e conservazione dell'area archeologica in via Brisa attraverso anche la realizzazione di nuovi affacci sull'area.

Oltre a ciò si è reso necessario prevedere i tempi di occupazione, molti dei quali coerenti con quelli del Civico Museo Archeologico, siccome gli spazi progettati sono ad esso relazionati.

Per tutti questi, l'apertura al pubblico è dunque prevista dal martedì alla domenica dalle 9,00 alle 17,30, con un servizio di biglietteria disponibile dalle 9,00 alle 17,00 presso la sede principale del museo, e una gestione degli spazi dalle 7,00 alle 20,00. Il lunedì, giorno di chiusura, sono previste invece le attività di manutenzione, la riorganizzazione degli allestimenti, ecc. Sono previste due biglietterie e depositi zaini e borse: uno presso la sede principale, l'altro presso la nuova galleria.

Sono state poi previste delle specifiche per ogni luogo.

Per il nuovo polo espositivo è sta-

to definito un numero massimo di visitatori, ossia ottanta persone (facendo riferimento all'affollamento medio per spazi espositivi). Per il bunker antiaereo, sono state previste visite di gruppo di massimo quindici persone ogni trenta minuti, solo con guida autorizzata; per le persone con disabilità motorie sarà possibile la discesa con portantina. Per l'area archeologica in via Brisa, sono previste visite di gruppo, sempre ogni trenta minuti con guida autorizzata, sia agli scavi che alla terrazza.

Per una corretta progettazione degli spazi e dei diversi dettagli necessari per garantire una loro conformità, è stato realizzato uno schema che, a partire dai luoghi di intervento, definisce i soggetti coinvolti, le rispettive attività, ed infine le esigenze da soddisfare determinando la scelta di precise risposte progettuali. Per velocizzare la lettura e favorire la comprensione di questo schema, di seguito riportato in tabella, è stato sintetizzato riportando le diverse voci non distinguendo per luoghi, ma direttamente per utenze. Le spunte poste in corrispondenza delle colonne relative ai luoghi di intervento indicano quali soggetti sono stati studiati, e quindi le rispettive attività.

Gruppo di utenti	Soggetti coinvolti	Luogo			Attività
		Ampliamento del Civico Museo Archeologico in via Ansperto	Rifugio antiaereo	Area archeologica in via Brisa	
1. Visitatori	1.1 Visitatore	x	x	x	Raggiungere lo spazio espositivo e muoversi al suo interno
					Fruire dello spazio espositivo
	1.2 Gruppo di visitatori	x	x	x	Raggiungere lo spazio espositivo e muoversi al suo interno
					Fruire dello spazio espositivo
1.3 Visitatore motorialmente disabile	x	x	x	Raggiungere lo spazio espositivo e muoversi al suo interno	
				Fruire dello spazio espositivo	
1.4 Visitatore sensorialmente	x	x	x	Raggiungere lo spazio espositivo e muoversi al suo interno	

Gruppo di utenti	Requisiti	Risposta progettuale
1. Visitatori	Progettazione di spazi accessibili	Dimensioni minime dei percorsi e degli spazi
	Sicurezza negli spostamenti e nei dislivelli	Nessun allestimento che ostacoli il percorso
		Dimensioni adeguate di alzate e pedate
		Segnalazione delle discese
		Presenza di corrimano
		Presenza di parapetti
	Chiarezza e completezza dell'esposizione	Materiali con finiture antiscivolo
		Inserimento di pannelli espositivi
	Comfort visivo	Paramenti adeguati all'esposizione
		Sistema di illuminazione artificiale di ausilio
		Luce naturale grazie ai tagli in copertura
	Depositare effetti personali d'ingombro	Allestimento ad altezze e distanze consone
	Comfort igrometrico	Servizio deposito effetti personali
	Progettazione di spazi accessibili	Inserimento di un estrattore d'aria (bunker)
	Progettazione di spazi accessibili	Si veda la casistica 1.1 Visitatore
	Sicurezza negli spostamenti e nei dislivelli	Si veda la casistica 1.1 Visitatore
	Chiarezza e completezza dell'esposizione	Si veda la casistica 1.1 Visitatore
	Comfort visivo	Si veda la casistica 1.1 Visitatore
	Depositare effetti personali d'ingombro	Si veda la casistica 1.1 Visitatore
	Progettazione di spazi accessibili	Dimensioni minime per il passaggio e le manovre delle carrozzine
Sicurezza negli spostamenti e nei dislivelli	Nessun allestimento che ostacoli il percorso	
	Dimensioni adeguate di alzate e pedate	
	Segnalazione delle discese	
	Presenza di corrimano	
	Presenza di parapetti	
Chiarezza e completezza dell'esposizione	Materiali con finiture antiscivolo	
	Inserimento di pannelli espositivi	
Comfort visivo	Paramenti adeguati all'esposizione	
	Sistema di illuminazione artificiale di ausilio	
	Luce naturale grazie ai tagli in copertura	
	Allestimento ad altezze e distanze consone	
	Allestimento ad altezze che considerino punti di vista differenti	
Depositare effetti personali d'ingombro	Servizio deposito effetti personali	
Progettazione di spazi accessibili	Dimensioni minime dei percorsi e degli spazi	
Sicurezza negli spostamenti e nei dislivelli	Nessun allestimento che ostacoli il percorso	
	Dimensioni adeguate di alzate e pedate	
	Segnalazione delle discese	
	Presenza di corrimano	
	Presenza di parapetti	
	Materiali con finiture antiscivolo	
	Segnaletica tattile	

Gruppo di utenti	Soggetti coinvolti	Luogo			Attività
		Ampliamento del Civico Museo Archeologico in via Ansperto	Rifugio antiaereo	Area archeologica in via Brisa	
	disabile				Fruire dello spazio espositivo
	1.5 Visitatrice incinta	x	x	x	Raggiungere lo spazio espositivo e muoversi al suo interno
					Fruire dello spazio espositivo
	1.6 Visitatore bambino	x	x	x	Raggiungere lo spazio espositivo e muoversi al suo interno
					Fruire dello spazio espositivo
	1.7 Visitatore straniero	x	x	x	Raggiungere lo spazio espositivo e muoversi al suo interno
					Fruire dello spazio espositivo
				Intervento in caso di	

Gruppo di utenti	Requisiti	Risposta progettuale
	Chiarezza e completezza dell'esposizione	Inserimento di oggetti 3D che garantiscano l'esperienza tattile
	Comfort visivo	Paramenti adeguati all'esposizione Sistema di illuminazione artificiale di ausilio Luce naturale grazie ai tagli in copertura Allestimento ad altezze e distanze consone
	Depositare effetti personali d'ingombro	Servizio deposito effetti personali
	Progettazione di spazi accessibili	Si veda la casistica 1.1 Visitatore
	Sicurezza negli spostamenti e nei dislivelli	Si veda la casistica 1.1 Visitatore
	Chiarezza e completezza dell'esposizione	Si veda la casistica 1.1 Visitatore
	Comfort visivo	Si veda la casistica 1.1 Visitatore
	Depositare effetti personali d'ingombro	Si veda la casistica 1.1 Visitatore
	Progettazione di spazi accessibili	Dimensioni minime dei percorsi e degli spazi Nessun allestimento che ostacoli il percorso Dimensioni adeguate di alzate e pedate Segnalazione delle discese Presenza di un secondo corrimano Presenza di parapetti Assenza di parapetti arrampicabili Materiali con finiture antiscivolo Segnaletica tattile
	Chiarezza e completezza dell'esposizione	Inserimento di strumenti multimediali e alternativi
	Comfort visivo	Paramenti adeguati all'esposizione Sistema di illuminazione artificiale di ausilio Luce naturale grazie ai tagli in copertura Allestimento ad altezze e distanze consone
	Depositare effetti personali d'ingombro	Servizio deposito effetti personali
	Progettazione di spazi accessibili	Dimensioni minime dei percorsi e degli spazi Nessun allestimento che ostacoli il percorso Dimensioni adeguate di alzate e pedate Segnalazione delle discese Presenza di corrimano Presenza di parapetti Materiali con finiture antiscivolo
	Sicurezza negli spostamenti e nei dislivelli	Presenza di parapetti Materiali con finiture antiscivolo
	Chiarezza e completezza dell'esposizione	Inserimento di pannelli espositivi Allestimenti multilingue
	Comfort visivo	Paramenti adeguati all'esposizione Sistema di illuminazione artificiale di ausilio Luce naturale grazie ai tagli in copertura Allestimento ad altezze e distanze consone
	Depositare effetti personali d'ingombro	Servizio deposito effetti personali
	Attacco alla rete idrica	Presenza di idranti nell'area
	Possibilità di manovra coi mezzi	Predisposizione di aree di svolta e manovra

Gruppo di utenti	Soggetti coinvolti	Luogo			Attività
		Ampliamento del Civico Museo Archeologico in via Ansperto	Rifugio antiaereo	Area archeologica in via Brisa	
2. Soccorritori	2.1 Vigili del fuoco	x	x	x	incendio
					Intervento in caso di crolli
2.2 Assistenza medica	2.2 Assistenza medica	x	x	x	Spostamento e smaltimento delle macerie
					Disposizione di opere provvisionali
3. Addetti al museo	3.1 Addetti al museo	x			Attività di primo soccorso
					Controllare i comportamenti degli utenti
3.2 Guide museali	3.2 Guide museali	x	x	x	Condurre gli utenti nei luoghi della visita
					Tutelare e controllare gli utenti e i beni esposti
3.3 Addetti agli allestimenti	3.3 Addetti agli allestimenti	x	x	x	Esporre i contenuti della visita
					Utilizzo di attrezzature ingombranti
4. Addetti alle pulizie	Addetti alle pulizie	x	x		Movimentazione di reperti
					Montaggio degli elementi espositori
5. Archeologi e ricercatori	Archeologi e ricercatori	x		x	Pulizia delle superfici
					Pulizia degli elementi espositivi
5. Archeologi e ricercatori	Archeologi e ricercatori	x		x	Smaltimento dei rifiuti
					Utilizzo di strumenti elettrici
5. Archeologi e ricercatori	Archeologi e ricercatori	x		x	Analisi dei resti nelle aree archeologiche
					Condurre prove e

Gruppo di utenti	Requisiti	Risposta progettuale
2. Soccorritori	Possibilità di raggiungere il luogo dell'emergenza	Evitare dislivelli impraticabili con i mezzi Dimensioni minime degli spazi carrabili
	Possibilità di manovra coi mezzi	Predisposizione di aree di svolta e manovra
	Possibilità di raggiungere il luogo dell'emergenza	Evitare dislivelli impraticabili con i mezzi Dimensioni minime degli spazi carrabili
	Spazi per l'utilizzo di materiali e per le attività	Dimensioni minime delle aree limitrofe
	Spazi per l'utilizzo di materiali e per le attività	Dimensioni minime delle aree limitrofe
	Accessibilità all'area archeologica con barelle e strumenti	
	Possibilità di spostamento delle persone in pericolo	Installazione di montacarichi o simili
3. Addetti al museo	Sistemi di ausilio per il controllo di tutti gli spazi	Predisposizione di un sistema di videosorveglianza
	Possibilità di vista diretta sull'accesso	Progettazione di una zona di filtro di controllo
	Percorsi idonei al passaggio dei gruppi	Dimensioni minime dei percorsi e degli spazi
	Presenza di strumenti salvavita	Predisposizione di defibrillatori
	Strumenti che permettano la comprensione da parte di tutti i visitatori	Fornitura di auricolari per le visite
	Possibilità di deposito nell'area	Predisposizione di un luogo di deposito
	Movimentazione agevole dell'attrezzatura	Finiture resistenti agli urti
	Necessità di strumenti di supporto	Dimensioni idonee per i passaggi
	Conserare il materiale al coperto	Finiture resistenti agli urti Fornitura di carrelli Installazione di montacarichi o simili Predisposizione di spazi minimi riparati
4. Addetti alle pulizie	Pulibilità dei materiali	Scelta dei materiali con una finitura idonea Scelta dei materiali resistenti ai prodotti e all'acqua
	Raggiungere tutti gli spazi da detergere	Epositori privi di parti impraticabili Disposizione idonea dell'allestimento
	Raccogliere i rifiuti in modo agevole	Predisposizione di cestini
	Trasportare i rifiuti	Fornitura di carrelli Installazione di montacarichi o simili
	Presenza di punti di allacciamento alla rete elettrica	Predisposizione di prese elettriche a pavimento
5. Archeologi e ricercatori	Presenza di spazio intorno ai resti	Dimensioni minime dei percorsi e degli spazi
	Presenza di un'illuminazione adeguata	Sistema di illuminazione ausiliario rispetto a quello della musealizzazione
	Presenza di spazio intorno ai resti	Dimensioni minime dei percorsi e degli spazi

Gruppo di utenti	Soggetti coinvolti	Luogo			Attività
		Ampliamento del Civico Museo Archeologico in via Ansperto	Rifugio antiaereo	Area archeologica in via Brisa	
					misurazioni sui manufatti
6. Passanti (pedoni)	Passanti (pedoni)	x	x	x	Percorrere le vie della città
					Affacciarsi sugli spazi al di sotto della quota stradale
7. Manutentori	7.1 Giardinieri	x		x	Manutenzione del verde
	7.2 Addetti alla manutenzione	x		x	Manutenzione dell'impianto elettrico Manutenzione e riparazione delle apparecchiature Manutenzione di architetture di grandi dimensioni ed elevata altezza Utilizzo di attrezzature ingombranti
8. Operatori ecologici	Operatori ecologici	x		x	Raccolta dei rifiuti

Gruppo di utenti	Requisiti	Risposta progettuale
	Presenza di un'illuminazione adeguata	Sistema di illuminazione ausiliario rispetto a quello della musealizzazione
6. Passanti (pedoni)	Chiarezza dell'indicazione di sopralzi e cambi di quota	Segnalazione a terra in prossimità dei sistemi di discesa Segnalazione a terra in prossimità di rialzi
	Predisposizione di zone pedonali	
	Buona visibilità	Altezza e permeabilità dei parapetti
	Protezione in presenza di cambi di quota notevole	Disposizione di parapetti idonei
7. Manutentori	Irrigazione de verde piantumato	Sistemi di irrigazione automatici Progettazione di un impianto di raccolta e riciclo delle acque meteoriche
	Raggiungimento della quota verde in sicurezza	Posizionamento di ganci (linea guida)
	Facilità di gestione delle specie arboree	Fornitura di scale o sistemi integrati negli elementi Scelta di specie arboree che prevedono una manutenzione semplice
	Presenza di quadri elettrici facilmente ispezionabili	Predisposizione di un vano tecnico
	Presenza di impianti ispezionabili	Sistema di discesa con fossa ispezionabile Centraline in vano tecnico
	Raggiungere altezze elevate	Forniture di scale e/o sistemi integrati nelle architetture
	Possibilità di deposito nell'area	Predisposizione di un luogo di deposito
	Movimentazione agevole dell'attrezzatura	Finiture resistenti agli urti
8. Operatori ecologici	Possibilità di raggiungere gli edifici dell'area	Dimensioni minime degli spazi carrabili

8.2 INTRODUZIONE

Ciò che il nostro progetto si è proposto come fine ultimo è stato instaurare un rapporto con la stratificazione della città, grazie a cui identificare le preesistenze e i diversi sistemi formali a cui fanno riferimento.

Con l'intenzione di ampliare l'esistente Civico Museo Archeologico e valorizzare lo scavo a cielo aperto in via Brisa, si è voluto quindi recuperare l'antica forma della città romana, qui sede del circo e del quartiere imperiale, basandosi su matrici esistenti che ne modellano le forme e quindi un legame con il passato.

L'ampliamento museale, necessario per dare spazio ai numerosi reperti ad oggi non accessibili all'interno della sede originaria, viene proposto in via Ansperto.

Questa idea nasce dalla necessità di garantire nuovamente una lettura dell'antico complesso del circo, che occupava l'area identificabile con la larghezza della via dove si è deciso di intervenire.

Per evidenziarlo, si è pensato di

realizzare un podio di 15 cm che recuperasse gli estremi a nord, est e ovest del monumento romano grazie anche ad una nuova pavimentazione, distinta però laddove messa in opera in corrispondenza dell'area occupata dall'arena, e da quella delle gradinate da dove gli spettatori assistevano alle gare.

In questo modo si è voluto dunque studiare una sezione del circo, ponendo come limite dell'intervento in direzione sud l'estradosso del muro del bunker antiaereo. Questo limite è stato reso attraverso la realizzazione di un imponente setto murario, in grado di permettere nuovamente la lettura delle proporzioni di via Ansperto prima del suo allargamento per il passaggio della Racchetta.

Questo setto è caratterizzato verso strada da una finitura in rilievo, in grado di restituire l'immagine dell'antico oppidum (ossia il complesso costituito dalle carceres e dalle torri) in prospettiva da un punto privilegiato, posto al centro

e al limite meridionale della via. Oltre ad essere stato preso come riferimento compositivo, il rifugio antiaereo risalente alla II Guerra Mondiale, che si trova al di sotto del giardino della sede principale del museo, è stato integrato nel progetto e reso nuovamente accessibile al pubblico (a piccoli gruppi di massimo quindici persone, accompagnate da una guida) attraverso sia un nuovo ingresso dal giardino stesso, sia una discesa ripristinata, percorribile una volta raggiunta la galleria espositiva progettata. Oltre a questo, per evitare di snaturare l'idea di luogo che rappresenta, sono stati previsti minimi interventi di miglioramento, tra cui un nuovo impianto di estrazione dell'aria. Il museo vero e proprio trova sede all'interno di questo sistema di piazza all'aperto, con ingresso presso l'incrocio con via Brisa ed ascensore a scomparsa presso quello con via Luini, resa pedonale. Dall'ingresso principale si raggiunge la sala espositiva ipogea, in parte coperta, attraverso una scalinata che corre a lato del setto murario limite dell'intervento; a esso si innesta una copertura a sbalzo per la protezione dei visitatori e dei frammenti archeologici esposti verso il suo interno, ammirabili durante il loro passaggio. La galleria che si raggiunge, la

cui quota è posta a -3,60 m da strada, recupera quella dell'antica arena, e diviene luogo di allestimento di mosaici, protetti dalle dieci vasche alberate impostate alla quota della piazza, di cui sono elemento caratterizzante l'intervento urbano.

Per enfatizzare l'estrusione della loro struttura, lungo il loro quarto lato, prospiciente il lato nord, sono collocate casseforme metalliche contenenti frammenti lapidei di media grandezza.

A livello compositivo, la forza del loro intervento risiede nella ripresa delle traiettorie dei carri in gara provenienti dalle carceres, alla base non solo della scansione di questi elementi a sbalzo, la cui scansione è enfatizzata dal gioco di luci e ombre che genera, ma anche della progettazione di elementi ricorrenti che enfatizzano queste linee di riferimento. Queste sono difatti riprese nell'andamento della pavimentazione in piazza, ma anche dai profili metallici (sfruttati anche per la raccolta delle acque meteoriche) e nella scansione dell'allestimento del setto su via Ansperto.

Dallo spazio ipogeo, il cui bordo a nord è sagomato di modo da rendere la curvatura del lato minore del circo, è possibile ammirare non solo i mosaici, ma anche i resti a est del muro esterno ed interno del circo, osservati e rilevati dal geometra Bottelli della Regia Soprintendenza nel 1917.

Coperti e protetti dalla piazza sovrastante, e raggiungibili attraverso la discesa di tre gradini, sono posti in una porzione trattata a ghiaio a -4,00 m da strada, quindi esaltata e quindi diversificata dal resto della pavimentazione della galleria, già differente da quella del podio.

Inserita nella composizione con il fine non solo di divenire un elemento distintivo della piazza, ma anche di permettere la rilettura di una sezione caratterizzante del circo romano, è una gradonata posta in corrispondenza degli antichi spalti, impostati esattamente sui tratti di muri di cui ci sono giunti i resti. Un lavoro coerentemente studiato soprattutto in sezione, dove è stata realizzata una estrusione delle travi in corrispondenza dei resti archeologici, in modo da recuperare l'imponenza della volta e delle gradonate che vi si impostavano al di sopra.

Laddove si sarebbero dovuti trovare i setti murari del circo a ovest, probabilmente distrutti durante la costruzione del bunker antiaereo, sono stati invece realizzati dei rilievi sulle sue murature interne, per individuare in loro corrispondenza la giacitura degli ipotetici resti.

Per quanto riguarda l'intervento di valorizzazione dello scavo in via Brisa, appartenente ad una sala di rappresentanza dell'antico quartiere imperiale,

il progetto si è focalizzato sulla realizzazione di un nuovo limite dell'area archeologica, modellando secondo le forme delle sale più esterne un nuovo parapetto, sostenuto da un muro di contenimento a ovest, e una rampa in leggera pendenza a est. Questi ultimi mantengono una distanza di rispetto, che garantisce anche la loro ispezionabilità.

L'area dello scavo, individuata anche dal ripensamento della pavimentazione a quota strada e sulla rampa, diversa da quella del podio del circo, risulta accessibile da una discesa in corrispondenza della posizione dell'antico narcece, ossia l'effettivo ingresso alla sala di rappresentanza.

Altro importante intervento progettato è il volume in aggetto sui resti, accessibile dal percorso a rampa che inizia in corrispondenza del vicolo Brisa: questo, prima di giungere alla terrazza da cui si ha una vista privilegiata sui resti, passa in corrispondenza dell'attuale terrapieno, svuotato e modellato attraverso la sovrapposizione di diverse casseforme metalliche, dello stesso tipo delle vasche alberate in via Ansperto. La sua pavimentazione è realizzata in ghiaio stabilizzato, come a recuperare la natura dello scavo archeologico e ad essere un filtro tra la rampa, riferita alle geometrie del palazzo, e la terrazza, riferita invece a quelle della chiesa del monastero di Santa Maria

de Quinzano.

Questo volume riprende tuttavia anche le geometrie dello scavo romano attraverso una modellazione a calotta della sua struttura, studiata in modo da riprendere la circolarità della sala principale. Questa struttura si appoggia in modo puntuale e minimo all'interno dell'area di scavo, privilegiando un secondo appoggio a bordo, oltre i resti archeologici.

Anche la scelta dei materiali sottolinea il diverso riferimento compositivo: siccome il calcestruzzo armato è stato adoperato per la realizzazione delle strutture riferite all'epoca romana, l'acciaio è stato considerato per quella delle stratificazioni successive, come appunto quella del monastero di Santa Maria de Quinzano.

Il volume, realizzato in modo da essere una quinta del tratto di muro ad archi riferibile alla chiesa, si trova in leggero sottosquadro ed è realizzato con materiali dal colore e dalla finitura superficiale neutra.

Oltra alla geometria in pianta, è stata ripresa anche la logica del muro, necessario per recuperare le proporzioni della chiesa: essa è stata riproposta con la progettazione di un muro abitato che caratterizza il perimetro, da cui è stato ricavato un percorso per le visite guidate che permette sia l'affaccio sui resti, sia la visita ad una esposizione ricavata al suo interno.

8.3 RELAZIONE STRUTTURALE

IL CIRCO

8.3.1 Le vasche alberate

L'ampliamento museale progettato in via Ansperto, consistente nella nuova costruzione di uno spazio semi-aperto ed ipogeo che ridisegna anche lo spazio urbano della via, è caratterizzato da un sistema di vasche alberate dal profilo rastremato.

Queste ultime, che ricalcano ed enfatizzano le antiche traiettorie dei carri nel circo romano, sono caratterizzate da uno schema strutturale composto da una trave a U, alta 1,65 m, incastrata al muro che delimita l'intero spazio ipogeo, alto $H=3,50$ m.

Vista la loro luce decrescente (a parità di larghezza $B=3,50$ m), sono state considerate tre diverse strutture delle vasche, di modo da poter confrontare le relative sollecitazioni.

Sono state pertanto considerate le strutture dalla luce maggiore, media e minori, rispettivamente pari a 5,80 m, 4,40 m e 2,90 m.

a. La modellazione su Midas Gen

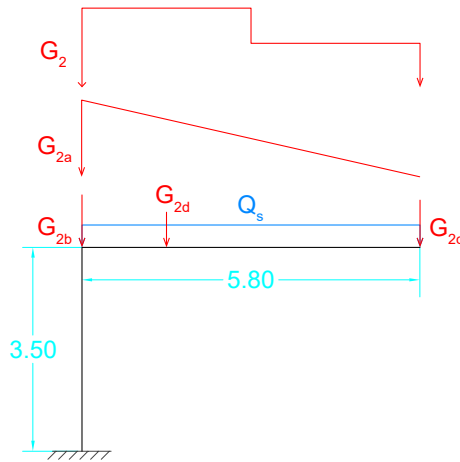
Per la costruzione del modello attraverso il software Midas Gen, si è sfruttato come punto di partenza una base geometrica elaborata attraverso il software AutoCad importata come file .Dxf. Successivamente sono state assegnate le varie tipologie di elementi a travi e pilastri (a cui sono state approssimate le porzioni di muro a cui sono incastrate le travi stesse), ossia General Beam.

A questo punto sono state assegnate agli elementi le rispettive sezioni.

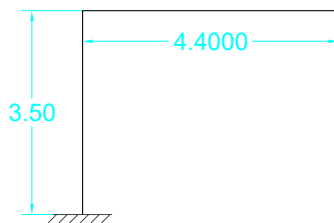
Siccome il software non è in grado di modellare una trave a U di spessore variabile, ognuna è stata studiata assegnando uno spessore uniforme, pari a 0,30 m; l'incremento di sezione, che arriva a misurare all'incastro 0,80 m, è stato invece modellato come un carico permanente strutturale, e successivamente armato.

Il muro su cui quest'ultima è in-

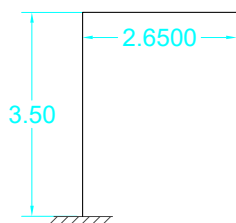
Schema statico e dei carichi



I vasca (luce maggiore)



II vasca (luce media)



III vasca (luce minore)

castrata è stato invece studiato come un pilastro di $B=3,80$ m, ossia la medesima della trave, e $H=0,80$ m.

E' stato poi assegnato alle sezioni tipo il corrispondente materiale (calcestruzzo armato, $R_{ck}=35$ MPa).

Caratteristiche dei materiali:

1) Acciaio S355

$$F_{yk} \text{ [N/mm}^2\text{]} = 355 \text{ MPa}$$

$$F_{tk} \text{ [N/mm}^2\text{]} = 510 \text{ MPa}$$

2) Calcestruzzo $R_{ck} = 35$ MPa

$$\sigma_{adm} = 11,00 \text{ MPa}$$

Sono stati poi inseriti i vincoli a terra (Supports), in questo caso degli incastri perfetti (bloccando D-ALL e R-ALL, quindi bloccando tutti gli spostamenti e momenti lungo gli assi x, y e z).

Infine, sono stati inseriti i carichi di progetto, riportati nel paragrafo b, e si è proceduto con l'impostazione delle combinazioni necessarie date da normativa (paragrafo c), attraverso la finestra Load Combination .

Si è proceduto poi a dimensionare attraverso l'analisi dei risultati, ovvero osservando i diagrammi delle forze (Beam Diagrams) e il grafico delle deformate (Displacement Contour); sono stati ri-

portati i risultati del caso più critico, ossia la prima vasca.

b. Abaco dei carichi

Una volta completata la fase di modellazione, si passa all'applicazione dei carichi agenti sulla struttura.

Come primo procedimento si sono dovuti analizzare i carichi stessi, e successivamente definire le tipologie di carichi da applicare, ossia:

Carichi permanenti G_1 e G_2 :

Sono considerati carichi permanenti il peso proprio degli elementi della struttura e il peso di quegli elementi che compongono la struttura nelle sue parti (stratigrafia dei solai, delle pareti, ecc.). E' stata inoltre adottata la suddivisione in carichi permanenti strutturali (G_1) e carichi permanenti non strutturali (G_2).

1- Dead Load (D) per il peso proprio G_1 ed i carichi permanenti portati G_2 , questi ultimi comprendenti:

a- Un carico lineare con un valore di 33,7 kN/m per quanto riguarda la stratigrafia del solaio verde, non alberato;

b- Un carico lineare con un valore di 83,0 kN/m per quanto riguarda la stratigrafia del solaio verde, alberato;

c- Un carico concentrato con un valore di 6,0 kN per il carico dell'albero, applicato in mezzeria della porzione di vasca alberata;

d- Un carico lineare con un valore di 33,6 kN/m per il carico del bordo verso sud delle vasche, realizzate in calcestruzzo leggero Leca per impieghi strutturali (14 kN/m³);

e- Un carico lineare con un valore di 17,2 kN/m per il carico delle casseforme metalliche contenenti frammenti lapidei di media grandezza;

f- Un carico triangolare con un valore di 36,3 kN/m per il carico dovuto all'incremento di sezione.

Carichi variabili Q_1 :

2- Live Load (L) per i carichi accidentali, assenti.

3- Snow Load (S) per il carico della neve Q_s , applicato sulla trave come carico lineare (si vedano i calcoli allegati al termine della relazione strutturale);

4- Si precisa che non è stato considerato il Wind Load on Structure (W) per il carico del vento Q_w , siccome l'ambiente è ipogeo e, in particolare nella direzione y, non avrebbe alcun effetto in quanto parallelo all'andamento del progetto.

5- Earthquake Load (S) per il carico del sisma E, considerato sia in direzione x, sia in direzione y (si vedano i calcoli allegati al termine della relazione strutturale).

A questo punto, per far sì che in fase di analisi i carichi possano essere applicati simultaneamente, bisogna creare delle combinazioni attraverso la finestra Load Combination. Come indicato dalle NTC2018, per il commento e le verifiche dei risultati si considererà, in particolare, la combinazione rara per quanto riguarda le deformazioni, la combinazione SLU per le verifiche delle massime sollecitazioni e la combinazione sismica per la verifica al caso sismico.

c. Combinazione delle azioni

Ai fini delle verifiche degli stati limite, sono state definite le seguenti combinazioni delle azioni [vd. 2.5.3, NTC2018].

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_k + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \dots$$

Con:

γ_{G1} coefficiente parziale dei carichi permanenti G_1 ;

γ_{G2} coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali G_2 ;

γ_{Q1} coefficiente parziale delle azioni variabili Q .

In particolare, sono stati presi a riferimento i seguenti coefficienti parziali per le azioni o per l'effett-

to delle azioni nelle verifiche SLU (coefficienti sfavorevoli, EQU; tabella 2.6.l):

$$\gamma_{G1} = 1,1$$

$$\gamma_{G2} = 1,5$$

$$\gamma_{Q1} = 1,5$$

Inoltre, sono stati considerati, in relazione alla "Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento", i seguenti coefficienti di combinazione (tabella 2.5.l):

$$\psi_{0j} = 0,7$$

$$\psi_{1j} = 0,7$$

$$\psi_{2j} = 0,6$$

oltre ai seguenti coefficienti di combinazione per le azioni variabili del vento (tabella 2.5.l):

$$\psi_{0j} = 0,6$$

$$\psi_{1j} = 0,2$$

$$\psi_{2j} = 0,0$$

e della neve, a quota < 1000 m s.l.m. (tabella 2.5.l):

$$\psi_{0j} = 0,5$$

$$\psi_{1j} = 0,2$$

$$\psi_{2j} = 0,0$$

Da queste combinazioni, sono stati ricavati i valori di N, T, Mx e My, attraverso cui è stata armata la relativa sezione.

I VASCA CONSIDERATA - CASO CRITICO

T_{RAVE}

N_{max}

Combinazione fondamentale: 0,00 kNm

Combinazione rara: 0,00 kNm

Combinazione frequente: 0,00 kNm

Combinazione quasi permanente: 0,00 kNm

Combinazione stato limite di salvaguardia della vita: 0,00 kNm

T_{max}

Combinazione fondamentale: -989,9 kNm

Combinazione rara: -758,4 kNm

Combinazione frequente: -747,3 kNm

Combinazione quasi permanente: -747,3 kNm

Combinazione stato limite di salvaguardia della vita: -378,1 kNm

Mx_{max}

Combinazione fondamentale: 0,00 kNm

Combinazione rara: 0,00 kNm

Combinazione frequente: 0,00 kNm

Combinazione quasi permanen-

te: 0,00 kNm
Combinazione stato limite di salvaguardia della vita: 0,00 kNm

te: -89,8 kNm
Combinazione stato limite di salvaguardia della vita: -46,0 kNm

$M_{y_{max}}$

$M_{x_{max}}$

Combinazione fondamentale: -2580,8 kNm
Combinazione rara: -1979,0 kNm
Combinazione frequente: -1946,9 kNm
Combinazione quasi permanente: -1946,9 kNm
Combinazione stato limite di salvaguardia della vita: -977,8 kNm

Combinazione fondamentale: 323,5 kNm
Combinazione rara: 253,10 kNm
Combinazione frequente: 248,5 kNm
Combinazione quasi permanente: 248,5 kNm
Combinazione stato limite di salvaguardia della vita: 140,5 kNm

PILASTRO

$M_{y_{max}}$

N

Combinazione fondamentale: -1258,2 kNm
Combinazione rara: -1020,6 kNm
Combinazione frequente: -1009,5 kNm
Combinazione quasi permanente: -1009,5 kNm
Combinazione quasi permanente: 0,00 kNm
Combinazione stato limite di salvaguardia della vita: -614,2 kNm

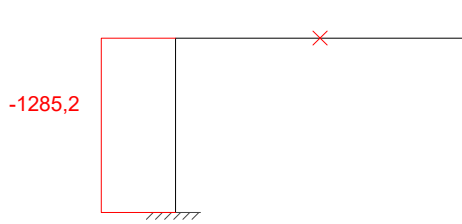
Combinazione fondamentale: 2580,8 kNm
Combinazione rara: 1979,0 kNm
Combinazione frequente: 1946,9 kNm
Combinazione quasi permanente: 1946,9 kNm
Combinazione stato limite di salvaguardia della vita: 977,8 kNm

T

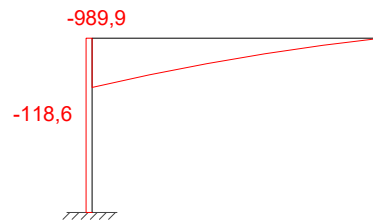
Combinazione fondamentale: -118,6 kNm
Combinazione rara: -91,4 kNm
Combinazione frequente: -89,8 kNm
Combinazione quasi permanen-

d. Risultati

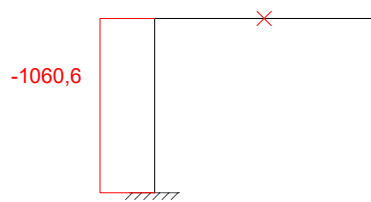
Diagrammi delle azioni interne (SLU)



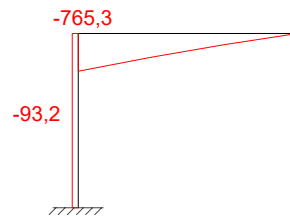
I vasca - N [kN]



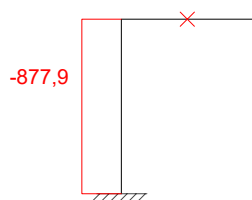
I vasca - T [kN]



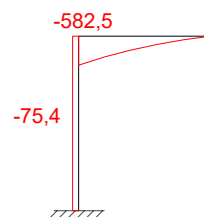
II vasca - N [kN]



II vasca - T [kN]

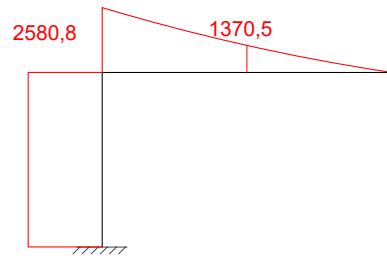


III vasca - N [kN]



III vasca - T [kN]

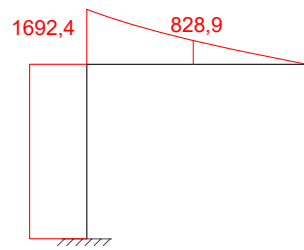
Deformata [mm]



I vasca - My [kNm]



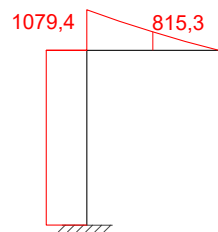
I vasca



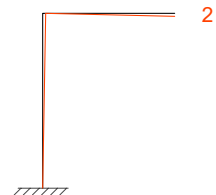
II vasca - My [kNm]



II vasca



III vasca - My [kNm]



III vasca

e. Dimensionamento e verifica della struttura

Date queste combinazioni, la struttura del caso più critico, ossia quella con luce maggiore, è stata progettata a flessione semplice.

E' stata poi prevista l'armatura minima a taglio da normativa ed è stata verificata la sezione a taglio. I muri, assunti come pilastri con la stessa base delle vasche, sono stati invece dimensionati a flessione semplice, verificati a pressoflessione ed instabilità; successivamente è stata prevista l'armatura minima a taglio da normativa ed è stata verificata la sezione a taglio.

Di entrambi gli elementi sono state infine verificate le relative deformate e il contributo delle sollecitazioni causate dall'avvento di un fenomeno sismico.

La sezione resistente della trave a U è quella di spessore uniforme pari a $s=0,30$ m.

Per questa ragione, particolare attenzione è stata riposta nel calcolo dell'armatura necessaria da porvi per rispondere alle massime sollecitazioni rilevate.

A partire dalla definizione di un copriferro $c=40$ mm, a causa della presenza di un terreno umido a perpetuo contatto con la struttura, è stata dunque predisposta in ogni ala una doppia armatura asimmetrica, composta sul lembo teso da $10\Phi 20$ longitudinali,

disposti su due file, e $5\Phi 20$ su quello compresso.

Essi sono contenuti da staffe $\Phi 10$, con passo $i=200$ mm, tranne nella zona critica ($h=1,65$ m) in corrispondenza dell'incastro con il muro, dove questo è pari a $i=120$ mm.

Il profilo in calcestruzzo dello svaso della vasca, in corrispondenza delle due ali e del bordo ad esse perpendicolari, è stato comunque armato attraverso staffe $\Phi 8$ sagomate, con passo $i=200$ mm; sono stati predisposti anche diversi reggistaffe, con il medesimo diametro.

Le staffe delle ali e quelle del fondo della vasca sono incrociate per meglio collaborare nel contrastare le sollecitazioni.

Il fondo della vasca è stato armato attraverso un'armatura asimmetrica: nel lembo superiore sono stati posizionati $12\Phi 20$ longitudinali, mentre in quello inferiore $24\Phi 20$. Questi ferri sono contenuti grazie a delle graffe e dei reggistaffe $\Phi 8$.

Le armature longitudinali provenienti dalle ali proseguono e risvoltano all'interno della sezione del pilastro, dove vengono predisposti, sul lembo teso, $18\Phi 20$ su tre file, e $5\Phi 20$ sul lembo compresso.

Il resto del muro invece, sul lembo teso, è armato con $\Phi 18$, mentre su quello opposto da $\Phi 14$, entrambi con passo pari a $i=200$ mm e contenuti da staffe $\Phi 10$.

INPUT		
MATERIALI		
B450C		
fyk	450	Mpa
Es	210000	MPa
γ_s	1,15	
fyd	391,3	Mpa
ϵ_{yd}	0,00186	
CLS		
Classe	C35/45	
fck	35	MPa
α_{cc}	0,85	
γ_c	1,5	
fcd	19,83	Mpa
ϵ_{cu}	0,0035	
κ	0,80952381	
η	0,415966387	
n = Es/Ec	15	
GEOMETRIA		
B	3500	mm
x/d	0,5	
A's / As	0,5	
c	40	mm
Φ staffa	10	mm
Φ long.	20	mm
d'	60	mm
L	580	cm
Tipo trave	/e continua: campata te	
Controllo copriferri?	SI	
M_Ed		
Comb. SLU	2580,8	kNm
Comb. Rara	1979	kNm
Comb. Freq.	1946,9	kNm
Comb. Q. P.	1946,9	kNm
CONDIZIONI AMBIENTALI		
Cond. Amb.	Ordinarie	
VITA NOMINALE COSTRUZIONE		
Vita Nom.	50	anni

PROGETTO SLU		
CALCOLO		
ACCIAIO COMPR. SNERV.		
As	35005,6	mm ²
d	243,8	mm
Fc	6848,9	kN
Fs	13697,8	kN
F's	6848,9	kN
x	121,9	mm
bc	71,2	mm
bs	121,9	mm
bs'	61,9	mm
M_Rd	2580,80	kNm
Eq. Mom.	0,00	
$\epsilon_{s'}$	0,00178	
Check	FALSO	
ACCIAIO COMPR. ELAST.		
d	247,4	mm
As	34391,2	mm ²
x	123,7	mm
Fc	6950,1	kN
Fs	13457,4	kN
F's	6507,4	kN
bc	72,2	mm
bs	123,7	mm
bs'	63,7	mm
M_Rd	2580,80	kNm
Eq. Mom.	0,00	
$\epsilon_{s'}$	0,00180	
Check	VERO	
RISULTATI SLU		
B	350	cm
d	247,4	mm
As	34391,2	mm ²
A's	17195,6	mm ²
H_min	120	cm
Φ long.	20	mm
A 1 Φ long.	314,2	mm ²
N.min barre As	110	
N.min barre A's	55	

VERIFICA SLU SEZIONE SCELTA		
SEZIONE SCELTA		
B	60	cm
H	165	cm
N. barre As	20	
N. barre A's	10	
Spaz. barre	5,263157895	mm
CALCOLO M_Rd SLU		
As	6283,2	mm ²
A's	3141,6	mm ²
B	600	mm
d	1590	mm
ACCIAIO COMPR. SNERV.		
Fs	2458,6	kN
Fs'	1229,3	kN
Fc	1229,3	kN
x	127,6	mm
bs	1462,4	mm
bs'	67,6	mm
bc	74,5	mm
M_Rd	3770,2	kNm
$\epsilon_{s'}$	0,001854373	
Check	FALSO	
ACCIAIO COMPR. ELAST.		
Fs	2458,6	kN
a	9633	
b	-149567	
c	-138544236	
x	127,9	mm
F's	1226,2	kN
Fc	1232,5	kN
bs	1462,1	mm
bs'	67,9	mm
bc	74,7	mm
M_Rd	3770,1	kNm
$\epsilon_{s'}$	0,001858579	
Check	VERO	
RISULTATI		
x/d	0,080	
M_Rd	3770,1	kNm
Verifica	0,685	OK

S.L.E. FESSURAZIONE		
TENSIONI MASSIME ACCIAIO		
σ_{max} in funzione di Φ_{long}		
$\Phi 1$ (w3)	32	mm
$\Phi 2$ (w3)	20	mm
σ_{s1} (w3)	200	MPa
σ_{s2} (w3)	240	Mpa
σ_{smax} (w3)	240,00	MPa
$\Phi 1$ (w2)	25	mm
$\Phi 2$ (w2)	16	mm
σ_{s1} (w2)	200	MPa
σ_{s2} (w2)	240	Mpa
σ_{smax} (w2)	222,22	MPa
$\Phi 1$ (w1)	25	mm
$\Phi 2$ (w1)	16	mm
σ_{s1} (w1)	160	MPa
σ_{s2} (w1)	200	Mpa
σ_{smax} (w1)	182,22	MPa
σ_{max} in funz. della spaz. tra Φ_{long}		
spaz_1 (w3)	100	mm
spaz_2 (w3)	-	mm
σ_{s1} (w3)	360	MPa
σ_{s2} (w3)	-	Mpa
σ_{smax} (w3)	360,00	MPa
spaz_1 (w2)	50	mm
spaz_2 (w2)	-	mm
σ_{s1} (w2)	360	MPa
σ_{s2} (w2)	-	Mpa
σ_{smax} (w2)	360,00	MPa
spaz_1 (w1)	50	mm
spaz_2 (w1)	-	mm
σ_{s1} (w1)	360	MPa
σ_{s2} (w1)	-	Mpa
σ_{smax} (w1)	360,00	MPa
σ_{max} in funz. delle cond. ambientali		
Cond. Amb.	Ordinarie	
w_max Comb. freq.	w3	Max fess.
w_max Comb. q.p.	w2	Max fess.
σ_{smax} Comb. freq.	240,00	Mpa
σ_{smax} Comb. q.p.	222,22	MPa
CALCOLO COMB. FREQ.		
a	300	
b	141372	
c	-152681403	
x	515,7	mm
bs	1074,3	mm
bs'	455,7	mm
bc	343,8	mm
σ_c	6,88	MPa
σ_s	214,9	MPa
Verifica	0,895	OK

S.L.E. TENSIONI IN ESERCIZIO		
TENSIONI MASSIME ESERCIZIO		
Combinazione rara		
σ_{cmax}	21	MPa
σ_{smax}	360	MPa
Combinazione quasi permanente		
σ_{cmax}	15,75	MPa
CALCOLO COMB. RARA		
a	300	
b	141372	
c	-152681403	
x	515,7	mm
bs	1074,3	mm
bs'	455,7	mm
bc	343,8	mm
σ_c	6,99	MPa
σ_s	218,4	MPa
Ver. C	0,333	OK
Ver. S	0,607	OK
CALCOLO COMB. Q. P.		
a	300	
b	141372	
c	-152681403	
x	515,7	mm
bs	1074,3	mm
bs'	455,7	mm
bc	343,8	mm
σ_c	6,88	MPa
σ_s	214,9	MPa
Ver. C	0,437	OK

LIMITI CAPITOLO 4		
COPRIFERRO		
c_min	C25/30	
c_0	C35/45	
c>=c_0	20	mm
c_min<=c<c_0	25	mm
fck(c_min)	25	MPa
fck(c_0)	35	MPa
c_min	25	mm
Verifica copriferro	OK	
ARM. LONG. A TRAZIONE		
As,min	1769,3	mm^2
As,max	39600	mm^2
Verifica As,min	OK	
Verifica As,max	OK	

Ulteriori verifiche

Trave

Verifica a taglio

$$T_{MAX} = 494,95 \text{ kN}$$

$$T = 1,46 \text{ MPa}$$

$$T_{c0} = 0,67 \text{ MPa} < T < T_{c1} = 1,97 \text{ MPa}$$

L'armatura minima prevista da normativa risulta insufficiente, motivo per cui ne è stato previsto un incremento.

Verifica a deformata

Considerata inoltre la luce pari a 5,80 m e una $\delta = 0,009$ m, anche la verifica della deformata risulta soddisfatta, essendo $\delta < L/250 = 0,009 < 0,023$ m.

Pilastro

Sono stati verificati gli estremi del pilastro, in corrispondenza degli incastri con le ali della trave a U. Per questo motivo, oltre a una $b=0,3$ m, abbiamo considerato anche un dimezzamento delle sollecitazioni T e M.

Verifica a taglio

$$T_{MAX} = 59,3 \text{ kN}$$

$$T = 0,26 \text{ MPa}$$

$$T < T_{c0} = 0,67 \text{ MPa} < T_{c1} = 1,97 \text{ MPa}$$

Risulta sufficiente l'armatura minima prevista da normativa.

Verifica ad instabilità

$$L_0 = 3500/\sqrt{2}/2 = 2474,00 \text{ mm}$$

$$I_{min} = 3110793000,00 \text{ mm}^4$$

$$i_{min} = (I_{min}/A_{eff})^{1/2} = 94,50 \text{ mm}^2$$

$$\lambda = L_0/i_{min} = 26,18$$

Verifica a deformata

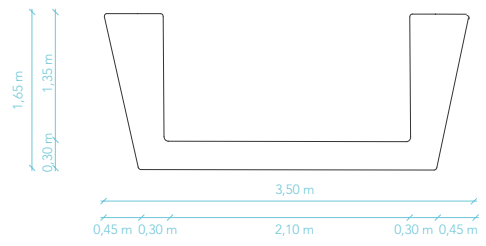
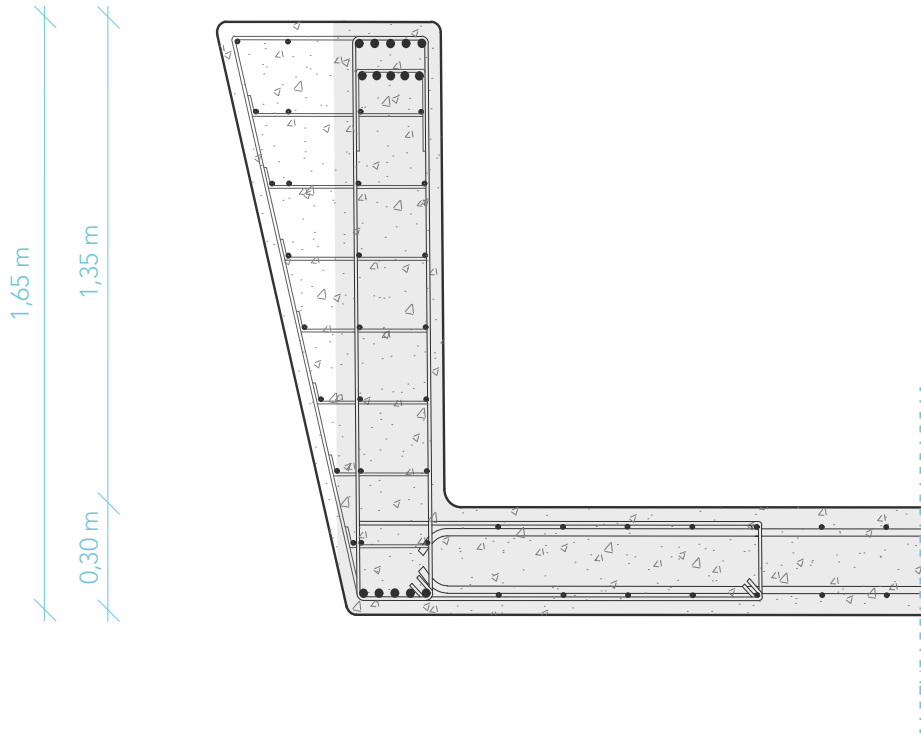
Considerata inoltre la luce pari a 3,50 m e una $\delta = 0,002$ m, anche la verifica della deformata risulta soddisfatta, essendo $\delta < L/250 = 0,002 < 0,014$ m.

Osservazione

Sono state inoltre osservate le forze massime ricavate dalla combinazione sismica: essendo queste minori di quelle ricavate allo SLU per quanto riguarda tutti profili messi in opera, il contributo dato dalla sollecitazione sismica non è stato considerato rilevante. Analoga considerazione è stata fatta per la deformata:

$$\delta_{MAX SLV} = 0,004 \text{ m} < \delta_{MAX SLU} = 0,009 \text{ m}$$

I vasca - Sezione trasversale
Scala 1:20



f. Mix-design

Della struttura delle vasche alberate è stata definita e calcolata anche la composizione del calcestruzzo.

Per prima cosa, è stato necessario considerare le caratteristiche di progetto e le condizioni al contorno, come fattori igrometrici, resistenza del materiale rispetto ai carichi e tipologia di utilizzo dell'elemento architettonico.

E' stato scelto un CEM II A/L 42,5R, dunque un cemento Portland composito al calcare, dove quest'ultimo, che si presta da filler per la miscela cementizia, è presente con una percentuale tra il 6% e il 20% (il clinker rappresenta l'80-94% del totale). L'utilizzo del calcare, a dispetto di altri prodotti (come la loppa d'altoforno, il fumo di silice ecc.) comporta anche costi inferiori vista la facile reperibilità del prodotto.

Per quanto riguarda le prestazioni meccaniche, tale cemento è in grado di garantire, al termine dei ventotto giorni di stagionatura, una resistenza normalizzata maggiore di 42,5 MPa.

Da queste caratteristiche si è poi passati, seguendo le direttive della UNI EN 206, al mix-design, ossia l'elaborazione della composizione del calcestruzzo a partire da specifiche prescrizioni riguardanti la stessa miscela, e dunque le sue caratteristiche (lavorabilità, resistenza

ecc.) e quelle dei materiali che la compongono.

Le direttive iniziali sono state:

- Classe di resistenza: C35/45;
- Classe di consistenza: S4 (slum:160-210 mm);
- Dimensione massima dell'aggregato: 15 mm (tondeggiante). Queste dimensioni derivano dalla distanza tra le armature, di circa 20 mm. Seguendo la normativa si ha così una $D_{max} = 20 \text{ mm} - 5 \text{ mm} = 15 \text{ mm}$.

- Classe di esposizione: XC4.

Tale prescrizione deriva da considerazioni relative al progetto: avendo una struttura che presenta condizioni differenti sui lati opposti (una parte esposta all'aria e agli agenti atmosferici, e una quasi costantemente a contatto con l'umidità del terreno contenuto nelle vasche alberate) si sono considerati cicli di asciutto-bagnato e condizioni di particolare disomogeneità all'interno dello stesso elemento.

Primo passaggio fondamentale consiste nella determinazione del rapporto acqua/cemento (a/c), per la quale è necessario conoscere il valore di R_{ck} , in quanto fortemente ad esso relazionato: infatti, tanta più acqua è contenuta all'interno della miscela, tanto più quest'ultima presenterà minore resistenza meccanica. Considerando la nostra classe di resistenza si ha che

$R_{ck}=45$ MPa e $R_{cm}=R_{ck} + 3,5=48,5$ MPa. Seguendo dunque il grafico riportato in Fig. 1 e ponendo una retta immaginaria ad altezza di 48,5 MPa lungo l'asse delle ordinate, si interseca la curva che rappresenta la stagionatura a ventotto giorni. Da tale intersezione si ricava il valore in ascissa, pari a 0,51 circa, corrispondente ad a/c correlato alla nostra classe di resistenza. Considerando la normativa, all'interno della quale per la classe di esposizione XC4 si definisce come valore massimo per a/c 0,5, si è scelto dunque quest'ultimo.

Seguendo le direttive regolamentate, si è poi indagato il contenuto d'acqua all'interno della miscela a partire dalle dimensioni dell'aggregato, di 15mm, e dalla classe di consistenza, S4. Attraverso l'utilizzo del secondo grafico riportato (Fig.2) si è trovata la quantità di acqua nella miscela, pari a $A=232$ l/m³.

Successivamente, attraverso una formula inversa si ottiene la densità del cemento (C).

Si ha così $C= A/(a/c)= 232/0,5= 464$ kg/m³.

Secondo la UNI EN 206, il contenuto di cemento minimo per una miscela con classe di esposizione XC4 deve essere pari a 300 kg/m³, condizione dunque verificata. Il volume del cemento risulta pari a $V_c=C/\rho_s=464/3,15= 147,30$ l/m³.

Indispensabile è succes-

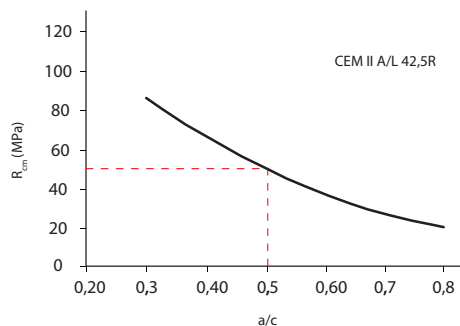


Fig. 1 Rapporto acqua-cemento.

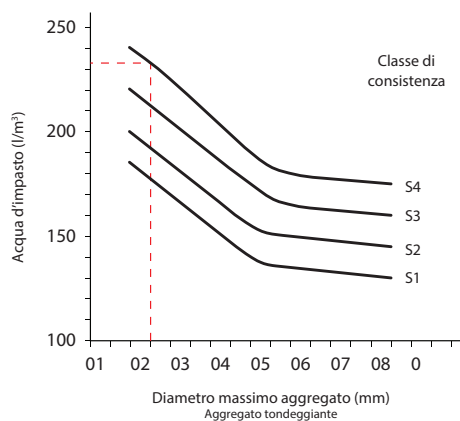


Fig. 2 Rapporto acqua-aggregato.

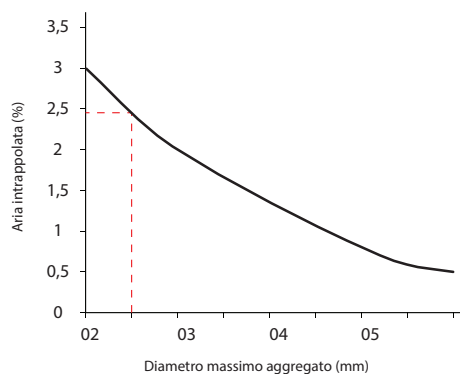


Fig. 3 Rapporto aria-aggregato.

sivamente quantificare l'aria intrappolata nel composto, motivo per cui risulta fondamentale considerare l'aggregato e la sua dimensione massima. Attraverso il terzo grafico (Fig. 3) si può ricavare la percentuale d'aria, che per questo specifico caso risulta essere pari a 2,45%, e quindi il volume, pari a $V_a = (2,45/100) * 1000 \text{ l/m}^3$.

L'ultimo passaggio ha permesso la determinazione del volume dell'aggregato, e successivamente della sua massa. Applicando la formula inversa, a un metro cubo di miscela si ipotizza di sottrarre i quantitativi relativi di acqua, cemento e aria. Si ha dunque:

$$V_{ag} = 1000 - 147,30 - 232 - 24,5 = 596,2 \text{ l/m}^3.$$

La massa di tale volume di materiale è $M_{ag} = V_{ag} * \rho_s = 596,2 * 2,7 = 1609,8 \text{ kg/m}^3$ (che approssimiamo a 1610 kg/m^3).

Riassumendo, abbiamo definito una miscela caratterizzata da queste densità:

- Cemento 464 kg/m^3 ;
- Acqua 232 kg/m^3 ;
- Aggregati 1610 kg/m^3 .

Sommandoli, si ottiene una densità totale di 2306 kg/m^3 , valore accettabile per una normale miscela di calcestruzzo.

All'interno di quest'ultima, non è stato considerato alcun fluidificante, ma si potrebbe introdurre se si dovesse proporre la necessità di garantire una maggiore lavorabilità (senza modificare la quantità di cemento, il rapporto a/c, e di conseguenza anche la resistenza meccanica) o un incremento del valore di R_{ck} (lavorando sul rapporto a/c senza alterare la lavorabilità).

8.3.2 Il muro espositivo

Modellazione e verifica

Il limite sud dello spazio museale ipogeo è segnalato da un setto murario in calcestruzzo armato di importanti dimensioni, sulla quale si prevede vengano esposti dei frammenti lapidei.

In virtù quindi del loro carico, si è resa necessaria una verifica a ribaltamento, confrontando quindi il momento stabilizzante (dato dal peso proprio del muro) con quello ribaltante (considerato nel caso più critico, e con il contributo dell'oggetto della copertura).

E' stato preventivamente posto come limite verificabile un carico dei frammenti minore del 20% del peso proprio del muro, non solo ai fini di questa precisa verifica, ma anche ai fini di quelle future necessarie in caso venisse modificata l'esposizione.

Considerando la sesta porzione muraria allestita, si ha:

$$M_s = 108,09 \text{ kNm}$$

con:

- Dimensioni del muro pari a $b=0,5 \text{ m} \times 4,90 \text{ m}$, e $h=7,03 \text{ m}$ di altezza;
- Peso specifico pari a $25,0 \text{ kN/m}^3$;
- Braccio pari a $0,25 \text{ m}$.

Questo valore è stato confrontato

con il momento ribaltante generato dai frammenti, considerati in marmo bianco, di una colonna, un capitello e due cornici:

$$M_r = 3,92 \text{ kNm}$$

con:

- Peso specifico pari a $27,1 \text{ kN/m}^3$;
- Braccio pari a $0,15 \text{ m}$.

Si considera però il contributo della mensola, che porta a:

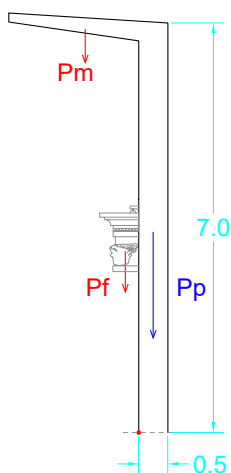
$$M_r = 70,04 \text{ kNm}$$

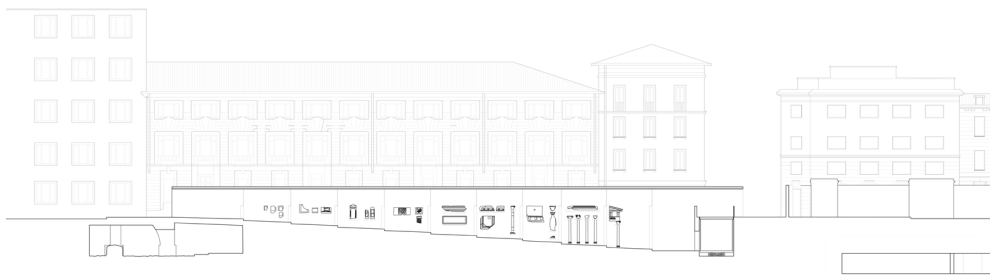
Siccome $M_r = 70,04 \text{ kNm} < M_s = 108,09 \text{ kNm}$, la verifica risulta così soddisfatta.

Per quanto riguarda la verifica a ribaltamento per il solo contributo del carico dei frammenti, risulta a maggior ragione verificato, come già in partenza supposto, dato che il loro carico non supera il 20% di quelli del peso proprio del muro portante:

$$P_{\text{frammenti}} = 26,13 \text{ kN} < P_{\text{max}} = 0,2 \cdot G_{1 \text{ MURRO}} = 432,35 \text{ kN} .$$

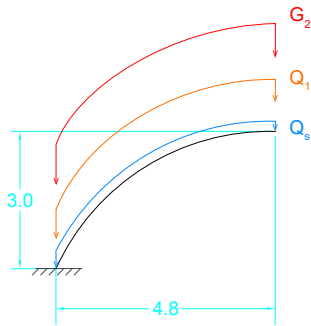
Il muro espositivo



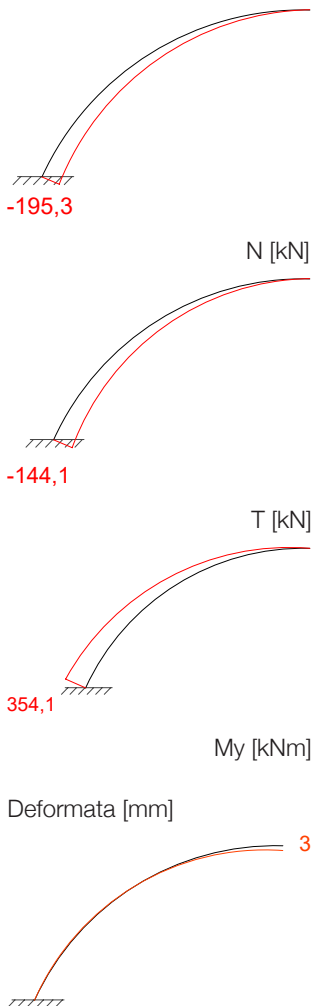


Il muro espositore.

Schema statico e dei carichi



Diagrammi delle azioni interne



8.3.3 La gradonata

All'interno della piazza progettata, in corrispondenza dei resti pervenuti alla quota ipogea è stata realizzata una gradonata, che rievoca quella sulla quale gli spettatori assistevano agli spettacoli circensi.

Questo sistema è stato studiato come una mensola ad arco incastrata alla base su una trave rettilinea incastrata agli estremi ai muri della galleria ipogea; tutti gli elementi sono in calcestruzzo armato.

L'arco

Modellazione

La mensola è stata modellata attraverso il software Midas Gen con un procedimento analogo a quello già descritto per il caso delle vasche alberate. E' stata quindi studiata come una trave ad arco in calcestruzzo armato, con dimensioni $b=1,0$ m e $h=0,5$ m, e $L=4,48$ m.

Caratteristiche dei materiali:

1) Acciaio S355

$$F_{yk} \text{ [N/mm}^2\text{]} = 355 \text{ MPa}$$

$$F_{tk} \text{ [N/mm}^2\text{]} = 510 \text{ MPa}$$

2) Calcestruzzo $R_{ck} = 45$ MPa

$$\sigma_{adm} = 13,50 \text{ MPa}$$

Una volta completata la fase di modellazione, sono stati analizzati i carichi, e successivamente definite le tipologie di carichi da applicare, ossia:

Carichi permanenti G_1 e G_2 :

1- Dead Load (D) per il peso proprio G_1 ed i carichi permanenti portati G_2 , questi ultimi comprendenti:

a- Un carico lineare con un valore di $35,7$ kN/m per quanto riguarda il getto in calcestruzzo alleggerito Leca CLS 1400, che modella il profilo della gradonata oltre l'estradosso della trave;

Carichi variabili Q_1 :

2- Live Load (L) per i carichi accidentali, legato alla destinazione d'uso dell'opera (ambienti suscettibili di affollamento, cat. C3 - tabella 3.1.II): $q_k=5,00$ [kN/m²], $Q_k = 5,00$ [kN], $H_k=5,00$ [kN/m], e applicato sulla trave come un carico lineare;

3- Snow Load (S) per il carico della neve Q_s , applicato sulla trave come carico lineare (si vedano i calcoli allegati al termine della relazione strutturale);

4- Wind Load on Structure (W) per il carico del vento Q_w , considerato nella sola direzione y (si

vedano i calcoli allegati al termine della relazione strutturale). Quello nella direzione opposta è stato omissso siccome l'ambiente si trova protetto dagli edifici limitrofi, quindi avrebbe un effetto trascurabile;

5- Earthquake Load (S) per il carico del sisma E, considerato sia in direzione x, sia in direzione y (si vedano i calcoli allegati al termine della relazione strutturale).

Combinazione delle azioni

Ai fini delle verifiche degli stati limite, sono state definite le medesime combinazioni delle azioni usate per le verifiche e il dimensionamento delle vasche alberate.

Dimensionamento

Considerando un $M_{\max} = 354,10$ kNm e $T_{\max} = 144,1$ kN, le geometrie e i materiali precedentemente riportati e un copriferro $c = 30$ mm, la sezione è stata dimensionata a pressoflessione, e dunque armata con:

- Un'armatura longitudinale simmetrica composta, per ogni lembo, da $6\varphi 26$, corrispondenti a un $A_s = 3185$ mm²;
- Un'armatura trasversale composta da staffe $\varphi 10$, con passo $i = 125$ mm in zona critica ($s = 500$ mm) e passo $i = 200$ mm in zona

non critica.

Siccome $T_{c0} = 0,80$ MPa $<$ $T = 0,36$ MPa $<$ $T_{c1} = 2,26$, è sufficiente la minima armatura prevista da normativa.

Verifiche

La trave così progettata, è soggetta ai seguenti sforzi:

$$\begin{aligned} \sigma_c &= 8,21 \text{ MPa} < \sigma_{c \text{ ADM}} \\ \sigma_s &= 270,54 \text{ MPa} < \sigma_{s \text{ ADM}} \\ \sigma'_s &= 86,17 \text{ MPa} < \sigma_{s \text{ ADM}} \end{aligned}$$

La sezione risulta quindi verificata.

Considerata inoltre la luce pari a 4,48 m e una $\delta = 0,003$ m, anche la verifica della deformata risulta soddisfatta, essendo $\delta < L/250 = 0,003 < 0,017$ m.

Sono state inoltre osservate le forze massime ricavate dalla combinazione sismica: essendo queste minori di quelle ricavate allo SLU,

$$N_{\text{MAX SLV}} = -132,4 \text{ kN} < N_{\text{MAX SLU}} = -195,3 \text{ kN}$$

$$T_{\text{MAX SLV}} = -97,6 \text{ kN} < T_{\text{MAX SLU}} = -144,1 \text{ kN}$$

$$M_{y \text{ MAX SLV}} = -253,0 \text{ kNm} < M_{y \text{ MAX SLU}} = -354,1 \text{ kNm}$$

il contributo dato dalla sollecitazione sismica non è stato considerato rilevante.

Analoga considerazione è stata

fatta per la deformata:

$$\delta_{\text{MAX SLV}} = 0,003 \text{ m} = \delta_{\text{MAX SLU}} = 0,003 \text{ m}$$

La trave d'appoggio

Modellazione

La trave è stata modellata attraverso il software Midas Gen con un procedimento analogo a quello già descritto per il caso delle vasche alberate.

E' stata quindi studiata come una trave rettilinea in calcestruzzo armato, con dimensioni $b=1,8 \text{ m}$ e $h=0,8 \text{ m}$, e $L=9,53 \text{ m}$.

In particolare, la trave è stata suddivisa in tre tratti, per facilitare l'applicazione dei carichi:

- Una porzione iniziale pari a $L=2,61 \text{ m}$, in corrispondenza di una porzione di piazza;
- Una porzione mediana pari a $L=4,58 \text{ m}$, in corrispondenza della gradonata vera e propria;
- Una porzione terminale pari a $L=2,24 \text{ m}$, nuovamente in corrispondenza di una porzione di piazza.

Caratteristiche dei materiali:

1) Acciaio S355

$$F_{yk} [\text{N/mm}^2] = \text{S355 MPa}$$
$$F_{tk} [\text{N/mm}^2] = 510 \text{ MPa}$$

2) Calcestruzzo $R_{ck} = 45 \text{ MPa}$

$$\sigma_{\text{adm}} = 13,50 \text{ MPa}$$

Una volta completata la fase di modellazione, sono stati analizzati i carichi, e successivamente definite le tipologie di carichi da applicare, ossia:

Carichi permanenti G_1 e G_2 :

1- Dead Load (D) per il peso proprio G_1 ed i carichi permanenti portati G_2 , questi ultimi comprendenti:

a- Un carico lineare uniforme con un valore di $242,7 \text{ kN/m}$ per quanto riguarda la forza assiale trasmessa dalla mensola ad arco;

b- Un momento uniforme con un valore di $354,1 \text{ kN/m}$ per quanto riguarda il momento trasmesso dalla mensola ad arco;

c- Un carico lineare uniforme con un valore di $26,3 \text{ kN/m}$ per quanto riguarda il pacchetto della pavimentazione esterna, applicato in corrispondenza della porzione iniziale e finale della trave.

Carichi variabili Q_1 :

2- Live Load (L) per i carichi accidentali, con un valore di 5 kN/M , legato alla destinazione d'uso dell'opera (ambienti suscettibili di affollamento, cat. C3 - tabella 3.1.II): $q_k=5.00 [\text{kN/m}^2]$, Q_k

=5.00 [kN], Hk=5.00 [kN/m].

E' stato applicato in corrispondenza della porzione iniziale e finale della trave come carico lineare, mentre non è stato aggiunto in corrispondenza del tratto mediano, siccome già considerato nel sistema dell'arco;

3- Snow Load (S) per il carico della neve Q_s , applicato in corrispondenza della porzione iniziale e finale della trave come carico lineare (si vedano i calcoli allegati al termine della relazione strutturale). Non è stato aggiunto in corrispondenza del tratto mediano, siccome già considerato nel sistema dell'arco;

4- Wind Load on Structure (W) per il carico del vento Q_w , considerato assente;

5 - Earthquake Load (S) per il carico del sisma E, considerato sia in direzione x, sia in direzione y (si vedano i calcoli allegati al termine della relazione strutturale).

Combinazione delle azioni

Ai fini delle verifiche degli stati limite, sono state definite le medesime combinazioni delle azioni usate per le verifiche e il dimensionamento delle vasche alberate.

Dimensionamento

Considerando un $M_{max}=2354,60$ kNm e $T_{max}=1204,5$ kN, le geometrie e i materiali precedentemente riportati e un copriferro $c=30$ mm, la sezione è stata dimensionata a flessione, e dunque armata con:

- Un'armatura longitudinale simmetrica composta, per ogni lembo, da $26\varphi 26$, corrispondenti a un $A_s=13882$ mm²;
- Un'armatura trasversale composta da staffe $\varphi 10$, con passo $i=156$ mm in zona critica ($s=800$ mm) e passo $i=200$ mm in zona non critica.

Siccome $T_{c0}=0,80$ MPa < $T=1,08$ MPa < $T_{c1}=2,26$, non è sufficiente la minima armatura prevista da normativa.

Verifiche

La trave così progettata, è soggetta ai seguenti sforzi:

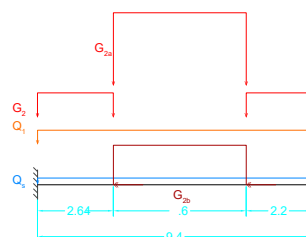
$$\begin{aligned} \sigma_c &= 8,43 \text{ MPa} < \sigma_{c \text{ ADM}} \\ \sigma_s &= 245,97 \text{ MPa} < \sigma_{s \text{ ADM}} \\ \sigma'_s &= 105,36 \text{ MPa} < \sigma_{s \text{ ADM}} \end{aligned}$$

La sezione risulta quindi verificata.

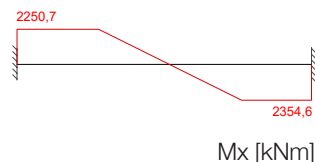
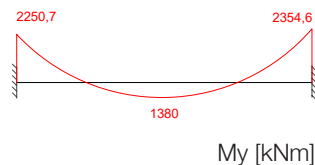
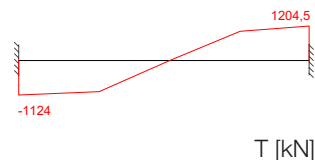
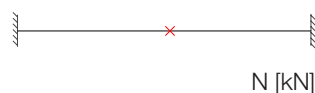
Considerata inoltre la luce pari a 9,53 m e una $\delta = 0,001$ m, anche la verifica della deformata risulta soddisfatta, essendo $\delta < L/250 = 0,001 < 0,038$ m.

Sono state inoltre osservate le forze massime ricavate dalla combinazione sismica (ec-

Schema statico e dei carichi



Diagrammi delle azioni interne



Deformata [mm]



cetto N, assente): essendo queste minori di quelle ricavate allo SLU,

$$T_{\text{MAX SLV}} = 842,9 \text{ kN} < T_{\text{MAX SLU}} = 1024,5 \text{ kN}$$

$$M_{y_{\text{MAX SLV}}} = -1633,0 \text{ kNm} < M_{y_{\text{MAX SLU}}} = -2354,6 \text{ kNm}$$

$$M_{x_{\text{MAX SLV}}} = 860,8 \text{ kNm} < M_{x_{\text{MAX SLU}}} = 1291,1 \text{ kNm}$$

il contributo dato dalla sollecitazione sismica non è stato considerato rilevante.

Analoga considerazione è stata fatta per la deformata:

$$\delta_{\text{MAX SLV}} = 0,001 \text{ m} = \delta_{\text{MAX SLU}} = 0,001 \text{ m}$$

La sezione è stata a questo punto verificata a torsione. Con riferimento al calcestruzzo armato, la verifica di resistenza (SLU) consiste nel controllare che:

$$T_{\text{Rd}} > T_{\text{Ed}}$$

dove T_{Ed} è il valore di progetto del momento torcente agente.

Con riferimento al calcestruzzo, la resistenza di progetto si calcola con:

$$T_{\text{Rcd}} = 2 \cdot A \cdot t \cdot f_{\text{cd}} \cdot \text{ctg}^{\Theta} / (1 + \text{ctg}^2 \Theta)$$

$$T_{\text{Rcd}} = 16439,61 \text{ KnM}$$

Con riferimento alle staffe tra-

versali, la resistenza di progetto si calcola con:

$$T_{\text{Rsd}} = 2 \cdot A \cdot A_s / s \cdot f_{\text{yd}} \cdot \text{ctg}^{\Theta}$$

$$T_{\text{Rsd}} = 1335,77 \text{ KnM}$$

Con riferimento all'armatura longitudinale, la resistenza di progetto si calcola con:

$$T_{\text{Rld}} = 2 \cdot A \cdot \Sigma(A_1) / u_m \cdot f_{\text{yd}} / \text{ctg}^{\Theta}$$

$$T_{\text{Rld}} = 2671,54 \text{ KnM}$$

dove:

- t è A_c / u , con A_c l'area della sezione ed u il suo perimetro (t deve essere assunta comunque > 2 volte la distanza fra il bordo e il centro dell'armatura longitudinale);

A è l'area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico;

A_s è l'area delle staffe;

u_m è il perimetro medio del nucleo resistente;

s è il passo delle staffe;

$\Sigma(A_1)$ è l'area complessiva delle barre longitudinali.

Θ è l'inclinazione delle bielle compresse di calcestruzzo rispetto all'asse della trave, che deve rispettare $1 < \text{ctg}^{\Theta} < 2,5$

Entro questi limiti di torsione pura, può porsi $\text{ctg}^{\Theta} = (a_1/a_s) \cdot 1/2$, con $a_1 = \Sigma(A_1) / u_m$ e $a_s = A_s / s$.

Siccome la resistenza di progetto alla torsione della trave, corrispondente alla minore delle tre sopra definite, è maggiore del momento torcente sollecitante, la

sezione risulta verificata:

$$T_{Rd} = \min(T_{Rcd}, T_{Rsd}, T_{Rld}) = 1335,77 \text{ kNm} > T_{Ed} = 1291,1 \text{ kNm}$$

IL PALAZZO IMPERIALE

8.3.4 La calotta

Il progetto da noi proposto ha previsto anche la valorizzazione dei resti archeologici del palazzo imperiale in via Brisa, attraverso la sistemazione del bordo dell'area archeologica, la realizzazione di una nuova discesa ed un affaccio.

In particolare quest'ultimo si configura come un volume sospeso sui resti, che assume al di sotto dell'oggetto un profilo a calotta per riprendere le principali geometrie circolari dell'ambiente principale dell'area archeologica. La struttura è stata studiata come una complessa reticolare in acciaio, incastrata su un muro in calcestruzzo armato a est, e incernierata a terra in quattro ulteriori punti all'interno del sito, complementari ai frammenti andati perduti che descrivevano il cerchio più interno dell'ambiente romano.

In pianta si configura come un trapezio di dimensioni massime pari a 12,35 m e 7,95 m.

Questa configurazione riprende, a livello compositivo, i vuoti delle corti dell'isolato pre-bombardamenti, probabilmente riconducibile anche alla antica presenza della chiesa del monastero di Santa Maria de Quinzano.

Perimetralmente, è stato progettato un muro abitato realizzato con una struttura in acciaio che, come tutto il resto, sostiene anche il rivestimento leggero in Krion.

a. La modellazione su Midas Gen

Per la costruzione del modello attraverso il software Midas Gen si è sfruttato come punto di partenza una base geometrica elaborata attraverso il software AutoCad, poi importata come file .Dxf. Successivamente sono state assegnate le varie tipologie di elementi alla struttura reticolare, ossia General Beam e Truss, e ai muri, ossia Plate.

A questo punto sono state assegnate agli elementi modellati le rispettive sezioni.

Per quanto riguarda le travi principali e secondarie che costituiscono il piano orizzontale della struttura, sono stati utilizzati dei profili tubolari di spessore di 5 mm, rispettivamente di 200x150 mm e 150x100 mm.

Gli elementi che costituiscono la calotta, alta 4,80 m, sono invece realizzati con dei tubolari 100x100x5 mm e 50x50x3 mm.

Al muro perimetrale ad est e sud a cui sono incastrati i profili metallici è stata assegnata una sezione di $h=0,70$ m; la base risulta invece variabile: ad est il setto è caratterizzato da una $b=8,97$ m, a sud-est da una $b=3,05$ m, mentre a sud da una $b=6,51$ m.

Per quanto riguarda la struttura del muro abitato, essa è stata modellata separatamente: ciò ha reso possibile uno studio più puntuale del comportamento di

questa porzione di struttura stessa, soprattutto il relazione al carico del vento, per poi riportare sul modello del sistema reticolare le diverse sollecitazioni trasmesse.

La griglia è realizzata con profili tubolari 276x276x6 mm come montanti, posti ad interasse variabile tra 1,50 e 2,00 m, per approssimare il comportamento del sistema tecnologico proposto, costituito da quattro profili a L angolari, irrigiditi da degli elementi trasversali. Come traversi, sono stati invece studiati dei profili 100x50x5 mm, ad interasse fisso di 1,0 m, mentre come controventi dei profili pieni circolari di 8 mm di diametro.

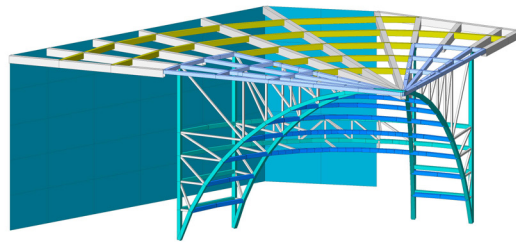
Inoltre, in un punto la griglia si interrompe per ricavare una apertura da cui potersi affacciare sui resti.

Nel frattempo sono stati inseriti i vincoli a terra: in corrispondenza del muro sono stati realizzati degli incastri perfetti, mentre in corrispondenza dei quattro appoggi della reticolare sono state realizzate delle cerniere, di modo da non trasmettere un momento in fondazione e quindi evitare di essere troppo invasivi in area archeologica.

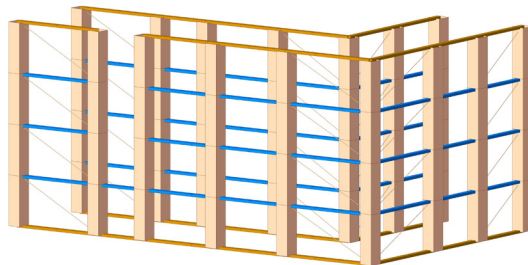
E' stato poi assegnato alle sezioni tipo il corrispondente materiale:

1) Acciaio S355

$$F_{yk} \text{ [N/mm}^2\text{]} = 355 \text{ MPa}$$



Gli elementi costituenti lo schema statico della calotta.



Gli elementi costituenti lo schema statico del muro abitato.

$$F_{tk} [\text{N/mm}^2] = 510 \text{ MPa}$$

2) Calcestruzzo $R_{ck} = 35 \text{ MPa}$

$$\sigma_{adm} = 11,00 \text{ MPa}$$

Infine sono stati inseriti i carichi di progetto, riportati nel paragrafo b, e si è proceduto con l'impostazione delle combinazioni.

Si è proceduto poi a verificare attraverso l'analisi dei risultati, ovvero osservando i diagrammi delle forze (Beam Diagrams e Plate forces) e il grafico delle deformate (Displacement Contour).

b. Abaco dei carichi

Una volta completata la fase di modellazione, si passa all'applicazione dei carichi agenti sulla struttura.

Come primo procedimento si sono dovuti analizzare i carichi stessi, e successivamente definire le tipologie di carichi da applicare, ossia:

Carichi permanenti G1 e G2:

Sono considerati carichi permanenti il peso proprio degli elementi della struttura e il peso di quegli elementi che compongono la struttura nelle sue parti (stratigrafia dei solai, delle pareti, ...). È stata inoltre adottata la suddivisione in carichi permanenti strutturali (G1) e carichi permanenti

non strutturali (G2).

1- Dead Load (D) per il peso proprio G1 ed i carichi permanenti portati G2, questi ultimi comprendenti:

a- Dei carichi concentrati applicati sul piano orizzontale della calotta, in corrispondenza dei montanti della griglia del muro abitato, di intensità variabile tra i -3,8 e i -6,4 kN, relativi al carico dei rivestimenti in Krypton del muro stesso;

b- Un carico di superficie con un valore di 2,5 kN/m² per quanto riguarda il rivestimento calpestabile, ossia una soletta in c.a. di 50 mm, in calcestruzzo in pasta colorata.

Carichi variabili Q1:

2- Live Load (L) per i carichi accidentali, comprendente un carico di superficie, applicato su tutto il piano orizzontale, legato alla destinazione d'uso dell'opera (ambienti suscettibili di affollamento, cat. C3 - tabella 3.1.II): $q_k=5.00$ [kN/m²], $Q_k =5.00$ [kN], $H_k=5.00$ [kN/m].

Carichi variabili Qs e Qw:

3- Snow Load (S) per il carico della neve Qs, applicato sulla piastra come carico di superficie (si vedano i calcoli allegati al termine della relazione strutturale);

4- Wind Load on Structure (W), per il carico del vento Q_w , considerato nella direzione x e nella direzione y e applicato come un carico lineare sui montanti della griglia strutturale del muro abitato, sul fronte su cui incide, considerando la relativa area di influenza (si vedano i calcoli allegati al termine della relazione strutturale). E' stato poi riportato sulla struttura reticolare come diverse forze concentrate, di intensità variabile tra -2,7 e 1,5 kN, in corrispondenza dei montanti su cui è stato applicato.

A questo punto, per far sì che in fase di analisi i carichi possano essere applicati simultaneamente, bisogna creare delle combinazioni usando il comando Load Combination.

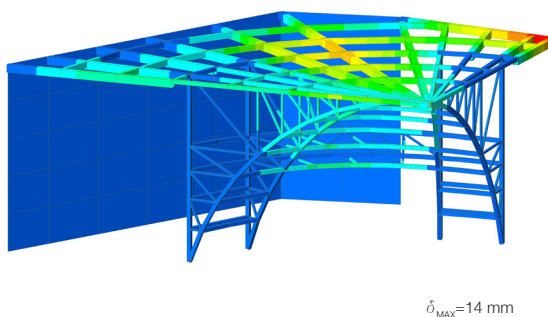
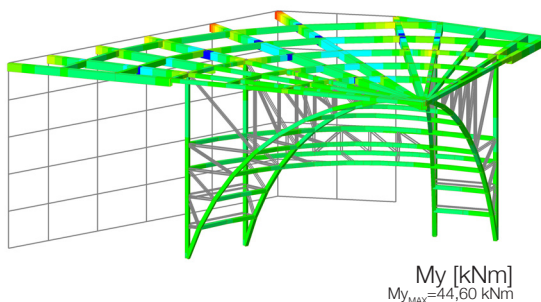
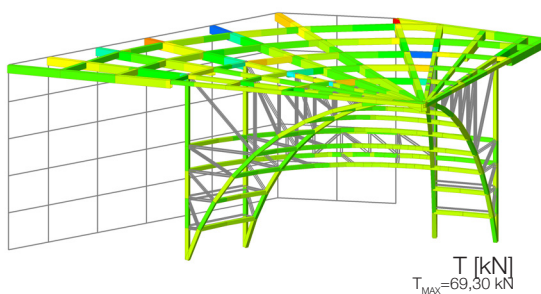
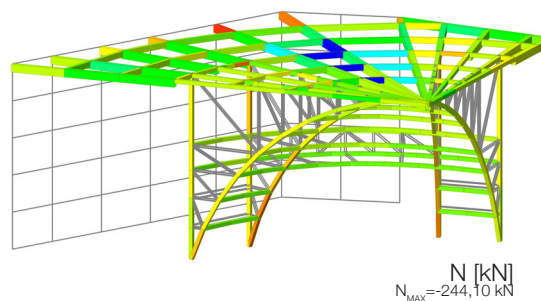
Come indicato dalle NTC2018, per il commento e le verifiche dei risultati si considereranno, in particolare, gli Stati Limite d'Esercizio (SLE) per quanto riguarda le deformazioni e gli Stati Limite Ultimi (SLU) per le verifiche delle massime sollecitazioni.

c. Combinazione delle azioni

Ai fini delle verifiche degli stati limite, sono state definite le medesime combinazioni delle azioni usate per le verifiche e il dimensionamento delle vasche alberate.

d. Risultati

Diagrammi delle azioni interne



e. Dimensionamento e verifica della struttura

Una volta modellata la struttura, e rilevate le sue azioni interne, ogni tipologia di profilo è stato verificato tre diverse volte, in corrispondenza dei casi più critici (N, T e M maggiore). Le verifiche di ogni profilo si sono concentrate sui moduli di resistenza, sugli sforzi, sull'instabilità; quelle globali hanno riguardato invece la deformata e l'instabilità del profilo della calotta più sollecitato a compressione.

Verifiche dei profili in acciaio

Travi principali

Tubolare 200x150x5 mm
Profilo maggiormente sollecitato ad azione assiale

$$\begin{aligned}L &= 0,94 \text{ m} \\M &= 42,30 \text{ kNm} \\N &= -244,10 \text{ kN} \\T &= -61,50 \text{ kN}\end{aligned}$$

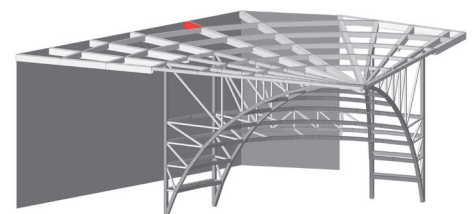
$$\begin{aligned}W_{x\min} &= M_y / \sigma_{ADM} = 119154,93 \text{ mm}^3 \\W_{\text{eff}} &= 199780,00 \text{ mm}^3 \\A_{\text{nec}} &= Fx / \sigma_{ADM} = 687,61 \text{ mm}^2 \\A_{\text{eff}} &= 3400,00 \text{ mm}^2 \\A_v &= 26325,00 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$W_{\text{eff}} > W_{x\min}$$

$$\begin{aligned}I_{\min} &= 12803300,00 \text{ mm}^4 \\i_{\min} &= 61,37 \text{ mm} \\L_0 &= 0,66 \text{ m} \\\lambda &= 10,83\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_M &= M / W_{\text{eff}} = 211,73 \text{ MPa} \\\sigma_N &= Fx / A_{\text{eff}} = 71,79 \text{ MPa} \\\sigma_M + \sigma_N &= 283,53 \text{ MPa} \\T &= Fz / A_v = 2,34 \text{ MPa} \\\sigma_{\text{TOT}} &= [(\sigma_M + \sigma_N)^2 + 3T^2]^{1/2} = 283,56 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\sigma_{\text{TOT}} < \sigma_{ADM}$$



Travi principali

Tubolare 200x150x5 mm
 Profilo maggiormente sollecitato
 ad azione a taglio

$L=0,62$ m
 $M=30,50$ kNm
 $N=-158,40$ kN
 $T=69,30$ kN

$$W_{x_{min}} = M_y / \sigma_{ADM} = 85915,49 \text{ mm}^3$$

$$W_{x_{eff}} = 199780,00 \text{ mm}^3$$

$$A_{nec} = Fx / \sigma_{ADM} = 446,20 \text{ mm}^2$$

$$A_{eff} = 3400,00 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 26325,00 \text{ mm}^2$$

$$W_{x_{eff}} > W_{x_{min}}$$

$$I_{min} = 12803300,00 \text{ mm}^4$$

$$i_{min} = 61,37 \text{ mm}$$

$$L_0 = 0,44 \text{ m}$$

$$\lambda = 7,14$$

$$\sigma_M = M / W_{x_{eff}} = 152,67 \text{ MPa}$$

$$\sigma_N = Fx / A_{eff} = 46,59 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M + \sigma_N = 199,26 \text{ MPa}$$

$$T = Fz / A_v = 2,63 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{TOT} = [(\sigma_M + \sigma_N)^2 + 3T^2]^{1/2} = 199,31 \text{ MPa}$$

Travi principali

Tubolare 200x150x5 mm
 Profilo maggiormente sollecitato
 a momento

$L=1,67$ m
 $M=44,30$ kNm
 $N=-184,30$ kN
 $T=43,60$ kN

$$W_{x_{min}} = M_y / \sigma_{ADM} = 124788,73 \text{ mm}^3$$

$$W_{x_{eff}} = 199780,00 \text{ mm}^3$$

$$A_{nec} = Fx / \sigma_{ADM} = 519,15 \text{ mm}^2$$

$$A_{eff} = 3400,00 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 26325,00 \text{ mm}^2$$

$$W_{x_{eff}} > W_{x_{min}}$$

$$I_{min} = 12803300,00 \text{ mm}^4$$

$$i_{min} = 61,37 \text{ mm}$$

$$L_0 = 1,18 \text{ m}$$

$$\lambda = 19,24$$

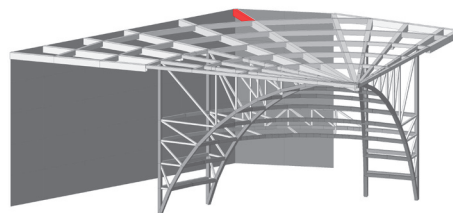
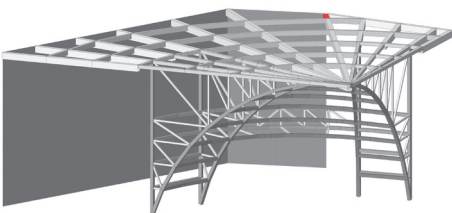
$$\sigma_M = M / W_{x_{eff}} = 221,74 \text{ MPa}$$

$$\sigma_N = Fx / A_{eff} = 54,21 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M + \sigma_N = 275,95 \text{ MPa}$$

$$T = Fz / A_v = 1,66 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{TOT} = [(\sigma_M + \sigma_N)^2 + 3T^2]^{1/2} = 275,96 \text{ MPa}$$



Travi secondarie

Tubolare 150x150x5 mm
 Profilo maggiormente sollecitato
 ad azione assiale

$L=0,66$ m
 $M=11,00$ kNm
 $N=189,90$ kN
 $T=-11,20$ kN

$$W_{xmin} = M_y / \sigma_{ADM} = 30985,92 \text{ mm}^3$$

$$W_{xeff} = 100600,00 \text{ mm}^3$$

$$A_{nec} = Fx / \sigma_{ADM} = 534,93 \text{ mm}^2$$

$$A_{eff} = 2400,00 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 13050,00 \text{ mm}^2$$

$$W_{xeff} > W_{xmin}$$

$$I_{min} = 3995000,00 \text{ mm}^4$$

$$i_{min} = 40,80 \text{ mm}$$

$$L_0 = 0,47 \text{ m}$$

$$\lambda = 11,44$$

$$\sigma_M = M / W_{xeff} = 109,34 \text{ MPa}$$

$$\sigma_N = Fx / A_{eff} = 79,13 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M + \sigma_N = 188,47 \text{ MPa}$$

$$T = Fz / A_v = 0,86 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{TOT} = [(\sigma_M + \sigma_N)^2 + 3T^2]^{1/2} = 188,47 \text{ MPa}$$

Travi secondarie

Tubolare 150x150x5 mm
 Profilo maggiormente sollecitato
 ad azione a taglio

$L=0,71$ m
 $M=24,40$ kNm
 $N=-87,30$ kN
 $T=-59,30$ kN

$$W_{xmin} = M_y / \sigma_{ADM} = 68732,39 \text{ mm}^3$$

$$W_{xeff} = 100600,00 \text{ mm}^3$$

$$A_{nec} = Fx / \sigma_{ADM} = 245,92 \text{ mm}^2$$

$$A_{eff} = 2400,00 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 13050,00 \text{ mm}^2$$

$$W_{xeff} > W_{xmin}$$

$$I_{min} = 3995000,00 \text{ mm}^4$$

$$i_{min} = 40,80 \text{ mm}$$

$$L_0 = 0,50 \text{ m}$$

$$\lambda = 12,31$$

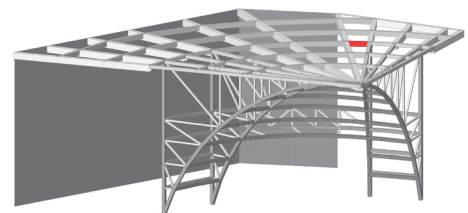
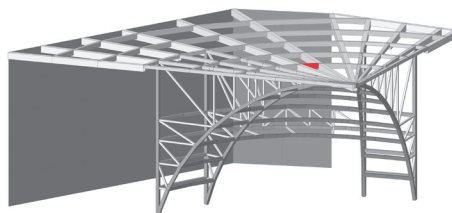
$$\sigma_M = M / W_{xeff} = 242,54 \text{ MPa}$$

$$\sigma_N = Fx / A_{eff} = 36,38 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M + \sigma_N = 278,92 \text{ MPa}$$

$$T = Fz / A_v = 4,54 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{TOT} = [(\sigma_M + \sigma_N)^2 + 3T^2]^{1/2} = 279,03 \text{ MPa}$$



Travi secondarie

Tubolare 150x150x5 mm
Profilo maggiormente sollecitato
a momento

$$L=1,39 \text{ m}$$

$$M=25,70 \text{ kNm}$$

$$N=-35,10 \text{ kN}$$

$$T=38,50 \text{ kN}$$

$$W_{x\min} = M_y / \sigma_{ADM} = 72394,37 \text{ mm}^3$$

$$W_{x\text{eff}} = 100600,00 \text{ mm}^3$$

$$A_{\text{nec}} = Fx / \sigma_{ADM} = 98,87 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{eff}} = 2400,00 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 13050,00 \text{ mm}^2$$

$$W_{x\text{eff}} > W_{x\min}$$

$$I_{\min} = 3995000,00 \text{ mm}^4$$

$$i_{\min} = 40,80 \text{ mm}$$

$$L_0 = 0,98 \text{ m}$$

$$\lambda = 24,06$$

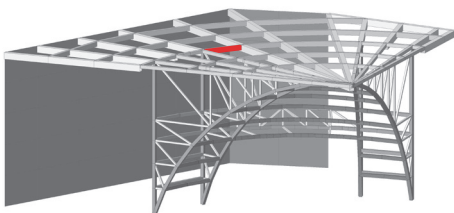
$$\sigma_M = M / W_{x\text{eff}} = 255,47 \text{ MPa}$$

$$\sigma_N = Fx / A_{\text{eff}} = 14,63 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M + \sigma_N = 270,09 \text{ MPa}$$

$$T = Fz / A_v = 2,95 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{TOT}} = [(\sigma_M + \sigma_N)^2 + 3T^2]^{1/2} = 270,14 \text{ MPa}$$



Profili principali calotta

Tubolare 100x100x5 mm
 Profilo maggiormente sollecitato
 ad azione assiale

$L=0,86$ m
 $M=0,90$ kNm
 $N=-187,80$ kN
 $T=0,80$ kN

$$W_{x_{min}} = M_y / \sigma_{ADM} = 2535,21 \text{ mm}^3$$

$$W_{x_{eff}} = 57320,00 \text{ mm}^3$$

$$A_{nec} = Fx / \sigma_{ADM} = 529,01 \text{ mm}^2$$

$$A_{eff} = 1900,00 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 8550,00 \text{ mm}^2$$

$$W_{x_{eff}} > W_{x_{min}}$$

$$I_{min} = 2865800,00 \text{ mm}^4$$

$$i_{min} = 38,84 \text{ mm}$$

$$L_0 = 0,61 \text{ m}$$

$$\lambda = 15,69$$

$$\sigma_M = M / W_{x_{eff}} = 15,70 \text{ MPa}$$

$$\sigma_N = Fx / A_{eff} = 98,84 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M + \sigma_N = 114,54 \text{ MPa}$$

$$T = Fz / A_v = 0,09 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{TOT} = [(\sigma_M + \sigma_N)^2 + 3T^2]^{1/2} = 114,54 \text{ MPa}$$

Profili principali calotta

Tubolare 100x100x5 mm
 Profilo maggiormente sollecitato
 ad azione a taglio

$L=1,50$ m
 $M=3,60$ kNm
 $N=-78,10$ kN
 $T=-48,90$ kN

$$W_{x_{min}} = M_y / \sigma_{ADM} = 10140,85 \text{ mm}^3$$

$$W_{x_{eff}} = 57320,00 \text{ mm}^3$$

$$A_{nec} = Fx / \sigma_{ADM} = 220,00 \text{ mm}^2$$

$$A_{eff} = 1900,00 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 8550,00 \text{ mm}^2$$

$$W_{x_{eff}} > W_{x_{min}}$$

$$I_{min} = 2865800,00 \text{ mm}^4$$

$$i_{min} = 38,84 \text{ mm}$$

$$L_0 = 1,06 \text{ m}$$

$$\lambda = 27,31$$

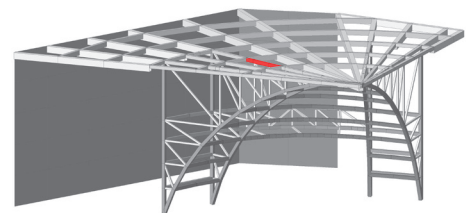
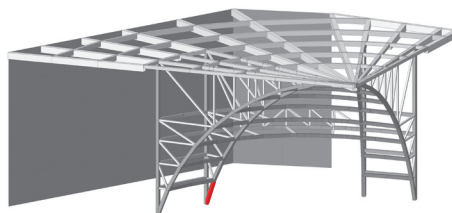
$$\sigma_M = M / W_{x_{eff}} = 62,81 \text{ MPa}$$

$$\sigma_N = Fx / A_{eff} = 41,11 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M + \sigma_N = 103,91 \text{ MPa}$$

$$T = Fz / A_v = 5,72 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{TOT} = [(\sigma_M + \sigma_N)^2 + 3T^2]^{1/2} = 104,38 \text{ MPa}$$



Profili principali calotta

Tubolare 100x100x5 mm
Profilo maggiormente sollecitato
a momento

$$L=0,78 \text{ m}$$

$$M=12,80 \text{ kNm}$$

$$N=-133,70 \text{ kN}$$

$$T=23,70 \text{ kN}$$

$$W_{x\min} = M_y / \sigma_{ADM} = 36056,34 \text{ mm}^3$$

$$W_{x\text{eff}} = 57320,00 \text{ mm}^3$$

$$A_{\text{nec}} = Fx / \sigma_{ADM} = 376,62 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{eff}} = 1900,00 \text{ mm}^2$$

$$A_V = 8550,00 \text{ mm}^2$$

$$W_{x\text{eff}} > W_{x\min}$$

$$I_{\min} = 2865800,00 \text{ mm}^4$$

$$i_{\min} = 38,84 \text{ mm}$$

$$L_0=0,55 \text{ m}$$

$$\lambda = 14,13$$

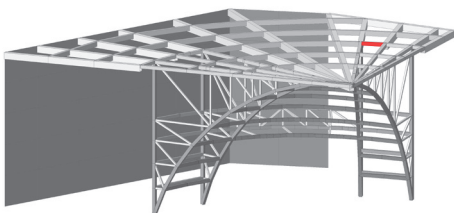
$$\sigma_M = M / W_{x\text{eff}} = 223,31 \text{ MPa}$$

$$\sigma_N = Fx / A_{\text{eff}} = 70,37 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M + \sigma_N = 293,68 \text{ MPa}$$

$$T = Fz / A_V = 2,77 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{TOT}} = [(\sigma_M + \sigma_N)^2 + 3T^2]^{1/2} = 293,72 \text{ MPa}$$



Profili secondari calotta

Tubolare 50x50x3 mm
 Profilo maggiormente sollecitato
 ad azione assiale

$$L=1,94 \text{ m}$$

$$N=-75,90 \text{ kN}$$

$$A_{\text{necc}} = Fx / \sigma_{\text{ADM}} = 213,80 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{eff}} = 567,00 \text{ mm}^2$$

$$I_{\text{min}} = 208500,00 \text{ mm}^4$$

$$i_{\text{min}} = 19,23 \text{ mm}$$

$$L_0 = 1,37 \text{ m}$$

$$\lambda = 71,24$$

$$\omega = 1,56$$

$$\sigma_M = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_N = \omega * Fx / A_{\text{eff}} = 209,94 \text{ MPa}$$

$$T = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{TOT}} = \sigma_N$$

$$\sigma_N < \sigma_{\text{ADM}}$$

Profili principali calotta

Tubolare 100x100x5 mm
 Profilo maggiormente sollecitato
 ad azione assiale e momento

Verifica ad instabilità del profilo curvo dal nodo di fondazione all'irrigidimento.

$$L=3,44 \text{ m}$$

$$M=0,90 \text{ kNm}$$

$$N=-187,80 \text{ kN}$$

$$I_{\text{min}} = 2865800,00 \text{ mm}^4$$

$$i_{\text{min}} = 38,84 \text{ mm}$$

$$L_0 = 2,43 \text{ m}$$

$$\lambda = 62,63$$

$$\omega = 1,41$$

$$\sigma_M = M / W_{\text{xeff}} = 15,70 \text{ MPa}$$

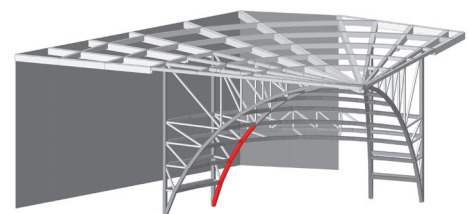
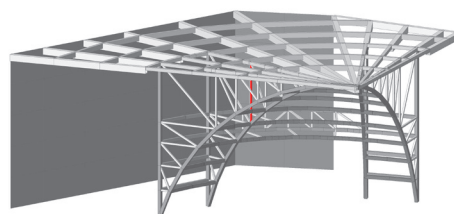
$$\sigma_N = \omega * Fx / A_{\text{ef}} = 139,37 \text{ MPa}$$

$$\sigma_M + \sigma_N = 155,07 \text{ MPa}$$

$$T = Fz / A_v = 0,09 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{TOT}} = [(\sigma_M + \sigma_N)^2 + 3T^2]^{1/2} = 155,07 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{TOT}} < \sigma_{\text{ADM}}$$



Verifiche globali

Considerata inoltre la luce massima pari a $L=6,51$ m e una $d=0,014$ m, anche la deformata risulta verificata, essendo $d < L/250 = 0,014 < 0,026$ m.

Sono state inoltre osservate le forze massime ricavate dalla combinazione sismica: essendo queste minori di quelle ricavate allo SLU per quanto riguarda tutti profili messi in opera, il contributo dato dalla sollecitazione sismica non è stato considerato rilevante. Analoga considerazione è stata fatta per la deformata:

$$\delta_{\text{MAX SLV}} = 0,001 \text{ m} < \delta_{\text{MAX SLU}} = 0,005 \text{ m}$$

f. Micropali di fondazione: calcolo della capacità portante

Una volta ricavate le reazioni vincolari della nostra struttura, si è proceduto con il dimensionamento delle fondazioni, realizzate con micropali del tipo I.R.S. (iniezione ripetuta selettiva).

I punti in cui è stato scelto di fondare sono quattro e si trovano ad una distanza di rispetto dai resti romani, e in corrispondenza di punti in cui precedenti indagini, effettuate con l'ausilio del georadar²⁰⁶, confermano l'assenza di altri reperti o ruderi archeologici. Questa scelta è stata inoltre determinata dalla necessità di realizzare fondazioni di ridotte dimensioni in superficie, sfruttando piuttosto la possibilità di penetrare nel terreno (sabbioso-ghiaioso): in questo caso, infatti, la capacità portante è determinata dall'attrito laterale fra la miscela cementizia del micropalo ed il terreno.

La tipologia di palo scelta viene realizzata in due fasi: nella prima la miscela cementizia viene colata a gravità o iniettata a debole pressione, allo scopo di sigillare il foro; nella seconda invece, quando la miscela ha fatto presa, ne viene iniettata una addizionale attraverso tubi valvolati e con volumi controllati.

Risultano quindi tra le migliori alternative per fondare in area ar-

cheologica, sia per la puntualità dell'intervento, sia per la riduzione delle vibrazioni in corso d'opera, dannose per le preesistenze del sito.

Nel nostro specifico caso, il micropalo dovrà essere in grado, nel caso più critico, di resistere ad una forza assiale proveniente dalla struttura reticolare pari a $N = 254,8 \text{ kN}$.

Ai fini progettuali, si considera, per la capacità portante dei micropali, il solo contributo relativo all'attrito laterale fra la miscela cementizia ed il terreno di fondazione, motivo per cui i micropali sono considerati geotecnicamente equivalenti in compressione e in tensione, assunzione sulla base del quale vengono dimensionati per sforzi assiali di compressione/trazione, valutando il valore della resistenza al taglio presente lungo la superficie laterale in funzione della resistenza del terreno.

I valori tipici che sono assunti per quanto concerne l'attrito laterale del micropalo, mediante valutazioni teoriche o mediante prove di carico, sono considerati valori medi che agiscono lungo l'intera lunghezza del tratto di micropalo connesso al terreno.

Per una più precisa progettazione, sarà comunque necessaria una indagine geotecnica capace di restituire:

- una conoscenza approfondita

della geologia della zona del progetto;

- una conoscenza dell'utilizzo del sito in passato;
- l'analisi delle stratigrafie di sondaggi già eseguiti in prossimità dell'opera, con inclusa la descrizione e la classificazione dei diversi strati di terreno presenti;
- l'esecuzione di sondaggi la cui lunghezza deve essere tale da raggiungere profondità superiori a quelle relative alla quota di base dei micropali;
- la preparazione di sezioni geotecniche in corrispondenza delle opere;
- la determinazione di curve granulometriche;
- la determinazione dell'eventuale presenza di condizioni relative alla presenza di terreni pericolosi, contaminati e/o corrosivi.

L'interpretazione di tutti i dati geotecnici, raccolti in un apposito rapporto geotecnico, deve essere verificata durante l'installazione dei pali, mediante opportuno monitoraggio e rilievo dei dati relativi alla loro esecuzione, come ad esempio la velocità di perforazione o di avanzamento durante la loro messa in opera.

Due sono i metodi adottati e confrontati per stimare le dimensioni di ogni micropalo. Nel primo, si fa riferimento ad una tabella²⁰⁷ per stimare il valore della resistenza a taglio lungo la superficie laterale al contatto fra

la miscela cementizia e il terreno, facendo riferimento a quattro diversi tipi di micropali (nel nostro caso, D) e in funzione della variabilità geotecnica dei diversi tipi di terreno.

I valori riportati in tabella vanno considerati orientativi di riferimento, per le diverse modalità d'installazione e le differenti condizioni geotecniche dei terreni.

Sulla base di tali valori si può calcolare la capacità portante ammissibile per forze assiali agenti sul micropalo, secondo la seguente relazione:

$$P = \alpha / FS * \pi * D * L$$

con:

- D diametro relativo alla superficie di contatto fra la miscela ed il terreno;
- L lunghezza del tratto di connessione fra micropalo e terreno;
- FS coefficiente di sicurezza in condizioni statiche, normalmente assunto pari a 2.5.

Considerando $\alpha=0,145$ Mpa, $FS=2,5$ e un micropalo con $D=100$ mm ed $L=15000$ mm, si ottiene una capacità portante $P=273,18$ KN, maggiore rispetto alla forza assiale di progetto, e dunque verificata.

Il secondo metodo di calcolo considerato è quello messo a punto da Bustamante e Doix (1985).

Si ha che la capacità portante li-

207 Per definire α , si veda Tanzini M., *Micropali e pali di piccolo diametro: aspetti progettuali e tecnologici*, Flaccovio, Palermo, 2004, p. 69, tab. 3.1.

208 Per definire q_s , si veda Tanzini M., *op. cit.*, p. 72, fig. 3.6.

mite per forze assiali è data alla seguente formula generale:

$$T_L = \pi * D_s * L_s * q_s$$

con:

D_s diametro efficace;

L_s tratto di micropalo connesso al terreno, o lunghezza del bulbo;

q_s tensione di attrito laterale che si sviluppa all'interfaccia palo-terreno, i cui valori sono indicati in funzione dle tipo di terreno stesso.

Considerando $q_s=0,1$ Mpa (limite tra sabbie sciolte e mediamente addensate)²⁰⁸ e un micropalo con $D=100$ mm ed $L=15000$ mm, si ottiene una capacità portante $P=471,0$ KN, maggiore rispetto alla forza assiale di progetto, e dunque verificata.

In entrambi i casi risulta quindi sufficiente mettere in opera, per ogni punto di fondazione, un micropalo con diametro pari a 100 mm e una lunghezza di 15,0 m, raggiungendo così, come è evidente dalle nostre stratigrafie di riferimento, uno strato composto da ghiaia, ghiaietto e ciottoli in abbondante matrice sabbiosa, debolmente limosa.

Analogo metodo è stato adottato per il dimensionamento delle fondazioni, sempre a micropalo del tipo I.R.S, del muro in calcestruzzo armato verso Santa Maria alla Porta 9.

Considerando il caso più critico,

la forza assiale agente in fondazioni risulta pari a $N=652,7$ kN.

Con il primo metodo, per resisterle è necessario un palo con diametro pari a 200 mm per una lunghezza di 20,0 m, in grado di rispondere con una capacità portante $P=728,48$ kN), mentre con il secondo da un palo con il medesimo diametro, ma lunghezza di 15,0 metri ($P=942,0$ kN).

Per metterci in condizioni di sicurezza, è stato scelto il palo calcolato attraverso il primo metodo, posto ad un interasse variabile di 1,50-2,00 m.

8.3.5 Il limite dell'area archeologica

Parapetto

Il nuovo limite dell'area archeologica è stato progettato come un unico elemento che funge da parapetto e muro di bordo dell'area di scavo, in calcestruzzo armato. La sua sezione è stata modellata in maniera plastica e scultorea, realizzando un parapetto leggermente aggettante sui resti.

Caratteristiche dei materiali:

1) Acciaio S355

$$F_{yk} \text{ [N/mm}^2\text{]} = 355$$

$$F_{tk} \text{ [N/mm}^2\text{]} = 510$$

2) Calcestruzzo $R_{ck} = 35 \text{ MPa}$

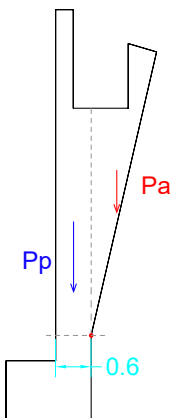
$$\sigma_{adm} = 11,00 \text{ MPa}$$

Si è reso dunque necessario verificarne la sezione a ribaltamento, confrontando il momento stabilizzante (dato dal peso proprio del sistema muro-parapetto) con quello ribaltante (considerato nel caso più critico, in corrispondenza del passaggio a rampa).

Si ha dunque:

$$M_s = 31,65 \text{ kNm}$$

dato dal peso proprio del muro, con:



- Dimensioni pari a $b=0,6 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}$ (è stata presa a riferimento una porzione di base unitaria dell'elemento), e $h=3,90 \text{ m}$ (considerata dal punto di raccordo con il profilo aggettante);
- Peso specifico pari a $25,0 \text{ kN/m}^3$;
- Braccio pari a $0,3 \text{ m}$.

Questo valore è stato confrontato con il momento ribaltante generato dai carichi applicati in corrispondenza della rampa, ossia il carico accidentale ($Q=5,0 \text{ kN/m}$), il carico della neve ($Q_s=1,32 \text{ kN/m}$), entrambi con un braccio pari a $0,16 \text{ m}$, e il peso proprio del profilo aggettante ($Pp= 46,25 \text{ kN}$), con un braccio pari a $0,61 \text{ m}$. Si ha dunque:

$$M_r = 23,02 \text{ kNm}$$

Siccome $M_r = 23,02 \text{ kNm} < M_s = 31,65 \text{ kNm}$, la verifica risulta così soddisfatta.

Oltre al ribaltamento, la sezione è stata verificata rispetto agli sforzi.

Data una forza assiale $N=161,23 \text{ kN}$ e un momento $M=32,67 \text{ kNm}$, si considera una sezione di $b=1,0 \text{ m}$ e $h=0,6 \text{ m}$, per cui $A_c=0,6 \text{ m}^2$. Considerando un minimo di armatura attraverso il coefficiente $\rho=0,8\%$, la sezione è stata perciò armata con $12\varphi 28$, pari a $A_s=7389 \text{ mm}^2$. Si ottiene dunque $A_1=0,710835$

m².

Considerando un copriferro di 30 mm e staffe con diametro $\varphi 10$, ricaviamo $d=54$ mm, un'inerzia minima della sezione pari a $I_{iy}=0,05$ m⁴ e $k=2 \cdot I_{iy}/A_i \cdot h=0,24$ m $> e=0,20$ m.

La trave così progettata, è soggetta ai seguenti sforzi:

$$\begin{aligned}\sigma_{c \max} &= N/A_i(1+e/k) = 0,42 \text{ MPa} < \sigma_{c \text{ ADM}} \\ \sigma_{c \min} &= N/A_i(1-e/k) = 0,034 \text{ MPa} < \sigma_{c \text{ ADM}} \\ \sigma_s' &= [n \cdot \sigma_{s \max} (h/2-d)] \cdot h/2 = 1,289 \text{ MPa} < \sigma_{s \text{ ADM}} \\ \sigma_s &= \sigma_{s \min} (h/2-d) \cdot h/2 = 0,106 \text{ MPa} < \sigma_{s \text{ ADM}}\end{aligned}$$

La sezione risulta quindi verificata.

Porzione di rampa circolare

Una parte del percorso che definisce il limite dell'area archeologica è costituito da una porzione di rampa dal percorso circolare, con $b=1,50$ m e $h=0,35$ m.

Essa ha inoltre uno sviluppo longitudinale pari a $C=10,08$ m, e un doppio incastro agli estremi.

Caratteristiche dei materiali:

1) Acciaio S355

$$\begin{aligned}F_{yk} [\text{N/mm}^2] &= 355 \text{ MPa} \\ F_{tk} [\text{N/mm}^2] &= 510 \text{ MPa}\end{aligned}$$

2) Calcestruzzo $R_{ck} = 35$ MPa

$$\sigma_{\text{adm}} = 11,00 \text{ MPa}$$

Una volta completata la fase di modellazione, sono stati analizzati i carichi, e successivamente definite le tipologie di carichi da applicare, ossia:

Carichi permanenti G_1 e G_2 :

1- Dead Load (D) per il peso proprio G_1 ed i carichi permanenti portati G_2 , questi ultimi comprendenti:

a- Un carico lineare uniforme con un valore di 6,2 kN/m per quanto riguarda i carichi del parapetto in calcestruzzo alleggerito Leca CLS 1400;

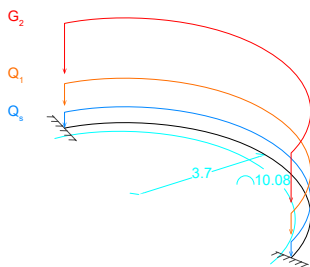
b- Un carico lineare uniforme con un valore di 1,1 kN/m per quanto riguarda il carico del pacchetto di pavimentazione in lastre di trachite euganea ($\rho_s=24,5$ kN/m³).

Carichi variabili Q_1 :

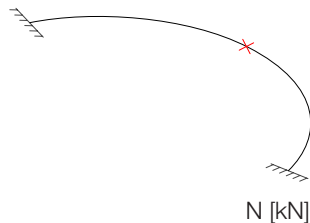
2- Live Load (L) per i carichi accidentali, con un valore di 5 kN/M, applicato come carico lineare;

3- Snow Load (S) per il carico della neve Q_s , applicato come carico lineare (si vedano i calcoli allegati al termine della relazione

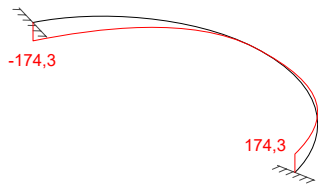
Schema statico e dei carichi



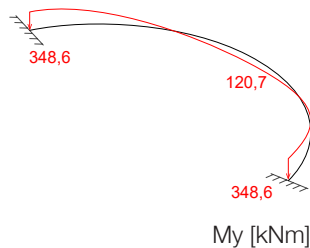
Diagrammi delle azioni interne



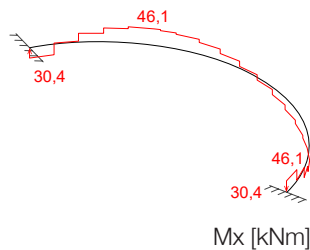
N [kN]



T [kN]

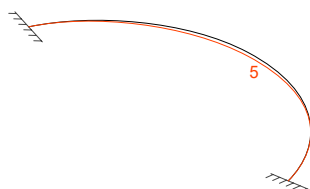


My [kNm]



Mx [kNm]

Deformata [mm]



strutturale);

4- Wind Load on Structure (W) per il carico del vento Q_w , considerato ininfluenza;

5 - Earthquake Load (S) per il carico del sisma E, considerato sia in direzione x, sia in direzione y (si vedano i calcoli allegati al termine della relazione strutturale).

Dimensionamento

Considerando un $M_{max} = 348,6$ kNm e $T_{max} = 174,3$ kN, le geometrie e i materiali precedentemente riportati e un copriferro $c = 30$ mm, la sezione è stata dimensionata a flessione, e dunque armata con:

- Un'armatura longitudinale simmetrica composta, per ogni lembo, da $12\phi 26$, corrispondenti a un $A_s = 6371$ mm²;

- Un'armatura trasversale composta da staffe $\phi 10$, con passo $i = 87,5$ mm in zona critica ($s = 350$ mm) e passo $i = 200$ mm in zona non critica.

Siccome $T = 0,54$ MPa < $T_{c0} = 0,67$ MPa < $T_{c1} = 1,97$, è sufficiente la minima armatura prevista da normativa.

Verifiche

La trave così progettata, è soggetta ai seguenti sforzi:

$$\begin{aligned} \sigma_c &= 8,71 \text{ MPa} < \sigma_{c \text{ ADM}} \\ \sigma_s &= 205,75 \text{ MPa} < \sigma_{s \text{ ADM}} \\ \sigma_s' &= 83,52 \text{ MPa} < \sigma_{s \text{ ADM}} \end{aligned}$$

La sezione risulta quindi verificata.

Considerata inoltre la luce pari a $L = 10,08$ m e una $d = 0,005$ m, anche la deformata risulta verificata, essendo $d < L/250 = 0,005 < 0,0403$ m.

Sono state inoltre osservate le forze massime ricavate dalla combinazione sismica (eccetto N, assente): essendo queste minori di quelle ricavate allo SLU,

$$T_{\text{MAX SLV}} = 118,6 \text{ kN} < T_{\text{MAX SLU}} = 174,3 \text{ kN}$$

$$M_y_{\text{MAX SLV}} = -237,3 \text{ kNm} < M_y_{\text{MAX SLU}} = -348,6 \text{ kNm}$$

$$M_x_{\text{MAX SLV}} = -31,2 \text{ kNm} < M_x_{\text{MAX SLU}} = -46,1 \text{ kNm}$$

il contributo dato dalla sollecitazione sismica non è stato considerato rilevante.

Analoga considerazione è stata fatta per la deformata:

$$\delta_{\text{MAX SLV}} = 0,005 \text{ m} = \delta_{\text{MAX SLU}} = 0,005 \text{ m}$$

Si è resa necessaria, in virtù della sua forma, verificare dunque la sezione a torsione. Con riferimento al calcestruzzo armato, la verifica di resisten-

za (SLU) consiste nel controllare che:

$$T_{Rd} > T_{Ed}$$

dove T_{Ed} è il valore di progetto del momento torcente agente.

Con riferimento al calcestruzzo, la resistenza di progetto si calcola con:

$$T_{Rcd} = 2 \cdot A \cdot t \cdot f_{cd} \cdot \text{ctg} \Theta / (1 + \text{ctg}^2 \Theta)$$

$$T_{Rcd} = 1737,59 \text{ KnM}$$

Con riferimento alle staffe trasversali, la resistenza di progetto si calcola con:

$$T_{Rsd} = 2 \cdot A \cdot A_s / s \cdot f_{yd} \cdot \text{ctg} \Theta$$

$$T_{Rsd} = 431,87 \text{ KnM}$$

Con riferimento all'armatura longitudinale, la resistenza di progetto si calcola con:

quindi la resistenza di progetto:

$$T_{Rld} = 2 \cdot A \cdot \Sigma(A_1) / u_m \cdot f_{yd} / \text{ctg} \Theta$$

$$T_{Rld} = 863,74 \text{ KnM}$$

dove:

- t è A_c / u , con A_c l'area della sezione ed u il suo perimetro (t deve essere assunta comunque > 2 volte la distanza fra il bordo e il centro dell'armatura longitudinale);

A è l'area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico;

A_s è l'area delle staffe;

u_m è il perimetro medio del nucleo

resistente;

s è il passo delle staffe;

$\Sigma(A_1)$ è l'area complessiva delle barre longitudinali.

Θ è l'inclinazione delle bielle compresse di calcestruzzo rispetto all'asse della trave, che deve rispettare $1 < \text{ctg} \Theta < 2,5$

Entro questi limiti di torsione pura, può porsi $\text{ctg} \Theta = (a_1 / a_s) \cdot 1/2$, con $a_1 = \Sigma(A_1) / u_m$ e $a_s = A_s / s$.

Siccome la resistenza di progetto alla torsione della trave, corrispondente alla minore delle tre sopra definite, è maggiore del momento torcente sollecitante, la sezione risulta verificata:

$$T_{Rd} = \min(T_{Rcd}, T_{Rsd}, T_{Rld})$$

$$T_{Rd} = 431,87 \text{ kNm} > T_{Ed} = 46,10 \text{ kNm}$$

CALCOLI E APPROFONDIMENTI

8.3.6 Calcoli

a. Carico del sisma E

L'azione del sisma è stata calcolata in base alle NTC2018, cap. 3.2.

Ai fini delle presenti norme l'azione sismica è caratterizzata da tre componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y, ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti; l'ultima di queste non verrà considerata, siccome la normativa stessa specifica che è necessaria solo ove espressamente richiesto (Capitolo 7) e purché il sito nel quale sorge la costruzione sia caratterizzato da un'accelerazione al suolo pari ad $a_g = 0,15g \geq a_{gMILANO} = 0,05g$.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

Per permettere a MidasGen di calcolare lo spettro di risposta, è stato necessario inserire dei parametri specifici all'interno della finestra Sismic Load Specification, in relazione alla pericolosità del sito della costruzione, delle sue caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale, e al tipo di struttura progettata.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati (SLV e SLU), sono ricavate attraverso le forme spettrali, a partire dai valori dei seguenti parametri relativi alla città di Milano:

- a_g , ossia l'accelerazione orizzontale massima del sito, pari a $0,05g$;
- F_o , ossia il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, pari a $2,665$;
- T_C^* , ossia valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelera-

zione orizzontale, pari a 0,280 s.

All'interno della finestra Sismic Load Specification, sono stati inoltre aggiunti parametri relativi a:

- Il tipo di terreno (C), facente riferimento ad una categoria di suolo composta da depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s;

- Un valore T1 caratteristico per le condizioni topografiche, in questo caso facente riferimento a superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$;

- Un fattore di struttura q pari a 1,5;

- Un periodo fondamentale, sia in x che in y, pari a 0,1279 s.

A questo punto, viene generato uno spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico. Essa viene distinta nella direzione x e y, ognuna delle quali considerate con intensità massima, abbinate all'altra componente ridotta al 30%.

b. Carico del vento Q_w

L'azione del vento è stata calcolata in base alle NTC2018, cap. 3.3.

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita una pressione data dall'espressione:

$$p = q_r * c_e * c_p * c_d$$

dove:

- q_r è la pressione cinetica di riferimento [N/m^2], data dall'espressione:

$$q_r = 1/2 * \rho * v_r^2$$

essendo v_r la velocità di riferimento del vento [m/s] e ρ la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1.25 [kg/m^3].

La velocità di riferimento è $v_r = v_{b,0} * c_r$, con $v_{b,0} = 25$ [m/s] e $c_r = 1$ (tempo di ritorno pari a 50 anni); difatti, considerando la posizione di Milano, sono stati assunti i valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 e k_a della zona 1, quindi $v_{b,0} = 25$ [m/s], $a_0 = 1000$ [m], $k_s = 0.40$.

- c_e è il coefficiente di esposizione e dipende dall'altezza z dal suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. In assenza

di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza e l'effettiva cabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200$ m, esso è dato dalla formula:

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}), \text{ per } z < z_{\min}$$

$$c_e(12) = 1,48$$

dove: $k_r=0,23$, $z_0=0,70$ [m], $z_{\min}=12$ [m] sono assegnati in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione (M) e della classe di rugosità del terreno (A); c_t è invece il coefficiente di topografia, posto generalmente pari a 1,0.

- c_p è il coefficiente di pressione, in funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. E' stato assunto un valore pari a 1.2.

- c_d è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali. Esso può essere assunto cautelativamente pari ad 1.0.

Dunque:

- per $C_e(12) = 1.48$,
 $p = 0,69$ [kN/m²]

Siccome l'azione del vento viene considerata agente sulle travi,

per essere applicati questi valori vanno prima moltiplicati per le relative aree di influenza.

c. Carico della neve Q_s

L'azione della neve è stata calcolata in base alle NTC2018, cap. 3.4.

Il carico Q_s provocato dalla neve sulle vasche è stato valutato mediante la seguente espressione:

$$Q_s = \mu_i * q_{sk} * c_e * c_t$$

dove:

- μ_i è il coefficiente di forma della copertura. Essendo essa piana, si fa riferimento ai valori delle coperture ad una falda per la quale va considerata la disposizione di carico con deposizione sia in assenza di vento, sia in sua presenza. Siccome l'inclinazione varia tra $0^\circ \leq a \leq 30^\circ$, (essendo a , espresso in gradi sessagesimali, l'angolo formato dalla falda con l'orizzontale), si assume un valore pari a 0,8;

- q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m²], per un periodo di ritorno di 50 anni; esso dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona.

In questo caso il contesto di ri-

ferimento è stato confrontato con quello della zona I, per cui: $q_{sk}=1,50$ [kN/m²], essendo a_s (altitudine del sito ove sorge la costruzione, in m, sul livello del mare) < 200 m (Milano si trova a 120 m sul livello del mare);

- C_e è il coefficiente di esposizione, utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Nel nostro caso l'area della costruzione è considerata riparata, in quanto sensibilmente circondata da costruzioni o alberi più alti, per cui si considera un valore pari a 1.1;

- C_t è il coefficiente termico, utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato un valore pari a 1.0.

Dunque:

$$Q_s = 0,8 \times 1,50 \times 1,1 \times 1,0$$
$$Q_s = 1,32 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

da considerarsi in valore assoluto, e applicare con segno negativo (quindi verso il basso) rispetto al sistema di riferimento globale impostato dal software.

8.3.7 Il rischio sismico a Milano

Si ripropone qui di seguito un lavoro di approfondimento sul rischio sismico a Milano, e nello specifico nella nostra area di progetto.

L'esercitazione è stata svolta contestualmente al corso di *Criteri di progettazione ed adeguamento in condizioni di rischio*, tenuto dalla professoressa Elsa Garavaglia nel corso dell'Anno Accademico 2018/2019.

SisMI: Milano e il rischio sismico

«A seguito del sisma del maggio 2012 che ha colpito principalmente i territori dell'Emilia Romagna e marginalmente quelle delle vicine regioni della Lombardia e del Veneto, l'Alto Polesine di Rovigo si è risvegliato soffocato da una sensazione di impotenza indotta dall'impreparazione mentale a fronteggiare una delle calamità naturali più devastanti e distruttive. Siamo cresciuti in una terra disegnatata da tre corsi d'acqua quali il Po, l'Adige, il Tartaro-Canalbianco con la consapevolezza, quasi una certezza, che un terreno alluvionale e soffice fosse immune dal terremoto in quanto capace, per la sua consistenza e natura, di ammortizzare e attutire le onde sismiche distruttive».

Con queste parole esordisce Massimiliano Furini in uno dei primi capitoli del libro da lui curato "Un anno dopo il sisma: la salvaguardia e gli interventi sul patrimonio storico-architettonico in Polesine". Potrà sembrare strano, per un lavoro di ricerca eseguito sul territorio milanese, fare riferimento ad un caso sismico dell'estremo est Veneto,

ma è sembrato importante per noi porre l'accento sulle sensazioni di questa popolazione, che ha vissuto, o meglio subito, un fenomeno così importante senza esserne preparati. Diventa ancora più significativo fare ciò nel momento in cui si prende coscienza del fatto che la provincia di Rovigo comprende solamente comuni classificati in zona 3 e 4. Questa è l'ennesima dimostrazione del fatto che non si può associare un livello basso di pericolosità alla sua stessa assenza, ed ecco perchè sorge la necessità di prepararsi e preparare il tessuto urbano in cui viviamo a fronteggiare eventi sismici che, seppur probabilmente non di fortissima entità, possono creare disagi e problemi alla comunità. L'obiettivo è quello di suscitare nella popolazione (dal cittadino comune, alla figura tecnico-professionale fino alle istituzioni) la consapevolezza che ciò può accadere, per riuscire anche a portare avanti dei processi di adeguamento, o comunque già di miglioramento, delle strutture e dei servizi legati al tema del rischio sismico.

Detto ciò sembra doveroso spendere alcune parole sul ragionamento utilizzato per redigere questo lavoro. Il metodo di analisi di cui ci siamo avvalsi per la stesura del presente studio si rifà alla caratterizzazione del rischio, inteso come il

prodotto delle componenti di Pericolosità, Valore esposto e Vulnerabilità. Proprio in relazione a quest'ultime e agli elementi che le caratterizzano è stato suddiviso il testo. Ciò ci permette di capire come si articola il rischio stesso e di scegliere come operare sul territorio e in relazione alle sue necessità e problematicità. I concetti fondamentali e da tenere a mente sono:

Pericolosità [H]: probabilità che un fenomeno di una certa intensità si verifichi in un certo arco temporale e in una determinata area. Essa è regolata sostanzialmente dalle caratteristiche del territorio, inteso come terreno e conformazione degli strati più profondi dell'area (presenta o meno di faglie ad esempio).

Valore esposto [W]: elementi a rischio (intesi come persone, beni, patrimonio culturale ed ambientale, ecc.); esso può essere espresso in unità monetarie, numero di individui o differenti tipologie di beni.

Vulnerabilità [V]: è la propensione di un elemento a subire danni in seguito ad un evento calamitoso e l'indicatore di forza/debolezza di un sistema. La vulnerabilità di un territorio può dipendere da diversi fattori fisici, organizzativi, culturali quali, ad esempio: le caratteristiche della popolazione

e degli insediamenti, la presenza di edifici o spazi ad alta frequentazione o di aree ad alta densità, la presenza o meno di una pianificazione di emergenza a livello locale, etc.

Rischio: valore atteso di perdite (vite umane, feriti, danni alle proprietà e alle attività economiche) dovute al verificarsi di un evento di una data intensità, in una particolare area, in un determinato periodo di tempo. La relazione che lega questi quattro concetti risulta dunque essere:

$$R=HxVxW$$

Pericolosità

Sismicità storica nella pianura padana

Studiare la pericolosità del territorio significa approfondire sia le caratteristiche del terreno, sia la storia della sismicità della città di Milano, che a sua volta implica approfondire lo studio di quella dell'intera area del Nord-Italia.

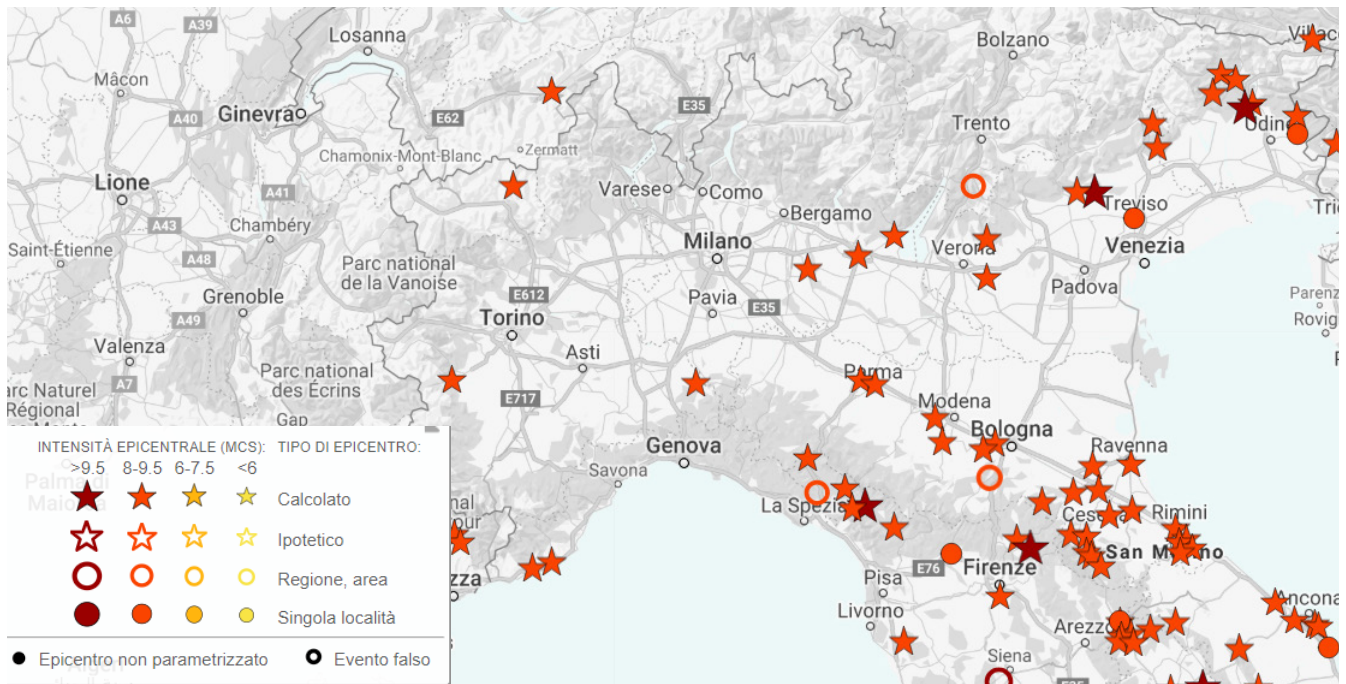
Riguardo quest'ultima, non mancano riferimenti storici su terremoti padani, a partire dal 1117 fino ai giorni nostri, e la loro indagine attenta, corredata dalle conoscenze sismotettoniche attuali, dovrebbe aiutare nella prevenzione dei rischi connessi al ripetersi di simili fenomeni. Lo studio e la parametrizzazione dei terremoti storici, confrontati con quelli più recenti, possono aiutare infatti nella valutazione della pericolosità di interi territori. Dal punto di vista della storia sismica la Pianura Padana è tra le aree meglio conosciute in Italia, per due ragioni: una ricca tradizione ottocentesca di studi sismologici descrittivi e le ricerche approfondite sulla sismicità di riferimento svolte negli anni '80 per le aree destinate a ospitare impianti nucleari (nel settore occidentale).

Questi studi hanno definito molto bene la pericolosità sismica sia dell'Appennino Settentrionale,

sia dell'area di pianura.

Milano non ha quindi problemi di scosse sismiche forti sul suo territorio, poiché si trova in un'area caratterizzata da sismicità medio-bassa, sia per energia che per frequenza degli eventi, ma può risentire di grandi eventi sismici che avvengono nelle aree più sismiche del Nord-Italia.

Infatti in passato ha risentito sia di eventi di bassa magnitudo, appena percepibili, sia di forti scosse avvenute in aree più o meno distanti, o solamente di riflesso, subendo le propagazioni delle onde sismiche di terremoti 'adiacenti' (come nel caso del forte terremoto del Friuli che, nel 1976, venne sensibilmente avvertito anche a Milano). Sono soprattutto questi ultimi ad aver sempre causato danni, anche particolarmente ingenti nel passato.



Sismi storici: localizzazione ed intensità, calcolata o ipotizzata (da Catalogo dei forti terremoti, dal 461 a.C. al 1997).

Eventi sismici storici: fonti e ricostruzioni

La metropoli lombarda, in tempi antichi, è stata vittima di almeno quattordici sismi, di cui siamo a conoscenza grazie ad alcune fonti storiche.

In particolare Pietro Verri (insigne storico e scrittore che visse nel XVIII secolo), nella “Storia di Milano”, sottolinea:

«Raccolsi parimenti 14 memorie di terremoti in Milano. Questi furono negli anni 801, 1117 ai 3 gennaio con parti del febbraio; 1185, 1222, 1276, 29 luglio; 1287, 11 aprile; 1295, 17 settembre; 1473, 7 maggio; 1576; 1642, 13 giugno; 1695, 25 febbraio; 1755, 9 dicembre; 1759, 26 maggio; 1786, 6 aprile».

Un altro illustre scrittore, Mario Baratta, raccolse le memorie di altri eventi sismici importanti ne “I terremoti d’Italia: Saggio di storia, geografia e bibliografia sismica”, coi relativi (a volte ingenti) danni: 1369, 26 novembre; 1473, 7 maggio; 1755, 9 dicembre; 1806, 12 febbraio; 1877, 21 febbraio. I “Cataloghi Parametrici dei Terremoti Italiani” dell’INGV segnalano anche altri eventi sismici, ma confermano molti di quelli raccolti dalle fonti, come quello del 1117 a Verona; del 1222 nel basso

bresciano; del 28 luglio 1276 (un giorno prima rispetto a quanto segnalato dal Verri), identificato presso ‘Milano Ovest’, con una magnitudo di 5.2; del 7 maggio 1473, con una magnitudo di 4.9; del 26 novembre 1369 (5.35), con ingenti danni, e del 1806 a Novellara, circa 160 km a sud-est di Milano (Emilia-Romagna), che venne sentito con forza nel capoluogo lombardo con un intensità del VI grado.

Nel circondario di Milano si segnalano inoltre i sismi con epicentro nei pressi di Monza del 976 (magnitudo 3.9) e mentre Pavia venne colpita da quello della fine dell’anno 836 (3.6).

Altri terremoti con magnitudo superiore a 4.0, secondo le ricostruzioni del CPT111, sono avvenuti nel 1228 e nel 1918, ma per trovare altri terremoti con una magnitudo superiore a 4.0 bisogna allontanarsi fino alle aree di Lodi e di Bergamo (Valle dell’Oglio ad inizio ‘800).

Nel Lodigiano ci sono stati terremoti di magnitudo Richter anche superiore a 5.0. In seguito al forte terremoto del 15 maggio 1951 nel lodigiano (terremoto di Caviga), a Milano ci fu un risentimento sismico stimato di VI grado nella scala MCS, quindi piuttosto forte. Si cita anche il terremoto del 12 maggio 1802 con $M_w > 5.5$, collocato ad ovest del lago di Garda, nel centro nord della pianura padana.

Più di recente, seppur con nessun grave danno, sono stati percepiti i terremoti del Friuli nel 1976 e dell'Emilia nel 2012.

Infine a Milano si percepiscono (anche se con minor intensità) i forti terremoti che avvengono in Garfagnana, in Liguria e nelle aree del Bellunese.

Si rileva così che Milano, ma soprattutto il suo circondario, sono da considerarsi zona sismica.

Eventi sismici rilevanti

Sisma del 3 gennaio 1117

Questo terremoto, il primo forte sisma padano di cui si ha notizia, venne percepito in tutta l'Italia settentrionale, con una magnitudo altissima, del 6.5.

Non è ancora chiaro quale possa essere l'origine sismotettonica di questo terremoto, anche se molti autori propendono sull'ipotesi di una sorgente costituita da una faglia inversa giacente sotto i sedimenti alluvionali padani, probabilmente posizionata tra il Lago di Garda e le città di Verona e Vicenza, area in cui molti collocano l'epicentro.

Studi e revisioni recenti confermano l'elevata intensità della Magnitudo associata a questo evento, certamente superiore a 6.5, valore che identifica il sisma come il più violento mai verificatosi nel nostro paese a Nord dell'Appennino.

Probabilmente si sviluppa una

lunga sequenza sismica, con più scosse nel giro di pochi giorni, le quali provocano vittime e distruzione in tutta l'area della Pianura Padana.

Le cronache dell'epoca e gli annuali riferiscono notizie frammentarie, occupandosi quasi esclusivamente degli edifici principali, spesso ecclesiastici, e quasi mai delle vite umane. Il bilancio, seppur parziale, basta però a comprendere la vastità del fenomeno. La città più colpita risulta Verona: crolla la cinta esterna dell'Arena, gravi danni si verificano in molti monasteri e chiese tra cui Santa Maria Antica ed il Duomo, decine di voragini si aprono nel terreno. L'intero spazio urbano viene sconvolto ed in gran parte non ricostruito, come testimoniato nell'odierna città scaligera, dovuto alla mancanza di elementi architettonici alto-medievali a vantaggio dei più recenti stili romanici. Verona, già teatro di un'erosione dell'Adige alla fine dell'anno precedente, subisce la devastazione più grande della sua storia. Nelle zone limitrofe, da Padova a Vicenza, da Venezia e la laguna ad Aquileia, si riscontrano forti danneggiamenti. Alcune testimonianze parlano anche di effetti lungo il corso del Po, dove si rompono gli argini ed allagano le campagne circostanti. Anche l'Emilia viene colpita.

Le grandi distruzioni verificatesi anche a Cremona (semidistruzioni)

to il Duomo) ed i crolli a Milano, Como, Pavia e perfino in Piemonte (Vercelli, Biella, Lago Maggiore), fanno ritenere possibile lo sviluppo di una sequenza sismica, probabilmente legato ad una migrazione degli epicentri verso Ovest.

Difficile, se non impossibile, il conto delle vittime che può soltanto essere stimato, valutando i danni. Le cifre parlano di almeno ventimila morti, forse trentamila. Questo terremoto rimarrà a lungo impresso nella memoria della popolazione e nel territorio, al punto che spesso sarà citato in diversi documenti notarili per decine di anni.

Sisma del 1222

La storia si ripete nel 1222, addirittura nel giorno di Natale, intorno a mezzogiorno, quando le chiese sono affollate di fedeli. Con epicentro nei pressi di Monte Netto, una scossa stimata di Magnitudo intorno a 6.0 provoca crolli e vittime a Brescia dove per diversi mesi gli abitanti sono costretti a vivere in tende e baracche di fortuna.

In città rimangono fortemente lesionati molti edifici tra cui la chiesa di S. Faustino ed il palazzo vescovile, ma dal Garda alla Franciacorta, tutta la provincia bresciana è sconvolta: anche il castello di Vallio rimane praticamente distrutto. Anche a Lazise e Marano crollano fortezze, si se-

gnalano danni a Lodi e Cremona. La scossa è chiaramente avvertita a Milano, Venezia, Bologna e Reggio Emilia, dove interrompe la predica di Natale del vescovo Nicola. Pur essendo un evento minore, ma non troppo, rispetto a quello del 1117, conferma comunque come la Pianura Padana possa essere soggetta a terremoti, anche di Magnitudo elevate.

Sisma del 1343

Le fonti storiche citano questo terremoto, ma la localizzazione è incerta. In base ai dati macrosismici, alcuni autori collocano l'epicentro in corrispondenza della città di Ferrara, mentre altri in corrispondenza della zona che ha interessato la sequenza sismica emiliana del 2012, e altri ancora nelle colline reggiane-modenesi. Tale evento, sebbene non sia stato opportunamente localizzato nel quadro sismologico regionale, evidenzia la pericolosità sismica dell'area emiliana.

Sisma del 1473

Questo terremoto è l'unico di cui si abbia notizia dettagliata relativamente ai disastri compiuti.

Le "Fonti per lo studio di terremoti in area padana nei secoli XI-XV" forniscono interpretazioni differenti: l'unica affidabile quasi coeva al fatto (i Diari di Cicco Simonetta, a capo della cancel-

leria sforzesca) racconta di pochi danni subiti dall'abitato cittadino. Nelle cronache successive gli effetti del terremoto vengono sempre più amplificati, fino ad arrivare a un cifra comunemente accettata di almeno duemila case distrutte e un numero non definito, ma ancora più alto, di vittime. Ne danno conferma il Morigia (1601, "Il terremoto fece gran danno e cascarono più di 2000 case"), il Benincasa (1653, "Forte terremoto, caddero duemila case") e il Ghilini (1666, "Fu sentito un grande terremoto per il quale più di duemila case andarono a terra con la morte di numero infinito di persone che in quelle abitavano"). Il testimone diretto dell'evento, il duca Galeazzo Maria Sforza, pochi giorni dopo il fatto, decise di inviare diverse lettere in Italia per capire se anche altrove il sisma fosse stato percepito e in che modo. Del movimento tellurico milanese il duca scrive che "durò pocho et non fece nocumento alchuno a li edificii". Si può però specificare che fosse nell'interesse del duca minimizzare qualsiasi danno alla città, per evitare di farsi vedere in qualche modo indebolito da una situazione di difficoltà.

Restano i fatti, quelli inoppugnabili, di una zona, quella del milanese, molto meno 'illibata' rispetto ai terremoti di quanto finora si sia sempre creduto, per quanto spesso minimizzati per ragioni di

sicurezza.

Sismi del 1501 e 1570

Il 5 giugno 1501 è Modena a subire una forte distruzione a causa di una violenta scossa, con epicentro localizzato nei pressi di Maranello. Si segnalano crolli e lesioni in molte chiese e nelle mura cittadine. Subisce forti lesioni anche la torre del palazzo comunale che, pericolante, qualche tempo dopo viene parzialmente abbattuta e da allora è nota come "torre mozza". Tra le località più colpite del circondario risultano Castelvetro, Maranello, Sassuolo e Montegibbio. Una cinquantina le vittime accertate.

Arriviamo quindi al 1570 quando il sisma colpisce ancora più ad Est, con una sequenza che dura diversi anni. Questo terremoto acquisisce particolare rilevanza alla luce di quanto accaduto nel maggio 2012 in Emilia, ed il suo studio è stato approfondito recentemente nell'articolo "Source Inversion of the 1570 Ferrara Earthquake and Definitive Diversion of the Po River (Italy)", di Sirovich e Pettenati.

Certamente fu un sisma importante, paragonabile per diversi aspetti (compresi origine, cinematica ed ipocentro) a quello emiliano del maggio 2012, sviluppatosi 30-40 km più ad Ovest. Di Magnitudo stimata intorno a 5.8, la scossa principale si verifica il 17 novembre 1570 e provoca diversi crolli nel centro di Ferrara dove

subiscono danni ingenti anche le possenti mura. Risultano colpiti, secondo testimonianze storiche, una cinquantina di siti e cittadine. Difficile conteggiare il numero esatto delle vittime, che si stima di alcune decine: un terzo degli abitanti di Ferrara, compresa la corte estense, è costretto ad abbandonare la città e vivere per diversi mesi in alloggi di fortuna. Come dimostrano questi tipi di eventi, la maggior parte dei terremoti più devastanti anche per Milano sono conseguenti a quelli avvenuti proprio nell'emiliano.

Cause della sismicità della pianura padana

Tutti questi eventi sono indissolubilmente legati alla sismotettonica regionale. La Pianura Padana è sismica perché nel sottosuolo esistono strutture tettoniche, alla scala regionale, in grado di generare dei terremoti, ossia un piano di subduzione formato dalla placca Adria a N-E che scorre al di sotto della Placca Europea a S-W, movimento che ha iniziato a svilupparsi sin dal Terziario, quando la collisione tra le due placche ha portato all'orogenezis appenninica in un ambiente paleogeografico dominato da un bacino marino, un vero e proprio oceano con tanto di dorsale, detto "Ligure-Piemontese". I movimenti tettonici, dovuti al progressivo scontro tra le plac-

che, hanno portato alla chiusura del bacino, al sollevamento dell'orogene appenninico settentrionale ed alla formazione di strutture tettoniche profonde.

Tale movimento, che è stato misurato essere dell'ordine del centimetro all'anno, genera un accumulo di energia nella Litosfera che si libera quando lo stress tettonico è superiore alla resistenza di rottura delle rocce, le quali si fratturano liberando energia sotto forma di terremoto, anche di grande intensità.

Grazie ai profili sismici della zona, molti dei quali realizzati dall'AGIP, si evince che l'area di subduzione, ovvero la superficie inclinata per cui una placca scorre al di sotto dell'altra, detta "piano di Benioff", in questo caso si immerge di circa 70° in direzione sud-ovest, nel margine compreso tra Reggio Emilia e la valle del Reno. Una caratteristica essenziale del "piano di Benioff" è di essere sede privilegiata di terremoti.

L'Appennino dunque scorre verso nord al di sotto dei sedimenti alluvionali della Pianura Padana, ma questo scorrimento non è limitato alla sola pianura: esistono comunque altre aree a rischio sismico elevato in corrispondenza di altre megastrutture importanti rappresentate dai margini di placca.

Nell'area emiliana, inoltre, sotto le potentissime coperture sedimentarie quaternarie padane e adria-

tiche, è presente il margine sepolto dell'Appennino, il cui fronte di sovrascorrimento è detto thrust, caratterizzato da una serie di strutture tettoniche particolari, attive, che prendono il nome di pieghe, differenziandosi per la posizione geografica e per il territorio sotto il quale si sviluppano. Nell'analisi sismotettonica e nella valutazione della potenzialità sismica, riveste dunque grande importanza il quadro dettagliato dei lineamenti tettonici riconosciuti nel sottosuolo della Pianura Padana, in particolare nella sua area centro-orientale. Gli epicentri di gran parte dei terremoti storici avvenuti nella regione sono infatti collocati in piena pianura, tra Reggio Emilia e Rimini: è dunque plausibile che tali eventi tellurici siano causati dall'attivazione di queste strutture tettoniche sepolte al di sotto dei depositi di pianura.

In relazione al sisma del 1570, ed a quello del 2012, la chiave è rappresentata dalle cosiddette "pieghe ferraresi". In questa zona la tettonica compressiva ha determinato una serie di alti strutturali, associati a pieghe antiformi (ovvero con la convessità rivolta verso l'alto) controllate da sottostanti sovrascorrimenti, tra cui il più interessante pare il cosiddetto "alto di Mirandola". L'attività recente di tali strutture, già ipotizzata sulla base della sismicità storica e di indagini geo-

morfologiche, è stata confermata dall'intensa crisi sismica del maggio-giugno 2012. L'analisi dei dati sismologici, geodetici ed interferometrici suggerisce che la scossa del 20 maggio 2012 (Mw 5.8 ed ipocentro a circa 6 km di profondità) sia associata ad una faglia inversa del sistema ferrarese più esterno denominata "faglia media di Ferrara", mentre l'evento del 29 maggio 2012 (Mw 5.6 ed ipocentro a circa 10 km) sia invece correlabile con l'anticlinale di Mirandola ("faglia di Mirandola"). Il movimento di queste faglie all'atto del sisma ha causato un sollevamento del terreno di circa 11 cm nell'area epicentrale.

E' interessante notare che per i suddetti terremoti non sono state riscontrate evidenti tracce in superficie delle fratture sismiche. Ciò concorda con l'analisi per cui le faglie inverse sepolte (o blind thrust), capaci di generare terremoti distruttivi ma con Magnitudo inferiore a 6.0 (proprio come accaduto nel 2012), spesso non raggiungono la superficie terrestre. Si tratta di fratture sismogenetiche particolarmente insidiose e difficilmente riconoscibili, sia col rilevamento geologico-strutturale, che con le analisi geomorfologiche, perché in zone di pianura producono spesso solo deboli anomalie della topografia o del reticolo idrografico.

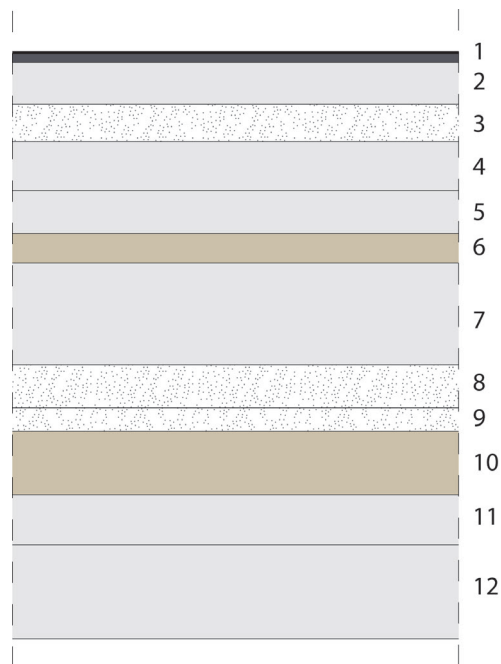
Al contrario, il sisma del 1570 produce invece gravi ripercussio-

ni in superficie. A seguito del suo movimento, e al conseguente sollevamento.

Geologia, terreno e sondaggi

Un altro argomento da tenere in considerazione è il terreno stesso. Da alcuni sondaggi fatti (provenienti dal sito della Regione Lombardia) risulta evidente la presenza di sabbia fino a profondità notevoli.

Data l'assenza di uno studio sulla nostra area, non è possibile esprimersi in modo certo, ma sicuramente vi è una discreta possibilità che determinate caratteristiche geologiche si presentino nuovamente. Tutto questo è da considerarsi ancora più probabile alla luce di alcuni scritti che descrivono i resti romani del Palazzo presenti nell'area. Durante gli studi è stato scoperto infatti che tale costruzione poggiava su un terreno precedentemente costipato attraverso pali di legno. Tale ritrovamento non caratterizza però tutto il sito, indizio del fatto che il terreno può essere diverso anche a distanze ridotte.

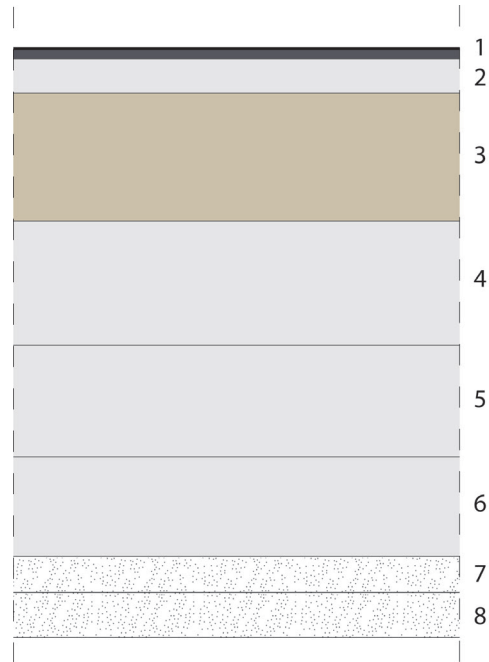


Stratigrafia terreno - Sant'Ambrogio

- 1- Da 0m a 0,1m - spessore 0,1m
Asfalto e calcestruzzo
- 2- Da 0,1m a 1,5m - spessore 1,4m
Sabbia localmente debolmente
limosa marro-
ne
- 3- Da 1,5m a 2,8m - spessore 1,3m
Sabbia medio fine debolmente
limosa marrone
bruna
- 4- Da 2,8m a 4,5m - spessore 1,7m
Ghiaia eterometrica e rari ciottoli
(diam. max 10cm) in abbondante
matrice sabbiosa debol-
mente limosa grigio bruno nocciola
- 5- Da 4,5m a 6m - spessore 1,5m
Ghiaia eterometrica in matrice
sabbiosa debol-
mente limosa grigio bruna
- 6- Da 6m a 7m - spessore 1m
Sabbia localmente debolmente
limosa grigio
bruna
con ghiaia medio fine
- 7- Da 7m a 10,5m - spessore 3,5m
Ghiaia eterometrica e rari ciottoli
(diam. max 8cm)
in matrice sabbiosa debolmente limosa
da
grigio bruna a
grigio nocciola
- 8- Da 10,5m a 12m - spessore 1,5m
Sabbia medio fine debolmente
limosa bruna
inglobante rara ghiaia (diam. max 3cm)
- 9- Da 12m a 12,8m - spessore 0,8m
Sabbia medio fine debolmente
limosa bruna
inglobante ghiaia eterometrica
- 10- Da 12,8m a 15m - spessore 2,2m
Sabbia limosa bruno verdastra
inglobante ghiaia
eterometrica
- 11- Da 15m a 16,7m - spessore 1,7m
Ghiaia eterometrica e rari ciottoli
(diam. max 9cm)
in abbondante matrice sabbiosa localmente
debolmente limosa
bruno verdastra
- 12- Da 16,7m a 20m - spessore 3,3m
Ghiaia eterometrica e rari ciottoli
(diam. max 9cm)
in abbondante matrice sabbiosa debolmen-
te limosa da bruno
nocciola a bruno grigia

Stratigrafia terreno - Cairolì

- 1- Da 0m a 0,5m - spessore 0,5m
Asfalto e sabbia grigia con
pietrisco
- 2- Da 0,5m a 2m - spessore 1,5m
Resti lateritici in matrice sabbiosa
debolmente limosa
marrone
- 3- Da 2m a 7,6m - spessore 5,6m
Sabbia limosa marrone con resti
lateritici e ghiaia
- 4- Da 7,6m a 13,1m - spessore 5,5m
Ghiaia e ghiaietto poligenici in
matrice sabbiosa grigia
- 5- Da 13,1m a 18m - spessore 4,9m
Ghiaia, ghiaietto e ciottoli (diam.
max 8cm) in
matrice sabbiosa localmente debolmente
limosa grigia
- 6- Da 18m a 22,4m - spessore 4,4m
Ghiaia, ghiaietto e ciottoli (diam.
max 10cm) in
abbondante matrice sabbiosa debolmente
limo- sa da grigio
verdastra a bruno grigia
- 7- Da 22,4m a 24m - spessore 1,6m
Sabbia medio fine debolmente
limosa bruna e bruno
grigia localmente inglobante rarissima
ghiaia (diam. max 2cm)
- 8- Da 24m a 26m - spessore 2m
Sabbia medio fine debolmente
limosa bruna e bruno
grigia localmente inglobante rarissima
ghiaia eterometrica



Pericolosità

Con la D. G. R. 11 Luglio 2014, n. X/2129, è stato pubblicato l'aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni della Regione Lombardia.

La delibera, che avrebbe dovuto entrare in vigore il 14 Ottobre 2014, contiene la nuova classificazione sismica e la nuova cartografia. Dispone anche che i Comuni riclassificati aggiornino la componente sismica degli studi geologici di supporto agli strumenti urbanistici.

Milano non è una città soggetta ad elevata pericolosità sismica. Il territorio del comune di Milano ricade in Zona 3 nella Classificazione Sismica dell'Italia, cioè con pericolosità sismica bassa.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (ag) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Il valore considerato, e che farà poi parte dell'involuppo per il calcolo del rischio, è di tipo unitario sull'intera area: non è infatti stato possibile ritrovare una mappatura di amplificazione sismica locale dettata dalla va-

riazione della composizione del terreno. Anche ricercando tra le indagini geognostiche, come si è detto non vi sono studi specifici sull'area in esame e si è perciò fatto riferimento ad analisi realizzate su altre zone di Milano.

Per quanto sia possibile che la composizione del terreno resti generalmente invariata, in realtà è forse più probabile confrontarsi con un terreno che tende a diversificarsi, e quindi a rispondere in maniera differente, anche a breve distanza (come forse testimoniano i pali, adoperati per costipare i terreni nel periodo romano e ritrovati non sotto le fondazioni del palazzo imperiale ma solo in alcune aree, forse le più bisognose).



Zona sismica 3

Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.

$$A_{GMAX} = 0,054655 \text{ g}$$

Accelerazione massima presente all'interno del territorio comunale.

Valore esposto

Morfologia ed elementi notevoli

Come accennato in precedenza, la zona oggetto di questo studio rappresenta una porzione del centro storico di Milano e si trova a cavallo tra due quartieri: quello di Magenta e quello delle Cinque Vie. Solamente facendo riferimento alla pianta della città ai tempi degli antichi romani, risulta evidente che le due zone sono figlie di processi, pensieri e momenti molto distanti tra loro. Se il quartiere delle Cinque Vie, al tempo di Milano capitale dell'Impero, e anche in precedenza, era già interno alle mura; Magenta (intesa come area e non come via) risulta successiva, come testimoniato anche dall'andamento del tessuto urbano, dalla rete viaria e dalle loro caratteristiche. Se nel primo caso la città non sembra seguire un andamento ed una regola precisi, per quanto riguarda Magenta si riscontra un rigore maggiore e anche dimensioni più elevate per il sistema viario. Le Cinque Vie rappresenta un particolare crocevia nel cuore della città, che da tempo immemore vede convergere in un sol punto cinque strade (Via Santa Maria, Via Santa Maria Podone, Via Santa Maria Fulcorina, Via Bocchetto, Via del Bollo). Quest'area nasce come una culla per l'artigianato locale, peculiarità che fu messa alla

prova durante la seconda guerra mondiale ma che sta riprendendo piede negli ultimi anni. Oltre a ciò vede sparsi nel tessuto urbano luoghi fondamentali per l'arte, l'architettura e la storia milanese. Per quanto riguarda la zona di Magenta, si tratta di un quartiere relativamente giovane, che prese vita tra la fine del 1800 e gli inizi del 1900 su una maglia ortogonale ancora oggi ben visibile. Fu il Piano Beruto che lo destinò a residenze per l'alta borghesia (si dimostrano comunque edifici di discrete dimensioni), carattere mantenuto nel tempo seppur in forma minore, a causa della diffusione sempre maggiore di uffici e attività nella zona.

Sembra chiaro che questa porzione di città si presenti complessa e carica di significato. Lo dimostra ancora di più la ricchezza di poli all'interno di questo tessuto, come: il Castello Sforzesco con il Parco Sempione, Sant' Ambrogio, San Maurizio e il Monastero Maggiore. Facendo riferimento ad una storia ancora più antica troviamo i resti del Palazzo Imperiale romano e del circo (che corre sotto a diversi isolati della città). Possiamo nominare anche la stazione di Cadorna con la Triennale e l'Università Cattolica, ma sono solo alcuni dei landmarks che costellano l'area.



Legenda

- Elementi strategici
- Beni culturali
- Parchi e giardini
- Terziario e servizi
- Commerciale e terziario
- Residenziale
- Residenziale misto:
 - Residenziale e terziario
 - Residenziale e servizi
 - Residenziale e commerciale

ELEMENTI STRATEGICI

- a - Caserma Garibaldi
- b - Vigili del Fuoco
- c - Consolato della Danimarca

ELEMENTI SENSIBILI

- d - Università Cattolica del Sacro Cuore
- e - Istituto Tecnico Industriale Carlo Bazzi
- f - Liceo classico statale Tito Livio
- g - Scuola Media Beltrami
- h - Scuola Primaria E. De Marchi

BENI CULTURALI

- 1 - Civico Museo Archeologico (1959-1969) e chiostro del Monastero Maggiore
- 2 - Chiesa di San Maurizio (1518)
- 3 - Nuova sede del Civico Museo Archeologico (2011)
- 4 - Torre poligonale (fine III secolo)
- 5 - Torre quadrangolare (fine III secolo, campanile della chiesa di San Maurizio)
- 6 - Casa Corio (metà XIV secolo)
- 7 - Resti archeologici del Palazzo Imperiale (inizio IV secolo)
- 8 - Torre Gorani (XI secolo)
- 9 - Chiesa di Santa Maria alla Porta (metà del XVII secolo)
- 10 - Linificio e Canapificio Nazionale, P. Portaluppi (1919-1938)
- 11 - Sede per la Società Filatura Cascami Seta, P. Portaluppi (1920-1924)
- 12 - Palazzo Cornaggia (XIII secolo)
- 13 - Palazzo Moriggi (XIV secolo)
- 14 - Palazzo Borromeo (fine XIII secolo)
- 15 - Chiesa di Santa Maria Podone (X secolo)
- 16 - Casa Radice Fossati (XVII secolo)
- 17 - Chiostro delle Umiliate (fine XV secolo)

Destinazione d'uso e valore esposto

Uno dei parametri considerati nella valutazione del rischio sismico dell'area è stato il suo valore esposto, strettamente correlato alla destinazione d'uso degli edifici.

L'area in analisi ha difatti non solo una spiccata funzione residenziale (soprattutto mista), ma anche innumerevoli attività terziarie (si consideri, per esempio, la presenza di molti uffici e l'area della Borsa limitrofa) e beni culturali, oltre che elementi strategici e sensibili.

Tutto ciò concorre a determinare un alto valore esposto, come d'altronde ci si aspettava in una città metropolitana come Milano, ed in generale il Nord-Italia: è proprio questo parametro ad aumentare la valutazione del rischio (assieme alla vulnerabilità), più che la pericolosità.

Il valore esposto di ogni edificio è stato determinato attribuendo alle diverse destinazioni d'uso rappresentate un valore all'interno di un range da 1 a 4 (vedasi tabella).

Successivamente sono state elaborate altre due mappature del valore esposto, alla cui base vi sono riflessioni circa l'affollamento che incide sull'area in due diversi momenti della giornata, considerando quindi l'influenza della dinamicità della città e la

conseguente variazione dei range di riferimento attribuiti.

Affollamento

Il ragionamento sotteso alla determinazione del valore esposto finale da' peso alla presenza o meno di affollamento all'interno dell'edificio: si è deciso per questo di studiare la giornata tipo dividendola in due fasi, diurna e notturna (08:00-24:00/24:00-08:00).

Così facendo, il valore esposto dovuto al tipo di costruzione è stato rivalutato nelle due diverse fasi, considerando per la fase notturna una maggior presenza di persone negli edifici di tipo residenziale, mentre per la fase diurna sono invece il terziario ed i servizi a popolarsi e, tenendo in conto l'aspetto turistico, anche i poli culturali sono stati consideranti con incremento di valore proprio a motivo della loro importanza.

Si è scelto di tenere in conto il valore rappresentato dalla presenza di persone di modo da apportare incrementi laddove si è ipotizzato un incisivo affollamento, ma anche decrementi di valore, per quegli edifici che, in quella determinata fase del giorno, risultassero minormente affollati (vedasi tabella a pag. 31).

Ciò nel tentativo di rendere più realistico il quadro della situazione rappresentata, valutando l'incidenza di un parametro importante e variabile come l'affollamento



Legenda Valore Esposto

- Molto alto
- Alto
- Medio
- Basso



Legenda Valore Esposto - Giorno

- Molto alto
- Alto
- Medio
- Basso



Legenda Valore Esposto - Notte

- Molto alto
- Alto
- Medio
- Basso

di una città come Milano.

In un secondo momento, questa decisione rappresentativa concorrerà a determinare due scenari di rischio, da mettere a confronto.

In ultima analisi emerge che, nella fase diurna, sono tendenzialmente gli edifici di tipo terziario ad avere un alto valore esposto, in virtù della presenza - per esempio - dei numerosi lavoratori, ma anche dei clienti degli esercizi commerciali, o turisti.

Molto esposte sono quindi non solo le numerose vite umane, ma anche le attività socio-economiche, considerando soprattutto la possibilità di perdite in caso di interruzione dell'attività durante un'emergenza.

Nella fase notturna, pur essendo beni culturali ed attività terziarie valutate in modo elevato, sono invece le numerose residenze (considerando anche il fatto che l'area ha una spiccata presenza di edifici a destinazione mista) ad essere maggiormente valutate, specialmente considerando l'incoscienza della popolazione in quel momento della giornata, e dunque una scarsa prontezza in caso di emergenza.

Un caso particolare sono invece gli elementi strategici e sensibili, il cui valore esposto è valutato al massimo in entrambe le situazioni, fatto salvo i complessi per l'istruzione ed il Consolato della Danimarca, per cui incide il ragio-

namento sull'affollamento.

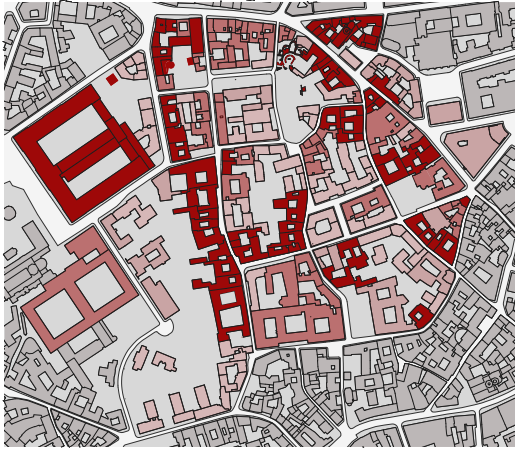
Vulnerabilità

La vulnerabilità rappresenta una delle tre componenti del rischio. In generale può essere vista come la propensione a subire danneggiamenti, ecco perchè la si trova espressa come danno atteso (o anche come riduzione del valore di un bene). Se si parla di vulnerabilità in ambito di costruzioni, questa è influenzata anche da altri fattori: caratteristiche tipologiche e costruttive, materiali, degrado ecc. Non è sempre facile ottenere tutte le informazioni sugli edifici presi in esame, soprattutto se quella che si porta avanti è un'analisi che non va a studiare il singolo immobile ma un isolato o una porzione di una città. Oltre tutto, la combinazione di tutti questi elementi rende difficile la definizione di giudizi quantitativi (e non solo qualitativo-descrittivi). Tutto lo studio sulla vulnerabilità risulta ancora più complesso se, come nel nostro caso, ci troviamo in un contesto con un tessuto consolidato che presenta edifici per la maggior parte non di recente costruzione. Per quest'ultimi, le buone pratiche di costruzione sono garantite dalla normativa per l'edificazione in zona sismica. Invece, per stabili più datati sono da prevedersi interventi di manutenzione straordinaria che provvedano



Legenda della vetustà degli edifici

- /-1814
- 1814-1855
- 1855-1901
- 1901-1950
- 1950-oggi



Legenda della vulnerabilità (data dalla sola vetustà degli edifici)

- Molto alto
- Alto
- Medio
- Basso

a mantenere sicure le strutture. L'obiettivo è quello di limitare la danneggiabilità degli edifici.

Detto ciò, calandoci nel caso della nostra ricerca, si è dimostrato difficile portare avanti una valutazione degli edifici che fanno parte dell'area scelta senza poterli ispezionare e non avendo informazioni tecniche costruttive su di essi. Viste le limitazioni del caso si è pensato di suddividere lo studio sulla vulnerabilità in più analisi: sulla vetustà degli edifici, sul loro degrado e sulle geometrie. Partendo dal presupposto che periodi storici diversi presentano modi di costruire diversi, basati su normative e restrizioni più o meno stringenti in materia sismica, si è pensato di utilizzare la vetustà come mezzo per avvicinarsi ad uno studio sulle strutture e la loro affidabilità. Successivamente è stato approfondito il degrado. Sebbene solo dal punto delle superfici esterne, si è cercato di avere un'idea generale sulla situazione dell'edificio, andando ad indagare fessurazioni, dissesti e forme di degrado che potessero riflettere condizioni strutturali particolarmente negative. Come ultimo punto si sono osservate le geometrie delle piante e gli alzati, alla ricerca di eventuali sviluppi plano-altimetrici svantaggiosi (piante che si presentano ad esempio come C e T, edifici con blocchi con altezze differenti ecc). Terminata l'analisi

si sono sommati i contributi dei tre fattori, ottenendo un quadro generale sulla vulnerabilità degli edifici dell'area (più relativa che assoluta).

Considerando la vetustà: sono stati scelti cinque intervalli temporali differenti, dettati anche dalla presenza di cartografia su cui basare tale studio (vedi allegati). Si sono dunque suddivisi gli edifici in tal modo: fino al 1814 (carta degli Astronomi di Brera), 1814-1855 (Catasto Lombardo-Veneto), 1855-1901 (Cessato Catasto), 1901-1950 (Carta IGM), 1950-oggi.

Come si vede dalla carta ottenuta, l'area risulta eterogenea da questo punto di vista. Si accostano edifici che possono avere anche secoli di differenza, dunque caratterizzati da materiali e tecniche costruttive opposti. Tali rapporti sono delicati e prevedono una progettazione attenta, che a volte non ha luogo. I giunti tra le costruzioni risultano particolarmente spinosi, dal momento che vedono contrapporsi reazioni diverse alle sollecitazioni, movimenti e anche dissesti diversi. Da questa prima mappatura si è passati ad una seconda più dal carattere quantitativo. Si è riportato infatti il tutto in quattro classi di vulnerabilità, da 1 a 4, seguendo un grado di vulnerabilità crescente. La classe 3 ha visto l'unificazione di due soglie: 1814-1855 e 1855-1901.



Legenda degrado

- Assenza di degrado visibile
- Presenza irrisoria di degrado superficiale
- Presenza di degrado superficiale
- Presenza consistente di degrado superficiale



Legenda geometrie degli edifici

- Assenza di geometrie svantaggiose
- Presenza di geom. svantaggiose ma in cortina edilizia
- Presenza di geom. svantaggiose
- Presenza di geom. svantaggiose e altezze differenti
- Edifici "snelli"
- Giunti tra edifici facenti parte le soglie opposte

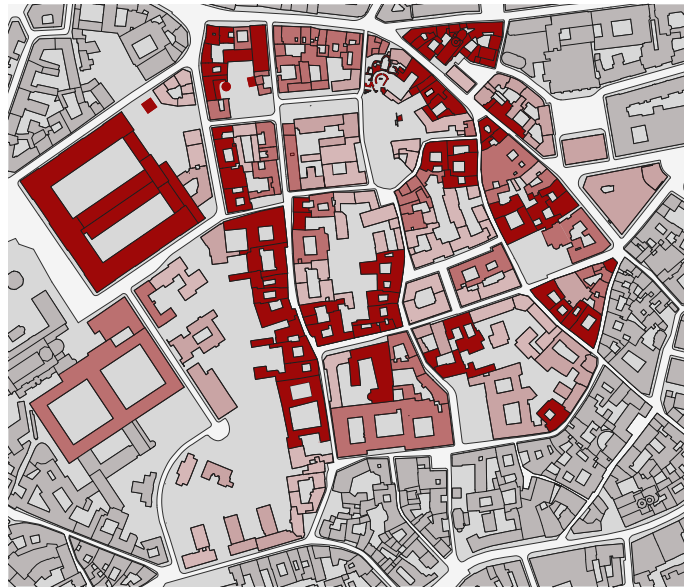
Nelle classi di minor vulnerabilità rientrano soprattutto gli edifici successivi ad una data ritenuta significativa, ovvero il 1971. Questa scelta è stata fatta alla luce di uno studio della normativa: il 5 Novembre di quell'anno veniva infatti emanata una legge atta a disciplinare le opere in cemento armato, sia normale che precompresso, e a struttura metallica. Ciò ci ha portato a pensare che in quegli anni si stesse diffondendo una consapevolezza maggiore in ambito costruttivo che possa aver portato un modo di costruire più pensato e volto a problematiche come quella sismica.

Con l'analisi sul degrado si è osservato che l'area e i suoi edifici si presentano in buone condizioni. Sono stati documentati casi di degrado delle superfici murarie (come distacco dell'intonaco, macchie di umidità non di grande entità ecc.), ma solo pochi di essi notevoli. In questi casi sono stati osservati: erosione profonda dei giunti di malta, assenza di intonaco, erosione generale e diffusa e umidità. Da questo non si è escluso che tali degradi possano aver intaccato le strutture o abbiano comunque influito sul loro comportamento. Dal momento che tali edifici sono già risultati in fascia quattro di vulnerabilità, non si è reso possibile aumentarne il valore in tal senso, ma il tutto è stato tenuto in considerazione nelle valutazioni finali.

Come ultima parte ci si è soffermati sulle geometrie. Sono stati definiti più casi: edifici che presentano planimetrie non favorevoli in caso di sisma (a livello di risposta alle sollecitazioni), casi come i precedenti ma inseriti all'interno di una fitta cortina edilizia, strutture come sopra detto ma che presentano anche blocchi con altezze differenti, e infine gli elementi "snelli", o meglio elementi che presentano un preponderante sviluppo in altezza in relazione alle altre due dimensioni. Eccetto che per la seconda situazione, tali elementi del tessuto urbano sono stati declassati, per così dire, ad una fascia di vulnerabilità peggiore. Questa classificazione dunque ha portato ad ottenere la carta della vulnerabilità finale, utilizzata poi per ottenere il rischio, in combinazione con pericolosità e valore esposto.

Fattori da tenere bene a mente nel momento in cui si va ad operare a livello di vulnerabilità in quest'area sono i resti romani facenti parte le strutture edilizie e la morfologia del tessuto urbano (non sono stati considerati nelle carte appena riportate vista l'incertezza delle informazioni e la grande difficoltà che si presenterebbe cercando di tabellarli).

La zona di riferimento, come spiegato nei paragrafi precedenti, si presenta infatti ricca di elementi e carica di storia. Tutto ciò porta con sé una serie di difficoltà



Legenda della vulnerabilità

- Molto alto
- Alto
- Medio
- Basso

e problematiche, soprattutto a livelli di sottosuolo. Nell'area sono presenti resti archeologici facenti parte il Palazzo Imperiale di epoca romana e il circo della città, una percentuale dei quali è inglobata nelle fondazioni degli edifici odierni. Ciò, oltre a rappresentare una ricchezza da preservare, può diventare anche un ostacolo: si possono innescare meccanismi particolari vista l'eterogeneità dei materiali e dei metodi costruttivi, che potrebbero portare al danneggiamento degli edifici e dei resti stessi.

Infine, nella valutazione della vulnerabilità è stata considerata anche la morfologia dell'area.

Nel quartiere sussistono infatti ancora le forme e i caratteri antichi: vie strette e a volte tortuose, edifici sul fronte strada con corti interne (alti 4-5 piani in media) e soprattutto architetture che si sono mantenute nel tempo. Questo a livello di vulnerabilità si pone come un punto a sfavore, basti pensare l'esodo e i flussi di persone che al momento del fenomeno sismico potrebbero occludere tali zone, oppure alle difficoltà che si andrebbero a riscontrare in caso di crolli.

Le tematiche appena riportate non possono essere tenute in secondo piano durante l'analisi del rischio sismico solamente perché non tabellabili, anzi devono diventare dei punti di partenza per lo sviluppo di nuove idee, al fine

del miglioramento degli edifici e del tessuto urbano in generale.

MATRICE DI DEFINIZIONE DEL PRODOTTO DI VALORE ESPOSTO E DI VULNERABILITÀ.

V A L O R E E S P O S T O	4	4	8	12	16
	3	3	6	9	12
	2	2	4	6	8
	1	1	2	3	4
		1	2	3	4
		VULNERABILITÀ			

■ Molto alto
■ Alto
■ Medio
■ Basso

Rischio

Il ragionamento compiuto sulla definizione del valore esposto in relazione alla variabile dell'affollamento, e quindi la doppia lettura in funzione della situazione possibile (notturna e diurna), ha portato al delineamento di due diverse carte di rischio sismico risultanti dall'inviluppo di vulnerabilità, valore esposto e pericolosità (quest'ultima, come detto, considerata unitaria: inserita nella valutazione ha ridotto di un punto il valore riscontrato per ogni edificio e risultante dal prodotto di valore esposto e vulnerabilità).

Delle due carte in seguito si farà riferimento sempre alla condizione peggiore che, dalle analisi compiute, parrebbe essere la situazione facente riferimento alla fascia oraria notturna. Certo è da considerarsi in tal senso la spiccata presenza residenziale all'interno del tessuto urbano studiato che, pur trovandosi non una zona centrale di Milano, un pò va distaccandosi dall'idea turistica che si ha della metropoli per mostrare con un clima ben più familiare ed intimo. Da ciò quindi potrebbe trarsi il motivo di un più alto livello di rischio della fascia oraria notturna (ovvero quella in cui si presenta la massima occupazione degli edifici residenziali ed un sostanziale svuotamento di tutte quelle che sono le attività

terziarie e dei servizi della zona). Ovviamente, facendo riferimento ad un valore di pericolosità basso, il rischio in termini assoluti di conseguenza è stato fortemente abbattuto; ma il genericamente alto valore esposto analizzato, così pure come la sensibile vulnerabilità, fanno automaticamente scattare un allarme di necessaria consapevolezza di rischio: non tanto quindi per la possibilità che il fenomeno possa avvenire (che, come si è detto, è decisamente bassa), quanto più per il fatto che, se avvenisse (e non vi è mai assoluta certezza del contrario!) il valore a repentaglio sarebbe talmente alto che, qualora non vi fosse conoscenza e coscienza di ciò, potrebbero davvero verificarsi danni ingenti.

Data la morfologia dell'area, tra i principali disagi che potrebbero verificarsi c'è l'occlusione dei passaggi stradali: molti dei tracciati della zona sono dei sensi unici di marcia caratterizzati dalle strette dimensioni (figlie di un'origine antica) e costeggiate da edifici che arrivano all'altezza di quattro/cinque piani; ciò implica che, seppur magari senza rilevanti danni per le strutture, al meglio senza incidenti che coinvolgano vite umane, comunque il quartiere potrebbe risentire nella sua quotidianità di un simil accadimento che potrebbe stravolgere la normalità di flussi presente. Per inesperienza sul tema, no-

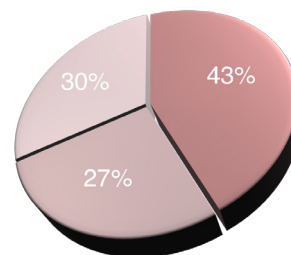
nostante ad oggi, con l'ordine degli ingegneri in prima linea, si stia lavorando per diffondere sul territorio comunale il CIS per gli edifici con più di 50 anni (ed è certo il caso di tenere presente la vetustà degli edifici nell'area di studio), trovandosi nel cuore della storia della città è possibile che a seguito di un fenomeno possano verificarsi danni, non tali da causare effettivi crolli, né, si spera, incidenti che mettano a rischio l'uomo, ma magari da limitare l'agibilità di edifici, bloccare le attività coinvolte o anche portare danno a prodotti e servizi (si tratterebbe quindi di un danno prettamente economico, ma comunque da non escludere).

C'è da tenere in forte considerazione la possibilità che si verifichino problematiche di tipo "secondario", come la perdita della luce, la rottura di tubi di gas o danni alle fognature: tutte questioni non eccessivamente drammatiche ma che, se non preparati all'eventualità, potrebbero causare grandi disagi.

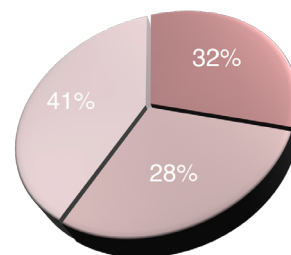
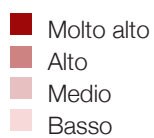
Da ultimo la questione più importante: l'aspetto sociale. Ci si trova difatti in un contesto che non ha alle spalle una tradizione o una cultura specifica su eventi del genere. La popolazione, si può dire, risulta essere per la maggior parte ignara del pericolo o, più correttamente, del rischio nel quale vive il suo quotidiano. Il disagio più grande potrebbe allo-

ra essere causato da una totale incapacità organizzativa dettata dall'ignoranza e dall'inconsapevolezza ad oggi vigenti.

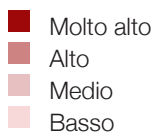
Da ciò non deve scaturire alcun tipo di allarmismo; non si vuole con questo studio dichiarare che ci si trova in una zona a forte rischio sismico, ma si mette in evidenza che l'ingenuità può causare più danni di quanti non sia lecito subirne a partire da questi dati di pericolosità.



Legenda del rischio - Notte



Legenda del rischio - Giorno



Come possiamo agire oggi?

Delineare gli scenari di rischio sismico è stata l'operazione imprescindibile dal quale poi trarre riflessioni in merito alle tematiche sulle quale poi realmente intervenire per prevenire la possibilità di essere colti alla sprovvista da uno degli eventi naturali più calamitosi, specialmente in un contesto dove non ci si aspetta di esserne vittima.

Il rischio stesso, per definizione, non può essere annullato, ma al più limitato: sebbene quindi la pericolosità sia bassa, l'elevata incidenza del valore esposto e della vulnerabilità ci portano a proporre una serie di interventi volti a limitare i possibili danni che ci si potrebbe aspettare in caso di sisma. Perché pur essendo bassa, questa possibilità c'è: non si tratta di allarmismo, ma presa di consapevolezza circa questa probabilità.

Si vuole in questo senso portare un esempio che abbiamo ritenuto significativo, e per il quale abbiamo trovato analogie con il caso milanese.

Con il sisma che ha visto come epicentro i territori dell'Emilia Romagna, nel maggio 2012, sono stati interessati anche altri territori limitrofi come la Lombardia e il Veneto. Proprio in quest'ultima regione e più precisamente nell'Alto Polesine di Rovigo, si sono verificati una serie impor-

tati di danni che hanno portato la comunità a comprendere che il mondo piccolo mondo non è segnato solamente da rischio idrogeologico, cosa che invece si presentava come una certezza nella mente della gente fino a pochi anni fa. I problemi principali non sono stati quelli della ricostruzione, anche se impegnativi, ma quelli relativi al cambio di mentalità, resosi necessario dopo l'avvento di un fenomeno che ha colto tutti di sorpresa (si ricorda che la provincia si trova per gran parte in zona 4 di rischio sismico).

Eventi del genere possono togliere fiducia nel proprio territorio e portare confusione laddove non è presente una preparazione adeguata.

Da qui, riportando la casistica dello scenario che anche per Milano sembrerebbe rarissimo, si vuole dimostrare che non è così, e bisogna prendere invece consapevolezza che la sfida che tutti noi dovremo saper cogliere nei prossimi anni sarà quella della prevenzione, garantendo il dovuto grado di sicurezza e tranquillità a tutti i cittadini. Ciò per noi significa agire tendenzialmente diminuendo la vulnerabilità degli edifici nuovi ed esistenti, per tutelare il nostro patrimonio artistico e culturale e la popolazione, ben sapendo che il contrario potrebbe comportare, come nel caso dell'Alto Polesine, ingenti danni

agli edifici pubblici e privati, produttivi e beni culturali, portando lavori di ripristino onerosi.

Quindi constatare quanto rilevazioni pluridecennali che classificavano il nostro quale territorio a basso o bassissimo rischio sismico possano in pochi secondi essere sovvertite da un fenomeno al di fuori del nostro controllo, ci permette di focalizzare una serie di aspetti dai quali trarre spunto per limitare al minimo l'impatto di eventuali analoghi fenomeni.

Per raggiungere questo fine, l'unica strada percorribile per limitare i danni è perseguire un programma di prevenzione che porti a nuove costruzioni e adeguamenti/miglioramenti in grado di resistere ai sismi, sia per questioni etiche e di sicurezza, sia come investimento economico con impegni finanziari notevolmente minori di quelli che andrebbero supportati dopo i terremoti.

La pianificazione di un questo massiccio investimento in termini di sicurezza e prevenzioni per contenere possibili danni, consisterà in interventi antisismici soprattutto di recupero per edifici strategici, o sensibili come i complessi per l'istruzione, procedendo nel mentre al consolidamento di altre strutture, secondo criteri prudenziali che prevedano da subito criteri antisismici superiori a quanto sino ad oggi necessario. Ciò concorre a garantire uno sviluppo in sicurezza, per la quale

va orientata l'azione quotidiana di cittadini e amministratori. Deve essere congiuntamente avviata una battaglia di crescita culturale, e quindi civiltà, che ponga in evidenza tematiche quali il rispetto dell'ambiente, la tutela del territorio e lo sviluppo sostenibile.

Questo in parallelo con la necessità di formare tecnici qualificati in grado di fronteggiare eventuali emergenze. Come hanno fatto in Veneto in seguito al sisma del 2012, si potrebbero organizzare corsi per fornire agli architetti le conoscenze per valutare i danni delle costruzioni in seguito ad un terremoto, per distinguere poi quanti edifici sono danneggiati e quanti agibili, decidendo poi come agire.

Come sottolinea l'analisi della vulnerabilità, l'area dimostra di soffrire di fragilità del patrimonio costruito, soprattutto storico-artistico, per la quale bisogna richiamare l'attenzione degli amministratori sulla necessità di un'attenta valutazione dello stato di conservazione dei beni siti nei territori di loro competenza, al fine di garantire la sicurezza di chi li frequenta e l'entità delle risorse da allocare per i dovuti interventi di monitoraggio e/o messa in sicurezza (adeguamento/miglioramento).

In questo senso, conformandosi alla normativa del Comune di Milano, si dovrà rispettare l'obbligo di sottoporre gli immobi-

li entro il 2019 alla verifica della stabilità degli edifici con più di cinquant'anni d'età (ossia la buona parte di quelli dell'area), attraverso il CIS. In caso contrario, si dovrà procedere con le opere di adeguamento, intervenendo con tempestività ed efficacia.

In ultimo ma non per minore importanza, è assolutamente necessario rendere la popolazione consapevole del rischio sismico, rendendola partecipe ed informata circa le dinamiche, probabilità e conseguenze di un evento che, pur essendo ora difficilmente parte del suo immaginario, in realtà può colpirla. Questo sarà in grado di renderla più preparata nel fronteggiare possibili emergenze. In parallelo sarà anche necessario progettare gli altri elementi che saranno utili in caso di sismi, facendo sì che la popolazione ne sia a conoscenza: vie di fuga e punti di raccolta pensati per evitare strade strette otturate dalle possibili macerie, o depositi di materiale utili per fronteggiare la situazione critica (anche attraverso soluzioni di arredo urbano attrezzabile, come panchine che possano fungere da contenitori ecc..).

L'evento si verifica: il "post"

All'ipotetico verificarsi dell'evento, considerando lo scenario di rischio più critico (ovvero quello che fa riferimento alla fase

nottura), in primis entra in gioco la gestione emergenza relativa allo spostamento della popolazione nelle aree di raduno di riferimento; è nell'immediato che risulta necessaria una consapevolezza da parte di tutti coloro che stanno vivendo l'evento di quanto si stia verificando, di modo da muoversi nel modo più rapido e sicuro possibile e cercando di mantenere la calma.

Assicurata la protezione, "consentire alla popolazione colpita il rientro nelle proprie case (dove e quando possibile rispetto ai danni riportati dagli edifici) o fornire elementi tecnici utili all'avvio della successiva fase della ricostruzione è condizione necessaria per la ripresa delle attività sociali ed economiche."

Perciò, nelle attività che contraddistinguono il dopo terremoto, un momento significativo è rappresentato dal rilievo del danno e dalla valutazione dell'agibilità post-sismica; sono infatti state predisposte delle schede (AeDES - Agibilità e Danno nell'Emergenza Sismica) che verranno compilate, per poter stabilire uno stato di fatto della situazione, da un tecnico competente nel settore, specificatamente formato.

La scheda di primo livello di rilevamento danno (esempio di modulo in allegato) è finalizzata al rilevamento speditivo delle caratteristiche tipologiche, del danno e dell'agibilità degli edifici ordinari

proprio nella fase di emergenza che segue il terremoto. La scheda consente di effettuare un rilievo appunto “veloce” ed una prima catalogazione del patrimonio edilizio, disponendo di dati tipologici e metrici degli edifici.

Una pronta e corretta risposta all’esigenza di effettuare verifiche di agibilità è di grande rilevanza per il recupero delle normali condizioni di vivibilità delle popolazioni colpite, ma di grande delicatezza e responsabilità. Rilevante perché consente di ridurre il disagio della popolazione, delicata perché implica la pubblica incolumità quando si afferma l’agibilità, mentre implica il reperimento di ricoveri alternativi nel caso contrario.

Ovviamente a seguito di un evento potrebbe verificarsi un gran numero di richieste di sopralluogo; la necessità di fornire risposte in tempi brevi e, più in generale, lo stato di emergenza caratterizzano le ispezioni di agibilità. Queste quindi si fondano su elementi conoscitivi immediatamente acquisibili sul posto e sulla loro interpretazione. Per questo motivo, la valutazione di agibilità non rappresenta una verifica di sicurezza, né la sostituisce.

Di pari passo per completare la scheda dovrà svilupparsi un rilievo del danno, fondamentale poi anche per predisporre delle corrette ipotesi di ricostruzione; nelle moderne scale macrosismiche

(EMS-98) il danno è rappresentato in forma discreta attraverso cinque livelli (da D1 a D5 in ordine crescente di danno: danno strutturale nullo e non strutturale lieve, danno strutturale modesto non strutturale grave, danno strutturale medio-grave, danno strutturale grave-crollo parziale, crollo totale), oltre alla situazione di assenza di danno. La stessa scala introduce due diverse classificazioni del danno per strutture in muratura e in c.a.

Accoppiati la verifica di agibilità ed un primo sopralluogo, con il rilievo del danno, i dati raccolti diventano decisamente utili anche ad una prima valutazione dei costi di riparazione e/o miglioramento, consentendo di predisporre scenari di costo per diversi contributi unitari associati a diverse soglie di danno.

Se, infine, fossero necessarie opere provvisorie, per quanto in funzione del rischio analizzato si tratterebbe di uno scenario si potrebbe dire raro, certamente queste andranno pensate in funzione della tipologia edilizia, del danno riportato e del meccanismo di collasso in atto sull’edificio.

Possono già anticiparsi alcuni “vincoli” decisionali, in relazione alla morfologia dell’area: caratterizzata spesso da stretti vicoli, potrebbero escludersi elementi troppo ingombranti che occluderebbero le strade, evitando, come esempio di intervento per

un caso di ribaltamento in facciata, puntelli di ritegno e vertendo su una soluzione a tiranti (anche le cerchiature sarebbero ben difficili da immaginare in quest'area poichè caratterizzata da fitte cortine).

8.4 RELAZIONE TECNOLOGICA

8.4.1 Il polo museale in via Ansperto

La composizione architettonica si è confrontata fin dalla fase preliminare con l'analisi delle differenti soluzioni tecnologiche. Portare avanti in parallelo questi due aspetti del progetto è risultato fondamentale per affrontare in modo critico e consapevole le scelte.

Di seguito verrà esposto il progetto in quanto elemento complesso e verranno descritte le sue molteplici parti, puntando ad una presentazione che possa considerare sia le varie fasi di cantiere, che i differenti pacchetti tecnologici messi in opera.

Considerando il polo museale su via Ansperto, la tecnologia che ha caratterizzato la prima ipotetica fase di costruzione è la posa della palificazione, scelta derivata dal contesto che caratterizza l'area. Si opera infatti in un tessuto urbano consolidato e fortemente costruito, che

comporta la presenza di aree di lavoro di dimensioni limitate e a stretto contatto con edifici esistenti. Non sarebbe stato fattibile procedere con un comune scavo di fondazione, sebbene si sia appurato che gli spazi interrati degli edifici prospicienti via Ansperto si limitino al perimetro visibile fuori terra. Si è considerato dunque l'utilizzo di micropali, con diametro tra i 25 e i 30 cm. Tale scelta permette uno scavo verticale e puntuale, articolando nello stesso tempo una struttura atta a contrastare le spinte del terreno, evitando di trasmettere queste sollecitazioni agli elementi verticali che definiscono gli spazi interni del progetto. Tutti i pali, che corrono lungo il perimetro dello spazio ipogeo, vengono connessi tramite un cordolo in calcestruzzo posto in sommità, una trave testa palo di 30 cm di spessore e 70 cm di altezza. Successivamente è da prevedersi anche uno strato di finitura della nuova parete realizzata grazie al

posizionamento di questi primi elementi; si tratta di pochi centimetri di cemento che omogeneizzano la superficie, su cui viene posta poi una guaina impermeabilizzante in PVC. Orizzontalmente, a quota ipogea, sono stati definiti una serie di strati di preparazione alla gettata del cemento armato, che sono: un primo telo, a contatto con il terreno, in TNT di 0,2 cm in modo da creare una separazione tra gli inerti eterogenei dello strato drenante di 10 cm posto superiormente e il terreno dello strato sottostante; al di sopra di tutto ciò si trova il magrone di 10 cm su cui si articola la struttura portante. Interamente in cemento armato, come si è descritto nei capitoli precedenti, essa si articola in una platea, in muri interni (che proseguono in alcuni punti oltre la quota strada in modo da definire i parapetti a bordo scavo) e nelle vasche alberate a sbalzo. La gettata a terra è alta 60 cm di spessore, al contrario di quelle verticali che risultano di 50 cm per il muro più a sud e ad est e di 80 cm quello a nord sottostante gli aggetti alberati. Quest'ultimo ha dimensioni maggiori proprio per la presenza delle travi ad U che si impostano alla sua sommità, e che prevedono un riempimento parziale di terreno e la piantumazione di un albero ciascuna. Per completare la descrizione

del pacchetto tecnologico che si sviluppa a terra troviamo, dopo la platea in c.a., una seconda guaina in PVC e uno strato in calcestruzzo alleggerito con pendenza dello 0,5%, che servirà alla posa e al passaggio dei diversi impianti (tra qui quello di irrigazione ed elettrico). Tale elemento ha altezza di 30 cm ed è realizzato in cls alleggerito con argilla espansa (allegato 1), vista la sua dimostrata durabilità nel tempo e la resistenza ad acidi, basi e solventi, conservando inalterate le sue caratteristiche. Inoltre, il materiale resiste ottimamente al gelo, considerando che lo spazio definito con il progetto è costantemente esposto alle intemperie e alle diverse condizioni climatiche che si presentano durante i diversi periodi dell'anno. In questo strato troverà spazio anche tutto il sistema di raccolta delle acque, che prevede canaline con corpo in calcestruzzo polimerico. La loro presenza ha determinato il posizionamento dell'impermeabilizzazione al di sotto del magrone, in modo da non interrompere in più punti la sua posa. Infine, si trova lo strato di pavimentazione dell'ampliamento museale in battuto di cemento non liscio, in modo da disporre una superficie che non favorisca scivolamento in caso di pioggia. La stesura di questo ultimo strato prevede di procedere per porzioni di di-

mensioni limitate, fino a 5 metri circa, per poter gestire meglio il lavoro, prevedendo dei giunti di contrazione lungo i lati di giunzione di gettate distinte. Le soluzioni tecnologiche appena descritte trovano un'eccezione all'interno di questo spazio, la zona più ad est, caratterizzata dalla presenza dei resti del circo romani. Reputando necessario un trattamento diverso per essa, la si è considerata come una vera e propria area archeologica, definendo solamente il posizionamento di uno strato di ghiaia di altezza variabile (rispetto all'altezza e alla profondità dei resti stessi, confrontata con la quota della zona espositiva). Dunque, in questo punto non sarà prevista una struttura portante né un'altra stratigrafia. Passando ora a descrivere gli elementi verticali e la loro articolazione, trattiamo il lato nord, ossia quello ritmato dalla presenza delle vasche alberate. Qui il getto in calcestruzzo, posato con casseratura, verrà lasciato a vista. Le uniche due accortezze per tale casistica riguardano il sistema di illuminazione e il nodo con la pavimentazione. Per ciò che concerne l'inserimento di sistemi illuminanti, si è pensato di procedere inserendo, durante la posa delle armature e dei casseri, dei condotti dal diametro limitato (qualche centimetro) per il passaggio dei

cavi. Questi elementi, a perdere nella gettata di c.a., permetteranno dunque di avere delle murature in calcestruzzo a vista senza intervenire posteriormente la stagionatura del materiale, nonché l'ispezionabilità e la manutenibilità del sistema stesso. Per la posa di questa tubazione flessibile corrugata è necessario uno strato di copriferro maggiore, motivo per cui si prevede una sua ulteriore armatura, ossia una rete metallica che migliori l'aderenza del copriferro stesso. Infine, per quanto riguarda la connessione muro-pavimentazione, si provvederà ad incassare parte di quest'ultima in modo che la struttura verticale la copra perfettamente, con l'idea di conferire un aspetto più unitario allo spazio progettato. Anche in questo caso, per la zona dei resti archeologici, la soluzione tecnologica studiata è diversa, in coincidenza dei frammenti romani. Ad un metro di distanza da essi si è previsto di interrompere l'infissione dei pali nel terreno, che potranno essere posizionati però nella porzione di terreno di circa due metri e mezzo che divide la coppia di frammenti. Per quanto riguarda le rimanenti porzioni di perimetro si procederà in modo graduale attraverso l'utilizzo di paratie metalliche modulari. Attraverso dei binari laterali, realizzati con dei profili speciali, vengono battute delle

paratie, procedendo con uno scavo a più fasi. Assicurandosi dell'assenza o presenza di resti alle diverse quote dello scavo, si potrà inserire un ulteriore modulo della struttura e rimuovere ulteriore materiale, fino al raggiungimento del resto archeologico, che non verrà interrotto da alcuna struttura di contenimento del terreno, che al contrario terminerà al di sopra di esso, lasciando una distanza di rispetto di dieci centimetri circa. Con questa tecnologia si tende ad un intervento puntuale e definito sulle specifiche del caso, nel rispetto della preesistenza: in tali punti, il muro in c.a. di 80 cm verrà sagomato in funzione della geometria del rudere.

Proseguendo con la descrizione delle varie parti che compongono il progetto su via Ansperto, un ulteriore caso da analizzare è quello delle grandi vasche sul percorso ipogeo. Si tratta di travi a U aggettanti, chiuse frontalmente con un elemento in c.a., incastrate alla parete sottostante. Viste le dimensioni delle vasche alberate e le relative luci, è stato necessario lavorare con attenzione sulle scelte riguardanti il riempimento di tali vasche. Per contenere il più possibile il carico e per non gravare eccessivamente sulle strutture verticali, si è articolato il pacchetto tecnologico con il posizionamento di un sistema

DAKU Intensivo Plus (allegato 2), abbinato a una generosa porzione di terreno laddove viene prevista la piantumazione e ad un alleggerimento in punta in perlite, siccome un riempimento totale del volume, finalizzato alla piantumazione, sarebbe risultato superfluo e controproducente. La soluzione DAKU prevede la seguente stratigrafia: una protezione meccanica anti-radice impermeabile che riveste tutte le superfici, un elemento drenante e di accumulo idrico in polistirene espanso sintetizzato alto 82mm (DAKU FSD 20), uno strato filtrante in materiale geotessile stabilizzante in fibre di polipropilene dello spessore di 1,5mm (DAKU STABILFILTER SFI), e infine uno strato colturale di spessore pari a 1,30 m, costituito da DAKU KOMPOST e un mix di inerti vulcanici, sul quale si pone l'impianto di irrigazione a goccia. Va specificato che saranno ivi piantumati degli acer saccharinum (o acero argenteo), specie arbustiva comunemente usata per il verde urbano che resiste all'inquinamento e dalle dimensioni controllabili grazie ad una manutenzione programmata (necessaria vista la velocità di sviluppo ragguardevole). Le vasche alberate, per enfatizzare la natura della loro struttura, sono caratterizzate da degli elementi di chiusura sul lato settentrionale, non in calcestruz-

zo, ma con delle casseforme di altezza 1,40 m e profondità 1,3 m, realizzate in rete metallica con maglie da 6x8 e fili dal diametro di 2,7mm con rivestimento in GALMAC (Zn-Al 5%), contenenti inerti di dimensione ottimale tra i 70 e 200mm (allegato 3). Da anteporre a questo volume, in modo da creare una superficie utile alla posa della guaina antiradice del pacchetto DAKU, si consideri un pannello in cls alleggerito prefabbricato di 10cm.

Spostandoci sul lato opposto rispetto al percorso interrato, si identifica un ulteriore elemento verticale, ossia il muro che definisce il limite meridionale del progetto, di spessore 50 cm e altezza 3,50 m da quota strada, che presenta sul fronte esterno delle sporgenze con spessore variabile di 5-35 cm. Questo elemento monolitico in c.a. a vista è caratterizzato da una copertura a sbalzo di poco più di due metri, che segue lo sviluppo del muro stesso. Per questo oggetto è prevista una scossalina di protezione in alluminio verniciato che possa fungere anche da canale di gronda (di diametro di 15 cm) per la raccolta delle acque meteoriche che interesseranno la superficie orizzontale. Le acque verranno poi smaltite raccogliendole in quattro pluviali dal diametro di 15 cm anch'essi, posti in modo

equidistante all'interno del muro, prevedendo un'ulteriore tubazione esterna in materiale plastico, di dimensione leggermente maggiore, da annegare a perdere nel cls. Ulteriore dettaglio della copertura è il rompigoccia predisposto all'intradosso della mensola, in prossimità del margine più interno. In adiacenza al margine sud si trova il sistema di risalita che porta alla piazza-podio, a quota +0,15 cm dal piano stradale, costituito da una struttura in c.a. che poggia su un riempimento, un massetto di pendenza di 10 cm e che funge da sottofondo per la posa della pavimentazione. Quest'ultima, in trachite euganea, è composta da elementi dalle dimensioni differenti, con pezzature di 10x60 cm, 10x120 cm e 30x90 cm. A lato della gradinata è stato progettato un incavo per la raccolta delle acque meteoriche, ivi convogliate grazie alla pendenza dell'1%. Si prevede inoltre un parapetto in cls di 15 cm con corrimano ricavato nello spessore, ad 80 cm dalla quota del camminamento. In coincidenza dell'imposta della discesa è stata predisposta una chiusura verticale in modo da limitare l'accesso all'esposizione alle sole ore di apertura del museo. Si propone un'oggetto con finitura in acciaio inox brunito azionato meccanicamente e a geometrie mobili. Questa chiusura,

che si apre e chiude scorrendo su binari laterali (uno incassato nel muro e l'altro nel parapetto) finisce poi per trovare alloggiamento a terra, piegandosi in due parti distinte.

Un secondo strumento di collegamento con la piazza sovrastante è l'ascensore posto frontalmente alla scalinata d'accesso. Si tratta di una piattaforma a scomparsa che prevede in sommità il posizionamento della pavimentazione, in modo da celarne in più possibile la presenza; alla funzione di ascensore per la movimentazione di utenti dello spazio museale, si abbina anche quella di montacarichi per il trasporto di reperti e materiali per l'esposizione (si veda l'allegato 4, prodotto esempio). La pavimentazione appena descritta prosegue poi su tutto il podio, che vede il posizionamento anche di piastrelle di 60x120 cm e 90x120 cm, strato terminale di un pacchetto tecnologico che comprende 30 cm di ghiaia, al cui interno si individuano delle basi in cls utilizzate per la posa delle canaline in calcestruzzo polimerico (come quelle utilizzate per piano ipogeo), un sottofondo con rete elettrosaldata con pendenza dello 0,5% e spessore di 11 cm, ed infine 4 cm di malta di allestimento per il posizionamento della pavimentazione sopra descritta. Un ultimo elemento in

cemento armato è la scalinata, che riprende la sezione del circo romano, posta all'estremità orientale del progetto, in corrispondenza dei resti romani. Tale struttura completamente in cls a vista, presenta posteriormente un vuoto di 1,50 m di altezza che affaccia sui resti sottostanti, reso da una lamiera di dimensioni 1,5 m per un metro, di spessore 1,5 mm, con trama a fori circolari di 4 mm di diametro, distanti 5 mm e alternati a 60° (allegato 5). Caratterizzata da un rapporto vuoto-pieno pari al 58%, è realizzata in acciaio al carbonio brunito, e sarà ancorata ad una sottostruttura leggera metallica. Sulla scalinata è posto un corrimano in acciaio inox brunito composto da tubolari quadrati di lato 45 mm con spessore di 3 mm.

Viste le dimensioni dell'intera struttura in cemento armato, che si sviluppa per 65 m circa, è necessario inserire, sia per le strutture verticali che quelle orizzontali, un giunto strutturale: questo verrà celato a livello di pavimentazione in coincidenza di una canalina per la raccolta delle acque e in verticale lungo la scansione derivante dalle mete delle carceres. Anche per il bunker antiaereo sarà necessaria una analoga soluzione, dovuta però al completamento del sistema di discesa che lo collega alla nostra zona esposi-

tiva, attraverso una nuova struttura in cemento armato. Sempre per quanto riguarda il rifugio antiaereo, e più in specifico per i suoi due sistemi di risalita, vi è la ripresa del corrimano appena descritto (per la scala che lo collega al nostro spazio museale verrà posto solo su un lato, vista le dimensioni ridotte del percorso, ossia un metro) e come chiusure una porta a battente singolo per l'accesso dal giardino del Civico Museo Archeologico, e una scorrevole su binario esterno alla muratura. Questa seconda soluzione comporta il posizionamento di un profilo metallico (in acciaio inox brunito) che permette che la porta, anche se aperta, rimanga sempre visibile sul muro dello spazio ipogeo. Entrambe queste due chiusure si compongono di un telaio metallico interno, ed esternamente di una lastra di chiusura del tipo già descritto per il tamponamento posteriore della gradonata.

8.4.2 La valorizzazione dell'area archeologica di via Brisa

Il progetto proposto per l'area archeologica di via Brisa rappresenta la seconda area d'intervento, per la quale è stato definito un nuovo limite e dunque anche una nuova struttura controterra. Questa si

compone di un cordolo continuo di 1 m di altezza per 1,50 m di spessore, che segue tutto il perimetro del nuovo scavo, e di una muratura controterra che, continuando oltre il piano strada, funge anche da parapetto. Si parla di un elemento molto massiccio in cemento armato, posto su uno strato di magrone di 10 cm e rivestito con una guaina impermeabilizzante in PVC lungo i lati a contatti con il terreno. Per quanto riguarda l'area della strada, il pacchetto tecnologico che si sovrappone alla struttura e al terreno, è progettato come quello del podio in via Ansperto e dunque composto di uno strato di ghiaia di circa 30 cm, un sottofondo con rete elettrosaldata di 10 cm circa, la malta di allettamento di 4 cm per il posizionamento della pavimentazione e le piastrelle, che qui cambiano nelle pezzature (60x60 cm, 30x30 cm, 60x30 cm, 30x15 cm, 45x30 cm e 45x45 cm). Il materiale rimane la trachite euganea anche per la passerella sul lato più orientale dello scavo, dove però la soluzione tecnologica cambia e prevede una guaina impermeabilizzante in PVC di 0,2 mm (si è deciso di posizionarla alla base, vista la presenza del sistema di raccolta delle acque che andrebbe ad interromperne la superficie), uno strato di circa 15 cm in calcestruzzo alleggerito

a base di argilla espansa (vedi allegato 1) che contiene la canalina in calcestruzzo polimerico, lo strato di malta di 4 cm e lo strato di pavimentazione. La soglia per questa passeggiata sui resti viene dichiarata da un portale che ci colloca al di sotto di un oggetto dell'edificio ad angolo. Si è provveduto a rivestire il pilastro di sostegno e parte del muro con pannelli in acciaio inox brunito. Questi pannelli verranno fissati a montanti saldati a dei profili a soffitto e a terra modellati di modo da seguire l'andamento curvilineo del passaggio. All'interno dello spazio attorno al pilastro, si inserirà un sistema di chiusura che permetta di limitare l'accesso ai nuovi spazi ad est del palazzo solamente alle ore diurne, e più specificatamente a quelle di apertura del Civico Museo Archeologico. L'elemento inserito in tale sede scorre su binari posizionati a quota del piano di calpestio, soluzione ottenuta annegando l'intero profilo nei primi centimetri dell'orizzontamento; un'altra struttura di sostegno per la movimentazione della porta verrà fissato a soffitto. Il passaggio appena descritto non continua fino a raggiungere la struttura in oggetto sui resti: per logiche compositive, nell'ultimo tratto, svuotando un terrapieno, si inseriscono delle casseforme in rete metallica,

simili a quelle già utilizzate per il bordo delle vasche alberate. Per raggiungere la profondità dell'intercapedine creata, si accostano due elementi larghi e alti un metro e lunghi 1,5 m. Dovendo raggiungere una quota di circa cinque metri dal piano dello scavo, si dovranno sormontare altrettanti moduli. Ricalcando la tecnologia già descritta si avrà esternamente rete metallica con maglia 6x8 e fili dal diametro di 2,7 mm rivestiti in GALMAC (Zn-Al 5%), mentre all'interno inerti di dimensione ottimale tra i 70 e 200 mm (allegato 4). Per realizzare un piano utile al transito degli utenti, ai gabbioni si è sovrapposto un massetto di pendenza in calcestruzzo armato prefabbricato, che fornisce l'inclinazione necessaria al percorso per raggiungere la quota della terrazza, al di sopra del quale si pone un modulo a struttura alveolare in HDPE, abbinato ad uno strato geotessile sottostante, e colmato con ghiaia. Il massetto stesso presenta una cavità in modo da posizionarvi lo strato di ghiaino stabilizzato (3 cm), evitando la dispersione degli inerti (allegato 6). Quest'ultimo tratto del percorso viene completato con un parapetto in acciaio inox brunito, i cui elementi principali sono dei tondini di 3 cm di diametro e altezza variabile (in modo da seguire la pendenza del cam-

minamento) che si innestano al piede su un piatto di un metro di lunghezza, 1,5 cm di spessore e larghezza di 10 cm. Tale geometria deriva dalla decisione di inserire la parte finale dell'elemento al di sotto dell'ultima gabbia di inerti, profonda appunto cento centimetri, che stabilizzerà il parapetto. In sommità e sul lato interno di ogni parapetto, ossia quello prospiciente il percorso pedonale, si innesteranno degli occhielli metallici, con la funzione di dirigere gli elementi orizzontali, che daranno continuità all'elemento di protezione. In riferimento a quest'ultimi, essi sono realizzati con un tondino di 2 cm di diametro per il corrimano e di funi metalliche in acciaio inox 49 fili, dal diametro di 6 mm, fissati alle estremità per parapetto tramite con morsetti.

Il principale elemento è però il volume in aggetto sui resti che, visto il posizionamento all'interno dell'area archeologica, si fonda attraverso l'utilizzo di micropali I.R.S. (iniezione ripetuta selettiva), come descritto nella relazione strutturale. Le zone di infissione sono sostanzialmente due, una all'interno dello scavo nei punti di appoggio della calotta, l'altra in corrispondenza del muro a bordo del sito archeologico. In quest'ultima area la palificazione consiste in sette elementi profondi 20 m e

dal diametro di 20 cm, connessi tra loro da un cordolo in calcestruzzo armato 60x80 cm, al di sopra del quale si pone una muratura, sempre in cemento armato, dello spessore di 70 cm e che raggiunge quota +1m dal piano stradale. Questa struttura verticale è connessa ad un ulteriore setto che rappresenta un appoggio a terra semplice, dalle fondazioni modeste. Gli altri punti di fondazione sono caratterizzati da un diametro di 10 cm e profondità di infissione pari a 15 m, su cui si imposta un dado in c.a. di dimensioni 30x30x30 cm, che si presta come ancoraggio per la struttura metallica della calotta, vincolata con delle cerniere. Tale tipologia di connessione si compone di una piastra dalla forma a clessidra, che si fissa al supporto in c.a. e all'elemento metallico che arriva a terra senza saldature, ma solamente con bullonature.

Questa architettura è studiata infatti come una complessa reticolare, caratterizzata da diversi profili tubolari a sezione quadrata e rettangolare, con spessori che oscillano tra i 3 e i 5 mm e dimensioni di 200x150 mm, 150x100 mm, 100x100 mm e 50x50 mm.

La pavimentazione di questo spazio è caratterizzato da un pacchetto tecnologico composto da pannelli in cls prefabbricato di 10 cm di spessore, uno

strato di guaina impermeabilizzante in PVC, un massetto di pendenza (0,5%) contenente gli impianti dello spessore di 8 cm (tra cui la canalina per la raccolta delle acque in calcestruzzo polimerico e una pavimentazione in battuto di cemento assimilabile a quella predisposta nello spazio ipogeo della galleria ipogea in via Ansperto. Si parla dunque di gettate dalle dimensioni massime di 5x5x0,05m, dove per il materiale non è prevista lisciatura, in modo da disporre un piano di calpestio agevole anche in caso di pioggia. Gli elementi verticali che rappresentano le pareti del nostro volume sono realizzati con elementi puntuali assimilabili a dei pilastri in acciaio, attraverso quattro profili angolari ad L con lati lunghi 5 cm e spessore di 7 mm, connessi tra loro da traversi, con spessore pari a 5 mm, che interessano tutti e quattro i lati di questi elementi verticali.

Questi elementi complessi sono disposti ad una distanza di circa 1,50 m e connessi da traversi a T di 5mm, creando una intercapedine nella quale sono posizionati degli irrigidimenti composti da profili a C con spessore di 5 mm e traversi che si sviluppano lungo lo spessore della parete cava della stessa consistenza degli elementi con cui si confrontano. La sottostruttura del muro abi-

tato progettato si vincola al piano orizzontale saldando i profili a L a dischi metallici posizionati in piccoli scassi nella soletta in cls prefabbricato, operazione dopo la quale si procede con il montaggio dell'intero sistema.

L'intera struttura verrà infine rivestita da pannelli di Krion (allegato 7), ossia un materiale costituito per due terzi da minerale naturale (triidrato di allumina) e per un terzo da resine acriliche, vincolati alla nostra struttura e attraverso una sottostruttura d'ancoraggio laddove ulteriormente necessaria.

Il rivestimento è disponibile sia in lastre che in figure eseguite a stampo, e offre una notevole resistenza agli agenti chimici, al vapore e agli agenti atmosferici, rendendolo adatto all'utilizzo in esterno; consente inoltre giunzioni praticamente impercettibili, fondamentale per garantire l'omogeneità della superficie, e quindi del volume.

8.5 RELAZIONE IMPIANTISTICA

Al tema della composizione architettonica, fondamentale per il progetto, si sono affiancati, lavorando in parallelo, molteplici momenti di progettazione tecnica. Tra questi, la definizione delle soluzioni impiantistiche è stata considerata fondamentale per garantire il corretto funzionamento dell'architettura progettata.

I sistemi approfonditi riguardano la raccolta e il riciclo delle acque meteoriche, indispensabile per una struttura aperta come quella proposta, la ventilazione degli spazi preesistenti e l'illuminazione, intesa come strumento di esaltazione delle forme architettoniche, nonché elemento essenziale in luoghi dedicati all'esposizione.

8.5.1 Impianto di raccolta e di riutilizzo delle acque meteoriche

Tutti i nuovi spazi progettati risultano aperti, motivo per il quale uno dei primi problemi da risolvere è stato lo smaltimento

delle acque meteoriche.

Per quanto concerne la nuova zona museale in via Ansperto, l'obiettivo principale rispetto al controllo delle acque è stato quello dell'allontanamento dalla zona espositiva, dalle scale d'ingresso al museo e dalla discesa che porta al bunker (dove vi sarebbero maggiori problemi di deflusso vista la conformazione delle scale presenti - a doppia rampa - e dell'importante involucro che avvolge gli spazi, fig.1). Per ovviare al problema sono stati sfruttati elementi alla base della composizione architettonica del progetto, ossia le traiettorie delle carceres, volutamente messe in evidenza anche a livello di pavimentazione, sia a quota strada che ipogea. Queste direttrici sono state recuperate per il posizionamento delle canaline per la raccolta delle acque meteoriche. Per utilizzarle è stata definita una pendenza dello 0,5% alla pavimentazione, sia longitudinalmente che trasversalmente rispetto allo sviluppo principale dell'archi-

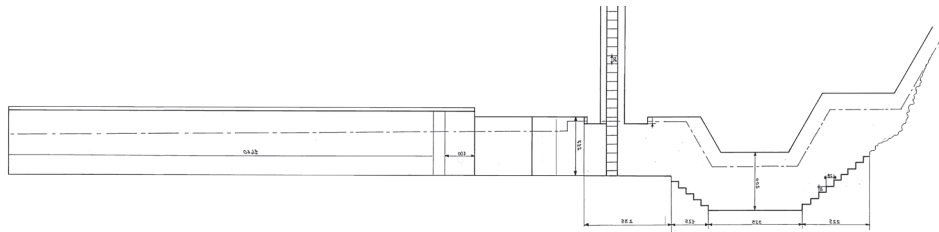


Fig. 1.

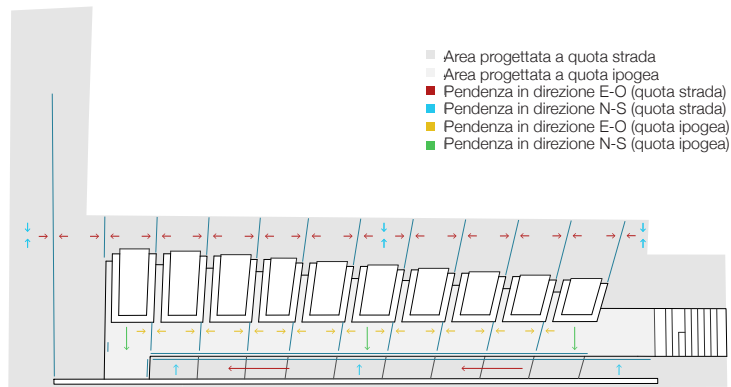


Fig. 2.

ø interno esterno	portata Q l/s	superficie massima in m ² evacuabile per i.p. = 0,04 l/s/m ²		
		K = 1,0	K = 0,6	K = 0,3
57/63	1,9	47	79	158
69/75	3,6	90	150	300
83/90	5,0	125	208	417
101/110	8,9	222	371	742
115/125	12,5	312	521	1042
147/160	25,0	625	1042	2083
187/200	47,0	1175	1958	3917
234/250	85,0	2125	3542	7083
295/315	157,0	3925	6542	13083

Fig. 3.

tettura (fig.2).

Per il dimensionamento degli elementi si è proceduto con la seguente modalità.

Prima di tutto è stato considerato il carico pluviale C, che prende in considerazione l'area di captazione delle acque meteoriche (S), un coefficiente di scorrimento (K) e l'intensità pluviometrica (I).

I valori di riferimento sono:

- S: 245m²

- K: 1 (per piazzali,viali ecc. dal rivestimento duro)

- I: 0,04 l/(s*m²)

L'intensità pluviometrica in realtà varia da regione a regione, e rispetto alle caratteristiche del singolo luogo. Il valore utilizzato si presenta come un'approssimazione, che comunque risulta appropriato per l'ambito e il carattere dei seguenti calcoli.

Da qui si ha dunque il carico pluviale:

$$\begin{aligned} C &= S \cdot K \cdot I \\ &= 245 \text{ m}^2 \cdot 1 \cdot 0,04 \\ &= 9,8 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Dal momento che le canaline presenti sulla superficie sono dieci, si è deciso di procedere suddividendo il carico pluviale per il loro numero. Ognuna di esse presenta un nuovo C*.

$$C^* = 0,98 \text{ l/s.}$$

Facendo riferimento alla tabella (fig.3) si vede come, per tale portata e valore di K, si possa ipotizzare un diametro per la canalina di 57/63 mm (diametro interno/esterno). Essa fa riferimento ad una portata massima di 1,9 l/s e ad una metratura massima evacuabile di 47m² (ipotizzando di suddividere la metratura totale per le dieci canaline si ha un valore di 25 m² circa).

Considerando la dimensione del diametro interno si ha un'area:

$$A = 25,5 \text{ cm}^2$$

Tale considerazione può risultare utile alla luce di sezioni differenti da quella circolare.

Il procedimento appena visto è stato poi riproposto per la zona della piazza a quota strada, dove la superficie di captazione è di 415 m² circa. Tale differenza di metratura non risulta sufficiente per un cambio di sezione per le canaline, che presentano dunque gli stessi valori di diametro e area (si ha infatti un C*=1,65 l/s).

Una canalina tipo che può rispecchiare le esigenze presentate durante l'analisi di tale tema progettuale è quella riportata all'allegato 1. Questo elemento presenta una sezione a V ed un corpo in calcestrutto polimerico. Per questo caso le dimensioni di larghezza e altezza interne sono rispettivamente di 100 e 110 mm, mentre quelle totali di 135 e 150 mm. Per

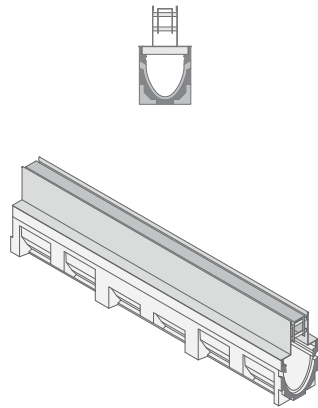


Fig. 4.

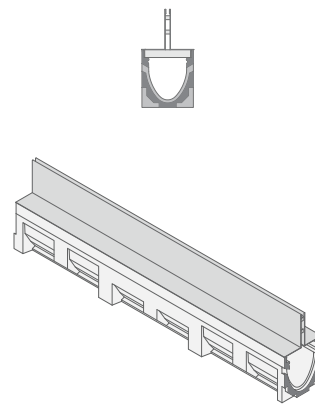


Fig. 5.


 $h/d=0,8$	pendenze in %							
	0,5%	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%	3,0%	4,0%	5,0%
ø mm	portata Q in l/s							
69/75	1,3	1,8	2,3	2,6	3,0	3,2	3,8	4,2
83/90	2,0	2,8	3,4	4,0	4,5	4,9	5,6	6,3
101/110	3,6	5,0	6,2	7,2	8,0	8,9	10,2	11,5
115/125	5,2	7,4	9,0	10,5	11,7	12,9	14,9	16,7
147/160	10,0	15,0	18,0	21,0	23,5	26,0	30,0	33,0
187/200	19,0	27,0	33,1	38,1	42,8	47,0	54,3	60,8
234/250	34,5	49,0	60,1	69,5	77,7	85,2	98,4	110,1
295/315	62,8	90,6	111,1	128,4	143,6	157,4	181,8	203,3

Fig. 6.

l'elemento di captazione dell'acqua, dunque il punto di accesso, si è presa come riferimento la griglia riportata all'allegato 2. Considerando essa come spunto progettuale, si è ipotizzato di realizzare una sezione al centro della quale potesse essere presente un profilo a C metallico che enfatizzasse le nostre traiettorie, e a lato le due caditoie per l'acqua. L'elemento rappresentato in tavola prevede un elemento a led: nella nostra proposta questo, oltre ad essere predisposto centralmente rispetto a margini laterali della fessura, verrebbe appunto sostituito dall'elemento metallico. Si riporta la restituzione dell'elemento ipotizzato (fig.4).

Considerando sempre le stesse dimensioni, sono stati pensati altri due punti di raccolta, uno lungo lo sviluppo delle scale e un altro in prossimità della discesa al bunker. L'unica differenza rispetto agli elementi precedentemente esposti è la parte sommitale, dunque la caditoia. Essa si presenta come una semplice fessura, con l'obiettivo di impattare visivamente il meno possibile (fig.5); viene riportata con l'allegato 3 la soluzione tipo presa ad esempio per l'elemento.

Successivamente sono state determinate anche le dimensioni dei collettori. Ad essi confluisce anche l'acqua che viene raccolta in un piccolo incavo a lato del sistema di discesa prin-

cipale, che collega la piazza al nuovo spazio espositivo (anche le scale presentano pendenza dello 0,5%).

I collettori sono stati dimensionati come segue.

Si sono considerati due fattori principali: la pendenza desiderata e la portata a cui il collettore avrebbe dovuto sopportare.

Abbiamo dunque:

- 0,5% di pendenza
- $Q = 9,8 \text{ l/s}$

Facendo riferimento alla tabella riportata (fig.6), il primo valore utile di portata di riferimento risulta essere 10 l/s, a cui è associata una sezione di diametro interno/esterno di 147/160 mm (con pendenza di 0,5%). Considerando le caratteristiche delle precipitazioni negli ultimi anni, e la presenza sempre più frequente di fenomeni eccezionali come le bombe d'acqua, si è deciso di optare per elementi di raccolta di dimensioni maggiori, passando dunque a un diametro interno/esterno di 187/200 mm (che arriva fino ad una portata di 19 l/s). Si è calcolata l'area della sezione di tale elemento, in modo da poter considerare anche geometrie differenti. Si ha dunque un'area

$$A = 275,0 \text{ cm}^2$$

Tutto questo ragionamento è stato rivisto alla luce della portata

che caratterizza la piazza a quota strada. Come nel caso delle canaline, si è arrivati a dimensionare elementi uguali a quelli della zona ipogea, avendo un $Q=16,5$ l/s.

Come si è visto, sono stati definiti due sistemi simili, uno per la zona pavimentata a quota strada e uno per l'area museale. La differenza tra i due sistemi risiede nel fatto che l'acqua raccolta nell'area della piazza viene convogliata al sistema fognario della città, mentre quella della zona ipogea viene raccolta in una cisterna, per poi essere riutilizzata.

Difatti, la progettazione delle dieci vasche di terreno all'interno del progetto ha previsto una riserva d'acqua, utilizzabile poi per l'irrigazione. Questi contenitori verdi fungono sia da copertura per gli spazi espositivi ipogei, che da arredo per la piazza.

Per ciò che concerne la cisterna per l'acqua si è proceduto con la seguente modalità di calcolo.

Si sono calcolati i volumi di acqua captabile (V) e il fabbisogno per l'irrigazione (D), per poi considerare il valore più idoneo tra essi per il dimensionamento della cisterna.

L'acqua captabile deriva da più fattori: la superficie captabile (S), l'altezza annuale di pioggia espressa in m/a (P) e il coefficiente di deflusso (t).

Come valori si hanno:

- $S=245$ m² (viene considerata

solo la superficie della parte ipogea perchè solo questa collabora alla raccolta delle acque meteoriche per il loro riutilizzo);

- $P=1013$ mm, valore ricavato dal sito Climate Data (<https://it.climate-data.org/europa/italia/lombardia/milano-1094/>);

- $t=0,7$ (questo valore si riferisce ad una copertura impermeabile piana).

Si ha dunque:

$$\begin{aligned} V &= S \cdot P \cdot t \\ &= 245 \text{ m}^2 \cdot 1,01 \text{ m/a} \cdot 0,7 \\ &= 173 \text{ m}^3 \\ &= 173000 \text{ l} \end{aligned}$$

Per quanto riguarda D , il calcolo è stato elaborato considerando un valore medio di fabbisogno d'acqua al m² e dunque la metratura di verde da progetto.

Si ha così il valore annuo di fabbisogno idrico:

$$\begin{aligned} D &= 400 \text{ l/m}^2 \cdot 116 \text{ m}^2 \\ &= 46400 \text{ l} \end{aligned}$$

Confrontando V e D si capisce che il fabbisogno risulta circa un quarto di quanto il sistema può raccogliere, e da qui la decisione di dimensionare la cisterna rispetto al valore minore. In tal modo si potrà provvedere alle necessità di progetto, ipotizzando anche di aver un maggior rinnovo idrico. L'acqua della cisterna andrà comunque smaltita verso

la fognatura ogni mese circa per evitare problemi di stagnazione. Il collegamento al sistema di smaltimento cittadino risulterà fondamentale anche per lo scarico dell'eccesso eventualmente raccolto.

Infine, dato questo valore di fabbisogno annuo, esso è stato diviso per ottenere il fabbisogno mensile (pensando al rinnovo idrico previsto) e si è ottenuto un valore di 3900 l.

Si può dunque ipotizzare una cisterna di circa 5000 l di volume circa.

Si è individuata una cisterna tipo da interro in polipropilene iniettato (si veda l'allegato 4). Tale serbatoio presenta capacità di 4800 l, con dimensioni di 228 cm di lunghezza, 198,5 cm di larghezza e 243 cm di altezza. Come carichi massimi sopportabili si prevede quello carrabile con interrimento di 80-120 cm (ben oltre quanto richiesto dalla nostra condizione). Da abbinare a questa, per l'articolazione dell'impianto di conservazione e riutilizzo, sono da considerarsi anche altri elementi. Tra questi si hanno:

- Un sistema di filtraggio: si ipotizza un filtro a cestello interno alla cisterna ma non autopulente. Per questo la cupoletta del serbatoio è da prevedersi ispezionabile;

- Deviatori d'acqua di prima pioggia da interro;

- Un adduttore antiturbo-

lenza posto sul fondo, che deve favorire anche il deposito di impurità residue alla base;

- Una centralina a parete, sempre da posizionarsi nel vano tecnico;

- Un sistema di pompaggio dell'acqua;

- Un galleggiante con aspiratore d'acqua.

Per quanto riguarda lo strumento di stoccaggio delle acque meteoriche, si è pensato di riporlo, interrandolo ma rendendolo comunque in parte ispezionabile, all'interno degli spazi di servizio ad ovest dello spazio espositivo. Come si è anticipato, tutto ciò va abbinato ad un impianto di irrigazione, le cui tubature dovranno passare nello strato di calcestruzzo alleggerito di pavimentazione, risalendo poi all'interno della struttura verticale e giungere al terreno delle vasche. L'acqua non assorbita dall'apparato arboreo ed erbaceo arriverà alla base delle vasche, dove un sistema di tubazioni le smaltirà verso il sistema idrico cittadino.

Per la zona del palazzo imperiale è stato proposto un progetto impiantistico e degli elementi analoghi. Questa seconda porzione di progetto è stata studiata in due parti distinte: la terrazza sui resti e la passerella di collegamento. Per entrambe si è ipotizzato un punto di raccolta unico: per la prima è stato posi-

zionato in prossimità con il confine di proprietà con Santa Maria alla Porta 9, di cui segue l'andamento. Come per l'area espositiva su via Ansperto, sono stati definiti gli elementi di raccolta con il calcolo del carico pluviale (C).

$$\begin{aligned} C &= S \cdot K \cdot I \\ &= 72 \text{ m}^2 \cdot 1 \cdot 0,04 \\ &= 2,8 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Consultando la tabella considerata per i calcoli precedenti (fig. 2), si è scelto un diametro interno/esterno pari a 69/75 mm, che prevede una superficie massima evacuabile pari a 90 m² e una portata massima di 3,6 l/s). L'area della sezione di elementi con tali parametri geometrici risulta di 37,4 cm². Un elemento tipo da poter utilizzare può essere quello considerato per il circo, dunque una canalina con sezione a V e corpo in calcestruzzo polimerico, con dimensioni di larghezza e altezza interne sono rispettivamente di 100 e 110 mm, mentre quelle totali dell'elemento di 135 e 150 mm. Per la caditoia si ripropone la soluzione a fessura, riportata nell'allegato 3 e in figura 5. Tali canaline presentano inclinazione propria in modo da convogliare l'acqua in tubature verticali. Il punto di raccolta è infatti posizionato sopra un riempimento in ghiaia (tra l'autorimessa di Santa Maria alla Porta 9 e lo scavo archeologico), che le tubature

stesse attraverseranno in modo da portare il sistema a contatto con il terreno. Qui, grazie ad un elemento orizzontale in cemento forato, l'acqua verrà rilasciata nel sottofondo senza arrecare alcun danno al tratto murario storico posizionato sul limite est dell'area archeologica. Per quest'ultimo elemento drenante in calcestruzzo, si fa riferimento all'allegato 5, e in particolare alla tubatura di diametro pari a 20 cm, in modo da avere una portata compatibile o almeno uguale con quella richiesta in superficie, durante la prima fase di raccolta della acque meteoriche.

Per la seconda architettura in prossimità del palazzo imperiale, la passerella in calcestruzzo in aggetto sui resti, si è ripercorso lo stesso processo di calcolo. Il carico pluviale è così calcolato:

$$\begin{aligned} C &= S \cdot K \cdot I \\ &= 32 \text{ m}^2 \cdot 1 \cdot 0,04 \\ &= 1,3 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Sempre in riferimento alla tabella in fig. 2, si ipotizza un diametro interno/esterno di 57/63 mm, analogamente a quelli considerate per la piazza pavimentata in via Ansperto. Si può nuovamente considerare l'elemento tecnologico esposto in precedenza con l'allegato 1, mentre per la caditoia si faccia riferimento alla tipologia descritta per la terrazza appena

analizzata (di conseguenza l'allegato 3).

Tutta l'acqua captata sulla superficie di questo percorso andrà poi a riversarsi nel sistema di raccolta nel sottostrada, nel punto in cui la passerella va a congiungersi con vicolo Brisa.

8.5.2 Verifica alla pioggia di stravento

Considerando l'area espositiva progettata su via Ansperto e il fatto che essa si presenti come un unico spazio aperto, si è resa necessaria una verifica per quanto concerne i mosaici in relazione alle precipitazioni atmosferiche. L'obiettivo dell'approfondimento è stato quello di valutare la probabilità con cui le acque meteoriche andrebbero a colpire i reperti esposti al di sotto delle vasche alberate, al netto di una particolare inclinazione della pioggia. Il primo passo ha previsto un'indagine sul vento nell'area di Milano, in termini di velocità e direzione. Per completare questo primo passaggio sono stati ottenuti i valori delle rilevazioni orarie per la stazione di Brera per l'anno 2018, tramite il portale online dell'ARPA Lombardia. Sono stati così forniti ventiquattro dati per giorno, per un totale di quasi novemila misurazioni. Da esse sono state calcolate le medie mensili, constatando una prevalente direzione del vento da est.

Successivamente, con tali nozioni e con la media annua della velocità eolica, si è calcolato l'angolo di inclinazione della pioggia, pari a $15,5^\circ$. Prendendo in esame invece il valore più elevato tra quelli dei vari mesi, si è stimata un'angolazione di $17,8^\circ$. Tutto ciò però è da analizzarsi in parallelo a considerazioni sul progetto stesso. Osservando le geometrie delle vasche alberate e la posizione dei mosaici, è stato definito un intervallo sensibile per quanto riguarda l'angolo di caduta della pioggia, variabile da 18° a 23° . Notando una condizione limite utilizzando il valore medio mensile maggiore, si è resa necessaria una seconda fase di analisi, più approfondita e mirata. Utilizzando la formula inversa con la quale si sono individuate le varie angolazioni della pioggia, si è giunti alla definizione dei due valori limite di velocità del vento, che rappresentano gli estremi dell'intervallo stesso. Con tali dati, tornando alle rilevazioni orarie sull'alacrità dell'aria, sono state individuate tutte le misurazioni comprese tra tali valori (tra i 2 m/s e i 2,7 m/s). Queste si sono rilevate essere quasi 1900, dunque il 21,3% del totale dei dati forniti. Tale indicatore è stato successivamente confrontato con dei nuovi dati, sempre forniti dal portale ARPA Lombardia, e cioè quelli relativi alla pioggia nell'anno 2018 (si tratta ancora di rilevazioni orarie,

perfettamente confrontabili con quelle del vento). Sono state individuate tutte le ore in cui è stata percepita pioggia, di ogni entità, e messe poi a confronto con quelle in cui il vento si è presentato con una velocità tra i 2 e i 2,7 m/s. Tale combinazione di fenomeni si è presentata per il 2,41% dei casi. Affinando ulteriormente il processo, considerando solo le ore in cui la pioggia ha avuto un'incidenza uguale o superiore al millimetro, si è giunti infine allo 0,68%, cioè 60 ore circa (meno di 3 giorni). Tali risultati sono stati considerati accettabili anche alla luce della tipologia di reperti e della metodologia espositiva stessa. Si tratta infatti di mosaici (materiale non particolarmente sensibile all'acqua), posti su delle strutture inclinate, che favoriscono dunque il deflusso delle acque meteoriche.

8.5.3 Impianto VMC

Un altro elemento facente parte il progetto è il bunker antiaereo. Questa struttura, costruita per la comunità agli inizi degli anni '40, si trova al di sotto del giardino del Civico Museo Archeologico, a -6,05 m dal piano stradale. Esso si compone di una stanza di 100 m² circa, e di tre percorsi che conducono alle altrettante uscite. Un tempo la discesa principale era quella che ora porta in via Ansperto, riaperta

dal progetto qui presentato. Gli altri due risultano essere sistemi di risalita di sicurezza (fig. 7). Solo successivamente, negli '90, uno di essi è stato adeguato alle necessità del museo, che lo usava come archivio. In tale frangente è stata costruita una nuova scala (fig. 8), l'unica utilizzabile, ma vi sarebbe un'ulteriore uscita all'interno del cortile.

La riapertura del bunker nell'ambito del progetto prevede un adeguamento a livello igienico e di comfort. Innanzitutto vanno specificate le modalità di utilizzo di tale spazio. Sono da considerarsi visite guidate da 15 persone, di breve durata, circa 30 minuti. Detto ciò, si è reso necessario un intervento che si ripropone di rivedere il sistema di ventilazione. Dai testi trovati, in epoca bellica si pensò ad un sistema di ventilazione, ad oggi non documentato. Esso in ogni caso non risulterebbe sufficiente ed adeguato rispetto alle condizioni e richieste odierne. L'elemento architettonico considerato, la struttura e l'idea di progetto impongono però dei limiti per tale impianto, ad esempio: la quota interrata, i percorsi tortuosi che non facilitano il transito dell'aria, la scelta di evitare condotti a vista e il non poter modificare le geometrie e le caratteristiche dell'interno. Tutto ciò ha fatto pensare ad un ventilatore di estrazione, da porsi all'estremità occidentale del bunker,

in corrispondenza della seconda uscita di emergenza.

Tale punto dovrà essere parzialmente riaperto per il deflusso dell'aria. Questa posizione è stata scelta anche alla luce di un approfondimento sulla direzione del vento. Si è compreso infatti che l'aria arriva principalmente da est, considerando i dati riportati nell'allegato 1 (link al sito web <https://it.weatherspark.com/y/62545/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Milano-Italia-tutto-l'anno>) e richiesti tramite il portale dell'ARPA Lombardia.

Per la scelta del dispositivo si è dovuti partire però dalla determinazione dei ricambi d'aria necessari. Per fare ciò si è presa a riferimento la tabella dell'allegato 2. Considerando il bunker come tipologia "sala mostre", i calcoli sono stati i seguenti.

Ricambi d'aria rispetto all'affollamento (R)= 6 l/s a persona.

Dove:

- P: ricambi d'aria all'ora
- Aff: affollamento

$$\begin{aligned} P &= R * \text{Aff} * 3,6 \\ &= 6 * 15 * 3,6 \\ &= 324 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

Questo valore rappresenta la portata richiesta allo strumento di estrazione. Dal momento che l'utilizzo dello spazio non sarà costante e che il numero di persone

è limitato, si può vedere questo valore come un termine indicativo. Esso permette di porsi a favore di sicurezza dal momento che ci si potrebbe attestare su portate minori.

Ricercando uno strumento idoneo alle richieste sono state individuate tre ipotesi, che si differenziano in particolare per portata e posizionamento.

La prima ipotesi prende in considerazione un sistema di ventilazione centrifuga a tetto (per noi il piano del cortile del Civico Museo Archeologico). La portata minima di tale elemento risulta essere in linea rispetto a quella richiesta. Tale elemento andrebbe posizionato fuori terra e presenta la possibilità sia dell'estrazione libera che canalizzata (una scheda tecnica di un modello tipo viene riportata nell'allegato 3).

Un secondo strumento considerato è un aspiratore centrifugo in linea. I modelli considerati presentano un ampio range di portata d'aria, anche inferiore a quella da noi calcolata. Tale elemento andrebbe posizionato all'interno del bunker e collegato all'esterno tramite una canalizzazione. Al di fuori è prevista l'installazione di un torrino per il deflusso dell'aria (si trova la descrizione di un modello esemplificativo all'allegato 4).

Infine si è considerato un terzo sistema, ossia un impianto di ventilazione decentralizzato. Tale

strumento presenta una portata limitata ($220 \text{ m}^3/\text{h}$), dal momento che nasce come impianto di ventilazione per spazi ridotti (il modello riportato nella scheda dell'allegato 5 fa riferimento a spazi di massimo 120 m^2). Come già detto in precedenza, il valore calcolato per il progetto considerato in questa sede rappresenta un'indicazione che può risultare maggiore rispetto alla richiesta reale. Tale soluzione potrebbe risultare poco invasiva e rispondere inoltre alle varie esigenze. Esso prevede inoltre anche l'estrazione di calore, comunque non considerata fondamentale viste le modalità di utilizzo del bunker stesso.

Detto ciò, considerate le varie alternative, il primo sistema proposto (estrattore centrifugo a tetto) risulta essere la migliore opzione per la situazione in analisi e necessità riscontrate.

8.5.4 Sistemi di illuminazione

Per quanto riguarda il sistema di illuminazione, verranno qui esposte le scelte progettuali proposte per entrambe le aree di studio. L'approfondimento non vuol essere un lavoro di illuminotecnica, ma si limita ad un ragionamento di valorizzazione del costruito tramite l'utilizzo della luce. Sono stati così presi in considerazione elementi fondamentali e situazioni particolari all'interno del progetto e su di essi si è la-

vorato in modo da trovare il sistema e l'elemento tecnologico appropriati rispetto alle esigenze del caso, sia tecniche che compositive. Si è cercato di definire in principio l'effetto desiderato (considerando la natura dell'oggetto da illuminare, dei suoi materiali e caratteristiche), arrivando poi a definire una tipologia di illuminazione (diretta, diffusa ecc.) e un modello tipo per lo strumento. Durante questa ultima fase si è fatta particolare attenzione ad alcuni parametri, come temperatura e tonalità del fascio luminoso, indice di resa cromatica, sistemi di controllo, efficienza luminosa e l'indice di MacAdam (parametro che sintetizza la qualità della lampada LED in termini di consistenza cromatica). Inoltre, sembra opportuno specificare che non si sono presentati casi con particolari esigenze a livello di degrado luminoso. Difatti, essendo i reperti esposti mosaici ed elementi lapidei, non presentano particolari esigenze in termini di sensibilità alla luce, che è al contrario molto bassa o addirittura nulla, come si può constatare nella tabella riportata nell'allegato 1. I casi analizzati sono quattro, tre riguardanti la nuova zona espositiva su via Ansperto e uno la parte dei resti del Palazzo Imperiale.

Il primo elemento che si vuole analizzare è il muro di circa sessanta metri che corre lungo via Ansperto. Tale elemento si



Fig. 10.

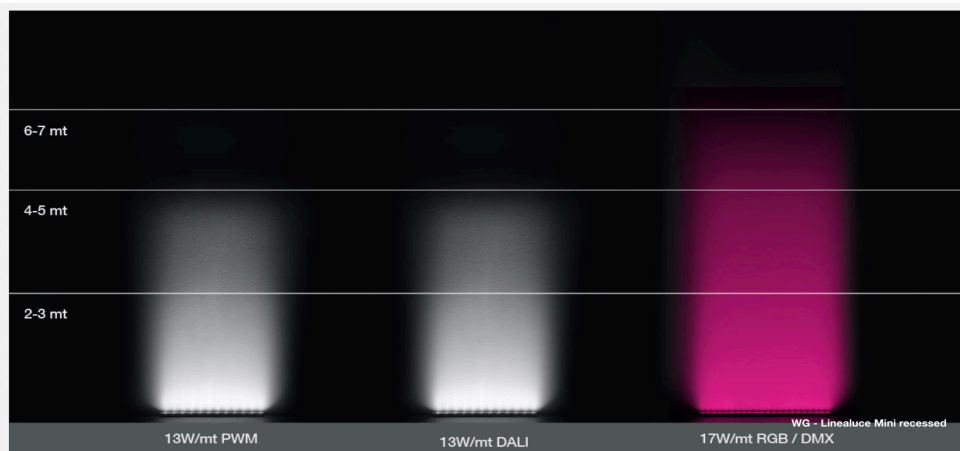


Fig. 11.

prefigge l'obiettivo di definire due zone differenti: quella del progetto e della zona pedonale da una parte, e il tratto carrabile dall'altra. Inoltre, esso cerca di far rileggere l'isolato di un tempo, dal momento che il limite del costruito si attestava su quell'asse. Per questa prima casistica si propone un'illuminazione dal basso verso l'alto, con l'intenzione di ottenere un effetto scenografico. Tale scelta deriva anche dall'intenzione di enfatizzare la presenza di alcuni rilievi sull'elemento verticale, generando delle ombre che possano evidenziare questo disegno. La scelta tecnologica ipotizzata consiste in un elemento lineare ad incasso che segue tutto lo sviluppo del muro, in modo da sottolineare la sua dimensione principale, che rappresenta una delle sue peculiarità. Il prodotto preso a modello è il Linealuce-Mini 101 incasso della iGuzzini. Si tratta di un apparecchio di illuminazione a luce diretta per l'utilizzo di sorgenti LED con installazione ad incasso. Tale elemento è costituito da un corpo in alluminio estruso, chiuso superiormente da uno schermo in vetro trasparente e antiscivolo fissato con silicone, e da una controcassa in alluminio. Per quanto riguarda la fonte luminosa, ci si attesta su valori di 3000 K per la tonalità, un indice di resa cromatica pari ad 80 (accettabile per contesti esterni senza particolari esigenze), un'effi-

cienza luminosa pari a 53 lm/W e Step MacAdams pari a 3 (indice di un lampada di qualità). L'ottica assicura un effetto wall grazing e il sistema di controllo DALI (Digital Addressable Lighting Interface) un buon controllo digitale dell'intero sistema di illuminazione. Per questa soluzione si fa riferimento alle fig. 10 e 11, nonché all'allegato 2. Con i dati contenuti nella scheda tecnica si è verificata anche l'illuminazione prodotta da questo LED, considerando inoltre distanza dall'elemento da illuminare e angolo tra questo e il fascio di luce. Avendo previsto per questa prima casistica una luce radente dal basso verso l'alto i valori sono di 80° per l'angolo di incidenza della luce sulla struttura verticale e di 0,2 m per la distanza tra quest'ultima e la sorgente luminosa. La formula utilizzata per individuare l'illuminamento è:

$$E=I*d*(\cos(\alpha)/57,2)^3$$

dove I è l'intensità luminosa, d la distanza e α l'angolo di cui sopra. Per noi $I=16007$ cd, $d=0,2$ m e $\alpha=85^\circ$. Si ha dunque un valore di $E=243$ lux, che risulta molto buono per la nostra situazione.

Il secondo caso analizzato si riferisce nuovamente al setto murario che limita l'intervento su via Ansperto. Tale struttura viene infatti utilizzata come elemento espositivo, funzione limitata però al solo lato nord,

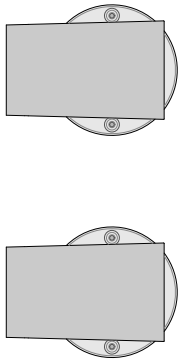


Fig. 12.



Fig. 13.

ossia quella che si affaccia sullo spazio ipogeo. Su tale fronte il muro presenta in sommità una porzione a sbalzo, che funge da copertura per le scale di discesa e da riparo per l'esposizione. Questo oggetto si presta come supporto, garantendo una fonte luminosa dall'alto verso il basso e una distanza dal reperto discreta, assicurando una resa ottimale a livello di allestimento. Considerando le dimensioni del muro e le necessità del museo (dunque la flessibilità dell'esposizione), sono da prevedersi dei binari lungo la pensilina, in modo da permettere un'illuminazione adattabile alle diverse esigenze che si possono presentare. Attingendo alle proposte della stessa azienda, si è considerata però una diversa soluzione tecnologica, prendendo ad esempio il proiettore Palko InOut da 83 mm di diametro (ipotizzando un maggior numero di elementi ma di dimensioni contenute); per tale soluzione si faccia riferimento alle fig. 12 e 13 e all'allegato 3. La scelta del proiettore deriva dalla necessità di avere un elemento con angolazione regolabile a seconda delle esigenze e che potesse avere flessibilità a livello di punti luce. Si tratta sempre di un sistema LED costituito da un vano ottico e basetta in pressofusione di alluminio e vetro di sicurezza sodico-calcico temprato trasparente. In questo caso si è optato per

una classe di isolamento II, con la possibilità di utilizzo di un sistema di controllo DALI. Per quanto riguarda i valori caratteristici, si riportano 2700 K di tonalità, IRC 80, efficienza luminosa pari a 67,2 lm/W e indice MacAdam uguale a 2 (prodotto che emette luce LED ottima). Questi prodotti possono essere utilizzati ad una temperatura dell'ambiente massima di 50°C. Nel caso in cui la temperatura ambiente superi i 40°, il flusso luminoso emesso viene automaticamente ridotto. Anche qui si è calcolato E che, considerando un angolo nullo (in quando si ipotizza di puntare il faretto direttamente sull'elemento in esposizione) e una distanza di 4-5 metri, si ha un valore che tra 129 lux e 202 lux. Tali valori, sebbene non molto alti, possono essere considerati sufficienti per un'esposizione che necessita di luce solamente nelle ore serali, quanto quella naturale svolge un ruolo importante durante la maggior parte delle ore della giornata.

Il terzo caso è la zona espositiva ipogea. Vista la funzione di tali spazi, l'illuminazione consigliata è quella dall'alto, per una migliore percezione degli elementi esposti, come si è già considerato per la situazione precedente. All'interno del nostro progetto, tale soluzione risulta possibile grazie all'utilizzo delle vasche alberate a sbalzo sullo spazio museale. Ponendosi,

nel punto più alto, a circa 3,20 metri dal piano di calpestio, che risulta anche essere il più lontano dal luogo dell'esposizione dei mosaici (disposti orizzontalmente su un piccolo rialzo leggermente inclinato), le vasche fungono da elementi perfetti per il posizionamento del sistema di illuminazione. Quest'ultimo ripropone la soluzione esposta con l'allegato 3. Va sottolineata però la tecnologia con la quale tali elementi vengono installati sulle strutture del progetto (considerazioni valide sia per il secondo che il terzo caso). Queste infatti, essendo prive di finitura superficiale e dunque lasciando il calcestruzzo a vista, presentano al loro interno delle piccole tubature, poste al momento della gettata dell'impasto cementizio. Tali elementi, a perdere nella colata, fungeranno da traccia per il posizionamento dei cavi elettrici necessari all'impianto. Si prevede di posizionare tali condotti (dal diametro di pochi centimetri) nello strato di copriferro, incrementato per assicurare la perfetta copertura dell'impianto (si dovrà prevedere una rete metallica per garantire la stabilità del calcestruzzo).

Considerando ora alla zona dello scavo su via Brisa, si passa all'ultimo caso analizzato, quello dell'illuminazione dell'area archeologica e del volume in oggetto su essa. Considerando gli elementi verticali illuminan-

ti già presenti a piano strada, ci si è focalizzati in particolare sul piano dei resti romani. Si rende necessario un sistema che possa sottolineare la loro presenza all'interno di un contesto che tende a metterli in secondo piano, partendo dall'attuale assenza di illuminazione a quota -3,60 m. A livello progettuale si è partiti dall'idea di enfatizzare le forme e gli elementi focali del sistema palaziale e dunque il percorso circolare, fulcro della struttura romana e riferimento progettuale del volume in oggetto. Oltre a questo punto si è pensato di collocare altri punti luce nello spazio tra il muro di confine e i resti stessi, per sottolineare i limiti e la sagoma complessiva dell'elemento archeologico. Per questi ulteriori elementi risulterà necessario considerare prodotti che prevedano la possibilità di orientare il fascio luminoso, in modo da illuminare maggiormente lo scavo evitando allo stesso tempo l'abbagliamento dell'utente che si affaccia da piano strada. Si è deciso di considerare elementi che permettano un'illuminazione dal basso, più scenografica. Facendo ancora riferimento all'azienda iGuzzini, è stato individuato l'apparecchio tipo, Light Up Walk Professional. Si tratta di un elemento ad incasso con utilizzo di fonti LED, composto da un corpo principale in fusione di alluminio (chiuso da un vetro temprato antiabbagliamen-

to) e da controcassa dello stesso materiale (fig. 14 e 15, allegato 4). Tale modello presenta anche la possibilità di un'ottica orientabile (più o meno 15°) e di versione LED RGB compatibile con un sistema di controllo DMX. Per quanto concerne le caratteristiche del prodotto si ha: 3000 K per la tonalità, IRC 80, 43,6 lm/W per l'efficienza luminosa e 3 per lo Step MacAdam. Per la distribuzione degli elementi illuminanti sul sedime dell'area archeologica viene proposta uno schema di riferimento in fig. 16 (i punti di posa dei faretti indicati in figura sono da considerarsi indicativi). Infine, considerando una distanza pari a 0,5 m, l'intensità luminosa dell'elemento illuminante pari a 931 cd e un angolo di incidenza del fascio luminoso sul resto di circa 15° (che è l'inclinazione permessa dal prodotto stesso), si ha E di circa 100 lux, valore che comunque si confà alle necessità del caso.

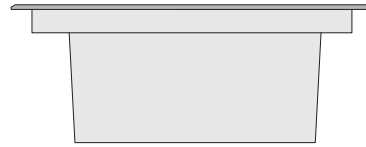
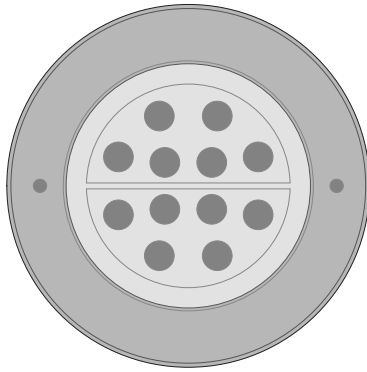


Fig. 14.

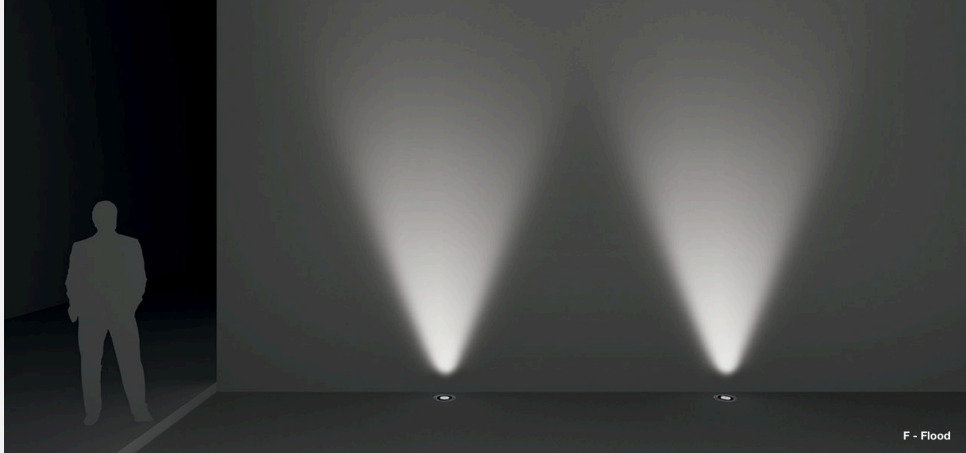


Fig. 15.

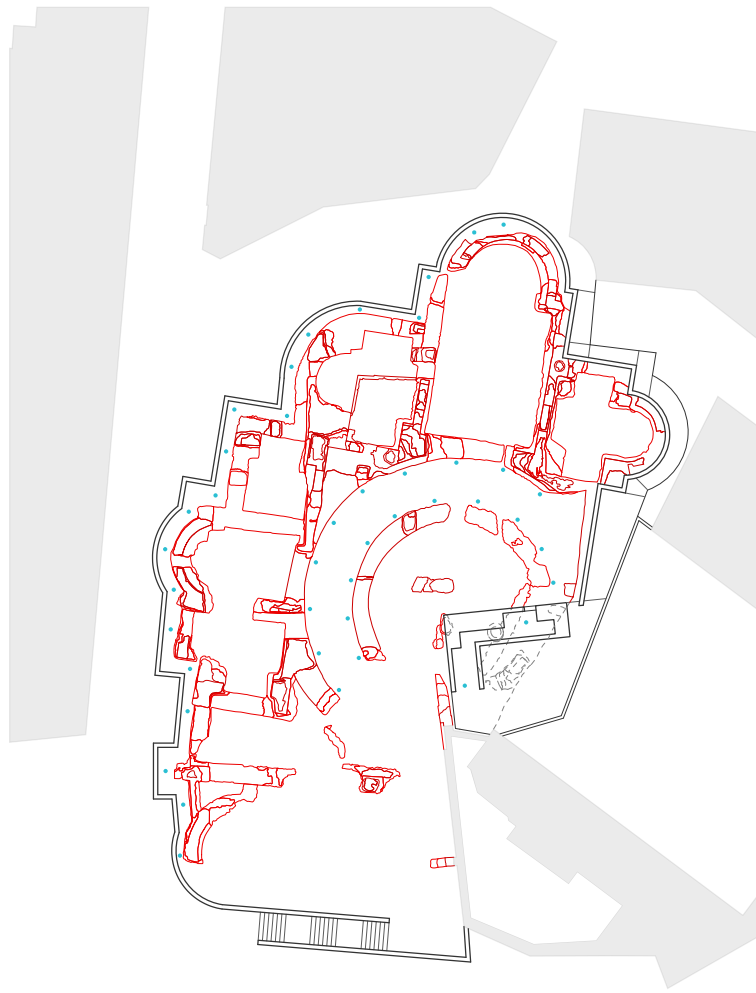


Fig. 16.

8.6 ALLEGATI

8.6.1 Allegati alla relazione tecnologica



LECA

ARGILLA ESPANSA PER SOTTOFONDI, COPERTURE, RIEMPIMENTI, ALLEGGERIMENTI, ISOLAMENTI E CALCESTRUZZI LEGGERI STRUTTURALI.

CAMPI D'IMPIEGO

- Sottofondi di pavimento su solaio.
- Sottofondi contro terra.
- Coperture piane e a falde inclinate.
- Sottotetti.
- Riempimenti in genere.
- Verde e giardini pensili.
- Geotecnica e strade.
- Getti in calcestruzzo leggero strutturale.
- Manufatti.

MODALITÀ D'IMPIEGO

PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

Il solaio o lo strato di supporto devono essere senza crepe e parti incoerenti, resistenti alla compressione e alla trazione, privi di polvere, vernici, cere, olii, ruggine e sfridi di intonaci. Gli eventuali impianti (elettrico, sanitario) posati sul supporto devono essere adeguatamente protetti e distanziati tra loro al fine di evitarne un possibile danneggiamento durante l'esecuzione del sottofondo.

APPLICAZIONI

Leca sfuso

Per sfruttare al meglio le sue caratteristiche isolanti Leca va steso sfuso e semplicemente livellato. Questo può essere fatto dove non ci sono forti pendenze, in coperture piane e nei sottotetti. Leca viene steso e livellato nello spessore voluto; può essere lasciato a superficie libera (ad esempio nei sottotetti non praticabili) o coperto con blocchi di piccolo spessore o con lastre di legno-cemento (sottotetti praticabili).

Leca imboiaccato

È una tecnica, generalmente eseguita da squadre specializzate, utilizzata per fissare tra loro i granuli superficiali di uno strato di Leca sfuso; in tal modo la superficie diventa transitabile per successivi lavori di finitura (cappe, massetti ecc.). Lo strato di Leca sfuso, steso nello spessore desiderato, viene spruzzato superiormente con boiaccia di cemento (miscela di cemento e acqua). La boiaccia può essere resa più o meno fluida variando il rapporto tra acqua e cemento (A/C). Normalmente si usa un rapporto 0,8-1 (1 sacco di cemento da 25 Kg + 20/25 litri d'acqua). A seconda della fluidità, la boiaccia penetra più o meno profondamente nello strato di Leca. È necessario lo strato di finitura.



Leca impastato – Betoncini unigranulari

Sono frequentemente usati quando è richiesta una resistenza meccanica abbinata a caratteristiche di leggerezza ed isolamento termico (strati isolanti di sottofondi, riempimenti leggeri e simili). Nei betoncini l'aderenza tra ferro e calcestruzzo è assai limitata per cui non sono armabili.

Si realizzano con qualsiasi betoniera; la formulazione più usata è:

- 1 m³ (20 sacchi) di Leca nella granulometria desiderata;
- 150 Kg di cemento tipo 32,5;
- 80+90 litri di acqua pulita (meno se il Leca è già bagnato).

In pratica:

si versano nel mescolatore 3 sacchi di Leca (150 litri) e 10 litri d'acqua. Si inserisce in seguito il contenuto di 1 sacco di cemento (25 Kg) e si aggiungono altri 5 litri d'acqua. Per i sottofondi isolanti, non aggiungere sabbia né utilizzare dosaggi più alti di cemento. L'impasto peserebbe di più e sarebbe meno isolante. È necessario lo strato di finitura.

STRATO DI FINITURA

Per la posa di pavimenti o guaine su Leca imboiacciato e/o impastato si deve realizzare un massetto di finitura con premiscelati Lecamix, o tradizionale sabbia e cemento, che regolarizzi la superficie e distribuisca i carichi. Per pavimenti ceramici posati a "fresco" (non incollati) la cappa è costituita dallo stesso letto di posa delle piastrelle. Gli spessori dello strato di finitura variano dai 3 cm per le guaine, ai 5 cm per pavimenti di abitazioni.

ALTRE TIPOLOGIE DI LECA

LECA FRANTUMATO

La produzione di Leca prevede anche la consegna di materiale frantumato nelle denominazioni 0-2, 0-4 e 2-4.

LECA SECCO

Leca è generalmente consegnato con percentuali di umidità variabili; è possibile fare richiesta di materiale secco (umidità circa 1%) in tutte le denominazioni commerciali disponibili.

LECA STRUTTURALE

Leca Strutturale è caratterizzato da un grado di espansione inferiore rispetto al materiale tradizionale con un nucleo poroso interno meno espanso ed una struttura esterna clinkerizzata più spessa e resistente. Questa differente struttura dei granuli conferisce a Leca Strutturale un peso specifico maggiore ed una resistenza alla frantumazione dei granuli decisamente superiore.

MODALITÀ DI CONSEGNA

IN SACCHI

Leca e Leca Secco sono forniti in sacchi di polietilene da 50 litri (20 sacchi/m³) su bancali a perdere da:

- 30 sacchi (1,5 m³) cadauno per la denominazione 0-2.
- 60 sacchi (3,0 m³) cadauno per la denominazione 2-3.
- 75 sacchi (3,75 m³) cadauno per la denominazione 3-8.
- 75 sacchi (3,75 m³) o 80 sacchi (4 m³) per la granulometria 8-20.

Leca 3-8 e 8-20 sono anche disponibili su bancali da 35, 50 o 65 sacchi su ordinazione.

SFUSO

Leca, Leca Secco, Leca Frantumato e Leca Strutturale sono consegnati con autotreno ribaltabile (laterale - posteriore) con portate fino a 65 m³ a seconda della denominazione e del tipo. Su richiesta è possibile fornire diverse denominazioni miscelate tra loro.

POMPATO

Sfuso con autotreni cisternati attrezzati per pompare il materiale in quota sino a 30 m o in orizzontale sino a 80+100 m, oppure in silos. Le portate arrivano fino a 60 m³.

IN BIG BAG

Leca e Leca Strutturale sono consegnati (su richiesta) in big bag da circa 2, 1,5 e 1 m³.

POMPATO CON TECNOLOGIA "LECA PPC"

La tecnologia "PPC" (Pompaggio Pneumatico Continuo) consente di pompare in opera Leca sfuso miscelato con cemento. L'apparecchiatura facilmente trasportabile, consente il rifornimento della boiacca di cemento direttamente dall'autobetoniera e di Leca direttamente dall'autotreno. La produttività media è funzione del tipo di applicazione e può essere valutata intorno ai 120 m³/gg (pari a circa 2 autotreni al giorno) con un dosaggio di cemento da valutarsi a seconda degli impieghi (valore consigliato 250 Kg per m³ di Leca).



CARATTERISTICHE TECNICHE

Leca	Granulare				Frantumato	
	0+2	2+3	3+8	8+20	FRT 0+2	FRT 2+4
Denominazione *	0+2	2+3	3+8	8+20	FRT 0+2	FRT 2+4
Densità Kg/m ³ circa **	680	480	380	350	600	350
Resistenza alla frantumazione dei granuli N/mm ² (UNI EN 13055-1) **	5,0	3,0	1,5	1,0	-	-
Conducibilità termica certificata λ [W/mK] (UNI EN 12667)	0,12	0,10	0,09	0,09	0,10	0,08
Fattore di resistenza al vapore d'acqua (UNI EN ISO 10456)	μ=2 (campo asciutto)					
Permeabilità al vapore	δ=93,8*10 ⁻¹² kg/msPa					
Calore specifico c [J/(kgK)]	1000					
Reazione al fuoco (D.M. 10/03/2005)	Euroclasse A1 (incombustibile)					
Scheda di Sicurezza	disponibile on-line sul sito www.leca.it					
Ecobiocompatibilità (ANAB-ICEA per la Bioarchitettura)	disponibile on-line sul sito www.leca.it					
Marchatura CE	UNI EN 13055-1 – UNI EN 14063-1 – UNI EN 13055-2					

Leca Secco	Granulare				Frantumato	
	0+2	2+3	3+8	8+20	FRT 0+2	FRT 2+4
Denominazione *	0+2	2+3	3+8	8+20	FRT 0+2	FRT 2+4
Densità Kg/m ³ (UNI EN 1097-3) circa **	560	440	350	320	560	330
Resistenza alla frantumazione dei granuli N/mm ² (UNI EN 13055-1) **	5,0	3,0	1,5	1,0	-	-
Conducibilità termica certificata λ [W/mK] (UNI EN 12667)	0,12	0,10	0,09	0,09	0,10	0,08
Fattore di resistenza al vapore d'acqua (UNI EN ISO 10456)	μ=2 (campo asciutto)					
Permeabilità al vapore	δ=93,8*10 ⁻¹² kg/msPa					
Calore specifico c [J/(kgK)]	1000					
Reazione al fuoco (D.M. 10/03/2005)	Euroclasse A1 (incombustibile)					
Scheda di Sicurezza	disponibile on-line sul sito www.leca.it					
Ecobiocompatibilità (ANAB-ICEA per la Bioarchitettura)	disponibile on-line sul sito www.leca.it					
Marchatura CE	UNI EN 13055-1 – UNI EN 14063-1 – UNI EN 13055-2					



Leca Strutturale	Granulare		
	0+5	5-15	0-15
Denominazione *			
Densità Kg/m ³ (UNI EN 1097-3) circa **	720	600	700
Resistenza alla frantumazione dei granuli N/mm ² (UNI EN 13055-1) **	≥12,0	≥5,0	≥9,0
Conducibilità termica certificata λ [W/mK] (UNI EN 12667)	0,12	0,12	0,13
Fattore di resistenza al vapore d'acqua (UNI EN ISO 10456)	μ=2 (campo asciutto)		
Permeabilità al vapore	δ=93,8*10 ⁻¹² kg/msPa		
Calore specifico c [J/(kgK)]	1000		
Reazione al fuoco (D.M. 26/06/1984)	Euroclasse A1 (incombustibile)		
Scheda di Sicurezza	disponibile on-line sul sito www.leca.it		
Ecobiocompatibilità (ANAB-ICEA per la Bioarchitettura)	disponibile on-line sul sito www.leca.it		
Marchatura CE	UNI EN 13055-1 – UNI EN 14063-1 – UNI EN 13055-2		

* La voce "Denominazione" non si riferisce al diametro in mm dei granuli di Leca ma è un'indicazione di carattere commerciale.

** Le densità e le resistenze riportate sono indicative e medie sui controlli annuali di produzione di ogni Unità Produttiva con uno scostamento del ± 15% come da Norma UNI EN 13055-1. Per informazioni più dettagliate e aggiornate richiedere all'Assistenza Tecnica Laterite le schede prodotto di ogni unità produttiva.

Per specifiche applicazioni delle denominazioni 0+2 e 2+3 in manufatti "acciaivista", vanno osservati particolari accorgimenti (contattare l'Assistenza Tecnica Laterite).

VOCI DI CAPITOLATO

LECA SFUSO

Strato di isolamento termico e/o alleggerimento costituito da argilla espansa "Leca", denominazione ..., stesa e costipata, compresa la sistemazione a livello. Spessore finito cm ...

LECA IMBOIACCATO

Strato di isolamento termico e/o alleggerimento costituito da argilla espansa "Leca", denominazione 3-8 o 8-20, stesa, costipata e successivamente imboiaccata nella parte superiore con boiaccia di cemento 32,5 (a/c 0,8 - 1, con consumo medio di cemento di circa 12-15 Kg per m²), compresa la sistemazione a livello. Spessore finito cm ...

LECA IMPASTATO

Strato di isolamento termico e/o alleggerimento in argilla espansa "Leca", denominazione 3-8 o 8-20, impastato con cemento tipo 32,5 in ragione di 1,5 q.li di cemento per ogni m³ di Leca. Steso, battuto e spianato nello spessore di cm ...

CALCESTRUZZI LEGGERI STRUTTURALI

Calcestruzzo leggero strutturale costituito da argilla espansa "Leca e/o Leca Strutturale", inerti naturali, cemento tipo ... e additivi. Densità a secco del calcestruzzo a 28 gg. ... (da 1400 sino a 2000 Kg/m³). Resistenza media a compressione a 28 giorni determinata su cubetti confezionati a piè d'opera ... (da 15 a 50 N/mm²).

Laterite
ASSISTENZA TECNICA

20149 Milano – Via Correggio, 3 Tel 02-48.01.19.62 – Fax 02-48.01.22.42 www.leca.it – infoleca@leca.it

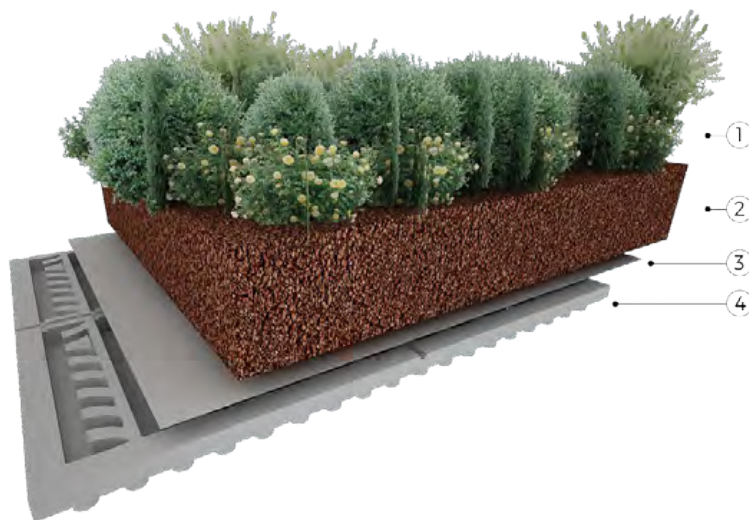
La presente Scheda Tecnica non costituisce specifica. I dati riportati, pur dettati dalla nostra migliore esperienza e conoscenza, sono puramente indicativi. Sarà cura dell'utilizzatore stabilire se il prodotto è adatto o non adatto all'impiego previsto, assumendosi ogni responsabilità derivante dall'uso del prodotto stesso. Laterite si riserva il diritto di cambiare confezione e quantitativo in esso contenuto senza nessun preavviso. Verificare che le revisioni della scheda sia quella attualmente in vigore. I prodotti Laterite sono destinati al solo uso professionale.

Edizione 11/2017 – Revisione 01

DAKU INTENSIVO PLUS consente una grande libertà progettuale, è un' upgrade della versione standard dalla quale si differenzia per i maggiori volumi di substrato, spesso utilizzati con spessori differenziati, che consentono una modellazione articolata della superficie del giardino e l'utilizzo di una vastissima quantità di specie che vanno dalle tappezzati agli arbusti fino agli alberi di terza grandezza.

Sono interventi piuttosto complessi dove la progettazione assume importanza rilevante e spesso richiede una equipe di esperti che devono considerare gli aspetti relativi alla struttura del giardino, alla vegetazione, alle parti pedonabili e ai numerosi impianti (irrigazione, elettrico, illuminazione, audio ecc.).

Per la realizzazione è necessario disporre di maestranze con elevate competenze e con grande esperienza di lavoro su coperture in quanto i tanti aspetti legati alla realizzazione e le interferenze che essi hanno possono essere occasione di complesse problematiche operative. Il sistema **DAKU INTENSIVO PLUS** conforme alle prescrizioni della UNI 11235/2015 soddisfa i parametri di efficienza e sostenibilità.



COMPONENTI DEL SISTEMA

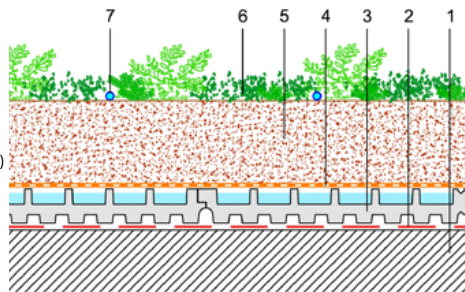
1. Vegetazione tappezzante-arbusti
2. Substrato DAKU ROOF SOIL 1, spessore 20 cm (assestati)
3. Filtro DAKU STABILFILTER SFI
4. Pannello di accumulo e drenaggio DAKU FSD 20

INTENSIVO PLUS

SISTEMI

STRATIGRAFIA

1. Solaio pendenziato
2. Manto impermeabile antiradice
3. DAKU FSD 20
4. DAKU STABILFILTER SFI
5. DAKU ROOF SOIL 1 (sp. 20 cm assestati)
6. Vegetazione tappezzante-arbusti
7. Impianto di irrigazione a goccia



COMPOSIZIONE DEL SISTEMA

Strato di protezione meccanica, elemento drenante e di accumulo idrico: DAKU FSD 20, in polistirene espanso sinterizzato, con massa grezza 25 kg/mc ca, spessore 82 mm e capacità di accumulo idrico pari a 13,1 lt/mq ca. Capacità drenante sul piano a 20 kPa ($i=0.01$) non inferiore a 1,44 lt/ms; Capacità drenante verticale non inferiore a 0,73 lt/mqs; Volume d'aria libera con massimo accumulo idrico non inferiore a 21,5 lt/mq.

Elemento filtrante: DAKU STABILFILTER SFI, geotessile stabilizzante in fibre di polipropilene, spessore mm 1,50 (a 2kPa) dal peso di 260 gr/mq (+/-10%). Indice di velocità VIH=50 di 75 mm/s (-30%), con apertura caratteristica dei pori $d=90\%$ di 0,07 mm (+/-30%).

Strato colturale: DAKU ROOF SOIL 1 costituito da DAKU KOMPOST e mix di inerti vulcanici, avente una granulometria entro i limiti definiti dal fuso granulometrico della UNI 11235/2015 e dalla massa volumica apparente secca compresa tra 700 e 800 kg/mc, un peso a saturazione di campo inferiore a 1,175 kg/ mc, PH compreso tra 7/8, CSC non inferiore a 18,4 mq/100g, capacità di ritenzione idrica (pF07) non inferiore a 45% v/v, acqua disponibile non inferiore a 35% v/v; posa in ragione di 20 cm assestati.

Fertilizzante di completamento: DAKU PLUS I a lento e graduale rilascio dei nutrienti, in granuli ricoperti, in ragione di 5 gr/mq x ogni cm di substrato; Azoto Totale 13%, Anidride Fosforica (solubile acqua) 20%, Ossido di Potassio 9%

Strato vegetale: tappezzante mista, posata in ragione di 9 piante/mq fornite in vaso 9 (70% della superficie); essenze arbustive di piccola taglia, posate in ragione di n. 7 piante/mq, fornite in vaso 13 (30% della superficie).

Impianto irriguo: sistema automatico programmabile con tubazione disperdente a goccia.

Elementi di ispezione alle bocchette di scarico: DAKU CONTROLLER, pozzetti in lega di alluminio-magnesio dotati di fessurazioni atte a garantire il deflusso e l'aerazione, compreso coperchio drenante.

Tutti i prodotti DAKU impiegati sono conformi ai requisiti previsti dalla UNI 11235/2015.

CARATTERISTICHE TECNICHE

Spessore assestato del sistema (escluso vegetazione)	cm ca.	28,00
Peso a saturazione di campo (escluso vegetazione)	kg/mq	251,00
Acqua totale disponibile per la vegetazione	l/mq	87,00
Volume d'aria del sistema a pF1	l/mq	79,00

I dati tecnici riportati nella presente scheda tecnica sono valori medi di produzione e descrizione del prodotto. DAKU ITALIA S.r.l. si riserva il diritto di apportare in qualsiasi momento eventuali modifiche per un miglioramento del prodotto: l'utilizzatore è tenuto a verificare di essere in possesso di schede tecniche aggiornate.



Daku Italia s.r.l.
Via XIII Martiri, 28
30027 San Donà di Piave (VE) - Italy
P.I./C.F. 02972700278

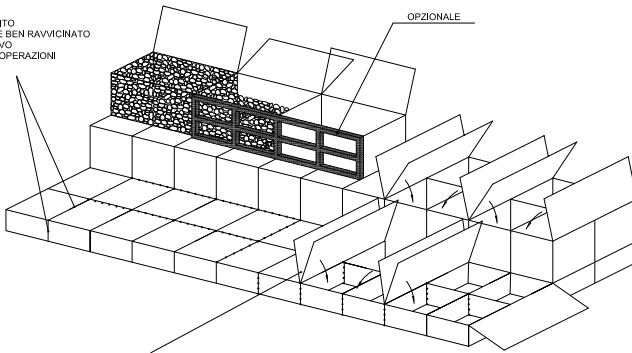
www.daku.it
daku@daku.it
Tel. +39 0421 51864
Fax: +39 0421 334491



ASSEMBLAGGIO GABBIONI

I GABBIONI DOVRANNO ESSERE ALLINEATI E CONNESSI L'UNO ALL'ALTRO PRIMA DELLA FASE DI RIEMPIMENTO CON PIETRE. OGNI CONNESSIONE PANNELLO-PANNELLO GABBIONE-GABBIONE DOVRA' ESSERE REALIZZATA PRIMA DEL RIEMPIMENTO.

OGNI ELEMENTO DEVE ESSERE BEN RAVVICINATO AL SUCCESSIVO DURANTE LE OPERAZIONI LEGATURA



I GABBIONI DEVONO ESSERE POSIZIONATI SCHIENA CONTRO SCHIENA, FACCIA CONTRO FACCIA AL FINE DI RENDERE PIU' SPEDITIVE E AGEVOLI LE OPERAZIONI DI RIEMPIMENTO E LEGATURA.

TABELLE TOLLERANZE

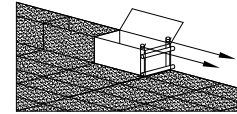
DIMENSIONE MAGLIA		
MAGLIA TIPO	D (mm)	TOLLERANZA
8X10	80	-0/+10%
		-0/+8%



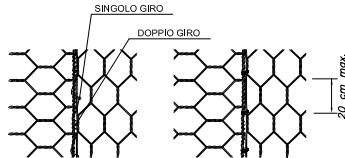
UNI EN 10223-3:2013
Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione

TOLLERANZA DIAMETRO FILO (T1)						
Ø mm	2.2	2.4	2.7	3.0	3.4	3.9
± mm	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07

UNI EN 10218-2



PER RENDERE PIU' AGEVOLE L'ALLINEAMENTO PUO' ESSERE UTILIZZATA UNA DIMA DA APPOGGIARE AGLI ELEMENTI VUOTI. PER ASSICURATE CHE OGNI ELEMENTO SIA MONTATO ED INSTALLATO CORRETTAMENTE RISPETTO AGLI ALTRI



ISTRUZIONI DI LEGATURA

TOLLERANZA SULLE DIMENSIONI NOMINALI DEI GABBIONI			
TIPO	LUNGHEZZA	LARGHEZZA	ALTEZZA SPESSORE
GABBIONI	±5%	±5%	±5%

Il presente disegno è una rappresentazione grafica di un prodotto che può essere soggetto a variazioni di forma e dimensioni senza preavviso. Le tolleranze sono indicate in base alle norme UNI EN 10223-3:2013 e UNI EN 10218-2:2004. Il cliente è pregato di verificare le dimensioni reali del prodotto prima dell'installazione. Il presente disegno è una rappresentazione grafica di un prodotto che può essere soggetto a variazioni di forma e dimensioni senza preavviso. Le tolleranze sono indicate in base alle norme UNI EN 10223-3:2013 e UNI EN 10218-2:2004. Il cliente è pregato di verificare le dimensioni reali del prodotto prima dell'installazione.

LxWxH (m)			DIAFRAMMI (N)	TIPO MAGLIA	DIAMETRO FILO	RIVESTIMENTO
L.	W.	H.				
2	1	0.50	1	6 x 8	Ø 2,7mm	GALMAC (Zn+Al5%)
3	1	0.50	2			
4	1	0.50	3			
1.5	1	1	1	8 x 10	Ø 2,7mm Ø 3,0mm	GALMAC (Zn+Al5%) GALMAC (Zn+Al5%) INSTRUTTORE PLASTICATO
2	1	1	1			
3	1	1	2			
4	1	1	3			

DIMENSIONI NOMINALI UNI EN 10223-3:2013

Linee Guida per la certificazione di idoneità tecnica all'impiego e l'utilizzo di prodotti in rete metallica a doppia torsione
Nota: a contatto con acqua sono da utilizzare prodotti in rete doppia torsione realizzati con filo plastificato

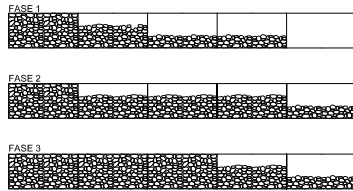
Rev.	Note	Dis.	Ver.	Data:	Titolo Disegno: MURI IN GABBIONI Disegno 10 Scalas: 1:100 Proposta Ns: Nome file: TD-GabionWall-Ita2014.dwg Rev: 00	Tecnico: M.V. Disegnatore: N.B. Verifica: F.F.	Data: 03/04/14 03/04/14 03/04/14	DISEGNO TIPO NON ESECUTIVO
------	------	------	------	-------	--	---	---	-----------------------------------

MACCAFERRI
OFFICINE MACCAFERRI S.p.A.
 Via Kennedy, 10 - Zola Predosa (Bologna) - Italia
 Tel. +39 051 6436000 - Fax +39 051 6436201
 e-mail: cont.off@maccaferri.com - Web: www.maccaferri.com

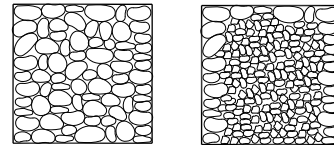
file drawing - 10 - 03030908 - 102014.dwg

RIEMPIMENTO DEI GABBIONI

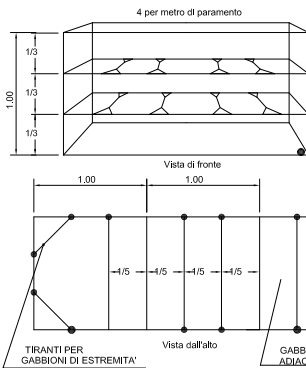
I GABBIONI DEVONO ESSERE RIEMPI TI CON MATERIALE LAPIDEO NON GELIVO, CON PEZZATURA NON SUPERIORE A 250 mm E DI DIMENSIONI NON INFERIORI A QUELLE DELLA MAGLIA. LE DIMENSIONI OTTIMALI VARIANO TRA 75 mm E 200 mm.



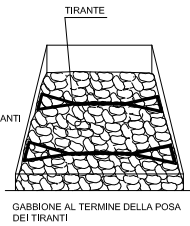
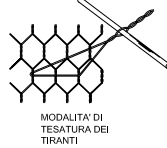
1) IL RIEMPIMENTO, MANUALE E MECCANICO, DEVE AVVENIRE IN STRATI DI 300 mm PARTENDO DALL'ESTREMITA' DELLA FILA DI GABBIONI CHE E' COLLEGATA ALLA SERIE RIEMPI TI IN PRECEDENZA.



2) IL MATERIALE DEVE ESSERE BEN ASSESTATO PER GARANTIRE UN ELEVATO ADDENSAMENTO ED EVITARE DEFORMAZIONI DURANTE O DOPO LA POSA.



3) AL TERMINE DI OGNI STRATO DI RIEMPIMENTO SI DOVRANNO REALIZZARE DEI TIRANTI IN FILO METALLICO SECONDO LO SCHEMA INDICATO A LATO; QUESTI CONSENTIRANNO DI EVITARE DEFORMAZIONI INDESIDERATE DELLA STRUTTURA. AGLI ANGOLI SI DOVRANNO POSIZIONARE DEI TIRANTI POSTI A 45° COSI' COME INDICATO IN PIAN TA; NEI GABBIONI ALTI 1 m SI POSIZIONERANNO AD 1/3 E A 2/3 DELL'ALTEZZA, IN QUELLI ALTI 0.50 m SI POSIZIONERANNO A META' ALTEZZA DEI TIRANTI



GABBIONE AL TERMINE DELLA POSA DEI TIRANTI



4) AL TERMINE DEL RIEMPIMENTO SI CHIUDE E SI FISSA IL COPERCHIO CON LEGATURE O PUNTI, (VEDI FIGURA SOPRA), PER FACILITARE UNA CORRETTA GIUNZIONE SI PUO' USARE UNA LEVA O L'APPPOSITO ATTREZZO RAFFIGURATO SULLA DESTRA



Il presente disegno è di proprietà intellettuale di Maccaferri S.p.A. e non può essere copiato, ristampato o utilizzato senza permesso scritto dalla Maccaferri S.p.A. Le informazioni tecniche e i dati sono quelli in vigore al momento della stampa. Maccaferri S.p.A. si riserva il diritto di modificare senza preavviso le informazioni tecniche e i dati.

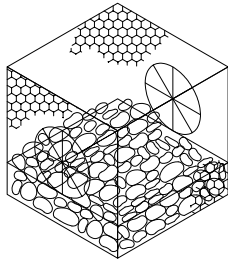
		Titolo Disegno: MURI IN GABBIONI Disegno 11	Tecnico: M.V.	Data: 03/04/14	DISEGNO TIPO NON ESECUTIVO
		Scala: - Proposta No:	Disegnatore: N.B.	Data: 03/04/14	
Rev:	Notes:	Nome file: TD-GabionWallHta2014.dwg	Verifica: F.F.	Data: 03/04/14	

MACCAFERRI

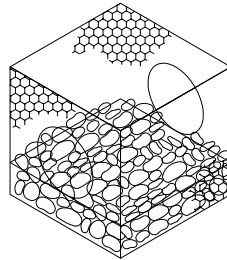
OFFICINE MACCAFERRI S.p.A.

Via Kennedy, 10 - Zola Predosa (Bologna) - Italia
 Tel. +39 051 6436000 - Fax +39 051 6436201
 e-mail: cont.off@maccaferri.com - Web site: www.maccaferri.com

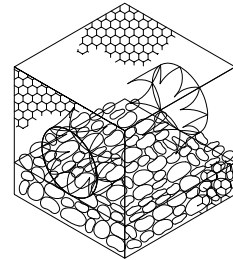
File Drawing - TD-GabionWallHta2014.dwg



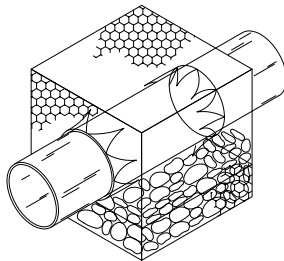
1.) SAGOMARE ENTRAMBE LE FACCE DEL GABBIONE IN BASE ALL' AREA DEL TUBAZIONE



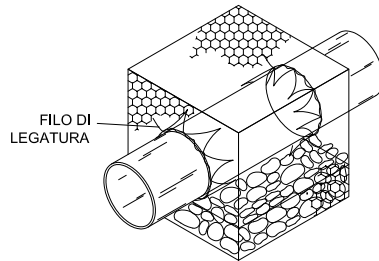
2.) RIEMPIRE IL GABBIONE CON PIETRAME FINO A RAGGIUNGIMENTO DELLA QUOTA INSERIMENTO DELLA TUBAZIONE



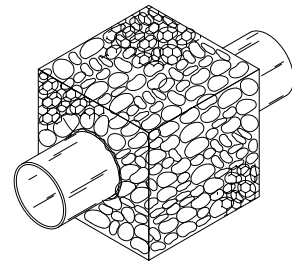
3.) PIEGARE ALL'INTERNO LA RETE DEL GABBIONE SAGOMATA



4.) INSERIRE IL TUBO ALL' INTERNO DEL GABBIONE



5.) ASSICURARE E CHIUDERE IL CERCHIO CREATO CON FILO DI LEGATURA



6.) RIEMPIRE IL GABBIONE COMPLETAMENTE. IL PIETRAME SOTTO E ATTORNO LA TUBAZIONE DEVE ESSERE BEN DISTRIBUITO ONDE EVITARE CEDIMENTI

Il presente disegno è di proprietà intellettuale di Maccaferri S.p.A. e non può essere copiato, ristampato, distribuito o utilizzato in alcun modo senza il permesso scritto della Maccaferri S.p.A. La Maccaferri S.p.A. si riserva il diritto di modificare senza preavviso il presente disegno e di utilizzarlo in qualsiasi modo e in qualsiasi luogo senza alcun obbligo di risarcimento. Il presente disegno è valido solo per il progetto a cui è riferito e non può essere utilizzato per altri scopi. Per informazioni e richieste di permesso, contattare il servizio clienti Maccaferri al numero verde 800 20 20 20.



Rev.	Notes	Dis.	Ver.	Data:	Titolo Disegno: MURI IN GABBIONI Disegno 13	Tecnico: M.V.	Data: 03/04/14	DISEGNO TIPO NON ESECUTIVO
					Scala: - Proposta No:	Disegnatore: N.B.	Data: 03/04/14	
					Nome file: TD-GabionWalHta2014.dwg	Rev: 00	Verifica: F.F.	Data: 03/04/14

MACCAFERRI

OFFICINE MACCAFERRI S.p.A.

Via Kennedy, 10 - Zola Predosa (Bologna) - Italia

Tel. +39 051 6436000 - Fax +39 051 6436201

e-mail: com.offitd@maccaferri.com - Website: www.maccaferri.com

File Drawing - TD-GabionWalHta2014.dwg

maxiP maxiPOCKET

piattaforma multiuso a scomparsa



■ A SCOMPARSA TOTALE

maxiPOCKET è l'innovativa soluzione studiata appositamente per la movimentazione verticale di persone e cose quando si desidera la totale scomparsa della cabina al piano superiore. Progettato per soddisfare particolari esigenze estetiche e funzionali, maxiPOCKET si integra alla perfezione in contesti di elevato valore storico ed architettonico.

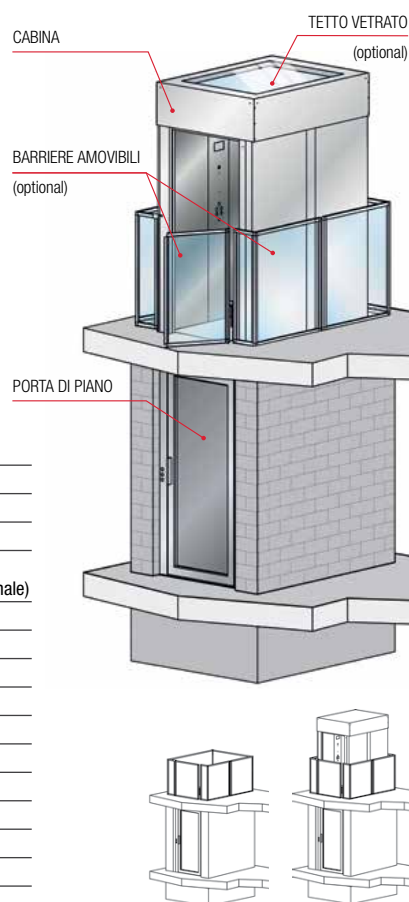
■ NATO PER COLLEGARE AMBIENTI INTERNI ED ESTERNI

Uno degli utilizzi più diffusi dell'impianto, è il collegamento di una zona coperta o chiusa (loggia, garage, taverna ecc) ad una zona esterna e priva di coperture (terrazzo, giardino/piscina, piano stradale ecc.).

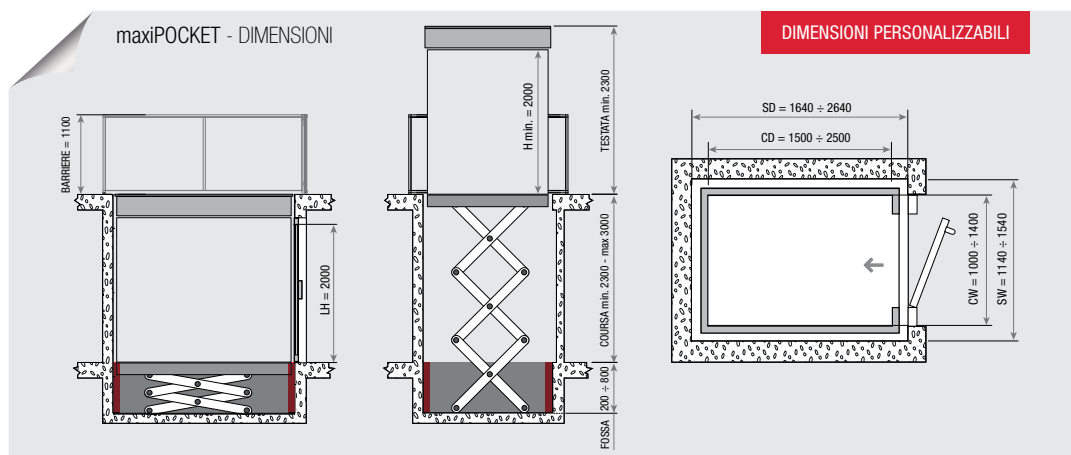
■ MINI-CARGO MULTI-USO

La tecnologia costruttiva di maxiPOCKET consente di usarlo in totale sicurezza anche come piccolo montacarichi, in quanto la trazione oleodinamica a pantografo, consente il sollevamento di carichi fino a 1000 kg.

Corsa massima (H max):	3000 mm
Dimensioni cabina (L1xL2):	1000 ÷ 1400 x 1500 ÷ 2500 mm ^(B)
Testata min.:	H interno cabina + 300 mm
Profondità fossa:	Variabile da 200 a 800 mm (in funzione di portata, corsa e lunghezza pianale)
Fermate max:	2
Trazione:	Oleodinamica a doppio pantografo
Manovra:	Manuale ad uomo presente (a pulsanti)
Velocità:	5 cm/s
Cicli/ora:	10 max
Alimentazione:	230 Vac monofase / 400 Vac trifase (optional)
Potenza nominale max:	1,5 kW @ 230 Vac / 3,0 kW @ 400 Vac
Assorbimento max:	8 A (monofase) / 10 A (trifase)
Quadro elettrico e centralina oleodinamica:	In locale macchine separato
Norma di riferimento:	D.M. 2006/42/CE

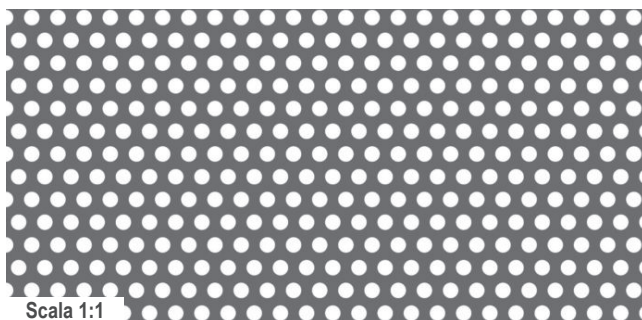


(B) Misure variabili (entro i limiti indicati)



6

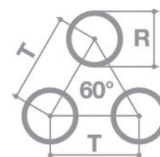




Scala 1:1

R 3

T 5



FORI TONDI ALTERNATI A 60° - VUOTO/PIENO 33%

Materiali	Lamiere (mm)	Spessori (mm)
▲ Acciaio al carbonio (ferro)	1000 x 2000	0,5
▲ Acciaio al carbonio (ferro)	1000 x 2000	0,75 - 1 - 1,5 - 2 - 3
▲ Acciaio al carbonio (ferro)	1250 x 2500	1 - 1,5 - 2
▲ Acciaio al carbonio (ferro)	1500 x 3000	1 - 1,5 - 2
▲ Acciaio zincato (Sendzimir)	1000 x 2000	0,5 - 0,75 - 1 - 1,5 - 2
▲ Acciaio zincato (Sendzimir)	1250 x 2500	0,75 - 1 - 1,5
▲ Acciaio zincato (Sendzimir) Z275	1250 x 2500	0,75
▲ Acciaio zincato (Sendzimir)	1250 x 2500	2
▲ Acciaio zincato (Sendzimir)	1500 x 3000	1 - 1,5
▲ Acciaio Inox (AISI 304)	1000 x 2000	0,5 - 0,8 - 1 - 1,5 - 2
▲ Acciaio Inox (AISI 304)	1250 x 2500	1 - 1,5
▲ Acciaio Inox (AISI 304)	1500 x 3000	1 - 1,5
▲ Acciaio Inox (AISI 316)	1000 x 2000	0,8 - 2
▲ Acciaio Inox (AISI 430)	1250 x 2500	0,8
▲ Alluminio	1000 x 2000	1 - 1,5
▲ Alluminio	1000 x 2000	2
▲ Alluminio	1250 x 2500	1 - 1,5 - 2



GRAVEL



Strong, frost-resistant gravel sheet in HDPE

for a functional and stable gravel surface, that is perfectly water-permeable.

INFO



- ✦ Frost-resistant gravel sheet in HDPE with high compressive strength
- ✦ Increased resistance against torsional loads due to plastic reinforcements between cells
- ✦ Polyester geotextile: very strong, does not rot and no risk of silting up due to the open structure
- ✦ Very easy to use: can be transported and installed easily and fast thanks to pliable size
- ✦ Perfectly walkable and rideable



INSTALLATION

1. SUB-BASE

Limestone rubble, porphyry rubble or broken concrete rubble (0-32 mm or 0-40 mm). We do not recommend brick rubble, as this is ultimately pulverised.

2. LEVELLING LAYER

The levelling layer can consist of:

- + sieved sand
- + limestone or porphyry 2-4 mm, 1-3 mm, 0-4 mm

3. HONEYCOMB GRID

A thicker grid offers a better distribution across the substrate.

4. SURFACE LAYER

The honeycomb structure should be just covered with gravel (size 4-16 mm).

For finer gravels this will be approximately 1 cm, for coarser gravels 2 cm.

TECHNICAL

☒ DIMENSIONS SHEET 160 X 120 CM

HEIGHT 4 CM (ECCO GRAVEL 40)

3 CM (ECCO GRAVEL 30)

DIAMETER HONEYCOMB 43 MM

□ Density HDPE 0,95 g/cm³

☒ MATERIAL 100% HDPE - HIGH DENSITY POLYETHYLENE

↑↓ COLOUR

white, grey or black

📦 BREAKING STRAIN UNFILLED ISO 844 -

90 TONNES/M²

BREAKING STRAIN FILLED ISO 844 -

UP TO 400 TONNES/M²

⚙️ APPLICATIONS

- + Driveways
- + Parking areas
- + Garden and foot paths, terraces
- + Camping sites, ...

Scheda Dati Tecnici

Versione 12 - Revisione 08/2018

KRION®
PORCELANOSA SOLID SURFACE

KRION®

01 NOME COMMERCIALE / FORNITORE

Nome commerciale: KRION®
 Fornitore: SYSTEMPOOL S.A.
 Ctra. Villarreal - Puebla de Arenoso (CV-20), Km. 1 - P.O.Box 372
 12540 Vila-real (Castellón) SPAGNA
 www.krion.com - krion@krion.com / www.system-pool.com - system-pool@system-pool.com
 Tel. / Fax: (+34) 964 50 64 64 / (+34) 964 50 64 81

02 DESCRIZIONE DEL PRODOTTO

Il KRION® è una superficie solida (Solid Surface) di nuova generazione messa a punto da SYSTEMPOOL S.A., azienda del Gruppo PORCELANOSA.

È un materiale caldo e morbido al tatto, solido, dalla massa omogenea, non poroso, disponibile sia in lastre che in figure eseguite con stampi. Inoltre, consente l'unione di pezzi diversi in modo tale che la giunzione sia impercettibile all'occhio umano.

Il materiale KRION® è igienico, inerte, non tossico, praticamente ignifughi, a manutenzione ridotta e riparabile e si presta a numerose trasformazioni. Inoltre, presenta notevole resistenza agli agenti chimici, al vapore e agli agenti atmosferici.

La combinazione delle caratteristiche estetiche e tecniche fa del KRION® la soluzione ideale per numerosi quali: arredo, cucina, stanza da bagno, nautica, rivestimenti e architettura.

03 COMPOSIZIONE

Materiale composto per due terzi da minerale naturale (ATH: triidrato di allumina) e per un terzo da resine acriliche (PMMA) di ultima generazione messe a punto da SYSTEMPOOL S.A.

La composizione esclusiva conferisce al materiale KRION® le caratteristiche estetiche e tecniche del minerale che lo compone potendo abbinarle alle caratteristiche tecniche dei polimeri per ottenere particolarità esclusive quali: proprietà antibatteriche senza alcun tipo di additivo, durezza, resistenza, durezza, resistenza, manutenzione ridotta nonché riparazione e pulizia agevoli. Per ulteriori informazioni, prendere visione delle schede di sicurezza del materiale sul sito www.krion.com.

04 PRODOTTI IN SERIE

KRION® Lastre

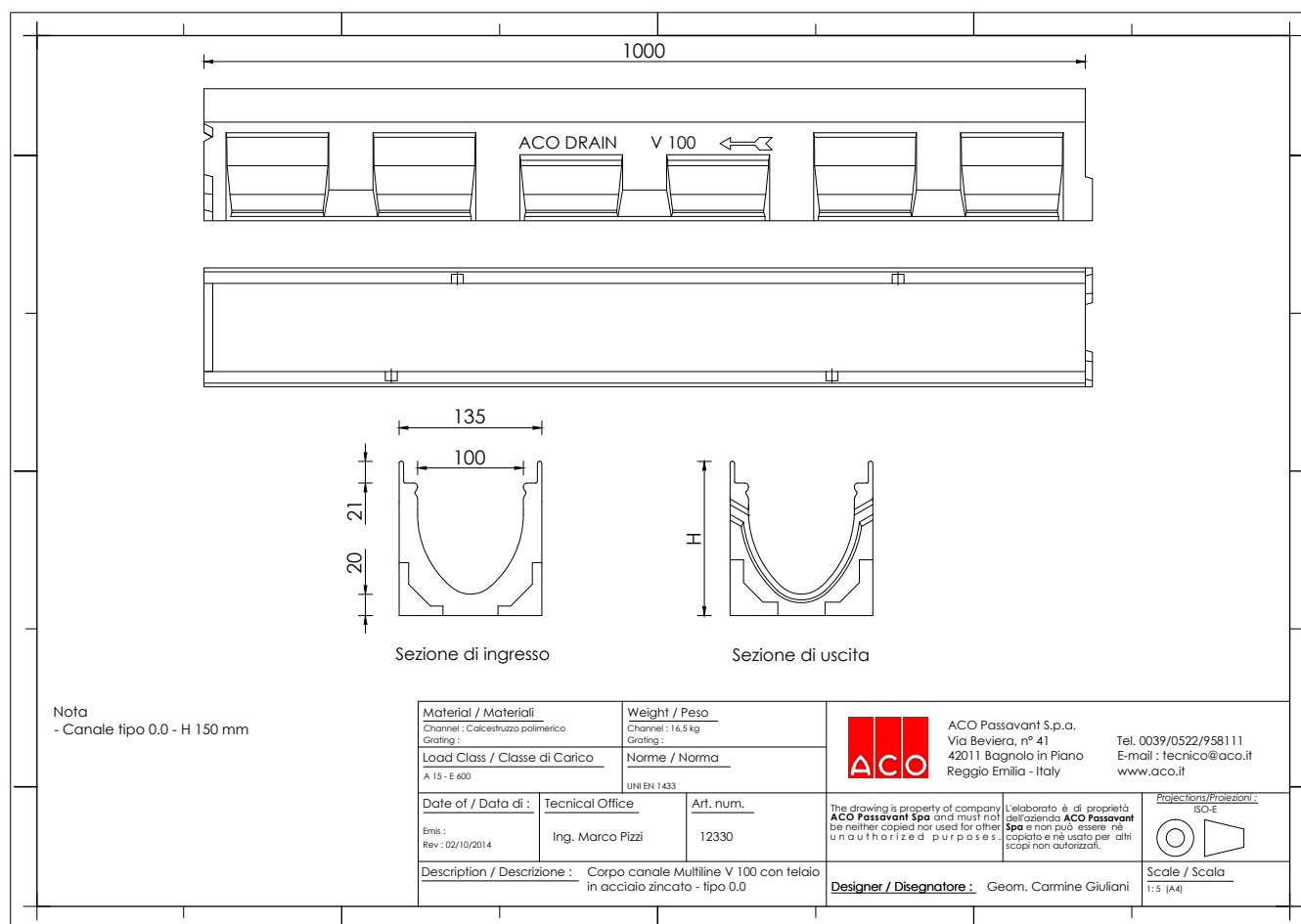
Il KRION® è disponibile in diversi formati e spessori standard, ma su ordinazione di un quantitativo minimo è possibile produrre formati speciali.

SPESORE	FORMATI	SNOW WHITE EAST	COLORS SERIES	COLORS+ SERIES	LIGHT SERIES	NATURE SERIES	STAR SERIES	ROYAL SERIES	ASTEROID SERIES	ROYAL+ SERIES	LUXURY SERIES	OPALE SERIES	TERRAZZO SERIES
3 mm - 1/8"	2500 x 760 mm - 98 3/16" x 30"	✓											
	2500 x 930 mm - 98 3/16" x 36 5/8"	✓											
6 mm - 1/4"	2500 x 760 mm - 98 3/16" x 30"	✓	✓	✓	✓ *	✓	✓						
	2500 x 930 mm - 98 3/16" x 36 5/8"	✓											
	3680 x 760 mm - 145" x 30"	✓											
9 mm - 3/8"	3680 x 930 mm - 145" x 36 5/8"	✓											
	3680 x 760 mm - 145" x 30"	✓											
12 mm - 1/2"	3680 x 760 mm - 145" x 30"	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	3680 x 930 mm - 145" x 36 5/8"	✓											
	3680 x 1350 mm - 145" x 53 3/16"	✓											
19 mm - 3/4"	3680 x 760 mm - 145" x 30"	✓											

* Disponibile solo per il colore EXTREME LIGHT (4102).

8.6.2 Allegati alla relazione impiantistica

Si veda 8.5.1 Impianto di raccolta e di riutilizzo delle acque meteoriche



Allegato 1

Multiline Linea Luce

ACO DRAIN® Multiline Linea luce, con la gamma Sideline, Lightpoints ed Eye-leds, fornisce soluzioni di drenaggio con luce integrata per la progettazione di aree pubbliche, ingressi, strade di accesso di particolare pregio architettonico.

ACO Sideline



Il sistema ACO Sideline è il risultato di una perfetta simbiosi tra esigenza funzionale di drenaggio ed esigenza progettuale di design, ottenuta attraverso l'inserimento di una barra con tecnologia LED accanto alla fessura della caditoia Multiline.

- disponibile in acciaio zincato e acciaio inox
- larghezza nominale 100 mm
- larghezza della barra LED 29 mm
- grado di protezione IP 68
- cavo di collegamento impermeabile
- LED disponibile in 7 colori: rosso, giallo, verde, blu, bianco freddo, bianco caldo
- LED disponibile anche in RGB, arcobaleno, con effetti dinamici in diverse gradazioni di colore
- classe di carico C 250
- conforme alla EN 1433
- barre LED sostituibili senza rimuovere la struttura portante



Esempio di montaggio della barra LED nella caditoia a fessura



39

2 Multiline Introduzione

Caditoie a fessura per sistema Multiline



Discreto e poco visibile, il sistema ACO DRAIN® Multiline con caditoia a fessura offre nuove opportunità alla progettazione di spazi aperti e contesti architettonici di elevato prestigio.

La griglia tradizionale viene sostituita con una copertura a fessura che segna una linea di drenaggio discreta e sottile nella pavimentazione.

Il sistema è ideale per le aree pavimentate in selciato e, in generale, in tutti quei contesti dove è importante coniugare l'effetto estetico con quello funzionale.

L'acciaio inox o zincato di cui è costituita la caditoia è compatibile con qualsiasi tipo di pavimentazione o rivestimento e unisce le diverse superfici in modo uniforme e continuo.



La copertura dell'elemento di ispezione, posizionato sopra il pozzetto di scarico, può essere facilmente sollevato tramite gli appositi ganci ACO (cod. art. 16364) in modo da estrarre e svuotare il secchio raccoglifanghi. L'interno della fessura può essere pulito efficacemente con un pulitore ad alta pressione.

Vantaggi del sistema

- Facile inserimento architettonico
- Elegante
- Adatto a pavimentazioni di pregio
- Impatto visivo minimale
- Sistema di drenaggio efficiente
- Manutenzione facilitata grazie all'elemento d'ispezione
- Possibilità di canalizzazione in pendenza
- disponibile in acciaio zincato e in acciaio inox
- larghezza nominale 100, 150 e 200 mm
- classe di carico C 250 e D 400
- conforme alla EN 1433
- telaio superiore rinforzato
- coprigiunti di fuga a fine telaio
- elemento d'ispezione con caditoia

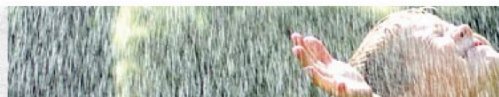


NOTA - Le immagini sono fornite al solo scopo illustrativo e non costituiscono elemento contrattuale. I prodotti possono subire modifiche.



38

Serbatoio CARAT



CARAT: una tecnica di produzione innovativa

Il serbatoio interrato CARAT, a differenza dei serbatoi comuni, è in polipropilene, prodotto con la tecnica dell'iniezione compressa: una soluzione unica al mondo per vasche di queste dimensioni. Questo procedimento offre al serbatoio una stabilità ed una resistenza eccellente con perfetta precisione d'incastro tra i singoli componenti.

A differenza delle vasche tradizionali, lo spessore delle pareti è mantenuto costante in ogni punto del manufatto e i margini di tolleranza sono ridotti al minimo. Il risultato è un prodotto di vertice, resistente, rifinito e semplice da impiegare.



Serbatoio interrato CARAT versione carrabile

Cod. Art.	Capacità l	Misure					Peso kg	Carichi	
		Lunghezza cm	Larghezza cm	Altezza cm	Altezza cupola cm	Luce netta da 15 a 125 KN Ø interno cupola cm		Carico assiale massimo	Interramento cm
7210	2.700	208	156,5	201	61	60	120	carrabile	80-120
7211	3.750	228	175,5	220	61	60	150		80-120
7212	4.800	228	198,5	243	61	60	185		80-120
7213	6.500	239	219	271	61	60	220		80-120



N.B.: Per capacità maggiori i serbatoi si possono collegare sul fondo.



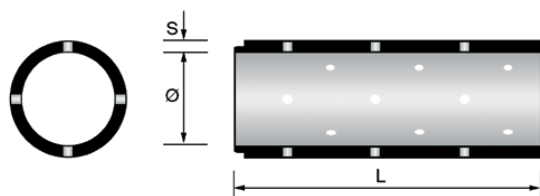
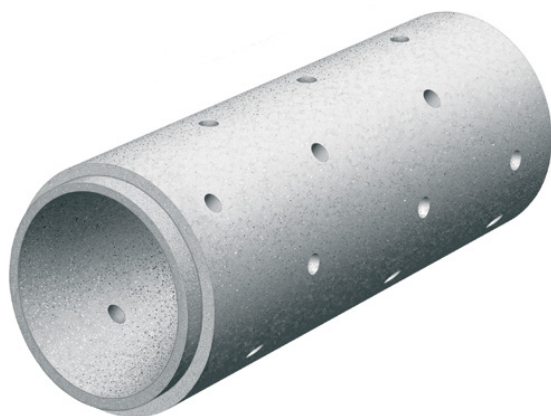
Vantaggio logistico. Grazie alla caratteristica struttura CARAT a doppio guscio un bancale può contenere, ad esempio, 6 serbatoi da 6.500 litri o 9 da 2.700 litri.

Il serbatoio interrato CARAT è realizzato in polipropilene Duralen® ad iniezione, un composto estremamente solido e resistente agli urti, ideale per la produzione di vasche destinate ad essere interrate. La resistenza del materiale, unita alla caratteristica sagomatura, conferisce al prodotto una stabilità eccellente. La qualità del materiale assicura al vostro serbatoio CARAT una lunga vita. Inoltre Duralen® è un materiale facilmente riciclabile, a garanzia di una scelta di assoluta responsabilità.

Duralen

CANZIAN

Tubo forato



APPLICAZIONI:
Drenaggio dal Ø20 al Ø60 - perpende dal Ø80 al Ø200

listino prezzi - gennaio 2016

Tubo in cemento normale

Codice	Ø cm	L cm	s cm	Peso Kg cad.	Prezzo cad. €	
					Franco partenza	Trasporto
1031	*20	100	3,0	65		
1033	30	100	4,0	100		
1034	40	100	4,5	145		
1035	50	100	5,5	210		
1036	60	100	6,0	285		
1037	80	100	6,5	400		
1038	100	100	8,0	650		
1040	120	100	10,0	995		
1042	150	100	11,0	1360		
1044	150	125	15,0	1700		
1043	200	100	15,0	2400		

* A base piana

Canzian Fratelli srl si riserva di cambiare in qualunque momento i dati ed i prezzi sopraesposti senza alcun preavviso.

Stabilimento di produzione

COLFOSCO

Via 18 Giugno, 219
tel. 0438 482023

Le misure indicate sono approssimative.
Il presente listino annulla e sostituisce i precedenti.

Si veda 8.5.3 Impianto VMC

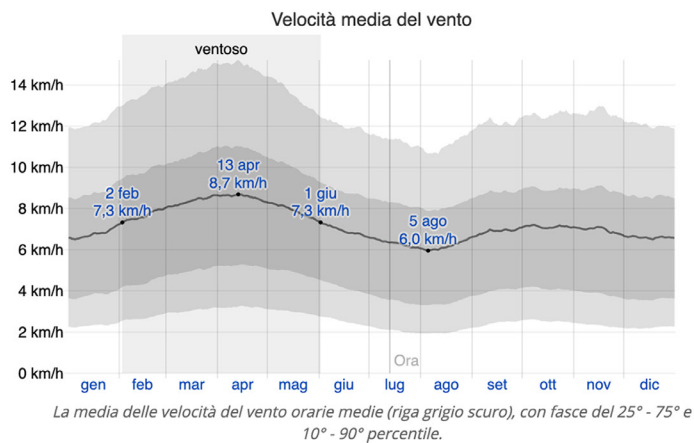
Vento

Questa sezione copre il vettore medio orario dei venti su un'ampia area (velocità e direzione) a 10 metri sopra il suolo. 10 metri Il vento in qualsiasi luogo dipende in gran parte dalla topografia locale e da altri fattori, e la velocità e direzione istantanee del vento variano più delle medie orarie.

La velocità oraria media del vento a Milano subisce moderate variazioni stagionali durante l'anno.

Il periodo più ventoso dell'anno dura 4,0 mesi, dal 2 febbraio al 1 giugno, con velocità medie del vento di oltre 7,3 chilometri orari. Il giorno più ventoso dell'anno è il 13 aprile, con una velocità oraria media del vento di 8,7 chilometri orari.

Il periodo dell'anno più calmo dura 8,0 mesi, da 1 giugno a 2 febbraio. Il giorno più calmo dell'anno è il 5 agosto, con una velocità oraria media del vento di 6,0 chilometri orari.



La direzione oraria media del vento predominante a Milano è da est durante l'anno.

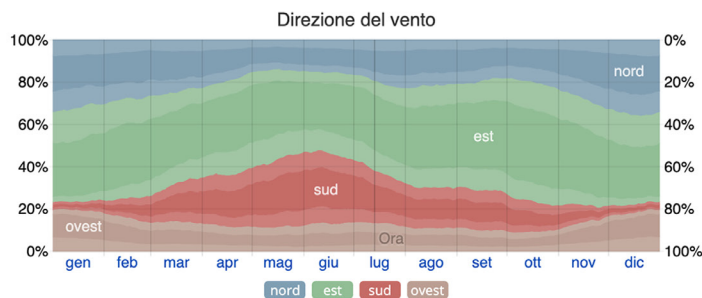


TABELLA RICAMBI D'ARIA PER TIPOLOGIA DI LOCALE

Qui di seguito sono elencati i moltiplicatori per calcolare il migliore ricambio d'aria necessario (in metri all'ora) nei più comuni locali civili e commerciali. Per effettuare il calcolo seguire le seguenti istruzioni:

- nel caso il calcolo dovesse essere fatto in base all'affollamento del locale, moltiplicare il numero in tabella per le persone che normalmente sono nell'ambiente e per 3,6;
- nel caso il calcolo dovesse essere fatto in base alla superficie del locale, moltiplicare il numero in tabella per la superficie nell'ambiente e per 3,6;
- Nel caso il calcolo dovesse essere fatto in base al volume del locale, moltiplicare il numero in tabella per il volume dell'ambiente

CATEGORIE DI EDIFICI			Portata d'aria di estrazione			
			In base all'affollamento	In base alla superficie	In base al volume	
Edifici residenziali	Abitazioni civili	Soggiorni e camere da letto	11			
		Cucina, bagni, servizi			4	
		Sale riunioni	9			
	Abitazioni collettive	Camere	11			
		Cucina, bagni, servizi		16,5		
		Bagni, servizi			4	
		Ingresso, soggiorni	11			
	Alberghi	Sale conferenze	5,5			
		Sale da pranzo	10			
		Camere	11			
		Bagni di camere			4	
		Servizi			8	
Uffici	Singoli	11				
	Open space	11				
	Sale riunioni	10				
	Ced	7				
	Servizi			8		
Ospedali	Degenze	11				
	Corsie	11				
	Camere sterili	11				
	Sale mediche, soggiorni	8,5				
	Terapie fisiche	11				
	Servizi			8		
Edifici pubblici	Cinema, teatri, sale riunioni	Aree pubbliche, sale, sale riunioni senza fumatori	5,5			
		Palcoscenici, studi TV	12,5			
		Sale riunioni con fumatori	10			
		Servizi			8	
		Borse titoli	10			
	Musei, biblioteche e luoghi di culto	Sale d'attesa			8	
		Sale mostre	6			
		Sale lettura	5,5			
		Depositi libri		1,5		
		Luoghi di culto	6			
	Bar, ristoranti, sale da ballo	Servizi			8	
		Bar	11			
		Pasticcerie	6			
		Sale da pranzo	10			
		Sale da ballo	16,5			
Edifici commerciali	Grandi magazzini	Cucine		16,5		
		Servizi			8	
		Piani interrati *	9			
	Negozzi e reparti	Piani superiori	6,5			
		Barbieri, parrucchieri	14			
		Abbigliamento, calzature, mobili, ottici, fioristi, fotografi	11,5			
		Alimentari, lavasecco, farmacie	9			
	Zone pubbliche di banche, quartieri fieristici	10				
	Edifici sportivi	Piscine, saune	Sala vasca **		2,5	
			Spogliatoio, servizi			8
Sauna **				2,5		
Palestre		Palazzetti sportivi	6,5			
		Bowling	10			
		Campi gioco	16,5			
		Zone spettatori	6,5			
		Spogliatoio, servizi			8	
Servizi pubblici			8			
Edifici scolastici	Asili nido, scuole materne	4				
	Aule scuole elementari	5				
	Aule scuole medie inferiori	6				
	Aule scuole medie superiori	7				
	Aule universitarie	7				
	Servizi			8		
	Biblioteche, sale lettura	6				
	Aule musica e lingue	7				
	Laboratori	7				
Sale insegnanti	6					

* Verificare i regolamenti locali

** Valori più elevati possono essere richiesti per il controllo dell'umidità



Serie **MRF**

Mini torrino centrifugo
Per espulsione a tetto



IMPIEGO

- In piccoli e medi ambienti quali bagni, ripostigli e cantine, cucine, locali pubblici e uffici, negozi ed attività commerciali, palestre e spogliatoi...
- Gli apparecchi della serie **MRF** sono aspiratori centrifughi e come tali sono in grado di vincere la resistenza aeraulica di lunghi condotti

CARATTERISTICHE

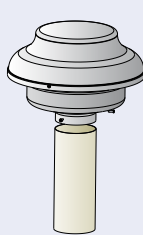
- Torrino centrifugo compatto per aspirazione canalizzata.
- Ideale per la ventilazione centralizzata di più locali, grazie alle elevate prestazioni.
- L'installazione esterna risolve ogni problema legato ad aspetti estetici e di rumorosità.
- **Cappello di protezione verniciato altamente resistente agli agenti atmosferici** e adatto all'installazione in aree esposte come quelle costiere.
- Cappello rimovibile per ispezione motore e collegamenti.
- Base in lamiera zincata resistente agli agenti atmosferici.
- Rete di protezione antivoltale in filo d'acciaio zincato.
- Viti di fissaggio del cappello in acciaio inox resistenti agli agenti atmosferici.
- Motore monofase 230V-50Hz a rotore esterno **con cuscinetti a sfera, Long-life**.
- Girante autopulente a pale rovesce, bilanciata secondo norme ISO 1940.
- Adatto per funzionamento continuo.
- Adatto per aria pulita con temperatura max di **60°C**.
- Regolabile tramite variatore di velocità.
- Protezione IPX5.
- Conforme alla norma CEI EN 60335-2-80, EMC 2014/30/UE e LVD 2014/35/UE.



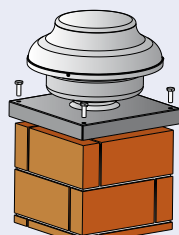
Conformi alla **Direttiva ErP 2009/125/CE**
e al **Regolamento EU 1253/2014**.

(Classifica Unità di ventilazione non residenziale)

- 7 MODELLI
- Ø 100 a 315 mm
- Alta resistenza agli agenti atmosferici



MRF

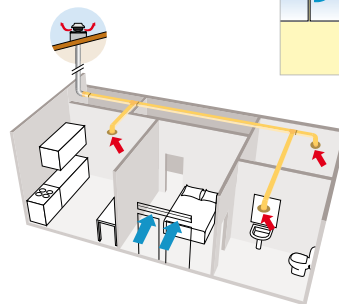
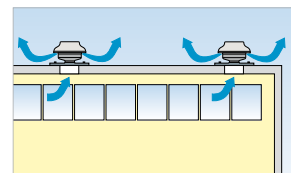
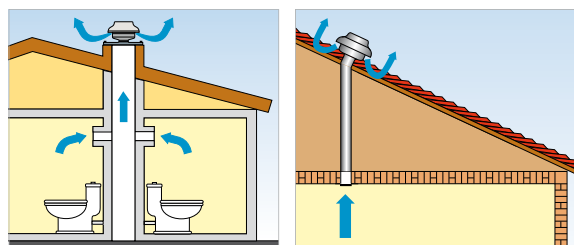


MRF/BA

VERSIONI

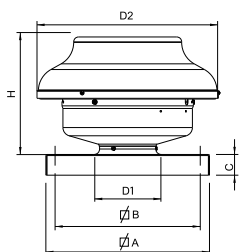
MRF/BA Con basamento pre-assemblato.

INSTALLAZIONI



Soluzione ideale ed economica quale piccolo impianto di ventilazione centralizzata in ambito residenziale.

DIMENSIONI (mm)



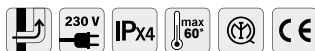
MODELS	D1	D2	H	∅ A	∅ B	C	Kg	Kg*
MRF100	98	333	225	300	265	36	3,1	4,6
MRF125	122	333	225	300	265	36	3,1	4,6
MRF150	147	405	266	400	360	36	4,2	6,2
MRF160	157	405	266	400	360	36	5	6,2
MRF200	198	405	266	400	360	36	5,5	6,8
MRF250	248	405	266	400	360	36	6	7,3
MRF315	314	484	322	400	360	36	7	10

* Models with square roof curb



Serie **AXC**

Aspiratori centrifughi in linea
Da condotto



IMPIEGO

- Applicazione in ambienti quali: locali pubblici, uffici, sale da gioco, negozi, abitazioni, palestre, spogliatoi, laboratori, bar, ristoranti, mense, cappe (con filtro), etc.
- Per le caratteristiche costruttive e di prestazioni, la serie **AXC** può essere utilizzata in posizione orizzontale o verticale in qualsiasi punto della tubazione.
- L'aria aspirata non deve essere polverosa o corrosiva.

CARATTERISTICHE

- Aspiratori centrifughi da condotto
- Installazione in linea con la tubazione
- Staffe di fissaggio fornite di serie
- Adatti per aria pulita con temperatura max 60°C
- Certificati IMQ
- Protetti contro gli spruzzi d'acqua (IPX4)
- Ventola a pale rovesce
- Bilanciatura statica e dinamica secondo norme ISO 1940
- Struttura in acciaio verniciata con polveri epossidiche.
- Raddrizzatori di flusso in acciaio zincato
- Motore monofase (230V-50Hz) con cuscinetti long life con termoprotettore
- Unità di ventilazione adatta per servizio continuo
- Conformi alla norma CEI EN 60335-2-80, EMC 2014/30/UE e LVD 2014/35/UE.

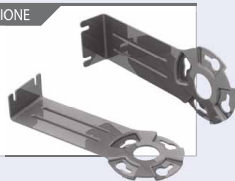


Conformi alla Direttiva ErP 2009/125/CE e al Regolamento EU 1253/2014.

- Leggeri e facili da installare
- 11 Modelli
- Ø 100 a 315 mm

IN DOTAZIONE

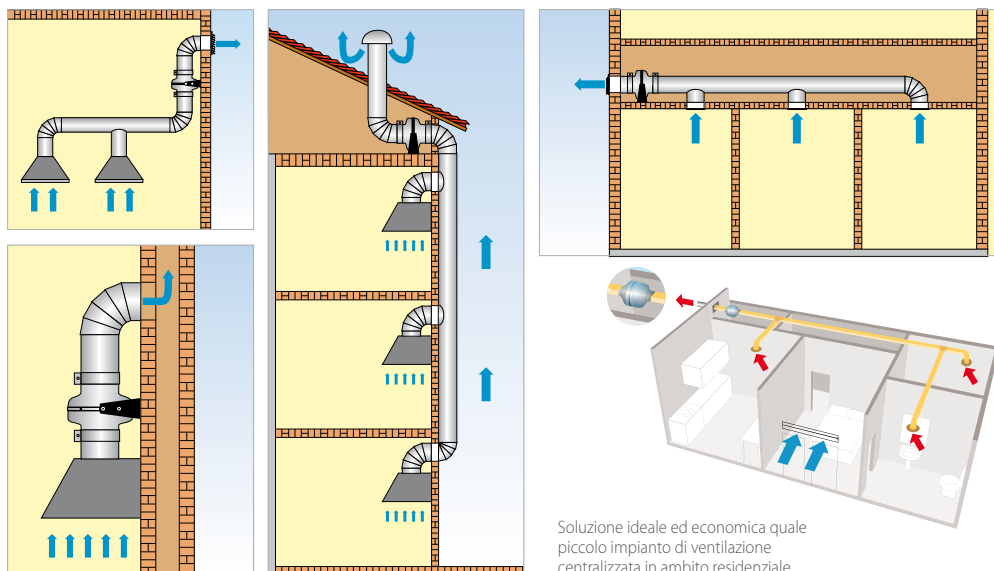
Staffe di fissaggio



VERSIONI

AXCTP Versione con struttura in tecnopolimero.

INSTALLAZIONI



Soluzione ideale ed economica quale piccolo impianto di ventilazione centralizzata in ambito residenziale.

DIMENSIONI

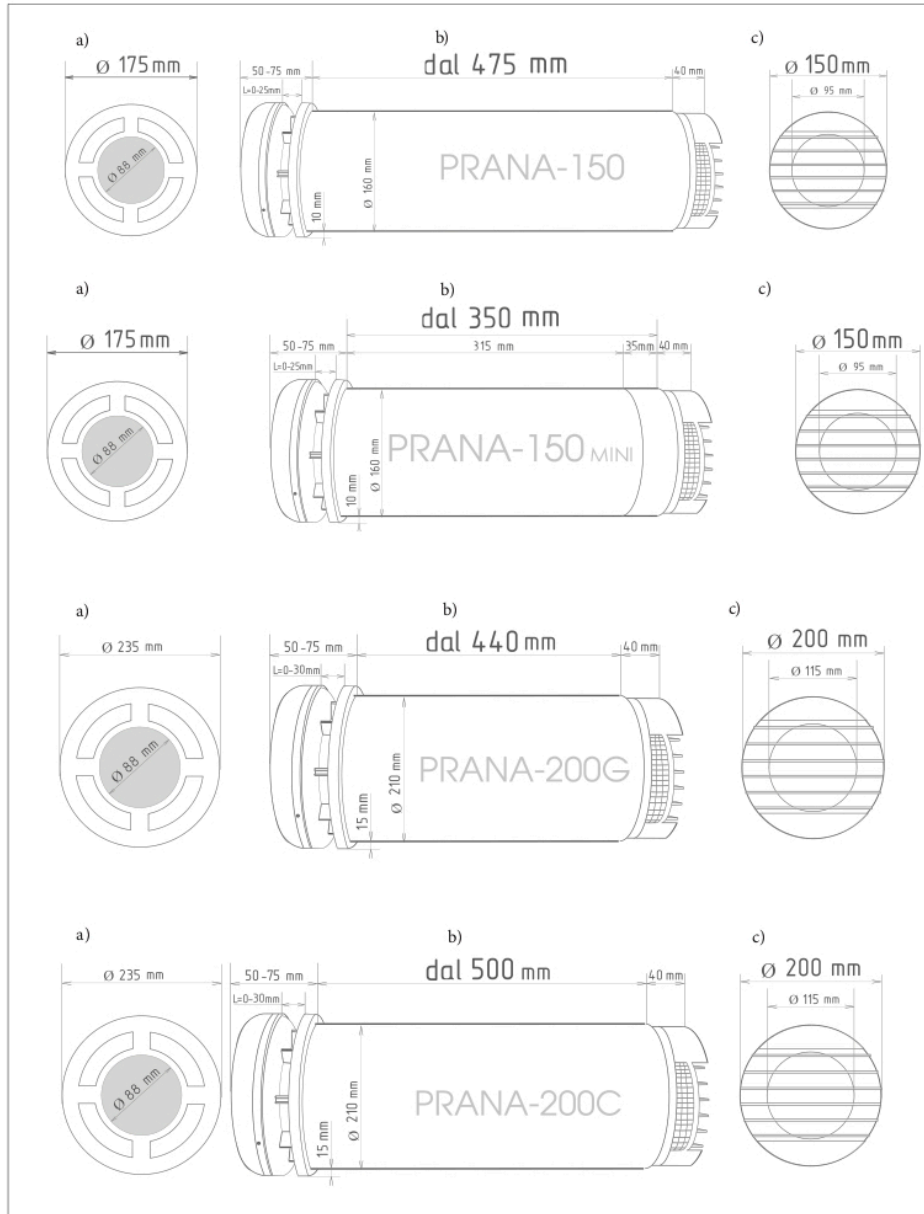


Fig. 3. Dimensioni del sistema (VMC) Recuperatore PRANA-150, PRANA-200G, PRANA-200C.
 a) bocchetta interna di immissione/estrazione dell'aria;
 b) monoblocco, vista laterale;
 c) bocchetta esterna di presa ed espulsione dell'aria.

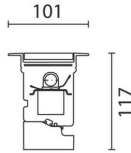
Si veda 8.5.4 Sistemi di illuminazione

Tab.1: Classificazione dei materiali in base alla sensibilità alla luce

	IES	CIE	CIBSE	AIDI
A-Materiali estremamente sensibili		Seta Coloranti estremamente sensibili Giornali		
B-Materiali molto sensibili	Tessuti Cotone Fibre naturali Coloranti estremamente sensibili Pellicce Seta Inchiostri Stampe e disegni Acquerelli Lacche Lana Alcuni minerali	Costumi Acquerelli Arazzi Stampe e disegni Manoscritti Miniature Pitture in mezzi stemperati Carta da parati Gouache Cuoio tinto Pellicce, piume, piante	Costumi Acquerelli Arazzi Stampe e disegni Manoscritti Miniature Pitture in mezzi stemperati Carta da parati Gouache Cuoio tinto Pellicce, piume, piante	Tessili (seta) Tappeti Arazzi Opere su carta Acquerelli Coloranti sensibili Libri Cuoio tinto Piume Lacche Disegni a pennarello
C-Materiali mediamente sensibili	Tessuti con colori stabili Pitture ad olio Rifiniture in legno Cuoio Alcuni materiali plastici	Pitture ad olio ed a tempera Affreschi Legno e cuoio non dipinti Corno, ossa, avorio Lacche Alcuni materiali plastici	Pitture ad olio ed a tempera Affreschi Legno e cuoio non dipinti Corno, ossa, avorio Lacche	Pitture ad olio ed a tempera Affreschi Avorio Ossa Corni
D-Materiali poco o non sensibili	Metalli Pietre Vetro Ceramica La maggior parte dei minerali	Metalli Pietre Vetro Ceramica Smalti La maggior parte dei minerali	Metalli Pietre Vetro Ceramica Smalti	Metalli Pietre Ceramica Vetro

Allegato 1

Ultimo aggiornamento delle informazioni: Novembre 2019



Incasto Lineare - LED - Warm White - Alimentazione Elettronica 220÷240Vac - DALI - L=1658mm - Ottica Wall Grazing

Codice prodotto
BN09

Descrizione tecnica

Apparecchio di illuminazione a luce diretta, finalizzato all'impiego di sorgenti luminose LED monocromatici, dimmerabile DALI. Installazione ad incasso a pavimento, parete e soffitto. Costituito da corpo e controcassa per l'installazione da ordinare separatamente. Corpo in alluminio estruso, con testate di estremità in pressofusione di alluminio complete di guarnizioni siliconiche. Verniciatura acrilica liquida ad elevata resistenza agli agenti atmosferici e ai raggi UV. Box inferiore per il cablaggio in PPS (polifenilensolfuro). Vano ottico chiuso superiormente da uno schermo in vetro semiacidato, spessore 8mm, fissato con silicone. Completo di piastra multiled di potenza in colore Warm White. Provvisto di ottiche con lente in materiale plastico (metacrilato) per illuminazione Wall Grazing. Il box inferiore è fornito di due pressacavi PG11 in ottone nichelato e cavi uscenti per cablaggio passante. Per il fissaggio del vano ottico alla controcassa il prodotto è dotato di un sistema ad aggancio rapido tramite chiavi a testa esagonale. Controcassa per l'installazione in alluminio con tappi in tecnopolimero da ordinare separatamente. Tutte le viti esterne utilizzate sono in acciaio inox A2. Le caratteristiche tecniche degli apparecchi sono conformi alle norme EN 60598-1 e particolari.

Installazione

Installazione ad incasso a pavimento e parete tramite controcassa da ordinare separatamente. Nell'installazione a pavimento è necessario realizzare un canale di drenaggio o inserire della ghiaia per drenaggio sotto la controcassa prima della sua installazione, per garantire il grado di protezione previsto. Per installazione a soffitto con pannelli in cartongesso (spessori da 1÷30mm), prevedere le aperture di preparazione come riportato sul foglio istruzioni e l'utilizzo dell'accessorio cod.5926 (kit cavi in acciaio con piastrini di rinforzo).

Dimensione (mm)

1658x101x117

Colore

Grigio (15)

Peso (Kg)

6.9

Montaggio

incasso a parete|incasso a soffitto|incasso a terra

Cablaggio

Equipaggiato con gruppo di alimentazione elettronico 220÷240Vac, 50/60Hz dimmerabile DALI contenuto all'interno dell'apparecchio. Per il collegamento elettrico il prodotto è completo di box inferiore con doppio pressacavo PG11 in ottone nichelato con cavi uscenti in gomma H07RN-F per cablaggio passante: ogni cavo è predisposto sia per il segnale Dali che l'alimentazione 220÷240Vac. Per il collegamento elettrico disponibili connettore lineare IP68 a 5poli (BZS6), tappo per connettori IP68 (BZQ7), connettore lineare IP68 a 3 vie (Tipo Y) a 5 poli (BZN7).

Note

Prodotto completo di lampada a Led. L'insieme cornice, vetro, vano ottico e controcassa garantisce la resistenza ad un carico statico di 1000 kg. Il prodotto occupa 1 carico Dali e 1 indirizzo Dali. Dotato di DIRECT DIM, che consente la regolazione tramite un pulsante standard con le seguenti funzioni: Soft ON/OFF, dimmerazione, memoria ultimo livello di luminosità.

Soddisfa EN60598-1 e relative note



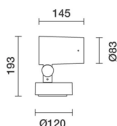
Configurazione di prodotto: BN09

Caratteristiche del prodotto

Flusso totale emesso [Lm]: 2860
Potenza totale [W]: 54
Efficienza luminosa [Lm/W]: 53
Life Time: 100,000h - L80 - B10 (Ta 25°C)
Intervallo temperatura ambiente: da -20°C a +35°C.

Flusso totale disperso verso l'alto [Lm]: 0
Flusso in emergenza [Lm]: /
Tensione [V]: 230
Life Time: 100,000h - L80 - B10 (Ta 40°C)
Numero di vani: 1

Ultimo aggiornamento delle informazioni: Novembre 2019



Proiettore con basetta - Led Warm White - Alimentazione Elettronica Integrata - Ottica Medium

Codice prodotto
EH90

Descrizione tecnica
Proiettore finalizzato all'impiego di sorgenti luminose a LED, Ottica Medium. Costituito da vano ottico e basetta realizzati in lega di alluminio EN1706AC 46100LF, e sottoposti a un processo di pre-trattamento multi step, in cui le fasi principali sono sgrassaggio, fluorozirconatura (strato protettivo superficiale) e sigillatura (strato nano-strutturato ai silani). La fase successiva di verniciatura è realizzata con primer e vernice acrilica liquida, cotta a 150°C, che fornisce un'alta resistenza agli agenti atmosferici ed ai raggi UV. Vetro di chiusura sodico calcico temprato, spessore 5 mm. La doppia orientabilità permette una rotazione di 360° attorno all'asse verticale e una inclinazione di 90° sul piano orizzontale. Blocchi meccanici del puntamento sia per la rotazione sull'asse verticale che rispetto al piano orizzontale. Completo di circuito LED monocromatico con sistema ottico Opti Beam Lens. Il prodotto è completo di pressacavo PG13,5. Alimentatore elettronico On/Off integrato nel prodotto. Possibilità di utilizzare accessori ottici con montaggio esterno tramite cornice porta accessori. Tutte le viti esterne utilizzate sono in acciaio inox A2.

Installazione
Installazione a pavimento, parete, soffitto, terreno tramite il picchetto e su palo.

Dimensione (mm)
Ø83

Colore
Bianco (01) | Grigio (15)

Peso (Kg)
1.9

Montaggio
a parete | picchetto

Cablaggio
Doppio PG.

Soddisfa EN60598-1 e relative note



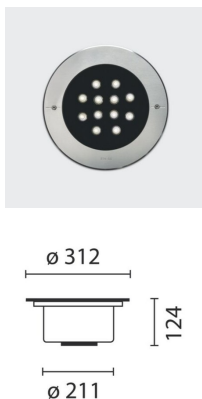
Configurazione di prodotto: EH90

Caratteristiche del prodotto	
Flusso totale emesso [Lm]: 733	Flusso totale disperso verso l'alto [Lm]: 0
Potenza totale [W]: 10.9	Flusso in emergenza [Lm]: /
Efficienza luminosa [Lm/W]: 67.2	Tensione [V]: -
Life Time: 68,000h - L80 - B10 (Ta 25°C)	Life Time: 78,000h - L80 - B10 (Ta 40°C)
Intervallo temperatura ambiente: da -20°C a +35°C. (*)	Numero di vani: 1

Caratteristiche del vano Tipo 1	
Rendimento [%]: 74	Numero di lampade per vano: 1
Codice lampada: LED	Attacco: /
Codice ZVEI: LED	Perdite del trasformatore [W]: 1.8
Potenza nominale [W]: 9.1	Temperatura colore [K]: 2700
Flusso nominale [Lm]: 990	IRC: 80
Intensità massima [cd]: /	Lunghezza d'onda [Nm]: /
Angolo di apertura [°]: 26°	Step MacAdam: 2

* Dato preliminare

Ultimo aggiornamento delle informazioni: Ottobre 2019

**warm white ottica flood orientabile 0° - 15°****Codice prodotto**
BB36**Descrizione tecnica**

Apparecchio a incasso finalizzato all'illuminazione da terra e all'impiego di sorgenti LED. Monocromatico con circuito LED Warm White, orientabili doppia ottica orientabile $\pm 15^\circ$, lenti in materiale plastico versione FLOOD e alimentatore elettronico. Composto da corpo rotondo, controcassa bassa e cornice. Il corpo e la controcassa sono realizzati in fusione di alluminio, cornice in acciaio Inox AISI 304. La controcassa per la posa in opera è ordinabile separatamente dal vano ottico. Il vano ottico è chiuso superiormente da un vetro temprato (spessore 15mm) con relativa guarnizione silicónica compressa dalla cornice in acciaio inox AISI 304. Nella parte inferiore è ricavato un box di decompressione nel quale viene effettuato il cablaggio in cascata, con morsetteria a 6 poli e doppio pressacavo M24x1,5 in acciaio inox, idoneo per cavi di diametro 7-16 mm. Il vano di cablaggio è collegato al vano lampada con un pressacavo in ottone nichelato M15x1. Questo accorgimento facilita l'apertura del vetro superiore, eliminando l'effetto di depressione interna del vano ottico e l'effetto pompa sul cavo di alimentazione. Il corpo-vano ottico è dotato di un sistema di bloccaggio con 2 viti imperdibili in acciaio inox sulle quali scorrono due supporti in alluminio estruso. Il sistema di bloccaggio garantisce il posizionamento e l'ancoraggio del vano alla controcassa. La verniciatura del corpo-vano ottico e della controcassa con vernici acriliche garantisce protezione dai raggi UV e dagli agenti atmosferici. L'insieme cornice, vetro, vano ottico e controcassa garantisce la resistenza ad un carico statico di 5000 kg. Tutte le viti esterne utilizzate sono in acciaio inox A2.

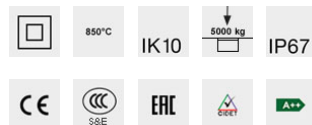
Installazione

Applicazione ad incasso su pavimento, tramite controcassa. Il bordo superiore della controcassa, non deve sporgere dal livello del pavimento (1mm MAX). Diametro controcassa superiore = 289mm inferiore = 397mm h = 125mm.

Dimensione (mm)
Ø312x124**Colore**
Acciaio (13)**Peso (Kg)**
6.15**Montaggio**
incasso a terra**Cablaggio**
Apparecchio dotato di alimentatore elettronico incorporato.**Note**

Completo di lampada. Controcassa cod. B901 da ordinare separatamente. Accessori disponibili: rifrattore per la distribuzione ellittica del flusso luminoso, vetro diffondente, filtri colorati, tappo di chiusura per controcassa e ventosa.

Soddista EN60598-1 e relative note

**Configurazione di prodotto: BB36****Caratteristiche del prodotto**

Flusso totale emesso [Lm]: 624
Potenza totale [W]: 14.3
Efficienza luminosa [Lm/W]: 43.6
Life Time: 100,000h - L80 - B10 (Ta 25°C)
Numero di vani: 2

Flusso totale disperso verso l'alto [Lm]: 0
Flusso in emergenza [Lm]: /
Tensione [V]: -
Intervallo temperatura ambiente: da -20°C a +35°C.

Caratteristiche del vano Tipo 1

Rendimento [%]: 56
Codice lampada: LED
Codice ZVEI: LED
Potenza nominale [W]: 6.2
Flusso nominale [Lm]: 558
Intensità massima [cd]: /
Angolo di apertura [°]: 28°

Numero di lampade per vano: 1
Attacco: /
Perdite del trasformatore [W]: 1
Temperatura colore [K]: 3000
IRC: 80
Lunghezza d'onda [Nm]: /
Step MacAdam: 3

BB36_IT 1 / 2

9. FONTI

9.1 Bibliografia

a. Il complesso architettonico nella storia e nel progetto

AA. VV., *Ritrovamenti e scavi per la "forma urbis Mediolani"*, Casa Editrice Ceschina, Milano, 1951,

AMORE R., *Gino Chierici. Tra teoria e prassi del restauro*, Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli, 2011.

ANELLI A., TAGLIABUE P., VALENTINI N. (studentesse); TORRICELLI A. (relatore); FERRO L. (correlatore), *Aree archeologiche e progetto di architettura. La zona del Museo Archeologico di Milano*, Politecnico di Milano, 2011-2012,

AGOSTI G., STOPPA J. (a cura di), *Bernardino Luini e i suoi figli, Catalogo della mostra*, Officina Libraria, Milano, 2014.

ARSLAN E. A., *Urbanistica di Milano Romana. Dall'insediamento Insubre alla capitale dell'Impero*, Walter de Gruyter, Berlino, 1982.

ARSLAN E. A. (a cura di), *Le Civiche Raccolte Archeologiche di Milano*, Banca Popolare di Milano, Milano, 1979.

BAGNOLI R., *Le strade di Milano: storia della città attraverso la sua toponomastica*, Effeti, Milano, 1971,

BALZANI M. (a cura di), *Restauro, recupero e riqualificazione. Il progetto contemporaneo nel*

- contesto storico*, Skira, Milano, 2011.
- BIANCONI C. (autore), FORNI A. (a cura di), *Nuova guida di Milano*, Arnaldo Forni Editore, Bologna, 2010,
- BLOCKLEY P., *L'area del Monastero Maggiore in epoca romana*, Civico Museo Archeologico, Milano, 2013,
- BLOCKLEY P., CECCHINI N., PAGANI C., *L'Area archeologica del Monastero maggiore di Milano. Una nuova lettura alla luce delle recenti indagini*, Comune di Milano, Milano, 2012,
- BROGIOLO G. P. (a cura di), *Archeologia urbana in Lombardia*, Panini, Modena, 1984,
- CALDERINI A., *Milano romana*, Alfieri e Lacroix, Milano, 1965,
- CALDERINI A., *La Forma Urbis Mediolani nell'anno bimillenario di Augusto*, Istituto di Studi Romani, 1937,
- CAPORUSSO D. (a cura di), *Le torri romane del Monastero Maggiore: restauri, indagini e lettura storica*, Silvana Editoriale, Milano, 2017,
- CAPORUSSO D., DONATI M. T., MASSEROLI S., TIBILETTI T., *Immagini di Milano: archeologia e storia di Milano dal V sec. a.C. al V sec. d.C*, Civico Museo Archeologico, Milano, 2007,
- CARBONARA G., *Architettura d'oggi e restauro. Un confronto antico-nuovo*, UTET, Torino, 2011.
- CASIELLO S. (a cura di), *Verso una storia del restauro: dall'età classica al primo Ottocento*, Alinea, Firenze, 2008.
- CASSI RAMELLI A., *Il centro di Milano. Dal Duomo alla Cerchia dei Navigli*, Ceschina, Milano, 1971,
- CASTRI B., *Milano. Palazzi, figure e racconti*, Rizzoli, Milano, 1994,
- CERESA MORI A., *Riflessioni sul palazzo imperiale di Milano*

alla luce delle recenti indagini, in PASSARELLA R. (a cura di), *Milano e la chiesa di Milano prima di Ambrogio*, Biblioteca Ambrosiana, 2018.

Civico Museo Archeologico di Milano – Guida breve, Galli Thierry, Milano, 2011.

CECCHI R., *Distruzioni belliche e opera di ricostruzione*, in *Storia di Milano*, vol. XVIII (Il Novecento), Istituto della Enciclopedia Italiana, Milano, 1995.

CIMA O., *Milano che scompare*, Strenna a beneficio del Pio Istituto dei Rachitici di Milano, 1929,

COLOMBO A. (autore), GRECCHI G., FAVA F. (a cura di), *Milano romana: un suggestivo itinerario sul filo dell'arte, dell'archeologia, della storia e della leggenda*, Meravigli, Milano, 1979

DE CAPITANI D'ARZAGO A., *Il circo romano*, Casa Editrice Ceschina, Milano, 1939.

DE FINETTI G., *Milano: costruzione di una città*, Hoepli,

Milano, 2002,

DI STEFANO R., *La tutela dei beni culturali in Italia*, in *Restauro*, 1, 1972.

FEDELI A. M. (a cura di), *Milano Archeologia. I luoghi della Milano antica*, Milano, 2015.

FEDELI A. M., PAGANI C. (a cura di), *L'area archeologica di via Brisa. Un quartiere del Palazzo imperiale alla luce delle recenti indagini*, Silvana Editoriale, Milano, 2016,

FIORIO M. T. (a cura di), *Le chiese di Milano*, Electa, Milano, 2006.

GATTI PERER M. L. (a cura di), *Milano ritrovata: l'asse di via Torino*, Il vaglio cultura arte, Milano, 1986.

GUARISCO G. (a cura di), *Milano restaurata. Il monumento e il suo doppio*, Alinea, Firenze, 1995.

HEGERA G., *L'area archeologica di via Brisa, via Gorani e via Santa Maria alla Porta*, Università degli Studi di Milano, 1984-1985,

- INFUSSI F., ISCHIA U., *La città tra archeologia e progetto urbano*, INU Edizioni, Roma, 1987, Urbanistica, n. 88 (agosto 1987)
- MARUCCI R. A., NEGRI M., RASTELLI A., ROMANIELLO L., *Bombe sulla città: Milano in guerra 1942 -1944*, Skira, Milano, 2004,
- MASSARA D., SLAVAZZI F., *Architettura privata di Milano romana*, in *LANX*, 19, 2014.
- MELUCCO VACCARO A., *Archeologia e restauro*, II ed., Viella, Roma, 2000.
- MEZZANOTTE G., *Milano nell'arte e nella storia*, Bestetti Editori, Milano, 1968,
- MIRABELLA ROBERTI M., *Milano Romana*, Rusconi Immagini, Milano, 1984,
- MORIGIA P., *La nobiltà di Milano*, in *Stampa del quon. Pacifico Pontio*, 1595,
- PALMIERI G., *Storia e storie del Monastero Maggiore di San Maurizio in Milano*, Strenna dell'istituto Gaetano Pini, Milano, 1996
- PASSERELLA R. (a cura di), *Milano e la chiesa di Milano prima di Ambrogio*, Bulzoni, Accademia Ambrosiana. Fonti e Studi, Milano, 2018,
- PERTOT G., *La torre "quadrata" del Monastero Maggiore di Milano: un contributo alla lettura del manufatto dalle fasi romane ai restauri moderni attraverso l'analisi stratigrafica delle murature*, ET, Milano, 1995,
- PESENTI S., *Milano post-bellica, la "Racchetta" e i suoi monumenti. Questioni di tutela monumentale ed archeologica nella ricostruzione urbanistica e architettonica del centro storico*, Altralinea Edizioni, Firenze, 2018,
- PIRAS F., *L'edificio romano di via Brisa: un settore del palazzo imperiale di Milano*, Università degli Studi di Milano, in *LANX*, n. 11, 2012.

POGGI F., *Le fognature di Milano : rapporto dell'Ufficio tecnico all'on. Giunta municipale su li studi e lavori relativi alla fognatura cittadina nel periodo dal 1868 al 1910*, Vallardi, Milano, 1911,

Ritrovamenti e scavi per la "Forma Urbis Mediolani", *Quaderni di studi romani*, Casa Editrice Ceschina, Milano, 1951.

ROSSI I., *La chiesa di San Maurizio in Milano: il Monastero maggiore e le sue due torri. Memorie raccolte dal sacerdote Ismaele Rossi, compiendosi il quinto lustro di sua residenza presso la chiesa di san Maurizio ed in occasione dei restauri in essa iniziati*, Allegretti, Milano, 1914,

SACCHI F., *Mediolanum e i suoi monumenti dalla fine del II secolo a.C. all'età severiana*, Vita e pensiero, Milano, 2012,

SANNAZZARO G. B., *San Maurizio al Monastero Maggiore, Parrocchia di Santa Maria alla Porta*, Milano, 1992

SEGARRA LAGUNES M. M. (a cura di), *Archeologia urbana e progetto di architettura: seminario di studi* (Roma 1-2 dicembre 2000), Gangemi editore, Roma, 2002,

SEGARRA LAGUNES M. M. (a cura di), *Progetto archeologico, progetto architettonico: seminario di studi*, Roma 13-15 giugno 2002, Gangemi editore, Roma, 2007,

SENA CHIESA G. (a cura di), *Milano capitale dell'Impero Romano: 286-402 d.C.*, Silvana Editoriale, Milano, 1990

SOPRINTENDENZA PER I BENI ARCHEOLOGICI DELLA LOMBARDIA, *Notiziario 1984*, Biblioteca della soprintendenza archeologica, Milano, 1985.

SOPRINTENDENZA PER I BENI ARCHEOLOGICI DELLA LOMBARDIA, *Notiziario 1985*, Biblioteca della soprintendenza archeologica, Milano, 1986.

SOPRINTENDENZA PER I BENI ARCHEOLOGICI DELLA

LOMBARDIA, *Notiziario 1986*, Biblioteca della soprintendenza archeologica, Milano, 1987.

SOPRINTENDENZA PER I BENI ARCHEOLOGICI DELLA LOMBARDIA, *Notiziario 1988-89*, Biblioteca della soprintendenza archeologica, Milano, 1990.

SOPRINTENDENZA PER I BENI ARCHEOLOGICI DELLA LOMBARDIA, *Notiziario 1991*, Biblioteca della soprintendenza archeologica, Milano, 1992.

SOPRINTENDENZA PER I BENI ARCHEOLOGICI DELLA LOMBARDIA, *Notiziario 1994*, Biblioteca della soprintendenza archeologica, Milano, 1996.

SOPRINTENDENZA PER I BENI ARCHEOLOGICI DELLA LOMBARDIA, *Notiziario 1995-97*, Biblioteca della soprintendenza archeologica, Milano, 1998.

SOPRINTENDENZA PER I BENI ARCHEOLOGICI DELLA LOMBARDIA, *Notiziario 2006*, Biblioteca della soprintendenza archeologica, Milano, 2007.

VERCELLONI V., *Atlante storico di Milano, città di Lombardia*, L'Archivolta, Milano, 1989.

Storie di Milano, Fondazione Treccani degli Alfieri per la storia di Milano, Milano, 1953.

b. Il progetto strutturale

BERTOLINI L., GASTALDI M., *Introduzione ai materiali per l'architettura*, Città Studi Edizioni, Milano, 2011.

COLLEPARDI M., *The new concrete*, Grafiche Tintoretto, Treviso, 2010.

NTC 2018, Gazzetta ufficiale della Repubblica italiana, Roma, 2018.

TANZINI M., *Micropali e pali di piccolo diametro: aspetti progettuali e tecnologici*, Flaccovio, Palermo, 2004.

c. Il progetto impiantistico

PALMA D., Slides del modulo "impianti tecnici, Laboratorio di architettura per la conservazione delle costruzioni complesse,

Dimensionamento dei sistemi di scarico per acque meteoriche, A.A. 2018/2019.

PALMA D., Slides del modulo “impianti tecnici, Laboratorio di architettura per la conservazione delle costruzioni complesse, *Illuminotecnica. Principi ed esercizi*, A.A. 2018/2019.

PALMA D., Slides del modulo “impianti tecnici, Laboratorio di architettura per la conservazione delle costruzioni complesse, *Illuminazione musei*, A.A. 2018/2019.

9.2 Sitografia

a. Il complesso architettonico nella storia e nel progetto

<https://www.touringclub.it/notizie-di-viaggio/san-maurizio-un-capolavoro-rivelato-nel-cuore-di-milano>

<http://www.allestimentimuseali.beniculturali.it/index.php?it/117/allestimenti-elenco-schede/100/milano-mi-civico-museo-archeologico>

b. Il progetto strutturale

<https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>

c. Il progetto impiantistico

<https://www.arpalombardia.it/>

<https://it.weatherspark.com/y/62545/Condizioni-meteorologiche-medie-a-Milano-Italia-tutto-l'anno>